



جلد ۱۵ شماره ۳

سال ۱۴۰۲

نشریه علمی پژوهش‌های علوم دامی ایران

۲۰۰۸-۳۱۰۶: شاپا

(شماره پیاپی: ۵۵)

عنوان مقالات

- استفاده از باکتری‌های تجزیه کننده تانن تجاری یا جدا شده از شکمبه برخی از نشخوار کنندگان برای بهبود ارزش تغذیه‌ای پوست انار..... ۳۰۱
- زهر جهان آرا، مرتضی چاجی، امید خراسانی
اثر منابع مختلف چربی در جیره انتظار زایش بر مصرف خوراک گاوها، فراسنجه‌های خونی، اندازه‌های بدنی و عملکرد گوساله‌های شیر خوار هلشتاین ۳۱۹
- محمود رضا امینی، عباسعلی ناصرین، رضا ولی‌زاده، عیسی دیرنده
اثر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیر پروتئینی جیره غذایی بر خصوصیات تجزیه پذیری شکمبه‌ای، تولید گاز و تولید پروتئین میکروبی در بره‌های پرواری نژاد افشاری ۳۳۵
- بهمن قربانی، بداله جاشنی دل، اسداله تیموری یانسری، عبدالحکیم توغدری
تغذیه طیور
تأثیر آویشن خشک شده بر عملکرد، متابولیت‌های خون و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی در تراکم بالای پرورش ۳۵۳
- مصیب کریمی بحر آسمان، امیدعلی اسماعیلی پور، مژگان مظهری، حسین دوماری
تأثیر دریافت ژل مغذی و آبدار رویال چیک در کارتن حمل یا بلافاصله پس از جوجه‌ریزی بر عملکرد تولید، ایمنی، ریخت‌شناسی روده و خصوصیات لاشه جوجه‌های گوشتی ۳۷۱
- علی نسری نژاد، حشمت سپهری مقدم، مژده عمادی
تأثیر سطوح مختلف منوسدیم گلوتامات بر عملکرد، خصوصیات کیفی تخم مرغ و فراسنجه‌های خونی مرغ‌های تخم‌گذار ۳۸۵
- محمد کاظمی فرد، علی اصغر کاردل، منصور رضایی، عیسی دیرنده
استفاده از مدل‌های غیر خطی رشد برای برازش منحنی تولید تخم در مرغ خزک ۳۹۹
- هادی فرجی آروق، محمود قزاقی، محمد رکوعی
تعیین الگوی بهینه مکمل ویتامینی در جیره‌های حاوی ضایعات بوجاری گندم با برآورد عملکرد و پاسخ‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی ۴۱۵
- محمد جواد آگاه، امیر حسین علیزاده قمصری، سید عبدالله حسینی، مجید هاشمی، زهره گازر حبیب‌آبادی
بررسی اثر افزودن پودر ریشه گیاه *فرولا بدرکما* (*Ferula Badrakema*) با و بدون شیرین کننده ساخارین سدیم به جیره بر عملکرد رشد، سیستم ایمنی و متابولیت‌های خون جوجه‌های گوشتی ۴۳۱
- حمیدرضا خواجوی، احمد حسن‌آبادی، مهدی عسکری بدوئی
اثرات سطوح مختلف دانه باقلای بدون تانن بر عملکرد و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی جوجه‌های گوشتی ۴۴۷
- مجید کاظمی گرجی، شکوفه غضنفری، کاظم یوسفی کلاریکلانی، کریم نوبری، سید داود شریفی، فاطمه شیخ
ژنتیک
شناسایی نشانه‌های انتخاب مرتبط با مقاومت به بیماری یون (JD) در نژادهای بز ۴۶۵
- حسین محمدی، محمد شمس‌اللهی

نشریه علمی

پژوهشهای علوم دامی ایران

با شماره پروانه ۳۶۵۵ در تاریخ ۸۷/۸/۱۹ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی و درجه علمی-پژوهشی به شماره ۳/۳۱۴۹ در تاریخ ۱۳۸۸/۴/۳۰ از وزارت علوم تحقیقات و فناوری (از جلد ۱ سال ۱۳۸۸)

بر اساس مصوبه وزارت عتف از سال ۱۳۹۸، کلیه نشریات دارای درجه "علمی-پژوهشی" به نشریه "علمی" تغییر نام یافتند.

جلد ۱۵ شماره ۳ پاییز ۱۴۰۲

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر حسن نصیری مقدم

سرمدیر: دکتر رضا ولی زاده

اعضای هیئت تحریریه:

دکتر رضا ولی زاده	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر محسن دانش مسگران	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر غلامرضا قربانی	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر سید محمد مهدی طباطبایی	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه بوعلی سینا همدان
دکتر مرتضی چاچی	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
دکتر حسن نصیری مقدم	استاد تغذیه طیور	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر ابوالقاسم گلیان	استاد تغذیه طیور	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر جواد پور رضا	استاد تغذیه طیور	دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر فتح الله بلداجی	استاد تغذیه طیور	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر احمد حسن آبادی	استاد تغذیه طیور	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر بهروز دستار	استاد تغذیه طیور	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر جواد ضمیری	استاد فیزیولوژی حیوانی	دانشگاه شیراز
دکتر نصراله پیرانی	دانشیار ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه شهرکرد
دکتر محمدرضا نصیری	استاد ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مجتبی طهمورث پور	استاد ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سعید زره داران	استاد ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مهدی سرگلزایی	دانشیار ژنتیک	دانشگاه گوئلف، کانادا

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه پژوهشهای

علوم دامی ایران. صندوق پستی ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳

نمابر: ۰۵۱-۳۸۷۸۷۴۳۰

پست الکترونیکی: ijasr@ferdowsi.um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت <https://ijasr.um.ac.ir> به صورت مقاله کامل نمایه شده است.

این نشریه در پایگاه های زیر نمایه می شود:

پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

این نشریه به صورت فصلنامه (چهار شماره در سال) منتشر می شود

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- تغذیه نشخوارکنندگان
استفاده از باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن تجاری یا جدا شده از شکمبه برخی از نشخوارکنندگان برای بهبود ارزش تغذیه‌ای پوست انار
۳۰۱
زهرا جهان‌آرا، مرتضی چاجی، امید خراسانی
- اثر منابع مختلف چربی در جیره انتظار زایش بر مصرف خوراک گاوها، فراسنجه‌های خونی، اندازه‌های بدنی و عملکرد گوساله‌های شیرخوار هلشتاین
۳۱۹
محمودرضا امینی، عباسعلی ناصریان، رضا ولی‌زاده، عیسی دیرنده
- اثر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی جیره غذایی بر خصوصیات تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، تولید گاز و تولید پروتئین میکروبی در بره‌های پرواری نژاد افشاری
۳۳۵
بهمن قربانی، یداله چاشنی دل، اسداله تیموری یانسری، عبدالحکیم توغدری
- تغذیه طیور
تأثیر آویشن خشک شده بر عملکرد، متابولیت‌های خون و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی در تراکم بالای پرورش
۳۵۳
مصیب کریمی بحرآسمان، امیدعلی اسماعیلی‌پور، مژگان مظهری، حسین دوماری
- تأثیر دریافت ژل مغذی و آبدار رویال‌چیک در کارتن حمل یا بلافاصله پس از جوجه‌ریزی بر عملکرد تولید، ایمنی، ریخت‌شناسی روده و خصوصیات لاشه جوجه‌های گوشتی
۳۷۱
علی نسری‌نژاد، حشمت سپهری مقدم، مژده عمادی
- تأثیر سطوح مختلف منوسدیم گلوتامات بر عملکرد، خصوصیات کیفی تخم مرغ و فراسنجه‌های خونی مرغ‌های تخم‌گذار
۳۸۵
محمد کاظمی فرد، علی اصغر کاردل، منصور رضایی، عیسی دیرنده
- استفاده از مدل‌های غیر خطی رشد برای برازش منحنی تولید تخم در مرغ خزک
۳۹۹
هادی فرجی آروق، محمود قزاقی، محمد رکوعی
- تعیین الگوی بهینه مکمل ویتامینی در جیره‌های حاوی ضایعات بوجاری گندم با برآورد عملکرد و پاسخ‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی
۴۱۵
محمد جواد آگاه، امیرحسین عزیززاده قمصری، سید عبدالله حسینی، مجید هاشمی، زهره گازر حبیب‌آبادی
- بررسی اثر افزودن پودر ریشه گیاه *فرولا بدرکما* (*Ferula Badrakema*) با و بدون شیرین‌کننده ساخارین سدیم به جیره بر عملکرد رشد، سیستم ایمنی و متابولیت‌های خون جوجه‌های گوشتی
۴۳۱
حمیدرضا خواجوی، احمد حسن‌آبادی، مهدی عسکری بدوئی
- اثرات سطوح مختلف دانه باقلای بدون تانن بر عملکرد و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی جوجه‌های گوشتی
۴۴۷
مجید کاظمی گرگی، شکوفه غضنفری، کاظم یوسفی کلاریکلانی، کریم نوبری، سید داود شریفی، فاطمه شیخ
- ژنتیک
شناسایی نشانه‌های انتخاب مرتبط با مقاومت به بیماری یون (JD) در نژادهای بز
۴۶۵
حسین محمدی، محمد شمس‌اللهی



Using Commercial Tannin-Degrading Bacteria, or Isolated from the Rumen of some Ruminants to Improve the Nutritional Value of Pomegranate Peel

Zahra Jahanara¹, Morteza Chaji^{2*}, Omid Khorasani³

Received: 13-07-2022

Revised: 27-09-2022

Accepted: 10-10-2022

Available Online: 10-10-2022

How to cite this article:

Jahanara, Z., Chaji, M., & Khorasani, O. (2023). Using commercial tannin-degrading bacteria, or isolated from the rumen of some ruminants to improve the nutritional value of pomegranate peel. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(3), 299- 315.

DOI: [10.22067/ijasr.2022.77606.1085](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.77606.1085)

Introduction: Pomegranate has many secondary metabolites such as tannins and phenolic compounds, which have various properties such as antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory, and immune system stimulating effects. The amount of tannin in pomegranate skin has been reported up to 20.6%. The limiting effects of tannins can be related to reducing the use of nutrients, especially protein, reducing growth and performance, reducing palatability and feed consumption, and reducing the activity of digestive enzymes. In addition to the anti-nutritional effects in high concentration, the positive impact of dense tannins in optimal concentration includes improving live weight gain, preventing flatulence, increasing milk production, reducing intestinal nematodes, and reducing the production of NH₃-N and methane in the rumen. Therefore, the present experiment was carried out to improve the nutritional value of pomegranate peel as a tannin-containing edible material by treating it with some tannase-producing bacteria for ruminants.

Materials and Methods: Pomegranate peel was treated with tannin-degrading bacteria including *Klebsiella pneumoniae* and *Acinetobacter* (isolated from deer rumen), *Lactobacillus fermentum* (isolated from Najdi goat rumen), and commercial *Lactobacillus fermentum*, and its nutritional value including chemical composition, digestibility, and fermentation ability alone (first experiment) or as a combination in a standard fattening lamb diet (second experiment), with two-stage digestion method and gas production test were studied. In the first experiment, five experimental treatments included 1- Pomegranate peel without treatment (control treatment), treatment 2 to 5- Pomegranate peel treated with each of the four tannin-degrading bacteria. The five treatments of the second experiment included 1- Diets containing pomegranate peel without treatment (control treatment), 2-5- Diets containing pomegranate peel treated with each of the four tannin-degrading bacteria.

Results and Discussion: Applying tannin-degrading bacteria reduced the tannin in pomegranate peel ($P<0.05$), which is caused by the tannin-degrading bacteria. In an experiment of ensiling and adding polyethylene glycol and urea to pistachio hull for tannin removal, total tannin decreased. The concentration of total tannin with the potential and rate of gas production, truly decomposed organic matter, microbial biomass production, and microbial biomass production efficiency improved in pomegranate peel treated with tannin-degrading bacteria compared to the control ($P<0.05$). Perhaps the reason for the decrease in gas production potential in the control treatments compared to the treatments treated with bacteria is their higher amount of tannins, because tannins and phenolic substances by forming bonds and complexes with nutrients such as carbohydrates, proteins, reduce the availability of microorganisms. Ruminants to them and as a result reduce their decomposition. Similar to the results of the present experiment, other studies have also shown the positive effect of tannin removal on the improvement of gas production parameters. NH₃ concentration and population of protozoa of pomegranate peel treated alone and in the diet increased compared to the control ($P<0.05$). The reason for the increase in NH₃ concentration and protozoa population after degrading the tannins with bacteria can be the presence of tannins and polyphenolic compounds in this edible material. By binding to protein and

1- Former M.Sc. Student, Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran.

2- Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran.

3- Ph.D. of Animal Nutrition, Kharazmi Industrial School, of Dezful, Iran.

*Corresponding Author's Email: chaji@asnrukh.ac.ir

reducing the rate of protein decomposition, tannins reduce the concentration of NH_3 , on the other hand, these structures lead to the rupture of the protozoa cell membrane, the inactivation of enzymes, and the reduction of the substrate needed for cell metabolism. The percentage of digestibility of dry matter, NDF, and ADF of pomegranate peel processed alone and in the diet with tannin-degrading bacteria increased compared to the control ($P<0.05$). Due to the reduction of the tannin level by the isolates, the activity of proteolytic enzymes has probably increased, and releasing nutrients from the binding of tannin, has improved the digestibility of the materials. An increase in cell wall digestibility has been reported as a result of treatment with tannin-degrading bacteria in laboratory conditions. Gas production potential and rate, separation coefficient, microbial viable mass production, and microbial viable mass production efficiency were improved in diets containing processed pomegranate peel compared to the control ($P<0.05$).

Conclusion: The use of tannin-degrading bacteria in the processing of pomegranate peel by reducing the tannins concentration led to an increase in the digestion and fermentation potential of pomegranate peel and diets containing pomegranate peel processed with tannins-degrading bacteria compared to the control. Therefore, considering the positive effects of processing pomegranate peel with tannins-degrading bacteria, it can be said that processing it by reducing tannins is a suitable solution to improve its nutritional value.

Keywords: Ammonia nitrogen, Chemical composition, Digestibility, Gas production, Protozoa population, Tannin-decomposing bacteria.

استفاده از باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن تجاری یا جدا شده از شکمبه برخی از نشخوارکنندگان برای بهبود ارزش تغذیه‌ای پوست انار

زهرا جهان‌آرا^۱، مرتضی چاجی^{۲*}، امید خراسانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۸

چکیده

آزمایش حاضر با هدف بهبود ارزش تغذیه‌ای پوست انار توسط عمل‌آوری آن با باکتری‌های تولیدکننده تانن، برای نشخوارکنندگان انجام شد. پوست انار با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن شامل کلسیلا پنومونیه (جداسازی شده از شکمبه گوزن)، استیتو باکتر (جداسازی شده از شکمبه گوزن)، لاکتو باسیلوس فرمنتوم (جداسازی شده از شکمبه بز نجدی) و لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری عمل‌آوری شدند و ارزش تغذیه‌ای آن به‌تنهایی یا به‌صورت ترکیب در یک جیره استاندارد بره پرواری، با روش هضم دو مرحله‌ای و آزمایش تولید گاز مورد مطالعه قرار گرفت. در آزمایش اول، پنج تیمار آزمایشی شامل: ۱- پوست انار بدون عمل‌آوری (شاهد)، تیمار ۲ تا ۵- پوست انار عمل‌آوری شده با هر یک از چهار باکتری تجزیه‌کننده تانن بودند. تیمارهای آزمایش دوم مانند آزمایش اول بودند با این تفاوت که از پوست انار عمل‌آوری شده در جیره‌های گوسفند پرواری استفاده شد و سپس جیره‌ها مورد بررسی قرار گرفت. غلظت تانن کل و ماده آلی واقعاً تجزیه شده پوست انار، پتانسیل و نرخ تولید گاز در هر دو آزمایش، تولید توده زنده میکروبی و بازده تولید توده زنده میکروبی در هر دو آزمایش در پوست انار عمل‌آوری شده و جیره‌های حاوی آن نسبت به شاهد بهبود یافت. غلظت نیتروژن آمونیاکی و جمعیت پروتوزوای پوست انار عمل‌آوری شده و جیره‌های حاوی آن نسبت به شاهد افزایش یافت. درصد قابلیت هضم ماده خشک، NDF و ADF پوست انار عمل‌آوری شده و جیره‌های حاوی آن نسبت به شاهد افزایش یافت. بنابراین، با توجه به اثرات مثبت فرآوری پوست انار با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن، شاید بتوان گفت عمل‌آوری آن با کاهش تانن راهکاری مناسب برای بهبود ارزش تغذیه‌ای آن باشد.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن، ترکیب شیمیایی، تولید گاز، جمعیت پروتوزوآ، قابلیت هضم، نیتروژن آمونیاکی.

مقدمه

روسیه، فرانسه، آرژانتین، چین، ژاپن، آمریکا و هند است (Ozgen et al., 2008). نمونه خودروی انار در گرگان، مازندران، گیلان، کردستان، لرستان و بلوچستان و انواع اصلاح شده آن در مناطق معتدله و معتدله گرم کاشته می‌شود (Mozafarian, 2005). طبق آمارنامه باغداری کشور در سال (۱۳۹۶) سطح زیر کشت انار ۵۱۷۶۷ اصله بوده است که منجر به تولید بیش از ۱۲۰ هزار تن پوست انار در سال می‌شود (Mirzaei-Aghsaghali et al., 2011). انار دارای مقادیر زیادی متابولیت ثانویه مانند تانن و ترکیبات فنولیک است که دارای خواص متنوعی از قبیل اثرات ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضد التهاب و تحریک‌کنندگی سیستم ایمنی هستند (Adams et al., 2006). مقدار تانن کل پوست انار تا ۲۰/۶ درصد نیز گزارش شده است (Sharifi and Chaji, 2019a; Sharifi and Chaji, 2019b).

نام علمی انار *Punica granatum* (جنس پونیک و گونه گراناتوم) بوده و از خانواده پونیکاسه^۴ است. در اقلیم‌های خشک، نیمه گرمسیری و مدیترانه‌ای رشد می‌کند. بومی ایران، اسپانیا، مصر،

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز- ملاتانی، ایران.

۲- استاد گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز- ملاتانی، ایران.

۳- دکتری تغذیه‌دام، هنرستان خوارزمی دزفول، دزفول، ایران.

(Email: chaji@asnruk.ac.ir)

(*- نویسنده مسئول)

DOI: 10.22067/ijasr.2022.77606.1085

4- Punicaceae

وجود دارد (Pell et al., 2000). میکروارگانیزم‌های زیادی دارای پتانسیل تولید تاناز هستند، اما اساساً از قارچ‌های رشته‌ای جنس *آسپرژیلوس* برای تولید تاناز استفاده شده است. تاناز می‌تواند با شکستن برخی پیوندهای موجود بین پلیمرهای دیواره سلولی، برای تجزیه دیواره سلولی گیاهان نیز استفاده شود (Ahmed and Yang, 2017; Hassan et al., 2020). ریزجانداران شکمبه قادر به تجزیه تانن قابل هیدرولیز می‌باشند؛ بعد از جذب محصولات ناشی از تجزیه آن‌ها توسط دیواره شکمبه و روده و ورود آن‌ها به خون، اگر غلظت ترکیبات فنلی در جریان خون فراتر از ظرفیت سمیت‌زدایی کبد باشد، مسمومیت رخ خواهد داد (Powell et al., 2003). تجزیه تانن توسط کلبسیلا پنومونیه سویه‌های A1 تا A9 جداسازی شده از شکمبه گوزن (Mohammadabadi et al., 2021) و سایر سویه‌های کلبسیلا پنومونیه (Kumar et al., 2015)، یا تجزیه تانیک اسید توسط سویه‌های مختلف C2A (Jadhav et al., 2011) تأیید شده است. سویه‌های مختلف باکتری کلبسیلا پنومونیه از مدفوع بزهای تغذیه شده با جیره‌های غنی از تانن جدا شده است (Tahmourespour et al., 2016). سه باکتری با قدرت تولید تاناز و تجزیه‌کننده تانن از جنس کلبسیلا شامل کلبسیلا واریکولا سویه PLP G-17 LC (K. variicola PLP G-17 LC)، PLP S18 (K. variicola PLP G-17 LC)، و کلبسیلا پنومونیه سویه PLP G-17 SC (K. pneumoniae PLP G-17 SC) از شکمبه بزها جداسازی شده است (Sharma et al., 2017). بنابراین، هدف پژوهش حاضر، استفاده از لاکتوباسیلوس و برخی از باکتری‌های تولیدکننده تاناز برای بهبود ارزش تغذیه‌ای پوست انار است که حاوی تانن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های حاضر در آزمایشگاه‌ها و ایستگاه آموزشی و پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. پوست انار خالص فاقد هسته از باغ ملک تهیه و به صورت تازه به قطعات ۳-۴ سانتی متری خرد شدند و در سایه در جریان هوای آزاد خشک شدند. آزمایش اول به منظور بررسی میزان گاز تولیدی و فراسنجه‌های تخمیری در پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن و آزمایش دوم برای بررسی گاز تولیدی و فراسنجه‌های تخمیری در جیره بره‌های پرواری حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن انجام شد و از روش تولید گاز (Menke and Steingass, 1988) و هضم دو مرحله‌ای (Tilley and Terry, 1963) به منظور انجام این آزمایشات استفاده شد. باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن مورد استفاده در آزمایش حاضر شامل کلبسیلا پنومونیه (10^7 cfu/ml) و گونه‌های مختلف اسیتو

تانن‌ها به عنوان متابولیت ثانویه در نظر گرفته می‌شوند و نقش مستقیمی در متابولیسم گیاهان ندارند و بعد از لیگنین، تانن فراوان‌ترین گروه فنلی گیاه است (Aguilar et al., 2007; Hassan et al., 2020). اثرات محدودکنندگی تانن‌ها را می‌توان به کاهش استفاده از مواد مغذی، به ویژه پروتئین، کاهش رشد و عملکرد، کاهش خوش‌خوراکی و مصرف خوراک و کاهش در فعالیت آنزیم‌های گوارشی ارتباط داد (Makkar, 2003; Naumann et al., 2017; Huang et al., 2018). در کنار اثرات ضد تغذیه‌ای در غلظت زیاد، اثر مثبت تانن‌های متراکم در غلظت بهینه شامل بهبود افزایش وزن زنده، جلوگیری از نفخ، افزایش تولید شیر، کاهش کرم‌های گرد (نماتدهای) روده‌ای و کاهش تولید نیتروژن آمونیاکی و متان در شکمبه می‌باشد (Lim and Murtijaya, 2007; Huang et al., 2018). گیاهان و علوفه‌هایی که حاوی مقادیر متوسطی از تانن متراکم هستند (دو تا چهار درصد ماده خشک) می‌توانند اثرات مفیدی بر متابولیسم پروتئین در گوسفند داشته باشند. علاوه بر این، به سبب تجزیه آهسته پروتئین جیره و تبدیل آن به آمونیاک، عبور پروتئین از شکمبه افزایش می‌یابد و در نتیجه، سبب بهبود و افزایش جذب اسید-های آمینه در روده باریک می‌شود (Hassanat and Benchaar, 2013; Huang et al., 2018).

گیاهان و محصولات جانبی زیادی نظیر پوست انار وجود دارند که به علت بالا بودن مقدار ترکیبات ثانویه و ضد تغذیه‌ای نظیر تانن استفاده از آن‌ها در خوراک دام، محدودیت دارد (Abbas et al., 2019a; Sharifi and Chaji, 2019). استفاده از روش‌هایی که بتواند مقدار این ترکیبات را کاهش دهد، باعث می‌شود بتوان از این ترکیبات خوراکی به مقدار بیشتری در خوراک دام استفاده کرد. روش‌های کاهش تانن شامل فرآوری با خاکستر چوب (منبع ارزان قیمت و قلیایی است)، سیلو کردن و تجزیه بیولوژیکی می‌باشند (Makkar, 2003; Ben Salem et al., 2005; Hassanat and Benchaar, 2013; Huang et al., 2018).

در کنار روش‌های شیمیایی و سایر روش‌ها برای تانن‌زدایی، روش‌های بیولوژیکی نیز وجود دارد (Mohammadabadi et al., 2021). بسیاری از نشخوارکنندگان مانند گاو، گوسفند و بز توانایی بالایی برای هضم گیاهان غنی از تانن دارند. بیشتر ریزجانداران شناسایی شده در این حیوانات مانند استرپتوکوکوس بویس، استرپتوکوکوس کاپرینوس، استرپتوکوکوس گالولیتیکوس که در تجزیه زیستی تانن شرکت دارند، کروی بوده و به جنس استرپتوکوکوس تعلق دارند (Hiura et al., 2010). در هنگام جداسازی باکتری از شکمبه بز که منابع غنی از تانن مصرف کرده بود، فعالیت تاناز برای اولین بار شناسایی شد. این آنزیم در گونه سلونوماناس رومیناتیوم نیز

نجدی، ۵- پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری؛ و پنج تیمار آزمایش دوم شامل: ۱- جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری نشده ۲- جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری کلبسیلا پنومونیه (تعداد معادل 10^7 cfu) جدا شده از شکمبه گوزن ۳- جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری استینتو باکتر (تعداد معادل 10^7 cfu) جداسازی شده از شکمبه گوزن، ۴- جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری لاکتو باسیلوس فرمنتوم (تعداد معادل 10^7 cfu) جدا شده از شکمبه بز نجدی، ۵- جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری.

اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی: ترکیبات شیمیایی پوست انار شامل پروتئین خام (کجدال خودکار، مدل V50، صنایع آزمایشگاهی بخشی، تهران، ایران)، چربی خام (سوکسله)، ماده خشک، لیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADFom)، خاکستر و تانن کل (با روش تیترومتري و استفاده از پرمنگنات پتاسیم به‌عنوان محلول‌تیرکننده) با روش استاندارد اندازه‌گیری شد (AOAC, 2012). لیاف نامحلول در شوینده خنثی NDFom نیز بدون استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز و سولفیت‌سدیم و با حذف خاکستر انجام شد (Van Soest et al., 1991).

آزمایش تولید گاز و فراسنجه‌های تخمیری مایع

محیط کشت: مقدار گاز تولیدی و فراسنجه‌های تخمیر پوست انار و جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن با روش تولید گاز اندازه‌گیری شد (Menke and Steingass, 1988). قبل از وعده غذایی صبح از چهار راس گوسفند تغذیه شده با جیره علوفه‌ای شامل مخلوط کاه‌گندم، علوفه یونجه، سبوس گندم و دانه‌جو مایع شکمبه گرفته شد و بعد اختلاط بلافاصله توسط پارچه نخی متقال صاف شد. سپس در ظرف آب گرم در دمای ۳۹ درجه سلسیوس به آزمایشگاه منتقل شد. در ویال‌های شیشه‌ای ۱۰۰ میلی‌لیتری مقدار ۰/۲ گرم نمونه ریخته شد. مقدار ۲۰ میلی‌لیتر بافر و ۱۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه (نسبت ۲ به ۱) به هر ویال اضافه شد. تولید گاز در زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ ساعت ثبت شد. با استفاده از مدل نمایی تغییر یافته (Orskov and McDonald, 1979) ضرایب تولید گاز محاسبه شد:

$$P = b(1 - e^{-ct}) \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن، P: تولید گاز، b: پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر)، c: ثابت نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر در ساعت)، t: مدت زمان انکوباسیون (ساعت) و e: عدد نپری بود. فراسنجه‌های تخمیری شامل عامل جداکننده (PF)، ماده آلی واقعاً تجزیه شده، تولید توده زنده میکروبی با معادله‌های ۲ تا ۴ محاسبه شدند: (Blummel et al., 1997)

معادله (۲)

باکتر (10^7 cfu/ml) جدا شده از شکمبه گوزن، لاکتو باسیلوس فرمنتوم (10^7 cfu/ml) جداسازی شده از شکمبه بز نجدی و لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری (10^7 cfu/ml) بودند. توانایی تولید تاناز و تانن‌زدایی آن‌ها در چندین آزمایش بررسی شد (Chaji et al., 2020; Mohammadabadi et al., 2021)

آماده سازی مایع تلقیح باکتری‌ها: یک قسمت از هر جدایه باکتریایی (غیر از فرمنتوم تجاری)، به ۲۰ میلی‌لیتر محیط کشت مایع حاوی مواد مغذی (نوترینت برات) اضافه شد و ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری شد. محیط کشت حاصل مجدد به یک لیتر محیط نوترینت برات اضافه شد و ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری شد و برای عمل‌آوری پوست انار استفاده شد (Mohammadabadi et al., 2021)

آماده سازی مایع تلقیح فرمنتوم تجاری: یک بخش از باکتری لاکتوباسیلوس فرمنتوم به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس روی پلیت حاوی محیط کشت MRS - آگار کشت (مرک -آلمان) داده شد، سپس مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر از آن (یک کلنی از باکتری) به محیط کشت MRS منتقل شده و برای ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری شد و برای عمل‌آوری پوست انار استفاده شد (Chaji et al., 2018; Bahaaldini et al., 2020).

تلقیح باکتری به پوست انار: به‌طور خلاصه، مقدار پنج کیلوگرم پوست انار خشک در ۱۰ لیتر آب مقطر حاوی یک لیتر محلول نوترینت برات حاوی باکتری مورد آزمایش (10^7 cfu/ml) قرار داده شدند و بلافاصله به کیسه‌های پلاستیکی ۱۰ کیلویی منتقل و جهت بی‌هوازی شدن محیط، درب آن‌ها بسته و در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ روز نگهداری شدند که پس از خارج شدن از کیسه‌ها، خشک و آسیاب شدند و به‌صورت مخلوط با جیره به بره‌ها داده شدند (Chaji et al., 2020; Mohammadabadi et al., 2021).

تیمارهای این دو بخش از آزمایش شامل: تعداد ۱۰ تیمار آزمایشی بود که پنج تیمار آزمایشی مربوط به پوست انار خام یا عمل‌آوری شده با هر یک از چهار باکتری تولیدکننده تاناز؛ و پنج تیمار مربوط به جیره‌های حاوی پوست انار خام و عمل‌آوری شده با هر یک از چهار باکتری تولیدکننده تاناز بود. جیره‌های آزمایشی برای بره‌های پرواری (NRC, 2007) و حاوی ۶۰ درصد کنسانتره و ۴۰ درصد علوفه بود (جدول ۱). پنج تیمار آزمایش اول ۱- پوست انار عمل‌آوری نشده، ۲- پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری کلبسیلا پنومونیه (تعداد معادل 10^7 cfu) جدا شده از شکمبه گوزن ۳- پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری استینتو باکتر (تعداد معادل 10^7 cfu) جداسازی شده از شکمبه گوزن، ۴- پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری لاکتو باسیلوس فرمنتوم (تعداد معادل 10^7 cfu) جدا شده از شکمبه بز

÷ میلی گرم ماده آلی واقعا تجزیه شده = (میلی گرم در میلی لیتر) عامل تفکیک
میلی لیتر گاز تولیدی در ۲۴ ساعت

معادله (۴)

ماده آلی ÷ تولید توده میکروبی = بازده تولید توده زنده میکروبی
واقعا تجزیه شده

معادله (۳)

× گاز تولیدی در ۲۴ ساعت = (میلی گرم) تولید توده زنده میکروبی
(۲/۲- عامل تفکیک)

جدول ۱- مواد تشکیل دهنده خوراک و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی حاوی پوست انار

Table 1- Feed ingredients and chemical composition of the experimental diets containing pomegranate peel

اقلام خوراکی (درصد ماده خشک) Ingredients (% of DM)	بدون عمل‌آوری Untreated	عمل‌آوری شده با باکتری ^۱ Treated ^۱
یونجه Alfalfa	15	15
کاه گندم Wheat straw	25	25
دانه جو Barley grain	20	20
دانه ذرت Corn grain	3.5	3.5
کنجاله سویا Soybean meal	15	15
پوست انار Pomegranate peel	20	20
نمک Salt	0.5	0.5
مکمل ویتامین و مواد معدنی ^۲ Vitamin and mineral supplements ²	1.0	1.0
ترکیبات شیمیایی Chemical composition (%)		
ماده آلی Organic matter	93.0	93.0
پروتئین خام Crude protein	12.71	12.60
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF ³	38.60	38.55
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF ³	26.00	25.95
انرژی متابولیسمی (مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک) ME ³ (Mcal/kg DM)	2.43	2.43

^۱ باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن شامل *Klebsiella pneumoniae* و *Acinetobacter* پنهونیه و *Lactobacillus* فرمنتوم تجاری، لاکتو باسیلوس فرمنتوم جداسازی شده از شکمبه بز نجدی و لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری.

^۲ هر کیلوگرم مکمل ویتامین - مواد معدنی حاوی ۵۰۰ هزار واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۰۰ هزار واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۱۰۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۱۸۰ گرم کلسیم، ۶۰ هزار میلی‌گرم فسفر، ۶۰ هزار میلی‌گرم سدیم، ۱۹ هزار میلی‌گرم منیزیم، سه هزار میلی‌گرم روی، سه هزار میلی‌گرم آهن، ۱۹ هزار میلی‌گرم منگنز، ۳۰۰ میلی‌گرم مس، ۱۰۰ میلی‌گرم کروم، یک میلی‌گرم سلنیوم، ۱۰۰ میلی‌گرم ید، ۴۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدانت.

^۱ Tannins-degrading bacteria include *Klebsiella pneumoniae* and *Acinetobacter* isolated from deer rumen, *Lactobacillus fermentum* isolated from Najdi goat rumen, and Commercial *Lactobacillus fermentum*.

² Premix contained (per kg): Vitamin A, 500,000 IU/mg; vitamin D₃, 100000 IU/mg; vitamin E, 100 mg/kg; Ca, 180 g/kg; P, 60000 mg/kg; Na, 60000 mg/kg; Mg, 19000 mg/kg; Zn, 3000 mg/kg; Fe, 3000 mg/kg; Mn, 19000 mg/kg; Cu, 300 mg/kg; Co, 100 mg/kg; Se, 1 mg/kg; I, 100 mg/kg; antioxidant, 400 mg/kg; carrier, up to 1000 g.

³NDF: Neutral detergent fiber, ADF: Acid detergent fiber, ME: Metabolizable energy

که در آن، Y_{ij} : مقدار مشاهده شده، μ : میانگین جامعه، T_i : اثر تیمار α م و ϵ_{ij} : خطای آزمون است.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌ها

استفاده از باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن در عمل‌آوری پوست انار غیر از تانن تأثیری بر ترکیب شیمیایی اندازه‌گیری شده در آزمایش حاضر نداشت (جدول ۲) و غلظت تانن کل کاهش یافت ($P < 0.05$). نزدیک به نتایج پژوهش حاضر غلظت NDF و ADF پوست انار عمل‌آوری نشده به ترتیب ۳/۶، ۲۰/۸، ۱۵/۱ (Mirzaei- Aghsaghali *et al.*, 2011) و مقدار تانن کل آن ۵/۴ درصد بود (Khorsandi *et al.*, 2011). دلیل اختلاف در نتایج می‌تواند ناشی از شرایط آب هوایی منطقه جغرافیایی و محل رویش انار و زمان برداشت باشد (Brooker and Kleinig, 2006; Taher-Maddah *et al.*, 2012). موافق با نتایج آزمایش حاضر، در مطالعه‌ای سیلو کردن پوست پسته با پلی اتیلن گلیکول یا اوره به‌منظور کاهش تانن، به‌جز غلظت تانن، ترکیبات شیمیایی تغییر معنی‌داری نکردند (Mokhtarpour *et al.*, 2012). در آزمایش حاضر نیز غلظت ماده خشک، پروتئین خام، NDF و ADF در پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن نسبت به شاهد (پوست انار بدون عمل‌آوری) تغییر معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

استفاده از باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن در عمل‌آوری پوست انار باعث کاهش معنی‌دار غلظت تانن شد (جدول ۲) و بیشترین غلظت تانن در شاهد مشاهده شد. علت کاهش تانن تجزیه آن توسط باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن می‌باشد (Pell *et al.*, 2000). در آزمایشی، سیلو کردن و اضافه کردن پلی اتیلن گلیکول و اوره (همه برای تانن‌زدایی) به پوست پسته، کل تانن را به‌مقدار ۱۹/۷۵ درصد کاهش داد (Mokhtarpour *et al.*, 2012). تخمیر کنجاله کانولای فرآوری شده (Safari *et al.*, 2012) و مغز میوه بلوط بالاکتوباسیلیوس پلانتاروم باعث کاهش تانن نسبت به شاهد شد (Bahaaldini *et al.*, 2018). عمل‌آوری آرد سورگوم بالاکتوباسیلیوس پلانتاروم + ساکارومایسز سروسیسا یا ریزوپوس الیگوسپروس) به ترتیب ۳۳/۶۹ و ۴۴/۶۵ درصد تانن را کاهش داد که به سبب آنزیم‌های تاناز و فیتاز تولید شده توسط این ریزجانداران بود (Setiarto and Widhyastuti, 2016).

آزمایش هضم دو مرحله‌ای: قابلیت هضم مواد مغذی پوست

انار و جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن به‌روش هضم دو مرحله‌ای تعیین شدند. مایع شکمبه مانند آزمایش تولید گاز تهیه شد. مقدار ۰/۵ گرم نمونه با ۱۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه و ۴۰ میلی‌لیتر بزاق مصنوعی مخلوط شدند (نسبت ۱ به ۴) و در لوله‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری در بن ماری ۳۹ درجه سلسیوس قرار داده شد (Tilley and Terry, 1963). در ۴۸ ساعت بعد، به محیط کشت شش میلی‌لیتر اسید کلریدیک ۲۰ درصد و پنج میلی‌لیتر آنزیم پیپسین اضافه شد (۰/۵ گرم آنزیم پیپسین ۳۳۰۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید کلریدیک ۰/۱ نرمال). لوله‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت دیگر در حمام آب گرم قرار داده شدند. در پایان روز چهارم، از اختلاف وزن نمونه اولیه و باقی‌مانده، پس از خشک کردن آن‌ها در آن (۹۰ درجه سلسیوس، ۲۴ ساعت) قابلیت هضم ماده خشک، NDF و ADF اندازه‌گیری شد.

شمارش پروتوزوا: جهت شمارش پروتوزوا، پس از تهیه مایع

محیط کشت در آزمایش تولید گاز، برای ثابت کردن پروتوزوا، ۱۰ میلی‌لیتر مایع محیط کشت با ۱۰ میلی‌لیتر فرم آلدئید ۱۰ درصد مخلوط و با استفاده از لام هموسایتومتر شمارش پروتوزواها انجام شد (Dehority, 2003).

تعیین غلظت نیتروژن آمونیاکی و pH شکمبه: به‌منظور

تعیین غلظت نیتروژن آمونیاکی، نمونه‌برداری از مایع محیط کشت در آزمایش تولید گاز انجام شد، بلافاصله pH آن با دستگاه pH متر (مدل WTW 3110، ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد. پس از صاف کردن با پارچه متقال چهار لایه به‌مقدار مساوی با اسید کلریدیک ۰/۲ نرمال (۱۶/۷ میلی‌لیتر اسید کلریدیک مرک ۳۷ درصد در یک لیتر آب مقطر) مخلوط شد و جهت اندازه‌گیری بعدی در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شد. غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع محیط کشت با روش فنل - هیپوکلراید با دستگاه اسپکتوفتومتر (Bio-Rad, Libra S22, England) اندازه‌گیری شد (Brodrick and Kang, 1980).

تجزیه و تحلیل آماری: همه‌ی داده‌های حاصل با نرم‌افزار

آماري SAS (نسخه ۹/۴) با مدل خطی GLM در قالب یک طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح خطای ۰/۰۵ درصد انجام گرفت. از مدل آماری زیر استفاده شده است

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij} \quad \text{معادله (۴)}$$

جدول ۲- ترکیب شیمیایی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن

Table 2- Chemical composition of pomegranate peel and diets containing pomegranate peel treated with tannins-degrading bacteria

ماده مغذی (%) Nutrient (%)	تیمارها Treatment					SEM	P-value
	شاهد Control ²	باکتری‌های مورد استفاده برای عمل‌آوری ^۱ Bacteria used for treating ¹					
		کلبسیلا پنومونیه <i>Klebsiella pneumoniae</i>	اسیتوباکتر <i>Acinetobacter</i>	لاکتو باسیلوس فرمنتوم جداسازی شده <i>Lactobacillus fermentum</i> (Isolated)	لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری <i>Lactobacillus fermentum</i> (Commercial)		
ماده خشک Dry matter	68.50	70.900	70.75	69.20	69.50	0.960	0.40
پروتئین خام Crude protein	2.95	2.40	2.85	2.87	2.83	0.416	0.50
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF ³	25.74	25.47	25.73	25.73	25.63	0.409	0.90
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF ³	19.70	19.40	19.64	19.61	19.62	0.471	0.90
تانن کل Total tannins	12.47 ^a	8.31 ^b	8.63 ^b	8.40 ^b	8.45 ^b	0.580	0.03

^۱ باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن شامل کلبسیلا پنومونیه و اسیتوباکتر جداسازی شده از شکمبه گوزن، لاکتو باسیلوس فرمنتوم جداسازی شده از شکمبه بز نجدی و لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری. ^۲ پوست انار عمل‌آوری نشده.

^{a-b} تفاوت میانگین‌های در هر ردیف با حروف متفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشد. SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

^۱ Tannins-degrading bacteria include *Klebsiella pneumoniae* and *Acinetobacter* isolated from deer rumen, *Lactobacillus fermentum* isolated from Najdi goat rumen, and Commercial *Lactobacillus fermentum*.

^۲ Control: untreated pomegranate peel,

^{a,b} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

^۳ NDF: Neutral detergent fiber, ADF: Acid detergent fiber

SEM: Standard error of means;

کلبسیلا پنومونیه بیشترین مقدار را داشت.

شاید دلیل کاهش پتانسیل تولید گاز در تیمارهای بدون عمل‌آوری نسبت به تیمارهای عمل‌آوری شده با باکتری مقدار تانن بیشتر آن‌ها باشد، زیرا تانن‌ها و مواد فنلی با تشکیل پیوند و کمپلکس با مواد مغذی شامل کربوهیدرات، پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، غشای سلولی باکتری و آنزیم‌های هضم‌کننده پروتئین و کربوهیدرات باعث کاهش دسترسی ریزجانداران شکمبه به آن‌ها و در نتیجه، کاهش تجزیه آن‌ها می‌شود (Patra and Saxena, 2010; Abarghoyi and Rouzbehan, 2015; Sharifi et al., 2019). لذا، افزایش تولید گاز در تیمارهای عمل‌آوری شده نشان‌دهنده تأثیر باکتری تولیدکننده تاناز در کاهش مقدار تانن در پوست انار به سبب تجزیه تانن است. اثرات مهارتی تانن‌های متراکم قابل استخراج گیاه لوسنا (Tan et al., 2011)، بر فعالیت سویه‌های مختلف باکتری‌های تولیدکننده متان و مهارت تولید متان به اثبات رسیده است. در آزمایشی، با اسپرس آبی و دیم (منابع غنی از تانن)، نتایج نشان داد که تانن‌زدایی اسپرس آبی با

پتانسیل و نرخ تولید گاز پوست انار و جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن استفاده از باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن (کلبسیلا پنومونیه، گونه‌های مختلف اسیتوباکتر، لاکتوباسیلوس فرمنتوم تجاری و لاکتوباسیلوس فرمنتوم جداسازی شده از شکمبه بز) در عمل‌آوری پوست انار به عنوان ماده خوراکی تانن‌دار، باعث افزایش ($P < 0.05$) پتانسیل و نرخ تولید گاز پوست انار نسبت به شاهد (پوست انار بدون عمل‌آوری) شد (جدول ۳).

عمل‌آوری پوست انار با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن تأثیر معنی‌داری بر پتانسیل و نرخ تولید گاز جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده نسبت به جیره شاهد داشت (جدول ۳). پتانسیل تولید گاز همه جیره‌ها نسبت به شاهد بیشتر بود ($P < 0.05$). بیشترین پتانسیل تولید گاز در جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با کلبسیلا پنومونیه و اسیتوباکتر مشاهده شد، از بین این دو نیز

آب و اوره، باعث افزایش پتانسیل و نرخ تولید گاز نسبت به شاهد (اسپرس آبی عمل‌آوری یا تانن‌زدایی نشده) (Yarahmadi et al., 2017) شد.

جدول ۳- پتانسیل و نرخ تولید گاز پوست انار و جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن
Table 3- Potential and rate of gas production of pomegranate peel and diets containing pomegranate peel treated with tannins-degrading bacteria

متغیرها Variables	تیمارها Treatment					SEM	P-value
	شاهد Control ²	باکتری‌های مورد استفاده برای عمل‌آوری ¹ Bacteria used for treating ¹					
		کلبسیلا پنومونیه <i>Klebsiella pneumoniae</i>	اسینتو باکتر <i>Acinetobacter</i>	لاکتو باسیلوس فرمنتوم جداسازی شده <i>Lactobacillus fermentum</i> (Isolated)	لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری <i>Lactobacillus fermentum</i> (Commercial)		
پوست انار Pomegranate peel							
پتانسیل تولید گاز Gas production potential (ml)	53.03 ^b	67.44 ^a	61.37 ^a	65.64 ^a	68.22 ^a	3.44	0.04
نرخ تولید گاز Gas production rate (ml/h)	0.02 ^b	0.04 ^a	0.05 ^a	0.04 ^a	0.05 ^a	0.005	0.13
جیره حاوی پوست انار Diets containing pomegranate peel							
پتانسیل تولید گاز Gas production potential (ml)	55.77 ^c	91.41 ^a	91.45 ^a	75.34 ^b	81.60 ^{ab}	6.14	0.003
نرخ تولید گاز Gas production rate (ml/h)	0.05 ^b	0.05 ^b	0.05 ^b	0.07 ^{ab}	0.10 ^a	0.012	0.047

¹ باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن شامل کلبسیلا پنومونیه و اسینتو باکتر جداسازی شده از شکمبه گوزن، لاکتو باسیلوس فرمنتوم جداسازی شده از شکمبه بز نجدی و لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری. ² پوست انار عمل‌آوری نشده و جیره‌های حاوی آن. ^{a-b} تفاوت میانگین‌های در هر ردیف با حروف متفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشد. SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

¹Tannins-degrading bacteria include *Klebsiella pneumoniae* and *Acinetobacter* isolated from deer rumen, *Lactobacillus fermentum* isolated from Najdi goat rumen, and Commercial *Lactobacillus fermentum*.

² Untreated pomegranate peel and diets containing it.

^{a,b} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

SEM: Standard error of means

فراسنجه‌های تخمیری جیره‌های حاوی پوست انار در جدول ۴ نشان داده شده است. عمل‌آوری با باکتری تأثیر معنی‌داری بر ماده آلی واقعاً تجزیه شده، تولید توده زنده میکروبی، بازده تولید توده زنده میکروبی جیره‌های حاوی پوست انار داشت و باعث بهبود آن‌ها شد ($P > 0.05$)؛ اما تأثیری بر PF نداشت.

فعالیت ضد میکروبی تانن‌ها مربوط به تداخل با آنزیم‌های خارج سلولی ترشح شده و دیواره سلولی (تغییرات مورفولوژیکی در دیواره سلولی آن‌ها)، بی‌ثباتی غشای سیتوپلاسمی و پلاسمایی و اثر مستقیم بر متابولیسم میکروبی از طریق مهار چرخه فسفوریلاسیون-اکسیداتیو بوده و با محدود کردن سوستر جهت رشد میکروبی و باند

سایر فراسنجه‌های تخمیری پوست انار و جیره‌های حاوی

پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن

تأثیر استفاده از باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن در عمل‌آوری پوست انار (جدول ۴) بر ماده آلی واقعاً تجزیه شده، تولید توده زنده میکروبی و بازده تولید توده زنده میکروبی معنی‌دار بود ($P < 0.05$) و بیشترین مقدار در پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری کلبسیلا پنومونیه و کمترین آن در شاهد بود. اختلاف بین تیمارها از لحاظ مقدار PF پوست انار معنی‌دار نبود ($P > 0.05$).

اثر عمل‌آوری پوست انار با باکتری‌های تولیدکننده تانن بر

می‌دهند (Makkar, 2003). لذا، شاید دلیل بهبود فراسنجه‌های تخمیری در آزمایش حاضر در حین عمل‌آوری با باکتری‌های تولیدکننده تاناز، تجزیه تانن و از بین بردن اثرات منفی آن باشد (جدول ۲).

کردن کاتیون‌ها، فراهمی آن‌ها را برای ریزجانداران را کاهش می‌دهند. (patra and Saxena, 2010). به‌علاوه، باعث کاهش اتصال میکروبی به ذرات خوراک، کاهش رشد میکروبی و کاهش فعالیت آنزیم‌های میکروبی می‌شود؛ در واقع، تانن‌ها با مهار فعالیت ریزجانداران و یا آنزیم‌های میکروبی بازده تخمیر شکمبه‌ای را کاهش

جدول ۴- فراسنجه‌های تخمیری تولید گاز پوست انار و جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن

Table 4- Fermentative parameters of gas production of pomegranate peel and diets containing pomegranate peel treated with tannins-degrading bacteria

متغیرها Variables	تیمارها Treatment					SEM	P-value
	شاهد Control ²	باکتری‌های مورد استفاده برای عمل‌آوری ^۱ Bacteria used for treating ¹					
		کلسیلا پنومونیه <i>Klebsiella pneumoniae</i>	اسیتو باکتر <i>Acinetobacter</i>	لاکتو باسیلوس فرمنتوم جداسازی شده <i>Lactobacillus fermentum</i> (Isolated)	لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری <i>Lactobacillus fermentum</i> (Commercial)		
پوست انار Pomegranate peel							
ماده آلی واقعاً تجزیه شده TOMD ³ (mg)	152.55 ^b	173.90 ^a	156.05 ^b	152.35 ^b	163.55 ^{ab}	4.59	0.04
عامل تفکیک PF ³ (mg/ml)	4.97	7.20	5.27	5.50	5.43	1.02	0.64
تولید توده زنده میکروبی MB ³ (mg)	71.38 ^b	118.88 ^a	71.61 ^b	86.96 ^b	94.78 ^b	14.36	0.029
بازده تولید توده زنده میکروبی MBE ³ (%)	46.01 ^b	68.17 ^a	46.63 ^b	57.06 ^b	57.56 ^b	8.56	0.45
جیره حاوی پوست انار Diets containing pomegranate peel							
ماده آلی واقعاً تجزیه شده TOMD ³ (mg)	159.85 ^b	172.30 ^a	158.05 ^b	178.30 ^a	185.15 ^a	4.48	0.032
عامل تفکیک PF ³ (mg/ml)	3.45	3.77	3.56	3.91	4.76	0.621	0.62
تولید توده زنده میکروبی MB ³ (mg)	53.85 ^c	71.50 ^b	59.84 ^{bc}	77.50 ^a	90.48 ^a	4.29	0.045
بازده تولید توده زنده میکروبی MBE ³ (%)	31.77 ^c	41.44 ^b	37.98 ^{bc}	43.04 ^b	52.15 ^a	4.50	0.68

^۱ باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن شامل کلسیلا پنومونیه و اسیتو باکتر جداسازی شده از شکمبه گوزن، لاکتو باسیلوس فرمنتوم جداسازی شده از شکمبه بز نجدی و لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری.

^۲ پوست انار عمل‌آوری نشده و جیره‌های حاوی آن

^{a-b} تفاوت میانگین‌های در هر ردیف با حروف متفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشد.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

^۱ Tannins-degrading bacteria include *Klebsiella pneumoniae* and *Acinetobacter* isolated from deer rumen, *Lactobacillus fermentum* isolated from Najdi goat rumen, and Commercial *Lactobacillus fermentum*.

^۲ Untreated pomegranate peel and diets containing it.

^۳ TOMD: Truly organic matter degradability; PF: partitioning factor; MB: microbial biomass production; MBE: microbial biomass production efficiency.

^{a,b} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

SEM: Standard error of means.

شوند (Goel et al., 2005). در این ارتباط گزارش شده با افزایش مقدار تانن در جیره، جمعیت کل باکتری‌ها، باکتری‌های فیبروباکترسوسکسینوزنز، رومینوکوکوس آلبوس و رومینوکوکوس فلاوفیشس کاهش یافت (McSweeney et al., 2001; Sharifi et al., 2019). معمولاً ترکیبات فنولی سبب کاهش قابلیت هضم دیواره سلولی، پروتئین و کربوهیدرات‌ها می‌شوند (Ben Salem et al., 2005; Naumann et al., 2017; Huang et al., 2018). چهار درصد پوست انار به جیره گاوهای شیری باعث کاهش قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین، چربی، فیبر خام و NFE شد (Abbas et al., 2019). استفاده از عصاره پوست انار در جیره بره‌های پرواری تأثیری بر قابلیت هضم مواد مغذی (ماده خشک، ماده آلی، NDF و ADF) نداشت، اما در مقایسه با شاهد (فاقد عصاره پوست انار) قابلیت هضم پروتئین خام کاهش یافت (Sharifi and Chaji, 2019a). تخمیر کنجاله کانولای فرآوری شده با لاکتوباسیلوس پلاتناروم به‌طور متوسط موجب افزایش معنی‌دار ۳/۶ درصدی پروتئین حقیقی و کاهش معنی‌دار ۴۴/۵ درصدی تانن نسبت به شاهد شد که این کاهش تانن منجر به افزایش قابلیت هضم آزمایشگاهی پروتئین شد (Safari et al., 2012). افزایش قابلیت هضم دیواره سلولی در نتیجه عمل‌آوری با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن در شرایط آزمایشگاهی گزارش شده است (Mohammadabadi et al., 2021). در مطالعه‌ای قابلیت تجزیه و ناپدید شدن ماده خشک با افزایش سطوح تانن کاهش یافت (Tan et al., 2011). زمانی که کشت خالص باکتری استریتوکوکوس کاپرینوس (تجزیه‌کننده تانن) به شکمبه گوسفند وارد شد، باعث افزایش قابلیت هضم مواد مغذی، جذب نیتروژن و مصرف ماده خشک شد (Brooker et al., 1994). لذا، با توجه به نتایج آزمایش حاضر با کاهش تانن توسط باکتری‌ها، فعالیت آنزیم‌های سلولایتیک افزایش یافته است و این می‌تواند دلیلی برای افزایش قابلیت هضم ماده خشک و NDF باشد.

غلظت نیتروژن آمونیاکی و pH محیط کشت در آزمایش تولید گاز برای پوست انار و جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن

تأثیر استفاده از باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن برای عمل‌آوری پوست انار بر غلظت نیتروژن آمونیاکی و pH محیط کشت معنی‌دار بود ($P < 0.05$). غلظت نیتروژن آمونیاکی و pH در همه تیمارهای آزمایشی نسبت به شاهد بیشتر بود (جدول ۶). بیشترین غلظت نیتروژن آمونیاکی مربوط به تیمار پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری کلیسیلا پنومونیه بود که با سایر تیمارهای حاوی باکتری غیر از اسیتوباکتر و شاهد تفاوت معنی‌دار داشت ($P < 0.05$). مقدار pH

مشابه با نتایج آزمایش حاضر، سایر پژوهش‌ها نیز اثر مثبت تانن‌زدایی بر بهبود فراسنجه‌های تولید گاز را نشان داده‌اند؛ در آزمایشی تانن‌زدایی اسپرس آبی با آب و اوره باعث افزایش میزان ماده آلی واقعاً تجزیه شده، تولید توده زنده میکروبی و بازده تولید توده زنده میکروبی و PF شد (Yarahmadi et al., 2017). بنابراین، در آزمایش حاضر افزایش ماده آلی واقعاً تجزیه شده، توده زنده میکروبی و بازده تولید توده زنده میکروبی در تیمار پوست انار و جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده در مقایسه با شاهد، نشان‌دهنده تأثیر باکتری‌های تولیدکننده تاناز و اثرات مثبت تانن‌زدایی است.

قابلیت هضم آزمایشگاهی پوست انار و جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن

استفاده از باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن برای عمل‌آوری پوست انار اثر معنی‌داری بر قابلیت هضم ماده خشک، NDF و ADF آن داشت ($P < 0.05$). قابلیت هضم مواد مغذی پوست انار در همه تیمارها بیشتر از شاهد بود. بیشترین درصد قابلیت هضم ماده خشک، NDF و ADF پوست انار مربوط به عمل‌آوری با باکتری لاکتوباسیلوس فرمنتوم جدا شده از بز و کمترین در شاهد مشاهده شد ($P < 0.05$).

اثر استفاده از باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن در عمل‌آوری پوست انار بر قابلیت هضم ماده خشک، NDF و ADF جیره‌های حاوی پوست انار معنی‌دار بود ($P < 0.05$). بیشترین درصد قابلیت هضم ماده خشک مربوط به جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری با لاکتوباسیلوس فرمنتوم جدا شده از بز بود (جدول ۵). قابلیت هضم ماده خشک در همه جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده از شاهد بیشتر بود و غیر از تیمار اسیتوباکتر اختلاف همه آن‌ها با شاهد معنی‌دار بود ($P < 0.05$). بیشترین درصد قابلیت هضم NDF و ADF جیره‌های حاوی پوست انار مربوط به تیمار عمل‌آوری با کلیسیلا پنومونیه بود. قابلیت هضم NDF در همه جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن به‌طور معنی‌داری از شاهد بیشتر بود ($P < 0.05$). قابلیت هضم ADF جیره حاوی پوست انار نیز در همه تیمارها به‌جز تیمار اسیتوباکتر که از نظر عددی بیشتر بود، به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود ($P < 0.05$).

به دلیل کاهش سطح تانن توسط جدایه‌ها، فعالیت آنزیم‌های پروتولیتیک نیز احتمالاً افزایش پیدا کرده و با رهاسازی مواد مغذی از اتصال تانن، بهبود قابلیت هضم مواد را به همراه داشته است (Makkar, 2003; Goel et al., 2012). تانن‌ها در غلظت بالا بسته به نوع، اثرات مهاری مهمی بر جمعیت باکتری‌های فیبرولیتیک شکمبه دارند که منجر به کاهش هضم الیاف و قابلیت هضم آن می‌

افزودن باکتری تانن‌زدا باعث افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی و pH شد (جدول ۶). بیشترین غلظت نیتروژن آمونیاکی مربوط به عمل‌آوری با باکتری لاکتو باسیلوس فرمنتوم جدا شده شکمبه بز بود و کمترین در شاهد مشاهده شده است. بیشترین مقدار pH در جیره‌های حاوی پوست انار در تیمار حاوی فرمنتوم تجاری مشاهده شد.

محیط کشت در همه تیمارهای عمل‌آوری شده با باکتری‌ها به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود ($P < 0.05$). بیشترین مقدار pH در پوست انار مربوط به عمل‌آوری فرمنتوم جدا شده از شکمبه بز بود که تنها با تیمار کلبسیلا پنومونیه تفاوتی نداشت؛ و کمترین در شاهد مشاهده شد. اثر استفاده از باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن برای عمل‌آوری پوست انار بر غلظت نیتروژن آمونیاکی جیره‌های حاوی پوست انار معنی‌دار بود ($P < 0.05$). برای همه جیره‌های حاوی پوست انار،

جدول ۵- قابلیت هضم آزمایشگاهی پوست انار و جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن

Table 5- In vitro digestibility of pomegranate peel and diets containing pomegranate peel treated with tannins-degrading bacteria

متغیرها (%) Variables (%)	تیمارها Treatment					SEM	P-value
	شاهد Control ²	باکتری‌های مورد استفاده برای عمل‌آوری ¹ Bacteria used for treating ¹					
		کلبسیلا پنومونیه <i>Klebsiella pneumoniae</i>	اسیتتو باکتر <i>Acinetobacter</i>	لاکتو باسیلوس فرمنتوم جداسازی شده <i>Lactobacillus fermentum</i> (Isolated)	لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری <i>Lactobacillus fermentum</i> (Commercial)		
پوست انار Pomegranate peel							
ماده خشک Dry matter	65.07 ^b	69.49 ^a	72.15 ^a	75.02 ^a	73.76 ^a	2.02	0.040
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF ³	60.27 ^c	61.76 ^{bc}	61.67 ^{bc}	67.02 ^a	64.24 ^{ab}	0.968	0.002
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF ³	58.44 ^b	59.75 ^{ab}	59.16 ^b	62.97 ^a	62.93 ^a	1.09	0.030
جیره حاوی پوست انار Diets containing pomegranate peel							
ماده خشک Dry matter	64.06 ^c	66.27 ^b	65.54 ^{bc}	70.14 ^a	69.70 ^a	0.82	0.03
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF ³	57.59 ^b	61.49 ^a	60.22 ^a	60.98 ^a	59.82 ^a	0.850	0.01
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF ³	54.45 ^b	59.79 ^a	55.40 ^b	57.37 ^a	56.81 ^a	0.720	0.009

¹ باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن شامل کلبسیلا پنومونیه و اسیتتو باکتر جداسازی شده از شکمبه گوزن، لاکتو باسیلوس فرمنتوم جداسازی شده از شکمبه بز نجدی و لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری.

² پوست انار عمل‌آوری نشده و جیره‌های حاوی آن

a-b تفاوت میانگین‌های در هر ردیف با حروف متفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشد.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

¹ Tannins-degrading bacteria include *Klebsiella pneumoniae* and *Acinetobacter* isolated from deer rumen, *Lactobacillus fermentum* isolated from Najdi goat rumen, and Commercial *Lactobacillus fermentum*.

² Untreated pomegranate peel and diets containing it.

³ NDF: Neutral detergent fiber, ADF: Acid detergent fiber

^{a,b} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

SEM: Standard error of means

جدول ۶- تأثیر عمل‌آوری پوست انار با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن بر غلظت نیتروژن آمونیاکی، pH و جمعیت پروتوزا ($\times 10^4$) در آزمایش تولید گاز
Table 6- Effect treating of pomegranate peel with tannins-degrading bacteria on the concentration of ammonia nitrogen, ruminal pH, and protozoa population ($\times 10^4$) in gas production experiment

متغیرها Variables	تیمارها Treatment					SEM	P-value
	شاهد Control ²	باکتری‌های مورد استفاده برای عمل‌آوری ^۱ Bacteria used for treating ¹					
		کلبسیلا پنومونیه <i>Klebsiella pneumoniae</i>	اسیتتو باکتر <i>Acinetobacter</i>	لاکتو باسیلوس فرمنتوم جداسازی شده <i>Lactobacillus fermentum</i> (Isolated)	لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری <i>Lactobacillus fermentum</i> (Commercial)		
پوست انار Pomegranate peel							
نیتروژن آمونیاکی NH ₃ -N (mg/dl)	20.85 ^b	35.63 ^a	25.28 ^a	21.35 ^b	24.26 ^b	1.98	0.0001
pH	6.30 ^d	6.52 ^{ab}	6.43 ^c	6.55 ^a	6.48 ^{bc}	0.167	0.0008
کل پروتوزاها Total protozoa	9.50 ^b	10.0 ^b	9.75 ^b	13.50 ^a	10.75 ^b	0.459	0.002
جیره حاوی پوست انار Diets containing pomegranate peel							
نیتروژن آمونیاکی NH ₃ -N (mg/dl)	17.96 ^d	23.33 ^b	22.57 ^c	28.22 ^a	22.01 ^c	0.05	0.0001
pH	6.31 ^c	6.42 ^b	6.40 ^b	6.40 ^b	6.51 ^a	0.012	0.0007
کل پروتوزاها Total protozoa	9.50 ^c	14.50 ^a	9.50 ^c	12.50 ^b	11.50 ^b	0.500	0.003

^۱ باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن شامل کلبسیلا پنومونیه و اسیتتو باکتر جداسازی شده از شکمبه گوزن، لاکتو باسیلوس فرمنتوم جداسازی شده از شکمبه بز نجدی و لاکتو باسیلوس فرمنتوم تجاری.

^۲ پوست انار عمل‌آوری نشده و جیره‌های حاوی آن

a-b-c تفاوت میانگین‌های در هر ردیف با حروف متفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشد.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

^۱ Tannins-degrading bacteria include *Klebsiella pneumoniae* and *Acinetobacter* isolated from deer rumen, *Lactobacillus fermentum* isolated from Najdi goat rumen, and Commercial *Lactobacillus fermentum*.

^۲ Untreated pomegranate peel and diets containing it.

a,b,c Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

SEM: Standard error of means;

حین انکوبه کردن خوراک با مایع شکمبه گرفته شده از گوسفندان تغذیه شده با آکاسیا آنثورا شدند. تلقیح شکمبه‌ای باکتری‌های میله‌ای گرم مثبت مقاوم به تانن به گوسفندان تغذیه شده با پوست بادام زمینی (۷/۱ درصد تانن متراکم)، نسبت به گروه شاهد اثر مطلوبی بر هضم پروتئین، کاهش دفع نیتروژن و تعادل نیتروژن داشت (Molina *et al.*, 2009). نتایج آزمایش حاضر یافته‌های این پژوهشگران را تأیید می‌کند، به طوری که افزودن باکتری‌های تانن‌زدا در آزمایش حاضر باعث افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن آمونیاکی در شکمبه شد که به مفهوم افزایش تجزیه پروتئین در اثر تجزیه تانن است (جدول ۶). بیان کردند که استفاده از باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن در جیره حاوی انجیر سفید تأثیری بر pH شکمبه‌ای نداشت (Chaudhary *et al.*, 2011). در مطالعه‌ای، غلظت نیتروژن آمونیاکی در گاوهای تغذیه شده با سیلاژ محصولات فرعی پسته (حاوی تانن) در مقایسه با

دلیل کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی در شاهد و افزایش آن پس از تانن‌زدایی با باکتری‌های مورد استفاده در آزمایش حاضر، می‌تواند وجود تانن و ترکیبات پلی‌فنلی در این ماده خوراکی باشد. تانن‌ها با اتصال به پروتئین و کاهش نرخ تجزیه‌پذیری پروتئین سبب کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی می‌شوند (Ben Salem *et al.*, 2005). تلقیح باکتری استرپتوکوکوس گالولیتیکوس و استرپتوکوکوس کاپرینوس به عنوان باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن با استفاده از مایع شکمبه بزهای فرال به گوسفندان تغذیه شده با آکاسیا (حاوی تانن)، سبب بهبود قابلیت هضم پروتئین شد (Min *et al.*, 2003; Min *et al.*, 2015). در آزمایش دیگری نیز تلقیح باکتری‌های مقاوم به تانن (تانن‌زدا) به بزهای فرال استرالیایی، جیره‌های حاوی آکاسیا آنثورا (حاوی ۲۵-۵ درصد تانن متراکم) را به طور مطلوب‌تری نسبت به گوسفندان تحمل کردند و با تجزیه تانن منجر به هضم بیشتر پروتئین

(2021) باعث کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی و جمعیت پروتوزوای شکمبه شد، اما تأثیری بر pH شکمبه نداشتند. استفاده از عصاره پوست انار در جیره باعث کاهش معنی‌دار غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بره‌های پرواری شد، اما تأثیری بر pH مایع شکمبه آن‌ها نداشت (Sharifi and Chaji, 2019a; Sharifi et al., 2019).

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن در عمل‌آوری پوست انار با کاهش غلظت تانن، منجر به افزایش پتانسیل هضم و تخمیر پوست انار و جیره‌های حاوی پوست انار عمل‌آوری شده با باکتری‌های تجزیه‌کننده تانن نسبت به شاهد (پوست انار بدون عمل‌آوری) شد. بنابراین، نتایج این مطالعه نشان داد، استفاده از باکتری‌های تولیدکننده تاناز با تجزیه تانن کیفیت خوراکی‌های دارای تانن را بهبود می‌بخشند، لذا استفاده از آن‌ها راه‌کاری مناسبی برای کاهش تانن می‌باشد. از بین باکتری‌های تولیدکننده تاناز مورد استفاده در آزمایش حاضر، اگرچه در برخی موارد اختلافی در عملکرد باکتری‌ها با هم مشاهده نشد، با این حال، بهترین نتایج مربوط به عمل‌آوری پوست انار با باکتری *کلبسیلا پنومونیه* جدا شده از شکمبه گوزن و *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* جدا شده از شکمبه بز بود. برای اطمینان از نتایج توصیه می‌شود، آزمایش‌هایی با بره‌های پرواری یا سایر گونه‌های نشخوارکنندگان انجام شود و در آن از این باکتری‌ها برای عمل‌آوری پوست انار یا سایر مواد تانن‌دار استفاده شود و اثر آن بر عملکرد هضمی، تخمیری، رشد و تولیدات مختلف بررسی شود.

کنترل کاهش یافت (Mokhtarpour et al., 2012) عمل‌آوری مکمل‌های پروتئینی با تانن سبب کاهش معنی‌دار نیتروژن آمونیاکی شد. (Sharifi et al., 2019). دلیل کاهش جمعیت پروتوزوآ در شاهد (بدون عمل‌آوری) و افزایش آن در حین عمل‌آوری با باکتری‌های تانن‌زدا احتمالاً ساختار پلی‌فنولی (نظیر تانن‌ها) موجود در این مواد خوراکی می‌باشد. این ساختارها منجر به پاره شدن غشای سلول پروتوزوآ، غیرفعال شدن آنزیم‌ها و کاهش سوستر و یون‌های فلزی مورد نیاز برای متابولیسم سلولی می‌شود (Goal et al., 2005). افزودن مکمل پلی‌اتیلن گلیکول به‌عنوان یک باندکننده تانن سبب افزایش تعداد پروتوزوآ شد (Yanez Ruiz et al., 2004; Abarghuei et al., 2010). این تأییدکننده فرضیه اثر منفی تانن و ترکیبات پلی‌فنولی بر جمعیت پروتوزوآ است. در پژوهشی، تانن‌زدایی گیاه کنوکارپوس با باکتری‌های تولیدکننده تاناز (*اسیتوباکتر و کلبسیلا پنومونیه*) تعداد جمعیت پروتوزوای شکمبه بره‌های پرواری را نسبت به شاهد (حاوی گیاه کنوکارپوس عمل‌آوری نشده) افزایش داد (Eydipour et al., 2019). کاهش کمتر pH در تیمارهای عمل‌آوری شده با باکتری نسبت به تیمارهای حاوی پوست انار بدون عمل‌آوری، نشان‌دهنده تجزیه تانن توسط آن‌ها و کاهش اثر تانن بر pH در تیمارهای حاوی باکتری می‌باشد. شاید دلیل کاهش pH در شاهد (بدون عمل‌آوری) تولید اسیدهای چرب فرار در اثر تجزیه ترکیبات فنولی باشد که می‌تواند سطح pH شکمبه را کاهش دهد (Saha and Ghosh, 2019). استفاده از منابع تانن‌داری نظیر تفاله انگور در جیره گوسفند (Abarghuei et al., 2010)، عصاره پوست انار در جیره گاوهای شیرده (Abarghuei et al., 2013) و انواع منابع تانن‌دار در جیره گاوهای گوشتی (Orzuna-Orzuna et al.,

References

1. Abarghoyi, M., & Rouzbehan, Y. (2015). The effects of several levels of grape pomace extract on *in vitro* intestinal digestibility of dairy cow. *Animal Sciences Journal*, 28(106), 13-28.
2. Abarghuei, M. J., Rouzbehan, Y., & Alipour, D. (2010). The influence of the grape pomace on the ruminal parameters of sheep. *Livestock Science*, 132, 73-77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2010.05.002>.
3. Abarghuei, M. J., Rouzbehan, Y., Salem, A. Z. M., & Zamiri, M. J. (2013). Nutrient digestion, ruminal fermentation and performance of dairy cows fed pomegranate peel extract. *Livestock Science*, 157(2-3): 452-461. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2010.05.002>.
4. Abbas, S., Nada, A. A., & Mohamed, S. H. (2019). Effect of dietary pomegranate peel (*Punica granatum*) supplementation on productive performance and immune status of friesian dairy cows. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 22(2), 75-85. <http://dx.doi.org/10.21608/ejnf.2019.102956>.
5. Adams, L. S., Seeram, N. P., Aggarwal, B. B., Takada, Y. S. D., & Heber, D. (2006). Pomegranate juice total pomegranate ellagitannins and punicalagin suppress inflammatory cell signaling in colon cancer cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 980-985. <http://dx.doi.org/10.1021/jf052005r>.
6. Aguilar, C. N., Rodriguez, R., Gutierrez-Sanchez, G., Augur, C., Favela-Torres, E., Prado-Barragan, L. A., & Contreras-Esquivel, J. C. (2007). Microbial tannases: advances and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 76(1), 47-59. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-007-1000-2>.
7. Ahmed, S. T., & Yang, C. J. (2017). Effects of dietary *Punica granatum* L. by-products on performance, immunity, intestinal and fecal microbiology, and odorous gas emissions from excreta in broilers. *Journal of Poultry Science*, 54: 157-166, 2017. <http://dx.doi.org/10.2141/jpsa.0160116>.
8. AOAC International. 2012. Official Methods of Analysis. 19th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.

9. Bahaaldini, R., Khajavi, M., Naghiha, R., & Prsaei, S. (2018). Bioprocessing of acorn kernel with *Lactobacillus plantarum* to reduce its tannin. *Journal of Animal Science Research*, 28(2), 1-10. (In Persian).
10. Ben Salem, H., Abidi, S., Makkar, H., & Nefzaoui, A. (2005). Wood ash treatment, a cost-effective way to deactivate tannins in *Acacia cyanophylla* Lindl. foliage and to improve digestion by Barbarine sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 122, 93-108. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.04.013>.
11. Blummel, M., Steingga β H., & Becker, K. (1997). The relationship between *in vitro* gas production, *in vitro* microbial biomass yield and 15N incorporation and its implications for prediction of voluntary feed intake of roughages. *British Journal of Nutrition*, 77, 911-921. <http://dx.doi.org/10.1079/BJN19970089>
12. Brodrick, G.A., & Kang, J.H. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. *Journal of Dairy Science*, 63, 64-75. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82888-8](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8).
13. Brooker, J. D., O'Donovan, L. A., Skene, I., Clarke, K., Blackall, L., & Muslera, P. (1994). *Streptococcus caprinus* sp. nov., a tannin-resistant ruminal bacterium from feral goats. *Letters in Applied Microbiology*, 18, 313-323.
14. Brooker, M. I. H., & Kleinig, D. A. (2006). Field Guide to Eucalyptus. Vol. 1. South-eastern Australia, Third edition. Bloomings, Melbourne, Australia, 356 p.
15. Chaji, M., Direkvandi, E., & Salem, A. Z. (2020). Ensiling of *Conocarpus erectus* tree leaves with molasses, exogenous enzyme and *Lactobacillus plantarum* impacts on ruminal sheep biogases production and fermentation. *Agroforestry Systems*, 94, 1611-1623. <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-019-00436-x>.
16. Chaudhary, L. C., Agarwal, N., Verma, V., Rikhari, K., & Kamra, D. N. (2011). Effect of feeding tannin degrading bacteria (Isolate-6) on rumen fermentation, nutrient utilization and growth performance of goats fed on *Ficus infectoria* leaves. *Small Ruminant Research*, 99(2-3), 143-147. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.04.011>.
17. Dehority, B. A. (2003). Rumen Microbiology. Nottingham University Press, Nottingham, UK. 372 p.
18. Eydipour, P. (2019). The effect of Conocarpus plant treated with tannase-producing bacteria on performance, digestibility and blood and ruminal factors of Arabi sheep. M.Sc. Thesis, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Molasani-Ahvaz, Iran. 100 pp. (In Persian).
19. Goel, G., & Makkar, H. P. (2012). Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. *Tropical Animal Health and Production*, 44(4), 729-739.
20. Goel, G., Puniya, A., Aguilar, C., & Singh, K. (2005). Interaction of gut microflora with tannins in feeds. *Naturwissenschaften*, 92, 497-503. <http://dx.doi.org/10.1007/s00114-005-0040-7>.
21. Hassan, Z. M., Manyelo, T. G., Selaledi, L., & Mabelebele, M. (2020). The Effects of tannins in monogastric animals with special reference to alternative feed ingredients. *Molecules*, 25, 4680. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules25204680>.
22. Hassanat, F., & Benchaar, C., (2013). Assessment of the effect of condensed (*Acacia and quebracho*) and hydrolysable (chestnut and valonea) tannins on rumen fermentation and methane production *in vitro*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(2), 332-339. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.5763>.
23. Hiura, T., Hashidoko, Y., Kobayashi, Y., & Tahara, S. (2010). Effective degradation of tannic acid by immobilized rumen microbes of a sika deer (*Cervus nippon yesoensis*) in winter. *Animal Feed Science and Technology*, 155(1), 1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.09.015>.
24. Huang, Q., Liu, X., Zhao, G., Hu, T., & Wang, Y. (2018). Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*, 4, 137-150. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2017.09.004>.
25. Jadhav, U., Kadu, S., Thokal, N., Padul, M., Dawkar, V., Chougale, A., Salve, A., & Patil, M. (2011). Degradation of tannic acid by cold-adapted *Klebsiella* sp. NACASA1 and phytotoxicity assessment of tannic acid and its degradation products. *Environmental Science Pollution R*, 18, 1129-1138. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-011-0468-6>.
26. Khorsandi, S., Riasi, A., Khorvash, M. (2018). Evaluating chemical composition, fatty acid profiles, antioxidant activity and nutritive value of pomegranate by-product using *in vitro* gas production technique. *Research on Animal Production*, 9 (22), 12. <http://dx.doi.org/10.29252/rap.9.22.92>.
27. Kumar, M., Beniwal, V., & Salar, R. K. (2015). Purification and characterization of a thermophilic tannase from *Klebsiella pneumoniae* KP715242. *Biocatalysis Agriculture Biotechnology*, 4(4), 745-751. <http://dx.doi.org/10.1016/j.btre.2015.06.002>.
28. Lim, Y. Y., & Murtijaya, J. (2007). Antioxidant properties of *Phyllanthus amarus* extracts as affected by different drying methods. *LWT-Food Science and Technology*. 40 (9), 1664-1669. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2006.12.013>.
29. Makkar, H.P.S. (2003). Effects and fate tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*. 49, 241-256. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00142-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00142-1)

30. McSweeney, C. S., Palmer, B., McNeill, D. M., & Krause, D.O. (2001). Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 91, 83–93. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00232-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00232-2).
31. Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Animal Research Development*, 28, 7–55.
32. Min, B. R., Barry, T. N., Attwood, G. T., & McNabb, W. C. (2003). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 106(s1e4), 3e19. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00041-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00041-5).
33. Min, B. R., Hernandez, K., Pinchak, W.E., Anderson, R. C., Miller, J. E., & Valencia, E. (2015). Effects of plant tannin extracts supplementation on animal performance and gastrointestinal parasites infestation in steers grazing winter wheat. *Open Journal of Animal Sciences*, 5, 343-50. <http://dx.doi.org/10.4236/ojas.2015.53038>.
34. Mirzaei-Aghsaghali, A., Maheri-Sis, N., Mansouri, H., Razeghi, M. E., Mirza-Aghazadeh, A., Cheraghi, H., & Aghajanzadeh-Golshani, A. (2011). Evaluating potential nutritive value of pomegranate processing by-products for ruminants using *in vitro* gas production technique. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 6(6), 45-51. <http://dx.doi.org/10.1.1.1086.3991&rep=rep1&type=pdf>
35. Mohammadabadi, T., Gheibipour, M., Motamedi, H., Chaji, M., & Abbas, B. A. (2021). Isolation and identification of tannin-degrading bacteria from deer gut and potency for improving nutritional value of tannin rich plants. *Iranian Veterinary Journal*, 17(1), 65-75. <http://dx.doi.org/10.22055/IVJ.2021.257994.2322>.
36. Mokhtarpour, A., Naserian, A., Valizadeh, R., & Tahmasbi, A. (2012). Effect of polyethylene glycol and urea treated pistachio by-products silage on phenolic compounds, *in vitro* gas production and Holstein dairy cow's performance. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 4(1), 55-62. (In Persian). <http://dx.doi.org/10.22067/ijasr.v4i1.13912>.
37. Molina, D. O., Pell, A. N., & Hogue, D. E. (1999). Effects of ruminal inoculations with tannin tolerant bacteria on fibre and nitrogen digestibility of lambs fed a high condensed tannic diet. *Animal Feed Science and Technology*, 81, 69-80. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00083-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00083-8).
38. Mozafarian, V. (2005). Trees and shrubs in Iran. Pages 874-877 First ed. Fahang moaser, Tehran, Iran.
39. Naumann, H. D., Tedeschi, L. O., Zeller, W. E., & Huntley, N. F. (2017). The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. *Revista Brasileira De Zootecnia*, 46(12), 929-949. <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902017001200009>.
40. NRC. 2007. Nutrient requirements of small ruminants, sheep, goats, cervids, and camelids. Page 384. Washington, DC: National Academy of Science.
41. Orskov, E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Food Engineering*, 80, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1017/S0021859600063048>.
42. Orzuna-Orzuna, J. F., Dorantes-Iturbide, G., Lara-Bueno, A., Mendoza-Martínez, G. D., Miranda-Romero, L. A., & Hernández-García, P. A. (2021). Effects of dietary tannins supplementation on growth performance, rumen fermentation, and enteric methane emissions in beef cattle: A meta-analysis sustainability, *Sustainability* 13(13), 7410. <http://dx.doi.org/10.3390/su13137410>.
43. Ozgen, M., Durgac, C., Serce, S., & Kaya, C. (2008). Chemical and antioxidant properties of pomegranate cultivars Mediterranean grown in the region of Turkey. *Food Chemistry*, 111, 703-706. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.043>.
44. Patra, A. K., & Saxena, J. (2010). A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*, 71(11-12), 1198-1222. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.05.010>
45. Pell A. N., Woolston, T. K., Nelson, K. E., Schofield, P. (2000). Tannins: biological activity and bacterial tolerance. In: Brooker J. D. (ed) *Tannins in livestock and human nutrition*, Vol. 92. Pages 123–126. Proceedings of an international workshop, Adelaide, Australia, 31 May–2 June 1999.
46. Powell, M. C., Muntifering, R. B., Lin, J. C., & Chappelka, A. H. (2003). Yield and nutritive quality of sericealespedeza (*Lespedeza cuneata*) and little bluestem (*Schizachyrium scoparium*) exposed to ground level ozone. *Environmental Pollution*, 122(3), 313-322. [http://dx.doi.org/10.1016/s0269-7491\(02\)00331-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0269-7491(02)00331-7).
47. Safari, O., Farhangi, M., Yakhchali, B., & Mehraban-Sang-Atash, M. (2012). The effect of fermentation process with *Lactobacillus plantarum* on reducing the anti-nutritional compounds of canola protein concentrate. *The Third National Conference on Agricultural Biotechnology in Iran*, 1-5. (In Persian).
48. Saha, S. S. & Ghosh, M. (2019). Comparative study of antioxidant activity of [alpha]-eleostearic acid and punicic acid against oxidative stress generated by sodium arsenite. *Food and Chemical Toxicology*, 47(10), 2551-2556. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2009.07.012>
49. Setiarto, R. H. B., & Widhyastuti, N. (2016). pengaruh fermentasi bakteri asam laktat terhadap sifat fisikokimia teung gadung modifikasi (*Dioscorea hispida*) Effect of lactic acid bacteria fermentation for physicochemical properties of modified yam flour (*Dioscorea hispida*). *Journal Litbang Industri*, 6(1), 61-72.

- <http://dx.doi.org/10.24960/jli.v6i1.1134.61-72>.
50. Sharifi, A., & Chaji, M. (2019a). Effects of processed recycled poultry bedding with tannins extracted from pomegranate peel on the nutrient digestibility and growth performance of lambs. *South African Journal of Animal Science*, 49 (1), 290-300.
 51. Sharifi, A., & Chaji, M. (2019b). Effect of recycled poultry bedding treated with phenolic compounds extracted from pomegranate peel on *in vitro* digestion activity of rumen microbes. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 29(5), 1491-1500. <http://www.thejaps.org.pk/.../32.pdf>.
 52. Sharifi, A., Chaji, M., & Vakili, A. (2019). Effect of treating recycled poultry bedding with tannin extracted from pomegranate peel on rumen fermentation parameters and cellulolytic bacterial population in Arabian fattening lambs. *Veterinary Research Forum*, 10(2), 145-152. <http://dx.doi.org/10.30466/vrf.2019.75050.2007>.
 53. Sharma, D., Mal, G., Kannan, A., Bhar, R., Sharma, R., & Singh, B. (2017). Degradation of euptox A by tannase-producing rumen bacteria from migratory goats. *Journal of Applied Microbiology*, 123 (5), 1194-1202. <http://dx.doi.org/10.1111/jam.13563>.
 54. Taher-Maddah, M., Maheri-Sis, N., Salamadoustnobar, R., & Ahmadzadeh, A. (2012). Estimating fermentation characteristics and nutritive value of ensiled and dried pomegranate seeds for ruminants using *in vitro* gas production technique. *Open Veterinary Journal*, 2(1), 40-45.
 55. Tahmourespour, A., Tabatabaei, N., Khalkhali, H., & Amini, I. (2016). Tannic acid degradation by *Klebsiella* strains isolated from goat feces. *Iranian Journal of Microbiology*, 8, 14. <http://dx.doi.org/10.22108/BJM.2017.21146>.
 56. Tan, H. Y., Sieo, C. C., Abdullah, N., Liang, J. B., Huang, X. D., & Ho, Y. W. (2011). Effects of condensed tannins from *Leucaena* on methane production, rumen fermentation and populations of methanogens and protozoa *in vitro*. *Animal Feed Science and Technology*, 169(3-4), 185-193. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.07.004>.
 57. Tilley, J. M. A., & Terry, R. A. (1963). A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*, 18(2), 104-111. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>.
 58. Van Soest, P. J., Roberson, J. B. & Lewis, B. A. (1991). Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
 59. Yanez Ruiz, D. R., Moumen, A., Martin Garcia, A. I., Molina Alcaide, E. (2004). Ruminant fermentation and degradation patterns, protozoa population, and urinary purine derivatives excretion in goats and wethers fed diets based on two-stage olive cake: effect of PEG supply. *Journal of Animal Science*, 82, 2023-2032. <http://dx.doi.org/10.2527/2004.8272023x>.
 60. Yarahmadi, B., Chaji, M., Boujarpour, M., Mirzadeh, K., & Rezaei, M. (2017). Effects of sainfoin tannin treated by water or urea on microbial population, gas production parameters, digestibility and *in vitro* fermentation. *Iranian Veterinary Journal*, 13(3), 97-114. (In Persian). <http://dx.doi.org/10.22055/IVJ.2017.42664.1625>.



The Effect of Using Different Fat Sources in Close-Up Diets on the Feed Consumption, Blood Parameters, Body Measurements and Performance of Holstein Dairy Calves

Mahmood Reza Amini¹, Abbasali Naserian^{1,2*}, Reza Valizade², Essa Dirande³

Received: 19-07-2022

Revised: 09-10-2022

Accepted: 13-11-2022

Available Online: 13-11-2022

How to cite this article:

Amini, M., Naserian, A., Valizade, R., & Dirande, E. (2023). The effect of using different fat sources in close-up diets on the feed consumption, blood parameters, body measurements and performance of Holstein dairy calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(3), 317-331.

DOI: [10.22067/ijasr.2022.77719.1089](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.77719.1089)

Introduction: Raising healthy calves is indeed a critical concern in the dairy industry. Close up diets have important effects on the quantity and quality of produced colostrum, on the other hand, colostrum and milk are considered the most important sources of food that contain energy, protein, and other nutrients for the newborn calf's growth. Including fatty acids in the late pregnancy supplements are controversial because of the potential reduction of cows DMI. Also, the growth and health of calves can be influenced by feeding linoleic acid to pregnant cows. Safflower as a rich source of linoleic acid (55-70%) is a significant oil alternative product, and has a high nutritional value. This study aimed to examine the effects of safflower seeds and palmitic fatty acids on the transition diet in cow feed consumption, colostrum quality, blood parameters, body measurements and Holstein calf performance.

Materials and Methods: Thirty pregnant Holstein cows, 15 primiparous and 15 multiparous, were used 21 days prior to the expected calving date. The experiment was conducted using a completely randomized experimental design with three treatments and ten replicates in every treatment. Cows were randomly assigned to experimental treatments so that each treatment have an average body weight 659.34 ± 84.2 kg, parity 2.04 ± 1.31 and body condition score (BCS) 3.23 ± 0.15 . The experimental rations have similar energy and protein content. Diets were thoroughly mixed and fed to cows based on the recommendations of the US National Research Council (NRC, 2001). The experimental rations included: 1) Control diet without fat source (Ctrl), 2) Diet with palmitic fatty acid (SFA), and 3) Diet with safflower seed (UFA). Daily feed intake was calculated by subtracting distributed feed to every cow from the leftover amount on following day. Newborn calves were weighed immediately after birth. An individual colostrum yield for every cow was recorded at each milking. The quality of colostrum was determined using an optical refractometer (ATC., China). The body weight and skeletal parameters of calves were evaluated at birth day, 21 d, and 49 d. Blood samples were taken immediately after birth, two hours after colostrum feeding and on days 3, 7, 21, and 49 via the jugular vein. Samples were centrifuged at $3000 \times g$ and the plasma was stored at -20°C until analysis. Plasma metabolites were analyzed using an autoanalyzer (Alcyon 300., USA). Colostrum composition (fat, protein, lactose, solids, solids not fat) was determined using a Milkoscan (Foss Electric, Hillerød, Denmark). Fatty acids profile were measured according to O'Fallon (2007) et al., using gas chromatography (GC) equipped FID detector and 100 meter column. Data were analyzed using the MIXED procedure of SAS using a completely randomized design with ten replications.

1- Ph.D Animal Nutrition, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

2- Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

3- Associate Professor, Animal Science Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

*Corresponding Author's Email: Abbasalin@yahoo.com

Results and Discussion: Using sources of SFA (palm oil powder) and UFA (safflower seeds) in the transition diets were not affected on dry matter intake in Holstein dairy cows ($P>0.05$). Dry matter intake in Ctrl, SFA, and UFA were 10.29, 10.98, and 10.80 kg per day, respectively. We found that using SFA and UFA did not have any significant effect on colostrum parameters such as colostrum volume, the percentage of fat, protein, lactose, total solids, fat not solids, and also, immunoglobulin concentration, and Brix number of colostrum ($P>0.05$). The colostrum volume in UFA and SFA treatments was higher than in the Ctrl treatment, but this difference was not significant (5.82, 5.23, and 4.19 kg, respectively). According to the results, the researchers stated that adding raw and processed safflower seeds to the diet did not have any significant effect on milk production, milk fat, protein, and lactose in Holstein dairy cows (Paya and Taghizadeh, 2020). Feeding omega-6 sources in the transition period (35 days before calving) caused higher colostrum protein and Brix values (Salehi et al., 2016) but was not consistent with our results. Feeding palm fat powder as a source of SFA and safflower seeds as UFA did not have any significant differences in concentration of short chain, medium chain, and long chain fatty acids in colostrum. It was reported that various fat sources in the rations of dairy and transition cows did not affect colostrum fatty acid and milk fatty acid. However some studies showed that different fat sources in the diet of dairy cows changed the fatty acid profile in milk. In general, it can be stated that because of the high-producing dairy cows experience a negative energy around calving, the diet energy meets the requirements, which probably causes the fatty acid composition of the colostrum not to be affected. Our results showed that blood factors such as glucose, cholesterol, triglycerides, blood urea nitrogen, ALT, AST, total antioxidant capacity, malondialdehyde, total protein, albumin, calcium, magnesium, phosphorus, and HDL did not differ between treatments. It was observed that the addition of SFA and UFA had no significant effect on the birth weight of calves, weight at d 21 and 49, and dry matter intake during the experimental period. Skeletal parameters such as hip height and width, withers height, chest circumference, and body length at 3, 21, and 49 days had no significant differences in the treatments.

Conclusion: It seems that using saturated and unsaturated fatty acids sources in the transition diets did not reduce feed intake. Moreover, it had no significant influence on the calves' performance, bone condition, the colostrum's quality and the colostrum fatty acids profile.

Keywords: Performance, Holstein dairy calf, Saturated fatty acid, Unsaturated fatty acid

اثر منابع مختلف چربی در جیره انتظار زایش بر مصرف خوراک گاوها، فراسنجه‌های خونی، اندازه‌های بدنی و عملکرد گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

محمودرضا امینی^۱، عباسعلی ناصریان^{۲*}، رضا ولی‌زاده^۲، عیسی دیرنده^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۲

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، اثر افزودن منابع مختلف چربی (اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع) در جیره انتظار زایش گاوهای هلشتاین بر مصرف خوراک، فراسنجه‌های خونی، اندازه‌های بدنی و عملکرد گوساله‌ها پس از تولد می‌باشد. در این پژوهش از ۳۰ راس گاو شیری هلشتاین نزدیک زایش (۱۵ راس شکم اول و ۱۵ راس چند شکم زایش، میانگین نمره وضعیت بدنی $3/32 \pm 0.15$ و میانگین وزن بدن $84/2 \pm 659/34$ کیلوگرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و ۱۰ تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- گروه کنترل (بدون چربی) ۲- گروه اسید چرب اشباع (پالمیتیک اسید) ۳- گروه اسید چرب غیراشباع (دانه گلرنگ) بودند. تغذیه از ۲۱ روز مانده به تاریخ احتمالی زایش تا زمان زایش ادامه یافت. ماده خشک مصرفی به صورت روزانه اندازه‌گیری شد. گاوها پس از زایمان توسط دستگاه شیردوش انفرادی دوشیده شده و حجم آغوز آن‌ها ثبت شد، همچنین جهت بررسی کیفیت آغوز دو نمونه از آن مورد ارزیابی قرار گرفت. خون‌گیری از گوساله‌های تازه متولد شده در زمان‌های تولد (قبل از مصرف آغوز)، دو ساعت پس از مصرف آغوز، ۳، ۷، ۲۱ و ۴۹ روز پس از تولد از گوساله‌ها انجام شد. وزن گوساله‌ها و اندازه‌های بدنی در زمان‌های تولد، ۲۱ و ۴۹ روزگی اندازه‌گیری شدند. به‌طور کلی، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزودن منابع اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع در جیره انتظار زایش بر ماده خشک مصرفی قبل از زایش گاوها تأثیر معنی‌داری نداشت، همچنین تیمارهای آزمایشی بر کیفیت آغوز، اسیدهای چرب آغوز، فراسنجه‌های خونی، اندازه‌های بدنی و عملکرد گوساله‌های هلشتاین تأثیر معنی‌داری نداشتند.

واژه‌های کلیدی: اسید چرب اشباع، اسید چرب غیراشباع، عملکرد، گوساله هلشتاین

مقدمه

پرورش گوساله‌های شیرخوار می‌باشد. طبق تحقیقات صورت گرفته مشخص گردیده است که تغذیه گاوها در دوره نزدیک زایش می‌تواند بر کیفیت و حجم آغوز تولیدی مؤثر باشد. تأثیر گنجانیدن مکمل‌های چربی و اسید چرب در اواخر دوره آبستنی به دلیل کاهش بالقوه ماده خشک مصرفی بحث‌برانگیز است (Garcia et al., 2014). تغذیه

یکی از درآمدهای مهم در گله‌های گاو شیری، پرورش گوساله‌های سالم می‌باشد. از این رو، تغذیه گوساله‌ها در ساعات ابتدایی تولد همراه با آغوز باکیفیت یکی از مهم‌ترین نکات مدیریتی

گوساله‌ها در طول دوره پیش از شیرگیری بسیار مهم است (Terler et al., 2022); زیرا مدیریت و تغذیه مناسب و صحیح گوساله‌های شیرخوار تأثیر بسزایی بر سلامت گوساله‌های شیری و بهره‌وری کلی گله در آینده دارد (Blakely et al., 2019) و آینده تولیدی گله را به شدت تحت تأثیر خود قرار می‌دهد، در چند هفته نخست زندگی گوساله‌ها به دلیل توسعه نیافتن شکمبه، گوساله‌ها به مقدار کافی نمی‌توانند خوراک جامد مصرف کنند، در نتیجه شیر (آغوز)

۱- دکتری تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲- استاد تغذیه دام گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۳- دانشیار گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

*- نویسنده مسئول: (Email: Abbasalin@yahoo.com)

DOI: 10.22067/ijasr.2022.77719.1089

تکرار استفاده شد. در گروه‌های آزمایشی گاوهای استفاده شده از نظر فردی و ویژگی‌های تولیدی و تولیدمثلی، شکم زایش ($1/31 \pm 2/04$)، وزن بدن ($2/84 \pm 659/33$ کیلوگرم) و اسکور بدنی ($1/15 \pm 3/23$) تقریباً شبیه بودند و به صورت تصادفی در جایگاه‌های اختصاصی و انفرادی مستقر شدند و سپس جیره‌های آزمایشی به طور کاملاً مخلوط و با انرژی و پروتئین نسبتاً مشابه، بر اساس توصیه انجمن ملی تحقیقات آمریکا (NRC, 2001) در اختیار گاوها قرار داده شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- گروه کنترل (بدون چربی) ۲- گروه اسید چرب اشباع پالمیتیک اسید (رومی فت) ۳- گروه اسید چرب غیراشباع (دانه گلرنگ) بودند. قابل ذکر است که میزان استفاده از چربی پالم ۱/۴ درصد ماده خشک و استفاده از دانه گلرنگ آسیاب شده ۵ درصد ماده خشک بود که دانه گلرنگ مورد استفاده در این آزمایش از واریته گلدشت بود. اجزا و ترکیبات خوراک در جدول یک گزارش شده است. قابل ذکر است که مدت زمان استفاده از جیره‌ها از ۲۱ روز مانده به تاریخ احتمالی زایش تا زمان زایش بود.

اندازه‌گیری‌ها

مصرف ماده خشک گاوها

گاوها در جایگاه انفرادی نگه داری می‌شدند و خوراک در دو وعده صبح و بعدازظهر در اختیارشان قرار داده شد، به صورتی که بین ۳-۵ درصد خوراک به صورت هوا خشک در آخور باقی بماند. خوراک به صورت روزانه وزن کشی و باقی‌مانده آخور هم قبل از خوراک‌ریزی روز بعد اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری ماده خشک از خوراک روزانه نمونه‌گیری انجام پذیرفت.

وزن‌کشی، خوراندن آغوز، شیر و استارتر

گوساله‌های متولد شده بلافاصله پس از زایمان وزن‌کشی شده و بند ناف آن‌ها با محلول تئورید ضدعفونی و سپس به جایگاه‌های انفرادی در گوساله‌دانی انتقال داده شدند. گاوها پس از زایمان توسط دستگاه شیردوش انفرادی با رعایت اصول بهداشتی دوشیده شده، حجم آغوز آن‌ها ثبت و آغوز هر گاو به گوساله خودش خوراندند. همچنین جهت بررسی کیفیت آغوز دو نمونه از آن را در دماهای چهار درجه سانتی‌گراد و ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. قابل ذکر است کیفیت مزرعه‌ای آغوز با استفاده از رفرکتومتر چشمی با واحد بریکس در گاوداری مورد بررسی قرار گرفت. قبل از خوراندن آغوز اولین خون‌گیری از گوساله‌ها از ورید گردن صورت گرفت و پس از خون‌گیری، آغوز به مقدار ۱۲ درصد وزن بدن در طی ۲۴ ساعت به گوساله‌ها خوراندند شد، به طوری که دو لیتر آغوز در یک ساعت اول تولد داده شد. استارتر یکسان برای گوساله‌ها از هفته دوم تولد در اختیارشان قرار داده شد. خوراندن شیر به گوساله‌ها به مقدار ۱۰ درصد وزن بدن و در دو وعده صبح و عصر صورت پذیرفت. وزن گوساله‌ها و اندازه‌های بدنی در زمان‌های تولد، ۲۱ و ۴۹ روزگی اندازه‌گیری شدند.

به‌عنوان مهم‌ترین منبع غذایی که دارای انرژی، پروتئین و سایر مواد مغذی برای گوساله‌ها هست، مورد توجه قرار دارد (Delir et al., 2020). در میان عوامل تأثیرگذار در تولید شیر و تغذیه گاو، مکمل‌های چربی، اهرم اصلی برای بهبود محتوای انرژی جیره نشخوارکنندگان و ترکیب چربی شیر است (Bernard et al., 2020). به‌منظور بهبود محتوای اسیدهای چرب غیراشباع چربی شیر، برخی از دانه‌های روغنی به جیره نشخوارکنندگان اضافه می‌شوند (Oyebade et al., 2020). در یک طبقه‌بندی، اسیدهای چرب را می‌توان به اسیدهای چرب اشباع یا غیراشباع تقسیم‌بندی نمود و آن‌ها از نظر طول زنجیره متفاوت هستند و اغلب به‌عنوان اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه، متوسط یا بلند طبقه‌بندی می‌شوند. تغذیه اسیدهای چرب امگا ۶ و امگا ۳ به گاو می‌تواند رشد و فرآیندهای متابولیک را در گوساله‌ها تعدیل کند (Abuelo, 2020). در گزارشی مشخص گردید که افزودن اسیدهای چرب اشباع و همچنین منابع اسیدهای چرب غیر اشباع امگا ۶ در جیره انتظار زایش می‌تواند بر غلظت ایمنوگلوبین G، ترکیب اسیدهای چرب آغوز و پلاسما خون گوساله‌های متولد شده مؤثر باشد (Garsia et al., 2014). گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) یک گیاه روغنی یک ساله از خانواده Asteraceae است (Yao et al., 2018)؛ که شامل ۸-۱۳٪ درصد پروتئین خام، ۳۹-۴۲ درصد فیبر شوبنده خنثی، ۶/۶۷-۴/۷۵ درصد لیگنین، ۰/۷-۰/۴ درصد تانن و ۲۰۴۰ کیلوکالری انرژی قابل متابولیسم در کیلوگرم ماده خشک برای نشخوارکنندگان است (Cagri and Kara, 2018; Asgharzadeh et al., 2013) و محتوای روغن زیاد (۳۲-۲۷ درصد) که سرشار از اسید لینولئیک (۵۵-۷۰ درصد) است، یک محصول جایگزین مهم روغنی است و به دلیل مقادیر قابل توجهی از ترکیبات فعال زیستی و اسیدهای چرب ضروری از ارزش غذایی و دارویی بالایی برخوردار است (Ergonul and Ozbek, 2020)؛ تحقیقات نشان داده است که می‌توان دانه گلرنگ را به جیره نشخوارکنندگان اضافه کرد (Alizadeh et al., 2010). بنابراین، هدف از انجام این مطالعه بررسی اثر منابع اسیدهای چرب غیراشباع (دانه گلرنگ) و اشباع در جیره انتظار زایش بر مصرف خوراک گاوها، کیفیت آغوز، فراسنجه‌های خونی، اندازه‌های بدنی و عملکرد گوساله‌های شیری هلشتاین بعد از زایمان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز تحقیقات گاو شیری دانشگاه فردوسی مشهد در استان خراسان رضوی از اردیبهشت تا شهریور ماه سال ۱۳۹۸ انجام شد. بدین منظور از ۳۰ راس گاو هلشتاین آبستن (شامل ۱۵ راس شکم اول و ۱۵ راس چند شکم زایش) حدود ۲۱ روز قبل از تاریخ احتمالی زایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و ۱۰

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های انتظار زایش گاوهای هلشتاین (درصد ماده خشک جیره)

Table 1- Ingredients and chemical composition of pre parturition diets of Holstein cows (percentage of dry matter in the diet)

اجزای جیره (درصد ماده خشک) Components of diets (% DM)	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments		
	شاهد Control	روغن پالم Palm oil	دانه گلرنگ Safflower seed
یونجه خشک Alfalfa hay	21.22	21.13	21.14
سیلاژ ذرت Corn silage	29.12	29.00	29.01
کاه گندم Wheat straw	10.04	10.00	10.01
دانه جو Barley grain	19.72	18.30	14.68
کنجاله سویا Soyabean meal	4.25	4.23	4.23
کنجاله کلزا Canola meal	4.3	4.72	2.75
پودر گوشت Meat powder	1.79	1.79	1.79
سیوس گندم Wheat bran	8.74	8.63	10.62
پودر چربی پالم Palm base fat	-	1.38	-
دانه گلرنگ Safflower seed	-	-	4.96
کربنات کلسیم Calcium carbonate	0.29	0.28	0.28
مکمل معدنی و ویتامینی ^۱ Vitamin-mineral premix	0.53	0.53	0.53
مکمل ویتامین E+Se Premix E+Se ^۲	0.15	0.15	0.15
ترکیب شیمیایی جیره (درصد ماده خشک) Chemical components of die			
انرژی خالص شیردهی (مگا کالری / کیلوگرم ماده خشک) Net energy for lactation (Mcal/kg)	1.58	1.62	1.6
پروتئین خام Crude protein	13.8	13.8	13.8
کربوهیدرات غیر فیبری Non- fiber carbohydrate	36.5	35.6	33.4
چربی Crude fat	2.8	4.1	4.1
فیبر نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	42.4	42.0	44
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	26.4	26.3	27.8
کلسیم Calcium	0.7	0.7	0.7
فسفر Phosphorous	0.5	0.5	0.5

^۱ آنالیز مکمل ویتامینه و معدنی: ویتامین A: 1000000 IU/Kg، ویتامین D: 500000 IU/kg، ویتامین E: 1000 IU/kg، کلسیم: 68679 mg/kg، فسفر: 30000 mg/kg، منیزیم: 30000 mg/kg، Mg 20700 Mg/kg، Na: 40000 mg/kg، Mn 5000 mg/kg، Zinc: 10395 mg/kg، Copper: 1840 mg/kg، Selenium: 100 mg/ kg، Iodine: 120 mg/kg، Cobalt: 100 mg/kg، Antioxidant : 400 mg/kg.

^۲ آنالیز مکمل ویتامین E + Se: ویتامین E: 11000 mg/kg، Selenium 300 mg/kg، Antioxidant: 400 mg/kg.

^۳ انرژی خالص شیردهی بر اساس مصرف ماده خشک ۱۱/۵ کیلوگرم در روز و با استفاده از نرم افزار NRC (۲۰۰۱) محاسبه شده است.

^۱ Vitamin and mineral supplement analysis: Vitamin A: 1000000 Iu/kg, vitamin D: 500000 IU/kg, Vitamin E: 1000 IU/kg, Ca: 68679 mg/kg, P: 30000 mg/kg, Mg 20700 Mg/kg, Na: 40000 mg/kg, Mn 5000 mg/kg, Zinc: 10395 mg/kg, Copper: 1840 mg/kg, Selenium: 100 mg/ kg, Iodine: 120 mg/kg, Cobalt: 100 mg/kg, Antioxidant : 400 mg/kg.

^۲ Vitamin E + Selenium supplement analysis: Vitamin E: 11000 mg/kg, Selenium 300 mg/kg, Antioxidant: 400 mg/kg.

^۳ The net energy of lactation was calculated based on the consumption of dry matter of 11.5 kg per day and using NRC (2001) software.

نمونه‌گیری آغوز

خون‌گیری از گوساله‌ها از طریق سیاهرگ و داج گردنی انجام شد و بعد از آن، نمونه‌های خون به‌منظور تهیه سرم با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و سرم آن‌ها جدا شد. سپس سرم‌ها داخل میکروتیوپ‌های دو سی‌سی ریخته شده و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی نگهداری شدند. فراسنجه‌های خونی با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی (شرکت پارس آزمون، ایران) و با استفاده از دستگاه اتوآنالیزر اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های آماری حاصل از این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 آنالیز و با استفاده از رویه MIEXED مقایسه شدند. مقایسه میانگین بین تیمارهای آزمایشی در سطح پنج درصد و با استفاده از آزمون توکی انجام شد.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A(i)j + S_k + TS_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

که در آن، Y_{ijk} : متغیر وابسته، μ : میانگین کل، T_i : اثر تیمار، $A(i)j$: اثر تصادفی حیوان در تیمار، S_k : زمان نمونه‌گیری، TS_{jk} : اثر متقابل تیمار در زمان نمونه‌گیری و ε_{ijk} : آثار باقی‌مانده می‌باشند.

نتایج و بحث

تأثیر افزودن منابع اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع در جیره انتظار زایش بر مصرف ماده خشک در گاوهای هلشتاین در جدول ۲ گزارش شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده ماده خشک مصرفی قبل از زایش تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$).

جدول ۲- اثر افزودن منابع اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع در جیره انتظار زایش بر مصرف ماده خشک در گاوهای هلشتاین

Table 2- The Effect of using sources of unsaturated and saturated fatty acids in the expectation diet on dry matter intake in Holstein cows

متغیر Parameter	جیره‌های آزمایشی Experimental diets			SEM ¹	سطح احتمال معنی دار شدن P value ²		
	شاهد Control	روغن پالم Palm oil	دانه گلرنگ Safflower seed		Treatment	Time	Treatment×time
ماده خشک مصرفی قبل از زایش (کیلوگرم/روز) Dry matter intake before calving(kg/day)	10.29	10.98	10.80	0.438	0.530	0.123	0.659

¹ میانگین خطای استاندارد

² سطح احتمال معنی دار شدن P=0.05

¹ Standard error of mean

² Probability value p=0/05

مطابق با نتایج این آزمایش، در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی

گزارش کردند که افزودن مکمل‌های تری گلیسیرید و اسید چرب (FA) غنی شده با اسید پالمیتیک در گاوهای هلشتاین تأثیر معنی‌داری بر ماده خشک مصرفی نداشت. در پژوهشی دیگر مشخص شد که افزودن اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع به جیره گاوهای هلشتاین در دوره قبل از زایش تأثیری بر مصرف ماده خشک و تغییرات وزن بدن نداشت (Garcia et al., 2014) دلیل تحت تأثیر قرار نگرفتن ماده خشک مصرفی ممکن است به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی جیره‌ها مربوط باشد که می‌تواند بر ماده خشک مصرفی تأثیر بگذارد که این ویژگی‌ها شامل محتوای فیبر، سهولت هیدرولیز نشاسته و فیبر، اندازه ذرات، شکنندگی ذرات، محصولات تخمیر سیلو، غلظت و ویژگی‌های چربی، مقدار و تجزیه پروتئین در شکمبه باشد (Allen, 2000).

اثرات استفاده از دانه گلرنگ خام و فراآوری شده در گاوهای هلشتاین چند شکم‌زا صورت گرفت، نتایج نشان داد که دانه گلرنگ تأثیر معنی‌داری بر ماده خشک مصرفی نداشت (Paya and Berthiaume, 2006). همچنین در پژوهش دیگری، اوی باده و همکاران (Oyebade et al., 2020)، گزارش کردند که افزودن روغن پالم به جیره گاوهای هلشتاین پر تولید و چند شکم منطقه مدیترانه بر مصرف ماده خشک تأثیر معنی‌داری نداشت. وانگ و همکاران (Wang et al., 2010) نشان دادند که مکمل اسیدهای چرب اشباع بر ماده خشک مصرفی گاوها تأثیر معنی‌داری نداشت. در پژوهشی دیگر بیان شد که مکمل جیره غذایی با دانه‌های روغنی در گاوهای چند شکم زایش هلشتاین، تأثیر معنی‌داری بر ماده خشک مصرفی گاوها نداشت (Kliem et al., 2019). و همچنین به‌طور مشابه سوزا و لاک (Souza and Lock, 2019) در مطالعه‌ای

جدول ۳- اثر افزودن منابع اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع در جیره انتظار زایش بر کیفیت آغوز گاوهای هلشتاین

Table 3- The effect of supplemented different sources of unsaturated and saturated fatty acid in the expectancy diet on the colostrum quality of Holstein cows

متغیر Parameter	جیره‌های آزمایشی Experimental diets			انحراف خطای استاندارد SEM	سطح احتمال معنی‌داری P- value
	شاهد Control	روغن پالم Palm oil	دانه گلرنگ Safflower seed		
حجم آغوز (لیتر) Colostrum volume (liter)	4.19	5.23	5.82	0.661	0.231
چربی آغوز (درصد) Colostrum fat (%)	6.73	6.72	6.35	1.173	0.966
پروتئین (درصد) protein (%)	13.80	13.17	13.55	0.870	0.878
لاکتوز (درصد) Lactose (%)	3.58	3.80	3.59	0.142	0.489
کل مواد جامد (درصد) Ts ¹ (%)	26.02	25.45	26.95	1.389	0.746
ماده جامد بدون چربی (درصد) SNF ² (%)	18.98	19.01	20.07	1.074	0.719
ایمونوگلوبولین G IgG (gr/l)	66.23	66.91	65.48	4.891	0.980
بریکس آغوز (درصد) Colostrum brix (%)	21.02	21.75	21.25	1.288	0.920

¹ TS: کل مواد جامد

² SNF: ماده جامد بدون چربی

SEM: انحراف خطای استاندارد

P-value: سطح احتمال معنی‌داری (P < 0.05)

¹ TS: Total Solid

² SNF: Solid non-Fat

SEM: Standard Error of Mean

P-value: (P < 0.05)

انتظار زایش بر اسید چرب آغوز گاوهای هلشتاین در جدول ۴ گزارش شده است. نتایج نشان داد که اسیدهای چرب آغوز گاوهای هلشتاین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P > 0.05$).

فاکتورهای تغذیه‌ای و ژنتیکی بر مشخصات اسید چرب شیر در گاو تأثیرگذار است (Fallon et al., 2007). مطابق با نتایج این آزمایش، دوره و آرمانتانو (Dorea and Armantano, 2017) گزارش کردند که مخلوط اسیدهای چرب خوراک به‌طور قابل‌توجهی بر عملکرد کل اسید چرب شیر تأثیر معنی‌داری نمی‌گذارد. در مطالعه‌ای، محققین گزارش کردند که استفاده از منابع امگا ۶ و امگا ۳ در میش‌های نزدیک زایش باعث افزایش غلظت آلفالینولینیک اسید در آغوز تیمار امگا ۳ شد (Capper et al., 2006). استفاده از اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب غیر اشباع (امگا ۶) به‌مقدار ۱/۷ درصد ماده خشک خوراک در دوره نزدیک زایش تأثیر معنی‌داری بر پروفایل اسیدهای چرب آغوز نداشت (Garcia et al., 2014). در تحقیق دیگری مشخص گردید که افزودن مکمل چربی به جیره گاوهای هلشتاین بر کل اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه تأثیر معنی‌داری نداشت (Watts et al., 2013). از طرفی، محققین بیان کردند که افزودن روغن پالم که غنی از اسید چرب اشباع است (C16:0) محتوای چربی شیر را در گاو افزایش می‌دهد (Mosley et al., 2007). محتوای چربی شیر و ترکیب اسید چرب بسته به نوع و مقدار چربی مکمل و بی‌اثر بودن نسبی آن در شکمبه متفاوت خواهد بود (Rabiee et al., 2012). از طرفی، گاوهای شیری پر تولید معمولاً دوره‌ای از تعادل انرژی منفی را در حوالی زایمان تجربه می‌کنند، بنابراین انرژی جیره برای پاسخگویی به نیازهای انرژی بسیج می‌شوند (Watts et al., 2013) که احتمالاً تحت تأثیر قرار نگرفتن ترکیب اسید چرب آغوز به همین دلیل بوده است.

تأثیر افزودن منابع اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع در جیره انتظار زایش بر فراسنجه‌های خونی گوساله‌های هلشتاین در جدول ۵ گزارش شده است. نتایج نشان داد، هیچ‌کدام از فراسنجه‌های خونی گوساله‌ها تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$)؛ اما زمان‌های مختلف خون‌گیری بر فراسنجه‌های خونی (گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسیرید، آسپاراتات آمینوترانسفراز، آلانین آمینوترانسفراز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام، آلبومین، پروتئین کل، کلسیم، فسفر و لیپوپروتئین با چگالی بالا) تأثیرگذار بود ($P < 0.05$).

تأثیر افزودن منابع اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع در جیره انتظار زایش بر کیفیت آغوز گاوهای هلشتاین در جدول ۳ گزارش شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده حجم، چربی، پروتئین، لاکتوز، کل مواد جامد، ماده جامد بدون چربی، ایمونوگلوبولین G و بریکس آغوز به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$).

مطابق با نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش، محققین بیان کردند که افزودن دانه گلرنگ خام و فرآوری شده به جیره گاوهای هلشتاین بر مقدار تولید شیر، چربی شیر، پروتئین و لاکتوز تأثیر معنی‌داری نداشته است (Paya and Taghizadeh, 2020). افزودن اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب امگا ۶ در دوره نزدیک زایش باعث افزایش غلظت ایمونوگلوبولین G در سرم گوساله‌های متولد شده شد (Garcia et al., 2014). نواک و همکاران (Nowak et al., 2012) گزارش کردند سطوح بالای انرژی در دوره خشکی تأثیری بر کیفیت ایمونوگلوبولین‌های آغوز نداشت. همچنین در تحقیق دیگری مشخص گردید که افزودن مکمل چربی به جیره گاوهای هلشتاین تأثیر معنی‌داری بر درصد چربی شیر، پروتئین، لاکتوز، مواد جامد بدون چربی و تعداد سلول‌های سوماتیک نداشت (Watts et al., 2013). در تحقیق دیگری نشان داده شد که افزودن روغن پالم به جیره گاوهای هلشتاین بر میزان چربی شیر تأثیر معنی‌داری نداشت (Oyebade et al., 2020). به‌علاوه در مطالعه‌ای که اثرات سطوح مختلف دانه گلرنگ بر عملکرد گاوهای هلشتاین منطقه مدیترانه انجام گرفت، نتایج نشان داد که دانه گلرنگ تأثیری بر حجم تولید شیر و چربی شیر نداشت (Oguz et al., 2014). صالحی و همکاران (Salehi et al., 2016) در مطالعه‌ای در گاوهای انتظار زایش (۳۵ روز مانده به زایش) تغذیه منابع امگا ۹ و امگا ۶ را مورد بررسی قرار دادند و مشاهده نمودند که گاوهایی که از منابع امگا ۶ استفاده کرده بودند، میزان پروتئین آغوز بالاتر و همچنین ارزش بریکس بالاتری نسبت به تیمارهای دیگر داشتند که با نتایج ما همسو نبود. در برخی تحقیقات هم نشان داده شد که مکمل چربی بر میزان لاکتوز تأثیر معنی‌داری نداشت (Martin et al., Gonthier et al., 2005; Pirondini et al., 2008; 2015). میزان تأثیرگذاری مکمل روغن به‌میزان استفاده و تأثیرات متقابل مکمل با سایر اجزای جیره بستگی دارد (Nudda et al., 2014)، که همین امر ممکن است دلیل تحت تأثیر قرار نگرفتن کیفیت آغوز گاوهای هلشتاین باشد.

تأثیر افزودن منابع اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع در جیره

جدول ۴- اثر افزودن منابع اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع در جیره انتظار زایش بر پروفایل اسیدهای چرب آغوز گاوهای هلشتاین (گرم اسید چرب در ۱۰۰ گرم چربی)
Table 4- The effect of supplemented different sources of unsaturated and saturated fatty acids in the expectant diet on the fatty acid of colostrum of Holstein cows (g fatty acids in 100 g fat)

متغیر Parameter	جیره‌های آزمایشی Experimental diets			انحراف خطای استاندارد SEM ¹	سطح احتمال معنی‌داری P value ²
	شاهد Control	روغن پالم Palm oil	دانه گلرنگ Seed safflower		
	C4:0	0.60	0.71		
C6:0	0.76	0.73	0.76	0.063	0.935
C8:0	0.55	0.50	0.56	0.044	0.593
C10:0	1.34	1.15	1.35	0.141	0.511
C11:0	0.06	0.05	0.06	0.013	0.576
C12:0	2.28	1.87	2.26	0.212	0.301
اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (C4:0-C12:0) Short chain fatty acids (C4:0-C12:0)	5.61	5.04	5.51	0.484	0.679
C13:0	0.05	0.04	0.06	0.009	0.410
C14:0	10.62	9.10	10.12	0.841	0.443
C14:1	0.54	0.41	0.47	0.108	0.713
C15:0	0.91	0.78	0.98	0.096	0.316
C16:0	36.47	37.51	33.73	2.066	0.414
C16:1	2.32	2.37	2.09	0.179	0.505
C17:0	0.94	0.82	0.98	0.105	0.543
C17:1	0.39	0.35	0.32	0.05	0.631
اسیدهای چرب متوسط زنجیر (C13:0-C17:1) Medium chain fatty acids (C13:0-C17:1)	52.28	51.40	48.78	2.980	0.704
C18:0	14.50	13.29	16.54	1.859	0.456
C18:1n9t	0.68	0.79	1.05	0.335	0.728
C18:1n9c	19.81	23.41	21.05	4.088	0.829
C18:2n6t	0.11	0.11	0.14	0.015	0.295
C18:2n6c	3.95	3.54	4.26	0.221	0.093
C20:0	0.29	0.25	0.30	0.041	0.676
C18:3n6	0.04	0.04	0.06	0.008	0.168
C20:1	0.10	0.13	0.09	0.018	0.478
C18:3n3	0.55	0.50	0.50	0.046	0.714
C21:0	0.1	0.11	0.16	0.065	0.686
C20:2	0.04	0.04	0.05	0.014	0.661
C22:0	0.08	0.07	0.07	0.017	0.945
C20:3n6	0.41	0.41	0.39	0.075	0.982
C20:3n3	0.00	0.00	0.00	0.003	0.397
C20:4n6	0.70	0.58	0.66	0.101	0.700
C22:2	0.04	0.04	0.05	0.015	0.951
C20:5n3	0.17	0.14	0.16	0.021	0.601
C22:6n3	0.03	0.01	0.04	0.020	0.501
اسیدهای چرب بلند زنجیر (C18) Long chain fatty acids (C18>)	41.79	43.53	45.65	3.339	0.731
اسیدهای چرب سنتز شده به‌صورت دنوو (C16>) De novo fatty acids (C16>)	17.76	15.38	17.16	1.340	0.456
C16:0	36.47	37.51	33.73	2.066	0.414
اسیدهای چرب منشأ گرفته از خون (C16>) Performed fatty acids (C16>)	45.45	47.09	49.07	3.191	0.742

¹ میانگین خطای استاندارد

² سطح احتمال معنی دار شدن P=0/05

1 Standard error of mean

2 Probability value p=0/05

جدول ۵- اثر افزودن منابع اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع در جیره انتظار زایش بر فراسنجه‌های خونی گوساله‌های هلشتاین

Table 5- The effect of using the sources of unsaturated and saturated fatty acids in the expectant diet on blood parameters of Holstein calves

فراسنجه‌های خونی Blood parameters	جیره‌های آزمایشی Experimental diets			SEM ^۱	P value ^۲		
	شاهد Control	روغن پالم Palm oil	دانه گلرنگ Seed safflower		Treatment	Time	Treatment×time
گلوکز (میلیگرم / دسی لیتر) Glucose (mg/dl)	87.67	91.74	81.16	3.061	0.085	<0.00 1	0.733
کلسترول (میلیگرم / دسی لیتر) Cholesterol (mg/dl)	64.05	62.82	64.39	4.216	0.926	<0.00 1	0.631
تری گلیسرید (میلیگرم / دسی لیتر) Triglyceride (mg/dl)	31.67	31.71	26.44	2.340	0.227	<0.00 1	0.632
نیترژن اوره‌ای خون Blood urea nitrogen (mg/dl)	28.17	25.48	26.04	1.895	0.584	0.107	0.979
آسپاراتات آمینوترانسفراز (u/l) AST (u/l)	58.20	55.26	55.20	4.438	0.863	<0.00 1	0.543
آلانین آمینوترانسفراز (u/l) ALT (u/l)	13.71	15.09	13.33	1.437	0.669	0.000 5	0.215
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام TAC (mmol/l)	0.537	0.540	.521	0.027	0.877	0.015	0.772
آلبومین (گرم / دسی لیتر) Albumin (gr/dl)	3.27	3.17	3.15	0.066	0.460	<0.00 1	0.914
پروتئین کل (گرم / دسی لیتر) Total protein (gr/dl)	6.18	6.17	6.03	0.254	0.891	<0.00 1	0.584
کلسیم (میلیگرم / دسی لیتر) Ca (mg/dl)	11.48	11.43	11.40	0.213	0.966	0.001	0.125
منیزیم (میلیگرم / دسی لیتر) Mg (mg/dl)	2.32	2.36	2.34	0.082	0.932	0.919	0.516
فسفر (میلیگرم / دسی لیتر) P (mg/dl)	6.97	7.11	7.15	0.168	0.741	0.001	0.679
لیپوپروتئین با چگالی بالا HDL(mg/dl)	19.94	17.61	18.35	1.94	0.693	<0.00 1	0.015
مالون دی‌آلدئید MDA(nmol/ml)	2.06	1.68	2.19	0.193	0.191	0.177	0.087

^۱ میانگین خطای استاندارد^۲ سطح احتمال معنی دار شدن P=0.05^۱ Standard error of mean^۲ Probability value p=0.05

تأثیر معنی‌داری شد (Uken et al., 2021). برخلاف نتایج این آزمایش، در تحقیقی اثرات مکمل اسیدهای چرب ضروری در اواخر دوران آبستنی و دوره‌های پیش از شیرگیری و اوایل شیرگیری بر پروتئین کل در گوساله‌های شیری در زمان‌های مختلف تأثیر معنی‌داری نداشت (Jolazadeh et al., 2019). در مطالعه‌ای که ۴۲ روز مانده به زایش و با سه تیمار با انرژی کم، متوسط و زیاد انجام شد، مشخص گردید گوساله‌هایی که از جیره با انرژی بالا استفاده کرده‌اند، غلظت گلوکز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و سوپراکسیددیسموتاز بالاتری نسبت به تیمار با انرژی پایین داشتند،

مطابق با نتایج این آزمایش، در مطالعه‌ای محققین بیان کردند که مکمل سازی گلرنگ بر گوساله‌های فریزین باعث تأثیر معنی‌داری بر سطح آلبومین، پروتئین کل، ایموگلوبین، گلوکز، کلسترول، آسپاراتات آمینوترانسفراز، آلانین آمینوترانسفراز و لیپوپروتئین با چگالی بالادر زمان‌های مختلف پرورش (۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۹۰ و ۱۰۵ روزگی) شد (El-Hafeez et al., 2017). همچنین، در مطالعه دیگری نشان داده شد که استفاده از اسیدهای چرب ضروری و اسید لینولئیک کونژوگه در دوره انتظار زایش بر میزان گلوکز، لاکتات، پروتئین کل و تری گلیسرید گوساله‌های نوزاد در طول زمان‌های مختلف پرورش باعث

با توجه به نتایج به دست آمده، وزن بدن گوساله (تولد، ۲۱ و ۴۹ روزگی)، افزایش وزن (۳ تا ۲۱ روزگی و ۳ تا ۴۹ روزگی)، ماده خشک مصرفی (۳ تا ۲۱ روزگی و ۳ تا ۴۹ روزگی)، مجموع مواد خوراکی مصرفی (۳ تا ۲۱ روزگی و ۳ تا ۴۹ روزگی) و بازده خوراک (۳ تا ۲۱ روزگی و ۳ تا ۴۹ روزگی) گوساله‌های هلشتاین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$).

همچنین غلظت مالون دی آلدئید در تیمار با انرژی پایین به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای دیگر افزایش پیدا کرد (Hao Chen *et al.*, 2022). تأثیر زمان بر فراسنجه‌های خونی ممکن است به دلیل بهبود سیستم گوارشی و عملکرد روده در گوساله‌ها باشد. اثر افزودن منابع اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع در جیره انتظار زایش بر عملکرد گوساله‌های هلشتاین در جدول ۶ گزارش شده است.

جدول ۶- اثر افزودن منابع اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع در جیره انتظار زایش بر عملکرد گوساله‌های هلشتاین

Table 6 - The effect of using the sources of unsaturated and saturated fatty acids in the expectant diet on the performance of Holstein calves

متغیر Parameter	جیره‌های آزمایشی Experimental diets			SEM ¹	P value ²
	شاهد Control	روغن پالم Palm oil	دانه گلرنگ Seed safflower		
وزن بدن در روز صفر (kg) Body weight on day 0 (kg)	42.06	40.90	41.34	1.779	0.906
وزن بدن در روز ۲۱ (kg) Body weight on day 21 (kg)	44.94	44.81	44.51	1.677	0.982
وزن بدن در روز ۴۹ (kg) Body weight on day 49 (kg)	56.28	56.12	56.53	1.895	0.989
افزایش وزن (۳ تا ۲۱ روزگی) (kg/day) Average daily gain (3 to 21 days) (kg/day)	0.13	0.18	0.15	0.048	0.778
افزایش وزن (۳ تا ۴۹ روزگی) (kg/day) Average daily gain (3 to 49 days) (kg/day)	0.29	0.31	0.30	0.031	0.875
ماده خشک مصرفی روزانه (۳ تا ۲۱ روزگی) (kg/day) Dry matter intake daily (3 to 21 days) (kg/day)	0.06	0.08	0.06	0.013	0.345
ماده خشک مصرفی روزانه (۳ تا ۴۹ روزگی) (kg/day) Dry matter intake daily (3 to 49 days) (kg/day)	0.27	0.30	0.28	0.017	0.653
مجموع مواد خوراکی مصرفی (۳ تا ۲۱ روزگی) (kg/day) Total feed intake (3 to 21 days) (kg/day)	0.60	0.62	0.60	0.013	0.345
مجموع مواد خوراکی مصرفی (۳ تا ۴۹ روزگی) (kg/day) Total feed intake (3 to 49 days) (kg/day)	0.81	0.84	0.82	0.016	0.653
بازده خوراک (۳ تا ۲۱ روزگی) (درصد) Feed efficiency (3 to 21 days) (%)	0.23	0.29	0.26	0.078	0.865
بازده خوراک (۳ تا ۴۹ روزگی) (درصد) Feed efficiency (3 to 49 days) (%)	0.35	0.36	0.39	0.037	0.779

¹ میانگین خطای استاندارد

² سطح احتمال معنی دار شدن $P=0.05$

¹ Standard error of mean

² Probability value $p=0.05$

جدول ۷- اثر افزودن منابع اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع در جیره انتظار زایش بر وضعیت اندازه‌های بدنی گوساله‌های هلشتاین
Table 7-The effect of using the sources of unsaturated and saturated fatty acids in the expectant diet on skeletal status of Holstein calves

متغیر Parameter	جیره‌های آزمایشی Experimental diets			SEM ¹	P- value ²
	شاهد Control	روغن پالم Palm oil	دانه گلرنگ Seed safflower		
	ارتفاع هیپ ۳ روزگی (سانتیمتر) Hip height on day 3 (cm)	81.69	81.42		
ارتفاع هیپ ۲۱ روزگی (سانتیمتر) Hip height on day 21 (cm)	83.70	84.47	84.20	0.709	0.757
ارتفاع هیپ ۴۹ روزگی (سانتیمتر) Hip height on day 49 (cm)	84.32	86.25	85.66	0.606	0.111
عرض هیپ ۳ روزگی (سانتیمتر) Hip width on day 3 (cm)	24.17	23.62	25.34	0.760	0.311
عرض هیپ ۲۱ روزگی (سانتیمتر) Hip width on day 21 (cm)	26.97	27.28	29.08	0.751	0.126
عرض هیپ ۴۹ روزگی (سانتیمتر) Hip width on day 49 (cm)	29.33	30.35	30.65	0.603	0.291
ارتفاع جدوگاه ۳ روزگی (سانتیمتر) Withers height on day 3 (cm)	80.74	79.48	79.27	0.681	0.283
ارتفاع جدوگاه ۲۱ روزگی (سانتیمتر) Withers height on day 21 (cm)	82.61	82.45	81.61	0.730	0.594
ارتفاع جدوگاه ۴۹ روزگی (سانتیمتر) Withers height on day 49 (cm)	84.48	84.05	83.93	1.007	0.922
دور سینه ۳ روزگی (سانتیمتر) Heart girth on day 3 (cm)	80.35	79.01	80.65	0.999	0.528
دور سینه ۲۱ روزگی (سانتیمتر) Heart girth on day 21 (cm)	82.23	80.55	81.47	0.865	0.444
دور سینه ۴۹ روزگی (سانتیمتر) Heart girth on day 49 (cm)	83.79	83.91	83.92	1.063	0.995
طول بدن ۳ روزگی (سانتیمتر) Body length on day 3 (cm)	47.81	46.32	45.91	0.710	0.163
طول بدن ۲۱ روزگی (سانتیمتر) Body length on day 21 (cm)	49.06	47.96	47.95	0.591	0.341
طول بدن ۴۹ روزگی (سانتیمتر) Body length on day 49 (cm)	50.98	49.28	49.15	0.595	0.076

¹ میانگین خطای استاندارد

² سطح احتمال معنی دار شدن P=0/05

¹ Standard error of mean

² Probability value p=0.05

افزودن مکمل چربی به جیره بر افزایش وزن اولیه و بازده خوراک در گوساله‌های هلشتاین در تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری نداشت (Melendez *et al.*, 2022). به‌علاوه جولازاده و همکاران گزارش کردند که افزودن مکمل اسیدهای چرب ضروری در اواخر آبستنی و دوره پیش از شیرگیری در گوساله‌های هلشتاین بر ماده خشک مصرفی اولیه، عملکرد رشد و وزن بدن در بدو تولد تحت تأثیر جیره غذایی قبل از زایمان قرار نگرفت (Jolazadeh *et al.*, 2019)، که با نتایج به‌دست آمده در این آزمایش همسو بودند. این احتمال وجود

در مطالعه‌ای نشان داده شد که تغذیه با منابع مختلف چربی در دوره آبستنی بر وزن تولد گوساله‌ها در بین تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری ندارد (Petit and Berthiaume, 2006). به‌طور مشابه، تغذیه دانه گلرنگ ۵۶ روز قبل از زایش هیچ تأثیری بر افزایش وزن گوساله و وزن از شیر گرفتن آن‌ها نداشت (Geary *et al.*, 2002). علاوه بر این، محققین دیگر بیان کردند که تغذیه با دانه‌های گلرنگ از ۵۰ تا ۵۶ روز قبل از زایمان تأثیر معنی‌داری بر وزن تولد گوساله و وزن از شیر گرفتن آن‌ها ندارد (Encinias *et al.*, 2001). همچنین،

مختلف اسیدهای چرب در جیره غذایی بر گوساله‌های هلشتاین در دوران قبل و بعد از شیرگیری و اندازه‌های بدنی تأثیر معنی‌داری نداشت (Kadkhoday et al., 2017). همچنین در مطالعه دیگری که اثر منابع مختلف چربی در گوساله‌های شیری هلشتاین بررسی شد، نتایج نشان داد که منابع چربی بر شاخص رشد اسکلتی (ارتفاع بدن، عرض هیپ، عرض پین و نسبت هیپ به پین) تأثیر معنی‌داری نداشت (Mohtashami et al., 2022)؛ که ممکن است به دلیل تفاوت در روش‌های آزمایش، سطح شیر مصرفی، نوع و سطح مکمل چربی، نوع خوراک آغازین و مدیریت نگهداری گوساله‌ها خصوصیات رشد اسکلتی تحت تأثیر قرار نگرفته باشند (Ghasemi et al., 2017).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که افزودن منابع اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع در جیره انتظار زایش بر مصرف خوراک گاوها تأثیر منفی نداشت، همچنین تیمارهای آزمایشی بر کیفیت آغوز، اسیدهای چرب آغوز، عملکرد و اندازه‌های بدنی گوساله‌های هلشتاین تأثیر معنی‌داری نداشت. با توجه به اینکه اثرات مادری بخشی از کار تحقیقاتی بود، در کل می‌توان توصیه کرد که استفاده از دانه گلرنگ در دوره انتقال گاوهای شیری تأثیر مثبت بر تولید شیر دوره بعد و پارامترهای تولید مثلی بدون تأثیر بر مصرف ماده خشک گاوها داشت، لذا توصیه می‌شود تا سطح پنج درصد ماده خشک در جیره گاوهای انتظار زایش از دانه گلرنگ به‌عنوان منبع امگا ۶ استفاده کرد.

دارد که گوساله‌های شاهد از وضعیت کافی و مناسبی از لحاظ اسید چرب برخوردار بودند (Garcia et al., 2014). به همین دلیل عملکرد گوساله با افزایش مصرف اسید چرب تحت تأثیر قرار نگرفت. از طرفی، عواملی مانند شرایط محیطی در نزدیکی زمان زایش، دوره تغذیه با مکمل‌های چربی و جیره غذایی می‌تواند بر وضعیت انرژی گوساله‌ها و گاوها تأثیر بگذارد و در نتیجه، وزن گوساله‌ها را در بدو تولد و بعد از آن را تغییر دهد (Petit et al., 2006).

اثر افزودن منابع اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع در جیره انتظار زایش بر اندازه‌های بدنی گوساله‌های هلشتاین در جدول ۷ گزارش شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده اندازه‌های بدنی گوساله‌های هلشتاین که شامل ارتفاع هیپ (۳، ۲۱ و ۴۹ روزگی)، عرض هیپ (۳، ۲۱ و ۴۹ روزگی)، ارتفاع جدوگاه (۳، ۲۱ و ۴۹ روزگی)، دور سینه (۳، ۲۱ و ۴۹ روزگی) و طول بدن (۳، ۲۱ و ۴۹ روزگی) بود، به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$).

مطابق با نتایج این آزمایش، جولازاده و همکاران (Jolazadeh et al., 2019) بیان کردند که افزودن مکمل اسیدهای چرب ضروری در اواخر آبستنی و دوره پیش از شیرگیری در گوساله‌های هلشتاین بر طول بدن، عرض هیپ و دور سینه در روز ۳، ۵۶ و ۷۷ روزگی تحت تأثیر جیره غذایی قبل از زایمان قرار نگرفت. از طرفی، محققین با بررسی تأثیر مکمل‌های چربی در گوساله‌ها بیان کردند که عرض و ارتفاع کپل، طول بدن و ارتفاع جدوگاه در گوساله‌ها تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت (Ghasemi et al., 2017). در تحقیق دیگری، محققین نشان دادند که منابع چربی و نسبت‌های

References

- Abuelo, A. (2020). Symposium review: Late-gestation maternal factors affecting the health and development of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 103(4), 3882-3893. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17278>
- Alizadeh, A. R., Ghorbani, G. R., Alikhani, M., Rahmani, H. R., & Nikkhah, A. (2010). Safflower seeds in corn silage and alfalfa hay based early lactation diets: A practice within an optimum forage choice. *Animal Feed Science and Technology*, 155(1), 18-24. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.09.014>
- Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1598-1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)
- Asgharzadeh, F., Nasri, M. F. & Behdani, M. A. (2013). Effects of nitrogen and phosphorus fertilizers on nutritive value of safflower forage and silage. *Journal of Animal and Poultry Sciences*, 3(2), 66-75.
- Bernard, L., H. Fougère, T. Larsen, & Pires, J. (2020). Diets supplemented with starch and corn oil, marine algae, or hydrogenated palm oil differently affect selected metabolite concentrations in cow and goat milk. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 5647-5653. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-18008>
- Blakely, L. P., Poindexter M.B., Stuart R. L., & Nelson C. D. (2019). Supplementing pasteurized waste-milk with vitamins A, D, and E improves vitamin status of dairy calves. *The Bovine Practitioner*, 53(2), 134-141. <https://doi.org/10.21423/bovine-vol53no2p134-141>
- Cagri, A., and Kara, K. (2018). The Effect of safflower on the in vitro digestion parameters and methane production in horse and ruminant. *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine*, 44(2), 73-85. DOI: 10.26650/actavet.2018.409784
- Delir, S., . Mohammad Zadeh H, Taghizadeh, A. & H. Paya. (2020). Effects of application of vitamin-mineral supplement in milk on performances of Holstein suckling calves. *Journal of Animal Science*, 30(3), 105-117. [10.22034/as.2021.38432.1557](https://doi.org/10.22034/as.2021.38432.1557)
- Dorea, J. R. R., and L., Armentano, E. (2017). Effects of common dietary fatty acids on milk yield and concentrations of fat and fatty acids in dairy cattle. *Animal Production Science*, 57(11), 2224-2236.

<https://doi.org/10.1071/AN17335>

10. El-Hafeez, A., Abeer, M. A. Shaarawy, A. M. & Sayed-Ahmed, M. E. (2017). Influence of safflower or sunflower seeds supplementation on growth performance and immune response in suckling Friesian calves. *Journal of the Egyptian Veterinary Medical Association*, 77(4), 693-718.
11. Elsabaawy, E. H. & Gad S. M. (2021). Lipids in Ruminant Nutrition and Its Effect on Human Health. In Precision Agriculture Technologies for Food Security and Sustainability. *Advances in Environmental Engineering and Green Technologies*. 344-367. [Doi.10.4018/978-1-7998-5000-7](https://doi.org/10.4018/978-1-7998-5000-7)
12. Encinias, H. B., Encinias, A. M. Spickler, J. J. B. Kreft, M. L. Bauer, & Lardy, G. P. (2001). Effects of prepartum high linoleic safflower seed supplementation for gestating cows on performance of cows and calves. In Proceedings of the 5th International Safflower Conference, Williston, North Dakota and Sidney, Montana, USA, 23-27 July, 2001. Safflower: a multipurpose species with unexploited potential and world adaptability (pp. 3-7). Department of Plant Pathology, North Dakota State University.
13. Ergönül, P. G. & Özbek, Z. A. (2020). Cold pressed safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed oil. *Cold Pressed Oils*, 323-333. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00029-3>
14. Fallon J. V. O., Busboom, J. R. Nelson, M. L. Gaskins C. T. (2007). A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils and feedstuffs. *Animal Science*, 85(6), 1511-21. [DOI: 10.2527/jas.2006-491](https://doi.org/10.2527/jas.2006-491)
15. Ferlay, A., L. Bernard, A. Meynadier, and Malpuech-Brugère, C. (2017). Production of trans and conjugated fatty acids in dairy ruminants and their putative effects on human health: A review. *Biochimie*, 141, 107-120. [DOI: 10.1016/j.biochi.2017.08.006](https://doi.org/10.1016/j.biochi.2017.08.006)
16. Garcia, M., L. F. Greco, M. G. Favoreto, R. S. Marsola, L. T. Martins, R. S. Bisinotto, J. H. Shin, A. L. Lock, E. Block, Thatcher, W. W. & Santos, J. E. P. (2014). Effect of supplementing fat to pregnant nonlactating cows on colostral fatty acid profile and passive immunity of the newborn calf. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 392-405. [DOI: 10.3168/jds.2013-7086](https://doi.org/10.3168/jds.2013-7086)
17. Geary, T. W., Grings, E. E. MacNeil, M. D. & Keisler, D. H. (2002). Effects of feeding high linoleate safflower seeds prepartum on leptin concentration, weaning, and rebreeding performance of beef heifers. *Journal of Animal Science Supplement*, 80(2), 131-132. [DOI: 10.2527/jas.2008-1424](https://doi.org/10.2527/jas.2008-1424)
18. Ghasemi, E., M. Azad-Shahraki, & Khorvash, M. (2017). Effect of different fat supplements on performance of dairy calves during cold season. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5319-5328. [DOI: 10.3168/jds.2016-11827](https://doi.org/10.3168/jds.2016-11827)
19. Gonther, C., A. F. Mustafa, D. R. Ouellet, P. Y. Chouinard, R. Berthiaume, and H. V. Petit. 2005. Feeding micronized and extruded flaxseed to dairy cows: Effects on blood parameters and milk fatty acid composition. *Journal of Dairy Science*, 88(2):748-756. [doi: 10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72738-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72738-7).
20. Hao Chen, Chunjie Wang, Simujide Huasai & Aorigele Chen. (2022). Effect of prepartum dietary energy density on beef cow energy metabolites, and birth weight and antioxidative capabilities of neonatal calves. *Scientific Reports*. (2022) 12:4828. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08809-6>
21. Jolazadeh, A. R., Mohammadabadi, T. M. Dehghan-Banadaky, M. Chaji, & Garcia, M. (2019). Effect of supplementation fat during the last 3 weeks of uterine life and the preweaning period on performance, ruminal fermentation, blood metabolites, passive immunity and health of the newborn calf. *British Journal of Nutrition*, 122(12), 1346-1358. [DOI: 10.1017/S0007114519002174](https://doi.org/10.1017/S0007114519002174)
22. Kadkhoday, A., Riasi, A. M. Alikhani, Dehghan-Banadaky, M & R. Kowsar. (2017). Effects of fat sources and dietary C18: 2 to C18: 3 fatty acids ratio on growth performance, ruminal fermentation and some blood components of Holstein calves. *Livestock Science*, 204, 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.08.012>
23. Kliem, K. E., Humphries, D. J., Kirton, P., Givens, D. I. & Reynolds, C. K., (2019). Differential effects of oilseed supplements on methane production and milk fatty acid concentrations in dairy cows. *Animal*, 13(2), 309-317. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001398>.
24. Martin, C., J. Rouel, J. P. Jouany, Doreau, M. & Chilliard, Y. (2008). Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *Journal of Animal Science*, 86(10), 2642-2650. [DOI: 10.2527/jas.2007-0774](https://doi.org/10.2527/jas.2007-0774)
25. Melendez, P., Roeschmann, C. F., Baudo, A. S. Tao, P. Pinedo, A. Kalantari, M. Coarsey, Bernard, J. K. & Naikare, H. (2022). Effect of fish oil and canola oil supplementation on immunological parameters, feed intake, and growth of Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 105, 2509-2520. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21134>
26. Mohtashami, B., Khalilvandi-Behroozyar, H., Pirmohammadi, R. M. Dehghan-Banadaky, M. Kazemi-Bonchenari, E. Dirandeh & Ghaffari, M. H. (2022). The effect of supplemental bioactive fatty acids on growth performance and immune function of milk-fed Holstein dairy calves during heat stress. *British Journal of Nutrition*, 127(2), 188-201. [DOI: https://doi.org/10.1017/S0007114521000908](https://doi.org/10.1017/S0007114521000908)
27. Mosley, S. A., Mosley, E. E. Hatch, B. Szasz, J. I. Corato, A. N. Zacharias, Howes, D. & McGuire M. A. (2007). Effect of varying levels of fatty acids from palm oil on feed intake and milk production in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 90(2), 987-993. [DOI: 10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71583-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71583-7)

28. Nowak, W. Mikula, R., Zachwieja, A. K. Paczyńska, Pecka, K. & Drzazga E. (2012). The impact of cow nutrition in the dry period on colostrum quality and immune status of calves. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 15(1), 77-82. DOI: [10.2478/v10181-011-0117-5](https://doi.org/10.2478/v10181-011-0117-5)
29. Nudda, A., G. Battacone, O. Boaventura Neto, A. Cannas, A. H. D. Francesconi, A. S. Atzori, & Pulina, G. (2014). Feeding strategies to design the fatty acid profile of sheep milk and cheese. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43, 445-456. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000800008>
30. Oguz, M. N., Oguz, F. K. & Buyukoglu, T. I. (2014). Effect of different concentrations of dietary safflower seed on milk yield and some rumen and blood parameters at the end stage of lactation in dairy cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43, 207-211. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000400007>
31. Oyeade, A., L. Lifshitz, H. Lehrer, S. Jacoby, Y. Portnick, and Moallem, U. (2020). Saturated fat supplemented in the form of triglycerides decreased digestibility and reduced performance of dairy cows as compared to calcium salt of fatty acids. *Animal*, 14(5), 973-982. DOI: [10.1017/S1751731119002465](https://doi.org/10.1017/S1751731119002465)
32. Paya, H., & Taghizadeh, A. (2020). Dry matter intake, milk yield and milk fatty acid composition of dairy cows fed raw or microwave irradiated safflower seed as a substitution to cottonseed. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 10(1):51-58. (In Persian).
33. Petit, H. V., & Berthiaume, R. (2006). Effect of feeding different sources of fat during gestation and lactation on reproduction of beef cows and calf performance. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(2), 235-243. [Doi.org/10.4141/A05-086](https://doi.org/10.4141/A05-086)
34. Pirondini, M., S. Colombini, M. Mele, L. Malagutti, L. Rapetti, G. Galassi, and G. Crovetto. M. (2015). Effect of dietary starch concentration and fish oil supplementation on milk yield and composition, diet digestibility, and methane emissions in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 357-372. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8092>
35. Rabiee, A. R., K. Breinhild, W. Scott, H. M. Golder, E. Block, & Lean, I. J. (2012). Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: A meta-analysis and meta-regression. *Journal of Dairy Science*, 95(6), 3225-3247. doi: [10.3168/jds.2011-4895](https://doi.org/10.3168/jds.2011-4895).
36. Salehi R., M. G. Colazo, Oba, M. & Ambrose, D. J. (2016). Effects of prepartum diets supplemented with rolled oilseeds on calf birth weight, postpartum health, feed intake, milk yield and reproductive performance of dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 99, 3584-3597. DOI: [10.3168/jds.2015-10186](https://doi.org/10.3168/jds.2015-10186)
37. Souza de, J. and Lock, A. L., (2019). Milk production and nutrient digestibility responses to triglyceride or fatty acid supplements enriched in palmitic acid. *Journal of Dairy science*, 102(5), 4155-4164. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15690>
38. Terler, G., Poier, G. F. Klevenhusen, and Zebeli, Q. (2022). Replacing concentrates with a high-quality hay in the starter feed in dairy calves: I. Effects on nutrient intake, growth performance, and blood metabolic profile. *Journal of Dairy Science*, 105, 2326-2342. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21346>
39. Uken, K. L., Vogel, L. Gnot, M. S. Görs, C. T. Schäff, A. Tuchscherer, A. Hoeflich, J. M. Weitzel, E. Kanitz, A. Tröscher, & Sauerwein, H. (2021). Effect of maternal supplementation with essential fatty acids and conjugated linoleic acid on metabolic and endocrine development in neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, 104(6), 7295-7314. DOI: [10.3168/jds.2020-20039](https://doi.org/10.3168/jds.2020-20039)
40. Wang, J. P., D. P. Bu, J. Q. Wang, X. K. Huo, T. J. Guo, H. Y. Wei, L. Y. Zhou, R. R. Rastani, L. H. Baumgard, & Li, F. D. (2010). Effect of saturated fatty acid supplementation on production and metabolism indices in heat-stressed mid-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(9), 4121-4127. doi: [10.3168/jds.2009-2635](https://doi.org/10.3168/jds.2009-2635).
41. Watts, J. S., Rezamand, P. D. L. Sevier, Price, W. & McGuire, M. A. (2013). Short-term effects of dietary trans fatty acids compared with saturated fatty acids on selected measures of inflammation, fatty acid profiles, and production in early lactating Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*, 96(11):6932-6943. doi: [10.3168/jds.2012-6430](https://doi.org/10.3168/jds.2012-6430).
42. Yao, Y., Yao, J. Z. Du, P. Wang, & Ding, K. (2018). Structural elucidation and immune-enhancing activity of an arabinogalactan from flowers of *Carthamus tinctorius* L. *Carbohydrate polymers*, 202, 134-142. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.08.098>



Effects of Processing Methods of Barley Grain and Non-Protein Nitrogen Sources on Rumen Degradability Characteristics, Gas Production and Microbial Protein Synthesis in Afshari Breeding Fattening Lambs

Bahman Ghorbani^{1*}, Yadollah Chashnidel², Asadollah Teimouri Yansaari³ and Abdolhakim Toghdory⁴

Received: 15-07-2022
Revised: 27-06-2022
Accepted: 11-12-2022
Available Online: 11-12-2022

How to cite this article:

Ghorbani, B., Chashnidel, Y., Teimouri Yansaari, A., & Toghdory, A. (2023). Effects of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on rumen degradability characteristics, gas production and microbial protein synthesis in Afshari breeding fattening lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(3), 333-350.

DOI: [10.22067/ijasr.2022.77937.1091](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.77937.1091)

Introduction: Lack of animal feed, especially with development of industrial methods of animal husbandry waste in many parts of the world, has led farmers and researchers to try identifying and using agricultural and livestock waste and new food sources for animal nutrition, including poultry manure and urea is mentioned in the diet of ruminants. Due to the fact that no research has been done on the effect of barley grain processing methods and non-protein nitrogen sources in the diet on rumen degradability, gas production and microbial protein synthesis in sheep, the present study was conducted.

Materials and Methods: This experiment was conducted in a completely randomized design with seven treatments including a control treatment containing whole barley grain (without milling) and without urea and chicken manure, treatments 2, 3 and 4 containing processing method of milling, filling and pelleting with a certain level of urea, respectively. (1%) And treatments 5, 6 and 7 containing processing methods of milling, filling and pelleting with a certain level of poultry manure (12%) were performed on sheep. Each treatment consisted of 5 fattening lambs at the age of 3 months 24 ± 1 which were kept individually in separate cages for 14 days of acclimatization period and 84 days of fattening period. In the second experiment, rumen degradability of dry matter, crude protein and NDF of experimental diets were measured using a nylon bag method with 3 fistulated male sheep that were fed in the maintenance level. Extent and rate of gas production were done based on Menk and Stingas. The $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration was determined following the Broderick and Kang (1980) technique. Purine derivatives and was measured by the method of Chen and Gomes (1995). Rumen fluid was collected for 5 consecutive days in the end of each period and ruminal fermentation parameters containing pH and $\text{NH}_3\text{-N}$ and were determined. Urine of sheep was collected end of each period for 5 days and microbial protein synthesis was estimated by measuring purine base. Data were analyzed using SAS software version 9.9 (54) using GLM procedure.

Results and Discussion: The apparent digestibility of dry matter and organic matter were significantly different, and the control treatment (whole barley grain without urea and poultry manure) had the highest apparent digestibility. Digestibility in non-fibrous carbohydrates was significantly different, so that treatment 5 (processing method of milling with poultry manure) had the highest apparent digestibility. Different parameters of degradability of dry matter, crude protein and insoluble fibers in neutral detergent of experimental treatments indicated significant differences between treatments ($P < 0.05$). Barley grain processing with non-protein nitrogen sources caused a significant difference in the fast decomposing part, slow decomposing part and degradable part

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Associate Professor and Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran, respectively.

4- Assistant Professor, Department of Animal and Poultry Nutrition, Animal Sciences Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

*Corresponding Author's Email: Bahman403091@yahoo.com

of dry matter, crude protein and insoluble fibers in the crude protein neutral detergent of experimental treatments. Effective degradability of dry matter, crude protein and insoluble fibers in neutral detergent at 2, 4 and 6% per hour passage rates had a significant difference between experimental treatments. The results showed that there was a significant difference between the experimental treatments in terms of gas production parameters and the amount of gas produced in 96 hours ($P<0.05$). There was a significant difference between experimental treatments in terms of digestibility of organic matter, amount of metabolizable energy and concentration of short-chain volatile fatty acids. The highest pH was assigned to treatment 7 (6.30) and the lowest pH was assigned to treatment 1 (6.10). Ammonia nitrogen had a significant difference in experimental treatments. The highest ammonia nitrogen was related to treatment 5 (11.45 mg/dL) and the lowest ammonia nitrogen was related to treatment 3 (10.38 mg/dL). The excretion rate of each of the purine derivatives (allantoin, uric acid, xanthine + hypoxanthine) and the total urinary excretion of purine derivatives and the amount of microbial protein synthesized in the rumen were affected by the test diets and the observed difference was significant ($P<0.05$). There was a significant difference in rumen pH in experimental treatments. The results showed that barley grain processing methods with non-protein nitrogen sources had a significant effect on rumen degradability, gas production, rumen parameters and microbial protein synthesis compared to the control group.

Conclusion: In general, the use of urea (1%) and poultry manure (12%) with different methods of barley grain processing without negative effects on rumen degradability, rumen liquid parameters and gas production in terms of microbial protein synthesis can be useful.

Keywords: Gas production, Microbial protein synthesis, Non-protein nitrogen, Rumen degradability

اثر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی جیره غذایی بر خصوصیات تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، تولید گاز و تولید پروتئین میکروبی در بره‌های پرواری نژاد افشاری

بهمن قربانی^{۱*}، یداله چاشنی دل^۲، اسداله تیموری یانسری^۲، عبدالحکیم توغدری^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۰

چکیده

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار شامل گروه شاهد حاوی دانه جو کامل (بدون فرآوری) و بدون اوره و کود مرغی، تیمارهای ۲ و ۳ و ۴ به ترتیب با روش‌های فرآوری مختلف آسیاب کردن، پرک کردن و پلت کردن با سطح معین اوره (۱ درصد) و تیمارهای ۵ و ۶ و ۷ به ترتیب با روش‌های فرآوری مختلف آسیاب کردن، پرک کردن و پلت کردن با سطح معین کود مرغی (۱۲ درصد) روی بره‌های نر نژاد افشاری انجام گرفت. نتایج نشان دادند، روش‌های فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی تأثیر معنی‌داری بر قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و ماده آلی داشت. پارامترهای مختلف تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری بین تیمارها را نشان داد. تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی با سرعت عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری داشت. نتایج نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی از نظر پارامترهای تولید گاز و میزان گاز تولیدی در ۹۶ ساعت، قابلیت هضم مواد آلی، میزان انرژی قابل متابولیسم و غلظت اسیدهای چرب فرار با زنجیره کوتاه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. میزان دفع هر یک از مشتقات پورین (آلانتوئین، اسید اوریک، گرانتین + هیپوگرانتین) و دفع کل مشتقات پورین از طریق ادرار و میزان پروتئین میکروبی سنتز شده در شکمبه تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار گرفت و تفاوت مشاهده شده معنی‌دار بود. تفاوت معنی‌داری در pH شکمبه و نیتروژن آمونیاکی در تیمارهای آزمایشی وجود داشت. به‌طور کلی، استفاده از اوره (۱ درصد) و کود مرغی (۱۲ درصد) با روش‌های مختلف فرآوری دانه جو بدون اثرات منفی بر تجزیه‌پذیری شکمبه-ای، فراسنجه‌های شکمبه‌ای مایع و تولید گاز از نظر تولید پروتئین میکروبی می‌تواند مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: تولید گاز، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، تولید پروتئین میکروبی، نیتروژن غیرپروتئینی

مقدمه

شده برای این منظور می‌باشد. فرآوری مواد خوراکی ممکن است باعث افزایش عملکرد در دام گردد. اما استفاده از این روش‌ها به دلیل هزینه‌بر بودن، باید از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر باشد. در همین رابطه، برخی از روش‌های فرآوری دانه غلات مورد توجه قرار گرفته است. فرآوری (تغییر شکل فیزیکی) دانه غلات باعث بهبود استفاده از نشاسته در شکمبه شده و بدین طریق سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه افزایش می‌یابد (Tothi et al., 2003). دانه غلات یکی از مهم‌ترین مواد غذایی در جیره نشخوارکنندگان اهلی است. این دسته از مواد خوراکی به‌عنوان منبع انرژی در تغذیه گوسفند و بز استفاده می‌شوند. فرآوری دانه غلات امروزه به صورت‌های مختلفی مانند فرآوری به‌روش گرم، خشک، مرطوب و سرد انجام می‌گیرد. دانه غلات به‌خصوص دانه جو به‌عنوان منبع غالب تأمین انرژی در جیره

کاهش هزینه تولید در بخش دامپروری، یکی از اولویت‌های اصلی این صنعت می‌باشد. برای این منظور، استفاده بهینه از منابع خوراکی مورد توجه اکثر دامپروران می‌باشد. کاربرد محصولات جانبی کشاورزی و ارزان قیمت و فرآوری این مواد، از راهکارهای پیشنهاد

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

۴- استادیار گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

(*- نویسنده مسئول: Email: Bahman403091@yahoo.com

DOI: 10.22067/ijasr.2022.77937.1091

همچنین قابلیت هضم پروتئین خام آن در شکمبه معنی‌دار نبود، اما تمایل به افزایش قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش با فرآوری دانه جو وجود داشته است. تغذیه دانه جو با اوره، موجب کاهش سرعت تجزیه ماده خشک، کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین و نشاسته در شکمبه بدون اثر منفی بر قابلیت هضم بعد از شکمبه بر اثر آمونیاکی کردن جو مشاهده شده است (Campling, 1991). همچنین، مصرف همزمان دانه جو با کنجاله سویا و در مقابل، مصرف همزمان دانه جو با اوره به ترتیب به دلیل همزمانی و عدم همزمانی در تأمین انرژی و نیتروژن، سبب افزایش و کاهش ابقای نیتروژن در بره‌های در حال رشد شد (Sinclair et al., 1993). الامام و همکاران (Elemam et al., 2009) در نتیجه افزودن کود مرغی فرآوری شده در جیره (در سطح ۳۰ و ۴۵ درصد) تأثیر معنی‌داری را بر ضریب تبدیل غذایی مشاهده کردند که احتمالاً به دلیل کاهش تراکم انرژی کود مرغی (در زمانی که مقدار یا نسبت مصرف آن در جیره غذایی نسبتاً زیاد باشد)، مربوط است. رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2018) با بررسی تغذیه سطوح مختلف بستر جوجه‌های گوشتی در جیره در بره‌های پرواری نژاد قزل، اعلام کردند اختلاف معنی‌داری در ماده خشک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک نشان نداد، ولی بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری در افزایش وزن روزانه، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی مشاهده شد. به هر صورت تفاوت در سن و نژاد حیوانات، ترکیبات جیره، مدیریت و محیط‌های متغیر می‌تواند سبب تفاوت در بین مطالعات انجام شده باشد. پژوهش‌های زیادی در زمینه تأثیر فرآوری غلات در تغذیه گوسفند، انجام شده است، ولی این تحقیقات در استفاده از منبع پروتئین حقیقی و یا نیتروژن غیر پروتئینی همراه با فرآوری غلات در تغذیه گوسفند محدود بوده است. به نظر می‌رسد، نوع منبع نیتروژن مصرف‌شده در جیره غذایی ممکن است بازده غذایی دانه جو فرآوری شده را تغییر دهد. با توجه به اینکه تحقیقی در زمینه اثر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیر پروتئینی جیره غذایی بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای، تولید گاز و سنتز پروتئین میکروبی در بره‌های پرواری به‌خصوص در نژاد افشاری انجام نشده بود، لذا بر این اساس تحقیق حاضر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب دو آزمایش انجام شد: آزمایش اول در مزرعه خصوصی پرورش گوسفند واقع در استان گلستان، شهرستان مراوه‌تپه، در بهار و تابستان ۱۴۰۰ انجام شد. تعداد ۳۵ رأس بره نر پرواری آمیخته افشاری، با متوسط سن سه ماه و میانگین وزن اولیه 24 ± 1 کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی در هفت تیمار و پنج تکرار قرار گرفت. بره‌ها در طول آزمایش به مدت ۸۴ روز در قفس‌های انفرادی

نشخوارکنندگان در اغلب نقاط دنیا مخصوصاً در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین علی‌رغم درصد کم پروتئین دانه جو، به‌علت میزان مصرف زیاد این ماده در جیره، تأمین قسمت قابل‌توجهی از پروتئین جیره را به خود اختصاص می‌دهد. از طرفی، میزان تجزیه‌پذیری این پروتئین در شکمبه بسیار زیاد است که این مسئله موجب کاهش ارزش تغذیه‌ای آن و همچنین بروز مشکلات باروری برای دام‌های تازه‌زا و پرتولید می‌شود (Matison, 1996; McAllister et al., 1992). کود مرغی (از فرآورده‌های جانبی مرغداری محسوب می‌شود که حاوی مواد مغذی زیادی است و قابلیت استفاده در تغذیه نشخوارکنندگان را دارد. ارزش غذایی کود مرغی تحت تأثیر عواملی مانند مواد استفاده شده در بستر پرورش، نوع جیره غذایی مصرف شده و مدیریت تغذیه در واحدهای مرغداری و نیز روش‌های فرآوری کود به‌دست آمده قرار می‌گیرد (Fazaeli et al., 2013b). با توجه به اینکه پروتئین گران‌ترین ماده مغذی در جیره غذایی محسوب می‌شود، کود مرغی را می‌توان به‌عنوان مکملی پروتئینی به‌جای بخشی از منابع پروتئینی متداول در جیره غذایی نشخوارکنندگان مصرف کرد (Jordaan, 2004). اوره یکی از راه‌های ارزان ارائه نیتروژن غیر پروتئینی مصرفی قابل تجزیه به نشخوارکنندگان است. بنابراین، اگر بتوان بخشی از نیازهای پروتئینی دام‌های نشخوارکننده را با یک منبع نیتروژن غیر پروتئینی جایگزین کرد، هزینه خوراک کاهش می‌یابد (Chizzotti et al., 2008). نوع منبع پروتئین به‌کار رفته در جیره نشخوارکنندگان نیز تأثیر عمده‌ای بر الگوی تخمیر شکمبه دارد (Afshar et al., 2015). به‌عبارت دیگر، همزمانی تخمیر نشاسته با تجزیه منبع نیتروژن برای حداکثر رشد ریزجانداران شکمبه لازم و ضروری است و اگر سرعت تولید آمونیاک در شکمبه بیشتر از سرعت مصرف آن توسط میکروبه‌های شکمبه باشد، باعث هدرروی نیتروژن می‌شود (Sinclair et al., 1993). گزارش شده است که سرعت تجزیه شدن منبع نیتروژن بر میزان هضم مواد مغذی جیره مؤثر است (Khalid et al., 2012). برای شکسته شدن پوسته فیبری و پریکارپ دانه جو و امکان دسترسی آنزیم‌های میکروبی به ساختمان‌های داخلی، فرآوری ضروری است (Koenig et al., 2003). هدف فرآوری دانه‌ها، بهتر کردن قابلیت دسترسی انرژی و نشاسته در شکمبه بوسیله حداکثر کردن مقدار هضم کربوهیدرات‌هاست، درحالی‌که سرعت هضم آن‌ها کنترل شود (Koenig et al., 2003). فرآوری دانه غلات وسیله‌ای است که احتمالاً می‌تواند با آن نسبت پروتئین قابل دسترس در شکمبه به کربوهیدرات قابل تخمیر را تنظیم کرد و راندمان استفاده از نیتروژن را قدری افزایش داد (Tothi et al., 2003). بوچمن و همکاران (Beauchemin et al., 2011) گزارش کردند که قابلیت هضم نشاسته در کل دستگاه گوارش با فرآوری دانه جو افزایش داشته، اما هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در دانه جو فرآوری شده، در گوساله‌های پرواری تحت تأثیر قرار نگرفت و

مخلوط در سطح کمی بیش از نگهداری (۱۳ درصد پروتئین خام و ۲۵۰۰ کیلوکالری انرژی قابل متابولیسم) دو بار در شبانه روز تغذیه شدند. برای آماده‌سازی نمونه‌ها جهت آزمایش تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری، نمونه‌ها و جیره مخلوط پس از هوا خشک کردن، در آن و در درجه حرارت ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و پس از آسیاب با الک دو میلی‌متری خرد شد و در کیسه‌های نایلونی برای آزمایشات مورد نگهداری قزاز گزفت. به منظور اندازه‌گیری فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای تیمارهای آزمایشی از روش اورسکوف و مکدونالد (Orskov and Mcdonald, 1979) استفاده شد، بدین صورت که سه گرم از نمونه با آسیاب چکشی آزمایشگاهی دارای غربال با منافذ دو میلی‌متر (سه تکرار برای هر تیمار) آسیاب شده و با استفاده از الک ۵۰ میکرومتری غربال شدند تا ذرات کوچک‌تر از ۵۰ میکرومتر از آن خارج شوند. سپس نمونه‌ها در داخل کیسه‌هایی از جنس پلی‌استر دارای ابعاد ۷×۱۴ سانتی‌متر و قطر منافذ ۴۵±۵ میکرون ریخته و برای زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در شکمبه قرار داده شد. برای تعیین تجزیه‌پذیری در زمان صفر، کیسه‌ها بدون آنکوباسیون در شکمبه و با استفاده از ماشین لباسشویی به مدت ۱۵ دقیقه با آب سرد مورد شستشو قرار گرفتند. پیش از شکمبه‌گذاری، کیسه‌ها در آب ولرم ۳۹ درجه‌سانتی‌گراد به مدت پنج دقیقه خیسانده شدند تا رطوبت کافی را جذب نمایند، این عمل به منظور مرطوب شدن نمونه‌ها و دسترسی سریع ریزجانداران به سوبسترای داخل کیسه‌ها بود (Vanzant *et al.*, 1998). پس از زمان طی شده کیسه‌های حاوی نمونه‌های شکمبه گذاری شده مورد شستشو قرار گرفتند تا پساب حاصل از آن شفاف شود. سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک و پس از توزین، میزان ماده خشک، پروتئین خام و خاکستر بر اساس روش‌های استاندارد (AOAC, 1990). الیاف نامحلول در شوینده خنثی در باقی نمونه‌های شکمبه‌گذاری شده و نمونه‌های اولیه (سه گرم) بر اساس روش پیشنهادی ون سوست و همکاران (Van Soest *et al.*, 1991) تعیین شد. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر بر اساس معادله زیر محاسبه شد (Orskov and Mcdonald, 1979):

$$P = a + b(1 - e^{-ct}) \quad (1) \text{ معادله}$$

$$ED = a + [(b \times c) / (c + t)] \quad (2) \text{ معادله}$$

که در آن، P: پتانسیل تجزیه‌پذیری یا ناپدید شدن در زمان t، ED: تجزیه‌پذیری مؤثر، a: بخش سریع تجزیه، b: بخش کند تجزیه، c: نرخ ثابت تجزیه‌پذیری (درصد بر ساعت)، t: زمان قرار دادن نمونه در شکمبه (ساعت)، c: عدد نپر (۲/۷۱۸)، می‌باشند.

پس از تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی تیمارهای آزمایشی به

قرار داشتند. جیره دام‌ها با نرم‌افزار سیستم تغذیه نشخوارکنندگان کوچک^۱ تنظیم شد (۴۶). تیمارهای آزمایشی شامل گروه شاهد با مصرف جیره حاوی دانه جو کامل و بدون افزودن اوره و کود مرغی (ترکیبات شیمیایی کود مرغی شامل ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام، خاکستر، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به ترتیب ۸۹، ۲۳، ۷، ۲، ۴۴، ۱۴، ۷۲، ۳۴ و ۱۹، ۷ درصد)، تیمارهای ۲ و ۳ و ۴ به ترتیب با مصرف جیره حاوی روش فرآوری آسیاب کردن، پرک کردن و پلت کردن با سطح معین اوره (۱ درصد) و تیمارهای ۵ و ۶ و ۷ به ترتیب حاوی روش فرآوری آسیاب کردن، پرک کردن و پلت کردن با سطح معین کود مرغی (۱۲ درصد) می‌باشد. اقلام خوراکی مورد استفاده در جیره، مقدار و ترکیبات شیمیایی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. خوراک روزانه به صورت کاملاً مخلوط^۲ در دو نوبت ساعات ۷ صبح و ۱۹ عصر در اختیار دام‌های آزمایشی قرار گرفت. مصرف خوراک به صورت اختیاری بود، بر اساس تعیین اشتهای حیوانات در دوره عادت‌پذیری و بر اساس باقی‌مانده ۱۰ درصد پس‌آخور در قبل از هر روز خوراک‌دهی و مصرف آب به صورت آزاد بود. اندازه‌گیری pH مایع شکمبه بره‌های آزمایشی در روز ۸۴ آزمایش دو ساعت بعد از مصرف خوراک با دستگاه pH-متر دیجیتال قابل حمل (مدل ۸۲۷ مترون) انجام شد. اندازه‌گیری pH بلافاصله بعد از گرفتن نمونه مایع شکمبه بره‌های آزمایشی و صاف کردن آن با پارچه کفی چهار لایه، تعیین شد (Beauchemin *et al.*, 2011). نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بره‌های آزمایشی با استفاده از روش تیتراسیون (کانوی، ۱۹۵۰) انجام شد. میزان پروتئین میکروبی سنتز شده از طریق اندازه‌گیری مقادیر آلانتوئین موجود در ادرار با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل Varian Cary 100 conc، استرالیا) در طول موج ۵۲۲ نانومتر تعیین خواهد شد (پوچالا و کولاسک، ۱۹۹۹).

آزمایش دوم در ایستگاه تحقیقاتی نشخوارکنندگان، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. به منظور تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی در تیمارهایی آزمایشی شامل جیره گروه شاهد حاوی دانه جو کامل و بدون اوره و کود مرغی، تیمارهای ۲ و ۳ و ۴ به ترتیب جیره حاوی روش فرآوری آسیاب کردن، پرک کردن و پلت کردن با سطح معین اوره (۱ درصد) و تیمارهای ۵ و ۶ و ۷ به ترتیب جیره‌های حاوی روش فرآوری آسیاب کردن، پرک کردن و پلت کردن با سطح معین کود مرغی (۱۲ درصد)، از سه راس گوسفند فیستوله‌شده شکمبه‌ای با میانگین ۴۲±۲ کیلوگرم استفاده شد که به صورت انفرادی در قفس‌های متابولیکی نگهداری و در طول مدت آزمایش با جیره کاملاً

دانه جو فرآوری شده سبب کاهش قابلیت هضم ماده خشک (از ۷۳/۸۲ به ۷۱/۵۸ درصد) و ماده آلی (از ۷۴/۹۴ به ۷۲/۸۴ درصد) جیره می‌شود. در نتایج مشابه، اختلاف ناچیزی در ارزش غذایی دانه جو پرک شده با بخار در مقایسه با دانه کامل گزارش کردند و بیان داشتند، علت این اختلاف ناچیز احتمالاً مربوط به کارایی بالای گوسفند در استفاده از دانه کامل غلات است (Yoon *et al.*, 1986). فایاد (Fayad, 2011) گزارش داد، برهه‌هایی که از جو جوانه زده تغذیه شدند، قابلیت هضم پروتئین خام و خاکستر بیشتری داشت، درحالی‌که قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز کاهش یافت. پرند و تقی‌زاده (Parand and Taghizadeh, 2010) گزارش کردند که فرآوری دانه جو (تف دادن، فلیک کردن با بخار) باعث کاهش قابلیت هضم ماده آلی در گوسفند شد که ناشی از تخمیر سریع نشاسته در شکمبه بود. راپتی و باوا (Rapetti and Bava, 2004) از دانه غلات به‌صورت آسیاب شده و دانه کامل همراه با دو سطح ۱۷ و ۳۲ درصد نشاسته در جیره بزهای سانن استفاده کرده و گزارش دادند، قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با افزایش سطح نشاسته کاهش یافت. لیکن فرآوری دانه اثر معنی‌داری بر قابلیت هضم این فاکتورها نداشت. کاهش تخمیر شکمبه‌ای ماده آلی انعکاس مستقیمی از تفاوت نسبی هضم شکمبه‌ای نشاسته با فرآوری‌های مختلف دانه جو است (Lopez-Soto *et al.*, 2014). بیضایی و همکاران (Beizaei *et al.*, 2013) بیان کردند، قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در بره‌های پرواری تحت تأثیر سطح نشاسته جیره قرار گرفت و با افزایش سطح نشاسته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0.01$)، از جمله سازوکارهایی که در این رابطه پیشنهاد کردند، کاهش pH شکمبه در جیره‌های با نشاسته بالا بود. به‌عبارت دیگر، فرآوری دانه جو ممکن است از طریق افزایش سطح تماس ذرات نشاسته باعث افزایش تخمیر نشاسته در شکمبه گردد. لذا، انتظار می‌رود که چنین شرایطی باکتری‌های آمیلولاکتیک (تجزیه‌کننده نشاسته) به‌عنوان جمعیت غالب میکروبی شکمبه باشند. با افزایش رشد این باکتری‌ها که مهم‌ترین باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک در شکمبه محسوب می‌شوند، تولید اسید لاکتیک در شکمبه افزایش یافته و از آنجا که قدرت اسیدیته اسید لاکتیک در مقایسه با سایر اسیدهای چرب فرار بالاتر است، لذا pH شکمبه ممکن است از حد طبیعی آن کمتر شود (Najafi *et al.*, 2017). با افت pH شکمبه، شرایط برای فعالیت باکتری‌های هضم‌کننده سلولز سخت شده و متعاقب آن هضم الیاف در شکمبه کاهش می‌یابد (Khalesizadeh *et al.*, 2011). کاهش فعالیت باکتری‌های سلولولیتیک در pH کمتر از عدد شش و متعاقب آن کاهش هضم الیاف خام توسط سایر محققین گزارش شده است (Davies *et al.*, 2013).

روش اورسکوف و مکدونالد (Orskov and Mcdonald, 1979)، برآزش داده‌های حاصل از تجزیه‌پذیری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (pro NLIN) انجام شد. برای اندازه‌گیری فراسنجه‌های تولید گاز، با استفاده از روش منک و استینگاس (Menke and Steingass, 1988) ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه آسیاب شده، ۲۰ میلی‌لیتر بزاق مصنوعی و ۱۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه در ویال‌های شیشه‌ای ۱۰۰ میلی‌لیتری (سه تکرار برای هر تیمار) ریخته شد و همچنین سه ویال به‌عنوان بلانک قرار داده شد. مایع شکمبه از چهار راس گوسفند فیستوله قبل از خوراک‌دهی وعده صبح گرفته و با بزاق مصنوعی با نسبت ۱ به ۲ مخلوط شده و ویال‌ها در حمام آب گرم (۳۹ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند و میزان گاز تولیدی در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از av,u کشت ثبت شد و فراسنجه‌ها با استفاده از معادله ۳ مورد بررسی قرار گرفت، که در آن، b: تولید گاز از بخش قابل تخمیر (میلی‌متر در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، c: ثابت میزان تولید گاز برای بخش $b(h^{-1})$: زمان انکوباسیون و Y: گاز تولیدی در زمان t می‌باشد. مقدار ME و OMD تیمارهای مختلف با استفاده از معادله ۴ و ۵ منک و استینگاس (Menke and Steingass, 1988) محاسبه شد که در این معادله GP گاز تولیدی تصحیح شده بر اساس تولید گاز ۲۴ ساعت، CP درصد پروتئین خام در ماده خشک و CA درصد خاکستر خام در ماده خشک است.

$$Y = b(1 - e^{-ct}) \quad (3)$$

$$ME \text{ (MJ/kg DM)} = 2.20 + 0.136 GP + 0.057 CP \quad (4)$$

$$\text{معادله (5)} \quad OMD \text{ (g/kg DM)} = 14.88 + 0.889GP + 0.45CP + 0.0651CA$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تجزیه و تحلیل آن با استفاده از رویه GLM نرم-افزار آماری SAS (۲۰۰۱) و مقایسه میانگین‌ها به‌روش دانکن در سطح احتمال معنی‌داری پنج درصد صورت گرفت (SAS, 2001). مدل آماری این طرح به این ترتیب است:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

که در آن، Y_{ij} : مشاهده تکرار j و تیمار i؛ μ : میانگین، T_i : اثر تیمار، و ϵ_{ij} : خطای آزمایشی است.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برآیند اثر روش‌های فرآوری دانه جو و نوع منبع نیتروژن بر قابلیت هضم ماده خشک و مواد مغذی جیره غذایی در جدول ۲ آمده است. فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیر-پروتئینی موجب کاهش قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی جیره شد ($P < 0.05$). اما قابلیت هضم سایر اجزای جیره تحت تأثیر قرار نگرفت. نجفی و همکاران (Najafi *et al.*, 2017) گزارش دادند که

جدول ۱- ارقام خوراکی و ترکیبات شیمیایی جیره های آزمایشی
Table 1- Ingredients and chemical compositions of experimental ration

ارقام خوراکی (%) Ingredients (%)	اوره (۱ درصد) Urea (1 %)			کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)			
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted
کاه گندم Wheat straw	5	5	5	5	5	5	5
سیلاژ ذرت Corn silage	15	15	15	15	15	15	15
کنجاله سویا Soy meal	14	7	7	7	9	9	9
تفاله چغندر قند Sugar beet pulp	5	5	5	5	5	5	5
دانه جو Barley grain	41	47	47	47	40	40	40
سبوس گندم Wheat bran	14	14	14	14	9	9	9
کود مرغی Poultry manure	0	0	0	0	12	12	12
اوره Urea	0	1	1	1	0	0	0
بنتونیت Bentonite	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5
آنزیمیت Enzyme	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5
پودر صدف Limestone	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
جوش شیرین Sodium bicarbonate	1	1	1	1	1	1	1
نمک Salt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
مکمل ویتامینی و معدنی ^۱ Vitamin and mineral premix ¹	1	1	1	1	1	1	1
ترکیبات شیمیایی (درصد از ماده خشک) Chemical composition (% of DM)							
انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری در کیلوگرم) Metabolisable Energy (Mcal/kg)	2.58	2.55	2.55	2.55	2.57	2.57	2.57
پروتئین خام Crude protein	15.17	15.36	15.36	15.36	15.12	15.12	15.12
کلسیم Calcium	0.74	0.73	0.73	0.73	0.67	0.67	0.67
فسفر Phosphorus	0.47	0.44	0.44	0.44	0.47	0.47	0.47
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	32.89	33.04	33.04	33.04	29.64	29.64	29.64
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	16.49	16.21	16.21	16.21	15.27	15.27	15.27

^۱ مکمل ویتامین و معدنی شامل ویتامین A ۱۰۰۰۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین D₃ ۲۵۰۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین E ۳۰۰۰ واحد بین المللی، منیزیم ۳۲۰۰۰ میلی گرم، منگنز ۱۰۰۰۰ میلی گرم، روی ۱۰۰۰۰ میلی گرم، مس ۳۰۰ میلی گرم، سلنیوم ۱۰۰ میلی گرم، ید ۱۰۰ میلی گرم، آهن ۳۰۰۰ میلی گرم، کبالت ۱۰۰ میلی گرم، فسفر ۳۰۰۰۰ میلی گرم، مونسین ۱۵۰۰ میلی گرم، آنتی اکسیدان ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم می باشد.

¹ Contained per kilogram of supplement: 1000,000 IU A 250,000 IU vitamin D₃, 3,000 IU vitamin E, 110 g Ca, 45 g Mg, 10,000 mg Mn, 10,000 mg Zn, 300 mg Cu, 100 mg Fe, 100 mg P, 11,500 mg Mo and 100 mg anti-oxidant.

گرفت. رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2018) تغذیه سطوح مختلف بستر جوجه‌های گوشتی در بره‌های پرواری نژاد قزل بررسی کردند، نتایج اختلاف معنی‌داری در ماده خشک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک نشان نداد، ولی بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری در افزایش وزن روزانه، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی مشاهده شد. در یک مطالعه، اثر مصرف منابع مختلف پروتئین (اوره و گلوتن ذرت) در جیره بره‌های نر سافولک نشان داد که مصرف گلوتن ذرت در مقایسه با اوره سبب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم پروتئین شد (Kyriazakis and Oldham, 1997). منابع پروتئینی مختلف اثرات متفاوتی بر قابلیت هضم مواد مغذی در حیوانات دارند و سرعت تجزیه شدن منبع نیتروژن بر میزان هضم مواد مغذی جیره مؤثر است (khalid et al., 2012). کنجاله سویا در مقایسه با اوره و کود مرغی سرعت هضم آهسته‌تری در شکمبه دارد و لذا، مصرف کنجاله سویا سبب می‌شود که سرعت آزاد شدن آمونیاک به‌طور پیوسته و در حد مناسب باشد. این امر بر فعالیت و رشد میکروب‌های شکمبه و نیز شرایطی محیطی شکمبه اثر گذاشته و سبب می‌شود که قابلیت هضم مواد مغذی تحت تأثیر قرار بگیرد. لذا، استفاده از منابع نیتروژن غیرپروتئینی (اوره و کود مرغی) قابلیت هضم مواد مغذی جیره را در مقایسه با منابع پروتئینی حقیقی (کنجاله سویا) کاهش دهد.

در رابطه با اثر مصرف منابع مختلف نیتروژن بر قابلیت هضم مواد مغذی جیره نیز گزارش متعددی ارائه شده است. فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی موجب کاهش قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی جیره شد ($P < 0.05$). کاهش قابلیت هضم در پی افزایش کود مرغی در جیره، احتمالاً به‌علت محتوای لیگنین بیشتر و نیز خاکستر نسبتاً زیاد در کود مرغی بوده که سبب افزایش غلظت مواد مزبور در جیره‌های حاوی کود مرغی و اثر محدودکنندگی آن‌ها بر هضم بوده است (جدول ۲). نبود تفاوت معنی‌دار در قابلیت هضم پروتئین نیز به ماهیت پروتئین کود مرغی مربوط می‌شود؛ چرا که نسبت پروتئین موجود در بخش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (غیرقابل هضم) در کود جوجه گوشتی کم است (Hale, 1980). نگیسی و همکاران (Negesse et al., 2007) در آزمایشی بر روی گوسفند و بز مشاهده کردند که استفاده از کنسانتره حاوی سطوح صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد کود مرغی همراه با سایر مواد تشکیل دهنده نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در قابلیت هضم مواد آلی جیره بود و هم‌زمان با افزودن کود مرغی در جیره قابلیت هضم پروتئین خام کاهش پیدا کرد. میر محمدی و همکاران (Mirmohammadi et al., 2015) اثر بستر جوجه‌های گوشتی را بر روی بره‌های پرواری بررسی کردند و نشان دادند که می‌توان افزایش وزن روزانه ۲۰۰ گرم در کیلوگرم را بدون هیچ تأثیر منفی بر عملکرد و سلامت حیوان

جدول ۲- تأثیر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی بر قابلیت هضم مواد مغذی (درصد)^۱

Table 2- The effect of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on nutrient digestibility (%)¹

موارد Item	اوره (۱ درصد) Urea (1 %)			کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)			خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value	
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled			پلت شده Pelleted
ماده خشک Dry matter	81.10 ^a	79.90 ^b	79.75 ^b	79.90 ^b	79.50 ^b	79.47 ^b	79.60 ^b	0.066	0.0006
ماده آلی Organic matter	82.50 ^a	81.50 ^b	81.37 ^b	81.52 ^b	81.05 ^b	81.12 ^b	81.10 ^b	0.064	0.0010
پروتئین خام Crude protein	81.22	80.75	80.82	80.97	81.15	81.35	81.10	0.065	0.4424
چربی خام Ether extract	83.22	82.75	83.02	83.00	83.30	83.00	83.35	0.061	0.3196
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	68.50	68.47	67.92	68.07	68.45	68.37	68.25	0.084	0.8800
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	61.60	61.00	61.32	61.05	62.45	61.22	62.05	0.097	0.2882
کربوهیدرات غیرالیافی Non fiber carbohydrate	92.52 ^{ab}	92.40 ^b	92.27 ^{bc}	92.12 ^c	92.75 ^a	92.50 ^{ab}	92.05 ^c	0.041	0.0001

^۱حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ($P < 0.05$) است.

¹The means within the same row with different letters indicate the significant difference ($P < 0.05$).

صادقی و شورنگ (Sadeghi and Shawrang, 2008) در یک مطالعه *in situ* در ارتباط با اثرات پرتوتابی میکروویو بر روی خصوصیات تجزیه‌پذیری دانه جو، گزارش کردند که پرتوتابی میکروویو منجر به افزایش بخش محلول (a) و کاهش بخش نامحلول (b) ماده خشک و نشاسته شده و از طرفی دیگر، این فرآوری، نرخ تجزیه بخش نامحلول (c) ماده خشک و نشاسته دانه جو را می‌کاهد. نرخ عبور مواد از شکمبه تحت تأثیر مقدار خوراک مصرفی است، به طوری که با افزایش سطح مصرف خوراک در دام، این مقدار نیز افزایش می‌یابد. همچنین، افزایش نرخ عبور مواد سبب می‌شود که مدت زمان دسترسی ریزجانداران شکمبه به مواد خوراکی نیز کاهش یافته و در نتیجه، مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در مواد خوراکی کاهش یابد (Orskov, 1992). نشخوارکنندگان نیازمند دانه-های غلاتی هستند که در شکمبه تجزیه‌پذیری کند و در کل دستگاه گوارش قابلیت هضم بالایی داشته باشند (Pozdišek and Vaculová, 2008).

فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک تیمارهای آزمایشی در جدول ۲ نشان داده شده است. مقایسه میانگین‌ها حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود ($P < 0.05$). فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث افزایش بخش سریع تجزیه ماده خشک تیمارهای آزمایشی با شاهد شد. به طوری که تیمار ۴ (۲۷/۴۰ درصد) بیشترین و شاهد (۱۹/۴۲ درصد) کمترین بود. به علاوه فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث کاهش بخش کند تجزیه ماده خشک تیمارهای آزمایشی با شاهد شد. به طوری که تیمار ۴ (۴۶/۲۵ درصد) کمترین و شاهد (۵۵/۳۵ درصد) بیشترین بود. فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث اختلاف معنی‌دار بخش قابل تجزیه بین تیمارهای آزمایشی شد. به طوری که تیمار ۷ (۷۷/۹۱ درصد) بیشترین و تیمار ۶ (۷۰/۳۳ درصد) کمترین بود. اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در ثابت نرخ تجزیه نبود. تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در سرعت‌های عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت بین شاهد با تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌دار شد. به طوری که شاهد بیشترین و تیمارهای آزمایشی کمترین بودند.

جدول ۳- تأثیر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک (درصد)^۱

Table 3- The effect of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on degradability of dry matter (%)¹

موارد Item	اوره (۱ درصد) Urea (1 %)				کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)			خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted		
بخش سریع تجزیه (درصد) Rapidly degraded fraction (%)	19.42 ^d	23.73 ^{bc}	19.83 ^d	27.40	24.43 ^a	22.35 ^c	25.79 ^{ab}	1.211	<0.000 ₁
بخش کند تجزیه (درصد) Slowly degraded fraction (%)	55.35 ^a	50.58 ^{abc}	55.08 ^a	46.26 ^c	47.54 ^{bc}	47.97 ^{bc}	47.97 ^{bc}	1.735	0.0010
بخش قابل تجزیه (درصد) Potential of degradability (%)	74.77 ^{ab}	74.31 ^{ab}	74.91 ^{ab}	73.66 ^{ab}	71.97 ^b	70.33 ^b	77.91 ^a	1.892	0.1489
ثابت نرخ تجزیه (درصد در ساعت) Constant rate of degradation (h ⁻¹)	1.76	1.96	1.95	1.72	2.15	2.02	1.64	0.663	0.6627
تجزیه‌پذیری مؤثر (درصد در ساعت) Effective degradability (%/h)									
2	54.71 ^a	50.01 ^{bc}	54.51 ^a	45.69 ^c	47.09 ^{bc}	47.47 ^{bc}	51.46 ^{ab}	1.697	0.0007
5	53.78 ^a	49.19 ^b	53.67 ^a	44.87 ^c	46.43 ^{bc}	46.74 ^{bc}	50.52 ^{ab}	1.642	0.0004
8	52.88 ^a	48.39 ^b	52.86 ^a	44.07 ^c	45.78 ^{bc}	46.04 ^{bc}	49.60 ^{ab}	1.592	0.0002

^۱حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ($P < 0.05$) است.

¹The means within the same row with different letters indicate the significant difference ($P < 0.05$).

تجزیه بیش‌تر پروتئین خام خوراک موجود در شکمبه می‌شود (Gabriel *et al.*, 2008). کاهش دیواره سلولی در طی فرآوری سبب دسترسی بیش‌تر ریزجانداران به پروتئین می‌شود (Nazem *et al.*, 2008). تجزیه‌پذیری ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی به غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه و همچنین به قابلیت تخمیر جیره و ساختارهای فیزیکی و شیمیایی جیره وابسته است (Boucher *et al.*, 2007). تأمین با ثبات‌تر و آهسته‌تر نیتروژن آمونیاکی در شکمبه می‌تواند به نفع باکتری هضم‌کننده الیاف باشد. نیتروژن آمونیاکی نقش مهمی در تغذیه و رشد باکتری‌های هضم‌کننده الیاف که فرآیندی نسبتاً آهسته است، بازی می‌کند.

تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام در سرعت‌های عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌دار شد. به طوری که تیمارهای ۱ به ترتیب ۵۴/۷۴، ۵۴/۰۱ و ۵۳/۳۱ درصد بیشترین و تیمار ۴ به ترتیب ۴۶/۴۲، ۴۵/۹۱ و ۴۵/۴۱ درصد کمترین بودند.

فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام تیمارهای آزمایشی در جدول ۴ نشان داده شده است. مقایسه میانگین‌ها حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود ($P < 0.05$). فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث تفاوت معنی‌دار بخش سریع تجزیه پروتئین خام تیمارهای آزمایشی شد. به طوری که تیمار ۷ (۳۰/۱۹ درصد) بیشترین و تیمار ۳ (۲۴/۱۲ درصد) کمترین بود. فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث تفاوت معنی‌دار بخش کند تجزیه پروتئین خام تیمارهای آزمایشی شد. به طوری که تیمار ۳ (۵۷/۶۸ درصد) بیشترین و تیمار ۴ (۴۶/۷۷ درصد) کمترین بود. اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی بخش قابل تجزیه پروتئین خام تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد. به طوری که تیمار ۳ (۸۱/۸۰ درصد) بیشترین و تیمار ۲ (۷۶/۱۸ درصد) کمترین بود. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در ثابت نرخ تجزیه پروتئین خام نبود. افزایش مقدار مواد محلول سبب تأمین انرژی اولیه بیش‌تری برای ریزجانداران شکمبه شده و از این راه سبب

جدول ۴- تأثیر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام (درصد)^۱

Table 4- The effect of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on degradability of crude protein (%)¹

موارد Item	اوره (۱ درصد) Urea (1 %)				کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)			خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted		
بخش سریع تجزیه (درصد) Rapidly degraded fraction (%)	25.54 ^{dc}	27.27 ^{bc}	23.92 ^d	29.44 ^a	28.73 ^{ab}	26.53 ^c	30.19 ^a	1.086	<0.000 1
بخش کند تجزیه (درصد) Slowly degraded fraction (%)	55.23 ^a	48.91 ^b	52.36 ^{ab}	46.77 ^b	50.67 ^b	49.64 ^b	48.37 ^b	1.627	0.0045
بخش قابل تجزیه (درصد) Potential of degradability (%)	80.77	76.18	76.28	76.21	79.40	76.18	78.57	1.662	0.1259
ثابت نرخ تجزیه (درصد در ساعت) Constant rate of degradation (h ⁻¹)	2.25	2.58	2.72	2.79	2.76	2.94	2.81	0.655	0.4072
تجزیه‌پذیری مؤثر (درصد در ساعت) Effective degradability (%/h)									
2	54.74 ^a	48.53 ^{bc}	51.97 ^{ab}	46.42 ^c	50.30 ^{bc}	49.31 ^{bc}	48.03 ^{bc}	1.619	0.0048
5	54.01 ^a	47.97 ^{bc}	51.40 ^{ab}	45.91 ^c	49.76 ^{bc}	48.80 ^{bc}	47.51 ^{bc}	1.609	0.0054
8	53.31 ^a	47.43 ^{bc}	50.85 ^{ab}	45.41 ^c	49.23 ^{bc}	48.31 ^{bc}	47.02 ^{bc}	1.599	0.0061

^۱حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ($P < 0.05$) است.

¹The means within the same row with different letters indicate the significant difference ($P < 0.05$).

باعث اختلاف معنی‌دار الیاف نامحلول در شوینده خنثی بین تیمارهای آزمایشی شد. به طوری که تیمار ۷ (۶۵/۹۷ درصد) بیشترین و تیمار ۵ (۶۰/۸۸ درصد) کمترین بود. بین ثابت نرخ تجزیه تیمارهای آزمایشی الیاف نامحلول در شوینده خنثی اختلاف معنی‌دار شد. نرخ تجزیه بستگی به زمان لازم برای اتصال میکروب‌ها به دیواره و ماهیت دیواره سلولی دارد بنابراین، اندازه تجزیه شدن را می‌توان با قرار دادن طولانی مدت مواد خوراکی در شکمبه بهبود بخشید. تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در سرعت‌های عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت بین شاهد با تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌دار شد. به طوری که شاهد بیشترین و تیمارهای آزمایشی کمترین بودند.

فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر الیاف نامحلول در شوینده خنثی تیمارهای آزمایشی در جدول ۵ نشان داده شده است. مقایسه میانگین‌ها حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود ($P < 0.05$). فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث افزایش بخش سریع تجزیه الیاف نامحلول در شوینده خنثی تیمارهای آزمایشی با شاهد شد. به طوری که تیمار ۷ (۲۳/۹۱ درصد) بیشترین و شاهد (۱۹/۹۲ درصد) کمترین بود. فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث کاهش بخش کند تجزیه الیاف نامحلول در شوینده خنثی تیمارهای آزمایشی با شاهد شد. به طوری که تیمار ۵ (۳۹/۱۴ درصد) کمترین و شاهد (۴۵/۱۳ درصد) بیشترین بود. فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی

جدول ۵- تأثیر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)^۱

Table 5- The effect of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on degradability of NDF (%)¹

موارد Item	اوره (۱ درصد) Urea (1 %)			کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)			خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value	
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled			پلت شده Pelleted
بخش سریع تجزیه (درصد) Rapidly degraded fraction (%)	19.92 ^d	22.16 ^{abc}	20.54 ^{dc}	22.98 ^{ab}	21.73 ^{bcd}	22.80 ^{ab}	23.91 ^a	1.085	0.0012
بخش کند تجزیه (درصد) Slowly degraded fraction (%)	45.13 ^a	40.64 ^b	42.61 ^{ab}	42.17 ^{ab}	39.14 ^b	41.16 ^b	42.06 ^{ab}	1.547	0.0627
بخش قابل تجزیه (درصد) Potential of degradability (%)	65.05 ^{ab}	62.81 ^{ab}	63.15 ^{ab}	65.15 ^{ab}	60.88 ^b	63.96 ^{ab}	65.97 ^a	1.741	0.2972
ثابت نرخ تجزیه (درصد در ساعت) Constant rate of degradation (h ⁻¹)	2.05 ^c	3.25 ^b	2.81 ^{bc}	2.72 ^{bc}	4.53 ^a	2.81 ^{bc}	2.73 ^{bc}	0.836	0.0032
تجزیه‌پذیری مؤثر (درصد در ساعت) Effective degradability (%/h)									
2	44.66 ^a	40.38 ^b	42.29 ^{ab}	41.83 ^{ab}	38.97 ^b	40.85 ^b	41.74 ^{ab}	1.517	0.0659
5	43.98 ^a	39.99 ^b	41.82 ^{ab}	41.34 ^{ab}	38.71 ^b	40.39 ^b	40.39 ^{ab}	1.473	0.0716
8	43.33 ^a	39.61 ^b	41.36 ^{ab}	40.86 ^{ab}	38.46 ^b	39.94 ^b	40.80 ^{ab}	1.430	0.0787

^۱حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال (P < 0.05) است.

¹The means within the same row with different letters indicate the significant difference (P < 0.05).

در تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین گاز تولیدی مربوط به تیمار ۲ (۳۵/۵۰ میلی‌لیتر) و کمترین تولید گاز مربوط به تیمار ۶ (۳۱/۷۷ میلی‌لیتر) اختصاص داشت. وقتی از روش تولید گاز برای تعیین ویژگی‌های هضمی مواد خوراکی استفاده می‌شود، فرض بر این است که گاز تولیدی تحت تأثیر هیچ عامل دیگری جز ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی خوراک قرار نمی‌گیرد، اما تغییر در فعالیت میکروبی مایع شکمبه ممکن است بر نرخ تخمیر اثر

داده‌های مربوط به تولید گاز فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی در جدول ۶ آورده شده است. نتایج نشان داد، بین تیمارهای آزمایشی از نظر فراسنجه‌های تولید گاز اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P < 0.05$). نرخ تولید گاز در تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین نرخ تولید گاز مربوط به تیمار ۳ (۳۴/۳۰ میلی‌لیتر) و کمترین نرخ تولید گاز مربوط به تیمار ۶ (۳۴/۳۲ میلی‌لیتر) اختصاص داشت. همچنین مقدار گاز تولیدی در ۹۶ ساعت

مقدار ناپدید شدن اجزای خوراک مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش تولید گاز نیز به‌عنوان روشی رایج در تعیین ارزش تغذیه‌ای مواد خوراکی مورد پذیرش قرار گرفته است. با این وجود، هر کدام از این روش‌ها محدودیت‌های خاص خود را دارند. صحت روش کیسه‌های نایلونی بالاتر از روش تولید گاز است و معیار مناسب‌تری برای تعیین ویژگی‌های مصرف خوراک و قابلیت هضم فراهم می‌کند، اما به‌دلیل شکمبه حیوانات مورد استفاده نتایج مربوط به کیسه‌های نایلونی می‌تواند تغییرات زیادی داشته باشد (Valentin et al., 1999).

مقادیر متابولیت‌های شکمبه در جدول ۷ نشان داده شده است. مقدار pH شکمبه در تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین pH مربوط به تیمار ۷ (۶/۳۰) و کمترین pH مربوط به تیمار ۱ (۶/۱۰) اختصاص داشت. شکستن و آسیاب کردن غلات، دسترسی میکروب‌های شکمبه به منابع مغذی خوراک آسیاب شده را افزایش خواهد داد و بر همین اساس میکروب‌ها با سرعت بیشتری مواد مغذی را هضم نموده و در نهایت، قابلیت کاهش pH مایع شکمبه وجود خواهد داشت (Callison et al., 2001). رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2018) در سطوح صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ کود مرغی را در جیره بره‌ها استفاده کردند، نتایج نشان داد که میانگین pH شکمبه برای تیمارها به‌ترتیب ۶، ۶/۷۵، ۶/۴ و ۶/۶ بود و بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. مقایسه بین pH به‌دست آمده بین تیمارها نشان می‌دهد، افزودن منابع نیتروژن غیرپروتئینی سبب افزایش pH شکمبه در تیمارها شده است.

نیتروژن آمونیاکی در تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین نیتروژن آمونیاکی مربوط به تیمار ۵ (۱۱/۴۵ میلی‌گرم در دسی لیتر) و کمترین نیتروژن آمونیاکی مربوط به تیمار ۳ (۱۰/۳۸ میلی‌گرم در دسی لیتر) اختصاص داشت. تفاوت بین غلظت‌های نیتروژن آمونیاکی در جیره‌های محتوای اوره کمتر از جیره‌های دارای کنجاله سویا و کود مرغی بود. این مطلب ممکن است به سرعت آزادسازی کندتر نیتروژن از کنجاله سویا (و کود مرغی) نسبت به اوره مربوط باشد. قابلیت هضم مواد مغذی بیشتر تحت تأثیر منبع پروتئین قرار داشته و میزان نیتروژن آمونیاکی تأثیر چندانی بر آن‌ها نخواهد داشت، به‌طوری‌که مقادیر قابلیت هضم در جیره‌های محتوی کنجاله سویا و کود مرغی بیشترین مقدار بود. علاوه‌براین استفاده از کنجاله سویا در مقایسه با اوره در تغذیه گوسفند قابلیت هضم ایالی نامحلول در شوینده خنثی را بهبود می‌بخشد که به نظر می‌رسد استفاده از منبع پروتئین حقیقی در مقایسه با منبع نیتروژن غیرپروتئینی در جیره گوسفند علاوه‌بر بهبود قابلیت هضم ایالی نامحلول در شوینده خنثی، شرایط شکمبه را از نظر روند تولید و غلظت نیتروژن آمونیاکی مناسب تر خواهد نمود (Afshar et al., 2015). همچنین نتایج بیان می‌کند که فرآوری دانه جو غلظت نیتروژن آمونیاکی جیره‌ها را تحت تأثیر قرار نداده است.

بگذارد (Menke and Steingass, 1988). تولید گاز حاصل از پروتئین در مقایسه با کربوهیدرات‌ها نسبتاً اندک است. هم‌چنین سهم چربی نیز در تولید گاز قابل‌نظر است (Wolin, 1960). همبستگی بالایی بین پروتئین خام نمونه‌ها و سرعت تولید گاز وجود دارد (Larbi et al., 1998). هم‌چنین بالا بودن مقدار لیگنین مانع از عمل آنزیم‌ها بر محتویات داخل سلول گیاهی می‌شود (Church, 1988 Wilson et al., 1991). مواد خوراکی باید حداقل حاوی ۱۰ درصد پروتئین خام باشند تا فعالیت میکروبی در شکمبه مطلوب باشد. بنابراین، مواد خوراکی با کم‌تر از ۱۰ درصد پروتئین خام سبب کاهش فعالیت میکروبی در شکمبه و در نتیجه، سبب کاهش تولید گاز می‌شوند (Norton, 1994). از جمله عوامل تأثیرگذار در نتایج تولید گاز می‌توان زمان برداشت، میزان کربوهیدرات‌های محلول و غیر محلول در آب، میزان ایالی نامحلول در شوینده خنثی، منشأ مایع میکروبی، گونه دامی دهنده مایع شکمبه، زمان جمع‌آوری مایع شکمبه و جیره غذایی دام دهنده مایع شکمبه را نام برد.

مقدار قابلیت هضم ماده آلی بین تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین و کمترین قابلیت هضم ماده آلی به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۷ (۴۰/۹۷ درصد) و ۶ (۳۸/۱۹ درصد) بود. قابلیت هضم ماده آلی قسمتی از ماده آلی خوراک است که در دستگاه گوارش هضم می‌شود (Razm-Azar et al., 2012). درصد ماده آلی قابل هضم در ماده خشک نیز به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک پس از فرآوری افزایش یافت (Nazem et al., 2008). بین مقادیر دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز با قابلیت هضم یک ماده خوراکی رابطه معکوس وجود دارد. هر چقدر این ترکیبات در ماده خوراکی کاهش یابد، قابلیت هضم آن ماده خوراکی افزایش خواهد یافت (Dadvar et al., 2011). مقدار انرژی قابل متابولیسم بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین و کمترین انرژی قابل متابولیسم مربوط به تیمارهای ۷ (۵/۹۴ مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک) و ۶ (۵/۵۲ مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک) بود. مقدار غلظت اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بیشترین و کمترین مقدار غلظت اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر مربوط به تیمارهای ۷ (۰/۴۷ میلی‌مول) و ۶ (۰/۴۰ میلی‌مول) بود. نتایج به‌دست آمده از تولید گاز، انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی پیشنهاد می‌کند که همبستگی مثبتی بین تولید گاز و انرژی قابل متابولیسم و هم‌چنین بین تولید گاز و قابلیت هضم ماده آلی وجود دارد. تفاوت بین آزمایش‌های مختلف (درون‌تنی و برون‌تنی) می‌تواند به‌عواملی از قبیل روش کار، مواد و نوع حیوانات، تکرارها و مدل ریاضی مورد استفاده مربوط باشد. روش تولید گاز و روش کیسه‌های نایلونی از مهم‌ترین روش‌های تعیین نرخ و مقدار هضم ماده خشک هستند. روش کیسه‌های نایلونی سال‌های زیادی است که در برآورد نرخ و

جدول ۶- تأثیر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی بر فراسنجه‌های تولید گاز (میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی‌گرم در ماده خشک)^۱

Table 6- The effect of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on gas production parameters (ml/200 mg DM)¹

موارد Item	اوره (۱ درصد) Urea (1 %)			کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)			خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value	
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled			پلت شده Pelleted
پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر) Gas production potential (ml)	34.98 ^b	38.07 ^a	38.30 ^a	37.87 ^a	35.54 ^b	34.32 ^b	35.43 ^b	1.128	0.0056
نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر/ساعت) Gas production rate (ml h ⁻¹)	0.043 ^{ab}	0.033 ^c	0.040 ^{abc}	0.038 ^{bc}	0.037 ^{bc}	0.036 ^{bc}	0.047 ^a	0.063	0.0154
گاز تولیدی در ۹۶ ساعت (میلی‌لیتر) Gas production in 96 hours (ml)	32.33 ^c	35.50 ^a	33.67 ^{abc}	34.90 ^{ab}	33.20 ^{bc}	31.77 ^c	33.07 ^{bc}	1.049	0.0107
قابلیت هضم ماده آلی (درصد ماده خشک) Organic matter digestibility (%DM)	40.05 ^{ab}	39.54 ^{abc}	39.18 ^{bc}	40.21 ^{ab}	39.44 ^{abc}	38.19 ^c	40.97 ^a	0.932	0.0389
انرژی قابل متابولیسم (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک) Metabolizable energy (MJ/kg DM)	5.82 ^a	5.75 ^{ab}	5.69 ^{ab}	5.84 ^a	5.71 ^{ab}	5.52 ^b	5.94 ^a	0.365	0.0381
اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول) Short chain fatty acids (mmol)	0.45 ^a	0.44 ^a	0.43 ^{ab}	0.46 ^a	0.43 ^{ab}	0.40 ^b	0.47 ^a	0.146	0.0370

^۱حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال (P < 0.05) است.

^۱The means within the same row with different letters indicate the significant difference (P < 0.05).

جدول ۷- تأثیر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی بر پارامترهای مایع شکمبه^۱

Table 7- The effect of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on rumen parameters¹

موارد ^۱ Item ¹	اوره (۱ درصد) Urea (1 %)			کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)			خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P- Value	
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled			پلت شده Pelleted
اسیدیته pH	6.10 ^d	6.17 ^{bcd}	6.23 ^{abc}	6.16 ^{dc}	6.24 ^{abc}	6.26 ^{ab}	6.30 ^a	0.234	0.0018
نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) Ammonia nitrogen (mg dl ⁻¹)	11.31 ^a	10.85 ^b	10.38 ^c	10.49 ^{bc}	11.45 ^a	11.28 ^a	11.29 ^a	0.509	<0.000 1

^۱حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال (P < 0.05) است.

^۱The means within the same row with different letters indicate the significant difference (P < 0.05).

به‌طور معنی‌داری بالاتر از گاوهایی بود که جلو پلت شده مصرف کردند (Alijoo et al., 2011). کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین و نشاسته در شکمبه بدون اثر منفی بر قابلیت هضم بعد از شکمبه بر اثر آمونیاکی کردن جو مشاهده شده است (Campling, 1991). به عبارت دیگر، فرآوری دانه جو ممکن است از طریق افزایش سطح تماس ذرات نشاسته باعث افزایش تخمیر نشاسته در شکمبه گردد. لذا انتظار می‌رود که در چنین شرایطی باکتری‌های آمیلولایتیک (تجزیه‌کننده نشاسته) به‌عنوان جمعیت غالب میکروبی شکمبه باشند. با افزایش رشد باکتری‌ها که مهم‌ترین باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک در شکمبه افزایش یافته و از آنجا که قدرت اسیدیته اسید لاکتیک در مقایسه با سایر اسیدهای چرب فرار بالاتر است، لذا pH شکمبه ممکن است از حد نرمال آن کمتر شود. با افت pH شکمبه، شرایط برای فعالیت‌های سلولیتیک سخت شده و متعاقب آن هضم فیبر در شکمبه کاهش می‌یابد (Khalesizadeh et al., 2011). ارجاعی و همکاران (Erjaei et al., 2018) گزارش کردند که غلظت اسید لینولئیک مزدوج شیر و سنتز پروتئین میکروبی تحت تأثیر فرآوری دانه جو، منابع چربی جیره و اثر متقابل بین آن‌ها قرار نگرفته است. جریان نیتروژن میکروبی به دوازدهم در گوساله‌های پرواری که جو غلتک زده درشت مصرف کرده‌اند، تقریباً یک سوم کمتر از گوساله‌های پرواری بود که جو بیشتر غلتک زده تغذیه کرده‌اند (Beauchemin et al., 2011). انرژی فاکتور محدودکننده برای تولید پروتئین میکروبی در شکمبه است و گزارش شده است که فرآیند کردن دانه غلات (غلطک زدن خشک و پلت کردن) از طریق افزایش بازده استفاده از نشاسته در شکمبه و افزایش انرژی قابل دسترس برای رشد میکروب‌های شکمبه، سبب افزایش سنتز پروتئین میکروبی می‌گردد (Kiran and Mutsvangwa, 2007; Davies et al., 2013).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان دادند، روش‌های فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، تولید گاز، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و تولید پروتئین میکروبی با گروه شاهد داشت. به‌طور کلی، استفاده از اوره (۱ درصد) و کود مرعی (۱۲ درصد) با روش‌های مختلف فرآوری دانه جو بدون اثرات منفی بر تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، فراسنجه‌های مایع شکمبه و تولید گاز از نظر تولید پروتئین میکروبی می‌تواند مفید باشد.

نتایج مربوط به اندازه‌گیری میزان دفع مشتقات پورینی و میزان سنتز پروتئین میکروبی سنتز شده در جدول ۸ نشان داده شده است. با توجه به این جدول، میزان دفع هر یک از مشتقات پورینی (آلانتوئین، اسید اوریک، گزانتین + هیپوگزانتین) و کل دفع مشتقات پورینی ادرار و میزان پروتئین میکروبی سنتز شده در شکمبه تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار گرفت و اختلاف مشاهده شده معنی‌دار بود ($P < 0.05$). کیم و همکاران (Kim et al., 2000) دریافتند که تغذیه جیره حاوی سیلاژ ذرت با کود مرعی در مقایسه با جیره‌ای که فقط از سیلاژ ذرت تأمین شده بود، دفع کل مشتقات پورینی و به دنبال آن سنتز پروتئین میکروبی در گوسفند را افزایش داد. در آزمایشی که توسط پاتک و همکاران (Pathak, 2008) انجام شد مشخص گردید که جیره‌های حاوی مقادیر زیاد اوره، عناصر فسفر و گوگرد به‌عنوان عوامل محدودکننده در بیوسنتز میکروبی عمل می‌کنند. پروتئین میکروبی در تأمین نیاز نیتروژن نشخوارکنندگان نقش مهمی دارد و اکثر اسیدهای آمینه مورد نیاز برای رشد، نگهداری و تولید حیوان میزبان را فراهم می‌کند (Vaithyanathan et al., 2006).

پاپی و همکاران (Papi et al., 2013) گزارش کردند که مصرف روزانه ماده خشک در جیره‌های حاوی کود مرعی افزایش معنی‌داری را نشان داده است. مکمل کردن جیره بر پایه علوفه با کود مرعی به میزان ۱۶۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک، اثر مطلوبی بر میزان خوراک مصرفی و متابولیسم نیتروژن در گوسفند داشت. در تغذیه نشخوارکنندگان، به‌دلیل شرایط اختصاصی شکمبه، امکان تأمین بخشی از پروتئین مورد نیاز در جیره غذایی از مواد نیتروژنه غیر پروتئینی، مانند اوره و استفاده همزمان از مواد انرژی‌زا با تخمیر سریع وجود دارد (Swan et al., 2006). عامل مهم تأثیرگذار بر مقدار مصرف اوره در جیره غذایی نشخوارکنندگان، قابلیت و سرعت تخمیر جیره می‌باشد. استفاده از خوراک‌های با انرژی قابل دسترس سریع، بدون مکمل نیتروژن غیر پروتئینی، بازده چندان نا داشته و ممکن است اثر نامساعدی روی سلامتی حیوان داشته باشد (Kowalczyk, 1997).

علی‌جو و همکاران (Alijoo et al., 2011) گزارش کردند که مصرف نیتروژن تحت تأثیر روش فرآوری دانه جو قرار گرفت و در گاوهایی که با جو آسیاب شده تغذیه شده بودند، بیشتر از گاوهایی بود که جو پلت شده مصرف کرده بودند. نیتروژن ابقا شده تحت تأثیر اهمال تیمارها قرار نگرفت، ولی فرآوری دانه جو دفع نیتروژن مدفوع را تحت تأثیر قرار داد و در گاوهایی که جو آسیاب شده مصرف کردند،

جدول ۸- تأثیر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی بر مشتقات پورینی و سنتز پروتئین میکروبی^۱

Table 8- The effect of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on purine derivatives and microbial protein synthesis¹

موارد Item	اوره (۱ درصد) Urea (1 %)			کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)			خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value	
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled			پلت شده Pelleted
آلانتوئین (میلی مول در روز) Allantoin (mmol day ⁻¹)	7.32 ^a	7.47 ^a	7.54 ^a	7.45 ^a	6.86 ^b	6.69 ^b	6.67 ^b	0.391	<0.0001
اسید اوریک (میلی مول در روز) Uric acid (mmol day ⁻¹)	0.66 ^d	0.76 ^b	0.67 ^d	0.83 ^a	0.65 ^d	0.67 ^d	0.73 ^c	0.115	<0.0001
گزانتین+هیپوگزانتین (میلی مول در روز) Xan and hypoxanth (mmol day ⁻¹)	1.25 ^a	1.11 ^b	1.23 ^{ab}	1.25 ^a	1.19 ^{abc}	1.13 ^{bc}	1.14 ^{bc}	0.227	0.0203
کل مشتقات پورینی دفعی (میلی مول در روز) Urine derivatives excreted (mmol day ⁻¹)	9.23 ^a	9.33 ^a	9.46 ^a	9.50 ^a	8.70 ^b	8.53 ^b	8.56 ^b	0.404	<0.0001
نیتروژن میکروبی (گرم در روز) Microbial N supply (g d ⁻¹)	7.46 ^a	7.63 ^a	7.66 ^a	7.70 ^a	7.03 ^b	6.86 ^b	6.90 ^b	0.366	<0.0001
پروتئین میکروبی (گرم در روز) Microbial protein supply (g d ⁻¹)	46.67 ^a	47.43 ^a	47.86 ^a	48.13 ^a	43.90 ^b	42.90 ^b	43.13 ^b	0.929	<0.0001

^۱حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال (P<۰/۰۵) است.

¹The means within the same row with different letters indicate the significant difference (P < 0.05).

References

1. Alijoo, Y. A., Valizadeh, R., Nasserian, A. A., Danesh Mesgaran, M., & Tahmasbi, A. (2011). Effect of barley grain processing and source of supplemental dietary fat on performance and fermentation characteristics of ruminants. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 3(3), 266-273. (In Persian). DOI: [10.22067/ijasr.v3i3.11301](https://doi.org/10.22067/ijasr.v3i3.11301)
2. Afshar, S., Kazemi-Bonchenari, M., & Ferdowsi, H. R. (2015). Effect of feeding whole or cracked barley grain accompanied by soybean meal or urea on nutrients digestibility and parameters of rumen in Mehraban sheep. *Research on Animal Production*, 6(11), 102-107. (In Persian). <http://rap.sanru.ac.ir/article-1-501-fa.html>
3. AOAC. (1990). Official Methods of Analysis 15th ed. AOAC, Arlington, VA.
4. Boucher, S., Ordway, R., Whitehouse, N., Lundy, F., Kononoff, P. J., & Schwab, C. (2007). Effect of incremental urea supplementation of a conventional corn silage-based diet on ruminal ammonia concentration and synthesis of microbial protein. *Journal of Dairy Science*, 90(12), 5619-5633. DOI: [10.3168/jds.2007-0012](https://doi.org/10.3168/jds.2007-0012)
5. Beauchemin, K. A., Yang, W. Z., & Rode, I. M. (2011). Effects of barley grain processing on the site and extent of digestion of beef feedlot finishing diets. *Journal of Dairy Science*, 79, 1925-1936. DOI: [10.2527/2001.7971925x](https://doi.org/10.2527/2001.7971925x)
6. Beizaei, R., Sari, M., Boojarpour, M., Chaji, M., & Eslami, M. 2013. Effect of starch replacement with soluble fiber on feed digestibility and carcass characteristics of lambs fed high concentrate diet and gas production of low quality forage sources. *Journal of Ruminant Research*, 1(4), 47-64. (In Persian) DOI: [20.1001.1.23454253.1392.1.4.4](https://doi.org/10.23454253.1392.1.4.4).
7. Callison, S. L., Firkins, J. L., Eastridge, M. L., & Hull, B. L. (2001). Site of nutrient digestion by dairy cows fed corn of different particle sizes or steam-rolled. *Journal of Dairy Science*, 84, 1458-1467. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70179-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70179-8)
8. Campling, R. C. (1991). Processing cereal grain for cattle- A review. *Livestock Production Science*, 28, 223-234. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(91\)90144-F](https://doi.org/10.1016/0301-6226(91)90144-F)
9. Chizzotti, F., Pereira, H., Tedeschi, O. G., Valadares Filho, S. C., Chizzotti, M. L., Leao, M. I., & Pereira, D. H. (2008). Effects of dietary nonprotein nitrogen on performance, digestibility, ruminal characteristics, and microbial efficiency in crossbred steers. *Journal of Dairy Science*, 86:1173-1181. DOI: [10.2527/jas.2006-654](https://doi.org/10.2527/jas.2006-654)

10. Church, D. C. (1988). The Ruminant animal: Digestive physiology and nutrition. *Waveland Press*, 564 p.
11. Davies, K. L., McKinnon, J. J., & Mutsvangwa, T. (2013). Effects of dietary ruminally degradable starch and ruminally degradable protein levels on urea recycling, microbial protein production, nitrogen balance, and duodenal nutrient flow in beef heifers fed low crude protein diets. *Canadian Journal of Animal Science*, 93: 123-136. <https://doi.org/10.4141/cjas2012-062>
12. Dadvar, P., Diani, O., & Mohammad Abadi, M. R. (2011). Determining the nutritional value of citrus pulp (lemon and orange) treated with yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Animal Science Research*, 21 (2): 106-116. (In Persian).
13. Elemam, M. B., Fadeleseed, A. M., & Salih, A. M. (2009). Growth performance, digestibility, N-balance and rumen fermentation of lambs fed different levels of deep-stack broiler litter. *Research Journal of Animal and Veterinary Science*, 4: 9-16.
14. Fayed, M. Afaf. (2011). Comparative study and feed evaluation of sprouted barley grains on rice straw versus tamarix mannifera on performance of growing Barki Lambs in Sinai. *Journal of American Science*. 7: 954-961.
15. Fazaeli, H., Zahedifar, M., Mahdavi, A., Amini, F., & Maghsoudinegad, G. (2013b). Achieving appropriate technology of poultry litter processing as animal feed supplement. Research Report, *Animal Science Research Institute, Iran*. (In Persian).
16. Gabriel, I., Lessire, M., Juin, H., Burstin, J., Duc, G., Quillien, J., Thibault, M., Leconte, M., Hallouis, J., Ganier, P., Meziere, N., & Seve, B. (2008). Variation in seed protein digestion of different pea (*Pisum sativum* L.) genotypes by cecectomized broiler chickens: 1. Endogenous amino acid losses, true digestibility and in vitro hydrolysis of proteins. *Livestock Science*, 113, 251-261. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.04.002>
17. Erjaei, K., Taghizadeh, A., Ganjkanlou, M., Hosseinkhani, A., & Mohammadzadeh, H. (2018). Effects of lactic acid-treated barley and dietary fat source on performance, milk fatty acid profiles, and microbial protein synthesis in lactating Holstein cows. *Journal of Ruminant Research*, 7 (1), 59-76. DOI:10.22069/ejrr.2019.15710.1655
18. Hale, W. H. 1980. Digestion Physiology and Nutrition of Ruminants. O & B. Book, Inc., Corvallis, OR, 3, 19-35.
19. Jordaan, J. D. (2004). The influence of bedding material and collecting period on the feeding value of broiler and layer litter. M. Sc. Dissertation, Free State University. South Africa.
20. Khalid, M. F., Sarwar, M., Rehman, A. U., Shahzad, M. A., & Mukhtar, N. (2012). Effect of Dietary Protein Sources on Lamb's Performance: A Review. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 2, 111-120.
21. Khalesizadeh A., Vakili, A. R., Danesh Mesgaran, M., & Valizadeh, R. (2011). The effects of garlic oil (*Allium sativa*), turmeric powder (*Curcuma iongalinn*) and monensin on total apparent digestibility of nutrients in Baloochi lambs. *International Journal of Biological, Bimolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 5(11), 791-793.
22. Koenig, K. M., Beauchemin, K. A., & Rode, L. M. (2003). Effect of grain processing and silage on microbial protein synthesis and nutrient digestibility in beef cattle fed barley-based diets. *Journal of Animal Science*, 81, 1057-1067. DOI: 10.2527/2003.8141057x
23. Kiran, D., & Mutsvangwa, T. (2007). Effects of barley grain processing and dietary ruminally degradable protein on urea nitrogen recycling and nitrogen metabolism in growing lambs. *Journal of Animal Science*, 85, 3391-3399. DOI: 10.2527/jas.2007-0081
24. Kyriazakis, I., & Oldham, J. D. (1997). Food intake and diet selection in sheep: The effect of manipulating the rate of digestion of carbohydrates and protein of the feeds offered as a choice. *British Journal of Nutrition*, 77, 243-254. DOI: 10.1079/bjn19970027
25. Kowalczyk, J. (1977). Maximizing NPN use in feeding systems based on agro-industrial by-products. Chapter 12. F. A. O, ROME. ISBN. 92-5-000431-1.
26. Kim, S. C., Kim, J. H., Kim, C. H., Lee, J. C., & Ko, Y. D. (2000). Effects of whole crop corn ensiled with cage layer manure on nutritional quality and microbial protein synthesis in sheep. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 13, 1548-1553. <https://doi.org/10.5713/ajas.2000.1548>
27. Larbi, A., Smith, J. W., Kurdi, I. O., Adekunle, I. O., Raji, A. M., & Ladipo, D. O. (1998). Chemical composition, rumen degradation, and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in the humid tropics. *Animal Feed Science and Technology*, 72(1-2), 81-96. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00170-3](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00170-3)
28. López-Soto, M. A., Barreras, A., & Calderón-Cortés, J. (2014). Effects of forage level in broiler litter-based diets on feed intake, digestibility and particulate passage rate in Holstein steers at different live weights. *Animal Feed Science and Technology*, 62, 163-177. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(96\)00967-4](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(96)00967-4)
29. Menke, K. H., & Steingass, H. (1998). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28(1), 7-55.
30. Matison, G. W. (1996). Effects of processing on the utilization of grain by cattle. *Animal Feed Science and Technology*. 58, 113-125.
31. Mirmohammadi, D., Rouzbehan, Y., & Fazaeli, H. (2015). The effect of the inclusion of recycled poultry bedding and the physical form of diet on the performance, ruminal fermentation, and plasma metabolites of fattening

- lambs. *Journal of Animal Science*, 93, 3843-3853. DOI: [10.2527/jas.2014-8789](https://doi.org/10.2527/jas.2014-8789)
32. McAllister, T. A., & Chen, K. J. (1992). Effect of Formaldehyde treated barley or escape protein on nutrient digestibility growth and carcass traits of feedlot lambs. *Journal of Animal Science*, 72, 309-316. DOI:[10.4141/cjas92-039](https://doi.org/10.4141/cjas92-039)
 33. Nazem, K., Rozbehan, Y., & Shodjaosadati, S. (2008). The Nutritive Value of Citrus Pulp (Lemon and Orange) Treated with *Neurospora sitophila*. *Journal of Water and Soil Science*, 12 (43), 495-505. (In Persian). DOI:[20.1001.1.22518517.1387.12.43.42.0](https://doi.org/10.2201/1.22518517.1387.12.43.42.0)
 34. Negesse, T., Patra, A. K., Dawson, L. J., Tolera, A., Merkel, R. C., Sahl, T., & Goetsch, A. L. (2007). Performance of Spanish and Boer Spanish doelings consuming diets with different levels of broiler litter. *Small Ruminant Research*, 69, 187-197. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.01.008>
 35. Najafi, S., Tabatabaei, M., Zaboli, K., Ahmadi, A., & Saki, A. A. (2017). Interaction between barley grain processing and source of dietary nitrogen on digestibility, nitrogen metabolism and microbial protein synthesis in Mehraban sheep. *Animal Production Research*, 6, 39-51. (In Persian). DOI:[10.22124/ar.2017.2189](https://doi.org/10.22124/ar.2017.2189)
 36. Norton, B. W. (1994). Nutritive value of tree legumes. *Forage tree legumes in tropical agriculture*, CAB International, Oxon, 389 pp.
 37. Ørskov, E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, 92, 499-503. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>
 38. Orskov, E. R. (1992). Protein Nutrition in Ruminants (1st Ed.). United State: Academic Press, INC, San Diego.
 39. Pathak, A. K. (2008). Various factors affecting microbial protein synthesis in the rumen. *Veterinary World*, 1(6), 186- 189.
 40. Papi, N., Fazaeli, H., & Azizi-Shotorkhoft, A. (2013). Effect of supplementing roughage diet with processed broiler litter on voluntary feed intake, microbial protein synthesis and nitrogen balance in sheep. *Pajuhesh and Sazandegi Journal*, 98, 56-63. (In Persian).
 41. Pathak, A. K. (2008). Various factors affecting microbial protein synthesis in the rumen. *Veterinary World*, 1(6), 186- 189.
 42. Parand, E., & Taghizadeh, A. (2010). Examination of digestibility of processed barley grain with different methods, using gas production technique with two sources of inocula. *Journal of Animal Science Research*, 40, 23-35. (In Persian).
 43. Pozdíšek, J., & Vaculová, K. (2008). Study of wheat (*Triticum aestivum* L.) quality for feeding ruminants using *in vitro* and *in vivo* methods. *Czech Journal of Animal Science*, 53, 253-264. DOI: [10.17221/359-CJAS](https://doi.org/10.17221/359-CJAS)
 44. Razm-Azar, V., Torbatinejad, N. M., Seifdavati, J., & Hassani, S. (2012). Evaluation of chemical characteristics, rumen fermentation and digestibility of *Vicia sativa*, *Lathyrus sativus* and *Vicia ervilia* grain by *in vitro* methods. *Journal of Animal Science Researches*, 22(2), 107-119. (In Persian).
 45. Rapetti, L., & Bava, L. (2004). Effect of grinding of maize and level of starch on digestibility and lactation performance of Saanen goats. *South African Journal of Animal Science*, 34, 85-88. <https://hdl.handle.net/10520/EJC94392>
 46. Rahimi, M. R., Alijo, Y. Y., Pirmohammadi, R., & mirzaei, A. (2018). Effects of feeding with broiler litter in pellet-form diet on qizil fattening lambs performance, nutrient digestibility, blood metabolites and husbandry economics. *Veterinary Research Forum*, 9, (3) 245-251. <https://doi.org/10.30466/vrf.2018.32081>
 47. Sadeghi, A. A., & Shawrang, P. (2008). Effects of microwave irradiation on ruminal dry matter, protein and starch degradation characteristics of barley grain. *Animal Feed Science Technology*, 141,184-194. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.034>
 48. SAS Institute In, (2001). SAS users guide statistical analyses systems institute. Cary, NC, USA
 49. Swan, C. G., Bowman, J. G. P., Martin, J. M., & Giroux, M. J. (2006). Increased puroindoline levels slow ruminal digestion of wheat (*Triticum aestivum* L.) starch by cattle. *Journal of Animal Science*, 84, 641.650. <https://doi.org/10.2527/2006.843641x>
 50. Sinclair L. A., Garnsworthy, P. C., Newbold, J. R., & Buttery, P. J. (1993). Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *Journal of Agricultural Science*, 120, 251-263. DOI: <https://doi.org/10.1017/S002185960007430X>
 51. Tothi R., Lund, P., Weisbjerg, M. R., & Hvelplund, T. (2003). Effect of expander processing on fractional rate of maize and barley starch degradation in the rumen of dairy cows estimated using rumen evaluation and *in situ* techniques. *Animal Feed Science and Technology*, 104, 71-94. DOI:[10.1016/S0377-8401\(02\)00292-4](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00292-4)
 52. Valentin, S. F., Williams, P. E. V., Forbes, J. M., & Sauvants, D. (1999). Comparison of the *in vitro* gas production technique and the nylon bag degradability technique to measure short-and long-term processes of degradation of maize silage in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 78, 81-99. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(98\)00262-4](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(98)00262-4)
 53. Vaithyanathan, S., Bhatta, R., Mishra, A. S., Prasad, R., Verma, D. L., & Singh, N. P. (2006). Effect of feeding graded levels of prosopis cineraria leaves on rumen ciliate protozoa, nitrogen balance and microbial protein

- synthesis in lambs and kids. DOI:[10.1016/J.SMALLRUMRES.2005.09.027](https://doi.org/10.1016/J.SMALLRUMRES.2005.09.027)
54. Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharide in relation to animal soybean meal on nitrogen utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*, *63*, 879-886.
55. Vanzant, E. S., Cochran, R. C., & Titgemeyer, E. C. (1998). Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. *Journal of Animal Science*, *76*, 2717-2729. DOI:10.2527/1998.76102717x
56. Wilson, J. P., Gates, R. N., & Hanna, W. W. (1991). Effect of rust on yield and digestibility of pearl millet forage. *Phytopathology*, *81*, 233-236.
57. Wolin, M. J. (1960). A theoretical rumen fermentation balance. *Journal of Dairy Science*, *43*(10), 1452-1459. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(60\)90348-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(60)90348-9)
58. Yoon, C. S., Lee, N. H., & Gung, K. K. (1986). The effect of corn or barley plus urea and soybean meal on microbial protein production in the rumen of sheep. *Korean Journal of Animal Science*, *28*, 588-596.



The Effect of Thyme (*Thymus vulgaris*) on Growth Performance, Blood Metabolites, and Meat Quality of Broilers at High Stocking Density

Mosayeb Karimi Bahrasman¹, Omidali Esmailipour^{2*}, Mozhgan Mazhari², Hossein Dumary³

Received: 24-08-2022
Revised: 22-10-2022
Accepted: 07-11-2022
Available Online: 08-10-2022

How to cite this article:

Karimi Bahrasman, M., Esmailipour, O., Mazhari, M., & Dumary, H., (2023). The Effect of Thyme (*Thymus vulgaris*) on Growth Performance, Blood Metabolites, and Meat Quality of Broilers at High Stocking Density. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(3), 351-367.
DOI: [10.22067/ijasr.2022.78413.1097](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.78413.1097)

Introduction: In the broiler breeding industry, chickens are often reared in confinement at high stocking densities, which can make them susceptible to infectious diseases. Antibiotics, growth promoters, and anti-coccidial drugs are frequently used as feed additives to elevate growth rates, combat diseases, and lower losses. However frequent use of antibiotics in broiler diets may result in a rise in the antimicrobial resistance of both human and animal bacteria. Alternatives to antibiotics as growth promoters for broilers could decrease bacterial resistance to antibiotics, while at the same time maintaining growth and improving carcass composition. In addition, the bioactive components of herbal plants have a high free radical inhibitory activity that may help the endogenous oxidative status of animals and thus may prevent oxidation in meat and lead to improved meat quality. The objective of this study was to investigate the effect of thyme (*Thymus vulgaris*) on growth performance, blood metabolites, and meat quality of broilers at high stocking density.

Materials and Methods: This experiment was conducted based on a completely randomized design with a 2×2 factorial arrangements. A total of 216 1-d-old male broilers (Ross 308) were allotted to one of four treatments with four replicates. Two different stocking densities (low stocking density (LSD): 9 birds/m² and high stocking density (HSD): 18 birds/m²) were tested with two different thyme levels: zero and 0.1%. Chickens had given ad-libitum access to water drinking and diet. At the end of the experiment (42 days old), two birds with the closest weights to the mean weight of the pen were selected, and after blood sampling slaughtered for determining meat quality. Body weight gain (BWG) and feed intake (FI) of birds were measured per pen at the end of each period. Mortality and the weight of birds that died or were culled during the experiment were recorded. Corrected feed conversion ratio was calculated based on mortality for these periods. Blood biochemical indices (glucose, cholesterol and triglyceride) were determined using a clinical biochemistry autoanalyzer using a kit from Pars Azmoun, Tehran, Iran. To determine the Water-holding capacity, 5 gr of breast sample were placed in filter paper and centrifuged at 1500×g for 4 min. Then the samples were placed in an oven at 70 °C for 24 h. Finally, the Water-holding capacity was calculated from the difference in the weight after centrifugation and the weight after drying, divided by the initial weight multiplied by 100. Collected data were subjected to ANOVA using the GLM procedure of SAS (SAS, 2005). Analysis of variance was performed using a completely randomized design with a factorial arrangement of treatments. Tukey's multiple range test

1- Graduated M.Sc. of Poultry Nutrition, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, Iran.

2- Associate Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, Iran.

*Corresponding Author's Email: omid.esmaeili1@ujiroft.ac.ir; omid.esmaeili1@gmail.com

was used to determine differences among the treatment means. Statistical significance was considered at $P < 0.05$.

Results and Discussion: The results showed that in the starter period, birds in the HSD group had the highest feed intake and weight gain compared to the LSD group ($P < 0.05$). HSD caused a significant decrease in feed intake and body weight and a significant increase in feed conversion ratio in grower, finisher, and the total periods compared to LSD ($P < 0.05$). A significant increase in glucose, heterophil concentration, and heterophil to lymphocyte ratio and a significant decrease in glutathione peroxidase and lymphocyte concentrations were observed in birds raised in HSD than LSD ($P < 0.05$). Also, HSD decreased water holding capacity and increased cooking loss and dripping loss of breast meat ($P < 0.05$). The addition of thyme powder increased feed intake and body weight and decreased feed conversion ratio in grower, finisher, and the total periods ($P < 0.05$). The treatment containing thyme decreased the concentration of glucose, heterophil, and heterophil to lymphocyte ratio and increased the concentration of glutathione peroxidase, white blood cells, and lymphocytes ($P < 0.05$). A significant increase in water holding capacity and a significant decrease in cooking loss, dripping loss, and thiobarbituric acid of breast meat were observed in the treatment containing thyme ($P < 0.05$). The positive effects of thyme on reducing the negative effects of high stocking density and improving growth performance, antioxidant status, blood immunity, and meat quality of broilers could be due to its antioxidant and antibacterial properties. The improvement in the growth performance of broiler chickens caused by thyme could be partly attributed to its positive effect on nutrient digestibility. Furthermore, this positive result could be, at least in part, due to the antioxidant and antibacterial effects of herbal products in the gut.

Conclusion: Therefore, adding 1% thyme powder can reduce the negative effects of high stocking density on growth performance, and blood metabolites, and improve the meat quality of broilers raised under high stocking density.

Keywords: Broiler, Glutathione peroxidase enzyme, Meat oxidative stability, Stocking density, Weight gain

تأثیر آویشن خشک شده بر عملکرد، متابولیت‌های خون و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی در تراکم بالای پرورش

مصیب کریمی بحرآسمان^۱، امیدعلی اسماعیلی پور^{۲*}، مژگان مظهری^۲، حسین دوماری^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۶

چکیده

تأثیر آویشن خشک شده بر عملکرد، متابولیت‌های خون و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی در تراکم بالای گله، با استفاده از ۲۱۶ قطعه جوجه گوشتی در یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۲ با چهار تیمار و چهار تکرار بررسی شد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح آویشن (صفر و یک درصد) و دو سطح تراکم (تراکم پایین: نه قطعه پرنده به‌ازای هر مترمربع و تراکم بالا: ۱۸ قطعه پرنده به‌ازای هر مترمربع) بودند. نتایج نشان داد که در دوره آغازین، پرندگان پرورش یافته تحت تراکم بالا، مصرف خوراک و افزایش وزن بدن بیشتری نسبت به تراکم پایین پرورش داشتند ($P < 0/05$). در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره، افزایش تراکم پرورش سبب کاهش مصرف خوراک و وزن بدن و افزایش ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با تراکم پایین شد ($P < 0/05$). تراکم بالای پرورش سبب افزایش غلظت گلوکز، درصد هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت، و کاهش فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز، درصد لنفوسیت و ظرفیت نگهداری آب گوشت در مقایسه با تراکم پایین شد. افزودن یک درصد آویشن سبب افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن بدن و کاهش ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره شد ($P < 0/05$). همچنین، مکمل آویشن سبب کاهش غلظت گلوکز، درصد هتروفیل، نسبت هتروفیل به لنفوسیت و تیوباربتوریک اسید گوشت و افزایش فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز، گلبول سفید، درصد لنفوسیت و ظرفیت نگهداری آب شد ($P < 0/05$). بنابراین، افزودن یک درصد پودر آویشن می‌تواند اثرات منفی تراکم بالای گله بر عملکرد و متابولیت‌های خون را کاهش دهد و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی پرورش یافته تحت تراکم بالای گله را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: افزایش وزن، آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز، پایداری اکسیداتیو گوشت، تراکم پرورش، جوجه گوشتی

مقدمه

هدف نهایی تولیدکنندگان طیور در سراسر جهان، به حداکثر رساندن کیلوگرم مرغ تولید شده در هر مترمربع فضا و جلوگیری از

تلفات تولید به‌علت ازدحام زیاد برای دستیابی به بازده اقتصادی رضایت‌بخش است (Abudabos *et al.*, 2013). در طول دهه‌های گذشته، تراکم گله در پرورش طیور به‌طور چشمگیری افزایش یافته است تا سودآوری را بهبود بخشد. افزایش تراکم گله، اثرات اقتصادی مفیدی حاصل می‌کند، مشروط به اینکه از محدوده بهینه kg/m^2 ۳۴-۴۰ با فرض میانگین وزن نهایی بدن ۲/۵ کیلوگرم، فراتر نرود (Estevez, 2007). فراتر از این دامنه، سلامتی و عملکرد جوجه‌های گوشتی را بدتر می‌کند. با این حال، تراکم بالای گله اثرات نامطلوبی بر عملکرد تولید و رفاه حیوانات در جوجه‌های گوشتی دارد (Kamel *et al.*, 2021).

تراکم بالای گله سبب استرس اکسیداتیو در جوجه‌های گوشتی می‌شود (Wu *et al.*, 2020). همچنین افزایش تراکم گله به‌طور

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد تغذیه طیور، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران.

۲- دانشیار تغذیه طیور، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران.

۳- استادیار بهداشت و کنترل کیفیت مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران.

*- نویسنده مسئول: (Email:omid.esmaeili1@ujrofr.ac.ir)

DOI: 10.22067/ijasr.2022.78413.1097

آویشن سبب تقویت سیستم ایمنی و کاهش پراکسیداسیون لیپید در جوجه‌های گوشتی شد (Pirmohammadi et al., 2016; Hassan and Awad, 2017).

با توجه به اثرات مفید آنتی‌اکسیدان‌ها در محیط‌های پر تنش پرورشی و همچنین در راستای تغییر و استفاده از مواد طبیعی به‌جای مواد مصنوعی، هدف از انجام پژوهش حاضر تأثیر استفاده از آویشن بر عملکرد رشد، متابولیتهای خون و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی در تراکم بالای پرورش بود.

مواد و روش‌ها

گیاه آویشن از مناطق کوهستانی بخش ساردوئیه واقع در شهرستان جیرفت در سال ۱۳۹۹ جمع‌آوری و در سایه خشک شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده تا زمان انجام آزمایش در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار در دمای پنج درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

جهت انجام این آزمایش از ۲۱۶ قطعه جوجه گوشتی نر یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۲ با چهار تیمار، چهار تکرار و ۱۰ قطعه پرنده به‌ازای هر تکرار در پن‌هایی با ابعاد ۱/۵×۱ متر استفاده شد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح آویشن (صفر و یک درصد) و دو سطح تراکم (تراکم پایین: نه قطعه پرنده به‌ازای هر مترمربع و تراکم بالا: ۱۸ قطعه پرنده به‌ازای هر مترمربع) بودند. در طول دوره پرورش که تا ۴۲ روزگی به طول انجامید، دسترسی پرندگان به آب و خوراک آزاد بوده و مراقبت‌های لازم بر اساس روش‌های توصیه شده سویه راس ۳۰۸ انجام گرفت. جیره‌ها با نرم‌افزار UFFDA بر اساس احتیاجات پیشنهادی راس ۳۰۸، تنظیم شدند. جیره‌های آزمایش در جدول ۱، آورده شده است. پودر آویشن به‌صورت سرک به جیره آماده اضافه شد.

جوجه‌های هر پن به‌صورت گروهی در پایان هر دوره وزن‌کشی شدند و خوراک مصرفی آن‌ها در پایان هر دوره اندازه‌گیری شد. ضریب تبدیل خوراک از تقسیم مصرف خوراک جوجه‌های هر واحد آزمایشی در دوره به میانگین افزایش وزن دوره هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد. تلفات به‌صورت روزانه وزن و ثبت شد. مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک برای تلفات تصحیح شدند.

در پایان آزمایش، دو قطعه جوجه از هر تکرار به‌طور تصادفی انتخاب و خون‌گیری از سیاهرگ زیر بال انجام گرفت. از هر قطعه جوجه دو نمونه خون گرفته شد. یک نمونه خون برای تهیه سرم با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ با دور ۳۰۰۰ g در مدت زمان سه دقیقه و از نمونه دیگر خون برای تهیه پلاسما استفاده شد.

معمول سبب افزایش رطوبت بستر، افزایش دمای سالن و افزایش سطح آمونیاک می‌شود (Ritz et al., 2009). رطوبت بیش از حد بستر به‌دلیل زمان سپری شده در تماس مستقیم با زمین ممکن است باعث ایجاد مشکلاتی نظیر افزایش بار باکتری‌ها (Wilkinson et al., 2011) و تاول‌های سینه (Kaukonen et al., 2016) یا سوختگی مفصل خرگوشی شود. نتایج حاصل از مطالعات مختلف حاکی از آن است که تراکم بالای گله در مقایسه با تراکم پایین، اثرات منفی بر عملکرد رشد و کیفیت گوشت در جوجه‌های گوشتی داشت (Nasr et al., 2021; Li et al., 2019). در یک آزمایش با چهار تراکم مختلف (۱۰، ۱۵، ۱۷ و ۲۰ قطعه پرنده در هر مترمربع) روی جوجه‌های گوشتی، نتایج نشان داد، افزایش تراکم سبب افزایش ضریب تبدیل خوراک و غلظت گلوکز خون، و کاهش وزن بدن شد (Gholami et al., 2020). همچنین در مطالعه‌ای اثرات مضر افزایش تراکم بر پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی گزارش شده است (Wu et al., 2020). بنابراین، پرنده‌گانی که تحت تراکم‌های بالای گله پرورش می‌یابند، به‌دلیل تنش‌های فیزیولوژیکی و ایمنی، بیشتر مستعد ابتلا به بیماری‌های عفونی هستند. اصلاح جیره غذایی با افزودنی‌های آنتی‌اکسیدانی خاص یکی از ارجح‌ترین و کاربردی‌ترین راه‌ها جهت کاهش تنش در صنعت پرورش طیور است.

فایتوژنیک‌ها، افزودنی‌های خوراکی گیاهی هستند که در مواد طبیعی مورد استفاده در تغذیه طیور به‌کار می‌روند. این مواد از گیاهان، ادویه‌جات و عصاره‌های آن‌ها، مثل روغن‌های اسانس، مشتق می‌شوند. آن‌ها طبیعی، با سمیت کمتر، بدون باقی‌مانده و افزودنی‌های خوراکی ایده‌آلی برای طیور در مقایسه با آنتی‌بیوتیک‌های سنتتیک هستند (Madhupriya et al., 2018). در بین گیاهان دارویی آویشن با نام علمی تیموس ولگاریس (*Thymus vulgaris*) یک گیاه علفی معطر دارویی متعلق به خانواده نعناعیان (*Lamiaceae sp.*) است که از درجه تأثیر و اهمیت زیادی برخوردار است (Toghyani et al., 2010). تیمول و کارااکرول به‌عنوان اسانس‌های طبیعی و ترکیبات فنلی، جزء مشتق شده از برخی گیاهان دارویی مانند گونه‌های آویشن و پونه کوهی هستند. این ترکیبات دارای طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیکی از جمله ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی، تعدیل‌کننده پاسخ ایمنی و خواص ضد سرطانی هستند (Gholami-Ahangaran et al., 2020). مکانیسم ضد میکروبی کارااکرول و تیمول بر اساس توانایی آن‌ها در تجزیه غشای خارجی باکتری‌ها است، که بر هموستاز pH و تعادل یون‌های معدنی تأثیر می‌گذارد و باعث انتشار لیپوپلی‌ساکاریدها و افزایش نفوذپذیری غشای سیتوپلاسمی به ATP12 می‌شود (Lambert et al., 2001). در مطالعه‌ای نشان داده شده است که اسانس آویشن (۰/۵ و یک گرم در کیلوگرم) سبب بهبود عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی شد (Pournazari et al., 2017). گزارش داده شده است که مکمل

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در دوره‌های مختلف پرورش

Table 1- Feed ingredients and chemical composition of basal diet during different rearing periods

ترکیبات (درصد) Ingredient (%)	دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 days)	دوره رشد (۱۱-۲۵ روزگی) Grower (11-25 days)	دوره پایانی (۲۶-۴۲ روزگی) Finisher (26-42 days)
ذرت Corn	50.92	54.26	58.87
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین) Soybean meal	41.71	37.84	33.44
روغن سویا Soybean oil	3.42	4.33	4.16
دی کلسیم فسفات DCP	1.45	1.25	1.23
کربنات کلسیم Limestone	1.30	1.22	1.18
کلرید سدیم Sodium chloride	0.30	0.30	0.29
دی ال-متیونین DL-methionine	0.16	0.13	0.12
ال-لیزین L-lysine	0.24	0.17	0.21
مکمل ویتامین و معدنی ^۱ Vit-min premix ¹	0.50	0.50	0.50
آنالیز محاسبه شده Nutrients (calculated)			
انرژی قابل متابولیسم ظاهری (کیلوکالری بر کیلوگرم) ME(kcal/kg)	3000	3100	3200
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	23.00	21.50	20.00
کلسیم (درصد) Calcium (%)	0.96	0.87	0.81
فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorus (%)	0.48	0.43	0.41
سدیم (درصد) Sodium (%)	0.16	0.16	0.16
کلر (درصد) Chlorine (%)	0.23	0.22	0.22
لیزین (درصد) Lysine (%)	1.44	1.29	1.19
متیونین (درصد) Methionine (%)	0.56	0.51	0.48

^۱ مکمل معدنی در هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر را تأمین می‌کرد: ۸۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۲۰ میلی‌گرم آهن، ۶۰ میلی‌گرم روی، ۱۰۰ میلی‌گرم مس، ۰/۹۵ میلی‌گرم ید و ۰/۲۵ میلی‌گرم سلنیوم. مکمل ویتامینی در هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر را تأمین می‌کرد: ۱۲۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۵۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۶۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، دو میلی‌گرم ویتامین K₃، ۲/۴ میلی‌گرم ویتامین B₁، ۴/۸ میلی‌گرم ویتامین B₂، ۳۰ میلی‌گرم B₃، ۱۶ میلی‌گرم B₅، سه میلی‌گرم B₆، یک میلی‌گرم فولیک اسید، ۰/۰۳ میلی‌گرم B₁₂، ۰/۱۵ میلی‌گرم بیوتین و ۵۰ میلی‌گرم کولین کلراید.

^۱ Mineral premix supplied the following per kilogram of diet: Mn, 80 mg; Fe, 120 mg; Zn, 60 mg; Cu, 100 mg; I, 0.95 mg; and Se, 0.25 mg. Vitamin premix supplied the following per kilogram of diet: Retinol, 12,000 IU; Cholecalciferol, 1500 IU; Tocopherol, 60 IU; filokinon, 2 mg; thiamine, 2.4 mg; riboflavin, 4.8 mg; niacin, 30 mg; pantothenic acid, 16 mg; pyridoxine, 3 mg; folic acid, 1 mg; vitamin B12, 0.03 mg; biotin, 0.15 mg; and cholin chloride, 50 mg.

شاخص‌های بیوشیمیایی خون (گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید) با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر بیوشیمی بالینی (AUTOLAB،)

تهران، ایران تعیین شد. نیمی دیگر از نمونه‌های خون جهت تعیین

با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر بیوشیمی بالینی (AUTOLAB،)

تهران، ایران تعیین شد. نیمی دیگر از نمونه‌های خون جهت تعیین

ورتکس همگن شد، در ادامه به مدت ۱۵ دقیقه با دور g ۲۸۰۰ در دمای چهار درجه سلسیوس سانتریفیوژ شده و سوپرناتانت برای تجزیه و تحلیل بیشتر جمع‌آوری شد. سپس دو میلی‌لیتر از سوپرناتانت را به چهار میلی‌لیتر محلول استوک تری کلرواستیک اسید/ تیوباریتوریک اسید (۱۵ درصد) TCA جرمی/حجمی) و ۰/۳۷۵ (درصد) (TBA جرمی/حجمی) در ۰/۲۵ مولار هیدروکلریک اسید) و ۱۰۰ میکرولیتر هیدروکسی‌انیسول بوتیل‌ه‌شده (۷/۲ درصد جرمی/حجمی) افزوده شده و با ورتکس همگن شده و در حمام آب گرم (۹۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۳۰ دقیقه به منظور ایجاد واکنش رنگی انکوبه می‌گردد. نمونه‌ها در دمای اتاق خنک شده و سپس به مدت ۱۵ دقیقه با دور g ۲۸۰۰ سانتریفیوژ گردید. میزان جذب محلول سوپرناتانت در طول موج ۵۳۲ نانومتر در مقابل یک بلانک حاوی دو میلی‌لیتر محلول سالین ۰/۹ درصد و چهار میلی‌لیتر محلول استوک تری کلرواستیک اسید/ تیوباریتوریک اسید اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از نمونه‌ها در برابر یک منحنی استاندارد تهیه شده با غلظت‌های معرف ۳،۳،۱،۱ تترائتوکسی‌پروپان رسم شد. میزان مالون‌دی‌آلدهید به صورت نانومول در هر میلی‌گرم پروتئین بیان شد (Ahn et al., 1998).

هریک از دوره‌های آغازین (۱-۱۰ روزگی)، رشد (۱۱-۲۵ روزگی) و کل دوره (۲۶-۴۲ روزگی) با آرایش فاکتوریل ۲×۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ (۲۰۱۳) و رویه خطی GLM مورد تجزیه آماری قرار گرفتند و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح آماری پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر تراکم گله و افزودن آویشن بر مصرف خوراک دوره‌های مختلف پرورش و کل دوره در جدول ۲، نشان داده شده است. در دوره آغازین با افزایش تراکم گله، مصرف خوراک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، اما در دوره رشد، پایانی و کل دوره، افزایش تراکم گله، منجر به کاهش مصرف خوراک شد ($P < 0.05$). افزودن آویشن منجر به افزایش مصرف خوراک در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره شد ($P < 0.05$). اثر متقابل تیمارها بر مصرف خوراک در دوره پایانی و کل دوره معنی‌دار بود، به طوری که بیشترین مصرف خوراک در تیمار ۹ قطعه‌ای با آویشن و کمترین مصرف خوراک در تیمار ۱۸ قطعه‌ای بدون آویشن مشاهده شد ($P < 0.05$).

اثر تیمارهای مختلف بر افزایش وزن در جدول ۳، نشان داده شده است. در دوره آغازین افزایش تراکم گله منجر به افزایش وزن شد، اما در دوره رشد، پایانی و کل دوره با افزایش تعداد پرنده، افزایش وزن کاهش یافت ($P < 0.05$). افزودن آویشن در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره منجر به افزایش وزن شد ($P < 0.05$). اثر متقابل تیمارها بر

تعداد سلول‌های خونی در لوله‌های حاوی EDTA جمع‌آوری شد و پس از همگن‌سازی نمونه خون گسترش آن تهیه شد. سلول‌های خونی روی گسترش توسط متانول ثابت شده و با محلول گیمسا رنگ آمیزی شدند. برای اندازه‌گیری تعداد لوکوسیت‌ها (هتروفیل و لنفوسیت)، تعداد ۱۰۰ لوکوسیت مورد شمارش قرار گرفتند. جهت تعیین مجموع گلبول‌های سفید شمارش چشمی با میکروسکوپ صورت گرفت.

به منظور تعیین خصوصیات لاشه، در پایان دوره آزمایش (۴۲ روزگی) دو قطعه پرنده از هر تکرار با وزن مشابه میانگین آن تکرار انتخاب و کشتار شد، سپس گوشت سینه از لاشه جدا و به دو نیمه تقسیم شد، سپس به مدت ۲۴ ساعت برای سردسازی به یخچال منتقل شد. نمونه‌ها پس از بسته‌بندی در کیسه‌های تحت خلأ به فریزر (۲۰- درجه سانتی‌گراد) منتقل شدند. برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفیت گوشت، پس از یخ‌زدایی، جهت تعیین pH، پنج گرم از نمونه گوشت خام (نمونه سینه) چرخ شده را در ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر هم زده شد تا یکنواخت گردد. سپس با استفاده از گاز استریل صاف کرده و با pH متر (Sartorius Company, Professional Meter PP-50، آلمان) در دمای محیط نمونه‌ها قرائت شد. جهت اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب گوشت (نمونه سینه)، پنج گرم از نمونه داخل کاغذ صافی قرار گرفت و به مدت چهار دقیقه با دور g ۱۵۰۰ سانتریفیوژ (EBA 200, Hettich، آلمان) شد، پس از سانتریفیوژ به آرامی خشک و دوباره وزن شد، سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس وزن گردید. در نهایت، ظرفیت نگهداری آب از تفاضل وزن پس از سانتریفیوژ و وزن پس از خشک‌کردن، تقسیم بر وزن اولیه ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد (Dai et al., 2012). جهت تعیین افت خونابه یک قطعه از گوشت سینه توزین و در پارچه کتان قرار داده شد. سپس نمونه مورد نظر در پاکت پلاستیکی گذاشته شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سلسیوس قرار گرفت، به طوری که گوشت با پلاستیک تماس نداشت. سپس گوشت به آرامی به پارچه مالش داده شد و دوباره توزین گردید. افت خونابه از تفاضل وزن اولیه و وزن نهایی تقسیم بر وزن اولیه ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد (Christensen, 2003). برای اندازه‌گیری افت در نتیجه پخت، یک قطعه از گوشت سینه با ضخامت یک سانتی‌متر مکعب توزین و به مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری شد، سپس به مدت ۱۰ دقیقه در داخل حمام آب گرم) در دمای ۸۵ درجه سلسیوس قرار داده شد و در آخر با پارچه کتان پاک و دوباره توزین شد. افت پخت نیز از تفاضل وزن اولیه و وزن نهایی تقسیم بر وزن اولیه ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد (Christensen, 2003).

جهت تعیین مالون‌دی‌آلدهید، پنج گرم گوشت چرخ شده (گوشت سینه) با ۴۵ میلی‌لیتر سالین ۰/۹ درصد مخلوط و سپس توسط

گوشتی که تحت دمای بالای محیط و کیفیت هوای نامناسب رشد می‌کنند، ممکن است دچار تنش حرارتی شوند که این امر بر مصرف خوراک، میزان رشد، قابلیت جوجه‌کشی، مرگ‌ومیر و سلامت پرندگان تأثیر منفی می‌گذارد (Sohail et al., 2010).

پژوهشگران دریافته‌اند که اسانس آویشن (۰/۵ و یک گرم در کیلوگرم) سبب بهبود افزایش وزن بدن و مصرف خوراک و کاهش ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در ۲۲ تا ۴۲ روزگی و کل دوره پرورش شد، اما مصرف خوراک در سن یک تا ۲۱ روزگی نسبت به گروه شاهد کاهش یافت (Pournazari et al., 2017). گزارش شده است مخلوط مکمل تیمول و کارواکرول (۲۵۰ گرم در کیلوگرم) در جیره جوجه‌های گوشتی سبب افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن بدن در مقایسه با شاهد شد، اما تأثیری بر ضریب تبدیل خوراک نداشت (Akyurek and Yel, 2011). بهبود عملکرد در سطوح بالای مصرف اسانس آویشن می‌تواند به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و اجزای فنولی اسانس باشد که اثرات عوامل بیماری‌زا را بر روی سیستم روده کاهش داده و به جذب اسیدهای آمینه کمک می‌کند. اسانس آویشن نه تنها به جذب اسیدهای آمینه کمک می‌کند، بلکه باعث افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی می‌شود که رشد را بهبود می‌بخشد (Lee et al., 2003). محققین اثر سطوح مختلف اسانس آویشن (صفر، ۰/۱۰، ۰/۱۵ و ۰/۲۰ میلی‌لیتر در لیتر) را بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی بررسی کردند و دریافته‌اند که اسانس آویشن سبب افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن و کاهش ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های مختلف پرورش شد (Saki et al., 2014) و بیان کردند که اثر تحریکی محصولات گیاهی بر رشد و هضم دلیل اصلی این نتایج است، بنابراین روغن‌های اسانسی و اجزای مرتبط مشتق شده از آویشن به‌طور گسترده برای اثر اشتهاآور و تحریک‌کننده بر هضم مورد استفاده قرار می‌گیرند. ترکیبات موجود در گیاه آویشن سبب تحریک تولید ترشحات درون‌زا در مخاط روده کوچک، پانکراس و کبد می‌شوند و در نتیجه، به هضم غذا کمک می‌کند (Cross et al., 2007). در آزمایشی، سطوح مختلف اسانس آویشن (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره) سبب بهبود وزن زنده بدن و افزایش وزن جوجه‌های گوشتی در هفته پنجم و ششم پرورش شد، این بهبود ممکن است به دلیل اجزای فعال تیمول و کارواکرول موجود در این گیاه باشد که علاوه بر فعالیت ضد میکروبی آن‌ها در برابر باکتری‌های موجود در روده به‌عنوان عوامل تحریک‌کننده هضم در نظر گرفته می‌شوند (Wade et al., 2018). همچنین، محققین دیگر بهبود ضریب تبدیل خوراک با مصرف یک گرم در کیلوگرم روغن آویشن توسط جوجه‌های گوشتی پرورش یافته تحت هوای گرم را کاهش جمعیت میکروبی بیماری‌زا و در نتیجه، بهبود محیط روده و یا افزایش قابلیت هضم مواد مغذی بیان کردند (Attia et al., 2017).

افزایش وزن در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین افزایش وزن در تیمار ۹ قطعه‌ای با آویشن و کمترین افزایش وزن در تیمار ۱۸ قطعه‌ای بدون آویشن مشاهده شد ($P < 0/05$).

اثر تیمارهای مختلف بر ضریب تبدیل خوراک در جدول ۴، نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم گله، ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره افزایش یافت ($P < 0/05$). اما افزودن آویشن منجر به کاهش ضریب تبدیل خوراک در این دوره‌ها شد ($P < 0/05$). اثر متقابل تیمارها بر ضریب تبدیل خوراک در دوره پایانی و کل دوره معنی‌دار بود، به‌طوری‌که کمترین ضریب تبدیل خوراک متعلق به گروه ۹ قطعه‌ای تغذیه شده با آویشن و بیشترین آن متعلق به تیمار ۱۸ قطعه‌ای با جیره بدون آویشن بود ($P < 0/05$).

در صنعت طیور، جوجه‌های گوشتی به‌طور مداوم در معرض شرایط سخت و تنش‌زا در طول رشد خود قرار دارند، به‌خصوص هنگامی که آن‌ها تحت تراکم بالا پرورش یابند (Cengiz et al., 2015). نتایج حاصل از یک مطالعه حاکی از آن است که تراکم بالای گله (۱۸ قطعه پرند در هر مترمربع، ۴۵ کیلوگرم در مترمربع) نسبت به تراکم پایین (۱۵ قطعه پرند در هر مترمربع، ۳۷/۵ کیلوگرم در مترمربع) سبب کاهش وزن بدن، کاهش میانگین افزایش وزن روزانه، کاهش میانگین مصرف خوراک روزانه و افزایش ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی شد (Li et al., 2019). نشان داده شده است که تراکم بالای پرورش (۲۰ قطعه پرند در هر تکرار) نسبت به تراکم پایین (۱۵ قطعه پرند در هر تکرار) سبب کاهش مصرف خوراک و وزن بدن و افزایش ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی شد (Kamel et al., 2021). کاهش مصرف خوراک و وزن بدن در جوجه‌های گوشتی پرورش یافته تحت تراکم بالا (۱۲ قطعه پرند در هر قفس) در مقایسه با تراکم پایین (نه قطعه پرند در هر قفس) گزارش شده است (Wu et al., 2019). محققین گزارش کردند که تراکم بالای پرورش (۲۰ قطعه پرند در هر مترمربع) در مقایسه با تراکم پایین (۱۰ قطعه پرند در هر مترمربع) سبب کاهش مصرف خوراک و وزن بدن و افزایش ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی شد (Cengiz et al., 2015). این محققین دریافته‌اند که دسترسی فیزیکی جوجه‌های گوشتی به دان‌خوری‌ها و آب‌خورهای نیپل با افزایش تراکم پرورش محدود شده و منجر به کاهش مصرف خوراک می‌شود (Cengiz et al., 2015). کاهش عملکرد ناشی از تراکم بالای گله می‌تواند به عوامل متعددی مرتبط باشد. یکی از عوامل کلیدی دمای بالای محیط در محیط پرورش پرند است. شرایط تراکم بالا پرورش جریان هوا را در سطح پرند کاهش می‌دهد و در نتیجه، اتلاف حرارت بدن به هوا کاهش می‌یابد. عوامل دیگری که ممکن است به کاهش عملکرد کمک کنند، عبارتند از: کیفیت پایین هوا به دلیل تبادل نامناسب هوا، افزایش آمونیاک و کاهش دسترسی به غذا و آب (Feddes et al., 2002). جوجه‌های

جدول ۲- اثر تراکم گله، پودر آویشن و برهم‌کنش آن‌ها بر مصرف خوراک (گرم در دوره) جوجه‌های گوشتی

Table 2- The effects of stocking density and Thyme powder and interaction on feed intake (g/period) of broilers

تیمارها Treatments	دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 days)	دوره رشد (۱۱-۲۵ روزگی) Grower (11-25 days)	دوره پایانی (۲۶-۴۰ روزگی) Finisher (26-40 days)	کل دوره (۱-۴۲ روزگی) Whole period (1-42 days)
تراکم گله (پرنده در هر مترمربع) Stocking density (SD) (birds/m ²)				
9	185.21 ^b	1281.55 ^a	2830.62 ^a	4297.39 ^a
18	201.11 ^a	1211.97 ^b	2642.77 ^b	4055.86 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM				
سطح احتمال معنی‌داری	3.65	4.96	25.74	29.27
P-value	0.009	0.0001	0.0002	0.0001
آویشن (درصد) Thyme (%)				
0	194.55	1232.85 ^b	2677.08 ^b	4104.47 ^b
1	191.77	1260.69 ^a	2796.32 ^a	4248.77 ^a
انحراف استاندارد میانگین SEM				
سطح احتمال معنی‌داری	3.65	4.96	25.74	29.27
P-value	0.60	0.002	0.007	0.004
تراکم × آویشن SD × Thyme				
9 × 0	183.75	1261.39	2825.69 ^a	4270.83 ^{ab}
9 × 1	186.66	1301.72	2835.55 ^a	4323.93 ^a
18 × 0	205.35	1204.30	2528.47 ^c	3938.12 ^c
18 × 1	196.87	1219.65	2757.08 ^b	4173.61 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM				
سطح احتمال معنی‌داری	5.16	7.03	36.40	41.39
P-value	0.29	0.10	0.01	0.04

^{a-c} میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

^{a-b} Means within the same column with uncommon superscript differ significantly ($P < 0.05$).

تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی پرندگان و حیوانات در نظر گرفته می‌شوند. محققین اثر تراکم‌های مختلف (پنج و هفت پرنده در هر قفس با ابعاد ۴۵×۴۰ سانتی‌متر) را بر متابولیت‌های خون مرغ‌های تخم‌گذار بررسی و دریافتند که تراکم هفت پرنده نسبت به تراکم پنج پرنده در قفس سبب افزایش گلوکز خون شد، اما تأثیر معنی‌داری بر کلسترول و تری‌گلیسرید نداشت. از آنجا که گلوکز پلاسما یک شاخص اولیه شرایط تنش است، این سطوح بالای گلوکز نشان می‌دهد که تراکم بالا می‌تواند استرس مرغ را افزایش دهد (Mirfendereski and Jahanian, 2015). در آزمایشی، اثر تراکم‌های مختلف (۱۰، ۱۵، ۱۷ و ۲۰ قطعه پرنده در هر مترمربع) بر متابولیت‌های خون جوجه‌های گوشتی بررسی و گزارش شد که ۲۰ قطعه پرنده در هر مترمربع در مقایسه با سایر تراکم‌ها سبب افزایش گلوکز پلاسما شد، اما تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسترول کل و تری‌گلیسرید پلاسما نداشت (Gholami et al., 2020). افزایش نسبت هتروفیل به لنفوسیت در

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر متابولیت‌های خونی در جدول ۵، ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اثر تراکم گله بر گلوکز، غلظت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز، درصد هتروفیل و لنفوسیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت خون معنی‌دار بود ($P < 0.05$)، اما بر کلسترول، تری‌گلیسرید و گلبول سفید خون معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). گلوکز خون، درصد هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت با افزایش تراکم گله افزایش یافت، اما غلظت آنزیم و درصد لنفوسیت خون کاهش یافت ($P < 0.05$). افزودن آویشن منجر به کاهش گلوکز و نسبت هتروفیل به لنفوسیت و افزایش گلوکاتایون پراکسیداز خون شد ($P < 0.05$). همچنین افزودن آویشن میزان گلبول‌های سفید و درصد لنفوسیت خون را افزایش و درصد هتروفیل را کاهش داد ($P < 0.05$). اثر متقابل تیمارها بر متابولیت‌های خونی معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). پارامترهای خون معیار خوبی برای قضاوت در مورد سلامت یک حیوان است و به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان شاخص‌های مهم وضعیت

افزایش مصرف خوراک و وزن بدن شد، که فرضیه ذکر شده را تأیید می‌کند. نشان داده شده است که ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس آویشن سبب کاهش غلظت گلوکز سرم مرغان تخم‌گذار تحت تنش گرمایی شد (Büyükkılıç Beyzi et al., 2020). محققین اثرات محافظتی رزماری و آویشن در برابر سمیت جنتامایسین در موش‌های صحرایی را بررسی کردند و دریافتند که این دو مکمل سبب کاهش گلوکز پلاسما شدند، کاهش سطح گلوکز توسط آویشن و رزماری در مقایسه با جنتامایسین ممکن است به دلیل محافظت از سلول‌های بتای پانکراس ناشی از خاصیت آنتی‌اکسیدانی این دو مکمل و در نتیجه افزایش ترشح انسولین باشد، همچنین مکمل رزماری ممکن است با مهار فعالیت‌های آمیلاز روده‌ای یا آلفا-گلوکوسیداز، جذب گلوکز روده‌ای را مهار کند (Abdel-Azeem et al., 2017).

تراکم بالا (۱۸/۶ قطعه پرنده در هر مترمربع) در مقایسه با تراکم پایین (۱۲/۹ قطعه پرنده در هر مترمربع) در جوجه‌های گوشتی گزارش شده است (Wu et al., 2020). محققین تأثیر اسانس دو گونه آویشن (*Zataria Multiflora*, *Ziziphora clinopodioides*) (Lam) را در سطوح ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره جوجه‌های گوشتی بررسی کردند و گزارش کردند که سطح ۴۰۰ میلی‌گرم گونه *Ziziphora clinopodioides* سبب کاهش گلوکز خون شد (Talebi et al., 2021). برخی از گونه‌های گیاهی مانند آویشن، دارچین، گل میخک، برگ‌های معطر و زردچوبه می‌توانند گلوکز را به دلیل فاکتور شبه انسولینی متابولیزه کنند (Srinivasan, 2005). در مطالعه حاضر، کاهش سطح گلوکز خون منجر به افزایش مصرف خوراک شد و استفاده از پودر آویشن منجر به کاهش قند خون و

جدول ۳- اثر تراکم گله، پودر آویشن و برهم‌کنش آن‌ها بر افزایش وزن (گرم در دوره) جوجه‌های گوشتی

Table 3- The effects of stocking density and Thyme powder and interaction on body weight gain (g/period) of broilers

تیمارها Treatments	دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 days)	دوره رشد (۱۱-۲۵ روزگی) Grower (11-25 days)	دوره پایانی (۲۶-۴۰ روزگی) Finisher (26-40 days)	کل دوره (۱-۴۲ روزگی) Whole period (1-42 days)
تراکم گله (پرنده در هر مترمربع) Stocking density (SD) (birds/m ²)				
9	144.72 ^b	864.79 ^a	1520.14 ^a	2529.65 ^a
18	155.66 ^a	789.72 ^b	1372.57 ^b	2317.95 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM	2.13	5.37	16.55	18.77
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.003	0.0001	0.0001	0.0001
آویشن (درصد) Thyme (%)				
0	153.12	805.94 ^b	1363.89 ^b	2322.95 ^b
1	147.25	848.57 ^a	1528.82 ^a	2524.64 ^a
انحراف استاندارد میانگین SEM	2.13	5.37	16.55	18.77
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.07	0.0001	0.0001	0.0001
تراکم × آویشن SD × Thyme				
9 × 0	145.69	835.42 ^b	1480.56 ^b	2461.66 ^b
9 × 1	143.75	894.16 ^a	1559.72 ^a	2597.63 ^a
18 × 0	160.55	776.46 ^c	1247.22 ^c	2184.24 ^c
18 × 1	150.76	802.97 ^b	1497.91 ^b	2451.66 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM	3.02	7.59	23.41	26.55
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.22	0.05	0.003	0.03

^{a-c} میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند (P<0.05).

^{a-b} Means within the same column with uncommon superscript differ significantly (P<0.05).

جدول ۴- اثر تراکم گله، پودر آویشن و برهم‌کنش آن‌ها بر ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی

Table 4- The effects of stocking density and Thyme powder and interaction on feed conversion ratio of broilers

تیمارها Treatments	دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 days)	دوره رشد (۱۱-۲۵ روزگی) Grower (11-25 days)	دوره پایانی (۲۶-۴۰ روزگی) Finisher (26-40 days)	کل دوره (۱-۴۲ روزگی) Whole period (1-42 days)
تراکم گله (پرنده در هر مترمربع) Stocking density (SD) (birds/m ²)				
9	1.28	1.48 ^b	1.86 ^b	1.70 ^b
18	1.29	1.54 ^a	1.93 ^a	1.75 ^a
انحراف استاندارد میانگین SEM				
0.01	0.01	0.007	0.01	0.005
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.51	0.0005	0.0007	0.0001
آویشن (درصد) Thyme (%)				
0	1.27	1.53 ^a	1.97 ^a	1.76 ^a
1	1.30	1.48 ^b	1.83 ^b	1.68 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM				
0.01	0.01	0.007	0.01	0.005
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.11	0.002	0.0001	0.0001
تراکم × آویشن SD × Thyme				
9 × 0	1.26	1.51	1.91 ^b	1.73 ^b
9 × 1	1.30	1.46	1.81 ^c	1.67 ^c
18 × 0	1.28	1.55	2.02 ^a	1.80 ^a
18 × 1	1.30	1.52	1.84 ^b	1.70 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM				
0.02	0.02	0.01	0.02	0.007
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.69	0.38	0.01	0.02

^{a-b} میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

^{a-b} Means within the same column with uncommon superscript differ significantly ($P < 0.05$).

ایمنی بهتر را توجیه می‌کند، باشد (Saadat Shad *et al.*, 2016). گیاهان دارویی و ترکیب آن‌ها می‌توانند عملکردهای ایمنی مانند تکثیر لنفوسیت‌ها، فاگوسیتوز و افزایش تعداد گلبول‌های سفید را فعال کنند (Hashemipour *et al.*, 2013).

محققین دریافتند که تراکم بالای گله (۱۸ قطعه پرنده در هر مترمربع، ۴۵ کیلوگرم در مترمربع) نسبت به تراکم پایین (۱۵ قطعه پرنده در هر مترمربع، ۳۷/۵ کیلوگرم در مترمربع) سبب کاهش فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز سرم جوجه‌های گوشتی در سن ۳۵ و ۴۲ روزگی شد (Li *et al.*, 2019). گزارش شده است که افزایش تراکم پرورش سبب کاهش فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز سرم جوجه‌های گوشتی شد (Simsek *et al.*, 2009). اکثر گیاهان دارویی غنی از پلی‌فنول‌ها و فلاونوئیدها هستند (Sharma *et al.*, 2012). بنابراین، فعالیت عصاره آویشن را می‌توان به پلی‌فنول‌ها و فلاونوئیدهای خاص موجود در آن نسبت داد.

پژوهشگران دریافتند که استفاده از عصاره اتانولی آویشن (صفر و یک درصد) و مرزه خوزستانی (صفر، یک و دو درصد) در آب آشامیدنی جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی‌داری بر غلظت گلوکز، کلسترول کل و تری‌گلیسرید خون نداشت، اما مخلوط آن‌ها سبب افزایش لنفوسیت و کاهش هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت شد (Souri *et al.*, 2015). گزارش شده است که سطوح ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس آویشن سبب افزایش لنفوسیت و کاهش هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت سرم جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی شد، که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد (Rafat Khafar *et al.*, 2019). کاهش نسبت هتروفیل نسبت به لنفوسیت خون جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی با تیمول (۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌تواند ناشی از تأثیر مثبت تیمول در کاهش تنش در جوجه‌ها باشد که ممکن است از طریق اصلاح جمعیت میکروبی دستگاه گوارش و تقویت سیستم ایمنی بدن که پاسخ‌های

جدول ۵- اثر تراکم گله، پودر آویشن و برهم کنش آن‌ها بر متابولیت‌های خونی -جوجه‌های گوشتی
Table 5- The effects of stocking density and Thyme powder and interaction on blood profile of broilers

تیماها Treatments	گلوکز Glucose (mg/dL)	کلسترول Cholesterol (mg/dL)	تری‌گلیسرید Triglyceride (mg/dL)	گواتیون پراکسیداز GSH-Px (U/L)	گلبول سفید WBC ($10^3/\mu\text{L}$)	لنفوسیت Lymphocyte (%)	هتروفیل (درصد) Heterophil (%)	نسبت هتروفیل به لنفوسیت (heterophil to lymphocyte ratio)
تراکم گله (پرنده در هر مترمربع) Stocking density (SD) (birds/m ²)								
9	220.83 ^b	104.33	58.83	156.00 ^a	4.42	69.66 ^a	30.33 ^b	0.44 ^b
18	236.33 ^a	119.17	59.67	136.67 ^b	4.10	66.00 ^b	34.00 ^a	0.52 ^a
انحراف استاندارد میانگین SEM								
سطح احتمال معنی‌داری P-value	4.52	5.46	1.98	3.07	0.19	0.78	0.78	0.01
آویشن (درصد) Thyme (%)								
0	237.33 ^a	116.00	60.33	135.17 ^b	3.85 ^b	65.33 ^b	34.67 ^a	0.53 ^a
1	219.83 ^b	107.50	58.16	157.50 ^a	4.67 ^a	70.33 ^a	29.67 ^b	0.42 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM								
سطح احتمال معنی‌داری P-value	4.52	5.46	1.98	3.07	0.19	0.78	0.78	0.01
تراکم × آویشن SD × Thyme								
9 × 0	227.67	111.33	59.00	143.33	4.03	66.67	33.33	0.50
9 × 1	214.00	97.33	58.66	168.67	4.80	72.67	27.33	0.38
18 × 0	247.00	120.66	61.66	127.00	3.66	64.00	36.00	0.56
18 × 1	225.67	117.66	57.66	146.33	4.53	68.00	32.00	0.47
انحراف استاندارد میانگین SEM								
سطح احتمال معنی‌داری P-value	6.39	7.72	2.79	4.35	0.28	1.10	1.10	0.02
	0.56	0.49	0.53	0.51	0.86	0.39	0.39	0.51

^{a-b} Means within the same column with uncommon superscript differ significantly (P<0.05).
 GSH-Px: glutathione peroxidase enzyme; WBC: white blood cells.

^{a-b} میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند (P<0.05).

کیلوگرم) سبب افزایش فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز سرم و کبد بلدرچین‌ها شد (Gumus et al., 2017).

اثر تیمارهای مختلف بر کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم گله، افت پخت و افت خونابه افزایش یافت و ظرفیت نگهداری آب گوشت کاهش یافت ($P < 0.05$). اثر افزودن آویشن بر ظرفیت نگهداری آب، افت پخت و افت خونابه معنی‌دار بود و منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش افت خونابه و پخت گردید ($P < 0.05$). همچنین افزودن آویشن میزان تیوباربتوریک اسید در گوشت سینه را کاهش داد ($P < 0.05$). اثر متقابل تیمارها بر افت پخت و افت خونابه معنی‌دار بود، به طوری که کمترین افت پخت و خونابه در تیمار ۹ قطعه‌ای با آویشن و بیشترین آن در تیمار ۱۸ قطعه‌ای بدون آویشن مشاهده شد ($P < 0.05$).

فلاونوئیدها بیان برخی از آنزیم‌های دخیل در بیوسنتز آنتی‌اکسیدان‌های شناخته شده را افزایش می‌دهند (Moskaug, 2005). بنابراین، نقصان و یا کاهش بیان یا ترشح آنتی‌اکسیدان‌ها ممکن است مکانیسم دفاعی آنتی‌اکسیدان را مختل کند (Khafaga and El-Sayed, 2018). همچنین نشان داده شده است که آویشن باعث دفاع آنتی‌اکسیدانی برای تبدیل گونه‌های فعال اکسیژن به ترکیبات ایمن برای محافظت از مواد بیولوژیکی در برابر اکسیداسیون می‌شود (Hoseini and Yousefi, 2019). گزارش شده است مصرف ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از اسانس دو گونه آویشن (*Zataria multiflora*, *Ziziphora clinopodioides* Lam) سبب افزایش فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز سرم جوجه‌های گوشتی در دوره رشد و پایانی شد (Talebi et al., 2021). محققین دریافتند که سطوح مختلف اسانس آویشن (۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم در

جدول ۶- اثر تراکم گله، پودر آویشن و برهم‌کنش آن‌ها بر ویژگی‌های کیفی گوشت جوجه‌های گوشتی

Table 6- The effects of stocking density and Thyme powder and interaction on meat quality of broilers

تیمارها Treatments	بی‌اچ pH	ظرفیت نگهداری آب (درصد) Water holding capacity (%)	افت پخت (درصد) Cooking loss (%)	افت خونابه (درصد) Dripping loss (%)	تیوباربتوریک اسید Thiobarbituric acid
تراکم گله (پرند در هر مترمربع) Stocking density (SD) (birds/m ²)					
9	6.88	60.00 ^a	28.32 ^b	10.66 ^b	9.13
18	6.70	58.25 ^b	30.25 ^a	12.02 ^a	9.72
انحراف استاندارد میانگین SEM					
سطح احتمال معنی‌داری	0.18	0.58	0.39	0.28	0.25
P-value	0.48	0.05	0.005	0.005	0.12
آویشن (درصد) Thyme (%)					
0	6.82	57.50 ^b	30.95 ^a	12.66 ^a	10.02 ^a
1	6.76	60.75 ^a	27.62 ^b	10.02 ^b	8.84 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM					
سطح احتمال معنی‌داری	0.18	0.58	0.39	0.28	0.25
P-Value	0.84	0.002	0.0001	0.0001	0.005
تراکم × آویشن SD × Thyme					
9 × 0	6.93	59.00	29.40 ^b	11.52 ^b	9.62
9 × 1	6.84	61.00	27.25 ^c	9.80 ^d	8.64
18 × 0	6.71	56.00	32.50 ^a	13.80 ^a	10.41
18 × 1	6.69	60.50	28.00 ^{bc}	10.25 ^c	9.03
انحراف استاندارد میانگین SEM					
سطح احتمال معنی‌داری	0.25	0.83	0.53	0.40	0.35
P-value	0.90	0.15	0.05	0.04	0.57

^{a-b} میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

^{a-b} Means within the same column with uncommon superscript differ significantly ($P < 0.05$).

کاهش افت خونابه به دلیل توانایی آن‌ها در تثبیت غشا است، که احتمالاً با مهار فعالیت فسفولیپاز A2 و کاهش انتشار Ca^{2+} به دست می‌آید، که به نوبه خود میزان گلیکولیز پس از مرگ را کاهش می‌دهد (Cheah et al., 1995).

در این مطالعه نشان داده شد که افزودن مکمل آویشن به جیره سبب کاهش معنی‌دار میزان تیوباریتوریک اسید گوشت سینه شد. آویشن حاوی ترکیبات فنلی از قبیل کارواکرول (۳/۵ درصد)، تیمول (۶۸/۱ درصد)، مونوترپن هیدروکربنی سیمن (۱۱/۲ درصد) و گاما-ترپنین (۴/۸ درصد) است، که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی هستند (Rota et al., 2008). پیشنهاد شده است که فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالای تیمول به دلیل وجود گروه‌های فنلی OH است که به عنوان اهداکننده هیدروژن به رادیکال‌های پروکسی تولید شده در اولین مرحله در اکسیداسیون لیپید عمل می‌کنند، بنابراین تشکیل هیدروکسیل پراکسید را به تأخیر می‌اندازد (Yan-Ishlieva et al., 1999). همچنین کارواکرول نقش مهمی به عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی در کاهش پراکسیداسیون چربی دارد که می‌تواند باعث تخریب اکسیداتیو غشای سلولی شود (Alagawany et al., 2015). نتایج حاصل از یک آزمایش نشان می‌دهد که سطح دو درصد مکمل آویشن در مرغان تخم‌گذار سبب کاهش میزان مالون‌دی‌آلدهید زرده تخم‌مرغ شد (Yalcin et al., 2020). گزارش شده است که استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آویشن سبب کاهش اسید تیوباریتوریک گوشت ران بلدرچین‌های ژاپنی شد (Mehdipour et al., 2014). گزارش شده است، ۰/۵ درصد پودر پونه و آویشن به‌تنهایی و به‌صورت مخلوط سبب کاهش معنی‌دار میزان مالون‌دی‌آلدهید ران جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی شد (Pirmohammadi et al., 2016).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به مشاهدات پژوهش حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که مکمل آویشن راه‌حل مثبتی برای پرورش طیور در تراکم بالا ارائه می‌دهد. افزودن یک درصد مکمل آویشن به جیره جوجه‌های گوشتی سبب کاهش تأثیرات منفی تراکم بالای پرورش از طریق بهبود عملکرد رشد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی، ایمنی خون و کیفیت گوشت شد.

در طیور، عوامل تنش‌زا مانند تراکم، درجه حرارت بالا یا پایین، حمل و نقل و واکسیناسیون مستقیماً بر پارامترهای کیفیت گوشت تأثیر می‌گذارند. عوامل تنش‌زا باعث می‌شوند، گلیکوژن ذخیره شده به گلوکز تبدیل شود. قرار گرفتن طولانی‌مدت در معرض شرایط تنش‌زا، سبب تبدیل گلوکز به اسید لاکتیک می‌شود و در نتیجه، منجر به رنگ تیره، خشک، نامطلوب و نامناسب گوشت با pH بالا و ماندگاری کوتاه می‌شود (Berg, 2001). کیفیت نامطلوب گوشت پس از ذبح در درجه اول تحت تأثیر تبدیل گلیکوژن ذخیره شده در ماهیچه‌ها به اسید لاکتیک قرار می‌گیرد و ظرفیت و رنگ آب به‌طور مستقیم بسته به هیدرولیزاسیون پروتئین‌های گوشت تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Pettracci et al., 2001). در دوره پس از ذبح که دمای لاشه ۳۷ درجه سانتی‌گراد است، کاهش سریع pH باعث کوچک شدن پروتئین‌های میوفیبریل، تخریب پروتئین‌های سارکوپلاسمی و سخت شدن پردازش گوشت می‌شود (Berg, 2001). در مطالعه‌ای اثر سه تراکم (کم: پنج، متوسط: هشت و بالا: ۱۱ قطعه پرنده در هر مترمربع؛ یا ۱۳/۵، ۲۰/۶ و ۲۷/۹ کیلوگرم در هر مترمربع بر اساس وزن بدن) بررسی و گزارش شد که تراکم متوسط و بالا سبب افزایش افت خونابه و کاهش pH_{45min} گوشت اردک‌های پکن شد (Zhang et al., 2018). محققین دریافتند که تراکم ۲۰ قطعه پرنده در هر مترمربع در مقایسه با تراکم ۱۴ و ۱۸ قطعه پرنده در هر مترمربع سبب افزایش افت پخت و افت خونابه گوشت سینه و ران دو سویه راس ۳۰۸ و آرپور ایکرز شد (Nasr et al., 2021). نشان داده شده است که سن و تراکم گله (۱۵/۲، ۲۰/۲، ۲۵/۳ و ۳۰/۴ قطعه پرنده در هر مترمربع) تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت نگهداری آب، اسید تیوباریتوریک و pH ماهیچه سینه جوجه‌های گوشتی نداشت (Goo et al., 2019). گزارش شده است که مخلوط روغن‌های اسانسی (آویشن، پونه کوهی و رزماری) در سطوح ۰/۵ و یک درصد سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب گوشت سینه و کاهش افت پخت گوشت سینه و ران جوجه‌های گوشتی شد (Popović et al., 2019). محققین دریافتند، استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آویشن سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب گوشت ران بلدرچین‌های ژاپنی شد، اما تأثیر معنی‌داری بر افت پخت و افت خونابه نداشت (Mehdipour et al., 2014). این افزایش در ظرفیت نگهداری آب احتمالاً با تأثیر مثبت آنتی‌اکسیدان‌های روغن آویشن بر یکپارچگی الیاف ماهیچه‌ای مرتبط بوده و در نتیجه، توانایی آن‌ها در حفظ آب را افزایش می‌دهد (Dal Bosco et al., 2012). اثر مفید آنتی‌اکسیدان‌های جیره غذایی بر

References

1. Abdel-Azeem, A. S., Hegazy, A. M., Zeidan, H. M., Ibrahim, K. S., & El-Sayed, E. M. (2017). Potential renoprotective effects of rosemary and thyme against gentamicin toxicity in rats. *Journal of Dietary Supplements*,

- 14(4), 380-394. <https://doi.org/10.1080/19390211.2016.1253632>
2. Abudabos, A. M., Samara, E. M., Hussein, E. O., Al-Ghadi, M. A. Q., & Al-Atiyat, R. M. (2013). Impacts of stocking density on the performance and welfare of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 12(1), e11. <https://doi.org/10.4081/ijas.2013.e11>
 3. Ahn, D. U., Olson, D. G., Jo, C., Chen, X., Wu, C., & Lee, J. I. (1998). Effect of muscle type, packaging, and irradiation on lipid oxidation, volatile production, and color in raw pork patties. *Meat Science*, 49, 27-39. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00101-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00101-0)
 4. Akyurek, H., & Yel, A. (2011). Influence of dietary thymol and carvacrol preparation and/or an organic acid blend on growth performance, digestive organs and intestinal microbiota of broiler chickens. *African Journal of Microbiology Research*, 5(8), 979-984. DOI: 10.5897/AJMR10.203
 5. Alagawany, M., El-Hack, M., Farag, M. R., Tiwari, R., & Dhama, K. (2015). Biological effects and modes of action of carvacrol in animal and poultry production and health-a review. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 3(2s), 73-84. <http://dx.doi.org/10.14737/journal.aavs/2015/3.2s.73.84>
 6. Attia, Y. A., Bakhshwain, A. A., & Bertu, N. K. (2017). Thyme oil (*Thyme vulgaris* L.) as a natural growth promoter for broiler chickens reared under hot climate. *Italian Journal of Animal Science*, 16(2), 275-282. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1245594>
 7. Berg, E. P. (2001). Influence of stress on composition and quality of meat, poultry and meat products. *Journal of Animal Science*, 79(1), 204.
 8. Büyükkılıç Beyzi, S. E. L. M. A., Konca, Y., Kaliber, M., Sarıözkan, S., Kocaoğlu Güçlü, B., Aktuğ, E., & Şentürk, M. (2020). Effects of thyme essential oil and A, C, and E vitamin combinations to diets on performance, egg quality, MDA, and 8-OHdG of laying hens under heat stress. *Journal of Applied Animal Research*, 48(1), 126-132. <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1746662>
 9. Cengiz, Ö., Köksal, B. H., Tatlı, O., Sevim, Ö., Ahsan, U., Üner, A. G., Ulutaş, P. A., Beyaz, D., Büyükyörük, S., Yakan, A., & Önel, A. G. (2015). Effect of dietary probiotic and high stocking density on the performance, carcass yield, gut microflora, and stress indicators of broilers. *Poultry Science*, 94(10), 2395-2403. <https://doi.org/10.3382/ps/pev194>
 10. Cheah, K. S., Cheah, A. M., & Krausgrill, D. I. (1995). Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. *Meat Science*, 39(2), 255-264. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)P1826-H](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)P1826-H)
 11. Christensen, L. B. (2003). Drip loss sampling in porcine m. longissimus dorsi. *Meat Science*, 63(4), 469-477. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00106-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00106-7)
 12. Cross, D. E., McDevitt, R. M., Hillman, K., & Acamovic, T. (2007). The effect of herbs and their associated essential oils on performance, dietary digestibility and gut microflora in chickens from 7 to 28 days of age. *British Poultry Science*, 48(4), 496-506. <https://doi.org/10.1080/00071660701463221>
 13. Dai, S. F., Gao, F., Xu, X. L., Zhang, W. H., Song, S. X., & Zhou, G. H. (2012). Effects of dietary glutamine and gamma-aminobutyric acid on meat colour, pH, composition, and water-holding characteristic in broilers under cyclic heat stress. *British Poultry Science*, 53(4), 471-481. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2011.03.005>
 14. Dal Bosco, A., Mourvaki, E., Cardinali, R., Servili, M., Sebastiani, B., Ruggeri, S., Mattioli, S., Taticchi, A., Esposito S., & Castellini, C. (2012). Effect of dietary supplementation with olive pomaces on the performance and meat quality of growing rabbits. *Meat Science*, 92(4), 783-788. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.07.001>
 15. Estevez, I. (2007). Density allowances for broilers: where to set the limits?. *Poultry Science*, 86(6), 1265-1272. <https://doi.org/10.1093/ps/86.6.1265>
 16. Feddes, J. J., Emmanuel, E. J., & Zuidhott, M. J. (2002). Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poultry Science*, 81(6), 774-779. <https://doi.org/10.1093/ps/81.6.774>
 17. Gholami, M., Chamani, M., Seidavi, A., Sadeghi, A. A., & Aminafshar, M. (2020). Effects of stocking density and environmental conditions on performance, immunity, carcass characteristics, blood constituents, and economical parameters of cobb 500 strain broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 524-535. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1757522>
 18. Gholami-Ahangaran, M., Ahmadi-Dastgerdi, A., & Karimi-Dehkordi, M. (2020). Thymol and carvacrol; as antibiotic alternative in green healthy poultry production. *Plant Biotechnology Persa*, 2(1), 22-25. DOI:10.29252/pbp.2.1.22
 19. Goo, D., Kim, J. H., Choi, H. S., Park, G. H., Han, G. P., & Kil, D. Y. (2019). Effect of stocking density and sex on growth performance, meat quality, and intestinal barrier function in broiler chickens. *Poultry Science*, 98(3),

- 1153-1160. <https://doi.org/10.3382/ps/pey491>
20. Gumus, R., Ercan, N. A. Z. L. I., & Imik, H. I. I. I. (2017). The effect of thyme essential oil (*Thymus vulgaris*) added to quail diets on performance, some blood parameters, and the antioxidative metabolism of the serum and liver tissues. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *19*, 297-304. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0403>
 21. Hashemipour, H., Kermanshahi, H., Golian, A., & Veldkamp, T. (2013). Effect of thymol and carvacrol feed supplementation on performance, antioxidant enzyme activities, fatty acid composition, digestive enzyme activities, and immune response in broiler chickens. *Poultry Science*, *92*(8), 2059-2069. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02685>
 22. Hassan, F. A., & Awad, A. (2017). Impact of thyme powder (*Thymus vulgaris* L.) supplementation on gene expression profiles of cytokines and economic efficiency of broiler diets. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*, 15816-15826. DOI 10.1007/s11356-017-9251-7
 23. Hoseini, S. M., & Yousefi, M. (2019). Beneficial effects of thyme (*Thymus vulgaris*) extract on oxytetracycline- induced stress response, immunosuppression, oxidative stress and enzymatic changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, *25*(2), 298-309. <https://doi.org/10.1111/anu.12853>
 24. Kamel, N. F., Hady, M. M., Ragaa, N. M., & Mohamed, F. F. (2021). Effect of nucleotides on growth performance, gut health, and some immunological parameters of broiler chicken exposed to high stocking density. *Livestock Science*, *253*, 104703. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104703>
 25. Kaukonen, E., Norring, M., & Valros, A. (2016). Effect of litter quality on foot pad dermatitis, hock burns and breast blisters in broiler breeders during the production period. *Avian Pathology*, *45*(6), 667-673. DOI:10.1080/03079457.2016.1197377
 26. Khafaga, A. F., & El-Sayed, Y. S. (2018). Spirulina ameliorates methotrexate hepatotoxicity via antioxidant, immune stimulation, and proinflammatory cytokines and apoptotic proteins modulation. *Life Sciences*, *196*, 9-17. DOI:10.1016/j.lfs.2018.01.010
 27. Lambert, R. J. W., Skandamis, P. N., Coote, P. J., & Nychas, G. J. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology*, *91*(3), 453-462. DOI: 10.1046/j.1365-2672.2001.01428.x
 28. Lee, K. W., Everts, H., Kappert, H. J., Frehner, M., Losa, R., & Beynen, A. C. (2003). Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. *British Poultry Science*, *44*(3), 450-457. DOI: 10.1080/0007166031000085508
 29. Li, W., Wei, F., Xu, B., Sun, Q., Deng, W., Ma, H., Bai, J., & Li, S. (2019). Effect of stocking density and alpha-lipoic acid on the growth performance, physiological and oxidative stress and immune response of broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *32*(12), 1914. DOI: 10.5713/ajas.18.0939
 30. Madhupriya, V., Shamsudeen, P., Raj Manohar, G., Senthilkumar, S., Soundarapandiyam, V., & Moorthy, M. (2018). Phyto Feed Additives in Poultry Nutrition: A Review. *International Journal of Science, Environment and Technology*, *7*(3), 815-22.
 31. Mehdipour, Z., Afsharmanesh, M., & Sami, M. (2014). Effects of supplemental thyme extract (*Thymus vulgaris* L.) on growth performance, intestinal microbial populations, and meat quality in Japanese quails. *Comparative Clinical Pathology*, *23*, 1503-1508. DOI 10.1007/s00580-013-1813-6
 32. Mirfendereski, E., & Jahanian, R. (2015). Effects of dietary organic chromium and vitamin C supplementation on performance, immune responses, blood metabolites, and stress status of laying hens subjected to high stocking density. *Poultry Science*, *94*(2), 281-288. <https://doi.org/10.3382/ps/peu074>
 33. Moskaug, J. Ø., Carlsen, H., Myhrstad, M. C., & Blomhoff, R. (2005). Polyphenols and glutathione synthesis regulation. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *81*(1), 277S-283S. DOI: 10.1093/ajcn/81.1.277S
 34. Nasr, M. A., Alkhedaide, A. Q., Ramadan, A. A., Abd-El Salam, E. H., & Hussein, M. A. (2021). Potential impact of stocking density on growth, carcass traits, indicators of biochemical and oxidative stress and meat quality of different broiler breeds. *Poultry Science*, *100*(11), 101442. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101442>
 35. Petracci, M., Fletcher, D. L., & Northcutt, J. K. (2001). The effect of holding temperature on live shrink, processing yield, and breast meat quality of broiler chickens. *Poultry Science*, *80*(5), 670-675. <https://doi.org/10.1093/ps/80.5.670>
 36. Pirmohammadi, A., Daneshyar, M., Farhoomand, P., Aliakbarlu, J., & Hamian, F. (2016). Effects of *Thymus vulgaris* and *Mentha pulegium* on colour, nutrients and peroxidation of meat in heat-stressed broilers. *South*

- African Journal of Animal Science*, 46(3), 278-284. DOI: 10.4314/sajas.v46i3.7
37. Popović, S., Puvača, N., Peulić, T., Ikonić, P., Spasevski, N., Kostadinović, L., & Đuragić, O. (2019). The usefulness of dietary essential oils mixture supplementation on quality aspect of poultry meat. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management*, 2(6), 335-343.
 38. Pournazari, M., AA-Qotbi, A., Seidavi, A., & Corazzin, M. (2017). Prebiotics, probiotics and thyme (*Thymus vulgaris*) for broilers: performance, carcass traits and blood variables. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 30(1), 3-10. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v30n1a01>
 39. Rafat Khafar, K., Mojtahedin, A., Rastegar, N., Kalvani Neytali, M., & Olfati, A. (2019). Dietary inclusion of thyme essential oil alleviative effects of heat stress on growth performance and immune system of broiler chicks. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 9(3), 509-517. (In Persian).
 40. Ritz, C. W., Fairchild, B. D., & Michael, P. L. (2009). Litter quality and broiler performance Bulletin 1267. University of Georgia and Ft. Valley State University University of Georgia, Athens, GA.
 41. Rota, M. C., Herrera, A., Martínez, R. M., Sotomayor, J. A., & Jordán, M. J. (2008). Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. *Food Control*, 19(7), 681-687. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.07.007>
 42. Saadat Shad, H., Mazhari, M., Esmailipour, O., & Khosravinia, H. (2016). Effects of thymol and carvacrol on productive performance, antioxidant enzyme activity and certain blood metabolites in heat stressed broilers. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 6(1), 195-202. (In Persian).
 43. Saki, A. A., Kalantar, M., & Khoramabadi, V. (2014). Effects of drinking thyme essence (*Thymus vulgaris* L.) on growth performance, immune response and intestinal selected bacterial population in broiler chickens. *Poultry Science Journal*, 2(2), 113-123. DOI: 10.22069/PSJ.2014.1960
 44. Sharma, A., Sangameswaran, B., Jain, V., & Saluja, M. S. (2012). Hepatoprotective activity of *Adina cordifolia* against ethanol induce hepatotoxicity in rats. *International Current Pharmaceutical Journal*, 1(9), 279-284.
 45. Simsek, U. G., Dalkilic, B., Ciftci, M., & Yuce, A. (2009). The influences of different stocking densities on some welfare indicators, lipid peroxidation (MDA) and antioxidant enzyme activities (GSH, GSH-Px, CAT) in broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(8), 1568-1572.
 46. Sohail, M. U., Ijaz, A., Yousaf, M. S., Ashraf, K., Zaneb, H., Aleem, M., & Rehman, H. (2010). Alleviation of cyclic heat stress in broilers by dietary supplementation of mannan-oligosaccharide and Lactobacillus-based probiotic: Dynamics of cortisol, thyroid hormones, cholesterol, C-reactive protein, and humoral immunity. *Poultry Science*, 89(9), 1934-1938. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00751>
 47. Souri, H., Khatibjoo, A., Taherpoor, K., Hassan Abadi, A., Fattahnia, F., & Askari, M. (2015). Effect of *Thymus vulgaris* and *Satureja khuzestanica* ethanolic extracts on broiler chickens' performance and immune response. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 5(2), 437-446.
 48. Srinivasan, K. (2005). Plant foods in the management of diabetes mellitus: spices as beneficial antidiabetic food adjuncts. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 56(6), 399-414.
 49. Talebi, E., Rowghani Haghighi Fard, E., Navabi, M., & Eatemadi, M. (2021). Evaluating the effect of two types of thyme essential oils (*Zataria multiflora* & *Ziziphora clinopodioides* Lam) on some productive traits and blood parameters in broilers. *Poultry Science Journal*, 9(1), 107-119. DOI: 10.22069/PSJ.2021.18831.1668
 50. Toghyani, M., Tohidi, M., Gheisari, A. B., & Tabeidian, S. A. (2010). Performance, immunity, serum biochemical and hematological parameters in broiler chicks fed dietary thyme as alternative for an antibiotic growth promoter. *African Journal of Biotechnology*, 9, 6819-6825. DOI: 10.5897/AJB09.1998
 51. Wade, M. R., Manwar, S. J., Kuralkar, S. V., Waghmare, S. P., Ingle, V. C., & Hajare, S. W. (2018). Effect of thyme essential oil on performance of broiler chicken. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(3), 25-28.
 52. Wilkinson, K. G., Tee, E., Tomkins, R. B., Hepworth, G., & Premier, R. (2011). Effect of heating and aging of poultry litter on the persistence of enteric bacteria. *Poultry Science*, 90(1), 10-18. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01023>
 53. Wu, Y., Wang, Y., Yin, D., Wu, W., Sun, X., Zhang, Y., Guo, X., Chen, J., & Yuan, J. (2019). Effect of supplementation of nicotinamide and sodium butyrate on the growth performance, liver mitochondrial function and gut microbiota of broilers at high stocking density. *Food & Function*, 10(11), 7081-7090. <https://doi.org/10.1039/C9FO00904C>
 54. Wu, Y., Wang, Y., Wu, W., Yin, D., Sun, X., Guo, X., Chen, J., Mahmood, T., Yan, L., & Yuan, J. (2020). Effects of nicotinamide and sodium butyrate on meat quality and muscle ubiquitination degradation genes in broilers reared at a high stocking density. *Poultry Science*, 99(3), 1462-1470. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.070>

55. Yalcin, S., Handan, E. S. E. R., ONBAŞILAR, İ., & Yalcin, S. (2020). Effects of dried thyme (*Thymus vulgaris* L.) leaves on performance, some egg quality traits and immunity in laying hens. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 67(3), 303-311. DOI: [10.33988/auvfd.677150](https://doi.org/10.33988/auvfd.677150)
56. Yan-ishlieva, N. V., Marinova, E. M., Gordon, M. H., & Raneva, V. G. (1999). Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. *Food Chemistry*, 64(1), 59-66. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00086-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00086-7)
57. Zhang, Y. R., Zhang, L. S., Wang, Z., Liu, Y., Li, F. H., Yuan, J. M., & Xia, Z. F. (2018). Effects of stocking density on growth performance, meat quality and tibia development of Pekin ducks. *Animal Science Journal*, 89(6), 925-930. <https://doi.org/10.1111/asj.12997>



The Effect of Receiving Hydrated Nutritious Gel, Royal Chick, in Chick Box or Immediately after Placement on Productive Performance, Immunity, Intestinal Morphometry, and Carcass Traits of Broiler Chickens

Ali Nasari Nejad¹, Heshmat Sepehri Moghadam^{2*}, Mojdeh Emadi²

How to cite this article:

Received: 24-05-2022

Revised: 11-01-2023

Accepted: 19-02-2023

Available Online: 19-02-2023

sari- Nejad, A., Sepehri-Moghadam, H., & Emadi, M. (2023). The effect of receiving hydrated nutritious gel, Royal Chick, in chick box or immediately after placement on productive performance, immunity, intestinal morphometry, and carcass traits of broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(3), 369-382.

DOI: [10.22067/ijasr.2023.72422.1039](https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.72422.1039)

Introduction: Early post-hatch feed and water deprivation, as happens practically, may negatively influence the growth performance and health of broiler chickens due to severe dehydration, suppressed mitotic activity of satellite cells, poorer gut health, and development as well as retarded yolk sac (YS) absorption. Decelerated YS absorption may be associated with a higher incidence of YS infection and lower transfer of maternal antibodies from the YS to the chick body. Royal Chick is a nutritious gel providing adequate quantities of water and essential nutrients for newly-hatched chicks. The product also contains probiotic organisms, prebiotic, yeast nucleotides, and natural anti-stress substances. Royal Chick is an innovative nutrient-enriched powder product that forms a jelly mass when mixed with water. As claimed by the manufacturer, the product prevents initial weight loss, alleviates oxidative stress, improves skeletal muscle growth, and stimulates the development of the digestive and immune systems of the newly hatched chicks. This study aimed to evaluate the effect of early feeding with Royal Chick on productive performance, carcass traits, immune system function, and jejunum morphometry of broiler chickens.

Materials and Methods: A total of 420 d-old straight-run Ross 308 broiler chicks were used in a completely randomized design with 5 treatment groups and 6 replicates per each. A group of chicks were deprived of both feed and water for the first 24 h post-hatch and served as control (CON). In the second group, each bird was treated with HRCH gel in two separate 2 g dosages from which the first was given in the chick box and the second was administered immediately after placement in combination with the first meal of the starter diet (T1). In the third group, each bird was treated with a mixture of 2 g HRCH and 2 g starter feed in the chick box (T2). In the fourth group, each bird was treated with a single 2 g dose of HRCH in the chick box (T3). In the fifth group, each bird received a mixture of 2 g HRCH gel and 2 g starter feed immediately after placement (T4). All chicks were held in chick box up to 24 h post-hatch and then were transferred to the associated floor pens and reared for 42 days on standard starter (2 to 10 d of age), grower (11 to 24 d of age), and finisher (25 to 35 d of age) diets. On days 10, 24, and 35 birds of each pen were weighed together. Offered feed and refused feed were also weighed and mortality records were kept for each phase. Then weight gain (WG), feed intake (FI), and mortality-corrected feed conversion ratio (FCR) were calculated. On days 2 and 25, blood samples were taken from 2 birds per replicate to evaluate maternal immunity and humoral immune responses to vaccination against Newcastle disease virus (NDV), infectious bronchitis virus (IBV), and avian influenza virus (AI). The birds from which blood samples were taken on day 2 were killed at the same time to measure residual yolk sac weight. At the end of the experiment, 2 female birds per pen were weighed and decapitated to investigate carcass traits and to sample the mid jejunum for morphometric analysis.

Results and Discussion: Birds in T1 and T2 groups tended to have lighter residual yolk sac than their control counterparts ($P=0.076$). During the starter phase, T2, T3, and T4 groups had significantly ($P<0.05$) higher WG and FI compared to those in the control group with no improvement in FCR. During the grower

1- Graduated M.Sc. in Poultry Nutrition, Department of Agriculture, Payam Noor University, Torbat Heydarieh, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Agriculture, Payam Noor University, Torbat Heydarieh, Iran.

*Corresponding Author's Email: he.sepehri@pnu.ac.ir

phase, the T4 group consumed more feed than the control one ($P<0.05$). No treatment effect was detected on performance traits at the finisher phase and throughout the experimental period ($P>0.05$). Birds in T2 and T3 groups produced the most pronounced antibody responses against IBV. The highest carcass yield was obtained in birds treated with a combination of HRCH and starter feed in the chick box (T2). The same birds also tended to have the highest breast yield ($P=0.077$).

Conclusion: Administration of hydrated Royal Chick gel in chick box (with or without a starter diet) or immediately after placement (in combination with a starter diet) can bring beneficial effects on the health and productivity of broiler chickens. Further investigations are necessary to identify possible interactions of different EF regimens involving HNG with breeder age, deprivation duration, and pre-placement environmental conditions on subsequent performance and health status in broiler chickens.

Keywords: carcass characteristics, early feeding, immunity system function, performance

تأثیر دریافت ژل مغذی و آبدار رویال چیک در کارتن حمل یا بلافاصله پس از جوجه‌ریزی بر عملکرد تولید، ایمنی، ریخت‌شناسی روده و خصوصیات لاشه جوجه‌های گوشتی

علی نسری‌نژاد^۱، حشمت سپهری مقدم^{۲*}، مژده عمادی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰

چکیده

به منظور اثر دریافت ژل مغذی و آبدار رویال چیک (HRCH) در کارتن حمل یا در سالن پرورش بر عملکرد، ایمنی، ریخت‌شناسی روده و صفات لاشه جوجه‌های گوشتی از ۴۲۰ قطعه جوجه یک‌روزه سویه ۳۰۸ مخلوط دو جنس در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و شش تکرار استفاده شد. به منظور اعمال تیمارهای آزمایشی، گروهی از جوجه‌ها طی ۲۴ ساعت نخست پساتفریح از آب و خوراک محروم مانده و به‌عنوان گروه شاهد در نظر گرفته شدند. در گروه دوم هر پرنده در دو نوبت با دو گرم ژل HRCH مورد تیمار قرار گرفت که نوبت اول در کارتن حمل و نوبت دوم بلافاصله پس از استقرار در سالن در ترکیب با اولین وعده خوراکی مورد استفاده قرار گرفت (T1). در گروه سوم هر پرنده با ترکیبی از دو گرم HRCH و دو گرم خوراک آغازین در کارتن جوجه تحت تیمار قرار گرفت (T2). در گروه چهارم هر پرنده یک نوبت با دو گرم HRCH در کارتن حمل تحت تیمار قرار گرفت (T3). در گروه پنجم هر پرنده ترکیبی از دو گرم HRCH و دو گرم خوراک آغازین را بلافاصله پس از استقرار در سالن پرورش دریافت کرد (T4). در پایان آزمایش، دو پرنده ماده از هر پن جهت ارزیابی صفات لاشه و نمونه بافتی از ژژنوم کشته شدند. نتایج نشان داد، وزن کیسه‌زرده در پرنده‌گان T1 و T2 در مقایسه با شاهد کاهش یافت. طی فاز آغازین، افزایش وزن بدن (WG) و مصرف خوراک (FI) T2، T3 و T4 در قیاس شاهد، به‌طور معنی داری بیشتر بود، اما بهبودی در FCR حاصل نشد. طی دوره رشد، T4 در مقایسه با شاهد FI بیشتری داشت. T2 و T3 ملموس‌ترین پاسخ‌های همورال را بر علیه برونشیت بروز دادند. بیشترین بازده لاشه و گرایش به‌میزان بالای بازده ماهیچه سینه در T2 مشاهده شد. HRCH در کارتن حمل یا بلافاصله پس از جوجه‌ریزی می‌تواند اثرات مفیدی را بر سلامت و عملکرد جوجه‌های گوشتی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه اولیه، صفات کشتار، عملکرد، کارکرد سیستم ایمنی

مقدمه

تأثیر منفی بر عملکرد رشد، ریخت‌شناسی روده، سرعت جذب مواد مغذی و پاسخ ایمنی در جوجه‌های گوشتی و تخم‌گذار دارد (Abou-Elnaga and Selim, 2018; Panda et al., 2015; Shinde et al., 2015; Shira et al., 2005). تغییرات متابولیکی ایجاد شده در نتیجه گرسنگی، احتمالاً می‌تواند رشد اندام‌های لنفوئیدی را کاهش و حساسیت پرنده به بیماری‌ها را افزایش دهد و موجب اختلال در پاسخ ایمنی شود (Dibner et al., 1998; Pande et al., 2015; Shira et al., 2005). که در نهایت، هزینه‌های تولید پرنده را افزایش می‌دهد. جوجه تازه تفریح شده راندامان پایینی در دریافت مواد مغذی دارد و استفاده از منابع انرژی قابل هضم مانند گلوکز، ساکارز یا مواد برپایه گلوکز در جیره اولیه منجر به بهبود عملکرد می‌شود (Batal and Parsons, 2002). جذب مواد مغذی ضروری و پادتن‌های مادری از کیسه‌زرده برای زنده‌مانی در مراحل اولیه ضروری است. کیسه‌زرده

دسترسی به آب و خوراک در جوجه‌های تازه تفریح شده به‌دلیل روش‌های رایج مدیریتی مانند تعیین جنسیت، شمارش، واکسیناسیون و حمل و نقل آن‌ها، معمولاً با ۲۴ تا ۷۲ ساعت تأخیر صورت می‌گیرد (Batal and Parsons, 2002; Panda et al., 2015). نگهداری طولانی‌مدت جوجه‌های تازه تفریح شده (۲۲-۳۶ ساعت) همراه با تأخیر در دریافت آب و خوراک به‌دلیل دهیدراتاسیون و کاهش انرژی،

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد تغذیه طیور، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تربت حیدریه، ایران.

۲- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تربت حیدریه، ایران.

(Email: he.sepehri@pnu.ac.ir)

*- نویسنده مسئول:

ساخت شرکت تهران طیور سبز استفاده شد. محصول مورد استفاده حاوی پروبیوتیک، پری‌بیوتیک، منابع انرژی، پروتئین، اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها، مواد معدنی، الکترولیت‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و مولتی آنزیم فیتازدار بود. مطابق دستورالعمل شرکت سازنده هر بسته ۳۳۰ گرمی از محصول بایستی با ۱۰ لیتر آب آشامیدنی مخلوط شود که این میزان از ژل آبدار برای ۵۰۰۰ قطعه جوجه گوشتی (دو گرم ژل مغذی آبدار رویال چیک (HRCH)^۱) به‌ازای هر قطعه) کافی می‌باشد. به‌منظور اعمال تیمارهای آزمایشی، گروهی از جوجه‌ها طی ۲۴ ساعت نخست پساتفریخ از آب و خوراک محروم مانده و به‌عنوان گروه شاهد در نظر گرفته شدند. در گروه دوم هر پرنده در دو نوبت با دو گرم ژل HRCH مورد تیمار قرار گرفت که نوبت اول در کارتن حمل و نوبت دوم بلافاصله پس از استقرار در سالن در ترکیب با اولین وعده خوراکی مورد استفاده قرار گرفت (T1). در گروه سوم هر پرنده با ترکیبی از دو گرم HRCH و دو گرم خوراک آغازین در کارتن جوجه تحت تیمار قرار گرفت (T2). در گروه چهارم هر پرنده یک نوبت با دو گرم HRCH در کارتن حمل تحت تیمار قرار گرفت (T3). در گروه پنجم هر پرنده ترکیبی از دو گرم HRCH و دو گرم خوراک آغازین را بلافاصله پس از استقرار در سالن پرورش دریافت کرد (T4). تمامی جوجه‌ها تا ۲۴ ساعت پس از تفریخ در کارتن حمل نگهداری شدند و سپس به پن‌های مربوطه منتقل و به‌مدت ۴۲ روز با جیره‌های استاندارد آغازین (۲ تا ۱۱ روزگی)، رشد (۱۲ تا ۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵ تا ۳۵ روزگی) طبق توصیه راس ۳۰۸ تغذیه شدند (جدول ۱). صفات مورد اندازه‌گیری شامل عملکرد تولید، عیار پادتن‌های مادری، پاسخ ایمنی همورال، ریخت‌شناسی روده و صفات لاشه جوجه‌های گوشتی بود. افزایش وزن روزانه، خوراک مصرفی، وزن زنده و ضریب تبدیل غذایی به‌صورت دوره‌ای اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین وزن کیسه‌زده در سن دو روزگی از هر تکرار دو پرنده مشابه با میانگین وزنی انتخاب، توزین و به‌روش جابجایی مهره گردن کشته شدند. کیسه‌زده با استفاده از ترازوی دیجیتال و با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری و سپس با تقسیم وزن حاصل به وزن زنده پرنده، وزن نسبی آن محاسبه گردید. در روزهای ۲ و ۲۵، به‌منظور سنجش عیار پادتن‌های مادری و پاسخ ایمنی همورال به واکسیناسیون بر علیه ویروس بیماری‌های نیوکاسل (NDV)^۲، برونشیت عفونی (IBV)^۳ و آنفولانزای طیور (AI)^۴، دو پرنده از هر تکرار انتخاب و خون‌گیری انجام شد. پرنده‌گانی که برای خون‌گیری در روز دوم مورد استفاده قرار گرفتند، در همان زمان به‌منظور توزین بقایای کیسه زرده کشته شدند. در سن دو روزگی، هر دو نمونه خون از هر تکرار با یکدیگر پولد

دارای مقادیر بالای پروتئین و چربی است، درحالی‌که مقدار کربوهیدرات کمی دارد (Uni and Ferket, 2004). باقی‌مانده زرده معمولاً تا روز چهارم پس از تفریخ مورد استفاده قرار می‌گیرد (Noy and Sklan, 1999). یافته‌های اخیر نشان می‌دهند که سرعت جذب بقایای زرده در جوجه‌هایی که بلافاصله پس از تفریخ به خوراک دسترسی دارند، در مقایسه با جوجه‌هایی که تا ۴۸ ساعت پس از تفریخ گرسنه می‌مانند، بیشتر است؛ به نظر می‌رسد حرکات ضدودی که محتویات کیسه زرده را از ساقه زرده به سمت دوازدهه سوق می‌دهند، در صورت حضور خوراک در روده، تحریک می‌شوند (Panda and Reddy, 2007). به نظر می‌رسد که افزایش انتقال محتویات کیسه زرده به داخل روده در جوجه‌های تحت تغذیه (در مقایسه با جوجه‌های گرسنه) با افزایش فعالیت و حرکات روده در ارتباط است و نرخ جذب زرده با میزان فعالیت و تحرک دستگاه گوارش همبستگی مثبت دارد (Noy and Sklan, 1996; Santos and Silversides, 1996). براساس مطالعات اخیر، نرخ استفاده از باقی‌مانده زرده در جوجه‌های تحت تغذیه زود هنگام بیشتر از جوجه‌های محروم از خوراک (تا ۴۸ ساعت پس از تفریخ) است (Juul-Madsen and Sørensen, 2004; Panda and Reddy, 2007). بنابراین، محرومیت طولانی‌مدت از آب و خوراک طی دوره اولیه پساتفریخ ممکن است سرعت جذب کیسه زرده را تحت تأثیر قرار دهد. به‌علاوه اثرات نامطلوب عدم دسترسی زود هنگام به آب و خوراک بر سلامت و عملکرد پرنده به کرات توسط پژوهشگران مختلف گزارش شده است. به‌ویژه در کشور ما در برخی از استان‌ها پرورش‌دهندگان برای تهیه جوجه یک‌روزه با مشکل مواجه بوده و ناگزیرند جوجه‌های یک‌روزه مورد نیاز خود را از مناطق دوردست تهیه کنند، به‌طوری‌که گاهی جوجه‌ها بیش از ۲۴ ساعت را در ماشین‌های حمل جوجه و تحت شرایط تنش‌زا سپری می‌کنند. بدین ترتیب، استفاده از یک ژل مغذی و آبدار در کارتن حمل جوجه ممکن است اثرات مثبتی را برای پرنده و فرد پرورش‌دهنده به همراه داشته باشد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش، تعداد ۴۲۰ قطعه جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ با میانگین وزنی 43 ± 2 گرم در غالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار، شش تکرار و ۱۴ قطعه جوجه (با نسبت برابر خروس و مرغ) به‌ازای هر تکرار مورد استفاده قرار گرفتند. در طول دوره پرورش، جوجه‌ها به آب و خوراک به‌صورت آزاد دسترسی داشتند. برنامه نوردی به‌صورت ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی اعمال شد. دمای سالن در هفته اول پرورش ۳۲-۳۴ درجه سانتی‌گراد بوده و پس از آن، با گذشت هر دو روز یک درجه از دمای سالن کاسته شد تا به ۲۲-۲۰ درجه سانتی‌گراد برسد. در مطالعه حاضر، از ژل مغذی رویال چیک

- 1- Hydrated royal chick
- 2- Newcastle disease virus
- 3- Infectious bronchitis virus
- 4- Avian influenza

که در آن، y_{ij} : هر یک از مشاهدات، μ : میانگین جامعه، T_i : اثر تیمارها و ϵ_{ij} : خطای آزمایشی می‌باشند.

نتایج و بحث

عملکرد

نتایج صفات عملکرد در دوره‌های آغارین، رشد، پایانی و نیز کل دوره آزمایش به ترتیب در جداول ۲، ۳، ۴ و ۵ آمده است. تمایل به کاهش وزن کیسه زرده در گروه T1 و T2 مشاهده شد ($P=0/076$). مصرف رویال چیک در گروه T2، T3 و T4 با بهبود متوسط وزن بدن در ۱۰ روزگی و افزایش وزن بدن طی دوره آغازین همراه بوده است ($P<0/05$). دریافت ژل مغذی صرف نظر از روش تجویز آن، به افزایش معنی‌دار مصرف خوراک نسبت به گروه شاهد انجامید ($P<0/05$). گروه‌های تحت تیمار با ژل مغذی (به‌استثنای گروه T4) ضرائب تبدیل خوراک بیشتری را در قیاس با گروه شاهد به خود اختصاص دادند ($P<0/05$). طی دوره رشد، متوسط وزن بدن در کلیه گروه‌های دریافت‌کننده ژل مغذی (به‌استثنای گروه T1) در مقایسه با گروه شاهد بیشتر بود ($P<0/05$). مصرف خوراک در پرندگان گروه T4 افزایش معنی‌داری را نشان داد ($P<0/05$). سایر متغیرهای عملکرد تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P>0/05$). در دوره پایانی و نیز کل دوره آزمایش، هیچ یک از صفات عملکرد تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P>0/05$). تمایل مشاهده شده در گروه‌های دریافت‌کننده ژل مغذی رویال چیک برای جذب سریع‌تر کیسه زرده و نبود عملکرد (به‌ویژه در سنین اولیه) تا حدود زیادی با انتظارات ما و یافته‌های سایر محققان منطبق بود. نتایج مطالعه فراتحلیلی (متاآنالیز) انجام شده توسط دجانگ و همکاران (De Jong et al., 2017) نشان داد که محرومیت از آب و خوراک پس از تفریح به کاهش معنی‌دار وزن بدن در سنین ۲ و ۴۲ روزگی منجر می‌شود. به‌علاوه کاهش وزن بدن و مصرف خوراک با افزایش مدت زمان محرومیت از آب و خوراک (۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۸۴ ساعت) تشدید می‌شود. ضریب تبدیل خوراک تا سنین ۲۱ و ۴۲ روزگی در جوجه‌های تحت محرومیت اولیه بیش از ۸۴ ساعت (در مقایسه با جوجه‌های شاهد بدون محرومیت) بیشتر بود.

نرخ تلفات در مقاطع زمانی مختلف دوره پرورش، با افزایش ساعات محرومیت اولیه از خوراک و آب افزایش یافت. محرومیت اولیه از خوراک و آب اثر مشخصی بر وزن نسبی کیسه زرده نداشت، با این حال تأمین آب طی دوره اولیه پس از تفریح جذب کیسه زرده را تحت تأثیر قرار داد.

شدند. جهت جداسازی سرم، خون منعقد شده در دور (RPM) ۳۰۰۰ و به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ گردید و سرم حاصل درون میکروتیوپ در دمای ۲۴- درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آنالیز نگهداری شد. تعیین عیار پادتن‌های مادری علیه ویروس بیماری‌های نیوکاسل و آنفولانزا با روش هم‌گلو‌تیناسیون (Log_2) (Bagherzadeh and Shariatmadari, 2012) انجام شد، درحالی‌که برای ویروس بیماری برونشیت، از روش الایزا (کیت IDVET ساخت شرکت فرانسه) استفاده شد. در پایان دوره آزمایش (۳۵ روزگی) پس از توزین، دو قطعه جوجه از هر تکرار که متوسط وزن آن به میانگین گروه نزدیک‌تر بود، انتخاب گردید. سپس پرندگان انتخاب شده، برای اندازه‌گیری صفات لاشه و ریخت‌شناسی روده (برش قسمت میانی بافت ژژنوم) کشتار و توزین شدند. قطعات لاشه شامل ران‌ها، سینه، عرض و طول سینه، چربی محوطه بطنی، طحال و بورس فابریسیوس با استفاده از ترازوی دیجیتالی و با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری و سپس با تقسیم وزن‌های حاصل به وزن زنده پرنده، وزن نسبی آن‌ها محاسبه گردید. آماده‌سازی نمونه‌های بافت ژژنوم با روش خلیق و همکاران (Khaligh et al., 2019) انجام شد. فراسنجه‌های مورد نظر شامل طول پرز، پهنای پرز، عمق کریپت و ضخامت لامینا پروپریا با استفاده از میکروسکوپ نوری متصل به کامپیوتر اندازه‌گیری شد. برای محاسبه ناحیه سطحی پرزها از معادله زیر استفاده شد (Uni et al., 2005):

$$\text{معادله (۱)} \quad \text{ارتفاع پرز} \times (\text{پهنای پرز} \times 0/5) \times 2\pi = \text{ناحیه سطحی پرز}$$

آنالیز آماری

کلیه داده‌های خام، پس از ثبت در نرم‌افزار اکسل و انجام محاسبات برای متغیرهای مختلف، وارد نرم‌افزار مینی‌تب (Minitab 17) شدند و داده‌های پرت با آزمون Grubbs و نسبت‌های r دیکسون حذف شدند. پس از انجام آزمون نرمالیت، مؤلفه‌های واریانس داده‌های آزمایش، در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) با استفاده از نرم‌افزار SAS (۹/۱) و رویه GLM برآورد شدند. مقایسه میانگین‌ها تحت آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. همچنین مقایسات T تست با استفاده از نرم‌افزار Minitab ۱۷ جهت مقایسه میانگین‌های شاهد با هر یک از تیمارهای آزمایشی انجام گرفت.

در این آزمایش، تفاوت‌های با $P\text{-value} < 0/05$ معنی‌دار و تفاوت‌های با $P\text{-value} < 0/1$ متمایل به معنی‌داری گزارش شد.

داده‌های حاصل از این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و طبق مدل آماری زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

$$y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

جدول ۱- ترکیبات و میزان مواد مغذی جیره‌های آزمایشی

Table 1- Ingredients and chemical composition of experimental diets

مواد خوراکی (درصد) Ingredients (%)	آغارین (۲-۱۱ روزگی) Starter (2-11d)	رشد (۱۲-۲۴ روزگی) Grower (12-24d)	پایانی (۲۵-۳۵ روزگی) Finisher (25-35d)
ذرت Corn	58.30	61.41	66.43
کنجاله سویا (پروتئین خام، ۴۴٪) Soybean meal (CP,44%)	37.40	33.88	28.61
روغن سویا Soybean oil	0.80	1.65	2.17
کربنات کلسیم Carbonate calcium	1.06	0.98	0.91
دی کلسیم فسفات Di calcium phosphate	1.77	1.56	1.40
نمک طعام Salt	0.35	0.35	0.35
مکمل معدنی و ویتامینه ^۱ Mineral and vitamin premix ¹	0.50	0.50	0.50
دی ال-متیونین DL-methionine	0.34	0.29	0.27
ال-لیزین هیدروکلراید L-lysine HCl	0.27	0.20	0.20
ال-تروئین L-threonine	0.11	0.08	0.06
مواد مغذی محاسبه شده (درصد) Calculated composition (%)			
انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)	2850	2945	3040
پروتئین خام Crude protein	21.86	20.45	18.54
کلسیم Calcium	0.91	0.83	0.75
فسفر قابل دسترس Available phosphorus	0.46	0.41	0.38
سدیم Sodium	0.15	0.15	0.15
متیونین Methionine	0.68	0.61	0.56
متیونین+سیستئین Methionine+cysteine	1.03	0.94	0.86
لیزین Lysine	1.37	1.23	1.10

^۱مقادیر به‌ازای هر کیلوگرم جیره: ویتامین A، ۸۸۰۰ واحد بین‌المللی؛ کوله کلسیفرول، ۲۵۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۱۱ واحد بین‌المللی؛ ویتامین K₃، ۲/۲ میلی‌گرم؛ ویتامین B₁₂، ۰/۰۱ میلی‌گرم؛ تیامین، ۱/۵ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین؛ چهار میلی‌گرم؛ نیاسین، ۳۵ میلی‌گرم؛ اسید فولیک، ۰/۵ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۱۵ میلی‌گرم؛ پیروکسین، ۲/۵ میلی‌گرم؛ اسید پنتوتنیک، هشت میلی‌گرم؛ کولین کلراید، ۵۰ میلی‌گرم بتائین، ۱۹۰ میلی‌گرم؛ روی، ۶۵ میلی‌گرم؛ منگنز، ۷۵ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۲ میلی‌گرم؛ ید، ۰/۹ میلی‌گرم؛ مس، شش میلی‌گرم؛ آهن، ۷۵ میلی‌گرم.

¹ Supplied per kg of diet: vitamin A as acetate, 8800 IU; Cholecalciferol, 2500 IU; vitamin E (as dl- α tocopherol) 11 IU, vitamin K₃, 2.2 mg; Vitamin B₁₂, 0.01 mg, thiamine, 1.5 mg; Riboflavin, 4 mg; Niacin 35mg, folic acid 0.5 mg; Biotin, 0.15 mg; pyridoxine 2.5 mg; pantothenate, 8 mg; choline chloride, 50 mg; Betaine 190 mg; Zinc, 65 mg; Magnesium, 75 mg; selenium, 0.2 mg; iodide, 0.9 mg; Copper, 6 mg; Iron, 75 mg.

مشاهده نشد. با این حال، هنگام تأمین آب آشامیدنی بلافاصله پس از تفریح برای جوجه‌هایی که به مدت ۷۲ ساعت پس از تفریح گرسنه مانده بودند، وزن نسبی کیسه زرده به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

محرومیت اولیه از آب و خوراک به مدت ۷۲ ساعت موجب کاهش معنی‌دار وزن نسبی کیسه زرده در سن سه روزگی شد، اما در محرومیت‌های کمتر از ۷۲ ساعت (۲۴ و ۴۸ ساعت) چنین اثری

کوچک‌تر بوده و نیاز به دوره انکوباسیون طولانی‌تری دارند (Suarez et al., 1997). تخم‌های حاصل از گله‌های مادر مسن زودتر تفریح شده و در نتیجه، احتمال دهیدراته شدن جوجه‌ها با پیر شدن گله مادر، افزایش می‌یابد. همچنین با بالا رفتن سن گله مادر کیفیت و زنده‌مانی جوجه کاهش یافته و به دلیل کندتر شدن التیام بند ناف، احتمال بروز عفونت کیسه زرده افزایش می‌یابد (Yerpes and Manteca, 2020). دهیدراتاسیون شدید و عفونت بند ناف علاوه بر افزایش تلفات هفته اول، ممکن است موجب تأخیر در رشد و کاهش عملکرد گله تا انتهای دوره پرورش شوند. به دلیل جوان بودن گله مادر مولد جوجه‌های مورد استفاده در این آزمایش (۳۴ هفته)، احتمالاً این جوجه‌ها با دهیدراتاسیون حاد و عوارض شدید ناشی از آن مواجه نشده‌اند. در نتیجه، دریافت آب به‌واسطه مصرف ژل مغذی رویال چیک با القای اثرات بلندمدت و معنی‌دار همراه نبوده است.

عیار پادتن‌های مادری

استفاده از ژل مغذی رویال چیک صرف نظر از نحوه تجویز آن، در اغلب موارد با افزایش عیار پادتن‌های مادری علیه سه ویروس بیماری‌زای ND، IBV و AI همراه بود، هر چند از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های تحت تیمار با ژل و گروه شاهد مشاهده نشد (جدول ۶؛ $P > 0.05$). این نتایج با توجه به یافته‌های مربوط به وزن کیسه زرده (جدول ۲) قابل توجیه می‌باشند. کیسه زرده به‌عنوان منشأ پادتن‌های مادری عمل می‌کند. هر عاملی که باعث تسریع جذب کیسه در ساعات اولیه پساتفریح شود، با افزایش عیار پادتن‌های مادری در سرم خون جوجه‌ها همراه خواهد بود. عدم دسترسی به مواد مغذی طی ساعات اولیه پس از تفریح احتمال به‌کارگیری ایمونوگلوبولین‌های زرده به‌عنوان منبع اسید آمینه را افزایش می‌دهد. جوجه‌ها طی روزهای نخست پساتفریح قادر به تولید پادتن نبوده و پادتن‌های موجود در خون آن‌ها عمدتاً از زرده نشأت می‌گیرند. تقریباً از روز هفتم حیات پساچینی تولید درون‌زادی پادتن در بدن جوجه آغاز می‌شود. در مطالعه وارگاس و همکاران (Vargas et al., 2010) تأخیر ۱۲ ساعته در دسترسی اولیه به خوراک کاهش معنی‌دار عیار پادتن بر علیه ویروس بیماری نیوکاسل در سن هفت روزگی را به دنبال داشت، درحالی‌که عیار پادتن‌های مادری ضد ویروس بیماری برونشیت عفونی و نیز بیماری بورس عفونی (گامبرو) تحت تأثیر تغذیه اولیه قرار نگرفت.

این محققان همچنین گزارش کردند که ۴۸ ساعت محرومیت جوجه‌های تازه تفریح شده از آب و خوراک به کاهش وزن بدن و افزایش نرخ تلفات تا سن ۴۲ روزگی منجر می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر، تغذیه اولیه با سفیده تخم مرغ آب‌پز، تکه‌های میوه پرتقال و جیره پیش‌آغازین در سبد هچر و کارتن حمل بر عملکرد جوجه‌های گوشتی نشان داد، تغذیه زود هنگام صرف نظر از نوع خوراک اولیه، عملکرد بهتری را در قیاس با گروه شاهد بدون تغذیه زود هنگام، به همراه داشته است (Abousekken et al., 2017). موران و راینهارت (Moran and Reinhart, 1980) نیز گزارش کردند که عدم دسترسی جوجه بوقلمون‌ها به خوراک طی دو روز نخست پس از تفریح به تأخیر در جذب کیسه زرده منتهی شد و جذب رطوبت و چربی زرده در این جوجه‌ها در قیاس بخش پروتئینی زرده بیشتر بود، حال آنکه عکس این روند در جوجه بوقلمون‌های شاهد تحت تغذیه زود هنگام مشاهده شد. همچنین تمایل به افزایش جذب کیسه زرده در نتیجه مصرف ژل مغذی رویال چیک را شاید بتوان تا حدی به وجود ریزجانداران پروبیوتیک موجود در این محصول نسبت داد. در مطالعه به عمل آمده توسط خلیق و همکاران (Khaligh et al., 2019)، تجویز درون تخم‌مرغی باکتری‌های پروبیوتیک کاهش معنی‌دار وزن کیسه زرده در جوجه‌های گوشتی یک‌روزه را در مقایسه با شاهد در پی داشته است. پروبیوتیک‌ها با تولید اسیدهای چرب فرار گیرنده‌های مخاطی متصل به اعصاب روده‌ای و واگ (Dass et al., 2007) و عضلات صاف کلون (Gibson and Roberfroid, 1995) را تحریک کرده و موجب آزادسازی پپتیدهای تنظیم‌کننده فعالیت‌ها و حرکات مجرای گوارشی (مانند پلی‌پپتید YY) می‌شوند (Cherbut and Galmiche, 1998) و از این طریق، حرکات دستگاه گوارش را افزایش می‌دهند. بدین ترتیب، این احتمال وجود دارد که وجود پروبیوتیک در رویال چیک با القا حرکات روده، جذب کیسه زرده را در آزمایش حاضر افزایش داده باشد. اثرات مثبت مصرف رویال چیک در دوره آغازین و رشد و کمرنگ شدن این اثرات در دوره پایانی و نیز کل دوره آزمایش احتمالاً با طول دوره محرومیت از آب و خوراک و سن گله مادر مرتبط است؛ در مطالعه حاضر، طول دوره محرومیت اولیه از آب و خوراک ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد، درحالی‌که اثرات منفی گرسنگی و تشنگی اولیه پساتفریح با افزایش دوره محرومیت به بیش از ۲۴ ساعت، برجسته‌تر می‌شود (De Jong et al., 2017). همچنین می‌توان سن گله مادر را نیز در کمرنگ‌تر شدن اثرات مثبت رویال چیک، با نزدیک شدن به انتهای دوره دخیل دانست. تخم‌مرغ‌های مادر جوان در مقایسه با تخم‌مرغ‌های مادر مسن‌تر

جدول ۲- تأثیر دریافت ژل مغذی رویال چیک در کارتن حمل (با یا بدون خوراک آغازین) و سالن پرورش بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین (۲-۱۱ روزگی)
Table 2- The effect of receiving hydrated Royal Chick (HRCH) nutritious gel in chick box (with or without starter feed) and in rearing house on productive performance of broiler chicks in the starter period (2-11 d)

متغیرها Variables	تیمارها ^۱ Treatments ¹					سطح احتمال P-value	خطای معیار میانگین SEM
	شاهد Control	تیمار ۱ T ₁	تیمار ۲ T ₂	تیمار ۳ T ₃	تیمار ۴ T ₄		
وزن نسبی کیسه‌زرده Relative yolk sac weight (%)	3.85 ^A	2.75 ^B	2.58 ^B	3.28 ^{AB}	3.02 ^{AB}	0.076	0.333
وزن زنده بدن (گرم/پرنده) Live body weight (g/b)	218.3 ^b	223.9 ^b	234.7 ^a	234.9 ^a	232.3 ^a	0.001	2.272
مصرف خوراک (گرم/پرنده/روز) Feed intake (g/b/d)	21.16 ^c	22.06 ^b	23.11 ^a	22.57 ^{ab}	22.81 ^{ab}	0.001	0.292
افزایش وزن بدن (گرم/پرنده/روز) Body weight gain (g/b/d)	18.15 ^b	18.58 ^b	19.61 ^a	19.50 ^a	19.37 ^a	0.000	0.220
ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio	1.165 ^c	1.187 ^a	1.179 ^{ab}	1.186 ^a	1.172 ^{bc}	0.006	0.004
آزمون - تی T-Test		شاهد × تیمار ۱ Control × T ₁	شاهد × تیمار ۲ Control × T ₂	شاهد × تیمار ۳ Control × T ₃	شاهد × تیمار ۴ Control × T ₄		
متغیرها		P-value					
Variables							
وزن زنده بدن (گرم/پرنده) Live body weight (g/b)		0.061	0.005	0.000	0.000		
مصرف خوراک (گرم/پرنده/روز) Feed intake (g/b/d)		0.004	0.000	0.034	0.000		
افزایش وزن بدن (گرم/پرنده/روز) Body weight gain (g/b/d)		0.097	0.007	0.000	0.000		
ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio		0.004	0.047	0.002	-		

^۱ تیمار ۱: ژل مغذی در کارتن حمل و سالن پرورش؛ تیمار ۲: ژل مغذی همراه با خوراک آغازین در کارتن حمل؛ تیمار ۳: ژل مغذی در کارتن حمل؛ تیمار ۴: ژل مغذی در سالن پرورش.

^{a,b,c} میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف، دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

^{A,B} میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف، به داشتن تفاوت معنی‌دار متمایل‌اند ($0.05 < P < 0.1$).

¹ T₁: HRCH in chick box and rearing house; T₂: HRCH along with starter feed in chick box; T₃: HRCH in chick box; T₄: HRCH in rearing house.

^{a,b,c} Means within a row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

^{A,B} Means within a row with different superscripts tended to differ significantly ($0.05 < P < 0.1$).

پاسخ ایمنی همورال و وزن اندام‌های ایمنی

پادتن اختصاصی ویروس بیماری برونشیت عفونی به صورت انفرادی برای هر یک از گروه‌های تحت تیمار با ژل در برابر گروه شاهد (آزمون T)، از بهبود معنی‌دار این فراسنجه در گروه‌های دریافت‌کننده رویال چیک [فقط] در کارتن حمل با ($P = 0.023$) و بدون خوراک

تفاوت بین گروه‌های T₂ و شاهد از نظر عیارپادتن بر علیه ویروس بیماری برونشیت عفونی تمایل به معنی‌داری داشت ($P = 0.09$). از سوی دیگر، تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به عیارتن

بیماری‌ها و عوامل بیماری‌زا را به دنبال خواهد داشت (Panda et al., 2015). تغذیه زود هنگام یکی از عوامل مؤثر در توسعه اولیه سیستم ایمنی در جوجه‌های تازه تفریخ شده به‌شمار می‌رود. تغذیه زود هنگام مواد مغذی مورد نیاز برای رشد و نمو ارگان‌های لنفاوی اولیه و ثانویه را فراهم و توسعه سیستم ایمنی جوجه‌های تازه تفریخ شده (به‌ویژه سیستم ایمنی مخاطی) را تسریع می‌کند (Juul-Madsen et al., 2004).

آغازین (P=0/041) حکایت داشت (جدول ۷). وزن نسبی اندام‌های ایمنی شامل بورس فابریسیوس و طحال تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۷؛ P>0/05). افزایش مدت زمان محرومیت اولیه از آب و خوراک موجب دهیدراتاسیون و تخلیه انرژی بدن پرنده می‌شود. تأخیر در جوجه‌ریزی و دسترسی به خوراک کاهش رشد و افزایش مرگ و میر، ضعف پاسخ به واکسیناسیون، اختلال در نمو و تکامل دستگاه گوارش و سیستم ایمنی، افت مقاومت در برابر

جدول ۳- تأثیر دریافت ژل مغذی رویال چیک در کارتن حمل (با یا بدون خوراک آغازین) و سالن پرورش بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره رشد (۱۲-۲۴ روزگی)

Table 3- The effect of receiving hydrated Royal Chick (HRCH) nutritious gel in chick box (with or without starter feed) and in rearing house on productive performance of broiler chicks in the grower period (12-24 d)

متغیرها Variables	تیمارها ^۱ Treatments ¹					سطح احتمال P-value	خطای معیار میانگین SEM
	شاهد Control	تیمار ۱ T ₁	تیمار ۲ T ₂	تیمار ۳ T ₃	تیمار ۴ T ₄		
وزن زنده بدن (گرم/پرنده) Live body weight (g/b)	943.3 ^c	955.8 ^{bc}	994.1 ^a	974.9 ^{ab}	978.4 ^{ab}	0.010	9.335
مصرف خوراک (گرم/پرنده/روز) Feed intake (g/b/d)	73.5 ^b	73.3 ^b	74.7 ^{ab}	73.7 ^b	75.8 ^a	0.045	0.628
افزایش وزن بدن (گرم/پرنده/روز) Body weight gain (g/b/d)	52.3	52.3	54.0	53.3	53.2	0.236	0.595
ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio	1.404	1.402	1.418	1.398	1.411	0.850	0.014

^۱ تیمار ۱: ژل مغذی در کارتن حمل و سالن پرورش؛ تیمار ۲: ژل مغذی همراه با خوراک آغازین در کارتن حمل؛ تیمار ۳: ژل مغذی در کارتن حمل؛ تیمار ۴: ژل مغذی در سالن پرورش.

^{b&c} میانگین‌های فاقد حرف کوچک مشترک در هر ردیف، دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (P<0/05).

¹ T1: HRCH in chick box and rearing house; T2: HRCH along with starter feed in chick box; T3: HRCH in chick box; T4: HRCH in rearing house.

^{a,b&c} Means within a row with no common lowercase superscripts differ significantly (P<0.05).

جدول ۴- تأثیر دریافت ژل مغذی رویال چیک در کارتن حمل (با یا بدون خوراک آغازین) و سالن پرورش بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی (۲۵-۳۵ روزگی)

Table 4- The effect of receiving hydrated Royal Chick (HRCH) nutritious gel in chick box (with or without starter feed) and in rearing house on productive performance of broiler chicks in the finisher period (25-35 d)

متغیرها Variables	تیمارها ^۱ Treatments ¹					سطح احتمال P-value	خطای معیار میانگین SEM
	شاهد Control	تیمار ۱ T ₁	تیمار ۲ T ₂	تیمار ۳ T ₃	تیمار ۴ T ₄		
وزن زنده بدن (گرم/پرنده) Live body weight (g/b)	1934.2	1977.1	1986.5	1994.1	1990.5	0.299	21.521
مصرف خوراک (گرم/پرنده/روز) Feed intake (g/b/d)	149.7	150.4	151.6	153.8	153.2	0.486	1.875
افزایش وزن بدن (گرم/پرنده/روز) Body weight gain (g/b/d)	89.2	92.8	91.6	92.7	92.0	0.504	1.630
ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio	1.678	1.670	1.663	1.638	1.673	0.322	0.014

^۱ تیمار ۱: ژل مغذی در کارتن حمل و سالن پرورش؛ تیمار ۲: ژل مغذی همراه با خوراک آغازین در کارتن حمل؛ تیمار ۳: ژل مغذی در کارتن حمل؛ تیمار ۴: ژل مغذی در سالن پرورش.

¹ T1: HRCH in chick box and rearing house; T2: HRCH along with starter feed in chick box; T3: HRCH in chick box; T4: HRCH in rearing house.

جدول ۵- تأثیر دریافت ژل مغذی رویال چیک در کارتن حمل (با یا بدون خوراک آغازین) و سالن پرورش بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در کل دوره (۲-۳۵ روزگی)
Table 5- The effect of receiving hydrated Royal Chick (HRCH) nutritious gel in chick box (with or without starter feed) and in rearing house on productive performance of broiler chicks in the overall (2-35 d)

متغیرها Variables	تیمارها ^۱ Treatments ¹					سطح احتمال P-value	خطای معیار میانگین SEM
	شاهد Control	تیمار ۱ T ₁	تیمار ۲ T ₂	تیمار ۳ T ₃	تیمار ۴ T ₄		
مصرف خوراک (گرم/پرند/روز) Feed intake (g/b/d)	82.501	82.101	83.739	83.531	84.119	0.368	0.801
افزایش وزن بدن (گرم/پرند/روز) Body weight gain (g/b/d)	54.202	55.401	55.653	55.841	55.772	0.326	0.611
ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio	1.522	1.516	1.520	1.501	1.525	0.318	0.008

^۱ تیمار ۱: ژل مغذی در کارتن حمل و سالن پرورش؛ تیمار ۲: ژل مغذی همراه با خوراک آغازین در کارتن حمل؛ تیمار ۳: ژل مغذی در کارتن حمل؛ تیمار ۴: ژل مغذی در سالن پرورش.

¹ T₁: HRCH in chick box and rearing house; T₂: HRCH along with starter feed in chick box; T₃: HRCH in chick box; T₄: HRCH in rearing house.

جدول ۶- تأثیر دریافت ژل مغذی رویال چیک در کارتن حمل (با یا بدون خوراک آغازین) و سالن پرورش بر عیار پادتن‌های مادری علیه ویروس بیماری‌های نیوکاسل (ND)، آنفولانزای طیور (AI) و برونشیت (IBV) در جوجه‌های گوشتی (۲ روزگی)

Table 6- The effect of receiving hydrated Royal Chick (HRCH) nutritious gel in chick box (with or without starter feed) and in rearing house on maternal antibody titer against Newcastle disease virus (NDV), infectious bronchitis virus (IBV), and avian influenza virus (AI) in broiler chicks (2 d)

متغیرها Variables	تیمارها ^۱ Treatments ¹					سطح احتمال P-value	خطای معیار میانگین SEM
	شاهد Control	تیمار ۱ T ₁	تیمار ۲ T ₂	تیمار ۳ T ₃	تیمار ۴ T ₄		
نیوکاسل (HI; Log ₂)	5.833	6.500	6.500	6.167	6.000	0.316	0.267
آنفولانزا (HI; Log ₂)	6.000	6.500	6.333	6.500	6.833	0.475	0.318
برونشیت Bronchitis	9168.167	9454.500	8957.167	9347.500	9748.333	0.333	271.546

^۱ تیمار ۱: ژل مغذی در کارتن حمل و سالن پرورش؛ تیمار ۲: ژل مغذی همراه با خوراک آغازین در کارتن حمل؛ تیمار ۳: ژل مغذی در کارتن حمل؛ تیمار ۴: ژل مغذی در سالن پرورش.

¹ T₁: HRCH in chick box and rearing house; T₂: HRCH along with starter feed in chick box; T₃: HRCH in chick box; T₄: HRCH in rearing house.

تغذیه اولیه ممکن است کارکرد سیستم ایمنی را در بلندمدت تحت تأثیر قرار دهد.

ویژگی‌های لاشه

بالاترین میزان بازده لاشه در گروه T₂ به دست آمد، به طوری که تفاوت آن با سایر تیمارها و گروه شاهد معنی‌دار بود (جدول ۸: $P < 0.05$). به علاوه مقایسه انفرادی گروه یاد شده با گروه شاهد (آزمون T) گرایشی را در این گروه برای دارا بودن بازده ماهیچه سینه بیشتر در مقایسه گروه شاهد آشکار نمود (جدول ۸: $P = 0.077$). مقایسه سه نوع خوراک مختلف (سفیده تخم مرغ آب‌پز، تکه‌های پرتقال بدون پوست و جیره پیش‌آغازین) برای تغذیه اولیه جوجه‌های گوشتی در سبد هچر و کارتن حمل نشان داد که بیشترین مقادیر

براساس یافته‌های سلیم و همکاران (Selim et al., 2021)، تغذیه زود هنگام نمو اندام‌های لنفوییدی و دستگاه گوارش را در جوجه‌های ۱۴ روزه تحت تأثیر قرار نداد. بررسی‌های بافت‌شناختی از افزایش ضخامت بخش قشری و نسبت ضخامت بخش قشری به بخش مرکزی تیموس و بورس در نتیجه تغذیه زود هنگام پرده برداشتند. نواحی زایای مرکزی و مغز سفید طحال در جوجه‌های تحت تغذیه زود هنگام افزایش یافت، که این امر حکایت از افزایش تکثیر و بلوغ لنفوسیت‌های نوع B در اندام‌های لنفاوی ثانویه دارد. همچنین تغذیه زود هنگام بیان ژن‌های وابسته به کارکردهای ایمونولوژیک طحال را در جوجه‌های ۱۴ روزه افزایش داد. در مطالعه به عمل آمده توسط عباسی و همکاران (Abbasi et al., 2016) دریافت ویتامین K₃ به صورت درون تخم‌مرغی موجب افزایش عیار پادتن بر علیه گلبول‌های قرمز گوسفند در سن ۳۵ و ۴۲ روزگی شد. بدین ترتیب

اهمیت زیادی دارد (Yablonka-Reuveni, 2011)، زیرا سلول‌های ماهواره‌ای قادرند با فیبرهای ماهیچه‌ای موجود ادغام شده و با خود فیبرهای ماهیچه‌ای جدیدی را به‌وجود آورند (Starkey et al., 2011).

ریخت‌شناسی روده

تأثیر دریافت ژل مغذی رویال چیک در کارتن حمل (با یا بدون خوراک آغازین) و سالن پرورش بر ویژگی‌های ریخت‌شناختی روده در جوجه‌های گوشتی ۳۵ روزه معنی‌دار نبود (جدول ۱۰؛ $P > 0.05$). این نتایج با یافته‌های ابوالنگا و سلیم (Abou-Elnaga and Selim, 2018) مغایرت دارد. ابوالنگا و سلیم (Abou-Elnaga and Selim, 2018) اثر تغذیه زود هنگام با رژیم‌های غذایی متفاوت طی ۷۲ ساعت آغازین را بر نمو و هیستومورفولوژی روده جوجه‌های تخم‌گذار مورد ارزیابی قرار دادند.

بازده لاشه، بازده لاشه بدون استخوان، بازده ماهیچه ران و سینه، وزن نسبی قلب و کبد در گروه‌های دریافت‌کننده تکه‌های پرتقال و جیره پیش‌آغازین بیشتر از گروه شاهد بدون تغذیه اولیه بود (Abousekken et al., 2017). فعالیت میتوتیک سلول‌های ماهواره‌ای طی روزهای نخست پساتفریح یکی از مهم‌ترین وقایع نمو و تکامل ماهیچه به شمار می‌رود. محققان نشان داده‌اند که تغذیه زود هنگام بلافاصله پس از تفریح، فعالیت میتوتیک سلول‌های ماهواره‌ای را در ماهیچه سینه تحریک کرده و وزن ماهیچه سینه را بهبود می‌دهد (Moore et al., 2005). رشد و ترمیم ماهیچه اسکلتی در دوره پساجینی، عمدتاً در گروهی تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای تک هسته‌ای است که بین لایه قاعده‌ای (basal lamina) و سارکولمای میکروفیبرها مستقر هستند (Kuang et al., 2007). هایپرپلازی یا تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای برای ترمیم عضله و افزایش هسته‌های سلولی در ماهیچه حیاتی بوده (Kawano et al., 2008) و در هایپرتروفی (افزایش حجم) فیبرهای عضلانی طی دوره پساجینی

جدول ۷- تأثیر دریافت ژل مغذی رویال چیک در کارتن حمل (با یا بدون خوراک آغازین) و سالن پرورش بر عیار پادتن‌های مادری علیه ویروس بیماری‌های نیوکاسل (ND)، آنفولانزای طیور (AI) و برونشیت (IBV) و وزن نسبی اندام‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی (۲۵ روزگی)

Table 7- The effect of receiving hydrated Royal Chick (HRCH) nutritious gel in chick box (with or without starter feed) and in rearing house on maternal antibody titer against Newcastle disease virus (NDV), infectious bronchitis virus (IBV), and avian influenza virus (AI) and relative immunity organs weight in broiler chicks (25 d)

متغیرها Variables	تیمارها ^۱ Treatments ¹				سطح احتمال P-value	خطای معیار میانگین SEM	
	شاهد Control	تیمار ۱ T ₁	تیمار ۲ T ₂	تیمار ۳ T ₃			تیمار ۴ T ₄
نیوکاسل (Log ₂ :HI) NDV (HI; Log ₂)	5.417	5.917	5.833	6.000	5.917	0.689	0.307
آنفولانزا (Log ₂ :HI) AI (HI; Log ₂)	4.083	4.083	4.000	4.333	4.333	0.152	0.118
برونشیت IBV	1154.385 ^B	1685.917 ^{AB}	2240.500 ^A	1761.795 ^{AB}	1484.000 ^{AB}	0.090	273.298
بورس فابریسیوس (%) Bursa of fabricius (%)	0.185	0.206	0.181	0.206	0.201	0.495	0.013
طحال (%) Spleen (%)	0.088	0.106	0.097	0.108	0.103	0.283	0.007
آزمون - تی T-Test		شاهد × تیمار ۱ Control × T ₁	شاهد × تیمار ۲ Control × T ₂	شاهد × تیمار ۳ Control × T ₃	شاهد × تیمار ۴ Control × T ₄		
متغیرها variables		P-value					
برونشیت Bronchitis		-	0.023	0.041	-		

^۱ تیمار ۱: ژل مغذی در کارتن حمل و سالن پرورش؛ تیمار ۲: ژل مغذی همراه با خوراک آغازین در کارتن حمل؛ تیمار ۳: ژل مغذی در کارتن حمل؛ تیمار ۴: ژل مغذی در سالن پرورش. ^{A&B} میانگین‌های فاقد حرف بزرگ مشترک در هر ردیف، به داشتن تفاوت معنی‌دار با یکدیگر متمایزند ($0.05 < P < 0.1$)

¹ T₁: HRCH in chick box and rearing house; T₂: HRCH along with starter feed in chick box; T₃: HRCH in chick box; T₄: HRCH in rearing house.

^{A&B} Means within a row with no common uppercase superscripts tended to differ significantly from each other ($0.05 < P < 0.1$).

جدول ۸- تأثیر دریافت ژل مغذی رویال چیک در کارتن حمل (با یا بدون خوراک آغازین) و سالن پرورش بر ویژگی‌های لاشه جوجه‌های گوشتی در سن ۳۵ روزگی
Table 8- The effect of receiving hydrated Royal Chick (HRCH) nutritious gel in chick box (with or without starter feed) and in rearing house on carcass characteristics of broiler chicks (35 d)

متغیرها Variables	تیماها ^۱ Treatments ¹					سطح احتمال P-value	خطای معیار میانگین SEM
	شاهد Control	تیما ۱ T ₁	تیما ۲ T ₂	تیما ۳ T ₃	تیما ۴ T ₄		
لاشه Carcass weight	64.959 ^b	54.212 ^b	67.163 ^a	64.879 ^b	63.803 ^b	0.011	0.692
سینه breast	25.388	25.231	26.725	26.456	25.312	0.075	0.475
طول سینه Breast length	0.537	0.551	0.553	0.548	0.544	0.907	0.0126
عرض سینه Breast width	0.475	0.467	0.477	0.477	0.471	0.893	0.0085
چربی محوطه بطنی Abdominal fat	1.556	1.451	1.528	1.325	1.388	0.197	0.077
T-test		شاهد × تیمار ۱ Control × T ₁	شاهد × تیمار ۲ Control × T ₂	شاهد × تیمار ۳ Control × T ₃	شاهد × تیمار ۴ Control × T ₄		
متغیرها Variables	P-value						
سینه breast		0.077	-	-	-		

^۱ تیمار ۱: ژل مغذی در کارتن حمل و سالن پرورش؛ تیمار ۲: ژل مغذی همراه با خوراک آغازین در کارتن حمل؛ تیمار ۳: ژل مغذی در کارتن حمل؛ تیمار ۴: ژل مغذی در سالن پرورش.

¹ T₁: HRCH in chick box and rearing house; T₂: HRCH along with starter feed in chick box; T₃: HRCH in chick box; T₄: HRCH in rearing house.

جدول ۹- تأثیر دریافت ژل مغذی رویال چیک در کارتن حمل (با یا بدون خوراک آغازین) و سالن پرورش بر مرفولوژی روده جوجه‌های گوشتی در سن ۳۵ روزگی
Table 9- The effect of receiving hydrated Royal Chick (HRCH) nutritious gel in chick box (with or without starter feed) and in rearing house on the intestinal histomorphology of broiler chicks (35 d)

متغیرها Variables	تیماها ^۱ Treatments ¹					سطح احتمال P-value	خطای معیار میانگین SEM
	شاهد Control	تیما ۱ T ₁	تیما ۲ T ₂	تیما ۳ T ₃	تیما ۴ T ₄		
ارتفاع پرز (میکرومتر) Villus height (µm)	1644.667	1708.500	1779.000	1702.000	1478.167	0.175	88.364
عرض پرز (میکرومتر) villus width (µm)	191.667	213.833	201.667	193.667	211.167	0.692	13.340
عمق کریپت (میکرومتر) Crypt depth (µm)	219.818	247.167	232.167	243.167	283.500	0.734	14.847
ضخامت لامینا پروپریا (میکرومتر) Thickness of lamina propria (µm)	43.000	39.500	39.667	45.667	39.527	0.115	1.994
مساحت سطح پرز (میلی متر مربع) Villi surface area (mm ²)	0.995	1.129	1.119	1.056	0.983	0.704	0.09
ارتفاع پرز/عمق کریپت Villus height/crypt depth	7.291	7.109	7.956	7.516	6.173	0.167	0.509

^۱ تیمار ۱: ژل مغذی در کارتن حمل و سالن پرورش؛ تیمار ۲: ژل مغذی همراه با خوراک آغازین در کارتن حمل؛ تیمار ۳: ژل مغذی در کارتن حمل؛ تیمار ۴: ژل مغذی در سالن پرورش.

¹ T₁: HRCH in chick box and rearing house; T₂: HRCH along with starter feed in chick box; T₃: HRCH in chick box; T₄: HRCH in rearing house.

این گروه افزایش معنی‌داری را نشان داد. به علاوه، گروه دریافت‌کننده جیره حاوی 20 CP درصد و ۱۱/۸۱ MJ/kg ME همراه با ۳ درصد ملاس و نیز گروه تغذیه شده با جیره حاوی 23 CP درصد و

در سن ۱۴ روزگی، گروه تغذیه شده با جیره حاوی 23 CP درصد و ۱۲/۶۸ MJ/kg ME از ارتفاع و پهنای پرز بیشتر و عمق کریپت کمتری در دوازدهه خود برخوردار بود و ارتفاع پرزهای ایلئوم نیز در

بود. افزایش معنی‌دار مصرف خوراک در تمامی گروه‌ها و ضرایب تبدیل خوراک بالاتر (به‌استثنای T4) در قیاس با گروه شاهد در این دوره مشاهده شد. طی دوره رشد، متوسط وزن بدن در کلیه گروه‌ها (به‌استثنای T1) در مقایسه با شاهد بیشتر بود و مصرف خوراک در پرندگان گروه T4 افزایش معنی‌داری را نشان داد. در سن ۲۵ روزگی، پاسخ ایمنی همورال علیه ویروس بیماری برونشیت در گروه‌های T2 و T3 به‌طور معنی‌داری بهبود یافت. بالاترین میزان بازده لاشه در گروه T2 به‌دست آمد؛ همچنین، پرندگان همین گروه به داشتن راندمان سینه بیشتر تمایل نشان دادند. بدین ترتیب، استفاده از ژل مغذی و آبدار رویال چیک برای تغذیه اولیه جوجه‌ها ممکن است اثرات مثبتی را بر عملکرد، ایمنی و صفات لاشه جوجه‌های گوشتی به دنبال داشته باشد.

۱۲/۶۸ME دارای ارتفاع پرز بیشتر و عمق کریپت کمتری در ناحیه ژژنوم بودند. این محققان چنین نتیجه‌گیری کردند که تغذیه زود هنگام با جیره سرشار از پروتئین و یا جیره حاوی ملاس صفات عملکرد و نمو روده را در جوجه‌های تخم‌گذار بهبود می‌بخشد. بلونی و همکاران (Biloni et al., 2013) و آدلای و همکاران (Adeleye et al., 2018) دریافتند که محرومیت ۲۴ ساعته از آب و خوراک (در مقایسه با زمانی که جوجه‌ها چهار ساعت پس از تفریح به آب و خوراک دسترسی داشتند)، ارتفاع پرزهای دوازدهه و تهی‌روده را به‌طور معنی‌داری کاهش داد.

نتیجه‌گیری کلی

مصرف رویال چیک در گروه‌های T2، T3 و T4 با بهبود متوسط وزن بدن در ۱۰ روزگی و افزایش وزن بدن طی دوره آغازین همراه

References

1. Abbasi, T., Shakeri, M., Zaghari, M., & Khoram, H. (2016). Improvement of broiler chickens immune system by in ovo injection of 25(OH) D₃ and K₃ vitamins. *Iranian Journal of Animal Science*, 47, 349-356. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijas.2016.59790>
2. Abou-Elnaga, M. K., & Selim, S. (2018). Influence of early feeding with different diet composition on performance and intestinal morphology of layer-type chicks during the brooding period. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 27(3), 268-275. <https://doi.org/10.22358/jafs/94166/2018>
3. Abousekken, M. S., Shalash, S. M., El-Abd, N. M., & Essa, H. G. (2017). The effects of early post-hatch nutrition on broiler performance. *Egyptian Poultry Science Journal*, 37, 749-762. <https://doi.org/10.21608/epsj.2017.7537>
4. Adeleye, O. O., Otakoya, I. O., Fafiolu, A. O., Alabi, J. O., Egbeyale, L. T., & Idowu, O. M. O. (2018). Serum chemistry and gut morphology of two strains of broiler chickens to varying interval of post hatch feeding. *Veterinary and Animal Science*, 5, 20-25. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2017.12.001>
5. Bagherzadeh Kasmani, F., Karimi Torshizi, M. A., Allameh, A., & Shariatmadari, F. (2012). A novel aflatoxin-binding Bacillus probiotic: Performance, serum biochemistry, and immunological parameters in Japanese quail. *Poultry Science*, 91(8), 1846. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01830>
6. Batal, A. B., & Parsons, C. M. (2002). Effect of fasting versus feeding oasis after hatching on nutrient utilization in chicks. *Poultry Science*, 81(6), 853-859. <https://doi.org/10.1093/ps/81.6.853>
7. Biloni, A., Quintana, C. F., Menconi, A., Kallapura, G., Latorre, J., Pixley, C., ... & Tellez, G. (2013). Evaluation of effects of EarlyBird associated with FloraMax-B11 on Salmonella Enteritidis, intestinal morphology, and performance of broiler chickens. *Poultry science*, 92(9), 2337-2346. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03279>
8. Cherbut, C., Ferrier, L., Rozé, C., Anini, Y., Blottière, H., Lecannu, G., & Galmiche, J. P. (1998). Short-chain fatty acids modify colonic motility through nerves and polypeptide YY release in the rat. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 275(6), 1415-1422. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.1998.275.6.G1415>
9. Dass, N. B., John, A. K., Bassil, A. K., Crumbley, C. W., Shehee, W. R., Maurio, F. P., ... & Sanger, G. J. (2007). The relationship between the effects of short-chain fatty acids on intestinal motility in vitro and GPR43 receptor activation. *Neurogastroenterology & Motility*, 19(1), 66-74. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2982.2006.00853.x>
10. de Jong, I. C., van Riel, J., Bracke, M. B., & van den Brand, H. (2017). A'meta-analysis' of effects of post-hatch food and water deprivation on development, performance and welfare of chickens. *Public Library of Science*, 12(12), e0189350. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189350>
11. Dibner, J. J., Knight, C. D., Kitchell, M. L., Atwell, C. A., Downs, A. C., & Ivey, F. J. (1998). Early feeding and development of the immune system in neonatal poultry. *Journal of Applied Poultry Research*, 7(4), 425-436. <https://doi.org/10.1093/japr/7.4.425>
12. Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of nutrition*, 125(6), 1401-1412. <https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401>
13. Juul-Madsen, H. R., Su, G., & Sørensen, P. (2004). Influence of early or late start of first feeding on growth and immune phenotype of broilers. *British Poultry Science*, 45(2), 210-222. <https://doi.org/10.1080/00071660410001715812>

14. Kawano, F., Takeno, Y., Nakai, N., Higo, Y., Terada, M., Ohira, T., Nonaka, I., & Ohira, Y. (2008). Essential role of satellite cells in the growth of rat soleus muscle fibers. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 295(2), C458-C467. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00497.2007>
15. Khaligh, F., Hassanabadi, A., Nassiri-Moghaddam, H., Golian, A., & Kalidari, G. A. (2019). Effect of probiotic administration route and dietary nutrient density on growth performance, gut health, and some hematological variables in healthy or Eimeria infected broiler chickens. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 9(3), 473-485.
16. Kuang, S., Kuroda, K., Le Grand, F., & Rudnicki, M. A. (2007). Asymmetric self-renewal and commitment of satellite stem cells in muscle. *Cell*, 129(5), 999-1010. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2007.03.044>
17. Moore, D. T., Ferket, P. R., & Mozdziak, P. E. (2005). The effect of early nutrition on satellite cell dynamics in the young turkey. *Poultry Science*, 84(5), 748-756. <https://doi.org/10.1093/ps/84.5.748>
18. Moran Jr, E. T., & Reinhart, B. S. (1980). Poult yolk sac amount and composition upon placement: effect of breeder age, egg weight, sex, and subsequent change with feeding or fasting. *Poultry science*, 59(7), 1521-1528. <https://doi.org/10.3382/ps.0591521>
19. Noy, Y., & Sklan, D. (1999). Different types of early feeding and performance in chicks and poults. *Journal of Applied Poultry Research*, 8(1), 16-24. <https://doi.org/10.1093/japr/8.1.16>
20. Noy, Y., Uni, Z., & Sklan, D. (1996). Routes of yolk utilisation in the newly-hatched chick. *British Poultry Science*, 37(5), 987-996. <https://doi.org/10.1080/00071669608417929>
21. Panda, A. K., Bhanja, S. K., & Sunder, G. S. (2015). Early post hatch nutrition on immune system development and function in broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*, 71(2), 285-296. <https://doi.org/10.1017/S004393391500029X>
22. Panda, A. K., & Reddy, M. R. (2007). Boosting the chicks immune system through early chick nutrition. *International Journal of Poultry Science*, 47, 22-26.
23. Santos, G. A., & Silversides, F. G. (1996). Utilization of the Sex-Linked Gene for Imperfect Albinism (S* ALS): 1. Effect of early weight loss on chick metabolism. *Poultry Science*, 75(11), 1321-1329. <https://doi.org/10.3382/ps.0751321>
24. Selim, S., Abdel-Megeid, N. S., Abou-Elnaga, M. K., & Mahmoud, S. F. (2021). Early nutrition with different diets composition versus fasting on immunity-related gene expression and histomorphology of digestive and lymphoid organs of layer-type chicks. *Animals*, 11(6), 1568. <https://doi.org/10.3390/ani11061568>
25. Shinde, A. S., Goel, A., Mehra, M., Rokade, J., Bhadauria, P., Mandal, A. B., & Bhanja, S. K. (2015). Delayed post hatch feeding affects performance, intestinal morphology and expression pattern of nutrient transporter genes in egg type chickens. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5(3), 1-11. <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000372>
26. Shira, E. B., Sklan, D., & Friedman, A. (2005). Impaired immune responses in broiler hatchling hindgut following delayed access to feed. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 105(1-2), 33-45. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2004.12.011>
27. Starkey, J. D., Yamamoto, M., Yamamoto, S., & Goldhamer, D. J. (2011). Skeletal muscle satellite cells are committed to myogenesis and do not spontaneously adopt nonmyogenic fates. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 59(1), 33-46. <https://doi.org/10.1369/jhc.2010.956995>
28. Suarez, M. E., Wilson, H. R., Mather, F. B., Wilcox, C. J., & McPherson, B. N. (1997). Effect of strain and age of the broiler breeder female on incubation time and chick weight. *Poultry Science*, 76(7), 1029-1036. <https://doi.org/10.1093/ps/76.7.1029>
29. Uni, Z., & Ferket, R. P. (2004). Methods for early nutrition and their potential. *World's Poultry Science Journal*, 60(1), 101-111. <https://doi.org/10.1079/WPS20038>
30. Uni, Z., Ferket, P. R., Tako, E., & Kedar, O. (2005). In ovo feeding improves energy status of late-term chicken embryos. *Poultry Science*, 84(5), 764-770. <https://doi.org/10.1093/ps/84.5.764>
31. Vargas, F. S. C., Baratto, T., Bona, T. D. M. M., Maiorka, A., & Santin, E. (2009). Two different breeder ages and two periods of post-hatching fasting on immunity of broilers. *Archives of Veterinary Science*, 14(3), 163-170.
32. Yablonka-Reuveni, Z. (2011). The skeletal muscle satellite cell: still young and fascinating at 50. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 59(12), 1041-1059. <https://doi.org/10.1369/0022155411426780>
33. Yerpes, M., Llonch, P., & Manteca, X. (2020). Factors associated with cumulative first-week mortality in broiler chicks. *Animals*, 10(2), 310. <https://doi.org/10.3390/ani10020310>



The Effect of Different Levels of Monosodium Glutamate on Performance, Egg Quality Characteristics and Blood Parameters of Laying Hens

Mohammad Kazemi Fard ^{1*}, Ali Asghar Kardel ², Mansour Rezaei ³, Essa Dirandeh ¹

Received: 19-06-2022

Revised: 12-12-2022

Accepted: 16-01-2023

Available Online: 16-01-2023

How to cite this article:

Kazemi Fard, M., Kardel, A., Rezaei, M., & Dirandeh, E. (2023). The effect of different levels of monosodium glutamate on performance, egg quality characteristics and blood parameters of laying hens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(3), 383-395.

DOI: [10.22067/ijasr.2023.77177.1079](https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.77177.1079)

Introduction: In the poultry industry, feed efficiency is of great importance in order to reduce the cost of feed by maximizing production efficiency. To achieve this result, the use of synthetic amino acids, such as the amino acids methionine, lysine, arginine, etc. in poultry nutrition can play an effective role in animal performance. Application of monosodium glutamate in animals cause to increased levels of triglycerides, total protein, cholesterol and blood glucose in rats. Addition of 1% monosodium glutamate in broiler diets increased feed intake compared to the control group and also in relation to weight gain at the level of 0.25 and 0.5% monosodium glutamate had a significant decrease compared to the control group. Therefore, considering the role and importance of laying hen performance during the production process and due to the very important role of monosodium glutamate in the occurrence of these changes, the effects of consumption of different levels of monosodium glutamate on performance, egg quality characteristics and blood parameters were investigated.

Materials and Methods: In this study, 60 laying hens of "Hy-Line W36" strain at the age of 68 to 74 weeks in 4 treatments and 5 replications and 3 hens per replication were used. The experiment was conducted as a completely randomized design in four periods 14-day for 8 weeks. Experimental treatments included 0, 0.4, 0.8 and 1.2% levels of monosodium glutamate per kg of feed. To better benefit from the data, all measurement factors except body weight gain were sampled and evaluated at the end of every two weeks. Egg mass was also obtained by multiplying the percentage of daily egg production by the average weight of eggs produced on the same day. Egg quality traits including height and diameter of albumin and yolk, relative weight of yolk and shell and albumin, shell thickness, shape and specific gravity were measured. Blood parameters were selected from two cages in each cage every two weeks and blood samples were taken from their wing veins and the concentrations of glucose, cholesterol, triglyceride, HDL and VLDL were measured using a Pars azmon kit and a spectrophotometer. Experimental data were statistically analyzed using statistical software (2002) SAS 9.1. Significant differences between treatments were compared with Duncan's multiple range test at a significance level ($P < 0.05$).

Results and Discussion: The effect of adding treatments on the traits related to egg mass production and feed conversion ratio at the age of 72-74 weeks and feed consumption in all weeks of the experiment was significant. Today, several neurotransmitters have been identified to regulate feed intake, one of which is glutamate, which is most abundant in the central nervous system, which reduces feed intake in broilers. Feed intake is reduced by adding monosodium glutamate throughout the production period. Moreover of experimental

1- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agriculture and Natural Resources University (SANRU), Mazandaran, Iran.

2- Ph.D. Student, Department of Animal Science, Department of Animal Science, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agriculture and Natural Resources University (SANRU), Mazandaran, Iran.

3- Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agriculture and Natural Resources University (SANRU), Mazandaran, Iran.

*Corresponding Author's Email: mo.kazemifard@gmail.com

treatments on Haugh unit, albumin and yolk height in the whole period was significant so that adding 0.4% of monosodium glutamate to the diet was able to increase the height of albumin and Haugh units and decrease yolk height compared to other treatments. Adding 0.8% monosodium glutamate increased the white diameter in the whole period compared to the control treatment and the treatment containing 0.4% monosodium glutamate. The data showed that adding 0.8% of monosodium glutamate to the diet could increase cholesterol, triglyceride and VLDL concentrations at 70-72 weeks of age compared to other treatments. Also, adding 1.2% of monosodium glutamate to the diet has been able to increase the concentration of HDL and VLDL at the age of 76-74 weeks.

Conclusion: In general, it can be concluded that the addition of monosodium glutamate to the diet has no significant effect on the percentage of production, the relative weight of yolk, albumin and egg weight despite the significant effect on blood parameters that was observed also it did not have qualitative parameters of the shell. On the other hand, the addition of 0.4% monosodium glutamate to the diet reduced feed consumption in the entire production period. Also, this treatment was able to increase the height of the albumin and Haugh unit and decrease the height of the yolk compared to other treatments in the entire production period.

Keywords: Blood parameters, Egg quality traits, Laying hen, Monosodium glutamate, Performance

تأثیر سطوح مختلف منوسدیم گلوتامات بر عملکرد، خصوصیات کیفی تخم مرغ و فراسنجه‌های خونی مرغ‌های تخم‌گذار

محمد کاظمی فرد^{۱*}، علی اصغر کاردل^۲، منصور رضایی^۳، عیسی دیرنده^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۶

چکیده

هدف تحقیق حاضر، مطالعه اثر سطوح مختلف منوسدیم گلوتامات بر عملکرد، خصوصیات کیفی تخم مرغ و فراسنجه‌های خونی مرغ‌های تخم‌گذار بود. در این تحقیق از تعداد ۶۰ قطعه مرغ تخم‌گذار سویه "های لاین-W36" در سن ۶۸ تا ۷۶ هفتگی در چهار تیمار و پنج تکرار و سه قطعه مرغ در هر تکرار استفاده شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار دوره ۱۴ روزه به مدت ۸ هفته اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح صفر، ۰/۴، ۰/۸ و ۱/۲ درصد منوسدیم گلوتامات در هر کیلوگرم خوراک بود. نتایج آزمایش نشان داد که افزودن تیمارها بر صفات مربوط به افزایش وزن بدن، درصد تولید و وزن تخم مرغ در همه هفته‌های آزمایش معنی‌دار نبود، اما توده تخم مرغ تولیدی و ضریب تبدیل خوراک در سن ۷۲-۷۴ هفتگی و مصرف خوراک در تمامی هفته‌های آزمایش معنی‌دار بود، در صورتی‌که بهترین ضریب تبدیل خوراک و توده تخم مرغ مربوط به تیمار حاوی ۰/۴ درصد منوسدیم گلوتامات می‌باشد، همچنین این تیمار توانست ارتفاع سفیده و واحد هاو را افزایش و ارتفاع زرده را در مقایسه با دیگر تیمارها در کل دوره تولید کاهش دهد ($P < 0.05$). علاوه بر آن، تیمار حاوی ۰/۸ درصد منوسدیم گلوتامات به جیره سبب افزایش غلظت کلسترول، تری‌گلیسرید و VLDL در سن ۷۲-۷۰ هفتگی شد ($P < 0.05$).

واژه‌های کلیدی: صفات کیفی تخم مرغ، عملکرد، فراسنجه‌های خونی، مرغ تخم‌گذار، منوسدیم گلوتامات

مقدمه

کیفیت و ماندگاری مواد غذایی اضافه می‌شود، حاوی ترکیبات نمک سدیم و آل اسید گلوتامیک است. برخی از مطالعات نشان می‌دهد، افزودن منوسدیم گلوتامات در جیره سبب بهبود عملکرد پرنده می‌شود (Walker and Lupien, 2000). تاکنون اسیدهای آمینه مصنوعی گوناگونی در جیره طیور معرفی شده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به اسید آمینه گلوتامین و گلوتامات اشاره کرد. گلوتامین از اسید آمینه گلوتامات اولیه در بدن می‌تواند ساخته شود. گلوتامین جزء اسید آمینه آزاد است که نقش زیادی در عضله و پلازما دارد. از طرفی، گلوتامات در دستگاه عصبی مرکزی عمدتاً از گلوکز و به واسطه چرخه کریس یا از گلوتامین به‌وسیله سلول گلیال تولید و در اختیار سلول‌های عصبی قرار می‌گیرد (Shahraki, 2010). استفاده از منوسدیم گلوتامات در حیوانات منجر به افزایش سطح تری‌گلیسرید، پروتئین کل، کلسترول و گلوکز خون در موش‌های صحرایی شد (Osfor et al., 1997; Sant'Diniz et al., 2005). اضافه کردن یک درصد منوسدیم گلوتامات در جیره جوجه‌های گوشتی سبب افزایش مصرف خوراک در مقایسه با گروه شاهد و هم‌چنین در رابطه

در صنعت مرغداری بازده استفاده از مواد خوراکی اهمیت بالایی برخوردار است تا بتواند با حداکثر نمودن راندمان تولید، هزینه تمام شده در هر کیلو خوراک را کاهش دهد. جهت حصول این نتیجه استفاده از اسیدهای آمینه مصنوعی، نظیر اسید آمینه متیونین، لیزین، آرژنین و... در تغذیه طیور می‌تواند نقش مؤثری در عملکرد حیوان داشته باشد. منوسدیم گلوتامات که به‌عنوان تشدیدکننده طعم،

۱- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

۲- دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

۳- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

*- نویسنده مسئول: (Email: mo.kazemifard@gmail.com)

DOI: 10.22067/ijasr.2023.77177.1079

نژادهای لاین سویه (W-36) و با نرم‌افزار (UFFDA) تنظیم شد. افزودنی مونسدیم گلوتامات از شرکت شانگی در کشور چین تهیه شد این مواد حاوی ۹۹ درصد خلوص که ۱۵/۶ درصد سدیم و ۸۴/۴ درصد گلوتامین تشکیل شده است. ترکیب شیمیایی اقلام خوراکی موجود در جیره‌های غذایی از جداول انجمن ملی تحقیقات آمریکا (NRC, 1994) تهیه شد. مواد مغذی موجود در تمام جیره‌های آزمایش یکسان بود و فقط در سطوح مونسدیم گلوتامات اختلاف داشتند. جیره‌های آزمایشی مورد استفاده و ترکیب شیمیایی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. پرندگان قبل از شروع آزمایش به منظور عادت‌دهی به مدت ۱۴ روز با جیره مونسدیم گلوتامات تغذیه شدند. برنامه نوردی در طول انجام پژوهش به صورت ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت خاموشی انجام گرفت. تخم مرغ‌های تولیدی روزانه جمع‌آوری و سپس توزین شد. برای بهره‌مندی بهتر از داده‌های آزمایشی تمامی فاکتورهای اندازه‌گیری به‌جز افزایش وزن بدن مرغ، در پایان هر دو هفته نمونه برداری و مورد ارزیابی قرار گرفت. محاسبه میزان مصرف خوراک بر اساس جداول استاندارد و نیاز سرانه سویه (W-36) از کم کردن مقدار خوراک باقی‌مانده در آخر هر دو هفته از مقدار خوراک مصرف شده و مورد نیاز آن به دست آمد. درصد تولید تخم مرغ از تقسیم تعداد کل تخم‌مرغ‌های تولیدی بر تعداد مرغ‌هایی که در یک روز تخم گذاشته‌اند (روز مرغ) محاسبه شد. همچنین ضریب تبدیل خوراک با محاسبه مقدار خوراک مصرفی بر توده تخم مرغ تولیدی در انتهای هر دو هفته محاسبه گردید. همچنین توده تخم مرغ نیز از حاصل ضرب درصد تولید تخم مرغ روزانه در میانگین وزن تخم مرغ‌های تولید همان روز به دست آمد. جهت اندازه‌گیری وزن نسبی زرده و سفیده با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. همچنین برای ارتفاع سفیده و زرده ابتدا تخم مرغ‌ها روی یک سطح شیشه‌ای شکسته و از دستگاه ریزسنج (سه پایه) اندازه‌گیری شده و قطر سفیده و زرده نیز با استفاده از کولیس سه‌کاره دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. ضخامت و وزن پوسته نیز بعد از جدا کردن پوسته به مدت دو روز در آن ۶۵ درجه خشک شد و با استفاده از کولیس در سه قسمت پوسته هر تخم مرغ اندازه‌گیری و سپس وزن شد. شکل و وزن مخصوص با استفاده از دستگاه تعیین کیفیت تخم‌مرغ (Egg Multi Tester EMT-5200) اندازه‌گیری شد (Sant'Diniz, 2005).

با افزایش وزن بدن در سطح ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد مونسدیم گلوتامات کاهش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد داشت (Khadija *et al.*, 2009). به‌طور کلی، اضافه کردن مونسدیم گلوتامات بر پروتئین کل و کلسترول سرم اثر نداشته، در صورتی که لیپید سرم را کاهش و سطح اسید اوریک سرم را با استفاده از ۰/۵ درصد مونسدیم گلوتامات در مقایسه با گروه شاهد افزایش داد (Khadija *et al.*, 2009). با مصرف مونسدیم گلوتامات ممکن است اسید گلوتامیک در بافت مغز تجمع یابد که در نتیجه، سبب اختلال در مغز شود (Khadija *et al.*, 2009). آمینو گات یک محصول تجاری هست که حاوی ال-گلوتامین و ال-گلوتامیک می‌باشد که با افزودن آن در جیره بچه خوک‌ها، اثرات سودمندی بر رشد و ایمنی گله داشت (Cabrera *et al.*, 2013). مکمل‌سازی گلوتامین در جیره جوجه‌های گوشتی، ضریب تبدیل خوراک و افزایش وزن بدن را بهبود داد (Dai *et al.*, 2009). همچنین افزودن گلوتامات و گلوتامین در جیره جوجه‌های گوشتی، سبب بهبود عملکرد رشد می‌شود که این امر به بهتر شدن رشد موکوس بستگی دارد (Shakeri *et al.*, 2014). تاکنون مطالعات کافی درباره اثرات مونسدیم گلوتامات بر مرغ تخم‌گذار و همچنین صفات کیفی تخم مرغ صورت نگرفته است، بنابراین با توجه به نقش و اهمیت عملکرد مرغ تخم‌گذار در طی فرآیند تولید و به دلیل نقش بسیار مهم ترکیب نام برده در بروز تغییرات مذکور، سبب بررسی اثرات مصرف سطوح مختلف مونسدیم گلوتامات بر عملکرد، خصوصیات کیفی تخم‌مرغ و فراسنجه‌های خونی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سالن مرغداری مرکز تحقیقات طیور دانشکده علوم دامی و شیلات دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری به مدت هشت هفته انجام شد. در این آزمایش با هدف بررسی اثر افزودن مونسدیم گلوتامات به صورت مکمل در جیره مرغ تخم‌گذار سویه تجاری‌های لاین (W-36) و اثر آن بر صفات کیفی و عملکردی تخم مرغ در یک طرح کاملاً تصادفی با تعداد کل ۶۰ قطعه مرغ تخم‌گذار در چهار تیمار و پنج تکرار و سه قطعه مرغ تخم‌گذار در هر تکرار صورت گرفت. همچنین تیمارهای آزمایشی در دوران تولید شامل (۱) جیره بدون افزودنی مونسدیم گلوتامات در جیره به‌عنوان شاهد (۲) جیره با ۰/۴ درصد مونسدیم گلوتامات (۳) جیره با ۰/۸ درصد مونسدیم گلوتامات (۴) جیره با ۱/۲ درصد مونسدیم گلوتامات بود. طول دوره آزمایش شامل دو هفته عادت‌پذیری و آزمایش از سن ۶۸ تا ۷۶ هفته بود. جیره مرغ‌ان تخم‌گذار بر اساس جداول استاندارد

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره آزمایشی (درصد)

Table 1- Ingredients and nutrients composition of the experimental diet (Percentage)

اجزای جیره Diet ingredients	درصد Percentage
ذرت Corn	55.45
سبوس گندم Wheat bran	2.00
کنجاله سویا (۴۳ درصد پروتئین خام) Soybean meal (%43 crude protein)	27.79
روغن سویا Soybean oil	2.14
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	2.32
کربنات کلسیم Calcium carbonate	8.97
نمک salt	0.42
دی-ال متیونین DL-methionine	0.23
ال-لیزین L-lysine HCl	0.18
مکمل ویتامینه ^۱ Vitamin premix ¹	0.25
مکمل معدنی ^۲ Mineral premix ²	0.25
مقادیر مواد مغذی محاسبه شده Calculated nutrient composition	
انرژی قابل متابولیسم (کیلو کالری / کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/ kg)	2620
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	16.50
کلسیم (درصد) Calcium (%)	4.00
فسفر قابل دست رس (درصد) Available phosphorus (%)	0.53
سدیم (درصد) Sodium (%)	0.19
متیونین (درصد) Methionine (%)	0.48
متیونین + سیستین (درصد) Methionine + cysteine (%)	0.80
لیزین (درصد) Lysine (%)	1.00
فیبر خام (درصد) Crude fiber (%)	3.38

^۱ هر کیلوگرم مکمل ویتامینه حاوی: ویتامین A، ۱۱۰۰۰ IU، ویتامین D₃، ۲۴۰۰ IU، ویتامین E ۲۲ میلی گرم ویتامین B12 ۰/۰۱۸ میلی گرم، ویتامین K ۳/۰ میلی گرم، تیامین (B1) ۲/۵ میلی گرم، کولین ۱۶۰۰ میلی گرم، فولیک اسید ۲/۰ میلی گرم، بیوتین ۰/۲۵ میلی گرم، ریوفلاوین ۷/۵ میلی گرم.

^۲ هر کیلوگرم مکمل معدنی حاوی: منگنز ۱۲۰ میلی گرم، روی ۱۱۰ میلی گرم، آهن ۲۰ میلی گرم، مس ۱۶ میلی گرم، سلنیوم ۰/۳ میلی گرم، ید ۱/۲ میلی گرم.

^۱ Every kilogram of vitamin supplement contains: Vitamin IU, A11000: Vitamin D3 IU, 2400: Vitamin E 22 mg Vitamin B12 0.018 mg: Vitamin K 0.3 mg: Thiamine (B1) 5 / 2 mg: Choline 1600 mg: Folic acid 0.2 mg: Biotin 0.25 mg: Riboflavin 7.5 mg.

^۲ Every kilogram of mineral supplement contains: Manganese 120 mg: Zinc 110 mg: Iron 20 mg: Copper 16 mg: Selenium 0.3 mg: Iodine 1.2 mg.

تمامی هفته‌های آزمایش معنی‌دار بود ($P < 0.05$)، به طوری که تیمار حاوی ۰/۴ درصد مونوسدیم گلوتامات بیشترین توده تخم مرغ و و کمترین ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با بقیه گروه‌ها داشت همچنین تیمار حاوی ۱/۲ درصد مونوسدیم گلوتامات کمترین مصرف خوراک را به خود اختصاص داد. افزودن ۰/۸ درصد گلوتامین در جیره مرغان تخم‌گذار توانسته است که تولید و توده تخم مرغ و ضریب تبدیل خوراک را بهبود دهد، ولی اثر کمی بر کیفیت تخم مرغ داشت (Shakeri et al., 2014). همچنین این محققین اشاره کردند که گلوتامین می‌تواند ترشح هورمون FSH^3 و LH^4 را افزایش دهد، در نتیجه عملکرد تولید نیز بهبود می‌یابد. بر خلاف نتایج این آزمایش، گزارش شده است که افزودن یک درصد مونوسدیم گلوتامات در جیره جوجه‌های گوشتی سبب افزایش مصرف خوراک و همچنین در سطح ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد مونوسدیم گلوتامات در رابطه با افزایش وزن بدن، کاهش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد داشته است (Khadija et al., 2009). مکمل‌سازی گلوتامین در جیره جوجه‌های گوشتی، ضریب تبدیل خوراک بهبود و وزن بدن را افزایش داد (Dai et al., 2009). در جیره امروزه انتقال‌دهنده پیام‌های عصبی متعددی برای تنظیم مصرف خوراک شناسایی شده است که یکی از آن‌ها گلوتامات است (Mortezaei et al., 2013). گزارش شده است که گلوتامات اسید آمینه است که بیشترین فراوانی را در سیستم عصب مرکزی دارد که مصرف خوراک را در جوجه گوشتی کاهش می‌دهد؛ از طرفی، برخی دیگر از محققان گزارش کردند، استفاده از مونوسدیم گلوتامات می‌تواند تأثیرات مفیدی بر خوش‌خوراکی خوراک و افزایش وزن بدن داشته باشد (Egbuonu et al., 2010). با توجه به نتایج جدول، مصرف خوراک با افزودن ۰/۴ و ۱/۲ درصد مونوسدیم گلوتامات در کل دوره تولید کاهش یافته است. سطح اسیدهای آمینه پلاسما یکی از فاکتورهای مهم در کنترل مصرف خوراک از طریق هیپوتالاموس است، به طوری که با افزایش سطح آن، مصرف خوراک کاهش و بر عکس، با کاهش سطح آن مصرف خوراک افزایش می‌یابد (Lepkovsky et al., 1973). داده‌های مربوط به اثر افزودن مونوسدیم گلوتامات در جیره بر صفات کیفی پوسته و وزن مخصوص تخم مرغ در جدول ۴ ارائه شده است. بررسی داده‌ها نشان داد که افزودن مونوسدیم گلوتامات در جیره مرغ تخم‌گذار بر صفاتی همچون وزن نسبی پوسته، ضخامت پوسته، وزن پوسته به‌ازای واحد سطح و وزن مخصوص تخم مرغ در همه هفته‌های آزمایش معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). همسو با این نتایج به‌دست آمده برخی محققین گزارش کردند که افزودن سطوح مختلف گلوتامین در جیره توانست تأثیر قابل توجهی بر صفات کیفی پوسته تخم مرغ داشته باشد (Shakeri

برای اندازه‌گیری وزن پوسته به‌ازای واحد سطح از شاخص میلی‌گرم وزن پوسته به‌ازای هر سانتی‌متر مربع از سطح آن استفاده شد (Osfor et al., 1997). همچنین سطح پوسته تخم مرغ‌ها با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (Walker and Lupien, 2000).

معادله (۱)

$$\frac{9728}{3} \times 0.056^{(وزن تخم مرغ)} = (\text{سانتی مترمربع}) \text{ سطح پوسته واحد هاو نیز توسط معادله زیر محاسبه گردید:}$$

معادله (۲)

$$H.U. = 100 \text{ LOG } (H + 7.57 - 1.7 W^{0.37})$$

که در آن، H.U.: واحد هاو، H: ارتفاع سفیده برحسب میلی‌متر و W: وزن تخم مرغ برحسب گرم می‌باشند.

به‌منظور مطالعه فراسنجه‌های خونی در هر دو هفته از هر قفس دو قطعه پرند انتخاب و از سیاهرگ بال آن‌ها خون‌گیری شد و غلظت گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، HDL^1 را با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون و به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و غلظت $VLDL^2$ با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (Friedewald et al., 1972; Sahu et al., 2005).

$$VLDL = TG/5$$

معادله (۳)

روش‌های آماری انجام پژوهش

داده‌های آزمایش ابتدا وارد نرم‌افزار اکسل و سپس با رویه مدل خطی نرم‌افزار آماری SAS (2002) مورد آنالیز آماری قرار گرفت (Dai et al., 2009). تفاوت معنی‌دار بین تیمارها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شد.

مدل طرح آماری مورد استفاده

$$= \mu + T_i + e_{ij} \quad Y_{ij}$$

معادله (۴)

که در آن، Y_{ij} : مقدار هر مشاهده، μ : میانگین جامعه، T_i : اثر تیمارها و e_{ij} : خطای آزمایشی است.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به افزایش وزن بدن تیمارهای آزمایشی در ابتدا و انتهای تولید و همچنین فراسنجه‌های عملکردی در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است. در این آزمایش، اثر افزودن مونوسدیم گلوتامات بر صفات مربوط به افزایش وزن بدن، درصد تولید و وزن تخم مرغ در همه هفته‌های آزمایش معنی‌دار نبود. در رابطه با توده تخم مرغ تولیدی و ضریب تبدیل خوراک در سن ۷۴-۷۲ هفتگی و مصرف خوراک در

3- Follicle stimulating hormone

4- Luteinizing hormone

1- High-density lipoprotein cholesterol

2- Very low density lipoprotein

(2018). کلسیم جیره و بازچرخش کلسیم در استخوان دو منبع مهم در تشکیل پوسته تخم مرغ است. اثبات شده است که گلوتامین با بهبود متابولیسم در استخوان سبب افزایش کیفیت پوسته تخم مرغ می‌شود که این اثر می‌تواند به مصرف خوراک و بهبود کلسیمی شدن پوسته تخم مرغ نسبت داد (Muszyński et al., 2022). همچنین گلوتامین، جذب کلسیم در محیط دستگاه گوارش کمک می‌کند که این امر سبب افزایش محتویات کلسیم در پوسته تخم مرغ می‌شود (Muszyński et al., 2022).

(et al., 2014). در مقابل، برخی از محققین مشاهده کردند که اضافه کردن یک درصد گلوتامین در جیره مرغان تخم‌گذار سبب بهبود ضخامت پوسته و افزایش محتویات کلسیم پوسته تخم مرغ و کاهش عناصر مانند روی، پتاسیم و مس شد، ولی بر اندازه کریستال‌های کربنات کلسیم تأثیر معنی‌داری نداشت (Muszyński et al., 2022).
پوسته تخم مرغ حاوی ۹۴ درصد کلسیم است و مهم‌ترین فاکتور در کیفیت تخم مرغ به حساب می‌آید (Athanasidou et al.,

جدول ۲- اثر منوسدیم گلوتامات بر طول و عرض تخم مرغ و افزایش وزن بدن مرغان تخم‌گذار
Table 2- Body weight gain and egg length and width of monosodium glutamate fed laying hens

صفت Traits	هفته Weeks	درصد منو سدیم گلوتامات Monosodium glutamate (%)				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی داری P-value
		0	0.4	0.8	1.2		
وزن بدن در ابتدای دوره (گرم) Body weight at the beginning of period (g)	68	1608	1589	1639	1594	19.106	0.764
وزن بدن در انتهای دوره (گرم) Body weight at the end of period (g)	76	1703	1643	1700	1662	30.892	0.881
افزایش وزن بدن در زمان آزمایش (گرم) Body weight gain at the during trial (g)	68-76	94	72	82	68	16.506	0.949
طول تخم مرغ (میلی‌متر) Egg length (mm)	68-70	6.13	5.89	6.08	5.93	0.036	0.085
	70-72	6.06	6.15	6.10	6.17	0.046	0.888
	72-74	5.83	5.88	6.03	6.04	0.046	0.383
	74-76	5.82 ^b	5.97 ^b	6.35 ^a	6.24 ^a	0.037	0.0002
	کل دوره Whole period	5.97	5.98	6.15	6.09	0.026	0.075
عرض تخم مرغ (میلی‌متر) Egg width (mm)	68-70	4.40	4.46	4.37	4.27	0.028	0.119
	70-72	4.38	4.39	4.42	4.41	0.021	0.913
	72-74	4.33	4.48	4.35	4.38	0.019	0.064
	74-76	4.26	4.38	4.44	4.43	0.021	0.050
	کل دوره Whole period	4.35	4.43	4.40	4.37	0.013	0.196

SEM: اشتباه معیار میانگین؛ P-value: سطح معنی‌داری؛ ^{a-b} تفاوت میانگین‌ها با حرف غیر مشترک در هر ردیف معنی‌داری است (P<0.05).

SEM: standard error of mean; a-b Means with different letters in a row differ significantly (P<0.05).

نگرفت (P>0.05)، ولی قطر سفیده به جز در هفته ۷۲-۷۴، در همه دوره‌های آزمایش تأثیر معنی‌داری داشت (P<0.05)، به طوری که با افزودن ۰/۸ درصد منوسدیم گلوتامات سبب افزایش قطر سفیده در سنین ۷۲-۷۴، ۷۰-۷۶، ۷۴-۷۶ هفتگی و کل دوره در مقایسه شاهد و تیمار حاوی ۰/۴ درصد منوسدیم گلوتامات شد. بر خلاف نتایج این آزمایش، اولاروتیمی (Olarotimi, 2020) گزارش کرد، افزودن ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم بر کیلوگرم منوسدیم گلوتامات به جیره مرغان تخم‌گذار بر ارتفاع زرده تأثیر معنی‌داری نداشت، در صورتی که قطر زرده معنی‌دار بود. سفیده و واحد هاو مهم‌ترین فاکتور بر کیفیت داخلی تخم مرغ به

تأثیر سطوح مختلف منوسدیم گلوتامات بر فراسنجه‌های کیفی تخم مرغ در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که افزودن تیمارهای آزمایشی بر واحد هاو در دوره‌های سنی ۷۰-۶۸، ۷۶-۷۴ هفتگی و کل دوره همچنین ارتفاع سفیده و زرده در دوره‌های سنی ۷۰-۶۸ هفتگی و کل دوره معنی‌دار بود (P<0.05) به طوری که افزودن ۰/۴ درصد منوسدیم گلوتامات به جیره در سن ۷۰-۶۸ هفتگی و کل دوره توانست ارتفاع سفیده و واحد هاو افزایش و ارتفاع زرده در مقایسه با دیگر تیمارها کاهش دهد. هر چند قطر زرده تحت تأثیر سطوح مختلف منوسدیم گلوتامات قرار

مونو سدیم گلوتمات به جیره مرغان تخم‌گذار تأثیر معنی‌داری بر وزن زرده مشاهده نشد، در صورتی که با افزایش سطح مونوسدیم گلوتمات به جیره توانست شاخص زرده را کاهش دهد (Dong *et al.*, 2010; Olarotimi, 2020).

حساب می‌آیند. با افزایش سطح مونوسدیم گلوتمات از ۰/۲۵ تا ۱/۲۵ گرم بر کیلوگرم جیره نتوانست ارتفاع سفیده و واحد هاو در مقایسه با گروه شاهد افزایش دهد (Olarotimi, 2020). با این حال، اطلاعات کمی در مورد اثر مونوسدیم گلوتمات بر فراسنجه‌های داخلی تخم مرغ وجود دارد. در توافق با این نتایج گزارش شد که اضافه کردن

جدول ۳- اثر مونوسدیم گلوتمات بر فراسنجه‌های عملکردی مرغ تخم‌گذار

Table 3- Effect of monosodium glutamate on performance parameters of laying hens

صفت Traits	هفته Weeks	درصد مونو سدیم گلوتمات Monosodium glutamate (%)				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی داری P-value
		0	0.4	0.8	1.2		
تولید تخم مرغ (درصد) Egg production (%)	68-70	83.33	81.90	85.24	81.43	1.949	0.885
	70-72	79.36	77.14	71.42	73.33	1.647	0.391
	72-74	70.63	79.04	73.81	68.57	1.755	0.174
	74-76	66.66	77.14	86.66	79.99	2.656	0.156
	کل دوره Whole period	75.00	78.81	79.88	75.83	1.150	0.436
وزن تخم مرغ (گرم/مرغ) Egg weight (g/h)	68-70	61.48	61.69	62.46	60.32	0.824	0.827
	70-72	59.89	62.06	63.32	60.98	0.620	0.325
	72-74	61.50	62.94	64.49	62.33	0.673	0.504
	74-76	62.53	62.89	65.97	63.07	0.645	0.241
	کل دوره Whole period	60.87	62.39	64.06	61.83	0.590	0.350
توده تخم مرغ تولیدی (گرم/مرغ روز) Egg mass (g/h/d)	68-70	51.48	50.47	53.20	49.29	1.304	0.734
	70-72	47.41	47.80	45.25	44.68	1.014	0.628
	72-74	43.13 ^b	49.67 ^a	47.88 ^{ab}	42.75 ^b	0.930	0.043
	74-76	43.03	48.23	57.14	50.37	1.571	0.079
	کل دوره Whole period	46.43	49.04	51.14	46.73	0.609	0.054
مصرف خوراک (گرم/روز) Feed intake (g/d)	68-70	110.50 ^a	109.42 ^a	110.54 ^a	107.90 ^b	0.202	0.001
	70-72	108.19 ^d	109.48 ^c	111.94 ^a	110.25 ^b	0.101	0.0001
	72-74	109.93 ^b	106.83 ^d	113.57 ^a	109.14 ^c	0.103	0.0001
	74-76	115.86 ^b	112.48 ^c	117.48 ^a	106.12 ^d	0.161	0.0001
	کل دوره Whole period	111.12 ^b	109.55 ^c	113.38 ^a	108.35 ^d	0.072	0.0001
ضریب تبدیل خوراک (گرم) مصرف خوراک/گرم توده تخم مرغ Feed conversion ratio (g feed intake/g egg mass)	68-70	2.146	2.168	2.077	2.189	0.058	0.861
	70-72	2.283	2.290	2.473	2.467	0.052	0.329
	72-74	2.556 ^a	2.150 ^b	2.371 ^{ab}	2.552 ^a	0.047	0.020
	74-76	2.692	2.331	2.056	2.106	0.067	0.077
	کل دوره Whole period	2.393	2.233	2.217	2.318	0.027	0.193

SEM: اشتباه معیار میانگین؛ P-value: سطح معنی‌داری؛ ^{a-b} تفاوت میانگین‌ها با حرف غیر مشترک در هر ردیف معنی‌داری است (P<0.05).

SEM: standard error of mean; a-b Means with different letters in a row differ significantly (P<0.05).

درصد مونوسدیم گلوتمات به جیره توانست غلظت کلسترول، تری گلیسرید و VLDL در سن ۷۲-۷۰ هفتگی در مقایسه با دیگر تیمارها افزایش دهد. از طرفی، اضافه کردن ۱/۲ درصد مونوسدیم گلوتمات به جیره توانسته است، غلظت HDL و VLDL را در سن ۷۶-۷۴ هفتگی افزایش دهد. افزودن مونوسدیم گلوتمات در جیره موش‌های جوان غلظت کلسترول و تری گلیسرید را افزایش داد که این امر

نتایج مربوط به اثر افزودن مونوسدیم گلوتمات به جیره مرغان تخم‌گذار بر فراسنجه‌های خونی در جدول ۶ ارائه شده است. بررسی داده‌ها نشان داد که افزودن تیمارهای آزمایشی بر غلظت کلسترول و تری گلیسرید در سن ۷۲-۷۰ هفتگی، HDL در دوره‌های سنی ۷۰-۷۰ و ۶۸ و ۷۶-۷۴ هفتگی و همچنین VLDL در دوره‌های سنی ۷۲-۷۰ و ۷۶-۷۴ هفتگی معنی‌دار بود (P<0.05)، به طوری که افزودن ۰/۸

هیدروکسیل ۳ میتوکسیل گلوتامین کوآ و جابجایی کلسترول می‌تواند روند متابولیسم کلسترول را تغییر دهد (Obochi et al., 2009). افزایش منوسدیم گلوتمات به مقدار ۱۵ میلی‌گرم/کیلوگرم در موش بالغ نر توانسته است به برخی از اندام‌های متابولیکی آسیب برساند که در نتیجه، سبب تغییر در روند متابولیسم کلسترول و تری‌آسیل گلیسرول شود (Egbunu et al., 2011).

نشان‌دهنده متابولیسم و شکسته شدن تری‌گلیسرید و احتمالاً افزایش متابولیسم اسیدهای چرب از ذخایر محوطه چربی است (Bopanna et al., 1997). همچنین گزارش شده است که استفاده از منوسدیم گلوتمات غلظت پروتئین کل، کلسترول، و گلوکز خون را در موش افزایش داد (Osfor et al., 1997). اثر منوسدیم گلوتمات بر کلسترول را می‌توان به فعال شدن آنزیم ۳-هیدروکسیل کوآ رودکتاز که مرحله محدودکننده ساخت کلسترول از طریق فسفریلات (غیر فعال) به دفسفریلات (فعال) است نسبت داد (Obochi et al., 2009). اضافه کردن منوسدیم گلوتمات از طریق کنترل فعالیت ۳

جدول ۴- اثر منوسدیم گلوتمات بر فراسنجه‌های کیفی پوسته و وزن مخصوص تخم‌مرغ

Table 4- Effect of monosodium glutamate on eggshell quality and specific gravity parameters of egg

صفت Traits	هفته Weeks	درصد منو سدیم گلوتمات گلوتمات Monosodium glutamate (%)				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی داری P-value
		0	0.4	0.8	1.2		
وزن نسبی پوسته تخم‌مرغ (درصد) Relative shell weight (%)	68-70	9.60	9.78	9.51	9.79	0.195	0.941
	70-72	9.70	10.15	9.66	9.67	0.099	0.214
	72-74	9.74	9.77	9.64	9.66	0.149	0.986
	74-76	9.92	10.08	9.08	9.54	0.144	0.078
	کل دوره Whole period	9.75	9.91	9.47	9.68	0.080	0.257
ضخامت پوسته تخم‌مرغ (میلی متر) Eggshell thickness (mm)	68-70	0.293	0.291	0.286	0.261	0.008	0.493
	70-72	0.381	0.342	0.360	0.398	0.010	0.300
	72-74	0.351	0.365	0.334	0.381	0.006	0.101
	74-76	0.350	0.312	0.311	0.324	0.008	0.483
	کل دوره Whole period	0.344	0.329	0.321	0.338	0.003	0.216
وزن پوسته به‌ازای واحد سطح آن (میلی‌گرم / سانتی‌متر مربع) Shell weight per unit surface area (SWUSA) (mg/cm ²)	68-70	82.70	82.69	81.27	82.74	1.491	0.979
	70-72	82.92	87.25	83.71	83.06	0.790	0.172
	72-74	82.48	83.39	82.45	83.06	1.168	0.989
	74-76	83.06	85.98	79.71	82.86	1.227	0.321
	کل دوره Whole period	82.98	84.63	81.86	83.04	0.620	0.436
وزن مخصوص تخم‌مرغ (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Specific gravity of Egg (g/cm ³)	68-70	1.082	1.085	1.086	1.085	0.001	0.609
	70-72	1.085	1.087	1.085	1.084	0.001	0.302
	72-74	1.083	1.085	1.085	1.083	0.001	0.618
	74-76	1.087	1.088	1.081	1.083	0.001	0.088
	کل دوره Whole period	1.084	1.086	1.084	1.084	0.001	0.253

SEM: اشتباه معیار میانگین؛ P-value: سطح معنی‌داری؛ ^{a-b} تفاوت میانگین‌ها با حرف غیر مشترک در هر ردیف معنی‌داری است (P<0.05).

SEM: standard error of mean; a-b Means with different letters in a row differ significantly (P<0.05).

نتیجه‌گیری کلی

مصرف خوراک در کل دوره تولید کاهش داد. همچنین این تیمار توانست ارتفاع سفیده و واحد‌ها را افزایش و ارتفاع زرده را در مقایسه با دیگر تیمارها در کل دوره تولید کاهش دهد.

به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که افزودن منوسدیم گلوتمات به جیره علی‌رغم تأثیر معنی‌دار بر فراسنجه‌های خونی که مشاهده شد، هیچ‌گونه تأثیر معنی‌داری بر درصد تولید، وزن نسبی زرده، سفیده و وزن تخم‌مرغ و همچنین فراسنجه‌های کیفی پوسته نداشت. از طرفی، افزودن ۰/۴ درصد منوسدیم گلوتمات به جیره

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم

کشاورزی و منابع طبیعی ساری در قالب طرح پژوهشی مصوب به
 شماره ۰۹-۱۴۰۰-۰۳ انجام شده است و بدینوسیله نویسندگان بر خود
 لازم می‌دانند مراتب تشکر صمیمانه خود را اعلام نمایند.

جدول ۵- اثر مونوسدیم گلوتامات بر فراسنجه‌های کیفی تخم مرغ

Table 5- Effect of monosodium glutamate on quality parameters of egg

صفت Traits	هفته Weeks	درصد مونو سدیم گلوتامات گلوتامات Monosodium glutamate (%)				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی داری P-value
		0	0.4	0.8	1.2		
واحد هاو Haugh unit	68-70	85.39 ^b	90.02 ^a	86.56 ^b	86.64 ^b	0.537	0.030
	70-72	85.61	86.75	83.36	81.81	0.715	0.082
	72-74	89.80	89.23	87.06	86.01	0.673	0.190
	74-76	88.79 ^a	86.80 ^{ab}	84.20 ^b	83.58 ^b	0.629	0.043
	کل دوره Whole period		87.26 ^{ab}	88.34 ^a	85.30 ^{bc}	84.83 ^c	0.365
ارتفاع سفیده (میلی‌متر) Albumin height (mm)	68-70	7.61 ^b	8.21 ^a	7.70 ^b	7.61 ^b	0.081	0.034
	70-72	7.56	7.80	7.30	7.02	0.112	0.095
	72-74	8.18	8.21	7.80	7.70	0.113	0.288
	74-76	7.86	7.71	7.59	7.38	0.108	0.532
	کل دوره Whole period		7.79 ^{ab}	8.02 ^a	7.61 ^b	7.47 ^b	0.057
ارتفاع زرده (میلی‌متر) Yolk height (mm)	68-70	18.39 ^a	15.51 ^c	17.00 ^b	17.45 ^{ab}	0.177	0.0001
	70-72	16.96	16.77	16.97	16.82	0.161	0.958
	72-74	16.94	16.48	16.70	16.79	0.158	0.805
	74-76	16.50	16.56	17.30	17.09	0.133	0.122
	کل دوره Whole period		17.24 ^a	16.32 ^b	17.02 ^a	17.06 ^a	0.069
قطر سفیده (میلی‌متر) Albumin diameter (mm)	68-70	83.32 ^{bc}	81.91 ^c	84.47 ^{ab}	86.53 ^a	0.375	0.0008
	70-72	77.86 ^b	77.11 ^b	82.54 ^a	78.28 ^{ab}	0.753	0.047
	72-74	75.37	78.06	78.43	80.06	0.662	0.172
	74-76	71.31 ^c	76.91 ^b	80.30 ^a	79.10 ^{ab}	0.506	0.0001
	کل دوره Whole period		77.31 ^b	78.36 ^b	81.54 ^a	81.16 ^a	0.370
قطر زرده (میلی‌متر) Yolk diameter (mm)	68-70	48.31	46.58	48.49	48.38	0.355	0.188
	70-72	41.31	42.91	42.79	43.01	0.304	0.279
	72-74	41.33	42.37	42.54	41.89	0.292	0.540
	74-76	42.31	41.98	44.11	43.74	0.350	0.101
	کل دوره Whole period		43.43	43.57	44.55	44.35	0.174
وزن نسبی سفیده (درصد) Relative albumen weight (%)	68-70	55.10	53.67	56.15	53.87	0.597	0.402
	70-72	55.19	54.69	56.26	54.95	0.466	0.602
	72-74	52.87	53.05	53.91	53.70	0.506	0.849
	74-76	53.42	55.89	57.36	54.24	0.707	0.246
	کل دوره Whole period		54.20	54.38	55.97	54.11	0.382
وزن نسبی زرده (درصد) Relative yolk weight (%)	68-70	29.51	28.16	28.22	29.58	0.411	0.447
	70-72	27.62	27.47	27.05	28.00	0.311	0.740
	72-74	26.65	26.65	26.41	26.96	0.306	0.929
	74-76	28.05	25.35	26.88	28.28	0.437	0.100
	کل دوره Whole period		27.86	26.89	27.15	28.22	0.247

SEM: اشتباه معیار میانگین؛ P-value: سطح معنی‌داری؛ ^{a-b} تفاوت میانگین‌ها با حرف غیر مشترک در هر ردیف معنی‌داری است (P<0.05).

SEM: standard error of mean; a-b Means with different letters in a row differ significantly (P<0.05).

جدول ۶- اثر منوسدیم گلوتامات بر فراسنجه‌های خونی مرغان تخم گذار
Table 6- Effect of monosodium glutamate on blood parameters of laying hens

صفت Traits	هفته Weeks	درصد مونو سدیم گلوتامات گلوتامات Monosodium glutamate (%)				خطای استاندارد	احتمال معنی داری P-value
		0	0.4	0.8	1.2	میانگین SEM	
کلسترول (میلی گرم / دسی لیتر) Cholesterol (mg/dL)	68-70	138.00	165.33	135.50	172.00	18.541	0.8711
	70-72	94.50 ^c	129.00 ^{bc}	187.00 ^a	158.50 ^{ab}	6.624	0.0298
	72-74	130.50	134.75	120.75	158.00	9.473	0.7527
	74-76	163.50	143.75	133.00	209.00	12.020	0.1626
	کل دوره Whole period		138.10	147.76	145.14	160.80	14.285
کلسترول HDL (میلی گرم / دسی لیتر) HDL-cholesterol (mg/dL)	68-70	81.25 ^{ab}	95.62 ^a	90.50 ^{ab}	72.50 ^b	2.722	0.0355
	70-72	68.33	82.50	106.00	82.00	4.768	0.0940
	72-74	90.00	81.67	97.50	65.83	9.489	0.6549
	74-76	89.17 ^b	102.50 ^b	105.63 ^b	139.38 ^a	4.617	0.0170
	کل دوره Whole period		80.27	91.16	98.71	89.87	2.500
کلسترول VLDL (میلی گرم / دسی لیتر) VLDL- Cholesterol (mg/dL)	68-70	306.80	235.73	278.00	275.40	24.736	0.7846
	70-72	247.00 ^b	216.73 ^b	365.40 ^a	259.87 ^b	10.455	0.0140
	72-74	242.80	295.13	168.80	386.30	22.243	0.0770
	74-76	288.07 ^{ab}	248.90 ^b	229.80 ^b	385.12 ^a	17.880	0.0357
	کل دوره Whole period		273.77	260.74	249.36	351.54	14.634
گلوکز (میلی متر) Glucose (mg/dL)	68-70	234.00	236.00	224.00	226.00	1.391	0.0909
	70-72	235.00	227.00	263.33	224.00	8.287	0.3318
	72-74	222.00	213.50	223.00	240.00	2.625	0.0560
	74-76	238.66	229.80	233.00	238.66	1.658	0.2015
	کل دوره Whole period		233.90	225.90	238.66	236.54	2.224
تری گلیسرید (میلی متر) Triglyceride (mg/dL)	68-70	1534.0	1178.7	1390.0	1377.0	123.683	0.7846
	70-72	1235.0 ^b	1083.7 ^b	1827.0 ^a	1360.0 ^b	56.150	0.0227
	72-74	1214.0	1475.7	934.0	1492.0	102.671	0.2131
	74-76	1440.3	1244.5	1149.0	1918.3	97.883	0.0736
	کل دوره Whole period		1369.0	1303.7	1246.8	1412.6	130.829

SEM: اشتباه معیار میانگین؛ P-value: سطح معنی داری؛ ^{a-b} تفاوت میانگین‌ها با حرف غیر مشترک در هر ردیف معنی داری است (P<0.05).

SEM: standard error of mean; a-b Means with different letters in a row differ significantly (P<0.05).

References

1. Athanasiadou, D., Jiang, W., Goldbaum, D., Saleem, A., Basu, K., Pacella, M. S., & McKee, M. D. (2018). Nanostructure, osteopontin, and mechanical properties of calcitic avian eggshell. *Science Advances*, 4(3), eaar3219. <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.aar3219>.
2. Barnard, N. D., Scialli, A. R., & Bobela, S. (2002). The current use of estrogens for growth-suppressant therapy in adolescent girls. *Journal of Pediatric and Adolescent Gynecology*, 15(1), 23-26. [http://dx.doi.org/10.1016/S1083-3188\(01\)00135-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1083-3188(01)00135-8).
3. Bopanna, K. N., Kannan, J., Sushma, G., Balaraman, R., & Rathod, S. P. (1997). Antidiabetic and antihyperlipaemic effects of neem seed kernel powder on alloxan diabetic rabbits. *Indian Journal of Pharmacology*, 29(3), 162.
4. Cabrera, R. A., Usry, J. L., Arrellano, C., Nogueira, E. T., Kutschenko, M., Moeser, A. J., & Odle, J. (2013). Effects of creep feeding and supplemental glutamine or glutamine plus glutamate (Aminogut) on pre-and post-weaning growth performance and intestinal health of piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4(1), 1-13. <http://dx.doi.org/10.1186/2049-1891-4-29>.

5. Carter, T. C. (1975). The hen's egg: Estimation of shell superficial area and egg volume, using measurements of fresh egg weight and shell length and breadth alone or in combination. *British Poultry Science*, 16 (5), 541-543. [Http://dx.doi.org/10.1080/00071667508416224](http://dx.doi.org/10.1080/00071667508416224).
6. Dai, S. F., Wang, L. K., Wen, A. Y., Wang, L. X., & Jin, G. M. (2009). Dietary glutamine supplementation improves growth performance, meat quality and colour stability of broilers under heat stress. *British Poultry Science*, 50(3), 333-340. [Http://dx.doi.org/10.1080/00071660902806947](http://dx.doi.org/10.1080/00071660902806947).
7. Dong, X. Y., Yang, C. F., Tang, S. Q., Jiang, Q. Y., & Zou, X. T. (2010). Effect and mechanism of glutamine on productive performance and egg quality of laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(8), 1049-1056. [Http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2010.90611](http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2010.90611).
8. Egbuonu, A. C. C., Obidoa, O., Ezeokonkwo, C. A., Ejikeme, P. M., & Ezeanyika, L. U. S. (2010). Some biochemical effects of sub-acute oral administration of L-arginine on monosodium glutamate-fed Wistar albino rats 1: Body weight changes, serum cholesterol, creatinine, and sodium ion concentrations. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 92(7), 1331-1337. [Http://dx.doi.org/10.1080/0272240903450645](http://dx.doi.org/10.1080/0272240903450645).
9. Egbuonu, A. C. C., & Osakwe, O. N. (2011). Effects of high monosodium glutamate on some serum markers of lipid status in male Wistar rats. *Journal of Medicine and Medical Sciences*, 2(1), 653-656.
10. Friedewald, W. T., Levy, R. I., & Fredrickson, D. S. (1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, 18(6), 499-502. [Http://dx.doi.org/10.1093/clinchem/18.6.499](http://dx.doi.org/10.1093/clinchem/18.6.499).
11. Hamilton, R. M. G. (1978). Observations on the changes in physical characteristics that influence egg shell quality in ten strains of White Leghorns. *Poultry Science*, 57(5), 1192-1197. [Http://dx.doi.org/10.3382/ps.0571192](http://dx.doi.org/10.3382/ps.0571192).
12. Hartmann, C., Strandberg, E., Rydhmer, L., & Johansson, K. (2003). Genetic relations of yolk proportion and chick weight with production traits in a White Leghorn line. *British Poultry Science*, 44(2), 186-191. [Http://dx.doi.org/10.1080/0007166031000096489](http://dx.doi.org/10.1080/0007166031000096489).
13. Khadija, A., Ati, A., Mohammed, S., Saad, A. M., & Mohamed, H. E. (2009). Response of broiler chicks to dietary monosodium glutamate. *Pakistan Veterinary Journal*, 29(4), 165-168.
14. Lepkovsky, S. (1973). Newer concepts in the regulation of food intake. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 26(3), 271-284. [Http://dx.doi.org/10.1093/ajcn/26.3.271](http://dx.doi.org/10.1093/ajcn/26.3.271).
15. Mortezaei, S. S., Zendehtel, M., Babapour, V., & Hasani, K. (2013). The role of glutamatergic and GABAergic systems on serotonin-induced feeding behavior in chicken. *Veterinary Research Communications*, 37(4), 303-310. [Http://dx.doi.org/10.1007/s11259-013-9576-8](http://dx.doi.org/10.1007/s11259-013-9576-8).
16. Muszyński, S., Tomaszewska, E., Arczewska-Włosek, A., Kasperek, K., Batkowska, J., Lamorski, K., Wiącek, D., Donaldson, J., Świątkiewicz, S., & Świątkiewicz, S. (2022). Dietary L-glutamine affects eggshell quality in the post-peak laying period. *Annals of Animal Science*, 23(1), 121-128. [Http://dx.doi.org/10.2478/aoas-2022-0022](http://dx.doi.org/10.2478/aoas-2022-0022).
17. NRC. (1994). Nutrient Requirements of Poultry. 9th ed. National Academy Press, Washington. DC.
18. Obochi, G. O., Malu, S. P., Obi-Abang, M., Alozie, Y., & Iyam, M. A. (2009). Effect of garlic extracts on monosodium glutamate (MSG) induced fibroid in Wistar rats. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(7), 970-976.
19. Olarotimi, O. J. (2020). Quality parameters, lipids and antioxidant profiles of eggs from hens fed diets with varied inclusions of monosodium glutamate. *Journal of Poultry Research*, 18(1), 5-12. [Http://dx.doi.org/10.34233/jpr.813355](http://dx.doi.org/10.34233/jpr.813355).
20. Osfor, M., El-Desouky, S. A., & El-Leithy, N. A. (1997). Effect of dietary intake of monosodium glutamate on some nutritional and biochemical traits in albino rats. *Journal of Comparative Pathology Clinical Pathway*, 10, 131-139.
21. Sahu, S., Chawla, R., & Uppal, B. (2005). Comparison of two methods of estimation of low density lipoprotein cholesterol, the direct versus Friedewald estimation. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 20(2), 54-61. [Http://dx.doi.org/10.1007/BF02867401](http://dx.doi.org/10.1007/BF02867401).
22. Sant'Diniz, Y., Faine, L. A., Galhardi, C. M., Rodrigues, H. G., Ebaid, G. X., Burneiko, R. C., ... & Novelli, E. L. (2005). Monosodium glutamate in standard and high-fiber diets: *Metabolic Syndrome and Oxidative Stress in Rats. Nutrition*, 21(6), 749-755.
23. SAS INST., (2002): SAS User's Guide: Statistics. Version 9.1. SAS Inst., Cary, NC.
24. Shahraki, A. (2010). Ionotropic glutamate receptors and their role in neurological diseases. *Journal of Kerman University of Medical Sciences*. (In Persian).

25. Shakeri, M., Zulkifli, I., Soleimani, A. F., o'Reilly, E. L., Eckersall, P. D., Anna, A. A., & Abdullah, F. F. J. (2014). Response to dietary supplementation of L-glutamine and L-glutamate in broiler chickens reared at different stocking densities under hot, humid tropical conditions. *Poultry Science*, 93(11), 2700-2708. [Http://dx.doi.org/10.3382/ps.2014-03910](http://dx.doi.org/10.3382/ps.2014-03910).
26. Vashan, S. H., Afzali, N., Mallekaneh, M., Nasser, M. A., & Allahresani, A. (2008). The effect of different concentrations of safflower seed on laying hen's performance, yolk and blood cholesterol and immune system. *International Journal of Poultry Science*, 7(5), 470-473.
27. Walker, R., & Lupien, J. R. (2000). The safety evaluation of monosodium glutamate. *The Journal of Nutrition*, 130(4), 1049S-1052S. [Http://dx.doi.org/10.1093/jn/130.4.1049S](http://dx.doi.org/10.1093/jn/130.4.1049S).



Using Nonlinear Growth Models to Fit the Egg Production Curve in Khazak Hen

Hadi Faraji Arough ^{1,2*}, Mahmoud Ghazaghi ³, Mohammad Rokouei ⁴

Received: 18-06-2022
Revised: 14-01-2023
Accepted: 05-02-2023
Available Online: 05-02-2023

How to cite this article:

Faraji-Arough, H., Ghazaghi, M., & Rokouei M. (2023). Using nonlinear growth models to fit the egg production curve in Khazak hen. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(3), 397-411.
DOI: [10.22067/ijasr.2023.77219.1080](https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.77219.1080)

Introduction: The egg production curve is defined graphically as the relationship between the number of eggs and laying time, which indicates the biological efficiency of a hen and can be effective in the selection and nutritional management of laying hens. Egg production is an essential section of the poultry industry. Appropriate mathematical models accurately represent the production phases of the hen and provide a valuable tool for biological comparisons and interpretations. Also, egg production curves help predict egg production, determine the appropriate age for poultry culling, and economic decisions. Sigmoid growth models are often used to describe size over time in plants, animals, and humans. In laying hens, the shape of the cumulative egg production curve is similar to the growth curve. Therefore, different growth models may be used to model the cumulative egg production curve. Khazak hen is one of the native birds of the Sistan region (Iran), and natural selection has adapted this bird to the conditions of Sistan over the years. The body of this chicken is small, and has low growth and is mainly kept for egg production. Since laying patterns is different in populations. Thus, the use of an appropriate model to describe the specific laying pattern of each population is necessary. Therefore, this study was conducted to investigate growth models to describe the cumulative egg production and weight of eggs and select the best model for the Khazak hen.

Materials and Methods: The present study was conducted in the Research Center of Domestic Animals (RCDA), the Research institute of Zabol, Zabol (Iran). Khazak pullets are identified using foot-banded numbers before they start laying. During the experiment, all birds had access to water and feed ad libitum. The egg production was recorded daily for each hen separately. Based on daily records, the weekly egg production of each bird was calculated and then used the calculation of the cumulative egg production. A total of 365 pellet egg production records were used to analyze the production curve from the first to the fortieth

1- Assistant Professor, Research Center of Special Domestic Animals, University of Zabol, Zabol, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Ostrich, Special Domestic Animals Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Animal Science, Agriculture Faculty, University of Zabol, Zabol, Iran.

4- Professor, Department of Animal Science, Agriculture Faculty, University of Zabol, Zabol, Iran.

*Corresponding Author's Email: hadifaraji@uoz.ac.ir

week of laying. Five growth models (Gompertz, Logistics, Richards, Lopez, and Weibull) were fitted on cumulative egg production and weight records. The goodness of fit criteria, including Akaike information criterion (AIC), mean square error (MSE), Bayesian information criterion (BIC), and adjusted coefficient of determination (R_{Adj}^2), were used to compare the growth models and to select the best model. All models were fitted on egg production records using the nlme package in R software, and the parameters of each model were estimated. After fitting the models, the cumulative production values for different ages were predicted by the models and were compared with the actual values over 40 weeks.

Results and Discussion: Based on the goodness of fit criteria, the Lopez mod had the highest R_{Adj}^2 value and lowest values of AIC, BIC, and MSE for cumulative egg production. While the Weibull model was the best model than other models to describe cumulative egg weight in terms of the goodness of fit criteria. The Gompertz and Logistic models overestimated initial production and underestimated the final production compared with other models. Estimates of time and production at the inflection points using Lopez and Weibull models were close to actual values of cumulative egg production and weight, respectively. Also, prediction of cumulative egg production and egg weight in different weeks using Lopez and Weibull models was accurately, respectively. In literature, various models were reported as the best model to describe the egg production curve, which indicates that the appropriate model specific to each breed should be used to evaluate its curve. The overestimation and underestimation of initial and final production using Logistic models were reported in other research that was similar to our findings. The important application of egg production models in poultry is to estimate the economic and genetic value by predicting total egg production from some records, which can be a suitable tool for biological comparisons and interpretations.

Conclusion: The results of the present study, showed that the Lopez and Weibull models were the best models to describe the cumulative egg production and egg weight based on four good fit criteria, respectively. Therefore, these models can be used to describe the cumulative egg production and egg weight in Khazak hens. The application of these growth models can be useful to nutritional management and breeding programs to improve and change cumulative egg production and egg weight.

Keywords: Cumulative egg production, Inflection point, Lopez model, Modelling, Native hen

استفاده از مدل‌های غیر خطی رشد برای برازش منحنی تولید تخم در مرغ خزک

هادی فرجی آروق^{۱،۲*}، محمود قزاقی^۳، محمد رکوعی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۶

چکیده

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی مدل‌های غیر خطی رشد برای توصیف منحنی تولید و وزن تجمعی تخم در مرغ خزک و انتخاب مناسب‌ترین مدل غیر خطی رشد انجام شد. در مجموع، تولید تخم ۳۶۵ پولت مرغ خزک از هفته اول تا چهارم تخم‌گذاری برای ارزیابی استفاده شد. با استفاده از تولید و وزن تخم‌های تولید شده در هر هفته، تولید و وزن تجمعی تخم در طول چهل هفته محاسبه شد. پنج مدل رشد غیر خطی شامل مدل‌های گمپرتز، لجستیک، ریچاردز، لویز و ویبول بر روی رکوردهای تجمعی تولید و وزن تخم برازش شده و مناسب‌ترین مدل برای تولید و وزن تجمعی تخم با استفاده از معیارهای نکویی برازش (ضریب تبیین تصحیح شده، میانگین مربعات خطا، معیار اطلاعات بیزی و معیار اطلاعات آکائیک) تعیین شد. نتایج نشان داد که علی‌رغم برازش همه مدل‌های رشد بر روی داده‌ها، مدل لویز و ویبول به ترتیب بر اساس معیارهای نکویی برازش مناسب‌ترین مدل برای توصیف منحنی تولید و وزن تجمعی تخم در مرغ‌های خزک بودند. در مدل‌های رشد گمپرتز و لجستیک، تولید اولیه و تولید نهایی به ترتیب بالاتر و پایین‌تر از مدل‌های دیگر برآورد شد. زمان و میزان تولید در نقطه عطف با استفاده از مدل‌های لویز و ویبول نزدیک‌تر به مقادیر واقعی بود. همچنین، مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل‌ها با مقدار واقعی نشان داد که دو مدل لویز و ویبول به ترتیب پیش‌بینی‌های صحیح‌تری برای تولید و وزن تجمعی تخم داشتند. با توجه به نتایج حاصل می‌توان از مدل‌های رشد لویز و ویبول برای مطالعه منحنی تولید و وزن تجمعی در مرغ خزک جهت مدیریت تغذیه‌ای و برنامه‌های اصلاح نژادی برای تغییر منحنی با صحت بالا استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تولید تجمعی تخم، مدل‌سازی، مدل لویز، مرغ بومی، نقطه عطف

مقدمه

2010) می‌باشند که سبب برتری قیمت و مطلوبیت آن نسبت به مرغان تجاری شده است. مقاومت به انواع شرایط محیطی و بیماری‌ها، نیاز به هزینه کمتر جهت نگهداری، نیاز به شرایط ساده برای نگهداری و تولیدات ارگانیک از مرغان بومی از دیگر ویژگی‌های نژادهای بومی می‌باشد (Lee, 2006).

تولید تخم به صورت تعداد تخم‌های گذاشته شده در یک لانه مرغ یا کل تعداد تخم‌های تولید شده توسط پرندگان زنده (روز مرغ) در طول یک دوره خاص (روزانه، هفتگی، ماهانه، سالانه) تعریف می‌شود و یا به صورت نسبت کل تخم‌های تولید شده توسط تعدادی از حیوانات بیان می‌شود. تولید تخم یک حیوان در طول دوره تولید می‌تواند به صورت تجمعی نیز باشد؛ با این حال، این یک روش انتخاب برای اهداف پرورشی و اصلاح نژادی نیست (Narinc et al., 2013). منحنی تولید تخم به صورت توصیف نموداری رابطه بین تعداد تخم و زمان تخم‌گذاری تعریف می‌شود که نشان‌دهنده کارایی بیولوژیکی یک مرغ بوده و می‌تواند در انتخاب و مدیریت تغذیه در مرغان تخم‌گذار مؤثر باشد (Fairfull and Gowe, 1990).

مرغ‌های بومی معمولاً برای تأمین گوشت و تخم (دو منظوره) پرورش داده می‌شوند و در مقایسه با نژادهای تجاری سرعت رشد پایین، تولید تخم مرغ کمتر، کرچی زیاد، وزن پایین بدن و سن بلوغ بالا دارند. اما با این حال، دارای ویژگی‌های ممتاز دیگری از جمله گوشت با طعم و مزه بهتر و چربی کمتر (Haunshi et al., 2022)، زرده بزرگ‌تر (Lordelo et al., 2020)، ضخامت بیشتر پوسته و استحکام بالاتر پوسته تخم مرغ (Emamgholi Begli et al.,)

۱- استادیار، پژوهشکده دام‌های خاص، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲- استادیار، گروه پژوهشی شترمرغ، پژوهشکده دام‌های خاص، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران.

۳- استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۴- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

* نویسنده مسئول: (Email: hadifaraji@uoz.ac.ir)

DOI: 10.22067/ijasr.2023.77219.1080

استفاده از مدل‌های رشد در مطالعات برای توصیف منحنی تولید تخم کمتر گزارش شده است. در بررسی منحنی تولید تخم نژاد لگهورن سفید سنتر شده، مدل‌های رشد مورد بررسی واقع شده و براساس معیارهای نکویی برازش، مدل مورگان مرسر فلودین (لوپز) به‌عنوان مدل مناسب برای برازش منحنی تولید تخم در این پرنده گزارش شد (Sharifi et al., 2022). پنج مدل گمپرتز، ریچارد، لجستیک، خطی و نمایی بر روی تولید تخم هفتگی دو لاین پدری و مادری نژاد قهوه‌ای شیکا مورد برازش قرار گرفت و مدل نمایی براساس معیارهای نکویی برازش به‌عنوان مدل مناسب برای توصیف تولید تخم در این دو لاین گزارش شد (Ahmadu et al., 2017). در تحقیق دیگری، استفاده از مدل‌های رشد برای برازش منحنی تولید تخم تجمعی تخم در مرغ‌های تخم‌گذار و مرغ اجداد جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که مدل مورگان و متعاقب آن مدل ریچاردز پیش‌بینی‌های صحیح‌تر از تولید تخم هفتگی داشتند و به‌عنوان مناسب‌ترین مدل برای برازش تولید تخم هفتگی در مرغ‌های ذکر شده گزارش شدند (Darmani Kuhi and France, 2019).

مدل‌های رشد سیگموئیدی اغلب برای توصیف اندازه گیاهان، حیوانات و انسان‌ها در طول زمان استفاده می‌شوند (Thornley and France, 2007). در مرغ‌های تخم‌گذار، شکل منحنی تولید تخم تجمعی مشابه منحنی رشد است؛ بنابراین، توابع مختلف رشد ممکن است برای مدل‌سازی منحنی تولید تجمعی تخم مورد استفاده قرار گیرند. منحنی تولید تخم مرغ تجمعی مسیر صاف‌تری را نسبت به منحنی تولید تخم مرغ معمولی نشان می‌دهد و در صورت عدم وجود چند رکورد، این امر به‌میزان کمتری تحت تأثیر قرار می‌گیرد و حساسیت کمتری نسبت به وقوع داده‌های پرت یا گم شده دارد (Darmani Kuhi and France, 2019). مرغ خزک جزء پرنده‌های بومی در اقلیم سیستان می‌باشد که در طول سال‌ها انتخاب طبیعی سازگاری خوبی با شرایط سیستان پیدا کرده است. این مرغ به‌دلیل داشتن پاهای کوتاه به‌نام خزک نام گرفته است. جثه این مرغ بسیار کوچک بوده و دارای رشد کم می‌باشد و بیشتر جهت تولید تخم نگهداری می‌شود. با توجه به اینکه الگوی تخم‌گذاری در جمعیت‌ها متفاوت می‌باشند و استفاده از مدل مناسب جهت توصیف الگوی تخم‌گذاری برای درک بهتر نرخ تخم‌گذاری، برنامه‌های تغذیه‌ای و اصلاح نژادی ضروری می‌باشد. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی مدل‌های رشد برای توصیف نرخ تولید و وزن تجمعی تخم و انتخاب مناسب‌ترین مدل در مرغ خزک انجام شد.

منحنی تولید تخم در مرغ‌ها از نظر شکل مشابه منحنی شیردهی در گاو است و مدل‌هایی مانند گامای ناقص برای مدل‌سازی تولید شیر استفاده می‌شود (Wood, 1967; Gavora et al., 1982; Narinc et al., 2013). بنابراین، مدل‌های توصیف‌کننده شکل منحنی شیردهی برای مدل‌سازی منحنی تولید تخم نیز سازگاری دارند (Wolc et al., 2015) و همانند منحنی شیردهی می‌توان نرخ افزایش قبل از اوج تولید، اوج تولید، نرخ کاهش بعد اوج تولید و تداوم تولید برای مرغان تخم‌گذار به‌دست آورد (Grossman et al., 2000; Narinc et al., 2014). مدلی که اغلب برای منحنی تخم استفاده می‌شود، مدل گامای ناقص می‌باشد، زیرا کاربرد نسبتاً ساده، تفسیر آسان و بهترین برازش با داده‌ها دارد. علاوه‌براین، مدل‌های جزء به جزء، جزء به جزء تصحیح شده، مدل لجستیک، نمایی و چند جمله‌ای نیز استفاده می‌شوند (Narinc et al., 2014).

تولید تخم بخش مهمی از صنعت طیور است. مدل‌های ریاضی مناسب به‌طور دقیق فاز تولید مرغ را نشان می‌دهد و ابزار مناسبی برای مقایسه‌ها و تفسیرهای بیولوژیکی فراهم می‌کند. منحنی‌های تولید تخم در پیش‌بینی تولید تخم، تعیین سن مناسب حذف مرغ و تصمیمات اقتصادی کمک می‌کند (Aggrey, 2002; Savegnago et al., 2012). تولید تخم نتیجه تعداد زیادی ژن از طریق فرایندهای بیوشیمیایی، آناتومیکی و فیزیولوژیکی است. این صفت در طیور یک صفت کمی پیچیده است که تنوع تولید تخم فردی قابل توجهی را در دوره تخم‌گذاری نشان می‌دهد (Sharifi et al., 2022). مدل‌های آماری مورد استفاده برای توصیف منحنی تولید تخم بسیاری از تصمیمات مدیریتی را پشتیبانی می‌کنند تا برای افزایش تولید تخم استفاده شود (Wolc et al., 2011). همچنین استفاده از مدل‌های ریاضی در پرورش عملی طیور برای پیش‌بینی تولید تخم در یک دوره سالانه یا هر دوره انتخابی دیگر با استفاده از قسمتی از رکوردها برای تسهیل انتخاب زود هنگام پرندگان مولد از اهمیت بالایی برخوردار است (Bindya et al., 2010; Abraham et al., 2017; Ahmadu et al., 2017). استفاده از مدل‌های غیر خطی برای برازش تولید تخم در جمعیت‌های مختلف این امکان را فراهم می‌کند تا تولید تخم بین آن‌ها مقایسه شود. به این ترتیب، تولید تخم می‌تواند بین لاین‌های انتخاب شده و انتخاب نشده مرغ مقایسه شده تا تغییرات در منحنی تولید تخم که به‌وسیله انتخاب صورت می‌گیرد، مطالعه شود (Sharifi et al., 2022).

مدل‌های رگرسیون غیر خطی که عمدتاً در مطالعات برای نشان دادن تغییرات وابسته به زمان تولید تخم استفاده شدند، شامل مدل‌های گاما، مک نالی، آدامز-یل، جزء به جزء، جزء به جزء تصحیح شده، لجستیک، گلور، لخورست و توابع ناروشین تا‌کما با سه تا هفت پارامتر برآوردی می‌باشند (Narinc et al., 2014). به هر حال،

جدول ۱- ترکیب (درصد) و مواد مغذی جیره مورد استفاده (درصد)

Table 1- Composition (%) and nutrients of the used diet (Percentage)

اجزای خوراک Ingredient	ترکیب Composition
ذرت Corn	62.75
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین خام) Soybean meal (44% CP)	18.05
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	0.90
گلوتن ذرت Gluten Meal	1.88
سنگ آهک Limestone	9.85
بی‌کربنات سدیم Sodium bicarbonate	0.31
نمک NaCl	0.28
مکمل معدنی Mineral premix ¹	0.25
مکمل ویتامینه Vitamin premix ²	0.25
دی ال- متیونین DL- Methionine	0.13
ال- لایزین L-Lysine	0.10
روغن Oil	0.75
ترکیبات شیمیایی محاسبه شده Calculated chemical composition	
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری / کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)	2800
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	16.00
لیزین (درصد) Lysine (%)	0.78
متیونین (درصد) Methionine (%)	0.38
متیونین + سیستئین (درصد) Methionine + cysteine (%)	0.64
کلسیم (درصد) Calcium (%)	4.00
فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorus (%)	0.30

^۱ مکمل معدنی این موارد را در هر کیلوگرم جیره تأمین نمود: ۶۵ میلی‌گرم منگنز؛ ۶۵؛ ۵۵ میلی‌گرم روی؛ ۵۰ میلی‌گرم آهن؛ ۸ میلی‌گرم مس؛ ۱/۸ میلی‌گرم ید؛ ۰/۳۰ میلی‌گرم سلنیوم؛ ۰/۲۰ میلی‌گرم کبالت و ۰/۱۶ میلی‌گرم مولیبدن.

^۲ مکمل ویتامینه این موارد در هر کیلوگرم جیره تأمین نمود: ۱۱۵۰۰ واحد بین المللی ویتامین A؛ ۲۱۰۰ واحد بین المللی کوله کلسیفرول؛ ۲۲ واحد بین المللی ویتامین E؛ ویتامین B₁₂؛ ۰/۶۰ mg؛ ریوفلاوین، ۴/۴ mg؛ ۴۰ میلی‌گرم نیکوتین‌آمید؛ ۳۵ میلی‌گرم کلسیم پنتوتنات؛ ۱/۵۰ میلی‌گرم منادیون؛ ۰/۸۰ میلی‌گرم فولیک اسید؛ ۳ میلی‌گرم تیامین؛ ۱۰ میلی‌گرم پیریدوکسین؛ ۱ میلی‌گرم بیوتین؛ ۵۶۰ میلی‌گرم کولین کلراید و ۱۲۵ میلی‌گرم اتوکسی کوئین.

¹ Mineral premix provided per kilogram of diet: 65 mg Mn; 50 mg Fe; 8 mg Cu; 1.8 mg I; 0.30 mg Se; 0.20 mg Co; and 0.16 mg Mo.

² Vitamin premix provided per kilogram of diet: 11,500 IU vitamin A; 2,100 IU cholecalciferol; 22 IU vitamin E; 0.60 mg vitamin B₁₂; 4.4 mg riboflavin; 40 mg nicotinamide; 35 mg calcium pantothenate; 1.50 mg menadione; 0.80 mg folic acid; 3 mg thiamine; 10 mg pyridoxine; 1 mg biotin; 560 mg choline chloride; and 125 mg ethoxyquin.

در شهرستان زهک انجام شد. شهرستان زهک با مختصات طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در پژوهشکده دام‌های خاص پژوهشگاه زابل واقع

بعد از محاسبه تولید و وزن تجمعی تخم در هفته‌های مختلف برای هر مرغ، پنج مدل رشد (گمپرتز، لجستیک، ریچاردز، لویز و ویبول) بر روی رکوردهای تولید و وزن تجمعی تخم برازش شد. معادله مدل‌های مورد استفاده به صورت معادلات زیر بودند:

معادله (۱): مدل گمپرتز (Gompertz, 1825)

$$W = W_0 \exp \left\{ \left[1 - \exp(-kt) \right] \ln \left(\frac{W_f}{W_0} \right) \right\}$$

معادله (۲): مدل لجستیک (Robertson, 1908)

$$W = \frac{W_0 W_f}{[W_0 + (W_f - W_0) \exp(-kt)]}$$

معادله (۳): مدل ریچاردز (Richards, 1959)

$$W = W_0 W_f / [W_0^m + (W_f^m - W_0^m) \exp(-kt)]^{1/m}$$

معادله (۴): مدل لویز (Lopez, 2000)

$$W = (W_0 b^k + W_f t^k) / (b^k + t^k)$$

معادله (۵): مدل ویبول (Weibull, 1951)

$$W = W_f - (W_f - W_0) \exp[-(k \times \text{Age})^m]$$

در معادله‌های بالا، W : تولید و وزن تجمعی تخم در هفته t ، W_0 ، W_f و k : به ترتیب تولید تخم اولیه، تولید تخم مجانبی نهایی و ضریب رشد نسبی می‌باشد. پارامترهای b و m : به ترتیب سن در موقع به دست آوردن نصف حداکثر تولید و پارامتر شکل را نشان می‌دهند. از چهار معیار نکویی برازش زیر برای مقایسه مدل‌های رشد مورد مطالعه و انتخاب مناسب‌ترین مدل برای توصیف منحنی تولید و وزن تجمعی تخم استفاده شد:

$$R_{Adj}^2 = 1 - \left[\left(\frac{n-1}{n-k} \right) * (1 - R_{model}^2) \right] \quad (6)$$

$$MSE = \frac{SSE}{n-k} \quad (7)$$

$$AIC = n \cdot \ln \left(\frac{SSE}{n} \right) + 2k \quad (8)$$

$$BIC = n \cdot \ln \left(\frac{SSE}{n} \right) + p \cdot \ln(n) \quad (9)$$

در معادلات ۶ تا ۹، R_{Adj}^2 : ضریب تبیین تصحیح شده، n و k : به ترتیب تعداد مشاهدات و پارامترهای مدل را نشان می‌دهند. R_{model}^2 : ضریب تبیین است که به صورت $1 - (SSE/SST)$ محاسبه می‌شود که SSE : جمع مربعات خطا و SST : جمع مربعات کل می‌باشد. همچنین MSE ، AIC و BIC : به ترتیب میانگین مربعات خطا، معیار اطلاعات آکائیک و معیار اطلاعات بیزی را نشان می‌دهد. تمام مدل‌ها بر روی رکوردهای تولید تخم و وزن تجمعی با استفاده از بسته *nlme* (Pinheiro et al., 2014) نرم‌افزار R (نسخه ۴-۱-۲) برازش شده و با استفاده از پارامترهای هر مدل، زمان و تولید در نقطه عطف با استفاده از فرمول‌های جدول ۲ برآورد شدند. بعد از برازش مدل‌ها، مقادیر تولید تجمعی برای سنین مختلف توسط مدل‌ها پیش‌بینی شده و منحنی مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر واقعی در طول ۴۰ هفته مورد مقایسه قرار گرفت.

۵۵ دقیقه شمالی، در ارتفاع ۴۸۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است و دارای آب و هوای گرم و خشک با میانگین درازمدت بارندگی پنجاه و پنج میلی‌متر است. مرغ خزک به عنوان مرغ بومی سیستان در طی سه دهه اخیر نسل پایه آن در پژوهشکده دام‌های خاص پژوهشگاه به صورت صنعتی در سالن نگهداری می‌شوند و از سال ۱۳۹۴ ثبت شجره برای این پرنده آغاز شده و از سال ۱۳۹۶ ثبت رکورد تولید تخم، صفات رشد، صفات باروری نیز انجام می‌گیرد. جهت انجام کارهای اصلاح نژادی و برنامه‌های انتخاب، ارزیابی ژنتیکی صفات در دسترس جهت تعیین معیار انتخاب ضروری می‌باشد. لذا بررسی منحنی تولید تخم با استفاده از مدل مناسب که دارای پارامترهای قابل توجیه بیولوژیک می‌باشد، می‌تواند در فهم بهتر منحنی تولید در این پرنده مؤثر بوده و همچنین پارامترهای مدل به عنوان صفات مهم در برنامه‌های اصلاح نژادی مد نظر قرار گیرد. در این مرکز پولت‌های خزک در گله پرورشی پژوهشکده دام‌های خاص قبل از شروع تخم‌گذاری با استفاده از پلاک‌های فلزی یا شماره‌گذاری شده و در قفس‌های به ابعاد ۳×۳ متر به نسبت یک قطعه خروس و شش قطعه مرغ انتقال داده شدند. در طول آزمایش همه پرندگان به آب و غذا به طور آزاد دسترسی داشتند و با استفاده از جیره تخم‌گذاری آردی (مش) حاوی ۲۸۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی قابل متابولیسم و ۱۶ درصد پروتئین خام تغذیه شدند. ترکیب و مواد مغذی جیره استفاده شده در جدول ۱ آورده شده است. در هر قفس تله‌های تخم‌گذاری قرار داده شد تا تولید تخم روزانه برای هر مرغ به صورت جداگانه ثبت گردد.

براساس تولید تخم روزانه، تولید تخم هفتگی هر پرنده محاسبه شده و سپس برای محاسبه تولید تجمعی تخم در هر هفته، تولید تخم هفتگی آن هفته با مجموع تخم هفته ماقبل جمع شد. این منجر به یک منحنی افزایشی یکنواخت می‌شود که اغلب به شکل سیگموئیدی با یک فاز افزایشی و یک فاز کاهشی می‌شود. این دو فاز در نقطه عطف به هم وصل شده که در این نقطه تولید تخم شیب تندی داشته که مربوط به اوج تولید است. همین روند برای محاسبه وزن تجمعی تخم نیز استفاده شد، یعنی مجموع وزن تخم‌های تولید شده در هر هفته با مجموع وزن تخم‌های تولید شده در هفته‌های ماقبل جمع شد. در مجموع، رکوردهای تولید تخم ۳۶۵ پولت خزک از هفته اول تا چهلیم تخم‌گذاری که از فروردین ۱۳۹۶ تا خرداد ۱۴۰۰ جمع‌آوری شده بودند، برای تجزیه و تحلیل منحنی تولید و وزن تجمعی تخم استفاده شد.

جدول ۲- فرمول محاسبه زمان (ti) و تولید (Pi) در نقطه عطف در مدل‌های مختلف رشد

Table 2- Calculation formula of time (ti) and production (pi) at inflection point in different growth models

مدل Model	زمان در نقطه عطف ti	تولید در نقطه عطف Pi
گمپرتز Gompertz	$\frac{1}{k} \left[\ln \left(\ln \left(\frac{W_f}{W_0} \right) \right) \right]$	$\frac{W_f}{e}$
لجستیک Logistic	$\frac{1}{k} \ln \left(\frac{W_f - W_0}{W_0} \right)$	$\frac{W_f}{2}$
ریچاردز Richards	$\frac{1}{k} \times \ln \left(\frac{m}{(W_f^m - W_0^m) / W_0^m} \right)$	$\frac{W_f}{\sqrt[m]{m+1}}$
لوپز Lopez	$b \left(\frac{k-1}{k+1} \right)^{1/2}$	$\frac{\left[\left(1 + \frac{1}{k} \right) W_0 + \left(1 - \frac{1}{k} \right) W_f \right]}{2}$
ویبول Weibull	$\frac{1}{k} \left(\frac{m-1}{m} \right)^{1/m}$	$W_f - (W_f - W_0) \exp \left(-\frac{m-1}{m} \right)$

* W_0, W_f, k, m and b به ترتیب تولید تخم اولیه، تولید تخم مجانبی نهایی، ضریب رشد نسبی، پارامتر شکل و سن در موقع به دست آوردن نصف حداکثر تخم تولیدی هستند.

* W_0, W_f, k, m and b are initial egg production, asymptotic egg production, coefficient of relative growth, the shape parameter, and the age at approximately half maximum egg production, respectively.

مناسب می‌باشند.

نتایج و بحث

مقدار R_{Adj}^2 برای مدل‌های رشد مورد مطالعه در پژوهش حاضر زیر ۷۱ درصد به دست آمد که نسبت به برخی از گزارش‌ها در سایر پژوهش‌ها پایین‌تر می‌باشد (Fairfull and Gowe, 1990; Darmani Kuhi et al., 2003; Narinc et al., 2010; Sharifi et al., 2022). به هر حال، مقادیر مشابه R_{Adj}^2 در بررسی منحنی تولید تخم در دو لاین پدری و مادری نژاد قهوه‌ای شیکا گزارش شد (Ahmadu et al., 2017). عواملی که می‌تواند بر مقدار R_{Adj}^2 برآورد شده در مطالعات تأثیر می‌گذارد، عبارتند از دامنه مقادیر متغییر مستقل (زمان)، ترتیب مقادیر متغییر وابسته در داخل دامنه آن، تعداد تکرار مشاهدات متغییر وابسته، تنوع مقدار متغییر وابسته در هر یک از مقادیر متغییر مستقل (Cornell and Berger, 1986). بنابراین، متفاوت بودن عوامل ذکر شده در مطالعات مختلف و همچنین نوع منحنی (رشد یا تولید تخم) می‌تواند دلیل برآورد‌های متفاوت برای مقدار R_{Adj}^2 باشد. در مطالعه منحنی تولید تخم و وزن تخم مرغ‌های لگهورن سفید مدل‌های گویا و مورگان مرسر فلودین (مدل لوپز) به ترتیب به عنوان مناسب‌ترین مدل برای توصیف منحنی تولید تخم و وزن تخم معرفی شد (Sharifi et al., 2022). همچنین در تحقیق بر روی منحنی تولید تخم مرغ مادر گوشتی، مدل گویا و متعاقب آن مدل چند جمله‌ای در مقایسه با مدل‌های لجستیک، لوپز، درجه دوم و سینوسی‌دیدی بهترین برازش داشت (Abraham and Murthy, 2017).

معیارهای نکویی برازش مدل‌های مختلف برازش شده بر روی رکوردهای تولید و وزن تجمعی تخم در جدول ۳ آورده شده است. مدل‌های برازش شده از لحاظ معیار ضریب تبیین تصحیح شده نزدیک به هم بود، به طوری که همه مدل‌ها دارای مقدار ضریب تبیین تصحیح شده ۷۰ درصد برای تولید تجمعی تخم و مقدار ۶۸ درصد برای وزن تجمعی تخم بودند. برای سایر معیارهای نکویی برازش، تفاوت بین مدل‌ها از لحاظ معیارهای نکویی برازش تا حدودی آشکارتر بود. مدل لجستیک بالاترین مقدار MSE را برای تولید و وزن تجمعی تخم داشت، در حالی که که مدل‌های لوپز و ویبول از لحاظ این معیار به ترتیب برای تولید و وزن تخم تجمعی کمترین مقدار بودند. همچنین، این دو مدل اخیر دارای بالاترین مقدار R_{Adj}^2 هم بودند که نشان‌دهنده مناسب بودن مدل‌های لوپز و ویبول برای توصیف منحنی تولید و وزن تجمعی تخم در مرغ‌های خزک نسبت به سایر مدل‌های مورد مطالعه بود. مشابه معیار MSE، مقدار معیارهای AIC و BIC برای مدل لجستیک در توصیف منحنی تولید و وزن تجمعی تخم بالاترین مقدار بود، اما مقدار این معیارها برای مدل‌های لوپز و ویبول نسبت به سایر مدل‌ها پایین‌تر بود. بنابراین، با توجه به چهار معیار نکویی برازش، مدل لجستیک برای برازش توصیف منحنی تولید و وزن تجمعی تخم در مرغ‌های خزک نسبت به سایر مدل‌ها نامناسب بود، اما مدل لوپز و متعاقب آن مدل ویبول برای توصیف منحنی تولید تجمعی تخم و مدل ویبول و متعاقب آن مدل لوپز برای توصیف منحنی وزن تجمعی تخم در مرغ‌ها خزک به عنوان مدل‌های

جدول ۳- معیارهای نکویی برازش مدل‌های رشد برازش شده

Table 3- The goodness of fit criteria of fitting growth models

مدل Model	میانگین مربعات خطا MSE*	معیار اطلاعات آکائیک AIC	معیار اطلاعات بیزی BIC	ضریب تبیین تصحیح شده R_{Adj}^2
تولید تجمعی تخم Cumulative egg production				
گمپرتز Gompertz	166.271	87050.03	87079.23	70.42
لجستیک Logistic	168.773	87213.54	87242.75	69.97
ریچاردز Richards	164.790	86953.12	86989.62	70.68
لوپز Lopez	164.639	86943.04	86979.54	70.71
ویبول Weibull	164.761	86951.15	86987.65	70.68
وزن تجمعی تخم Cumulative egg weight				
گمپرتز Gompertz	297527.90	170892.10	170921.30	68.47
لجستیک Logistic	301270.30	171030.40	171059.70	68.08
ریچاردز Richards	295590.70	170820.80	170857.40	68.69
لوپز Lopez	295841.90	170830.20	170866.80	68.65
ویبول Weibull	295576.50	170820.30	170856.80	68.68

* میانگین مربعات خطا (MSE)، معیار اطلاعات آکائیک (AIC)، معیار اطلاعات بیزی (BIC) و ضریب تبیین تصحیح شده (R_{Adj}^2)* Mean square error (MSE), Akaike information criterion (AIC), Bayesian information criterion (BIC), and adjusted coefficient of determination (R_{Adj}^2)

دیگر نیز در کنار R_{Adj}^2 برای انتخاب مدل مناسب استفاده کرد (Cornell and Berger, 1986)، بنابراین سه معیار دیگر نیز برای انتخاب مدل مناسب علاوه بر R_{Adj}^2 استفاده شد.

جدول ۴ پارامترهای برآورد شده مدل‌ها برای تولید و وزن تجمعی تخم را نشان می‌دهد. مقادیر برآورد شده برای میزان تولید اولیه (W_0) توسط مدل‌های گمپرتز و لجستیک بالاتر از مقدار واقعی بود، در حالی که میزان تولید اولیه در مدل‌های ریچاردز، لوپز و ویبول کمتر از مقدار واقعی برآورد شد. این روند برای تولید تخم نهایی (W_f) برعکس میزان تولید اولیه بود، به طوری که مقدار تولید نهایی برآورد شده توسط مدل‌های ریچاردز، لوپز و ویبول بیشتر از دو مدل دیگر بود. مقدار پارامتر k در مدل لوپز بالاتر از سایر مدل‌ها بود و کمترین مقدار این پارامتر توسط مدل ویبول برای تولید تجمعی تخم به دست آمد. برای وزن تجمعی تخم نیز روند برآورد پارامترها مشابه تولید تجمعی تخم بود، به نحوی که میزان تولید اولیه (W_0) در مدل‌ها گمپرتز و لجستیک بالاتر از سایر مدل‌ها و مقدار تولید تخم نهایی

پنج مدل لجستیک، گمپرتز، ریچاردز، خطی و نمایی بر روی منحنی وزن تخم در دو لاین پدری و مادری نژاد قهوه‌ای شیکا مورد مطالعه قرار گرفت و مدل ریچاردز به عنوان مناسب‌ترین مدل برای توصیف منحنی وزن تخم در دو لاین گزارش شد (Ahmadu et al., 2017). دلیل متفاوت بودن نتایج تحقیق حاضر می‌تواند به دلیل تفاوت در گونه و نژاد مورد مطالعه، مدل‌های مورد بررسی در هر تحقیق، میزان مشاهدات مورد استفاده از هر پرنده، انتخاب و برنامه‌های اصلاح نژادی انجام شده در پرنده مورد مطالعه و مدیریت تغذیه‌ای در هر مطالعه باشد که باعث تغییر در منحنی تولید شده و در نتیجه، مدل مناسب برای هر نژاد متفاوت باشد. تفاوت در مطالعات مختلف در معرفی مناسب‌ترین مدل برای توصیف منحنی تخم در نژادهای مختلف نشان می‌دهد که منحنی تولید در هر نژادی متفاوت بوده و برای بررسی منحنی تولید در هر نژاد باید از مدل مناسب خاص آن نژاد استفاده کرد. از آنجایی که استفاده از R_{Adj}^2 به تنهایی به عنوان معیار نکویی برازش پرمخاطره است، بنابراین باید از سایر معیارهای

برآورد شد، اما مشابه تولید تجمعی تخم، پایین ترین مقدار k مربوط به مدل ویبول بود. ضریب رشد نسبی (k) نیز توسط مدل لوپز بالاتر از سایر مدل‌ها

جدول ۴- پارامترهای برآورد شده مدل‌های مختلف رشد برای تولید تخم و وزن تخم تجمعی

Table 4- Estimated parameters of different growth models for cumulative egg production and egg weight

مدل Model	$W_0 \pm SE^*$	$W_f \pm SE$	$k \pm SE$	$m \pm SE$	$b \pm SE$
تولید تجمعی تخم Cumulative egg production					
گمپرتز Gompertz	6.488±0.218	98.513±1.838	0.063±0.001	-	-
لجستیک Logistic	8.695±0.189	83.210±0.953	0.116±0.002	-	-
ریچاردز Richards	3.044±0.563	150.000±19.475	0.023±0.005	-0.767±0.088	-
لوپز Lopez	2.704±0.765	298.211±74.425	1.107±0.067	-	100.000±34.952
ویبول Weibull	3.139±0.683	150.000±21.200	0.019±0.004	1.146±0.055	-
وزن تجمعی تخم Cumulative egg weight					
گمپرتز Gompertz	236.300±8.832	4031.000±83.640	0.061±0.002	-	-
لجستیک Logistic	321.800±7.655	3345.000±41.180	0.115±0.002	-	-
ریچاردز Richards	119.900±21.770	6000.000±818.900	0.024±0.006	-0.689±0.095	-
لوپز Lopez	150.400±25.940	8000.000±1129.000	1.300±0.069	-	57.100±10.640
ویبول Weibull	127.300±26.940	5874.000±825.200	0.020±0.003	1.208±0.059	-

* W_0, W_f, k, m و b : به ترتیب تولید تخم اولیه، تولید تخم مجانبی نهایی، ضریب رشد نسبی، پارامتر شکل و سن در موقع به دست آوردن نصف حداکثر تخم تولیدی هستند؛ SE: خطای استاندارد

* W_0, W_f, k, m and b are initial egg production, asymptotic egg production, coefficient of relative growth, the shape parameter, and the age at approximately half maximum egg production, respectively. SE: Standard error.

زمان و میزان تولید در نقطه عطف برآورد شده با مدل‌های مختلف رشد برای تولید تخم و وزن تجمعی تخم در جدول ۵ نشان داده شده است. مقادیر برآورد شده برای زمان و میزان تولید در نقطه عطف تولید تجمعی تخم با مدل‌های لجستیک و لوپز به ترتیب بالاترین و کمترین مقدار بود. مقدار زمان و تولید در نقطه عطف برآورد شده با مدل لوپز به میزان واقعی آن که تقریباً در هفته پنجم و ششم اتفاق می‌افتد، نزدیک‌تر بود. اگرچه بالاترین زمان و میزان تولید در نقطه عطف برای وزن تجمعی تخم توسط مدل لجستیک به دست آمد، اما کمترین مقدار آن مربوط به مدل ویبول بود که به مقدار واقعی نیز نزدیک‌تر بود.

برآورد بالای W_0 و پایین W_f توسط مدل لجستیک در بررسی منحنی رشد در جوجه‌های CCGP (Michalczuk et al., 2016)، جوجه‌های خزک (Fairfull and Gowe, 1990) نیز گزارش شد که مشابه نتایج تحقیق حاضر برای منحنی تولید و وزن تجمعی تخم بود. پایین‌ترین برآورد W_0 برای وزن تجمعی تخم توسط مدل ریچاردز به دست آمد که مشابه یافته‌های مطالعات دیگر بود (Masoudi and Azarfar, 2017). در بررسی منحنی تولید و وزن تجمعی تخم در مرغ‌های تخم‌گذار و مرغ اجداد جوجه‌های گوشتی نیز برآورد بالا W_0 با مدل‌های لجستیک و گمپرتز و برآورد پایین W_0 با مدل‌های لوپز و ریچاردز گزارش شد که مشابه یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد (Darmani Kuhi and France, 2019).

جدول ۵- زمان (t_i) و تولید (p_i) در نقطه عطف برآورد شده با مدل‌های رشدTable 5- Estimated time (t_i) and production (p_i) at inflection point by growth models

مدل Model	تولید تجمعی تخم Cumulative egg production		وزن تجمعی تخم Cumulative egg weight	
	زمان در نقطه عطف (هفته) (wk) t_i	تولید در نقطه عطف (تعداد) p_i (number)	زمان در نقطه عطف (هفته) t_i (wk)	تولید در نقطه عطف (گرم) p_i (g)
گمپرتز Gompertz	15.88	36.24	17.09	1482.92
لجستیک Logistic	18.52	41.60	19.48	16.72.5
ریچاردز Richards	9.29	22.45	12.61	1101.42
لوپز Lopez	6.77	16.98	11.92	1055.77
ویبول Weibull	8.72	20.71	11.66	1036.29

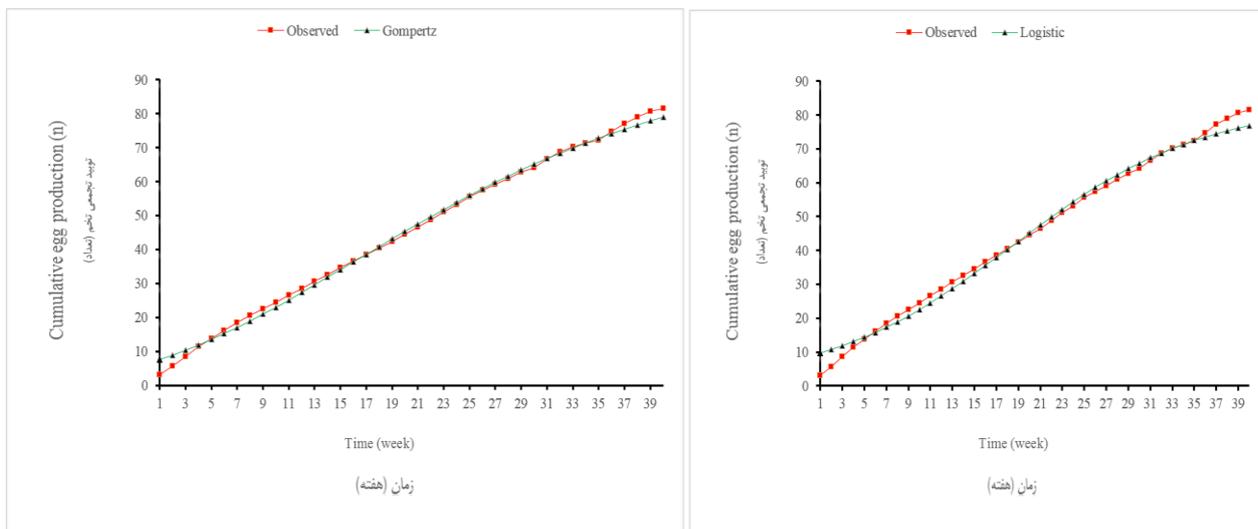
بینی شده توسط مدل‌های مختلف، مدل‌های گمپرتز و لجستیک (شکل ۳) به ترتیب پیش‌بینی‌های بالاترین و پایین‌تری نسبت به مقدار واقعی در ابتدا و انتهای هفته‌های تولید دارد، اما برای مدل‌های دیگر (شکل ۴) مقادیر پیش‌بینی شده نسبت به مقادیر واقعی نزدیک است. در سه مدل ریچاردز، لوپز و ویبول، مقادیر پیش‌بینی شده در اوایل هفته برای مدل ویبول نزدیک‌تر به مقدار واقعی بوده و نسبت به دو مدل ریچاردز و لوپز به‌طور صحیح‌تر منحنی وزن تجمعی تخم را پیش‌بینی می‌کند.

در مدل‌هایی که مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر واقعی در فواصل کوتاه‌تری تفاوت دارند، بهتر از مدل‌هایی می‌باشند که تفاوت آن‌ها در فواصل طولانی‌تر اتفاق می‌افتد (Adenaike et al., 2017). در این تحقیق نیز تفاوت بین مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر واقعی در مدل لوپز برای تولید تجمعی تخم و مدل ویبول برای وزن تجمعی تخم در بسیاری از زمان‌ها باهم انطباق داشت. در مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده با مقدار واقعی وزن بدن در پنج مرغ بومی ایتالیا (Rizzi et al., 2013) و مرغ خزک (Fairfull and Gowe, 1990) گزارش شد که مدل لجستیک وزن ابتدایی را بالاتر از حد و وزن نهایی را پایین‌تر پیش‌بینی می‌کند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت، به‌طوری‌که در مدل لجستیک این تفاوت در ابتدا و انتهای نمودارها بین مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی کاملاً مشهود است.

مهم‌ترین کاربرد مدل‌های تولید تخم در طیور برآورد ارزش اقتصادی و ژنتیکی توسط پیش‌بینی کل تولید تخم از بخشی از رکوردها است (Sharifi et al., 2022). مدل‌های ریاضی مناسب به‌طور دقیق کل فاز تولید مرغ را به‌صورت پارامترهای قابل توجیه بیولوژیکی نشان داده و می‌تواند به‌عنوان صفات جداگانه برای هر پرنده برای مقایسات و تفسیرهای بیولوژیکی استفاده شود.

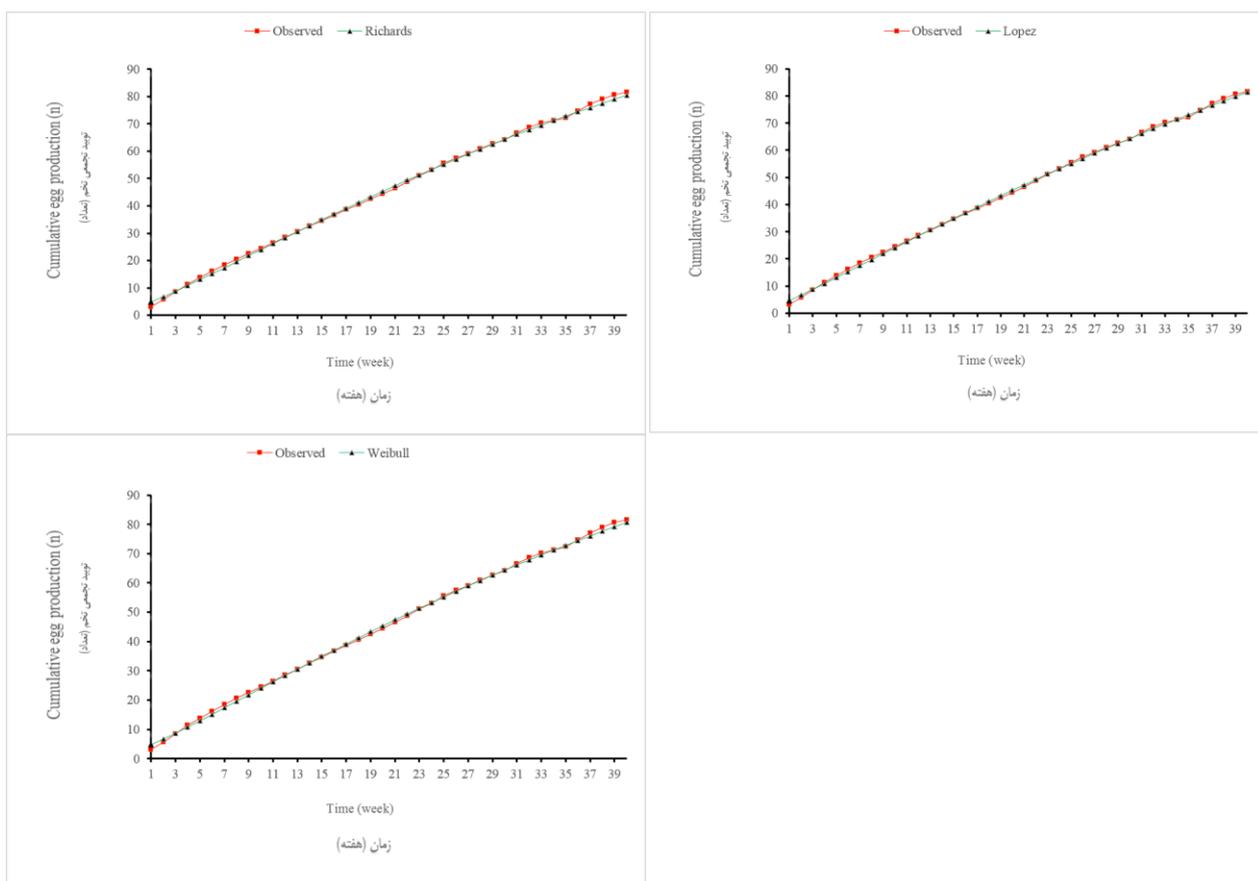
نقطه عطف در منحنی‌های سیگموئیدی بیانگر زمانی است که فاز سریع رشد متوقف و فاز کند آغاز می‌شود. همچنین این زمان لحظه-ای است که حداکثر نرخ افزایش تولید رخ می‌دهد (Roush and Branton, 2005). در واقع، دو فاز در نقطه عطف به هم وصل شده و در این نقطه تولید شیب تندی داشته که مربوط به اوج تولید است (Darmani Kuhi and France, 2019). در این تحقیق، زمان نقطه عطف برای تولید تجمعی تخم توسط مدل مناسب (مدل لوپز، جدول ۳) بین هفته ششم و هفتم به‌دست آمد که تا این مدت تولید تجمعی تخم ۱۶/۹۸ تخم است. هر چه زمان نقطه عطف دیرتر اتفاق بیافتد، می‌تواند در تولید سالیانه تأثیر بگذارد. زمان پیک تولید مرغ‌های فایومی توسط مدل گاما و مک‌نالی به ترتیب ۱۵/۵ و ۱۵/۲۵ هفته بعد تولید گزارش شده است (Mahmoud et al., 2021) که بالاتر از یافته‌ها تحقیق حاضر بود. به هر حال هفته هفتم پس از تولید به‌عنوان زمان پیک برای مرغ مادر گوشتی (Otwinowska-Mindur et al., 2016) و مرغ کاستلانا نگرا (Miguel et al., 2007) گزارش شد که مشابه یافته‌های تحقیق حاضر است.

مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل‌های مختلف رشد در هفته‌های مختلف تولید برای تولید و وزن تجمعی تخم به ترتیب در شکل‌های ۱ تا ۴ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل‌های گمپرتز، لجستیک و ریچاردز در اوایل و اواخر هفته‌های تولید نسبت به مقدار واقعی تفاوت دارند. بنابراین، این مدل‌ها منحنی تولید تجمعی تخم را به‌طور صحیح‌تر نمی‌توانند پیش‌بینی و توصیف کنند. مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل‌های لوپز و ویبول به مقادیر واقعی آن در هفته‌های مختلف نزدیک‌تر بوده و به‌خصوص برای مدل لوپز که مقادیر پیش‌بینی آن به مقادیر واقعی نزدیک‌تر است (شکل ۲). برای وزن تجمعی تخم پیش-



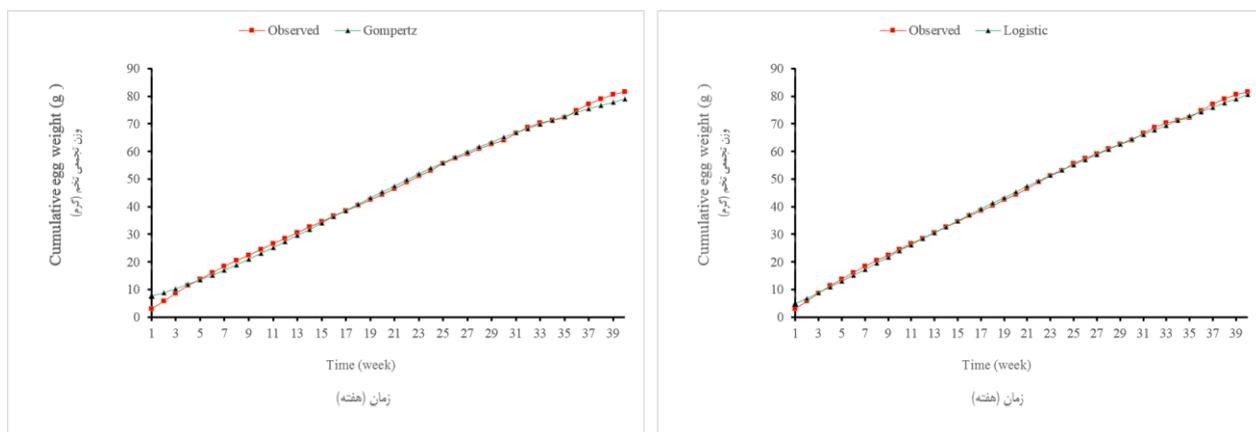
شکل ۱- مقادیر تولید تخم واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل‌های گمپرتز و لجستیک در هفته‌های مختلف

Figure 1- Actual and predicted values of cumulative egg production by Gompertz and Logistic models in various weeks



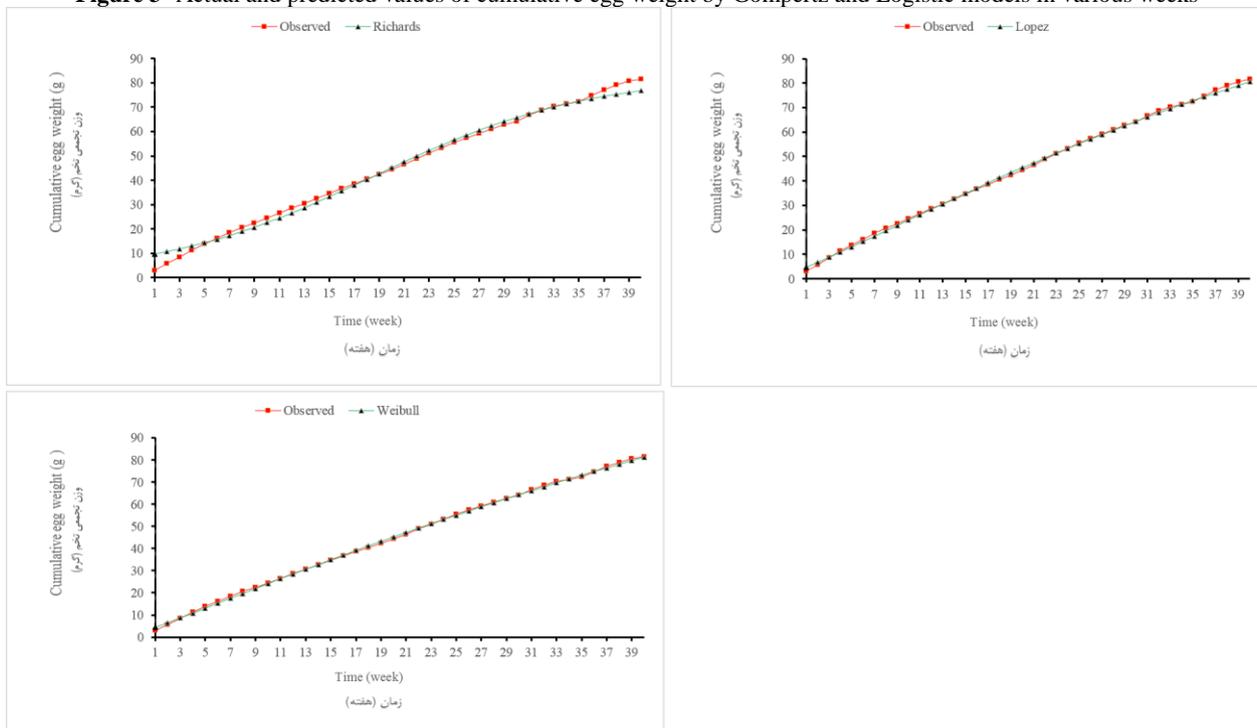
شکل ۲- مقادیر تولید تخم واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل‌های ریچاردز، لویز و ویبول در هفته‌های مختلف

Figure 2- Actual and predicted values of cumulative egg production by Richards, Lopez and weibull models in various weeks



شکل ۳- مقادیر وزن تجمعی تخم واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل‌های گمپرتز و لجستیک رشد در هفته‌های مختلف

Figure 3- Actual and predicted values of cumulative egg weight by Gompertz and Logistic models in various weeks



شکل ۴- مقادیر وزن تجمعی تخم واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل‌های ریچاردز، لویز و ویبول در هفته‌های مختلف

Figure 4- Actual and predicted values of cumulative egg weight by Richards, Lopez and weibull models in various weeks

منحنی‌های رشد در طیور این امکان وجود دارد تا مراحل رشد آن‌ها با قوانین رشد شناخته‌شده انطباق داده شده، تا به کمک آن‌ها برنامه‌های مدیریتی و تغذیه‌ای جهت بهبود و اثرات پرورش ارائه گردد. به-علاوه از منحنی‌های رشد می‌توان جهت ارزیابی پتانسیل ژنتیکی نیز استفاده نمود (Aggrey, 2000). شکل منحنی به تولیدکننده نشان می‌دهد که آیا نیازی به تغییر برنامه تغذیه وجود دارد یا ندارد. همچنین توصیف ژنتیکی منحنی می‌تواند در تعیین استراتژی‌های انتخاب به‌منظور تغییر شکل منحنی مفید باشد. در برنامه‌های اصلاح نژادی آگاهی از شکل منحنی می‌تواند ابزار مناسبی برای تصمیماتی

علاوه‌براین، با عنایت به اینکه تولید فردی مرغ‌ها مؤید وضعیت تولیدی گله است، می‌تواند در راستای بهینه‌تر شدن منابع هزینه‌ای و بهینه نمودن تولید گله از صفات یاد شده برای برنامه‌های اصلاح نژادی در آینده استفاده کرد. همچنین تجزیه و تحلیل دقیق از چرخه تولید، توصیف مراحل منحنی در طول زمان را فراهم کرده و پیش‌بینی تولید، پیش‌بینی بلندمدت عملکرد تولید، و برنامه‌ریزی اقتصادی تولید و تصمیم‌گیری را تسهیل می‌کند (Yang and Wu, 1989; Groen et al., 1998). امروزه مدل‌های رشد در دستگاه‌های زیستی اهمیت ویژه‌ای داشته و از طریق تجزیه و تحلیل و مطالعه

پرورش طیور مفید خواهد بود و از آنجایی تولید فردی مرغ‌ها نشان‌دهنده وضعیت تولیدی گله است، این صفات می‌تواند در بهینه‌تر شدن منابع هزینه‌ای و بهینه نمودن تولید گله برای برنامه‌های اصلاح نژادی در آینده استفاده شود. همچنین پارامترهای مدل مناسب از جمله زمان و تولید در نقطه عطف نیز می‌تواند به‌عنوان صفات مهم در برنامه‌های اصلاح نژادی جهت بهبود و تغییر منحنی تولید و وزن تجمعی تخم مدنظر قرار گیرند.

سپاسگزاری

نویسندگان از پژوهشکده دام‌های خاص بابت همکاری در اجرای این پژوهش صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود. این طرح با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه زابل انجام شده است. شماره طرح: PR-UOZ-1400-8.

باشد که برای انتخاب نسل بعد اتخاذ می‌گردد (Akbas and Yaylak, 2000).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کلیه مدل‌های رشد مورد مطالعه به‌خوبی روی رکوردهای تولید و وزن تجمعی تخم برازش شدند. براساس چهار معیار نکویی برازش مدل‌های لویز و ویبول به ترتیب مناسب‌ترین مدل برای توصیف منحنی تولید و وزن تجمعی تخم انتخاب شدند. همچنین دو مدل مذکور با صحت بالاتری نسبت به سایر مدل‌های تولید و وزن تجمعی تخم واقعی را پیش‌بینی کردند. بنابراین، این دو مدل می‌تواند برای توصیف منحنی تولید و وزن تجمعی تخم در مرغ خزک استفاده شود. کاربرد این مدل‌های رشد در مدیریت تغذیه‌ای و پیش‌بینی تولید تجمعی از تعداد و وزن تخم در

References

1. Abraham, B. L., & Murthy, H. N. N. (2017). Egg production curves and their prediction through mathematical models in a randombred broiler breeder control population. *Indian Journal of Poultry Science*, 52, 16–21.
2. Adenaike, A. S., Akpan, U., Udoh, J. E., Wheto, M., Durosaro, S. O., Sanda, A. J., & Ikeobi, C. O. N. (2017). Comparative Evaluation of Growth Functions in three broiler strains of Nigerian chickens. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 40(4), 611-620.
3. Aggrey, S. E. (2002). Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. *Poultry Science*, 81, 1782–1788. <https://doi.org/10.1093/ps/81.12.1782>.
4. Ahmadu, A., Kabir, M., Iyiola-Tunji, A. O., Akinsola, O. M., & Igbadun, H. (2017). Mathematical modelling of egg production curves of Shikabrown_ parents. *Nigerian Journal of Animal Production*, 44, 61–75. <https://doi.org/10.51791/njap.v44i1.432>.
5. Akbas, Y., & Yaylak, E. (2000). Heritability estimating of growth curve parameters and genetic correlation between the growth curve parameters and weights at different age of Japanese quail. *Archiv fur Geflugelkunde*, 64(4), 141-146.
6. Bindya, L. A., Murthy, H. N. N., Jayashankar, M. R., & Govindaiah, A. M. (2010). Mathematical models for egg production in an Indian colored broiler dam line. *International Journal of Poultry Science*, 9, 916–919. <https://doi.org/10.3923/ijps.2010.916.919>.
7. Darmani Kuhl, H., & France, J. (2019). Modelling cumulative egg production in laying hens and parent stocks of broiler chickens using classical growth functions. *British Poultry Science*, 60(5), 564-569. <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1622080>.
8. Darmani Kuhl, H., Kebreab, E., Lopez, S., & France, J. (2003). An evaluation of different growth functions for describing the profile of live weight with time (age) in meat and egg strains of chicken. *Poultry Science*, 82, 1536–1543. <https://doi.org/10.1093/ps/82.10.1536>.
9. Cornell, J. A., & Berger, R. D. (1987). Factors that influence the value of the coefficient of determination in simple linear and nonlinear regression models. *Phytopathology*, 77(1), 63- 70.
10. Emamgholi Begli, H., Zerehdaran, S., Hassani, S., Abbasi, M. A., & Khan Ahmadi, A. R. (2010). Heritability, genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in Iranian native fowl. *British Poultry Science*, 51(6), 740-744. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2010.528750>.
11. Fairfull, R. W., & Gowe, R. S. (1990). Genetics of egg production in chickens. Pages 705–759 in: Poultry Breeding and Genetics. R. D. Crawford, ed. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, the Netherlands.
12. Faraji Arough, H., Rokouei, M., Maghsoudi, A., & Mehri, M. (2019). Evaluation of non-linear growth curves models for native slow-growing Khazak Chickens. *Poultry Science Journal*, 7(1), 25-32. <https://doi.org/10.22069/psj.2019.15535.1355>.
13. Gavora, J. S., Liljedahl, L. E., McMillan, I., & Ahlen, K. (1982). Comparison of three mathematical models of egg production. *British Poultry Science*, 23(4), 339-348. <https://doi.org/10.1080/00071688208447967>.
14. Gompertz, B. (1825). XXIV. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. In a letter to Francis Baily, Esq. FRS &c. Philosophical

- transactions of the Royal Society of London, 115, 513- 583. <https://doi.org/10.1098/rstl.1825.0026>
15. Groen, A. F., Jiang, X., Emmerson, D. A., & Vereijken, A. A. (1998). Deterministic model for the economic evaluation of broiler production systems. *Poultry Science*, 77, 925–933. <https://doi.org/10.1093/ps/77.7.925>.
 16. Grossman, M., Gossman, T. N., & Koops, W.J. (2000). A model for persistency of egg production. *Poultry Science*, 79(12), 1715-1724. <https://doi.org/10.1093/ps/79.12.1715>.
 17. Haunshi, S., Suresh, D., Lawrence, L. L. P., Rajkumar, U., Kannaki, R., & Rudranath, C. (2022). Carcass characteristics, meat quality and nutritional composition of Kadaknath, a native chicken breed of India. *Foods*, 11(22), 3603. <https://doi.org/10.3390/foods11223603>.
 18. Lee, Y. P. (2006). Taiwan Country Chicken: A slow growth breed for eating quality. Symposium COA/INRA Scientific Cooperation in Agriculture. Taiwan, R.O.C.
 19. Lopez, S., France, J., Gerrits, W. J. J., Dhanoa, M. S., Humphries, D. J., & Dijkstra, J. (2000). A generalized Michaelis-Menten equation for the analysis of growth. *Journal of Animal Science* 78(7), 1816-1828. <https://doi.org/10.2527/2000.7871816x>.
 20. Lordelo, M., Cid, J., Cordovil, C. M., Alves, S. P., Bessa, R. J., & Carolino, I. (2020). A comparison between the quality of eggs from indigenous chicken breeds and that from commercial layers. *Poultry Science*, 99(3), 1768-1776. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.023>
 21. Mahmoud, B. Y. F., Emam, A. M., & El-Full, E. A. (2021). Evaluation of four nonlinear models describing egg production curve of Fayoumi layers. *Egyptian Poultry Science Journal*, 41(1), 147-159. <https://doi.org/10.15406/ijawb.2017.02.00012>.
 22. Masoudi, A., & Azarfar, A. (2017). Comparison of nonlinear models describing growth curves of broiler chickens fed on different levels of corn bran. *International Journal of Avian and Wildlife Biology*, 2, 1-7. <https://doi.org/10.15406/ijawb.2017.02.00012>.
 23. Michalczuk, M., Damaziak, K., & Goryl, A. (2016). Sigmoid models for the growth curves in medium-growing meat type chickens, raised under semi-confined conditions. *Annals of Animal Science*, 16, 65-77. <https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0061>.
 24. Miguel, J. A., Asenjo, B., Ciria, J., & Calvo, J. L. (2007). Growth and lay modelling in a population of Castellana Negra native Spanish hens. *British Poultry Science*, 48(6), 651-654. <https://doi.org/10.1080/00071660701598414>.
 25. Narinc, D., Karaman, E., Firat, M. Z., & Aksoy, T. (2010). Comparison of non-linear growth models to describe the growth in Japanese quail. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9, 1961–1966. <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.1961.1966>.
 26. Narinc, D., Karaman, E., Aksoy, T., & Firat, M. Z. (2013). Investigation of non-linear models to describe the long term egg production in Japanese quail. *Poultry Science*, 92, 1676-1682. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02511>.
 27. Narinc, D., Uckardes, F., & Aslan, E. (2014). Egg Production Curve Analysis in Poultry Science. *World Poultry Science Journal*, 70, 817–828. <https://doi.org/10.1017/S0043933914000877>.
 28. Otwinowska-Mindur, A., Gumulka, M., & Kania-Gierdziewicz, J. (2016). Mathematical models for egg production in broiler breeder hens. *Annals of Animal Science*, 16(4), 1185-1198. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0037>.
 29. Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., & Sarkar, D. (2014). R Core Team, nlme: linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3.1-117. Available at <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>.
 30. Richards, F. J. (1959). A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany*, 10(2), 290-301. <https://doi.org/10.1093/jxb/10.2.290>
 31. Rizzi, C., Contiero, B., & Cassandro, M. (2013). Growth patterns of Italian local chicken populations. *Poultry Science*, 92, 2226-2235. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02825>.
 32. Robertson, T. B. (1908). On the normal rate of growth of an individual, and its biochemical significance. *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, 25(4), 581-614.
 33. Roush, W. B., & Branton, S. L. (2005). A comparison of fitting growth models with a genetic algorithm and nonlinear regression. *Poultry Science*, 84, 494-502. <https://doi.org/10.1093/ps/84.3.494>.
 34. Savegnago, R. P., Cruz, V. A., Ramos, S. B., Caetano, S. L., Schmidt, G. S., Ledur, M. C., El Faro, L., & Munari, D. P. (2012). Egg production curve fitting using nonlinear models for selected and nonselected lines of White Leghorn hens. *Poultry Science*, 91, 2977–2987. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02277>.
 35. Sharifi, M. A., Patil, C. S., Yadav, A. S., & Bangar, Y. C. (2022). Mathematical modeling for egg production and egg weight curves in a synthetic white leghorn. *Poultry Science*, 101(4), 101766. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101766>.
 36. Thornley, J. H. M., & France, J. (2007). *Mathematical Models in Agriculture: Quantitative Methods for the Plant, Animal and Ecological Sciences*, 2nd ed. Oxon, UK, CABI Publishing, Wallingford.
 37. Weibull, W. (1951). A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*, 18, 293-297
 38. Wolc, A., Graczyk, M., Settari, P., Arango, J., O'sullivan, N. P., Szwaczkowski, T., & Dekkers, J. C. M. (2015). Modified Wilink curve for egg production analysis in layers. In XXVII International Poultry Science Symposium PB WPSA "Science to practice-practice to science", Bydgoszcz, Poland.

39. Wolc, A., Arango, J., Settar, P., Neil, P., & Dekkers, J. (2011). Evaluation of egg production in layers using random regression models. *Poultry Science*, 90(1), 30-34. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01118>.
40. Wood, P. D. P. (1967). Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle. *Nature*, 216, 164-165. <https://doi.org/10.1038/216164a0>.
41. Yang, N., Wu, C., & McMillan, I. (1989). New mathematical model of poultry egg production. *Poultry Science*, 68, 476 – 481. <https://doi.org/10.3382/ps.0680476>.



Determining the Optimal Pattern of Vitamin Supplementation in Diets Containing Wheat Waste by Estimating the Performance and Immune Responses of Broiler Chickens

Mohammad Javad Agah^{1*}, Amir Hossein Alizadeh Ghamsari², Seyed Abdollah Hoseini³, Majed Hashemi⁴, Zohreh Gazor Habibabadi⁵

Received: 20-09-2022

Revised: 07-04-2023

Accepted: 29-04-2023

Available Online: 29-04-2023

How to cite this article:

Agah, M.J., Alizadeh, A.H., Hoseini, S.A., Hashemi, M., & Gazor Habibabadi, Z. (2023). Determining the optimal pattern of vitamin supplementation in diets containing wheat waste by estimating the performance and immune responses of broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(3), 413-428.

DOI: [10.22067/ijasr.2023.78819.1102](https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.78819.1102)

Introduction: In the past, vitamins were considered as unknown growth factors, but during the twentieth century, their structure and nature were gradually discovered. These compounds are necessary to maintain the integrity of the tissues and general health of the body. Broiler chickens are unable to synthesize vitamins (except vitamin C) or have the ability to make limited amounts of them (group B and K2). For this reason, vitamins should be added to broiler feed as a supplement. Vitamins interact with other nutrients in various ways. The main reference for vitamin requirements in broilers is the National Research Council (NRC, 1994). The recommended amounts ensure conditions where there are no severe deficiencies. Applying the NRC recommendations cannot guarantee the genetic potential of today's birds. Because these values were taken from old studies and using pure feeds in laboratory conditions. Due to the dependence of Iran's poultry industry on the import of vitamins, unfortunately, in recent years, few studies have been conducted in the country on the appropriate pattern of adding vitamins to the diet of broiler chickens. Therefore, it is necessary to examine the lower levels than the recommendation of the Ross 308 strain catalog (Aviagen, 2019) as the dominant strain of the country and to propose an optimal model for different regions that does not have a negative effect on the performance and safety traits and to reduce the need to import this strain. It will also follow the products.

Materials and Methods: The aim of this study was to determine the optimal pattern of vitamin supplementation in diets based on corn, wheat waste and soybean meal on production traits, carcass characteristics and immune responses of broilers from 1 to 42 days of age in Fars province. A total of 500 Ross 308 broilers with similar mean weight (mixed sex) were distributed in a completely randomized design with five treatments, five replications and 20 chickens per replication. Experimental treatments included five levels of vitamin supplementation: 1) control (100% of the recommended values of Ross 308, 2019 strain catalog), 2) 90% of the recommended values of Ross 308, 2019 strain catalog, 3) 80% of the recommended values of Ross 308, 2019 strain catalog, 4) 70% of the recommended values of Ross 308, 2019 strain catalog and 5) 60% of the recommended values of Ross 308, 2019 strain catalog. At the end of each period, the feed consumption and body weight of the birds were recorded with a digital scale with an accuracy of ± 0.01 . At the age of 39 days, blood was drawn from the vein under the wing of two birds from each experimental unit, with a syringe containing

1- Assistant Professor, Animal Science Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.

2- Assistant professor, Animal Science Research Institute, AREEO, Karaj, Iran.

3- Professor, Animal Science Research Institute, AREEO, Karaj, Iran.

4- Associate Professor, Razi Vaccine and Serum Research Institute, Shiraz Branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.

5- Ph.D. Candidate, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

*Corresponding Author's Email: mjagah@yahoo.com

EDTA anticoagulant, and the blood sample was quickly transferred to the laboratory in a flask containing ice for differential counting of white blood cells. At the end of the 42nd day of rearing, two birds from each experimental unit were slaughtered to measure the relative weight percentage of carcass components. To measure the humoral immune response, the injection of 0.5 ml sheep antigen (SRBC) at the age of 21 days was used. CBH skin hypersensitivity test was also used to measure cellular immune response.

Results and Discussion: The highest and lowest mean body weight gain and feed intake belonged to the vitamin pattern of 100 and 60% of the recommendation of Ross 308 strain, respectively ($P<0.01$). The best feed conversion ratio and production index belonged to the vitamin pattern up to 90% of the Ross strain recommendation ($P<0.01$). The highest and lowest percentages of pectoralis muscle (22.2% and 19.2%) were related to the pattern of 100 and 60% of vitamin supplementation recommended by the Ross strain ($P<0.01$). The effect of reducing vitamin supplementation on cutaneous basophil hypersensitivity (CBH), serum antibody level against SRBC and percentage of heterophils, lymphocytes and heterophil to lymphocyte ratio was not significant.

Conclusion: There was no significant difference between the functional indices and most importantly the production index of treatment 1 (100% vitamin pattern) and treatment 2 (90% vitamin pattern). Carcass traits and indicators related to humoral and cellular immune systems did not show significant differences too. As a result, a 10% reduction in the level of vitamin supplementation compared to the recommended level of the Ross 308 catalog is possible and suggested for raising broiler chickens. The final result is that in the breeding conditions of Fars province poultry farms, it is possible to reduce the level of vitamin supplements in diets containing wheat waste up to 90% of the recommendation of Ross 308 strain compared to the control diet.

Keywords: Broiler, Immune response, Performance, Vitamin supplementation

تعیین الگوی بهینه مکمل ویتامینی در جیره‌های حاوی ضایعات بوجاری گندم با برآورد عملکرد و پاسخ‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی

محمد جواد آگاه^{۱*}، امیرحسین علیزاده قمصری^۲، سید عبدالله حسینی^۳، مجید هاشمی^۴، زهره گازر حبیب‌آبادی^۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۹

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تعیین الگوی بهینه افزودن مکمل ویتامینی در جیره‌های برپایه ذرت، ضایعات گندم و کنجاله سویا بر صفات تولیدی، خصوصیات لاشه و پاسخ‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی از سن ۱ تا ۴۲ روزگی، در استان فارس انجام شد. تعداد ۵۰۰ قطعه جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ با میانگین وزن مشابه (مخلوط دو جنس) در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار، پنج تکرار و ۲۰ قطعه جوجه در هر تکرار توزیع شدند. تیمارهای آزمایشی شامل پنج سطح مکمل ویتامینی: (۱) شاهد (۱۰۰ درصد مقادیر پیشنهادی کاتالوگ سویه راس ۳۰۸، ۲۰۱۹)، (۲ تا ۵) به ترتیب ۸۰، ۷۰ و ۶۰ درصد مقادیر پیشنهادی بودند. بیشترین و کمترین میانگین افزایش وزن زنده و خوراک مصرفی، به ترتیب متعلق به الگوی ویتامینی ۱۰۰ و ۶۰ درصد توصیه سویه راس ۳۰۸ بود. بهترین ضریب تبدیل خوراک و شاخص تولید متعلق به الگوی ویتامینی تا سطح ۹۰ درصد توصیه سویه راس بود. بیشترین و کمترین مقدار عضله سینه (۲۲/۲ و ۱۹/۲ درصد) مربوط به الگوی ویتامینی ۱۰۰ و ۶۰ درصد توصیه سویه راس بود. تأثیر کاهش مکمل ویتامین بر واکنش ازدیاد حساسیت پوستی، عیار پادتن علیه گلبول قرمز گوسفندی و درصد هتروفیل، لنفوسیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت معنی‌دار نشد. نتیجه نهایی این که در شرایط پرورشی مرغداری‌های استان فارس، کاهش سطح مکمل ویتامینی در جیره‌های حاوی ضایعات بوجاری گندم تا ۹۰ درصد توصیه سویه راس ۳۰۸ در مقایسه با جیره شاهد امکان‌پذیر است.

واژه‌های کلیدی: پاسخ ایمنی، جوجه گوشتی، عملکرد، مکمل ویتامینی

مقدمه

در گذشته ویتامین‌ها به عنوان فاکتورهای ناشناخته رشد به‌شمار می‌آمدند، اما در طول قرن بیستم به تدریج ساختار و ماهیت آن‌ها

کشف شد. این ترکیبات برای حفظ یکپارچگی بافت‌ها و سلامت عمومی بدن ضروری هستند. جوجه‌های گوشتی قادر به ساخت ویتامین‌ها (به غیر از ویتامین C) نبوده و یا توانایی ساخت مقادیر محدودی از آن‌ها (گروه B و K₂) را دارند. به همین دلیل، ویتامین‌ها باید به صورت مکمل به خوراک جوجه‌های گوشتی اضافه شوند. ویتامین‌ها به روش‌های گوناگون با سایر مواد مغذی در تعامل هستند. بیوتین، فولیک اسید و B6 نقش مهمی در تبدیل اسید آمینه‌ها به یکدیگر دارد، بنابراین جیره با پروتئین بالا، نیاز به ویتامین‌ها را افزایش می‌دهد. جیره‌های کم چربی نیز، نیاز به افزایش بیوتین و B1 جهت سوخت و ساز بهینه کربوهیدرات‌ها دارند، در زمینه مواد معدنی نیز می‌توان به برهم‌کنش بین ویتامین E و سلنیوم اشاره کرد (Briz and Pérez, 2012).

اصلی‌ترین مرجع در مورد نیازهای ویتامین در جوجه گوشتی کتاب انجمن ملی تحقیقات آمریکا (NRC, 1994) است. مقادیر توصیه شده تضمین‌کننده شرایطی است که در آن کمبودهای شدید

- ۱- استادیار بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.
 - ۲- استادیار مؤسسه تحقیقات علوم دامی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
 - ۳- استاد مؤسسه تحقیقات علوم دامی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
 - ۴- دانشیار مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم‌سازی رازی، شعبه شیراز، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.
 - ۵- دانشجوی دکتری تغذیه طیور، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
- (*)- نویسنده مسئول:
(Email: mjagah@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ijasr.2023.78819.1102

توجهی از ذرت جیره طیور قابل استفاده بوده و می‌تواند هزینه‌های تولید را کاهش دهد. پژوهشگران دامنه مصرف این محصول جانبی را در جیره آغازین (۱۰ تا ۲۰ درصد) و در جیره‌های رشدی و پایانی (۱۲ تا ۳۰ درصد) توصیه کرده‌اند (Hosseini Rostango et al., 2011). ضایعات بوجاری گندم بر اساس جداول استاندارد *et al.*, 2022. مواد خوراکی برزیل دارای ۲۷۸۳ کیلوکالری در کیلوگرم انرژی قابل متابولیسم و ۱۳/۶ درصد پروتئین خام بوده و درصد اسیدهای آمینه لیزین، متیونین + سیستین، ترئونین، لوسین، تربیتوفان، والین، آرژنین و ایزولوسین قابل هضم آن به ترتیب ۰/۳۸، ۰/۴۵، ۰/۳۸، ۰/۸۱، ۰/۱۵، ۰/۵۲، ۰/۶۶ و ۰/۴۳ بوده و همچنین درصد کلسیم، فسفر قابل دسترس، سدیم و پتاسیم آن به ترتیب ۰/۱۲، ۰/۱۴، ۰/۰۲ و ۰/۴۳ گزارش شده است (Rostango et al., 2011). پودر پر نیز به‌عنوان یک محصول جانبی صنعت پرورش طیور در صورت فرآوری مطلوب یک منبع پروتئینی مناسب بوده و می‌تواند به‌عنوان جایگزین بخشی از منابع پروتئینی جیره به‌ویژه در حیوانات تک معده‌ای مصرف شده و هزینه‌های تولید را کاهش دهد (Hosseini et al., 2021).

با توجه به وابستگی صنعت طیور ایران به واردات ویتامین‌ها متأسفانه در سال‌های اخیر مطالعات کمی در کشور در مورد الگوی مناسب افزودن ویتامین‌ها به جیره جوجه‌های گوشتی انجام شده است. لذا، بررسی سطوح پایین‌تر از توصیه کاتالوگ سویه راس ۳۰۸ (Aviagen, 2019) به‌عنوان سویه غالب کشور و پیشنهاد الگوی بهینه برای مناطق مختلف که در عین حال تأثیر منفی بر صفات عملکرد و ایمنی نداشته باشد، ضروری به نظر می‌رسد و سبب کاهش نیاز به واردات این محصولات را نیز به دنبال خواهد داشت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سالن مرغ گوشتی ایستگاه آموزش و تحقیقات علی‌آباد کمین واقع در شهرستان پاسارگاد وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان فارس انجام شد. جهت تعیین الگوی بهینه افزودن مکمل ویتامینی به جیره و تأثیر آن بر صفات تولیدی، خصوصیات لاشه و پاسخ‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی تعداد ۵۰۰ قطعه جوجه یک روزه سویه راس ۳۰۸ با میانگین وزن یک روزگی ۴۶ گرم و مخلوط دو جنس به نسبت مساوی به مدت ۴۲ روز در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار، پنج تکرار و ۲۰ قطعه جوجه در هر تکرار پرورش داده شدند.

جیره‌های بر پایه ذرت، ضایعات بوجاری گندم و کنجاله سویا از نظر انرژی و پروتئین، مشابه یکدیگر و به‌شکل پلت (برای مراحل آغازین، رشد و پایانی) در یکی از کارخانه‌های خوراک دام و طیور بر اساس راهنمای پرورش ۲۰۱۹ سویه راس ۳۰۸، تهیه و به محل اجرای پروژه ارسال شد (جدول ۱). جیره‌ها با پنج سطح متفاوت

وجود نداشته باشد. به‌کارگیری توصیه‌های NRC نمی‌تواند تضمین‌کننده رسیدن به توان ژنتیکی پرندگان امروزی باشد؛ زیرا این مقادیر برگرفته از پژوهش‌های قدیمی و با استفاده از خوراک‌های خالص در شرایط آزمایشگاهی است (Leeson, 2007). صنعت طیور در طول زمان تمایل به افزایش مقادیر ویتامین داشته است که این تمایل برای ویتامین‌های D، نیاسین و اسید فولیک بیشتر و برای ریوفالوین، بیوتین و اسید پانتوتیک کمتر بوده است. در اکثر موارد، این مقادیر ۵۰ تا ۱۰۰ درصد بیشتر از داده‌های NRC ۱۹۹۴ و در برخی موارد ۵ تا ۱۰ برابر بیشتر از آن است (Coehlo, 2000). این در حالی است که برخی کشورها مانند اسپانیا الگوی متناسب با کشور خود را به‌کار می‌گیرند (FEDNA, 2008). از جمله دلایل تغییر مقدار ویتامین‌های مورد نیاز جوجه‌های گوشتی می‌توان به تغییر در ساختار ژنتیکی، سلامتی و رفاه حیوان، کیفیت تولید، تنوع در مقدار و زیست‌فراهمی ویتامین‌های مواد خوراکی و رابطه هزینه و سود اشاره کرد. استفاده از مقادیر بیشتر ویتامین‌ها در خوراک سبب افزایش ۱ تا ۱/۵ درصدی هزینه خوراک می‌شود، برخی پژوهشگران معتقدند، در مقایسه با بهبود احتمالی ضریب تبدیل خوراک، سلامت پرند و کیفیت لاشه، این مقدار هزینه اندک است (Briz and Pérez, 2012). در مقابل، برخی از پژوهشگران با حذف تعدادی از ویتامین‌ها یا همه آن‌ها از خوراک پایانی اثرات آماری معنی‌داری در تولید، مشکلات پا و یا کیفیت لاشه در دوره پایانی مشاهده نکردند (Khajali et al., 2006). با این حال، توصیه می‌شود که نسبت هزینه به فایده افزودن سطوح نسبتاً بالای ویتامین به جیره (پیشنهاد سویه‌های تجاری) با توجه به شرایط اقتصادی هر کشور به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. غنی‌سازی خوراک با برخی ویتامین‌ها به‌خصوص ویتامین E می‌تواند به کاهش مشکلات پوست، بهبود بازده لاشه و گوشت سینه و افزایش پایداری گوشت در برابر اکسیداسیون کمک کند؛ علاوه‌براین غنی‌سازی ویتامین‌ها در گوشت طیور می‌تواند برای مصرف‌کنندگان نیز جالب توجه باشد (Weber, 2001).

از طرفی، دغدغه تأمین نهاده‌ها و منابع خوراکی قابل استفاده در جیره طیور برای جایگزینی با بخش عمده غلات جیره (دانه ذرت) یکی از دلایلی است که باعث بروز تنوع در ترکیب جیره طیور می‌شود. تحقیقات نشان داده که تنوع در ترکیب جیره، به‌عنوان مثال استفاده از گندم، پودر گوشت، پودر پر یا آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد هر یک به‌نوعی می‌تواند بر مقادیر ویتامین‌های مورد نیاز تأثیر بگذارد (Cepero Briz and Blanco Perez, 2012). ضایعات بوجاری گندم به‌عنوان یک محصول جانبی صنعت آسیاب گندم دارای حداقل ۳۵ درصد دانه گندم سالم یا شکسته بوده و کمتر از هشت درصد دانه‌های کوچک علف هرز (خردل وحشی و اهلی، کنان، کلزا)، جو دو سر وحشی (یولاف) دارد. این ماده خوراکی برای جایگزینی بخش قابل

اعمال فشار بخار بالا، افزودن آنزیم و هیدرولیز شیمیایی بود. این محصول بر اساس آزمایش‌های شرکت یاد شده دارای ۹۵ درصد ماده خشک، ۸۵ درصد پروتئین خام بود و درصد اسیدهای آمینه لیزین، متیونین + سیستین، ترئونین، تریپتوفان، آرژنین، ایزولوسین و لوسین قابل هضم آن به ترتیب ۰/۹۳، ۱/۸۰۸، ۲/۲۱۴، ۲/۲۵۸، ۰/۲۷۲، ۴/۲۲۲، ۳/۲۲۸ و ۴/۹۲ گزارش شد. همچنین پودر پر هیدرولیز شده (پروناب) حاوی ۰/۱۹۸ درصد فسفر، دو درصد خاکستر، ۳/۴ درصد چربی بوده و انرژی قابل متابولیسم این محصول ۳۱۶۸ کیلوکالری بر کیلوگرم برآورد شد (Hosseini et al., 2021).

در پایان هر دوره پرورشی تغییر جیره‌های آغازین به رشد و رشد به پایانی و پایانی دوره خوراک مصرفی و وزن بدن پرندگان، با ترازوی دیجیتالی با دقت ± 10 گرم ثبت شد. در پایان هر دوره میزان خوراک مصرفی با توزین خوراک باقی‌مانده هر واحد آزمایشی و تفاضل آن از مقدار خوراک اولیه هر واحد آزمایشی، محاسبه شد. میانگین خوراک مصرفی روزانه هر مرغ، بر اساس روز مرغ با احتساب تلفات محاسبه شد. جهت محاسبه شاخص‌های عملکردی شامل افزایش وزن روزانه، مصرف خوراک روزانه و ضریب تبدیل خوراک از وزن بدن و خوراک مصرفی روزانه استفاده شد. محاسبه شاخص تولید با ثبت تعداد تلفات در هر تیمار و هر تکرار با تاریخ انجام شد.

مکمل ویتامینی شامل: (۱) جیره شاهد حاوی مکمل ویتامینی به میزان ۱۰۰ درصد مقادیر پیشنهادی کاتالوگ سویه راس ۳۰۸ و جیره ۲ تا ۵) به ترتیب حاوی ۹۰، ۸۰، ۷۰ و ۶۰ درصد مقادیر پیشنهادی بودند. برای این منظور، فرمول مکمل ویتامینی که بر پایه پیشنهاد کاتالوگ سویه راس ۳۰۸ تهیه شده را در جیره‌های آزمایشی ۲ تا ۵ به جای ۲/۵ کیلوگرم در تن خوراک (در جیره شاهد) به ترتیب به میزان ۲/۲۵، ۲، ۱/۷۵ و ۱/۵ کیلوگرم در تن در جیره‌های حاوی ۹۰، ۸۰، ۷۰ و ۶۰ درصد مکمل ویتامینی، به سایر اقلام جیره اضافه و به خوبی مخلوط کرده و برای تهیه جیره پلت استفاده شد.

در جدول ۲ پنج الگوی مکمل ویتامینی مورد بررسی در دوره‌های آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی) ارائه شده است. ترکیبات شیمیایی نمونه ضایعات بوجاری گندم مورد استفاده در این آزمایش بر اساس روش‌های انجمن رسمی شیمی تجزیه (AOAC, 2005) اندازه‌گیری و مشخص شد که این محصول دارای ۹۲/۱ درصد ماده خشک، ۱۱ درصد پروتئین خام، ۲/۴ درصد خاکستر و شش درصد فیبر خام است. همچنین انرژی قابل متابولیسم آن بر اساس معادلات ارائه شده در کتاب انجمن ملی تحقیقات (NRC, 1994) در حدود ۲۹۰۰ کیلوکالری در کیلوگرم برآورد شد.

پودر پر هیدرولیز شده مورد استفاده در این تحقیق از شرکت اندیشه‌سازان صنعت خوراک دام (پروناب) تهیه شد. فرآیند تولید شامل

جدول ۱- اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره پایه مورد استفاده در سنین مختلف برای جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸
Table 1- Diet formulation and calculated chemical composition of the basal ration (as fed)

اجزای جیره (%) Feed ingredient (%)	جیره آغازین Starter diet (1-10 days)	جیره رشد Growth diet (11-24 days)	جیره پایانی Finisher diet (25-42 days)
ذرت Corn	47.60	43.00	39.90
کنجاله سویا (44% پروتئین) Soybean meal (CP %44)	33.60	28.60	22.1
ضایعات بوجاری گندم Wheat waste	10.00	20.00	30.00
پودر پر هیدرولیز شده Feather powder hydrolyzed	3.00	3.00	3.00
دی کلسیم فسفات Di calcium phosphate	1.50	1.20	1.20
نمک طعام Common salt	0.32	0.30	0.30
بیکربنات سدیم Sodium bicarbonate	0.10	0.10	0.10
ال-ترئونین L-threonine	0.06	0.04	0.04
ال-لیزین هیدرو کلراید L-lysine hydrochloride	0.22	0.22	0.26

دی ال-متیونین DL- methionine	0.23	0.23	0.22
روغن سویا Soy oil	1.00	1.20	1.20
کربنات کلسیم Calcium carbonate	1.25	0.99	0.99
مکمل ویتامینی ^۱ Vitamin premix ¹	0.25	0.25	0.25
مکمل معدنی ^۲ Mineral premix ²	0.25	0.25	0.25
مولتی آنزیم ^۳ Multi-enzyme ³	0.005	0.005	0.005
فیتاز ۱۰۰۰۰ ^۴ Phytase 10000 ⁴	0.005	0.005	0.005
بنتونیت Bentonite	0.61	0.61	0.18
ترکیب شیمیایی محاسباتی (%)			
Calculated chemical composition			
انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری در کیلوگرم) ME (kcal/ kg)	2864	2908	2953
پروتئین خام (%) Crude protein (%)	22.62	21.15	19.19
کلسیم (%) Calcium (%)	1.01	0.85	0.85
فسفر قابل دسترس (%) Available phosphorous (%)	0.47	0.41	0.39
متیونین + سیستین (%) Methionine + cysteine (%)	0.97	0.94	0.89
لیزین کل (%) Lysine (%)	1.34	1.25	1.15
سدیم (%) Sodium (%)	0.18	0.17	0.17
پتاسیم (%) Potassium (%)	0.92	0.90	0.86
کلر (%) Chlorine (%)	0.24	0.23	0.22
تعادل کاتیون آنیون جیره (میلی اکی‌الان در کیلوگرم) DCAB (mEq kg ⁻¹)	243	240	231

^۱ مکمل ویتامینی در هر کیلوگرم خوراک تیمارهای آزمایشی ۱ تا ۵ مقادیر مختلفی را تأمین نموده است که در جداول ۲ تا ۴ آمده است.

^۲ مکمل مواد معدنی در هر کیلوگرم خوراک مقادیر زیر را تأمین می‌نمود: منگنز (اکسید منگنز)، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ آهن (سولفات آهن)، ۵۰ میلی‌گرم؛ روی (اکسید روی)، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ مس (سولفات مس)، ۱۰ میلی‌گرم؛ ید (یدات کلسیم)، ۱ میلی‌گرم؛ سلنیوم (سدیم سلنیت)، ۰/۲ میلی‌گرم.

^۳ مولتی آنزیم مورد استفاده با نام تجاری روابیو (شرکت آدیسهو، فرانسه Adisseo company, France) و هر گرم آن حاوی ۲۲۰۰ واحد زایلاناز، ۲۰۰ واحد بناگلوکاناز، ۱۰۰ واحد سلولاز و ۱۰۰ واحد پکتیناز بود.

^۴ آنزیم فیتاز مورد استفاده با نام تجاری ناتافوس (شرکت بی ای اس اف، آلمان BASF company, Germany) و محصولی از ریزجاندار *آسپرژیلوس نیجر* بود که هر گرم آن دارای حداقل ۱۰۰۰۰ واحد آنزیم فیتاز (FUT) بود.

¹ Vitamin supplementation provided different amounts per kg of feed for experimental treatments 1 to 5 as shown in Tables 2 to 4.

² Mineral premix supplied per kilogram of diet: Manganese oxide, 100 mg; Iron sulfate, 50 mg; Zinc oxide, 100 mg; copper sulphate, 10 mg; Calcium iodate, 1 mg; Sodium selenate, 0.2 mg.

³ The used multi-enzyme was Rovabio (Adisseo company, France) and each gram contained 2200 units of xylanase, 200 units of β -glucanase, 100 units of cellulase and 100 units of pectinase.

⁴ The used phytase enzyme was Natufhos brand (BASF company, Germany) and was a product of the *Aspergillus niger* microorganism, which contained at least 10,000 units of phytase enzyme (FUT) per gram.

جدول ۲- الگوی مکمل‌های ویتامینی در تیمارهای آزمایشی در دوره‌های مختلف آزمایشی

Table 2- The pattern of vitamin supplements in experimental treatments in different experimental periods

ویتامین Vitamin	غلظت ویتامین‌ها در جیره* بر حسب درصدی از پیشنهاد کاتالوگ ۲۰۱۹ سویه راس ۳۰۸				
	Concentration of vitamins in the diet* as a percentage suggested by Ross 308 2019 catalog				
	تیمار ۱ (۱۰۰٪) Treatment 1 (%100)	تیمار ۲ (۹۰٪) Treatment 2 (%90)	تیمار ۳ (۸۰٪) Treatment 3 (%80)	تیمار ۴ (۷۰٪) Treatment 4 (%70)	تیمار ۵ (۶۰٪) Treatment 5 (%60)
	روز (۱-۱۰) (1-10) day				
ویتامین A (IU) Vitamin A (IU)	12500	11250	10000	8750	7500
ویتامین D ₃ (IU) Vitamin D ₃ (IU)	5000	4500	4000	3500	3000
ویتامین E (IU) Vitamin E (IU)	80	72	64	56	48
ویتامین K (mg) Vitamin K (mg)	3.20	2.88	2.56	2.24	1.92
تیامین (mg) Thiamin (mg)	3.20	2.88	2.56	2.24	1.92
ریبوفلاوین (mg) Riboflavin (mg)	8.60	7.74	6.88	6.02	5.16
نیاسین (mg) Niacin (mg)	62.50	56.25	50	43.75	37.5
پنتوتنیک اسید (mg) Pantothenic acid (mg)	18.50	16.65	14.80	12.95	11.1
پیریدوکسین (mg) Pyridoxine (mg)	4.85	4.365	3.88	3.395	2.91
بیوتین (mg) Biotin (mg)	0.26	0.234	0.208	0.182	0.156
فولیک اسید (mg) Folic acid (mg)	2.20	1.98	1.76	1.54	1.32
کوبالامین (mg) Cobalamin (mg)	0.0170	0.0153	0.0136	0.0119	0.0102
	روز (۱۱-۲۴) (11-24) day				
ویتامین A (IU) Vitamin A (IU)	10500	9450	8400	7350	6300
ویتامین D ₃ (IU) Vitamin D ₃ (IU)	4500	4050	3600	3150	2700
ویتامین E (IU) Vitamin E (IU)	65	58.5	52	45.50	39
ویتامین k (mg) Vitamin K (mg)	3.0	2.7	2.4	2.1	1.8
تیامین (mg) Thiamin (mg)	2.5	2.25	2	1.75	1.5
ریبوفلاوین (mg) Riboflavin (mg)	6.5	5.85	5.2	4.55	3.9
نیاسین (mg) Niacin (mg)	57.5	51.75	46	40.25	34.5
پنتوتنیک اسید (mg) Pantothenic acid (mg)	16.5	14.85	13.2	11.55	9.9
پیریدوکسین (mg) Pyridoxine (mg)	3.75	3.375	3	2.625	2.25

بیوتین (mg) Biotin (mg)	0.215	0.193	0.172	0.150	0.129
فولیک اسید (mg) Folic acid (mg)	1.90	1.71	1.52	1.33	1.14
کوبالامین (mg) Cobalamin (mg)	0.017	0.0153	0.0136	0.0119	0.0102
روز (۲۵-۴۲) (25-42) day					
ویتامین A (IU) Vitamin A (IU)	9500	8550	7600	6650	5700
ویتامین D ₃ (IU) Vitamin D ₃ (IU)	4000	3600	3200	2800	2400
ویتامین E (IU) Vitamin E (IU)	55	49.5	44	38.5	33
ویتامین K (mg) Vitamin K (mg)	2.2	1.98	1.76	1.54	1.32
تیامین (mg) Thiamin (mg)	2.2	1.98	1.76	1.54	1.32
ریبوفلاوین (mg) Riboflavin (mg)	5.4	4.86	4.32	3.78	3.24
نیاسین (mg) Niacin (mg)	42.5	38.25	34	29.75	25.5
پنتوتنیک اسید (mg) Pantothenic acid (mg)	14	12.6	11.2	9.8	8.4
پریدوکسین (mg) Pyridoxine (mg)	2.7	2.43	2.16	1.89	1.62
بیوتین (mg) Biotin (mg)	0.175	0.157	0.140	0.122	0.105
فولیک اسید (mg) Folic acid (mg)	1.60	1.44	1.28	1.12	0.96
کوبالامین (mg) Cobalamin (mg)	0.011	0.0099	0.0088	0.0077	0.006

* از آنجا که در جیره‌های آزمایشی علاوه بر ذرت و کنجاله سویا از ضایعات بوجاری گندم نیز استفاده شده بود، میزان ویتامین‌ها در تیمار اول (۱۰۰ درصد پیشنهاد) بر اساس میانگین اعداد ارائه شده برای جیره‌های بر پایه ذرت و گندم در کاتالوگ سویه راس ۳۰۸ (۲۰۱۹) در نظر گرفته شد و بر اساس این اعداد مقادیر هر یک از ویتامین‌ها در تیمارهای ۲ تا ۵ محاسبه شد.

The amount of vitamins in the first treatment was considered based on the average numbers provided in the diet based on corn and wheat in the Ross 308 catalog (2019). The amounts of vitamins in treatments 2 to 5 were calculated based on the numbers of treatment 1.

تعداد روز جوجه زنده با احتساب تلفات × تعداد جوجه زنده آخر + (تعداد روز بدون تلفات × تعداد جوجه زنده در اول دوره) = روز مرغ
تعداد روزهای دوره / (دوره)

روز مرغ ÷ (وزن تلفات + وزن گروه ابتدا دوره - وزن گروه انتها دوره) = افزایش وزن بدن (گرم/پرنده/روز)

روز مرغ ÷ (وزن دان باقی مانده - وزن دان اولیه) = مصرف خوراک (گرم/پرنده/روز)

افزایش وزن هر واحد آزمایشی ÷ مصرف خوراک هر واحد آزمایشی = ضریب تبدیل خوراک

۱۰۰ × (تعداد پرنده در روز اول دوره ÷ تعداد پرنده زنده در پایان دوره) = درصد ماندگاری

۱۰۰ × ((تعداد روزهای پرورش × ضریب تبدیل غذایی) / (میانگین وزن به کیلوگرم × درصد ماندگاری)) = شاخص تولید

پشت و بال‌ها) و اجزای داخلی (چربی حفره بطنی، قلب، کبد، طحال، بورس فابریسیوسوس و سنگدان خالی) به وزن زنده محاسبه شد. با اندازه‌گیری طول قسمت‌های مختلف روده کوچک (دئودنوم، ژژنوم،

در پایان روز ۴۲ از پرورش از هر واحد آزمایشی دو پرنده (خروس و مرغ) با وزن نزدیک به میانگین وزن واحد آزمایشی کشتار شدند. درصد وزن نسبی اجزای لاشه شامل (لاشه خالی، ران، سینه، گردن و

SAS 2008 و با استفاده از رویه مدل خطی عمومی (GLM) در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در این معادله، Y_{ij} : مقدار هر مشاهده، μ : میانگین جامعه، A_i : اثر تیمار و e_{ij} : اثر خطای آزمایش بود.

$$Y_{ij} = \mu + A_i + e_{ij}$$

نتایج و بحث

مطابق نتایج جدول ۳، تأثیر الگوی کاهشی مکمل ویتامینی توصیه شده برای سویه راس ۳۰۸، بر میانگین افزایش وزن زنده و میانگین خوراک مصرفی جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف پرورش معنی‌دار شد ($P < 0.01$)؛ به طوری که در هر سه دوره پرورشی بیشترین (۲۵۸، ۱۰۱۴ و ۲۵۹۶/۵ گرم) و کمترین (۲۱۶/۲، ۸۱۶/۷ و ۱۸۲۲/۴ گرم) میانگین افزایش وزن زنده و بیشترین (۲۹۶/۶، ۱۵۱۳/۶ و ۴۲۷۱/۱ گرم) و کمترین (۲۳۶/۷، ۱۲۹۹/۱ و ۳۲۲۷/۹ گرم) خوراک مصرفی به ترتیب متعلق به الگوی ویتامینی ۱۰۰ و ۶۰ درصد بود.

بررسی مطالعات قبلی نشان داد که کاهش و یا حذف مکمل ویتامینی از جیره غالباً در دوره پایانی پرورش جوجه‌های گوشتی صورت گرفته است و مطالعه‌ای که در کل دوره پرورش سطوح مختلفی از مکمل ویتامینی را به صورت کاهشی در جیره به کار برده باشد تقریباً یافت نشد. اما نتایج تحقیقات دیگر نشان داد، در پرندگانی که از جیره‌های غذایی مبتنی بر گندم با کمبود مکمل ویتامینی و معدنی تغذیه کردند، با کاهش افزایش وزن روزانه (۱۵۸۱) در برابر ۱۶۹۱ گرم/پرنده) مواجه شدند. هرچند که شاخص‌های بیوشیمیایی خون تحت تأثیر نوع غلات مورد استفاده در جیره و قطع مکمل ویتامینی و معدنی قرار نگرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که منابع غله عمده به کار رفته در تهیه جیره نیز (ذرت یا گندم)، بر میانگین افزایش وزن جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌هایی که مکمل ویتامینی و معدنی آن‌ها در دوره پایانی حذف شد، اثرگذار بود (Abed et al., 2018). پژوهش‌های دیگر نشان داد که گندم دارای مقادیر آنتی‌اکسیدان (ویتامین E و کاروتنوئیدها) بسیار کمتر، سطوح پایین‌تر منگنز و زیست‌فراهمی کمتر بیوتین نسبت به ذرت است (Bryden et al., 2006)؛ بنابراین، کاهش رشد در جیره‌های غذایی مبتنی بر گندم ممکن است به دلیل کاهش پیش‌ساز ویتامین A باشد که توسط محققان گزارش شده است (Surai and Sparks, 2018)، تفاوت عمده بین جیره‌های غذایی مبتنی بر گندم و ذرت ممکن است در ارتباط با غلظت کاروتنوئیدها (لوتئین و زیگزانتین) باشد که در جیره غذایی ذرت و گندم به ترتیب ۱۱/۸ و ۵/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم برآورد شده است (Abed et al., 2018).

در پژوهش‌های متعدد با کاهش سطح مکمل ویتامینی در

ایلتوم) نسبت طول روده به وزن زنده محاسبه شد.

در سن ۳۹ روزگی، از ورید زیر بال دو پرنده از هر واحد آزمایشی که از نظر وزنی نزدیک به میانگین گروه بودند، با سرنگ حاوی ماده ضد انعقاد EDTA^۱ خون‌گیری به عمل آمد و نمونه خون به منظور شمارش تفریقی گلبول‌های سفید به سرعت در فلاسک حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل شد. شمارش افتراقی گلبول‌های سفید (هتروفیل و لنفوسیت) به طریق تهیه گسترش خونی و رنگ‌آمیزی گیمسا زیر میکروسکوپ نوری و به روش شمارش با چشم انجام شد (Grass and Siegel, 1983).

برای اندازه‌گیری پاسخ ایمنی هومورال در برابر پادتن گوسفندی (SRBC^۲) از دو راس گوسفند بلوچی ۲۰ سی‌سی خون گرفته و در شیشه حاوی EDTA ریخته شد. جهت تهیه محلول هفت درصد از گلبول قرمز در بافر فسفات سالین گلبول‌های قرمز سه بار با بافر فسفات سالین (PBS^۳) شسته شد. در سن ۲۱ روزگی به دو قطعه پرنده در هر واحد آزمایشی مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر SRBC هفت درصد تزریق و هفت روز بعد تزریق دوم تکرار شد. هفت روز پس از تزریق دوم در سن ۳۵ روزگی از ورید بال چپ سه میلی‌لیتر خون جهت تعیین پاسخ پادتن اخذ شد (Niu et al., 2009). پس از لخته شدن نمونه خون و جداسازی سرم با سانتریفیوژ از سرم‌ها جهت اندازه‌گیری عیار پادتن تام بر ضد SRBC، ایمونوگلوبولین M و ایمونوگلوبولین G استفاده شد (Cheema et al., 2003).

برای اندازه‌گیری پاسخ ایمنی سلولی از تست ازدیاد حساسیت بازوفیلی پوستی CBH^۴ استفاده شد (Corrier and Deloach, 1990)؛ به این ترتیب که در روز ۳۶ دوره پرورش، مقدار ۱۰۰ میکروگرم فیتوهماگلوئین PHA-P، در ۰/۱ میلی‌لیتر سرم نمکی استریل حل شده و به عنوان محرک تکثیر سلولی به پرده بین پنجه پای راست دو پرنده از هر واحد آزمایشی و بین انگشت دوم و سوم تزریق شد. به همین میزان سرم نمکی استریل به عنوان شاهد به پرده بین پنجه پای مخالف تزریق شد. میزان تورم (التهاب) پوست بعد از گذشت ۲۴ و ۴۸ ساعت از زمان تزریق با استفاده از یک میکرومتر بسیار حساس اندازه‌گیری شد و سپس از تفاضل میزان التهاب پوست در دو پا، واکنش CBH به صورت کمی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مدل آماری

در این پژوهش، از طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و پنج تکرار به شرح زیر استفاده شد. تمامی داده‌ها بعد از مرتب شدن با نرم‌افزار JMP تست نرمالیتیه شدند. نتایج به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار

- 1-Ethylenediaminetetraacetic acid
- 2-Sheep Red Blood Cells
- 3- Phosphate-buffered Saline
- 4- Cutaneous Basophil Hypersensitivity

سنین مختلف بر ضریب تبدیل خوراک اثری نداشت (Khajali et al., 2006; Alahyari et al., 2012) افزایش مقدار ضریب تبدیل خوراک با حذف مکمل ویتامینی از جیره‌های بر پایه ذرت و کنجاله سویا، با نتایج پژوهش حاضر که افزایش معنی‌دار ضریب تبدیل خوراک را با کاهش بیش از ۱۰ درصدی مکمل ویتامینی نسبت به توصیه سویه راس ۳۰۸ نشان می‌دهد، گزارش شده است (Christmas et al., 1995; Deyham et al., 1993; Maiorka et al., 2002; Patel et al., 1997)

با توجه به نتایج شاخص‌های عملکردی (جداول ۳ و ۴) الگوی ویتامینی ۹۰ درصد در مقایسه با الگوی ویتامینی ۱۰۰ درصد پیشنهاد می‌شود. چون تفاوت معنی‌داری بین میانگین وزن زنده، خوراک مصرفی، ضریب تبدیل خوراک و از همه مهم‌تر شاخص تولید الگوی ویتامینی ۱۰۰ درصد و الگوی ویتامینی ۹۰ درصد مشاهده نشد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت، کاهش ۱۰ درصدی استفاده از مکمل ویتامینی در جیره جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ در مقایسه با جداول استاندارد، نه تنها منجر به کاهش شاخص‌های عملکرد تولیدی نمی‌شود، بلکه باعث کاهش هزینه تولید جیره به دلیل نیاز کمتر به مصرف مکمل ویتامینی خواهد شد، که همه این موارد در افزایش سود نهایی مرغدار مؤثر خواهد بود.

جیره‌های بر پایه گندم و جو در مرحله پایانی دوره پرورش یا حذف کامل مکمل‌های ویتامینی به همراه مکمل معدنی در جیره‌های بر پایه ذرت و کنجاله سویا تفاوت معنی‌داری در خوراک مصرفی بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد (Khajali et al., 2006; Alahyari et al., 2012). ویتامینی و معدنی در جیره‌های بر پایه ذرت و کنجاله سویا، کاهش مقدار خوراک مصرفی گزارش شد (Patel et al., 1997). این موضوع در توافق با نتایج پژوهش حاضر بود که نشان می‌دهد کاهش سطح مکمل ویتامینی به مقدار بیشتر از ۱۰ درصد باعث کاهش معنی‌دار خوراک مصرفی در مقایسه با شاهد شد.

مطابق نتایج جدول ۴، تأثیر الگوی کاهشی مکمل ویتامینی، بر میانگین ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی تنها در دوره پرورشی (۱ تا ۴۲ روزگی) معنی‌دار شد ($P < 0.01$)؛ به طوری که بهترین ضریب تبدیل خوراک به ترتیب در گروه‌های با الگوی ویتامینی ۹۰ و ۱۰۰ درصد مشاهده شد. بهترین شاخص تولید در الگوی ویتامینی تا سطح ۹۰ درصد مشاهده شد؛ با کاهش الگوی ویتامینی به کمتر از ۹۰ درصد، شاخص تولید به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0.01$). اما نتایج درصد ماندگاری جوجه‌های گوشتی معنی‌دار نشد ($P > 0.05$).

برخی پژوهشگران گزارش کردند کاهش یا حذف سطح مکمل ویتامینی در جیره‌های بر پایه گندم و جو یا ذرت و کنجاله سویا در

جدول ۳- مقایسه میانگین خوراک مصرفی و افزایش وزن زنده جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف مکمل ویتامین

Table 3- Comparison of the mean of feed intake and body weight gain in broilers chicken fed with diets containing different levels of vitamin supplements

تیمارها Treatments	میانگین خوراک مصرفی (گرم/ پرنده)			میانگین افزایش وزن زنده (گرم/ پرنده)		
	Feed intake (g/bird)			Body weight gain (g/bird)		
	روز ۱-۱۰ 1-10 days	روز ۱-۲۴ 1-24 days	روز ۱-۴۲ 1-42 days	روز ۱-۱۰ 1-10 days	روز ۱-۲۴ 1-24 days	روز ۱-۴۲ 1-42 days
تیمار ۱ (۱۰۰٪) Treatment 1 (%100)	296.6 ^a	1513.6 ^a	4217.1 ^a	258.0 ^a	1014.0 ^a	2596.5 ^a
تیمار ۲ (۹۰٪) Treatment 2 (%90)	263.9 ^b	1421.4 ^{ab}	3891.2 ^a	239.4 ^b	957.4 ^{ab}	2426.8 ^a
تیمار ۳ (۸۰٪) Treatment 3 (%80)	271.5 ^b	1377.1 ^{ab}	3828.3 ^a	240.9 ^b	936.3 ^b	2142.0 ^b
تیمار ۴ (۷۰٪) Treatment 4 (%70)	268.5 ^b	1318.2 ^{bc}	3329.1 ^b	237.9 ^b	886.5 ^{bc}	1976.3 ^{bc}
تیمار ۵ (۶۰٪) Treatment 5 (%60)	236.7 ^c	1299.1 ^c	3227.9 ^b	216.2 ^c	816.7 ^c	1822.4 ^c
میانگین خطای استاندارد SEM ¹	5.45	18.73	93.88	3.19	16.75	67.11
سطح احتمال معنی‌دار شدن P-value	0.0001	0.003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

در هر ستون، اعداد با حروف غیر مشترک، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

Mean within the same row with different letters differ significantly ($P < 0.05$).

¹ SEM: Standard Error of Mean

جدول ۴- مقایسه میانگین ضریب تبدیل خوراک، درصد ماندگاری و شاخص تولید جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف مکمل ویتامین
Table 4- Comparison of average feed conversion ratio, livability and production index in broilers chicken fed with diets containing different levels of vitamin supplements

تیمارها Treatments	ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio			درصد ماندگاری Livability, %	شاخص تولید Production index
	روز ۱-۱۰ 1-10 days	روز ۱-۲۴ 1-24 days	روز ۱-۴۲ 1-42 days	روز ۱-۴۲ 1-42 days	روز ۱-۴۲ 1-42 days
تیمار ۱ (۱۰۰٪) Treatment 1 (%100)	1.15	1.49	1.63 ^c	96.9	369.9 ^a
تیمار ۲ (۹۰٪) Treatment 2 (%90)	1.10	1.49	1.60 ^c	99.0	357.2 ^a
تیمار ۳ (۸۰٪) Treatment 3 (%80)	1.13	1.47	1.79 ^a	99.0	283.3 ^b
تیمار ۴ (۷۰٪) Treatment 4 (%70)	1.13	1.48	1.69 ^{bc}	99.0	276.9 ^b
تیمار ۵ (۶۰٪) Treatment 5 (%60)	1.10	1.50	1.77 ^{ab}	100.0	245.0 ^b
میانگین خطای استاندارد SEM ¹	0.01	0.01	0.02	0.44	11.65
سطح احتمال معنی‌دار شدن P-value	0.53	0.95	0.001	0.28	0.0001

در هر ستون، اعداد با حروف غیر مشترک، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

Mean within the same row with different letters differ significantly ($P < 0.05$).

¹ SEM: Standard Error of Mean

ویتامینی ۱۰۰ درصد (تیمار ۱) و کمترین آن مربوط به الگوی ویتامینی ۶۰ درصد (تیمار ۵) بود، یعنی با کاهش الگوی ویتامینی درصد سینه کاهش پیدا کرد. هرچند با کاهش الگوی ویتامینی تا سطح ۹۰ درصد، کاهش مقدار درصد سینه نسبت به تیمار ۱ معنی‌دار نبود. در مورد درصد روده نیز بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۳ بود، اما تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۱ و ۲ مشاهده نشد، که بیانگر امکان کاهش ۱۰ درصد مکمل ویتامینی در طول دوره پرورش بدون هرگونه تأثیر نامطلوب بر صفات لاشه است.

مطابق نتایج جدول ۶، در مورد صفت نسبت طول روده به وزن زنده آنالیز واریانس تفاوت معنی‌داری بین میانگین هیچ یک از تیمارها نشان نداد ($P > 0.05$). اما نتایج آزمون دانکن در مورد صفت نسبت طول دئودنوم و ایلئوم به وزن زنده بیانگر افزایش عددی این صفات با کاهش الگوی مکمل ویتامینی بود و کمترین درصد نسبت طول دئودنوم و ایلئوم به وزن زنده مربوط به جوجه‌های تغذیه شده با تیمار ۱ بود. عدم مشاهده تفاوت معنی‌دار در بیشتر ویژگی‌های مورد ارزیابی لاشه همسو با نتایج پژوهش‌های متعددی بود که بیان کردند، کاهش یا حذف کامل مکمل ویتامینی در دوره‌های مختلف بین جوجه‌های تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل ویتامینی (در جیره بر پایه گندم و جو)، تفاوت معنی‌داری از لحاظ شاخص‌های لاشه ایجاد نکرد (Abudabos et al., 2013; Khajali et al. 2006; Maiorka et al., 2002)

پژوهش‌های متعددی در مورد امکان حذف برخی ویتامین‌ها یا همه آن‌ها از خوراک پایانی جوجه‌های گوشتی صورت گرفته است. این پژوهش‌ها با هدف مطالعه پیامدهای حذف پیش مخلوط‌های ویتامینی انجام شده، اما اثرات آماری معنی‌داری در عملکرد تولیدی، مشکلات پا و یا کیفیت لاشه با حذف پیش مخلوط معدنی-ویتامینی در دوره پایانی مشاهده نشد (Barzegar Abudabos et al., 2013; et al., 2013; Kamyab et al., 2009; Khajali et al., 2006; Sakkas et al., 2019). این در حالی است که در پژوهش حاضر اعمال کاهش سطح مکمل ویتامینی از روز اول دوره پرورش اتفاق افتاده است. با توجه به این که ویتامین‌های محلول در چربی توانایی ذخیره در کبد را دارند، این امکان وجود دارد که میزان ذخیره شده در طول دوره آغازین و رشد، تا حدودی نیاز دوره پایانی را جبران کرده باشد (McDowell, 2000).

مطابق جدول ۵، اثر الگوی کاهش مکمل ویتامینی، بر وزن نسبی اندام‌های داخلی و اکثر صفات لاشه معنی‌دار نشد ($P > 0.05$), هرچند که مطابق آزمون دانکن بیشترین درصد لاشه شکم خالی مربوط به الگوی ویتامینی ۱۰۰ درصد و کمترین آن در الگوی ویتامینی ۷۰ درصد مشاهده شد. همچنین طبق نتایج آزمون دانکن کمترین درصد وزن طحال به وزن زنده مربوط به جوجه‌های تغذیه شده با تیمار ۱ بود. اما از همه صفات لاشه بررسی شده تنها دو صفت درصد سینه و روده به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند ($P < 0.01$). بیشترین درصد سینه مربوط به الگوی

جدول ۵ - مقایسه میانگین وزن نسبی اجزای لاشه (درصدی از وزن زنده) جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل ویتامین در سن ۳۲ روزگی
Table 5- Comparison of the average relative weight of carcass organs (percentage of live weight) of broilers fed with different levels of vitamin supplementation at the age of 42 days

تیمارها Treatments	لاشه بدون پوست Carcass without skin	سینه Breast	ران Drumsticks	گردن، پشت و بال‌ها Neck, back and wings	چربی شکمی Abdominal fat	روده Intestine	قلب Heart	طحال Spleen	بورس فاربریسوس Bursa fabricius	سنگدان خالی Gizzard empty	لوزالمعده Pancreas	کبد Liver
تیمار ۱ (۱۰۰٪) Treatment 1 (%100)	66.5	22.2 ^a	20.8	22.5	1.57	2.61 ^c	0.51	0.080	0.156	1.45	0.23	2.20
تیمار ۲ (۹۰٪) Treatment 2 (%90)	65.7	21.1 ^{ab}	21.9	22.2	1.67	2.92 ^{ab}	0.56	0.122	0.196	1.68	0.26	2.19
تیمار ۳ (۸۰٪) Treatment 3 (%80)	63.8	19.3 ^b	20.8	23.2	1.66	3.12 ^a	0.55	0.104	0.198	1.52	0.23	2.11
تیمار ۴ (۷۰٪) Treatment 4 (%70)	63.6	19.9 ^b	20.6	22.3	1.82	2.77 ^{bc}	0.52	0.114	0.164	1.68	0.24	1.98
تیمار ۵ (۶۰٪) Treatment 5 (%60)	64.6	19.2 ^b	20.9	23.8	1.85	3.05 ^a	0.50	0.110	0.202	1.48	0.27	2.188
میانگین خطای استاندارد SEM ^۱	0.378	0.263	0.205	0.207	0.069	0.033	0.013	0.005	0.008	0.035	0.006	0.039
سطح احتمال معنی دار شدن P-value	0.110	0.008	0.368	0.103	0.686	0.005	0.579	0.579	0.225	0.126	0.221	0.365

در هر ستون، اعداد با حروف غیر مشترک، دارای اختلاف معنی دار می‌باشند (P<0.05).

Mean within the same row with different letters differ significantly (P<0.05).

^۱ SEM: Standard Error of Mean

جدول ۶- مقایسه میانگین طول نسبی روده کوچک (سانتی‌متر/گرم وزن زنده) در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل ویتامین در سن ۴۲ روزگی
Table 6- Comparison of the mean relative length of the small intestine (cm/g of live weight) in broilers fed with different levels of vitamin supplementation at the age of 42 days

تیماها Treatments	دئودنوم Duodenum	ژژنوم Jejunum	ایلئوم Ileum
تیما ۱ (۱۰۰٪) Treatment 1 (%100)	1.28	3.37	3.44
تیما ۲ (۹۰٪) Treatment 2 (%90)	1.36	3.58	3.55
تیما ۳ (۸۰٪) Treatment 3 (%80)	1.55	4.02	4.05
تیما ۴ (۷۰٪) Treatment 4 (%70)	1.44	3.88	4.04
تیما ۵ (۶۰٪) Treatment 5 (%60)	1.58	4.08	4.25
میانگین خطای استاندارد SEM ¹	0.038	0.112	0.104
سطح احتمال معنی‌دار شدن P-value	0.094	0.258	0.092

در هر ستون، اعداد با حروف غیر مشترک، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

Mean within the same row with different letters differ significantly ($P < 0.05$).

¹ SEM: Standard Error of Mean

تیماهای مختلف آزمایشی نشان نداد ($P > 0.05$) (جدول ۷)، هر چند که مطابق آزمون دانکن بالاترین عیار ایمونوگلوبولین M- از نظر عددی در تیمار ۱ مشاهده شد و با کاهش الگوی ویتامینی از مقدار آن کاسته شد؛ به نحوی که کمترین تیترا مربوط به الگوی ویتامینی ۶۰ درصد (تیمار ۵) بود.

اما عابد و همکاران، کاهش در مقادیر افزایش وزن روزانه، وزن نسبی قلب، بورس فابریسیوس و چربی حفره شکمی در پرندگان که از جیره‌های غذایی مبتنی بر گندم با کمبود مکمل ویتامینی و معدنی تغذیه کردند را گزارش کردند (Abed et al., 2018).
 آنالیز واریانس تفاوت معنی‌داری را بین میانگین عیار پادتن در پاسخ به تزریق گلوبولین قرمز گوسفندی در پرنده‌های تغذیه شده با

جدول ۷- مقایسه میانگین عیار پادتن (\log_2) در پاسخ به تزریق گلوبولین قرمز گوسفندی در جوجه‌های تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل ویتامین
Table 7- Comparison of the average titer of antibody (\log_2) in response to sheep red blood cell injection in chickens fed with different levels of vitamin supplementation

تیماها Treatments	آنتی‌بادی تام Total antibody	ایمونوگلوبولین M IgM	ایمونوگلوبولین G IgG
تیما ۱ (۱۰۰٪) Treatment 1 (%100)	3.4	2.8	1.0
تیما ۲ (۹۰٪) Treatment 2 (%90)	3.2	2.2	1.0
تیما ۳ (۸۰٪) Treatment 3 (%80)	3.8	2.4	1.0
تیما ۴ (۷۰٪) Treatment 4 (%70)	3.4	2.0	1.4
تیما ۵ (۶۰٪) Treatment 5 (%60)	3.2	1.8	1.4
میانگین خطای استاندارد SEM ¹	0.194	0.069	0.217
سطح احتمال معنی‌دار شدن P-value	0.862	0.133	0.649

در هر ستون، اعداد با حروف غیر مشترک، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

Mean within the same row with different letters differ significantly ($P < 0.05$).

¹ SEM: Standard Error of Mean

جدول ۸- مقایسه میانگین واکنش ازدیاد حساسیت پوستی ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از تزریق فیتوهماگلوتنین فسفات‌ی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل ویتامین

Table 8- Comparison of the average skin hypersensitivity reaction 24 and 48 hours 48h after phytohemagglutinin-phosphate injection in broilers fed with different levels of vitamin supplements

تیمارها Treatments	تفاوت ضخامت (mm) ۲۴ ساعت پس از تزریق Thickness difference 24h after injection	تفاوت ضخامت (mm) ۴۸ ساعت پس از تزریق Thickness difference 48h after injection
تیمار ۱ (۱۰۰٪) Treatment 1 (% 100)	0.21	0.73
تیمار ۲ (۹۰٪) Treatment 2 (% 90)	0.33	0.74
تیمار ۳ (۸۰٪) Treatment 3 (% 80)	0.37	0.62
تیمار ۴ (۷۰٪) Treatment 4 (% 70)	0.39	0.72
تیمار ۵ (۶۰٪) Treatment 5 (% 60)	0.26	0.64
میانگین خطای استاندارد SEM	0.042	0.047
سطح احتمال معنی‌دار شدن P-value	0.641	0.901

جدول ۹- مقایسه میانگین درصد هتروفیل، لنفوسیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل ویتامین

Table 9- Comparison of the average percentage of heterophil, lymphocyte and ratio of heterophil to lymphocyte in broilers fed with different levels of vitamin supplements

تیمارها Treatments	هتروفیل Heterophile	لنفوسیت Lymphocyte	نسبت هتروفیل به لنفوسیت Heterophile to lymphocyte ratio
تیمار ۱ (۱۰۰٪) Treatment 1 (% 100)	21.3	78.7	0.28
تیمار ۲ (۹۰٪) Treatment 2 (% 90)	17.3	84.5	0.21
تیمار ۳ (۸۰٪) Treatment 3 (% 80)	20.1	79.9	0.26
تیمار ۴ (۷۰٪) Treatment 4 (% 70)	20.1	79.9	0.26
تیمار ۵ (۶۰٪) Treatment 5 (% 60)	22.8	77.2	0.30
میانگین خطای استاندارد SEM	1.09	1.13	0.018
سطح احتمال معنی‌دار شدن P-value	0.609	0.351	0.613

نتایج تحقیقات پژوهشگران در زمینه حذف مکمل ویتامینی یا مواد معدنی و یا هر دو در جیره‌های بر پایه ذرت و کنجاله سویا بر روی شاخص‌های مورد ارزیابی سیستم ایمنی (نسبت هتروفیل به لنفوسیت، عیار پادتن تام، ایمونوگلوبین G و ایمونوگلوبین M) تحت تأثیر قرار نگرفت (Khajali et al., Alahyari et al., 2012).
2006). که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. هرچند که نقش حیاتی ویتامین‌ها در عملکرد طبیعی سیستم ایمنی طیور به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته و به‌خوبی شناخته شده است

اثر الگوی کاهشی مکمل ویتامینی توصیه شده برای سویه راس ۳۰۸، بر واکنش ازدیاد حساسیت پوستی در دو زمان ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از تزریق فیتوهماگلوتنین فسفات‌ی (PHA-P) در سن ۳۸ روزگی در جدول ۸ گزارش شد که نشان‌دهنده عدم معنی‌داری این صفت است ($P > 0.05$).
مطابق نتایج جدول ۹، اثر الگوی کاهشی مکمل ویتامینی توصیه شده برای سویه راس ۳۰۸، بر درصد هتروفیل، لنفوسیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت در سن ۴۲ روزگی معنی‌دار نشد ($P > 0.05$).

محلول در چربی و بعضی از ویتامین‌های محلول در آب، درون بافت های بدن به‌خصوص کبد و بافت چربی طی دوره پرورش ذخیره می شود و احتمال قابلیت فراخوانی این ذخایر به‌منظور تأمین ویتامین‌های مورد نیاز پرنده وجود دارد (McDowell, 2000). (۴) با افزایش سن پرنده نیاز ویتامینی طیور تغییر می‌کند، به‌طوری‌که در ابتدای سن و در دوره آغازین معمولاً اکثر ویتامین‌ها در حد بالا مورد نیاز هستند، اما به تدریج با افزایش رشد این نیاز کاهش یافته، به‌طوری‌که نیاز بعضی از ویتامین‌ها در دوره پایانی تقریباً ۵۰ درصد نیاز آن در دوره آغازین و رشد است (McDowell, 2000).

نتیجه‌گیری کلی

در جیره جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ با کاهش ۱۰ درصدی الگوی ویتامینی (تیمار ۲) در مقایسه با جداول توصیه سویه (تیمار ۱)، نه تنها کاهش شاخص‌های عملکرد تولیدی، صفات لاشه و شاخص‌های مرتبط با سیستم ایمنی هومورال و سلولی مشاهده نشد، بلکه با کاهش هزینه تولید جیره دوره پرورشی به‌دلیل نیاز کمتر به مصرف مکمل ویتامینی منجر به افزایش سود نهایی مرگذار خواهد شد. بنابراین، کاهش سطح مکمل ویتامینی در جیره‌های حاوی ضایعات بوجاری گندم تا ۹۰ درصد توصیه سویه راس ۳۰۸ در مقایسه با جیره شاهد امکان‌پذیر است.

(Shojadoost et al., 2021; Yuan et Alahyari et al., 2012)؛ (al., 2014)، به‌طوری‌که سطوح ناکافی ویتامین می‌تواند از طریق اختلال در عملکرد سیستم ایمنی، منجر به افزایش میزان عفونت یا التهاب و در نهایت، کاهش رشد شود. با این وجود، هنوز بسیاری از سؤالات در مورد تجویز ویتامین در جیره طیور بی‌پاسخ مانده است و تحقیقات نتایج متناقضی را در مورد روابط دوز مناسب تأمین برخی ویتامین‌ها نشان داده است (Shojadoost et al., 2021).

دلایل مختلفی در مورد عدم مشاهده تفاوت معنی‌دار در صفات ایمنی مورد بررسی بین تیمارهای آزمایشی با سطوح مختلف مکمل ویتامینی در جیره می‌توان برشمرد، از جمله: (۱) احتمال تأمین احتیاجات ویتامینی از طریق اقلام خوراکی موجود در جیره طی دوره پرورش، که عموماً به هنگام جیره نویسی مورد توجه قرار نمی‌گیرد (NRC, 1994). به‌عنوان مثال، می‌توان به مقادیر بسیار کمتر آنتی‌اکسیدان های (ویتامین E و کاروتنوئیدها)، زیست‌فراهمی پایین بیوتین و سطوح پایین منگنز در جیره برپایه گندم در مقایسه با ذرت اشاره کرد (Bryden et al., 2006). (۲) از آنجا که طیور گوشتی بیشتر بر روی بستر پرورش داده می‌شوند، احتمال تأمین بخشی از نیاز پرنده به ویتامین‌ها (سنتر شده با منشأ میکروبی در روده بزرگ و کولون) وجود دارد. تحقیقات انجام شده بر روی بستر طیور، نشان می‌دهد که یکی از منابع ویتامینی در دسترس پرنده، بستر پرورش است (McDowell, 2000). (۳) در دوران آغازین و رشد میزان مورد استفاده از مکمل‌های ویتامینی بیشتر از حداقل نیاز جوجه است، مقادیری از ویتامین‌های

References

1. Abed, M. K., Razuki, W. M., & Al-Naif, H. H. N. (2018). Effects of omitting vitamin-trace mineral premixes from finisher ration on performance, carcass parameters and blood characteristics of broilers fed corn-or wheat-based diets. *Journal of Veterinary Science and Animal Husbandry*, 6(2), 205. doi: 10.15744/2348-9790.6.205.
2. Abudabos, A. M., Suliman, G. M., Hussien, E. O., Al-Ghadi, M. A. Q., & Abdullah, A. O. (2013). Effect of mineral-vitamin premix reduction on performance and certain hemato-biochemical values in broiler chickens. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(5), 747-753. doi: 10.3923/ajava.2013.747.753
3. Alahyari Shahrashb, M., Moravej, H., Baghcheghi, Y., & Shivazad, M. (2012). Effect of levels and different periods of vitamin premix consumption during finisher period on performance and immunocompetence of broiler chicks fed wheat and barley based diet. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 4(1), 1-7. (In Persian).
4. AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
5. Aviagen. 2019. Ross 308 Broiler Nutrition Specifications. www.aviagen.com
6. Barzegar, M., Moravej, H., & Shivazad, M. (2013). The effect of different levels of vitamin premix within the last three weeks of rearing period on performance and carcass characteristics of broiler chicks. *Iranian Journal of Animal Science*, 44(1), 1-7. (In Persian).
7. Briz, R. C., & Pérez, A. B. (2012). Optimum vitamin nutrition in broilers and turkeys. *Optimum Vitamin Level in the Production of Quality Animal Foods. Sheffield, UK M*, 5, 139-242.
8. Bryden, W. L., Mollah, Y., & Gill, R. J. (2006). Bioavailability of biotin in wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 55, 269-75. doi: 10.1002/jsfa.2740550212.
9. Cepero Briz, R., & Blanco Perez, A. (2012). Optimum vitamin nutrition in broilers and turkeys, in: Optimum vitamin nutrition in the production of quality animal foods. A. C. Barroeta, M. D. Baucells, A. Blanco Perez, S. Calsamiglia, R. Casals, R. Cepero Briz, R. Davin, G. Gonzalez, J. M. Hernandez, B. Isabel, C. Lopez Bote, I. A. Rey, M. Rodriguez, J. Sanz, M. F. Soto-Salanova, G. Weber, eds. 5M Publishing: United Kingdom. p. 139-241.
10. Cheema, M. A., Qureshi, M. A. & Havenstein, G. B. (2003). A comparison of the immune response of a 2001

- commercial broiler with a 1957 randombred broiler strain when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Science*, 82(10), 1519-1529. doi.org/10.1093/ps/82.10.1519
11. Christmas, R. B., Harmsand, R. H. & Sloan, D. R. (1995). The absence of vitamins and trace minerals and broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 4(4), 407-0.31.
 12. Coehlo, M. (2000). Poultry, swine, dairy vitamin supplementation updated. *Feedstuffs*, 3, 1-5.
 13. Corrier, D. E., & Deloach, J. R. (1990). Evaluation of cell mediated, cutaneous basophil hypersensitivity in young chickens by an interdigital skin test. *Poultry Science*, 69(3), 403-408.
 14. Deyhim, F., & Teeter, R. G. (1993). Dietary vitamin and/or trace mineral premix effects on performance, humoral mediated immunity and carcass composition of broilers during thermoneutral and high ambient temperature distress. *Journal of Applied Poultry Research*, 2(4), 347-55.
 15. FEDNA. (2008). Necesidades Nutricionales para Avicultura. Normas FEDNA. (ed). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid, Spain.
 16. Grass, W. B., & Siegel, H. S. (1983). Evaluation of the heterophile/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Disease*. 27, 927-979.
 17. Hosseini, S. A., Alizadeh-Ghamsari, A. H., Zahedifar, M., Roosta Azad, R., & Beikizadeh, H. (2021). Effects of different levels of hydrolyzed feather powder on performance and serum biochemical parameters in Broiler Chickens. *Research On Animal Production*. 12(33), 36-43. (In Persian).
 18. Hosseini, S. A., Alizadeh-Ghamsari, A. H., Lotfollahian, H., Javaheri-Barforooshi, H., Amirsadeghi, M., & Yussefi-Kalarikalaei, K. (2022). Determining the optimal level of wheat middlings in the diet of Arian broilers by multi-attribute decision making method. *Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 136, 59-70. (In Persian).
 19. Kamyab, A. R., Mohammad Hosseini, A., & Moradi Shahr Babak, M. (2009). Effect of Withdrawing Vitamin and/or Trace Mineral Premixes from Grower and Finisher Diets of Broilers. *Iranian Journal of Animal Science*, 40(2), (In Persian).
 20. Khajali, F., Asadi Khoshoei, E., & Zamani, M. (2006). Effect of vitamin and trace mineral withdrawal from finisher diets on growth performance and immunocompetence of broiler chickens. *British Poultry Science*, 47, 159-162. doi.org/10.1080/00071660600610732
 21. Leeson, S. (2007). Vitamin requirements: Is there basis for re-evaluating dietary specifications? *World's Poultry Science Journal*, 63(2), 255-266.
 22. Maiorka, A., Laurentiz, A. C., Santin, E., Araujo, L. F., & Macari, M. (2002). Dietary vitamin or mineral mixremoval during the finisher period on broiler chicken performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 11(2), 121-126.
 23. McDowell, L. R. (2000). Vitamins in Animal and Human Nutrition. Lowe State University Press, 15-45.
 24. National Research Council. (1994). Nutrient Requirements of Poultry. 9th Revised edition. National Academy Press, Washington, DC, 61-77
 25. Niu, Z. Y., Liu, F. Z., Yan, Q. L., & Li, W. C. (2009). Effects of different levels of vitamin E on growth performance and immune responses of broilers under heat stress. *Poultry Science*, 88(10), 2101-2107. doi.org/10.3382/ps.2009-00220
 26. Patel, P. K., Edwerds, H. M., & Baker, D. H. (1997). Removal of vitamin and trace mineral supplements from broiler finisher diets. *Journal of Applied Poultry Research*. 6(2),191-198.
 27. Rostango, H. S., Aalbino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomez, P. C., Oliveria, R. F. D., Lopes, D. C., Ferreira, A. S., Barreto, S. L. T. & Euclides, R. F. (2011). Brazilian Tables for Poultry and Swine. 3th edition. Universidade Federal de Vicosa, Departamento de Zootecnia, Mato Grosso do Sul, Brazil.
 28. Sakkas, P., Smith, S., Hill, T. R., & Kyriazakis, I. (2019). A reassessment of the vitamin D requirements of modern broiler genotypes. *Poultry Science*, 98(1), 330-340. (doi: 10.3382/ps/pey350)
 29. Shojadoost, B., Yitbarek, A., Alizadeh, M. A., Kulkarni, R. R., Astill, J., Boodhoo, N., & Sharif, S. (2021). Centennial Review: Effects of vitamins A, D, E, and C on the chicken immune system. *Poultry Science*, 100(4), 100930. doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.027
 30. Surai, P. F., & Sparks, N. H. C. (2001). Comparative evaluation of the effect of two maternal diets on fatty acids, vitamin E and carotenoids in the chick embryo. *British Poultry Science*. 42, 252-9. doi.org/10.1080/00071660120048519
 31. Weber, G. (2001). Nutritional effects on the poultry meat quality, stability and flavor. 13th European Symposium on Poultry Nutrition and Ascites Workshop, Blankenberge Belgium, September 30-October 4, 9-16.
 32. Yuan, J., Roshdy, A. R., Guo, T., Wang, Y., Guo, S. (2014). Effect of dietary vitamin A on reproductive performance and immune response of broiler breeders. *Plos One*. 9(8), e105677. doi.org/10.1371/journal.pone.0105677



Effects of Adding *Ferula badrakema* Root Powder with and Without Sodium Saccharin Sweetener to the Diet on Growth Performance, Immune System and Blood Metabolites of Broiler Chickens

Hamidreza Khajavi¹, Ahmad Hassanabadi^{1*}, Mahdi Askari Badouei²

Received: 22-10-2022

Revised: 20-10-2022

Accepted: 19-12-2022

Available Online: 19-12-2022

How to cite this article:

Khajavi, H., Hassanabadi, A., & Askari Badouei, M. (2023). Effects of adding *Ferula badrakema* root powder with and without sodium saccharin sweetener to the diet on growth performance, immune system and blood metabolites of broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(3), 429-443.

DOI: [10.22067/ijasr.2023.79312.1105](https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.79312.1105)

Introduction: The *Ferula badrakema* from the Apiaceae family is a resinous plant with a strong smell that is native to Iran (Rechinger et al., 1994). The anti-bacterial and anti-fungal properties of *Ferula badrakema* are believed to be due to its high content of alpha-pinene and beta-pinene. Similar to other *Ferula* species, this plant is a rich source of sesquiterpene coumarins (Bukreeva and Pimenov, 1991). To the best of our knowledge, no study has been done on the volatile compounds of this species. However, studies on other species of this plant that grow in other parts of the world have been reported (Başer et al., 2000; Takeoka, 2001; Iranshahi et al., 2006). Saccharin is a sulfonamide produced from compounds found in coal tar (Abdelaziz et al., 2011). Its taste is 300 to 500 times sweeter than sucrose. Due to its high sweetness, it is widely used to improve feed palatability and can increase feed intake (Feighner et al., 1987). Studies by Han et al. (2019) have shown that Japanese quails prefer sucrose solution instead of ordinary water due to its palatability. However, few studies have been conducted on the physiological relationship between sweeteners and the gastrointestinal tract of broilers (Kimmich et al., 1989). Considering that most medicinal plants have a bitter taste and reduce the feed consumption and growth of chickens, this experiment aimed to investigate the effects of adding sweeteners and preventing the activation of bitter taste receptors of the *Ferula* plant on the growth performance, immune system and blood metabolites of chickens.

Materials and Methods: This experiment was conducted using 468 one-day-old commercial broilers from the Ross 308 strain with 6 treatments, 6 replicates and 13 birds each in a completely randomized design as a 3×2 factorial arrangement (3 levels of *Ferula badrakema* root powder at the levels of 0, 0.75 and 1.5% and two levels of 0 and 0.15% sodium saccharin in diet). Standard diets during the periods of starter (1-10 d), grower (11-24 d) and finisher (25-42 d) were used. The diets were formulated using the UFFDA software to provide all the requirements of the broilers based on the recommendations of the Ross 308 strain (2019). Throughout the experiment, the birds had ad libitum access to water and feed and an hour darkness and 23 hours of light was provided. The initial temperature of the room was 32°C, which was reduced by 0.5°C per day according to the Ross company guidelines, until it reached 21°C at the age of 21 days and remained constant after that. Average feed intake, weight gain and feed conversion ratio for each group were measured at the end of each period. To measure blood parameters, one male bird at the end of the experiment (42 d), was selected from each replicate and blood samples were taken from the wing vein in syringes without anticoagulant, and after centrifugation, the sera were collected in 0.5 ml microtubes and kept at -20°C until the further analysis. To evaluate the humoral immune response, 0.1 ml sheep red blood cells (SRBC) suspension was injected to breast muscle of one bird from each replicate on 28 and 35 d and total antibody, IgG and IgM were measured.

1- Ph.D. Student and Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Respectively.

2- Assistant Professor, Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

*Corresponding Author's Email: hassanabadi@um.ac.ir

Results and Discussion: Adding saccharin to the diet caused a significant increase in feed intake during the periods of 1-10 and 1-42 days ($P < 0.05$). The interaction effect of saccharin and Ferula on feed intake was significant ($P < 0.05$) during the periods of 25-42 and 1-42 days; so the addition of Ferula to diets containing saccharin increased feed intake while in diets without saccharin, it reduced feed intake. The body weight gain of chicks at the age of 1-10, 42-25 and 1-42 days in the treatment with 0.15% saccharin was significantly ($P < 0.05$) higher than the treatment without saccharin; but adding Ferula had no significant effect on the weight gain. Addition of Ferula and saccharin to the diet and their interaction had no significant effect on the carcass traits of broilers. Adding saccharin to the diet caused a significant increase ($P < 0.05$) in blood uric acid, but it did not have a significant effect on the concentration of other blood metabolites. An independent comparison of Ferula supplemented diets with treatment without it, showed that Ferula caused a significant ($P < 0.05$) increase in blood uric acid, albumin and phosphorus and a significant decrease in blood cholesterol and triglyceride. The titer of total antibody and IgG at the age of 35 days, as well as IgG and IgM at the age of 42 days, increased compared to its 0 level under the influence of Ferula consumption.

Conclusion: In general, the results showed that the use of sodium saccharin in the diet prevents the reduction of feed intake caused by the bitter taste of Ferula, and the consumption of Ferula improves the immune system and reduces the concentration of cholesterol and triglycerides in the blood broiler chicks.

Keywords: blood metabolites, broiler, Ferula badrakema, immune system, performance, sodium saccharin

بررسی اثر افزودن پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما (*Ferula Badrakema*) با و بدون شیرین کننده ساخارین سدیم به جیره بر عملکرد رشد، سیستم ایمنی و متابولیت‌های خون جوجه‌های گوشتی

حمیدرضا خواجوی^۱، احمد حسن‌آبادی^{۱*}، مهدی عسکری بدوئی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۸

چکیده

این آزمایش به منظور ارزیابی پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما (*Ferula Badrakema*) با و بدون شیرین کننده ساخارین سدیم بر عملکرد رشد، سیستم ایمنی و متابولیت‌های سرم خون جوجه‌های گوشتی انجام شد. آزمایش با تعداد ۴۶۸ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه تجاری راس ۳۰۸ با ۶ تیمار به صورت فاکتوریل ۳×۲ (سه سطح پودر ریشه فرولا بدرکما: صفر، ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد و دو سطح صفر و ۰/۱۵ درصد ساخارین سدیم) با شش تکرار و ۱۳ قطعه جوجه هر تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی به مدت ۴۲ روز انجام شد. افزودن ساخارین به جیره باعث افزایش معنی‌دار مصرف خوراک در سن ۱-۱۰ و ۱-۴۲ روزگی شد. اثر متقابل ساخارین و فرولا بر مصرف خوراک در سن ۲۵-۴۲ و ۱-۴۲ روزگی معنی‌دار بود؛ به طوری که افزودن فرولا به جیره‌های حاوی ساخارین باعث افزایش مصرف خوراک گردید؛ در حالی که در جیره‌های بدون ساخارین باعث کاهش مصرف خوراک شد. مقدار افزایش وزن بدن جوجه‌ها در سن ۱-۱۰، ۱-۴۲ و ۲۵-۴۲ روزگی در گروه تغذیه شده با تیمار دارای ۰/۱۵ درصد ساخارین به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار بدون ساخارین بود؛ اما افزودن فرولا اثر معنی‌داری بر افزایش وزن نداشت. افزودن فرولا و ساخارین به جیره و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر صفات لاشه جوجه‌ها نداشت. افزودن ساخارین به جیره باعث افزایش معنی‌دار اسیداوریک خون شد، اما اثر معنی‌داری بر غلظت سایر متابولیت‌های خون نداشت. مقایسه مستقل افزودن فرولا به جیره با تیمار فاقد آن نشان داد که فرولا باعث افزایش معنی‌دار اسیداوریک، آلومین و فسفر خون و کاهش معنی‌دار کلسترول و تری‌گلیسیرید خون شد. عیار آنتی‌بادی کل و IgG در سن ۳۵ روزگی و همچنین IgM و IgG در سن ۴۲ روزگی تحت تأثیر مصرف فرولا افزایش یافت. به‌طور کلی، استفاده از ساخارین سدیم در جیره از کاهش مصرف خوراک ناشی از مزه تلخ فرولا جلوگیری کرد. مصرف فرولا باعث بهبود سیستم ایمنی شد و غلظت کلسترول و تری‌گلیسیرید خون را به ترتیب ۸۰/۵۷ و ۶۰/۱۴ درصد کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: جوجه گوشتی، ساخارین سدیم، سیستم ایمنی، عملکرد، فرولا بدرکما، متابولیت‌های خون

مقدمه

برای آنتی‌بیوتیک‌ها به‌عنوان محرک رشد، تحقیقات و آزمایش‌های زیادی در زمینه یافتن جایگزین مناسبی برای این مواد صورت گرفته است. اکثر مواد جایگزین شده با آنتی‌بیوتیک‌ها عمل خود را در ارتباط با بهبود عملکرد طیور از طریق تأثیر بر جمعیت میکروبی دستگاه گوارش اعمال می‌کنند. یک جایگزین موفق برای آنتی‌بیوتیک‌ها، باید دارای مکانیسم ضدباکتریایی مؤثر باشد و احتمالاً از این طریق بتواند هضم، جذب و متابولیسم مواد مغذی را بهبود بخشد. از جمله جایگزین‌های احتمالی که در طی سال‌های اخیر برای آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد مورد تحقیق قرار گرفته است، می‌توان گیاهان دارویی و عصاره آن‌ها را نام برد (Hernandez et al., 2004; Cross et al., 2007). بعضی از این تحقیقات تأثیر مثبت گیاهان دارویی را بر عملکرد رشد گزارش کرده‌اند (Lee et al., 2004) و

ترکیب‌های ضد باکتریایی نقش مهمی در بهبود تعادل میکروبی و جمعیت میکروبی روده پرندگان دارند. به‌دلیل مشترک بودن برخی از آنتی‌بیوتیک‌های مورد استفاده در پرورش طیور با مصرف درمانی انسان، امکان انتقال سویه‌های باکتری مقاوم به آنتی‌بیوتیک از طریق محصولات طیور به انسان وجود دارد. با توجه به مشکل مطرح شده

۱- به‌ترتیب دانشجوی دکتری تغذیه طیور و استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲- استادیار گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

(Email: hassanabadi@um.ac.ir)

*- نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/ijasr.2023.79312.1105

می‌تواند برای مصرف افزودنی‌های خوراکی تلخ‌مزه مثل *فرولا بدرکما* برای جوجه‌های گوشتی مفید باشد. با توجه به اینکه اکثر گیاهان دارویی تلخ‌مزه هستند و باعث کاهش مصرف خوراک و رشد جوجه‌ها می‌شوند، این آزمایش با هدف بررسی اثرات افزودن شیرین‌کننده و جلوگیری از فعال شدن گیرنده‌های طعم تلخ گیاه *فرولا بدرکما* بر عملکرد رشد، سیستم ایمنی و متابولیت‌های سرم خون جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این آزمایش تعداد ۴۶۸ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ از یک جوجه‌کشی تجاری خریداری شد. جوجه‌ها پس از ورود به سالن، توزین شده و به شش تیمار، شش تکرار و در هر تکرار ۱۳ قطعه جوجه با میانگین وزن مشابه تقسیم شدند و در داخل جایگاه بستری (پن) مجزا قرار داده شدند. به‌منظور تغذیه جوجه‌ها از جیره‌های آغازین (یک تا ۱۰ روزگی)، رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) استاندارد استفاده شد. جیره‌ها با استفاده از نرم‌افزار جیره نویسی UFFDA به‌گونه‌ای تنظیم شدند که کلیه احتیاجات جوجه‌ها بر اساس توصیه‌های کاتالوگ جوجه گوشتی سویه راس (۲۰۱۹) را تأمین کنند (جدول ۱). تیمارهای آزمایش شامل: ۱- جیره پایه، ۲- جیره پایه + ۰/۷۵ درصد پودر *فرولا بدرکما*، ۳- جیره پایه + ۱/۵ درصد پودر *فرولا بدرکما*، ۴- جیره پایه + ۰/۱۵ درصد ساخارین سدیم، ۵- جیره پایه + ۰/۱۵ درصد ساخارین سدیم + ۰/۷۵ درصد پودر *فرولا بدرکما* و ۶- جیره پایه + ۰/۱۵ درصد ساخارین سدیم + ۱/۵ درصد پودر *فرولا بدرکما* بود. در تمام مدت آزمایش، جوجه‌ها به‌طور آزاد به آب و خوراک دسترسی داشتند. برنامه نوردی یک ساعت تاریکی و ۲۳ ساعت روشنایی برای آن‌ها فراهم شد. دمای اولیه سالن ۳۲ درجه سانتی‌گراد بود که بر اساس راهنمای شرکت راس به‌ازای هر روز ۰/۵ درجه سانتی‌گراد کاسته شد تا در سن ۲۱ روزگی به ۲۱ درجه سانتی‌گراد رسید و از آن پس ثابت ماند. میانگین خوراک مصرفی و افزایش وزن جوجه‌ها برحسب گرم به‌ازای هر پرنده در روز و ضریب تبدیل خوراک برای هر گروه از جوجه‌ها در انتهای هر دوره اندازه‌گیری شد. تلفات روزانه در هر پن در طول دوره آزمایش توزین، ثبت و برای تصحیح خوراک مصرفی مورد استفاده قرار گرفت. در سن ۴۲ روزگی دوره پرورش یک پرنده نر از هر واحد آزمایشی با وزن مشابه با میانگین گروه مربوطه انتخاب شد، به‌روش جابجایی مهره گردن کشته شد و تفکیک لاشه انجام شد. پس از تفکیک لاشه، وزن نسبی لاشه، اندام‌ها و طول بخش‌های مختلف دستگاه گوارش اندازه‌گیری شد.

گیاهان زیادی با خواص ضد میکروبی شناسایی شده‌اند. همچنین گیاهان دارویی علاوه بر اثرات ضد میکروبی فواید دیگری نظیر کمک به هضم و جذب مواد مغذی، تحریک اشتها و کاهش لیپیدهای سرم خون دارند (Greathead, 2003).

جنس *Ferula* متعلق به خانواده Peucedaneae، زیر خانواده Apioideae است. خانواده چتریان با ۱۳۳ گونه در سراسر نواحی مدیترانه و به‌ویژه در ایران پراکنده است و بیش از ۷۰ گونه از *Ferula* از نظر شیمیایی مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Diab et al., 2001; El-Razek et al., 2003). گونه‌های *فرولا* دارای تنوع بیولوژیکی زیادی هستند و دارای فعالیت‌هایی ضدباکتریایی، ضدقارچی، ضدسرطان و آنتی‌اکسیدان هستند.

گیاه *فرولا بدرکما* با نام علمی *Ferula badrakema* از تیره چتریان (Apiaceae) گیاهی صمغی با بوی قوی است که بومی ایران (پارک ملی تندوره، شهرستان درگز، شمال استان خراسان رضوی) است (Rechinger et al., 1994). گمان می‌رود که خواص ضد باکتریایی و ضدقارچی *فرولا بدرکما* به‌دلیل محتوای بالای آلفا-پینن و بتا-پینن باشد. *فرولا بدرکما* مشابه سایر گونه‌های جنس *Ferula* منبعی غنی از کومارین‌های سسکویی‌ترین است (Bukreeva and Pimenov, 1991). بر اساس بررسی‌های انجام شده هیچ مطالعه‌ای روی ترکیبات فرار این گونه انجام نشده است. با این حال، مطالعاتی بر روی گونه‌های دیگر این گیاه که در سایر نقاط جهان رشد می‌کنند، گزارش شده است (Takeoka, 2001; Başer et al., 2000; Iranshahi et al., 2006).

ساخارین (۱،۲-benzisothiazol-3(2H)-one-1,1-dioxide) یک سولفونامید است که از ترکیبات موجود در قطران زغال سنگ تولید می‌شود (Abdelaziz et al., 2011). طعم ساخارین ۳۰۰ تا ۵۰۰ برابر شیرین‌تر از ساکارز است. امروزه، شیرین‌کننده‌های با قدرت بالا به‌طور گسترده در خوراک حیوانات، پستانداران، از جمله خوک و نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار گرفته است (Buerge et al., 2011; Moran et al., 2014; Ma et al., 2017). به‌دلیل شیرینی بالا و کالری کم، برخی از شیرین‌کننده‌ها به‌طور گسترده برای بهبود خوش طعمی خوراک استفاده می‌شوند، طعم شیرین نیز با افزایش مصرف خوراک مرتبط است (Feighner et al., 1987). مطالعات نشان داده‌اند که مکمل‌های غذایی با شیرین‌کننده‌ها می‌تواند باعث افزایش مصرف خوراک و در نتیجه، بهبود عملکرد رشد در دام‌ها شود (Zhang; Sterk et al., 2008; McMeniman et al., 2006).

(et al., 2020). بلدرچین‌های ژاپنی به‌دلیل خوش طعم بودن، محلول ساکارز را به‌جای آب معمولی ترجیح می‌دهند. با این حال، مطالعات کمی بر روی رابطه فیزیولوژیکی بین شیرین‌کننده‌ها و دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی انجام شده است (Kimmich et al., 1989). درک عملکرد بیولوژیکی شیرین‌کننده‌ها در دستگاه گوارش

جدول ۱- مواد تشکیل دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره‌های آزمایشی

Table 1- Ingredients and nutrient composition of experimental diets

اجزای خوراک (%) Ingredients (%)	۱-۱۰ روزگی 1-10 d	۱۱-۲۴ روزگی 11-24 d	۲۵-۴۲ روزگی 25-42 d
ذرت Corn	34.63	28.84	24.63
گندم Wheat	10.0	20.0	30.0
کنجاله سویا (CP=44%) Soybean meal (44% CP)	41.67	37.22	30.88
روغن سویا Soybean oil	6.73	7.49	8.29
کربنات کلسیم Limestone	1.34	1.2	1.19
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	1.50	1.3	1.11
نمک طعام Common salt	0.3	0.29	0.29
مکمل مواد معدنی Mineral premix ^a	0.25	0.25	0.25
مکمل ویتامینی Vitamin premix ^a	0.25	0.25	0.25
دی ال - متیونین DL-methionine	0.4	0.35	0.32
ال - لیزین هیدروکلرید L-lysine HCl	0.26	0.17	0.17
ال - ترونین L-threonine	0.07	0.04	0.02
سدیم بی کربنات Sodium bicarbonate	0.10	0.10	0.10
ماسه Sand	2.50	2.50	2.50
ترکیبات شیمیایی محاسبه شده Calculated chemical composition			
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)	3000	3100	3200
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	23.0	21.50	19.50
کلسیم (درصد) Calcium (%)	0.79	0.87	0.96
فسفر قابل دسترس (%) Available phosphorus (%)	0.395	0.435	0.48
لیزین (%) Lysine (%)	1.16	1.29	1.44
متیونین (%) Methionine (%)	0.61	0.51	0.74
متیونین + سیستین (%) Met + Cys (%)	0.91	0.99	1.08
ترونین (%) Threonine (%)	0.78	0.88	0.97

^a مکمل ویتامینی و مواد معدنی مواد زیر را در هر کیلوگرم از جیره تأمین می‌کرد: ویتامین A، ۱۲۵۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D₃، ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۸۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین K، ۳/۲ میلی‌گرم؛ ویتامین B_{۱۲}، ۰/۰۲ میلی‌گرم؛ تیامین، ۳/۲ میلی‌گرم؛ ریوفلاوین: ۸/۶ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۶۲/۵ میلی‌گرم؛ اسید فولیک، ۲/۲ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۲۵ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین، ۴/۹ میلی‌گرم؛ اسید پنتوتنیک، ۱۸/۵ میلی‌گرم؛ آنتی‌اکسیدان، ۲/۵ میلی‌گرم؛ روی، ۱۱۰ میلی‌گرم؛ منگنز، ۱۲۰ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۳۰ میلی‌گرم؛ ید، ۱/۲۵ میلی‌گرم؛ مس، ۱۶ میلی‌گرم؛ آهن، ۲۰/۲ میلی‌گرم.

^a Provided per kilogram of diet: Vitamin A 12500 IU, vitamin D₃ 5000 IU, vitamin E 80 IU, vitamin K₃ 3.2 mg, vitamin B₁₂ 0.02 mg, thiamin 3.2 mg, riboflavin 8.6 mg, niacin 62.5 mg, folic acid 2.2 mg, biotin 0.25 mg, pyridoxine 4.9 mg, pantothenic acid 18.5 mg, antioxidant 2.5 mg, Zn 110 mg, Mn 120 mg, Se 0.30 mg, I 1.25 mg, Cu 16 mg, Fe 20.2 mg.

سود ناخالص که حاصل تفریق درآمد حاصل از فروش جوجه از هزینه خوراک بود. با توجه به قیمت جوجه در انتهای دوره پرورش و قیمت هر کیلوگرم خوراک به همراه افزودنی‌ها، محاسبه انجام شد. به دلیل نبود شرایط دسترسی به همه هزینه‌ها و با توجه به سهم عمده تغذیه در هزینه‌های پرورش، سایر هزینه‌ها برای تیمارها یکسان فرض شد و در این آزمایش، سود ناخالص یا همان سود حسابداری محاسبه گردید (Mahmoodtabar et al., 2018).

نتایج به دست آمده با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS بر اساس آرایش فاکتوریل ۳×۲ (سه سطح پودر ریشه فرولا بدرکما: صفر، ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد و دو سطح صفر و ۰/۱۵ درصد ساخارین سدیم) در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

غلظت مواد فنلی و فلاونوئیدهای موجود در اسانس ریشه گیاه فرولا بدرکما مورد استفاده در این آزمایش اندازه‌گیری شد که به ترتیب ۳۵/۳۴ و ۲۱/۳۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر اسانس و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن (DPPH) ۱۷/۲۱ درصد بود.

عملکرد رشد

اثرات استفاده از پودر فرولا بدرکما و ساخارین سدیم بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در جدول ۲ گزارش شده است. اثر ساخارین سدیم بر مصرف خوراک در دوره‌های ۱۰-۱ و ۴۲-۱ روزگی معنی‌دار بود ($P < 0.05$)؛ به طوری که سطح ۰/۱۵ درصد ساخارین نسبت به سطح صفر آن باعث افزایش مصرف خوراک شد. تداخل اثر پودر فرولا بدرکما و شیرین‌کننده ساخارین سدیم در دوره ۴۲-۲۵ روزگی معنی‌دار بود؛ به طوری که تیمار حاوی ۱/۵ درصد پودر فرولا بدرکما و تیمار حاوی ۰/۱۵ درصد ساخارین سدیم بیشترین میزان مصرف خوراک و تیمار حاوی ۱/۵ درصد پودر فرولا بدرکما بدون شیرین‌کننده ساخارین سدیم کمترین میزان مصرف خوراک را داشتند ($P < 0.05$). همچنین، تداخل بین سطوح پودر فرولا بدرکما مورد استفاده و ساخارین سدیم در مورد مصرف خوراک در کل دوره پرورش معنی‌دار بود ($P < 0.05$)؛ در این مورد می‌توان گفت، تیمار حاوی ۱/۵ درصد پودر فرولا بدرکما و ۰/۱۵ درصد شیرین‌کننده ساخارین سدیم بیشترین میزان مصرف خوراک و بدون شیرین‌کننده ساخارین سدیم کمترین میزان مصرف خوراک را در کل دوره پرورش داشتند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مصرف ساخارین سدیم در سطح ۰/۱۵ درصد باعث

به منظور اندازه‌گیری فراسنجه‌های خون، در پایان دوره (سن ۴۲ روزگی) از هر تکرار یک قطعه پرنده نر انتخاب و نمونه خون از ورید بال در سرنگ‌های فاقد ماده ضد انعقاد گرفته شد و پس از سانتریفیوژ، سرم در میکروتیوب‌های ۰/۵ میلی‌لیتری تا زمان آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. مقدار پروتئین تام، گلوکز، کلسترول، آلبومین، HDL، اسید اوریک، تری‌گلیسیرید، کلسیم و فسفر نمونه‌های سرم خون پس از یخ‌گشایی، توسط دستگاه اتوآنالایزر و با استفاده از کیت‌های تجاری پارس آزمون اندازه‌گیری شد.

برای ارزیابی پاسخ ایمنی هومورال، از تزریق گلوبول قرمز گوسفند (SRBC) و تعیین عیار آنتی‌بادی تام، IgG و IgM علیه گلوبول قرمز گوسفند و انجام آزمایش هم‌آگلوتیناسیون استفاده شد. در روزهای ۲۸ و ۳۵ روزگی دوره پرورش، میزان ۰/۱ میلی‌لیتر از سوسپانسیون ۲۵ درصد گلوبول قرمز در بافر فسفات به عضله سینه جوجه‌های مشخص شده از هر تکرار تزریق شد. در روزهای ۳۵ و ۴۲ دوره پرورش از ورید بال خون‌گیری انجام شد. بعد از لخته شدن خون، سرم به کمک سانتریفیژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه) جدا شد و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره گردید. عیار آنتی‌بادی تام و IgG علیه SRBC، با روش هم‌آگلوتیناسیون تعیین شد (Almamury et al., 2021). جهت غیرفعال کردن سیستم کمپلمان، سرم‌ها پس از یخ‌گشایی به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۵۶ درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس سرم‌ها به دو بخش تقسیم شدند. بخش اول جهت تعیین عیار آنتی‌بادی تام و بخش دوم جهت تعیین عیار IgG مورد استفاده قرار گرفت. به منظور غیرفعال کردن IgM و تعیین عیار IgG در بخش دوم نمونه‌ها، محلول ۱/۴ درصد ۲-مرکاپتواتانول (Sigma, St, Louis, Mo, USA) در بافر فسفات به صورت ۱:۱ (حجمی) با سرم مخلوط شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد ذخیره شد. شماره اولین چاهک که ۵۰ درصد آگلوتیناسیون در آن صورت گرفت، بر اساس لگاریتم بر مبنای ۲ یادداشت شد. نتیجه هنگامی مثبت گزارش شد که حداقل در نیمی از چاهک‌های حاوی SRBC، آگلوتیناسیون مشاهده شد. از تفاضل عیار ایمونوگلوبولین G از عیار آنتی‌بادی تام علیه SRBC، عیار ایمونوگلوبولین M محاسبه گردید (Almamury et al., 2021). شاخص تولید برای کل دوره با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد (Awad et al., 2008).

معادله (۱)

$$\text{وزن زنده (کیلوگرم)} \times \text{درصد عملکردی} = \text{شاخص کارایی تولید اروپایی} \\ \text{ضریب تبدیل خوراک} \times \text{سن (روز)}$$

وزن بدن در انتهای دوره پرورش برای محاسبه بهتر شاخص‌های اقتصادی و شاخص تولید مورد استفاده قرار گرفت. شاخص‌های اقتصادی شامل هزینه خوراک برای تولید هر کیلوگرم وزن زنده، هزینه هر کیلوگرم خوراک مصرفی، درآمد حاصل از فروش جوجه‌ها و

مختلف در گیاهان دارویی که اثرات مفیدی بر فعالیت گوارشی و بهبود بهره‌وری از مواد خوراکی و همچنین از بین بردن عواملی مثل ریزجانداران مضر دستگاه گوارش و مواد خوراکی باشد (Kamel, 2001).

صفات لاشه

نتایج گزارش شده در جدول ۳ نشان داد که تیمارهای مختلف اثر معنی‌داری بر وزن نسبی اندام‌های بدن شامل قلب، کبد، روده کوچک، چربی محوطه شکمی، ران‌ها، سینه و کل لاشه نداشتند ($P > 0/05$). همچنین تداخل بین سطوح مختلف پودر ریشه فرولا بدرکما و ساخارین سدیم بر وزن نسبی اندام‌های داخلی به لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). مقایسه مستقل بین تیمارهای دارای پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما و تیمار فاقد آن در مورد وزن نسبی اندام‌های داخلی تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($P > 0/05$).

نتایج پژوهش حاضر در رابطه با معنی‌دار نبودن اثر استفاده توأم پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما و شیرین‌کننده ساخارین سدیم بر وزن نسبی لاشه، ران‌ها، سینه، کبد، روده کوچک و سنگدان مشابه با نتایج آزمایش عبدالهی زاول و همکاران (Abdollahi et al., 2013) است که گزارش کردند وزن این اندام‌ها و اندازه بخش‌های مختلف روده تحت تأثیر افزودن پودر ریشه باریجه (فرولا گوموسا) قرار نمی‌گیرد. در عین حال، نتایج پژوهش حاضر با نتایج آزمایش فوق در مورد وزن نسبی سینه، ران‌ها، کبد و چربی حفره شکمی مغایرت داشت. طغیانی و همکاران (Toghyani et al., 201) گزارش کردند که استفاده از سطوح مختلف گیاهان دارویی نعنای و سیاه‌دانه بر درصد لاشه و وزن چربی محوطه شکمی معنی‌دار نبود که مشابه با نتایج پژوهش حاضر است. اسانس‌های گیاهان دارویی می‌توانند با کاهش لیپیدهای سرم خون، ذخیره چربی در محوطه شکمی را کاهش دهند و باعث بهبود کیفیت لاشه و همچنین حفظ سلامتی مصرف‌کننده شوند (Yoshioka et al., 2000). ویانا و همکاران (Viana et al., 2019) گزارش کردند که تفاوت معنی‌داری در وزن نسبی اندام‌های مختلف موش‌های تحت درمان با تیمارهای مختلف از جمله مرتنول مشاهده نشد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. همچنین بیان شده است که هیچ‌گونه اختلالی در عملکرد کلیه یا کبد وجود نداشت، زیرا تغییر قابل‌توجهی در سطح سرمی کراتینین / آلبومین / اوره یا آلانین آمینوترانسفراز (ALT) در بین گروه‌های تحت درمان مشاهده نشد.

افزایش وزن بدن در دوره یک تا ۱۰ روزگی گردید ($P < 0/05$). همچنین افزایش وزن بدن در دوره ۲۵ تا ۴۲ روزگی در تیمار حاوی ۰/۱۵ درصد شیرین‌کننده ساخارین سدیم در مقایسه با تیماری که بدون شیرین‌کننده بود، معنی‌دار شد ($P < 0/05$). در کل دوره پرورش (۱-۴۲ روزگی) نیز تیمار حاوی ۰/۱۵ درصد شیرین‌کننده ساخارین سدیم افزایش وزن بیشتری نسبت به تیمار بدون ساخارین سدیم داشت ($P < 0/05$). همان‌طور که در جدول ۲ گزارش شده است، اثر سطوح متفاوت پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما بر ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در هیچ‌یک از دوره‌های پرورشی معنی‌دار نبود ($P > 0/05$).

مصرف گیاهان دارویی با اثرات درمانی مشخص و عوارض جانبی کمتر، احتمالاً جایگزین مناسبی برای داروهای شیمیایی بوده و تمایل به استفاده از آن‌ها در جهان در حال گسترش است. درباره اثر گیاهان دارویی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی گزارش‌های ضد و نقیضی وجود دارد. مطالعات نشان داده است که گیاهان دارویی و عصاره آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر خوراک مصرفی ندارند (Hernandez et al., 2004). عبدالهی زاول و همکاران (Abdollahi et al., 2013) نشان دادند، پودر ریشه فرولا گوموسا در سطوح صفر تا سه درصد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی نداشت. این محققان در جیره جوجه‌ها از شیرین‌کننده استفاده نکرده بودند.

اثرات مثبت افزودن اسانس‌های حاصل از گیاهان دارویی در جیره طیور بر افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی گزارش شده است (Lee et al., 2004) که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، تداخل بین سطوح مورد استفاده از پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما و شیرین‌کننده ساخارین سدیم باعث افزایش مصرف خوراک در جوجه‌های گوشتی در دوره ۲۵ تا ۴۲ روزگی و همچنین در کل دوره گردید. این امر نشان می‌دهد، علی‌رغم اینکه طعم تلخ ریشه گیاه فرولا بدرکما (در اثرات اصلی) باعث کاهش مصرف خوراک گردید، اما به دلیل استفاده از شیرین‌کننده ساخارین سدیم در جیره، تلخی ریشه گیاه فرولا بدرکما خنثی شد و مصرف خوراک در تیمارهای حاوی ساخارین سدیم نسبت به تیمارهای بدون شیرین‌کننده افزایش یافت. همچنین محققان گزارش کرده‌اند که تغذیه اسانس گیاهان دارویی (مرزنجوش، پونه، رز ماری، بومادران و آویشن) در غلظت‌های ۰/۱ درصد جیره باعث بهبود افزایش وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک گردید (Cross et al., 2007). به‌طور کلی، بهبود عملکرد رشد در هنگام استفاده از گیاهان دارویی می‌تواند به علل گوناگون از جمله وجود ترکیبات شیمیایی

جدول ۲- اثر پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما با و بدون شیرین‌کننده ساخارین سدیم در جیره بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در سنین مختلف

Table 2- The effect of dietary root powder of the *Ferula badrakema* with and without sodium saccharin sweetener on the growth performance of broiler chicks

تیمارها Treatments	(درصد) (%)	مصرف خوراک (گرم/پرند/روز) Feed intake (g/bird/day)				افزایش وزن بدن (گرم/پرند/روز) Body Weight Gain (g/bird/day)				ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio (g/g)			
		۱۰-۱ روز 1-10 d	۲۴-۱۱ روز 11-24 d	۴۲-۲۵ روز 25-42 d	۴۲-۱ روز 1-42 d	۱۰-۱ روز 1-10 d	۲۴-۱۱ روز 11-24 d	۴۲-۲۵ روز 25-42 d	۴۲-۱ روز 1-42 d	۱۰-۱ روز 1-10 d	۱۱- روز 11-24 d	۲۵- روز 25-42 d	۴۲-۱ روز 1-42 d
ساخارین سدیم SAC ¹	0	20.90 ^b	65.09	153.77	91.23 ^b	19.21 ^b	45.48	73.16 ^b	51.38 ^b	1.09	1.43	2.15	1.77
	0.15	21.50 ^a	66.55	159.33	94.46 ^a	19.61 ^a	46.46	76.64 ^a	54.58 ^a	1.10	1.43	2.09	1.73
خطای معیار میانگین SEM		0.19	1.09	1.55	0.63	0.12	0.54	1.34	0.32	0.01	0.03	0.03	0.01
P. value		0.03	0.35	0.02	0.01	0.02	0.21	0.01	<.0001	0.56	0.98	0.25	0.06
فرولا بدرکما FB ²	0	21.27	66.33	156.55	92.01	19.36	45.90	71.82	52.14	1.10	1.45	2.19	1.78
	0.75	21.05	65.66	155.62	92.92	19.45	46.18	74.59	53.44	1.08	1.42	2.10	1.72
	1.5	21.29	65.47	157.50	93.61	19.41	45.83	75.97	53.36	1.10	1.43	2.08	1.75
خطای معیار میانگین SEM		0.23	1.33	1.90	0.77	0.14	0.66	1.64	0.40	0.02	0.04	0.04	0.02
P. value		0.71	0.89	0.79	0.35	0.91	0.92	0.21	0.05	0.62	0.81	0.18	0.09
ساخارین سدیم SAC	فرولا بدرکما FB	اثرات متقابل Interaction effects											
0	0	21.29	65.30	157.00 ^{ab}	92.82 ^{ab}	19.32	45.94	71.82	51.17 ^b	1.10	1.43	2.20	1.81 ^a
0	0.75	20.73	65.24	153.38 ^{ab}	90.75 ^b	19.29	45.51	71.53	51.71 ^b	1.07	1.44	2.15	1.75 ^{ab}
0	1.5	20.69	64.73	150.00 ^b	90.14 ^b	19.02	44.98	71.48	51.25 ^b	1.09	1.44	2.11	1.76 ^{ab}
0.15	0	21.23	67.37	156.10 ^{ab}	93.02 ^{ab}	19.41	45.85	71.82	53.11 ^{ab}	1.09	1.47	2.19	1.75 ^{ab}
0.15	0.75	21.37	65.69	157.85 ^{ab}	93.27 ^{ab}	19.61	46.86	77.64	55.16 ^a	1.10	1.40	2.05	1.69 ^b
0.15	1.5	21.89	66.59	164.05 ^a	97.09 ^a	19.80	46.67	80.46	55.48 ^a	1.11	1.42	2.04	1.75 ^{ab}
خطای معیار میانگین SEM		0.33	1.88	2.69	1.10	0.20	0.94	2.33	0.56	0.02	0.05	0.06	0.03
P. value		0.18	0.90	0.04	0.01	0.24	0.61	0.16	0.01	0.72	0.69	0.70	0.53
مقایسه مستقل Contrast													
تیمار فرولا بدرکما صفر درصد در برابر تیمارهای فرولا بدرکما ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد													
FB0 vs FB0.75 and FB1.5													
P. value		0.11	0.30	0.20	0.21	0.10	0.56	0.60	0.10	0.0006	0.57	0.20	0.35

^{a-b} میانگین‌ها در هر ستون که دارای حرف مشترک نمی‌باشند، دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

^{a-b} Means with different letters within a column are significantly different ($P < 0.05$).

¹SAC: Saccharin sodium; ²FB: Ferula badrakema

متابولیت‌های سرم خون

میزان اسید اوریک سرم خون جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی معنی‌دار بود ($P < 0.05$). میزان آلومین سرم خون جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر پودر فرولا بدرکما قرار گرفت، به‌نحوی که با افزایش سطح فرولا بدرکما در جیره، میزان آلومین سرم خون افزایش یافت ($P < 0.05$). سطوح مورد استفاده ساخارین سدیم تأثیری بر میزان آلومین سرم خون جوجه‌های گوشتی نداشت ($P > 0.05$).

اثر افزودن پودر ریشه فرولا بدرکما با و بدون ساخارین سدیم به جیره بر متابولیت‌های بیوشیمیایی سرم خون جوجه‌های گوشتی در جدول ۴ خلاصه شده است. نتایج ارائه شده در این جدول نشان می‌دهد که تداخل بین سطوح پودر فرولا بدرکما و ساخارین سدیم بر

جدول ۳- اثر پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما با و بدون شیرین کننده ساخارین سدیم در جیره بر وزن لاشه و اندامهای داخلی (درصد وزن زنده بدن) جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

Table 3- The effect of dietary root powder of the *Ferula badrakema* with and without sodium saccharin sweetener on the edible carcass and internal organs (% of live body weight) in broilers on 42 days of age

تیماها	سطوح (%)	قلب	کبد	روده کوچک	سنگدان	چربی محوطه شکمی	ران‌ها	سینه	لاشه قابل مصرف
Treatments	Levels (%)	Heart	Liver	Small intestine	Gizzard	Abdominal fat	Thighs	Breast	Edible carcass
ساخارین سدیم	0	0.43	2.29	3.16	1.34	1.27	20.07	25.01	65.65
SAC ¹	0.15	0.40	2.30	3.25	1.35	1.34	20.28	25.26	65.60
خطای معیار میانگین		0.02	0.08	0.09	0.04	0.09	0.38	0.51	0.71
SEM									
P. value		0.17	0.98	0.49	0.87	0.57	0.71	0.73	0.96
فرولا بدرکما	0	0.41	2.18	3.24	1.35	1.33	19.95	26.09	66.06
FB ²	0.75	0.41	2.29	3.24	1.41	1.20	19.95	24.57	65.25
	1.5	0.42	2.41	3.15	1.27	1.39	20.63	24.74	65.57
خطای معیار میانگین		0.02	0.09	0.11	0.05	0.11	0.47	0.62	0.87
SEM									
P. value		0.92	0.25	0.79	0.20	0.44	0.50	0.18	0.80
ساخارین سدیم	فرولا بدرکما	اثرات متقابل							
SAC	FB	Interaction effects							
0	0	0.41	2.11	3.16	1.38	1.42	20.13	25.22	65.40
0	0.75	0.45	2.32	3.30	1.44	1.02	20.04	24.46	65.93
0	1.5	0.43	2.45	3.03	1.18	1.37	20.05	25.35	65.61
0.15	0	0.41	2.25	3.31	1.32	1.25	19.77	26.97	66.71
0.15	0.75	0.37	2.26	3.18	1.36	1.37	19.85	24.68	64.57
0.15	1.5	0.41	2.37	3.27	1.35	1.41	21.21	24.14	65.52
خطای معیار میانگین		0.01	0.05	0.06	0.03	0.06	0.27	0.36	0.50
SEM									
P. value		0.42	0.66	0.49	0.18	0.25	0.46	0.26	0.56
مقایسه مستقل									
Contrast									
تیمار فرولا بدرکما صفر درصد در برابر تیمارهای فرولا بدرکما ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد									
FB0 vs FB0.75 and FB1.5									
P. value		0.34	0.10	0.99	0.54	0.33	0.84	0.65	0.67

¹SAC: Saccharin sodium; ²FB: Ferula badrakema

$P < 0.05$ ؛ به طوری که تیمار حاوی سطح صفر ساخارین سدیم و ۰/۷۵ درصد پودر ریشه فرولا بدرکما دارای کمترین میزان تری گلیسیرید سرم خون و تیمار بدون ساخارین سدیم و پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما دارای بالاترین میزان تری گلیسیرید سرم خون بود. اثر سطوح مورد استفاده از پودر فرولا بدرکما بر میزان فسفر سرم خون جوجه‌های گوشتی معنی دار بود ($P < 0.05$). اما سطوح مورد استفاده از ساخارین سدیم تأثیری بر میزان فسفر سرم خون جوجه‌های گوشتی نداشت ($P > 0.05$). همچنین تداخل بین سطوح مختلف پودر فرولا بدرکما و ساخارین سدیم معنی دار نبود ($P > 0.05$). مقایسه مستقل بین سطوح مختلف پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما

همچنین اثر تداخلی بین سطوح مختلف فرولا بدرکما و ساخارین سدیم بر غلظت آلبومین سرم خون به لحاظ آماری معنی دار نبود ($P > 0.05$). غلظت کلسترول سرم خون جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما کاهش یافت ($P < 0.05$). سطوح مورد استفاده از ساخارین سدیم تأثیری بر میزان کلسترول سرم خون جوجه‌های گوشتی نداشت ($P > 0.05$). همچنین، تداخل بین ساخارین سدیم و فرولا بدرکما تأثیری بر میزان کلسترول سرم خون جوجه‌های گوشتی نداشت ($P > 0.05$). نتایج موجود نشان می‌دهد که تداخل بین سطوح مختلف ساخارین سدیم و فرولا بدرکما بر میزان تری گلیسیرید سرم خون جوجه‌های گوشتی معنی دار بود ($P > 0.05$)

تجزیه اسیدهای صفراوی شده و به این ترتیب کلسترول (پیش‌ساز اسیدهای صفراوی) کمتری از دستگاه گوارش خارج شده است. افزون بر این، غلظت بالای اسیدهای صفراوی در روده، تشکیل میسل را تسهیل نموده و در نتیجه، باعث افزایش جذب چربی از روده و افزایش غلظت لیپیدهای خون شده است (Feighner et al., 1987; Tannock et al., 1989). افزایش سطح اسید اوریک در سرم خون جوجه‌های گوشتی در مطالعه حاضر با نتایج آزمایش عبدالعزیز و همکاران (Abdelaziz et al., 2011) که باعث افزایش اوره خون در موش شده است، مطابقت دارد. با توجه به نتایج این آزمایش غلظت سفر سرم خون جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر سطوح مورد استفاده از پودر ریشه فرولا بدرکما قرار گرفت که یکی از دلایل احتمالی آن می‌تواند وجود اسید فایتیک در خوراکی‌های با منشأ گیاهی باشد.

عیار آنتی‌بادی تولید شده بر علیه گلبول قرمز گوسفند

تأثیر سطوح مختلف پودر ریشه فرولا بدرکما با و بدون ساخارین سدیم بر عیار آنتی‌بادی تولید شده (IgM، IgG، IgT) بر علیه گلبول قرمز گوسفند در سنین ۳۵ و ۴۲ روزگی جوجه‌ها در جدول ۵ گزارش شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، پاسخ به آنتی‌ژن SRBC IgM و IgG و آنتی‌بادی کل، هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین سطوح مصرفی ساخارین سدیم در سن ۳۵ روزگی جوجه‌های گوشتی مشاهده نشد. همچنین، اثر سطوح ساخارین سدیم در ۴۲ روزگی بر تیتراژ آنتی‌بادی IgM و IgG معنی‌دار نبود؛ اما تیتراژ آنتی‌بادی کل علیه SRBC در ۴۲ روزگی تحت تأثیر سطوح مورد استفاده ساخارین سدیم قرار گرفت؛ به طوری که سطح ۰/۱۵ درصد ساخارین سدیم، عیار آنتی‌بادی کل علیه SRBC را نسبت به سطح صفر آن افزایش داد ($P < 0/05$). بر اساس نتایج خلاصه شده در جدول ۵، عیار آنتی‌بادی کل و IgG علیه SRBC در سن ۳۵ روزگی در میان سطوح مصرفی پودر ریشه فرولا بدرکما دارای تفاوت معنی‌دار داشت ($P < 0/05$). به نحوی که سطح ۱/۵ درصد پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما دارای بیشترین پاسخ و سطح صفر درصد دارای کمترین پاسخ آنتی‌ژن را داشت. در عین حال، تیتراژ آنتی‌بادی علیه IgM در سن ۳۵ روزگی تفاوت معنی‌داری را در بین سطوح مصرفی فرولا بدرکما نشان نداد ($P > 0/05$). سطوح مورد استفاده از پودر ریشه فرولا بدرکما در جیره جوجه‌های گوشتی باعث افزایش IgM و IgG در سن ۴۲ روزگی دوره پرورش گردید ($P < 0/05$). به طوری که سطح ۱/۵ درصد پودر ریشه فرولا بدرکما دارای بیشترین و سطح صفر درصد پودر ریشه فرولا بدرکما دارای کمترین تیتراژ آنتی‌بادی IgM و IgG بود.

بر میزان اوریک اسید، کلسترول، تری‌گلیسیرید و فسفر تحت تأثیر قرار گرفت ($P < 0/05$). همچنین نتایج نشان داد که پارامترهای پروتئین تام، HDL، گلوکز، کلسترول و کلسیم سرم خون تحت تأثیر تیمارهای مورد آزمایش قرار نگرفت ($P > 0/05$).

افزودن پودر ریشه فرولا بدرکما در مطالعه حاضر باعث کاهش غلظت کلسترول سرم خون گردید. بیان شده است که مواد مؤثره موجود در گیاهان دارویی می‌تواند سبب کاهش لیپیدهای خون شوند (Tschirch, 2000). نقش گیاهان دارویی و روغن‌های فرار آن در کاهش کلسترول و محافظت در برابر سرطان گزارش شده است (Craig, 1999). همچنین بیان شده است که افزودن گیاهان دارویی و روغن‌های فرار آن‌ها غلظت کلسترول سرم را در جوجه‌های گوشتی کاهش داده است (Case et al., 1995)، که در مطالعه عبدالعزیز و همکاران (Abdelaziz et al., 2011) کاهش قابل ملاحظه‌ای در غلظت گلوکز سرم خون موش‌های تحت درمان با ساخارین در مقایسه با تیمار کنترل مشاهده شد و با آن‌چه که در سایر حیوانات گزارش شده مطابقت داشت.

تجویز خوراکی ساخارین ممکن است به‌طور غیرمستقیم نقش خاصی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها ایفا کند که می‌توان آن را به اختلال در عملکرد کبد موش‌هایی که ساخارین مصرف کرده بودند، مرتبط دانست (Abdelaziz et al., 2011). همچنین، عبدالعزیز و همکاران (Abdelaziz et al., 2011) نشان دادند که سطح تری‌گلیسیرید و کلسترول تام در پاسخ به تجویز خوراکی ساخارین به موش‌ها کاهش می‌یابد که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. توضیح احتمالی این کاهش ممکن است به دلیل اثر مستقیم یا غیرمستقیم ساخارین بر متابولیسم لیپید و پراکسیداسیون لیپیدی باشد. مطالعات نشان می‌دهد که کاهش میزان تری‌گلیسیرید سرم خون به علت کاهش سنتز VLDL توسط کبد است (Roberfroid, 2008). گزارش شده است که کاهش کلسترول کل سرم به دلیل کاهش لیپوپروتئین‌های حاوی تری‌گلیسیرید است و کلسترول است. جمعیت میکروبی روده با تجزیه اسیدهای صفراوی که در کبد از کلسترول ساخته می‌شوند، نقش مهمی در کاهش کلسترول سرم دارند، بنابراین استفاده از ترکیبات ضد میکروبی نظیر آنتی‌بیوتیک‌ها و گیاهان دارویی، باعث افزایش غلظت کلسترول سرم خون می‌شوند (Tannock et al., 1989). در این آزمایش، استفاده توأم فرولا بدرکما و ساخارین سدیم تأثیری بر کلسترول و HDL نداشت؛ ولی تری‌گلیسیریدهای سرم خون تحت تأثیر استفاده توأم سطوح مختلف فرولا بدرکما با و بدون ساخارین سدیم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که احتمالاً به دلیل کاهش جمعیت باکتری‌های مضر دستگاه گوارش در اثر استفاده توأم فرولا بدرکما و ساخارین سدیم در جیره است که باعث کاهش

جدول ۴- اثر پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما با و بدون شکرین کننده ساکارین سدیم در جیره بر متابولیت‌های سرم خون جوجه‌های گوشتی در سن ۲۴ روزگی
Table 4- The effect of dietary root powder of the *Ferula badrakema* with and without sodium saccharin sweetener on the blood serum metabolites in broiler chickens at 42 days

تیمارها Treatment s	(درصد) (%)	اوریک اسید (میلی‌گرم) Uric acid (mg/dl)	برنیتین (گرم بر دسی لیتر) Total protein (g/dl)	لیپو پروتئین‌های با چگالی بالا (میلی‌گرم) HDL ¹ (mg/dl)	گلوکز (میلی‌گرم بر دسی لیتر) Glucose (mg/dl)	کلسترول (میلی‌گرم بر دسی لیتر) Cholesterol (mg/dl)	تری‌گلیسرید (میلی‌گرم بر دسی لیتر) Triglyceride (mg/dl)	کلسیم (میلی‌گرم بر دسی لیتر) Calcium (mg/dl)	فسفر (میلی‌گرم بر دسی لیتر) Phosphorus (mg/dl)
ساکارین سدیم	0	3.88 ^b	3.44	46.78	117.28	113.28	77.72	8.43	6.72
SAC ¹	0.15	4.49 ^a	3.32	47.83	122.94	111.33	75.89	9.01	6.95
SEM		0.15	0.05	1.67	5.54	3.69	3.19	0.30	0.20
P. value		0.007	0.09	0.66	0.48	0.71	0.69	0.18	0.41
فرولا بدرکما	0	3.63 ^b	3.32	48.08	126.67	123.50 ^a	93.17 ^a	8.85	6.42 ^b
FB ²	0.75	4.27 ^a	3.35	45.58	118.50	99.17 ^b	64.08 ^b	8.37	6.57 ^b
	1.5	4.66 ^a	3.47	48.25	115.17	114.25 ^{ab}	73.17 ^b	8.93	7.52 ^a
خطای معیار میانگین		0.18	0.06	2.04	6.78	4.52	3.91	0.37	0.24
SEM		0.001	0.14	0.59	0.48	0.003	<0.0001	0.527	0.006
P. value		0.001	0.14	0.59	0.48	0.003	<0.0001	0.527	0.006
اثرات متقابل									
فرولا بدرکما									
ساکارین سدیم	FB								
SAC	0	2.75 ^b	3.38	45.67	129.5	123.83	95.33 ^a	8.45	6.53 ^{ab}
	0	2.75 ^b	3.43	45.5	107.17	99.5	57.33 ^c	8.13	7.66 ^a
	0	4.29 ^a	3.50	49.17	115.17	116.5	80.50 ^{abc}	8.7	7.38 ^{ab}
	0.15	4.52 ^a	3.25	50.5	123.83	123.17	91.00 ^{ab}	9.25	7.15 ^{ab}
	0.15	3.94 ^a	3.27	45.67	129.83	98.83	70.83 ^{bc}	8.62	6.03 ^b
	0.15	5.02 ^a	3.45	47.33	115.17	112	65.83 ^b	9.17	6.25 ^{ab}
خطای معیار میانگین		0.10	0.03	1.18	3.92	2.61	2.26	0.21	0.14
SEM		0.0002	0.40	0.50	0.31	0.94	0.05	0.94	0.77
P. value		0.0002	0.77	0.50	0.31	0.94	0.05	0.94	0.77
مقایسه مستقل									
Contrast									
تیمار فرولا بدرکما صفر درصد در برابر تیمارهای فرولا بدرکما ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد									
FB0 vs FB0.75 and FB1.5									
P. value		<.0001	0.32	0.66	0.11	0.02	0.0003	0.96	0.01

a-b میانگین‌ها در هر ستون که دارای حرف مشترک نمی‌باشند، دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P < 0.05).

¹SAC: Saccharin sodium; ²FB: Ferula badrakema

a-b

جدول ۵- اثر پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما با و بدون شیرین‌کننده ساکارین سدیم در جیره بر پاسخ ایمنی هومورال (\log_2) در جوجه‌های گوشتی در سن ۳۵ و ۴۲ روزگی
Table 5- The effect of dietary root powder of the *Ferula badrakema* with and without sodium saccharin sweetener on humoral immune response (\log_2) in broiler chickens at 35 and 42 days

تیمارها Treatments	سطوح (%) Levels (%)	۳۵ روزگی 35 day			۴۲ روزگی 42 day		
		آنتی‌بادی کل IgT	ایمنوگلوبولین G IgG	ایمنوگلوبولین M IgM	آنتی‌بادی کل IgT	ایمنوگلوبولین G IgG	ایمنوگلوبولین M IgM
ساخارین سدیم SAC ¹	0 0.15	1.83 2.28	4.22 4.61	2.39 2.33	1.05 ^b 1.50 ^a	2.17 2.50	1.11 1.00
خطای معیار میانگین SEM		0.25	0.13	0.19	0.24	0.23	0.19
P. value		0.07	0.36	0.89	0.004	0.18	0.62
فرولا بدرکما FB ²	0 0.75 1.5	1.58 ^b 2.17 ^{ab} 2.42 ^a	3.42 ^b 4.75 ^a 5.08 ^a	1.83 2.58 2.67	1.25 1.25 1.33	1.91 ^b 2.50 ^{ab} 2.83 ^a	0.67 ^b 1.00 ^{ab} 1.50 ^a
خطای معیار میانگین SEM		0.31	0.16	0.23	0.29	0.28	0.23
P. value		0.02	0.006	0.19	0.86	0.01	0.01
ساخارین سدیم SAC	فرولا بدرکما FB	اثرات متقابل Interaction effects					
0	0	1.33 ^b	2.83 ^b	1.50	1.00	1.50 ^b	0.50 ^b
0	0.75	2.00 ^{ab}	4.50 ^{ab}	2.50	1.00	2.00 ^{ab}	1.00 ^{ab}
0	1.5	2.17 ^{ab}	5.33 ^a	3.17	1.17	3.00 ^a	1.83 ^a
0.15	0	1.83 ^{ab}	4.00 ^{ab}	2.17	1.50	2.33 ^{ab}	0.83 ^{ab}
0.15	0.75	2.33 ^{ab}	5.00 ^{ab}	2.67	1.50	2.50 ^{ab}	1.00 ^{ab}
0.15	1.5	2.66 ^a	4.83 ^{ab}	2.17	1.50	2.67 ^a	1.17 ^{ab}
خطای معیار میانگین SEM		0.18	0.09	0.13	0.17	0.16	0.14
P. value		0.95	0.27	0.23	0.86	0.14	0.16
مقایسه مستقل Contrast							
تیمار فرولا بدرکما صفر درصد در برابر تیمارهای فرولا بدرکما ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد FB0 vs FB0.75 and FB1.5							
P. value		0.76	0.49	1.00	0.01	0.13	0.17

^{a-b} میانگین‌ها در هر ستون که دارای حرف مشترک نمی‌باشند، دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

^{a-b} Means with different letters within a column are significantly different ($P < 0.05$).

¹SAC: Saccharin sodium; ²FB: *Ferula badrakema*

سیستم ایمنی پرنده می‌شوند (Cook and Samman, 1996). یکی دیگر از ترکیبات مؤثره گیاهان دارویی آلکالوئیدها است، وقتی آلکالوئیدها وارد خون می‌شوند به آلبومین متصل می‌شوند، تبدیل به آنتی‌ژن و موجب تحریک سیستم ایمنی شده و در نتیجه، باعث تولید آنتی‌بادی می‌گردند (Div-Salaar et al., 2008).

گمان می‌رود که ترکیبات فنول و فلاونوئیدی موجود در پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما و همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی این گیاه باعث تقویت سیستم ایمنی شده است. احتمالاً دلیل افزایش مجموع آنتی‌بادی و میزان ایمنوگلوبولین‌های IgG و IgM در دوره‌های مختلف پرورشی وجود منابع غنی از فنول، فلاونوئید و منابع آنتی‌اکسیدانی است.

با توجه به نتایج مطالعه حاضر می‌توان گفت، مصرف پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما باعث افزایش مجموع آنتی‌بادی و IgG در گلبول‌های قرمز خون جوجه‌های گوشتی گردید. این نتیجه، مطابق با یافته آکامویچ و بروکر است (Acamovic and Brooker, 2005). این محققان گزارش کردند که اسانس‌های گیاهی مختلف ممکن است پاسخ‌های سلولی و هومورال جوجه‌های گوشتی را بهبود بخشند. بنابراین، آن‌ها می‌توانند نقش مهمی در تقویت سیستم دفاعی پرندگان در برابر تهاجم ریزجانداران عفونی داشته باشند (Acamovic and Brooker, 2005).

با توجه به اینکه گیاه فرولا بدرکما حاوی مواد فنولی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (به ترتیب ۳۵/۳۴، ۲۱/۳۷ و ۱۷/۲۱) است، در نتیجه، این ترکیبات با اثرات ضد باکتریایی خود موجب تقویت

جدول ۶- اثر پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما با و بدون شیرین کننده ساخارین سدیم در جیره بر شاخص‌های اقتصادی جوجه‌های گوشتی

Table 6- The effect of dietary root powder of the *Ferula badrakema* with and without sodium saccharin sweetener on the economic indicators of the broiler chicks

تیمارها Treatments	(درصد) (%)	هزینه‌ی خوراک در کل دوره‌ی پرورش (جوجه/ریال)	درآمد حاصل از فروش وزن زنده (جوجه/ریال)	سود ناخالص (جوجه/ریال)	هزینه خوراک برای تولید یک کیلوگرم وزن زنده (ریال)	شاخص بازدهی تولید اروپایی
		Feed cost (Rials)	Income from chicken sales (Rials)	Gross profit (Rials)	The cost of feed to produce one kilogram of live weight (Rials)	European Production Efficiency Index
ساخارین سدیم	0	641529 ^b	922688 ^b	281159	291347	267.57 ^b
SAC ¹	0.15	692605 ^a	979846 ^a	287241	296534	297.13 ^a
خطای معیار میانگین SEM		8532.37	7474.09	7897.83	2736.60	7.35
P. value		<.0001	<.0001	0.59	0.19	0.008
فرولا بدرکما	0	656202 ^b	936178	279977	293983	269.28
FB ²	0.75	663218 ^{ab}	960016	296798	289716	295.14
	1.5	681782 ^a	957606	275825	298121	282.63
خطای معیار میانگین SEM		6033.30	9153.86	9672.82	3354.09	9.00
P. value		0.01	0.15	0.29	0.22	0.14
ساخارین سدیم	فرولا بدرکما	اثرات متقابل				
SAC	FB	Interaction effects				
0	0	640305 ^c	918205	277900	292222	261.59
0	0.75	640869 ^c	929041	288172	289066	270.37
0	1.5	643413 ^c	920818	277405	292751	270.74
0.15	0	672098 ^{bc}	954152	282054	295744	276.96
0.15	0.75	685567 ^{ab}	990991	305424	290366	319.91
0.15	1.5	720151 ^a	994395	274244	303492	294.53
SEM		8532.37	12945.51	13679.44	4743.40	12.73
P. value		0.04	0.34	0.75	0.59	0.39
مقایسه مستقل						
Contrast						
تیمار فرولا بدرکما صفر درصد در برابر تیمارهای فرولا بدرکما ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد						
FB0 vs FB0.75 and FB1.5						
P. value		0.88	0.51	0.67	0.77	0.45

^{a-b} میانگین‌ها در هر ستون که دارای حرف مشترک نمی‌باشند، دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

^{a-b} Means with different letters within a column are significantly different ($P < 0.05$).

¹SAC: Saccharin sodium; ²FB: Ferula badrakema

می‌شود (Botsoglou et al., 2002)، که با نتایج مطالعه حاضر در افزایش تولید آنتی‌بادی و ایمنوگلوبولین‌های سرم خون جوجه‌های گوشتی مطابقت دارد.

باتوجه به نتایج موجود در جدول ۶، از نظر شاخص کارایی تولید اروپایی و درآمد حاصل از فروش وزن زنده جوجه، تیمار حاوی ۰/۱۵ درصد ساخارین سدیم نسبت به تیمار بدون ساخارین سدیم عملکرد بهتری داشت و از نظر آماری تفاوت بین این تیمارها معنی‌دار بود ($P < 0.05$).

تداخل اثر پودر فرولا بدرکما و شیرین کننده ساخارین سدیم بر هزینه خوراک در کل دوره پرورش معنی‌دار بود؛ به طوری که تیمار حاوی ۱/۵ درصد پودر فرولا بدرکما و تیمار حاوی ۰/۱۵ درصد

فلاوونوئیدها از متابولیت‌های ارزشمندی هستند که دارای اثرات دارویی و بیولوژیکی مهمی نظیر تصفیه خون، تقویت سیستم ایمنی، تنظیم سطح کلسترول، تنظیم فشار خون، توقف ترشحات اسیدی و ممانعت از لخته شدن خون در عروق^۱ بوده و در پیشگیری از بیماری‌هایی نظیر سرطان، سکت، آلزایمر و پارکینسون که در اثر استرس‌های اکسیداتیو تولید می‌شوند و افزایش کارایی و پیشرفت متابولیسم بدن، نقش مهمی ایفا می‌کنند. گزارش شده است که فعالیت‌های ضد باکتریایی، ضد ویروسی و آنتی‌اکسیدانی تیمول و کارواکرول موجود در گیاهان دارویی سبب افزایش پاسخ‌های ایمنی جوجه‌ها

1- Thrombus

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از ساخارین سدیم به‌میزان ۰/۱۵ درصد جیره، از کاهش مصرف خوراک ناشی از مزه تلخ فرولا در جوجه‌های گوشتی جلوگیری می‌کند و افزودن فرولا بدرکما به‌میزان ۰/۷۵ درصد جیره باعث بهبود سیستم ایمنی و بهبود متابولیت‌های خون از قبیل کاهش غلظت کلسترول (۸۰/۵۷ درصد) و تری‌گلیسریدهای خون (۶۰/۱۴) می‌شود.

ساخارین سدیم بیشترین هزینه خوراک و تیمار بدون فرولا بدرکما و بدون شیرین‌کننده ساخارین سدیم کمترین هزینه خوراک به‌ازای هر کیلوگرم وزن زنده جوجه در کل دوره پرورش را داشتند (۰/۰۵ < P). مطابق با نتایج موجود در جدول ۶ اثر پودر ریشه گیاه فرولا بدرکما با و بدون شیرین‌کننده ساخارین سدیم بر سود ناخالص و هزینه خوراک برای تولید یک کیلوگرم وزن زنده معنی‌دار نبود (P > ۰/۰۵). به نظر می‌رسد بهبود شاخص کارایی تولید اروپایی در نتیجه مصرف ۰/۱۵ درصد شیرین‌کننده ساخارین سدیم به‌دلیل خوش‌خوراکی جیره، افزایش مصرف خوراک و در نتیجه، هضم و جذب بهتر خوراک در دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی باشد.

References

1. Abdelaziz, I., & Ashour, A. E. R. A. (2011). Effect of saccharin on albino rats' blood indices and the therapeutic action of vitamins C and E. *Human & Experimental Toxicology*, 30(2), 129-137. <https://doi.org/10.1177/09603271103686>
2. Abdollahi, Z., Hassanabadi, A., & Golian, A. (2013). Effects of *Ferula gummosa* Boiss. root on performance, microbial population and nutrient digestibility in broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 5(2), 112-118. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/ijasr.v5i2.28288>
3. Acamovic, T., & Brooker, J. D. (2005). Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. *Proceedings of the Nutrition Society*, 64(3), 403-412. <https://doi.org/10.1079/PNS2005449>
4. Almamury, A., Hassanabadi, A., Zerehdaran, S., & Nassiri-Moghaddam, H. (2021). Effects of dietary supplementation of a herbal product (NBS superfood) on growth performance, intestinal morphology, immune status and blood metabolites in broiler chickens. *Poultry Science Journal*, 9(2), 245-254. <https://doi.org/10.22069/psj.2021.19078.1691>
5. Awad, W., Ghareeb, K., & Böhm, J. (2008). Intestinal structure and function of broiler chickens on diets supplemented with a synbiotic containing *Enterococcus faecium* and oligosaccharides. *International Journal of Molecular Sciences*, 9(11), 2205-2216. <https://doi.org/10.3390/ijms9112205>
6. Başer, K. C., Özek, T., Demirci, B., Kürkçüoğlu, M., Aytacı, Z., & Duman, H. (2000). Composition of the essential oils of *Zosima absinthifolia* (Vent.) Link and *Ferula elaeochytris* Korovin from Turkey. *Flavour and Fragrance Journal*, 15(6), 371-372. [https://doi.org/10.1002/1099-1026\(200011/12\)15:6<371::AID-FFJ919>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/1099-1026(200011/12)15:6<371::AID-FFJ919>3.0.CO;2-Z)
7. Botsoglou, N. A., Florou-Paneri, P., Christaki, E., Fletouris, D. J., & Spais, A. B. (2002). Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. *British Poultry Science*, 43(2), 223-230. <https://doi.org/10.1080/00071660120121436>
8. Buerge, I. J., Keller, M., Buser, H. R., Müller, M. D., & Poiger, T. (2011). Saccharin and other artificial sweeteners in soils: Estimated inputs from agriculture and households, degradation, and leaching to groundwater. *Environmental Science & Technology*, 45(2), 615-621. <https://doi.org/10.1021/es1031272>
9. Bukreeva, T. V., & Pimenov, M. G. (1991). 2, 6-Dihydroxy-4-methoxyacetophenone 2-O-β-D-gentiobioside from the roots of *Dorema aitchisonii*. *Chemistry of Natural Compounds*, 27(5), 638-639. <https://doi.org/10.1007/BF00630378>
10. Case, G. L., He, L., Mo, H., & Elson, C. E. (1995). Induction of geranyl pyrophosphate pyrophosphatase activity by cholesterol-suppressive isoprenoids. *Lipids*, 30(4), 357-359. <https://doi.org/10.1007/BF02536045>
11. Cook, N. C., & Samman, S. (1996). Flavonoids—chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 7(2), 66-76. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(95\)00168-9](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(95)00168-9)
12. Craig, W. J. (1999). Health-promoting properties of common herbs. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70(3), 491s-499s.
13. Cross, D. E., McDevitt, R. M., Hillman, K., & Acamovic, T. (2007). The effect of herbs and their associated essential oils on performance, dietary digestibility and gut microflora in chickens from 7 to 28 days of age. *British poultry science*, 48(4), 496-506. <https://doi.org/10.1080/00071660701463221>
14. Diab, Y., Dolmazon, R., & Bessièrè, J. M. (2001). Daucane aryl esters composition from the Lebanese *Ferula hermonis* Boiss. (zallooh root). *Flavour and Fragrance Journal*, 16(2), 120-122. <https://doi.org/10.1002/ffj.966>
15. Divsalar, K., Saravani, R., Meymandi, M., Taei, M., & Sheykh, A. A. (2008). Electrophoretic profile of albumin, α1, α2, β and γ globulin in sera of opioid dependants and non-dependants. *Yafte*, 9, 13-19. (In Persian).
16. El-Razek, M. H. A., Ohta, S., & Hirata, T. (2003). Terpenoid coumarins of the genus *Ferula*. *Heterocycles*, 60(3), 689-716. <https://doi.org/10.1002/chin.200322269>

17. Feighner, S. D., & Dashkevicz, M. P. (1987). Subtherapeutic levels of antibiotics in poultry feeds and their effects on weight gain, feed efficiency, and bacterial cholytaurine hydrolase activity. *Applied and Environmental Microbiology*, 53(2), 331-336. <https://doi.org/10.1128/aem.53.2.331-336.1987>
18. Greathead, H. (2003). Plants and plant extracts for improving animal productivity. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(2), 279-290. <https://doi.org/10.1079/PNS2002197>
19. Hernandez, F., Madrid, J., Garcia, V., Orengo, J., & Megias, M. D. (2004). Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. *Poultry Science*, 83(2), 169-174. <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.169>
20. Iranshahi, M., Amin, G., Sourmaghi, M. S., Shafiee, A., & Hadjiakhoondi, A. (2006). Sulphur-containing compounds in the essential oil of the root of *Ferula persica* Willd. var. *persica*. *Flavour and Fragrance Journal*, 21(2), 260-261. <https://doi.org/10.1002/ffj.1574>
21. Kamel, C. (2001). Tracing modes of action and the roles of plant extracts in non-ruminants. *Recent Advances in Animal Nutrition*, 2001, 135-150.
22. Kimmich, G. A., Randles, J., & Anderson, R. L. (1989). Effect of saccharin on the ATP-induced increase in Na+ permeability in isolated chicken intestinal epithelial cells. *Food and Chemical Toxicology*, 27(3), 143-149. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(89\)90062-8](https://doi.org/10.1016/0278-6915(89)90062-8)
23. Lee, K. W. (2002). Essential oils in broiler nutrition (Doctoral dissertation, Uttercht University).
24. Ma, L., Liu, Y., Xu, J., Sun, H., Chen, H., Yao, Y., Zhang, P., Shen, F. & Alder, A. C. (2017). Mass loading of typical artificial sweeteners in a pig farm and their dissipation and uptake by plants in neighboring farmland. *Science of The Total Environment*, 605, 735-744. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.027>
25. Mahmoodtabar, A., Karimi Torshizi, M. A., Sharafi, M., & Mojgani, N. (2018). The effect of some poultry probiotics produced in Iran on performance parameters, economic indices and small intestinal morphology of broilers. *Iranian Journal of Animal Science*, 49(3), 415-425. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijas.2018.249544.653602>
26. McMeniman, J. P., Rivera, J. D., Schlegel, P., Rounds, W., & Galyean, M. L. (2006). Effects of an artificial sweetener on health, performance, and dietary preference of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 84(9), 2491-2500. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-098>
27. Moran, A. W., Al-Rammahi, M., Zhang, C., Bravo, D., Calsamiglia, S., & Shirazi-Beechey, S. P. (2014). Sweet taste receptor expression in ruminant intestine and its activation by artificial sweeteners to regulate glucose absorption. *Journal of Dairy Science*, 97(8), 4955-4972. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8004>
28. Rechinger, K. H., Lemond, J. M., & Hedge, I. C. (1994). Flora Iranica (Umbelliferae), Vol. 162. *Graz, Austria, Akademischev Druk-u. Verlagsanstalt*, 411.
29. Roberfroid, M. B. (2008). Prebiotics: concept, definition, criteria, methodologies, and products (pp. 39-69). CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
30. Sterk, A., Schlegel, P., Mul, A. J., Ubbink-Blanksma, M., & Bruininx, E. M. A. M. (2008). Effects of sweeteners on individual feed intake characteristics and performance in group-housed weanling pigs. *Journal of Animal Science*, 86(11), 2990-2997. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0591>
31. Takeoka, G. (2001). Instrumental analysis of food Flavors-4 volatile constituents of asafoetida. In *ACS Symposium Series* (Vol. 794, pp. 33-44). Washington, DC: American Chemical Society, [1974].
32. Tannock, G. W., Dashkevicz, M. P., & Feighner, S. D. (1989). Lactobacilli and bile salt hydrolase in the murine intestinal tract. *Applied and Environmental Microbiology*, 55(7), 1848-1851. <https://doi.org/10.1128/aem.55.7.1848-1851.1989>
33. Toghyani, M., Toghyani, M., Gheisari, A., Ghalamkari, G., & Eghbalsaied, S. (2011). Evaluation of cinnamon and garlic as antibiotic growth promoter substitutions on performance, immune responses, serum biochemical and haematological parameters in broiler chicks. *Livestock Science*, 138(1-3), 167-173. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.12.018>
34. Tschirch, H. (2000). Use of natural plant extracts as productive enhancers in modern animal rearing practices. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wroclawiu. Konferencje (Poland)*.
35. Viana, A. F. S., Lopes, M. T. P., Oliveira, F. T. B., Nunes, P. I. G., Santos, V. G., Braga, A. D., Silva, A. C. A., Sousa, D. P., Viana, D. A., Rao, V. S. and Rita de Cássia, M. O. (2019). (-)-Myrtenol accelerates healing of acetic acid-induced gastric ulcers in rats and in human gastric adenocarcinoma cells. *European Journal of Pharmacology*, 854, 139-148. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2019.04.025>
36. Yoshioka, M., Matsuo, T., Lim, K., Tremblay, A., & Suzuki, M. (2000). Effects of capsaicin on abdominal fat and serum free-fatty acids in exercise-trained rats. *Nutrition Research*, 20(7), 1041-1045. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(00\)00180-9](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(00)00180-9)
37. Zhang, W., He, H., Gong, L., Lai, W., Dong, B., & Zhang, L. (2020). Effects of sweetener sucralose on diet preference, growth performance and hematological and biochemical parameters of weaned piglets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(5), 802. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0863>



Effects of Different Levels of Zero-Tannin Faba Bean on Performance and some Physiological Responses of Broiler Chickens

Majid Kazemi Gorgi¹, Shokoufe Ghazanfari^{2*}, Kazem Yussefi Kelarikolaei³, Karim Nobari³, Seyed Davood Sharifi⁴, Fatemeh Sheikh⁵

Received: 18-12-2022

Revised: 28-01-2023

Accepted: 07-02-2023

Available Online: 07-02-2023

How to cite this article:

Kazemi Gorgi¹, M., Ghazanfari^{2*}, S., Yussefi Kelarikolaei³, K., Nobari³, K., Sharifi⁴, S. D., & Sheikh⁵ F. (2023). Effects of different levels of zero-tannin faba bean on performance and some physiological responses of broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(3), 445-461.

DOI: [10.22067/ijasr.2023.80135.1115](https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.80135.1115)

Introduction: The quality and quantity of dietary protein are primary factor influencing growth and feed costs. Seeds of faba bean (*Vicia faba L.*), similarly as soybean meal, belong to high-protein feeds. The use of faba beans in poultry feed is limited despite having a suitable chemical composition, the main reason of which is the presence of anti-nutritional factors in this seed. Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center has produced a zero-tannin faba bean seeds variety (Mahta cultivar) that does not have the nutritional limiting factors of normal beans. The aim of this study was to investigate the effect of different levels of zero-tannin faba bean seeds (Mahta cultivar) on growth performance, some immune and biochemical parameters of blood, morphology and microbial population of small intestine and meat quality of broiler chickens.

Materials and Methods: 320 of one-day-old Ross 308 broilers with 4 treatments were used in a completely randomized design with 4 replications and 20 equal mixed birds of each sex in each replication for 42 days. Experimental treatments included 1- control diet (without faba beans and based on corn-soybean meal) 2- diets containing 10% zero-tannin faba bean 3- diets containing 20% zero-tannin faba bean and 4- diets containing 30% zero-tannin faba bean. Then, the growth performance of chickens, blood biochemical (triglyceride, cholesterol, LDL, VLDL and HDL concentrations) and immune (heterophil and lymphocyte percentage) indicators, intestinal jejunum morphological (villi length, villi width, crypt depth and thickness of muscle layer) and ileum contents microbial population (*lactobacillus* and *escherichia coli*) parameters and meat quality (pH, malondialdehyde, peroxide number and free fatty acids) of broiler chickens were measured and recorded. Finally, the analysis of data was performed using GLM method by SAS software. The means were compared using Tukey's multiple range tests.

Results and Discussion: The results showed growth performance (feed intake, weight gain and feed conversion ratio) of the whole period (1 to 42 days) of birds fed with different levels of diets containing zero-tannin faba bean (0, 10, 20 and 30%) was not significant. There was also no difference between the growth

1- Former M.Sc. Student, Department of Livestock and Poultry Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran

2- Associate Professor, Department of Livestock and Poultry Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.

3- Assistant Professor, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran.

4- Full Professor, Department of Livestock and Poultry Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.

5- Associate Professor, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran.

*Corresponding Author's Email: shghazanfari@ut.ac.ir

performance of birds fed diets containing zero-tannin faba bean compared to birds receiving the control diet (without beans). A decreasing linear change in the weight gain of the whole period was observed with the increase in the percentage of zero-tannin faba bean ($P<0.05$). So, the birds that were fed with the control diet (without beans) and 10% zero-tannin faba bean had a better weight gain compared to other treatments, equal to 1738 and 1748 grams respectively, followed by the birds receiving the diet containing 20% zero-tannin faba bean had weight equal to 1623 grams and finally, the birds fed with a diet containing 30% zero-tannin faba bean had weight equal to 1574 grams ($P<0.05$). Some blood biochemical and immune parameters of broilers were not affected by different levels of zero-tannin faba bean in the diet. However, the amount of changes in HDL, the ratio of HDL to cholesterol, serum LDL and the percentage of heterophil, lymphocyte and the ratio of heterophil to lymphocyte in the blood of broiler chickens fed with a diet containing 20% of zero-tannin faba bean is worthy of consideration and requires further investigation and study ($P>0.10$). Also, morphological parameters of intestinal jejunum were not affected by different levels of zero-tannin faba bean in the diet. However, citizenship analysis showed linear changes in villi length, villi width and crypt depth of broiler intestines. The tendency to increase villi length was observed in birds fed diets containing 10% zero-tannin faba bean compared to other diets ($P=0.08$). Villi width ($P<0.05$) and crypt depth ($P=0.05$) were lower in birds fed diets containing zero-tannin faba bean compared to the control treatment (without faba beans). Microbial population of *escherichia coli* and *lactobacillus ileum* contents were not affected by different levels of zero-tannin faba bean in the diet. The use of different levels of zero-tannin faba bean improved meat quality by decreasing pH, malondialdehyde concentration, peroxide and free fatty acids in broiler thighs ($P<0.05$).

Conclusion: Finally, according to the present results, it seems that among the different levels of zero-tannin faba bean (10, 20 and 30%) in the diet of broiler chickens, the level of 10% zero-tannin faba bean in terms of broiler performance should be more appropriate and competitive with the control diet (without faba beans and based on corn-soybean meal).

Keywords: Replacing soybean meal, Broiler chicken, Performance, Zero-tannin faba bean

اثرات سطوح مختلف دانه باقلای بدون تانن بر عملکرد و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی جوجه های گوشتی

مجید کاظمی گرجی^۱، شکوفه غضنفری^{۲*}، کاظم یوسفی کلاریکلانی^۳، کریم نویری^۳، سید داود شریفی^۴، فاطمه شیخ^۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۸

چکیده

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر سطوح مختلف دانه باقلای بدون تانن (رقم مهتا) بر عملکرد رشد، برخی فراسنجه‌های ایمنی و بیوشیمیایی خون، ریخت‌شناسی و جمعیت میکروبی روده کوچک و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی بود. از ۳۲۰ قطعه جوجه‌گوشتی سویه راس ۳۰۸ یک روزه با چهار تیمار در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- جیره شاهد ۲- جیره حاوی ۱۰ درصد باقلای بدون تانن ۳- جیره حاوی ۲۰ درصد باقلای بدون تانن و ۴- جیره حاوی ۳۰ درصد باقلای بدون تانن بودند. نتایج نشان داد، عملکرد رشد کل دوره پرندگان تغذیه شده با سطوح مختلف جیره‌های حاوی باقلای بدون تانن معنی‌دار نبود. باین‌حال، تغییرات خطی، افزایش وزن بهتری را در پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰ درصد باقلای بدون تانن در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۲۰ و ۳۰ درصد باقلای بدون تانن نشان داد ($P < 0.05$). فراسنجه‌های کلسترول، تری‌گلیسرید، لیپوپروتئین‌های با چگالی بالا و لیپوپروتئین‌های با چگالی پایین و درصد هتروفیل و لنفوسیت خون، طول پرز، عرض پرز، عمق کریپت، ضخامت لایه ماهیچه‌ای ژژنوم روده و جمعیت میکروبی باکتری‌های *اشریشیاکلی* و *لاکتوباسیل ایلنوم* تحت تأثیر باقلای بدون تانن در جیره قرار نگرفتند. باین‌حال، تجزیه تابعیت، تمایل به افزایش طول پرز در پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰ درصد باقلای بدون تانن در مقایسه با سایر جیره‌ها را نشان داد ($P = 0.08$). عرض پرز ($P < 0.05$) و عمق کریپت ($P = 0.05$) در پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی باقلای بدون تانن در مقایسه با شاهد کمتر بود. استفاده از سطوح مختلف باقلای بدون تانن منجر به بهبود کیفیت گوشت از طریق کاهش pH، غلظت مالون‌دی-آلدئید، عدد پر اکسید و اسیدهای چرب آزاد گوشت ران جوجه‌های گوشتی شد ($P < 0.05$). در نهایت، با توجه به نتایج حاضر به نظر می‌رسد، سطح ۱۰ درصد باقلای بدون تانن از لحاظ عملکرد جوجه گوشتی مناسب‌تر باشد و قابل رقابت با جیره شاهد باشد.

واژه‌های کلیدی: باقلای بدون تانن، جایگزین کنجاله سویا، جوجه گوشتی، عملکرد

مقدمه

از بین مواد خوراکی، باقلا (*Vicia faba L*) پتانسیل جایگزینی

برای خوراک‌های مرسوم در جیره غذایی دام و طیور را دارا می‌باشد. میزان فیبر خام دانه باقلا بین ۱۲/۵ تا ۱۷/۵ درصد، حاوی مقدار کمی چربی (حداکثر شش درصد)، عصاره عاری از نیتروژن حدود ۴۴/۲ درصد، خاکستر ۳/۱ درصد و میزان پروتئین خام از ۲۰ الی ۳۴ درصد گزارش شده است (Crepon et al., 2010). این مقدار پروتئین تقریباً سه برابر پروتئین دانه غلات است و لذا دانه باقلا می‌تواند به‌عنوان یک منبع قابل ملاحظه پروتئین در جیره دام و طیور مورد استفاده قرار گیرد. دانه باقلا، علاوه بر پروتئین، منبع بسیار مطلوب انرژی برای طیور است که میزان انرژی قابل سوخت و ساز آن از ۲۶۳۲ الی ۲۷۹۹ کیلوکالری در کیلوگرم گزارش شده است (Crepon et al., 2010). مقدار بالای انرژی احتمالاً ناشی از کربوهیدرات بالای این دانه می‌باشد. دانه باقلا همانند سایر دانه‌های بقولات از لحاظ متیونین فقیر است، به‌نظر می‌رسد متیونین اولین اسیدآمینو محدودکننده این دانه

۱- دانشجوی فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

۳- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

۴- استاد گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

۵- دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

*- نویسنده مسئول: (Email: shghazanfari@ut.ac.ir)

DOI: 10.22067/ijasr.2023.80135.1115

محدوده کم تانن مشخص شده در منابع (زیر یک درصد) می‌باشد (Crepon *et al.*, 2010). باقلای کم تانن تقریباً ۶۰ درصد تانن کمتر از رقم پرتانن دارد، اما هیچ تفاوتی بین مقدار بازدارنده‌های تریپسین بین ارقام با تانن و بدون تانن مشاهده نشد (Milczarek *et al.*, 2016). نشان دادند افزایش تانن در جیره‌های غذایی طیور باعث کاهش قابلیت هضم پروتئین و افزایش تلفات اسیدآمینوهای درون‌زا می‌شود (Ortiz *et al.*, 1993). نتایج نشان داد که باقلای بدون تانن از اسیدآمینوهای بیشتری از باقلای با تانن برخوردار بوده و از این رو، ممکن است منبع بهتر پروتئین برای جوجه‌های گوشتی نسبت به باقلای با تانن باشد و همچنین قابلیت هضم ظاهری ایلئومی از نیتروژن برای کل اسیدآمینوها به‌استثنای متیونین برای باقلای بدون تانن نسبت به باقلای با تانن بالاتر بود که علت آن وجود تانن‌ها در رقم باقلای با تانن می‌باشد (Woyengo and Nyachoti, 2012).

بخش تحقیقات وزرات جهاد کشاورزی در استان گلستان اقدام به تولید رقم باقلای بدون تانن (رقم مهتا) نموده است که فاقد عوامل محدودکننده تغذیه‌ای باقلای معمولی است (Sheikh and Feiz, 2020). با توجه به بررسی منابع انجام شده، تاکنون تأثیر دانه باقلای بدون تانن رقم مهتا در جیره جوجه‌های گوشتی بررسی نشده است و این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر باقلای بدون تانن رقم مهتا بر صفات عملکرد رشد، برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون، ریخت‌شناسی و میکروبیولوژی روده کوچک و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در واحد مرغداری گوشتی شرکت تیرگان واقع در بخشی از اراضی روستای قره‌قاشلو (کیلومتر پنج جاده بندر ترکمن) از توابع شهرستان گرگان، استان گلستان اجرا شد. در این آزمایش از ۳۲۰ قطعه جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ یک روزه مخلوطی از نر و ماده به‌صورت برابر و با میانگین وزنی 43 ± 1 گرم در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار، چهار تکرار و ۲۰ مشاهده در هر تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- جیره شاهد (بدون باقلا بر پایه ذرت و کنجاله سویا) ۲- جیره حاوی ۱۰ درصد باقلای بدون تانن ۳- جیره حاوی ۲۰ درصد باقلای بدون تانن و ۴- جیره حاوی ۳۰ درصد باقلای بدون تانن بودند. جوجه‌ها در طول آزمایش به سالی دارای ۱۶ پن (طول و عرض ۱۰۰ سانتی‌متر) منتقل شدند و به‌صورت آزاد به آب و غذا دسترسی داشتند. برنامه‌های مدیریت پرورش جوجه‌ها، شامل دما، نور، واکسیناسیون، تراکم و بستر به‌طور یکسان و مطابق با شرایط استاندارد توصیه شده انجام شد.

برای جوجه‌های گوشتی باشد، ولی مقدار لیزین آن بالا و قابل توجه است. استفاده از دانه باقلا در جیره طیور علی‌رغم داشتن ترکیب شیمیایی مناسب، محدود می‌باشد که دلیل اصلی آن وجود عوامل ضدتغذیه‌ای در این دانه می‌باشد. دانه باقلا دارای عوامل ضدتغذیه‌ای مختلفی از جمله ویسین، کان‌ویسین، لکتین‌ها، مهارکننده‌های تریپسین، تانن‌ها و همچنین پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای می‌باشد که باعث محدودیت در گنجاندن آن در جیره طیور می‌شود (Iji *et al.*, 2004). وجود این مواد ضد تغذیه‌ای در جیره غذایی طیور می‌تواند باعث کاهش مصرف خوراک و به تبع آن کاهش رشد شود و بر جذب سایر مواد مغذی تأثیر منفی بگذارد (Iji *et al.*, 2004). تانن‌ها که عمدتاً در پوسته دانه قرار گرفته‌اند، باعث مشکلات بی‌شماری در تغذیه طیور می‌شوند و باعث کاهش قابلیت هضم پروتئین و اسیدهای آمینه باقلا در جوجه‌های گوشتی با ایجاد کمپلکس‌های تانن-پروتئین می‌شوند (Woyengo and Nyachoti, 2012). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که تانن‌ها آزیب‌های هضم پروتئولیتیک طیور را رسوب می‌دهند، به این معنی که آن‌ها می‌توانند با کاهش فعالیت آزیب‌های گوارشی، قابلیت هضم پروتئین را کاهش دهند (Ahmed *et al.*, 1991). تانن‌ها همچنین قابلیت هضم نشاسته را کاهش می‌دهند که منجر به کاهش انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح شده برای ارزش نیتروژن باقلا برای مرغ‌ها و خروس‌ها می‌شود. همچنین تانن‌ها باعث کاهش مصرف خوراک، کاهش رشد، کاهش وزن تخم-مرغ و کاهش قابلیت هضم نیتروژن و پروتئین در طیور می‌شوند (Longstaff and McNab, 1991). تانن‌ها با تأثیر بر قابلیت دسترسی و جذب مواد معدنی از جمله کلسیم، فسفر، منگنز، سدیم، پتاسیم و آهن می‌توانند روند تشکیل استخوان را تغییر دهند. اثرات دیگر تانن‌ها شامل سمیت کبدی و آسیب به مخاط روده است (Bilić-Sobot *et al.*, 2016). سطح تانن در باقلا به‌طور قابل توجهی بیشتر از کنجاله سویا است (Jezierny *et al.*, 2010). از سال ۱۳۸۹ بخشی از برنامه‌های به‌نژادی باقلا در کشور شامل دورگ-گیری، انتخاب در جمعیت‌های در حال تفکیک و خالص‌سازی، به ارقام بدون تانن باقلا اختصاص یافت که رقم مهتا به‌عنوان اولین رقم کم تانن و دومنظوره باقلای کشور برای افزایش کیفیت، امنیت غذایی و رفع بخشی از مشکلات تولید باقلا معرفی شد (Sheikh and Chekani, 2022). نشان دادند که با توجه به فقدان عامل ضدتغذیه-ای تانن، رقم مهتا، اولین رقم کم تانن و قابل برداشت مکانیزه باقلا، علاوه بر استفاده در خوراک دام می‌تواند به‌عنوان منبع تأمین انرژی و پروتئین در تغذیه طیور مورد استفاده قرار گیرد (Sheikh and Chekani, 2022). دانه‌های باقلای کم تانن حاوی ۸۷ درصد ماده خشک، ۲۵/۴۱ درصد پروتئین خام، ۸/۲۳ درصد فیبر خام، ۰/۴۲ درصد تانن و ۰/۱۵ درصد مهارکننده‌های تریپسین می‌باشند و مقدار تانن در

جدول ۱- جیره‌های شاهد و سطوح مختلف باقلای بدون تانن در دوره‌های مختلف آغازین (۱ تا ۱۴ روزگی)، رشد (۱۵ تا ۲۸ روزگی) و پایانی (۲۹ تا ۴۲ روزگی)
Table 1- Control and different levels of zero-tannin faba bean diets at different periods including starter (1 to 14 days), grower (15 to 28 days) and finisher (29 to 42 days)

اجزای جیره (درصد) Ingredients (%)	جیره آغازین Starter diet				جیره رشد Grower diet				جیره پایانی Finisher diet			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ذرت Corn	56.8	53.7	47.5	40.8	64.8	59.2	51.8	45.6	66.5	60.8	53.9	46.7
سویا Soybean meal (%42 crude protein)	38.0	31.1	27.1	23.5	30.1	25.5	22.6	18.5	28.0	23.5	20.1	17.0
باقلائی بدون تانن Zero-tannin faba bean	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30
روغن سویا Soybean oil	0.9	0.7	1.0	1.4	0.7	0.9	1.4	1.7	1.5	1.7	2.0	2.5
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	1.61	1.64	1.63	1.62	1.65	1.65	1.64	1.63	1.40	1.40	1.40	1.40
ماسه Sand	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90
مکمل معدنی ^۱ 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
مکمل ویتامینه ^۲ 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
نمک Salt	0.24	0.24	0.23	0.23	0.24	0.24	0.23	0.23	0.20	0.20	0.22	0.23
جوش شیرین Sodium hydrogen carbonate	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
کوکسیدئواستات Coccidiostatic	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
دی-آل-متیونین DL-methionine	0.31	0.35	0.37	0.39	0.29	0.32	0.33	0.35	0.27	0.30	0.32	0.33
آل-لیزین L-lysine	0.19	0.20	0.15	0.07	0.25	0.21	0.11	0.05	0.23	0.18	0.10	0.02
آل-تروئین L-threonine	0.08	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.09	0.09	0.11	0.10	0.09	0.08
کولین Choline	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
والین Valine	0.00	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00
ترکیبات شیمیایی (محاسبه شده) Nutrient composition (calculated)												
انرژی قابل متابولیسم (kcal/kg) Metabolizable energy (kcal/kg)	2853	2851	2852	2854	2918	2919	2920	2921	2996	2996	2996	2994

جدول ۱- جیره‌های شاهد و سطوح مختلف باقلای بدون تانن در دوره‌های مختلف آغازین (۱ تا ۱۴ روزگی)، رشد (۱۵ تا ۲۸ روزگی) و پایانی (۲۹ تا ۴۲ روزگی)
Table 1- Control and different levels of zero-tannin faba bean diets at different periods including starter (1 to 14 days), grower (15 to 28 days), and finisher (29 to 42 days)

پروتئین خام (%) Crude protein (%)	21.4	21.2	21.8	22.5	18.7	19.2	20.1	20.7	17.9	18.4	19.2	20.1
کلسیم (%) Calcium (%)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.88	0.88	0.88	0.88	0.78	0.80	0.78	0.78
فسفر قابل‌دسترسی (%) Available phosphorus (%)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.44	0.39	0.39	0.39	0.39
سدیم (%) Sodium (%)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15
کلر (%) Chlorine (%)	0.22	0.23	0.21	0.20	0.22	0.23	0.21	0.20	0.19	0.20	0.21	0.19
پتاسیم (%) Potassium (%)	0.93	0.90	0.92	0.95	0.80	0.81	0.85	0.87	0.76	0.77	0.80	0.84
لیزین قابل هضم (%) Digestible lysine (%)	1.15	1.15	1.15	1.15	1.03	1.03	1.03	1.03	0.97	0.97	0.97	0.97
متیونین قابل هضم (%) Digestible methionine (%)	0.59	0.60	0.61	0.62	0.54	0.55	0.56	0.56	0.52	0.53	0.53	0.54
متیونین + سیستئین قابل هضم (%) Digestible methionine + cysteine (%)	0.86	0.86	0.86	0.86	0.78	0.79	0.79	0.78	0.75	0.75	0.75	0.75
تروئین (%) Threonine (%)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.68	0.68	0.68	0.68	0.66	0.66	0.66	0.66
تریپتوفان (%) Tryptophan (%)	0.22	0.20	0.20	0.20	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16
آرژینین (%) Arginine (%)	1.28	1.31	1.41	1.52	1.08	1.17	1.30	1.40	1.03	1.12	1.23	1.36
والین (%) Valine (%)	0.89	0.89	0.89	0.89	0.80	0.80	0.79	0.80	0.76	0.76	0.76	0.78
ایزولوسین (%) Isoleucine (%)	0.82	0.78	0.78	0.79	0.70	0.69	0.71	0.72	0.66	0.66	0.68	0.69
سیستئین (%) Cysteine (%)	0.27	0.25	0.25	0.24	0.24	0.23	0.23	0.22	0.24	0.23	0.22	0.22

جیره ۱: جیره شاهد، جیره ۲: جیره حاوی ۱۰ درصد باقلای بدون تانن، جیره ۳: جیره حاوی ۲۰ درصد باقلای بدون تانن، جیره ۴: جیره حاوی ۳۰ درصد باقلای بدون تانن.

در هر کیلوگرم مکمل ویتامینی مقدار زیر تأمین می‌شود: منگنز: ۶۴/۵ گرم، آهن: ۱۰۰ گرم، روی: ۳۳/۸ گرم، مس: ۸ گرم، ید: ۶۴۰ میلی‌گرم، سلنیوم: ۸ گرم، کربات: ۱۹۰ میلی‌گرم.

در هر کیلوگرم مکمل ویتامینی مقدار زیر تأمین می‌شود: ۲۴۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۷۲۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۱۴۴۰۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۲۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین K₃، ۶۳۰ میلی‌گرم تیامین، ۳۰۰۰ میلی‌گرم ریبوفلاوین، ۴۸۹۶ میلی‌گرم اسید پانتوتیک، ۱۲۱۶۰ میلی‌گرم نیاسین، ۶۱۲ میلی‌گرم بیروکسین، ۲۰۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید می‌باشد.

Diet 1: control diet, diet 2: diet containing 10% zero-tannin faba bean, diet 3: diet containing 20% zero-tannin faba bean, diet 4: diet containing 30% zero-tannin faba bean.

¹ The following values are provided per kg of mineral premix: manganese: 64.5 g, iron: 100 g, zinc: 33.8 g, copper: 8 g, iodine: 640 mg, selenium: 8 g, cobalt: 190 mg.

² The following values are provided per kg of vitamin premix: vitamin A: 440000 IU, vitamin D₃: 72000 IU, vitamin E: 14400 IU, vitamin K₃: 2000 mg, vitamin B₁: 640 mg, vitamin B₂: 3000 mg, pantothenic acid: 4896 mg, niacin: 12160 mg, vitamin B₆: 612 mg, biotin: 2000 mg and choline chloride: 260 mg.

شد. نمونه‌های دیگر در لوله‌های آزمایش فاقد ماده ضد انعقاد ریخته شد و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شدند و سرم آن‌ها جهت اندازه‌گیری فراسنجه‌های بیوشیمیایی جدا شد. اندازه‌گیری فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم توسط دستگاه اتوانالایزر و با استفاده از کیت تجاری (شرکت پارس آزمون، تهران) اندازه‌گیری شد. فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده شامل، کلسترول خون، غلظت تری‌گلیسرید خون، لیپوپروتئین‌های با چگالی بالا (HDL)، لیپوپروتئین‌های با چگالی پایین (LDL) و لیپوپروتئین‌های با چگالی خیلی پایین (VLDL) بودند (Benzie and Strain, 1996).

در سن ۴۲ روزگی (پایان دوره پرورش) از هر تکرار دو پرنده نر به صورت تصادفی انتخاب و کشتار شد. بلافاصله پس از کشتار دستگاه گوارش با دقت خارج، بخش ژژنوم روده مشخص و قطعه‌هایی به طول سه سانتی‌متر از آن جدا شد. قطعه‌های جدا شده با سرم فیزیولوژیک شستشو و در فرمالین ۱۰ درصد تثبیت شدند. سپس نمونه‌ها به کمک دستگاه Tissue Processor برای مطالعات بافت-شناسی آماده‌سازی شدند و در نهایت، با پارافین قالب گرفته شده و پس از سرد شدن قالب‌ها، به کمک دستگاه میکروتوم نمونه‌هایی به ضخامت هفت میکرون تهیه شد. برش‌های تهیه شده به روی لام منتقل شد و به روش هماتوکسیلین و ائوزین رنگ‌آمیزی شدند. سپس صفات ریخت‌شناسی شامل طول و عرض پرزها، عمق کریپت، ضخامت لایه عضلانی در هر نمونه به کمک میکروسکوپ نوری متصل به کامپیوتر (Olympus CX31, Tokyo, Japan) اندازه‌گیری شد (Tomaszewska et al., 2018). برای بررسی تغییرات فلور میکروبی در دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی از محتویات ایلتوم پرنده نر ذکر شده به مقدار یک گرم برداشته شد و به نه سی‌سی محلول گلیسرین ۳۰ درصد اضافه شد، سپس نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایشات میکروبی فریز شدند. فراوانی گونه‌های لاکتوباسیل و اشریشیاکلی در محتویات ایلتوم تعیین شد. برای انجام آزمایش از روش cfu (شمارش قطره‌های کلنی) در محلول استریل بافر فسفات استفاده شد. محیط‌های کشت مورد استفاده به صورت تجاری از شرکت مرک آلمان تهیه شدند. برای شمارش لاکتوباسیل‌ها از محیط کشت MRS استفاده گردید و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه انکوباسیون شد و برای شمارش اشریشیاکلی از محیط کشت مکانکی آگار استفاده شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس انکوباسیون گردید. برای محاسبه تعداد باکتری‌ها، تعداد کلنی شمارش شده بر اساس واحد کلنی شکل یافته (cfu) در هر گرم نمونه ایلتوم استفاده شد (Engberg et al., 2000).

جهت تعیین بررسی اسیدیته (pH)، اکسیداسیون چربی در انتهای دوره پرورش (۴۲ روزگی)، عدد پراکسید و اسیدهای چرب آزاد گوشت در انتهای دوره آغازین (۱۴ روزگی) از هر تکرار دو پرنده نر که وزن

دانه‌های باقلای خام بدون تانن (رقم مهتا) مورد نیاز آزمایش از مزارع مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه و پس از بوجاری و جداسازی ناخالصی‌ها و بذور علف هرز تا زمان انجام آزمایش در شرایط مناسب انبارداری، نگهداری شدند. ذرت، کنجاله-سویا، روغن سویا، مکمل‌های معدنی و ویتامینی، اسید آمینه‌ها و سایر مواد افزودنی مورد نیاز از شرکت فیض گلستان خریداری و یک روز قبل از شروع آزمایش، جیره‌ها در کارخانه خوراک طیور آن شرکت بر اساس کاتالوگ پیشنهادی سویه راس ۳۰۸ با استفاده از نرم‌افزار UFFDA آماده و به محل آزمایش (مرغداری تیرگان) آورده شدند. اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیبات شیمیایی و اسیدآمینه جیره‌های آغازین (۱ الی ۱۴ روزگی)، رشد (۱۵ الی ۲۸ روزگی) و پایانی (۲۹ الی ۴۲ روزگی) در جدول ۱ آمده است. ترکیبات اسیدآمینه باقلای بدون تانن رقم مهتا مورد آزمایش توسط شرکت ایوانیک (Evonik, Iran) تعیین شد. باقلای بدون تانن دارای ماده خشک (۸۸/۶۱ درصد) و ۲۹/۰۲ درصد پروتئین می‌باشد و ترکیبات اسیدآمینه بر اساس درصد پروتئین به شرح ذیل می‌باشد. متیونین (۰/۶۷۴)، سیستئین (۱/۱۴۷)، متیونین + سیستئین (۱/۸۷۹)، لیزین (۶/۰۵۸)، ترئونین (۳/۲۸۲)، تربیتوفان (۰/۸۴۴)، آرژنین (۹/۳۶۹)، ایزولوسین (۳/۹۱۱)، لوسین (۶/۸۹)، والین (۴/۲۷۱)، هیستیدین (۲/۴۱۴)، فنیل آلانین (۴/۰۹۶)، گلیسین (۳/۹۷۶)، سرین (۴/۴۶۹)، پرولین (۳/۹۱۳)، آلانین (۳/۸۲۶)، اسید آسپارتیک (۱۰/۳۷۶)، اسید گلوتامیک (۱۵/۳۶۳) و آمونیاک (۱/۸۵۴).

برای بررسی صفات عملکردی سه فاکتور افزایش وزن، خوراک مصرفی (گرم به‌ازای هر جوجه در دوره) و ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های مختلف پرورشی اندازه‌گیری شد. افزایش وزن از اختلاف وزن انتها و ابتدای دوره‌های پرورش بر اساس روز جوجه محاسبه شد. خوراک مصرفی در هر واحد آزمایشی از روی اختلاف بین مقدار خوراک مصرف شده در ابتدای دوره و خوراک باقی‌مانده در آخر دوره بر مبنای روز جوجه محاسبه شد. ضریب تبدیل خوراک از تقسیم مصرف خوراک بر افزایش وزن به دست آمد.

به منظور بررسی برخی از فراسنجه‌های ایمنی و بیوشیمیایی خون، در انتهای دوره آزمایش دو پرنده نر از هر تکرار به تصادف انتخاب و از آن‌ها دو نمونه خون هر کدام به مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر از طرق ورید زیر بال اخذ شد. یکی از نمونه‌های خون مربوط به هر تکرار در لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد EDTA (قبل از نمونه‌گیری به میزان ۰/۲ سی‌سی در سرنگ ریخته شد) ریخته و به آرامی تکان داده و مخلوط شد تا لخته ایجاد نشود. نمونه‌های مذکور پس از اتمام نمونه برداری، برای اندازه‌گیری هتروفیل و لنفوسیت به آزمایشگاه ارسال

بدون تانن در مقایسه با جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده جیره شاهد و ۳۰ درصد باقلای بدون تانن بیشتر بود ($P < 0.05$). تجزیه تابعیت، تغییرات درجه دومی و سومی را در میزان افزایش وزن نشان داد ($P < 0.05$). اثر سطوح مختلف باقلای بدون تانن بر ضریب تبدیل خوراک معنی‌داری نبود، با این حال، پرندگانی که از جیره حاوی ۱۰ درصد باقلای بدون تانن تغذیه کردند، در مقایسه با پرندگان دریافت‌کننده سایر جیره‌ها، ضریب تبدیل بهتری معادل ۱/۴۷ داشتند ($P = 0.05$). تجزیه تابعیت، تغییرات درجه دومی را در ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی نشان داد ($P < 0.05$) (جدول ۲).

در دوره رشد، پایانی و کل دوره، عملکرد رشد (مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک و افزایش وزن) پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف باقلای بدون تانن معنی‌دار نبود. همچنین، تفاوتی بین عملکرد رشد پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی باقلای بدون تانن در مقایسه با پرندگان دریافت‌کننده جیره شاهد (بدون باقلا) وجود نداشت. تغییرات خطی کاهش در افزایش وزن کل دوره با افزایش درصد باقلا مشاهده شد ($P < 0.05$). به‌طوری‌که، پرندگانی که از جیره‌های شاهد (بدون باقلا) و ۱۰ درصد باقلای بدون تانن تغذیه کردند، نسبت به سایر تیمارها افزایش وزن بهتری به‌ترتیب معادل ۱۷۳۸ و ۱۷۴۸ گرم داشتند و به دنبال آن پرندگان دریافت‌کننده جیره حاوی ۲۰ درصد باقلای بدون تانن افزایش وزنی معادل ۱۶۲۳ گرم و در نهایت، پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰ درصد باقلای بدون تانن افزایش وزنی معادل ۱۵۷۴ گرم را داشتند ($P < 0.05$) (جدول ۲).

در سال‌های اخیر، مطالعات زیادی توسط محققین در مورد امکان جایگزینی باقلای به‌جای بخشی از کنجاله‌سویا برای تغذیه جوجه‌های گوشتی انجام شده است، اما نتایج این آزمایشات گاهی متفاوت است که به‌طور معمول به وجود مواد ضد تغذیه‌ای موجود در آن، رقم، بافت خاک و منطقه کاشت آن مرتبط هستند (Perella et al., 2009; Laudadio et al., 2011; Dal Bosco et al., 2013; Osek et al., 2013; Usayran et al., 2014). با توجه به بررسی منابع انجام شده، تاکنون تأثیر دانه باقلای بدون تانن رقم مهتا در جیره جوجه‌های گوشتی بررسی نشده است. در آزمایشی، نتیجه‌گیری کردند که استفاده از باقلا در جوجه‌های گوشتی برای جایگزینی با کنجاله‌سویا به‌عنوان منبع پروتئین امکان‌پذیر است (Oluyinka et al., 2019). همچنین، نشان دادند افزودن باقلا به جیره جوجه‌های گوشتی به رشد و افزایش وزن زنده آن‌ها کمک می‌کند و هزینه‌های خوراک را کاهش می‌دهد و در نتیجه، بازده اقتصادی افزایش می‌یابد (Proskina and Sallija, 2017). نتایج مطالعات محققان حاکی از آن است که جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با ۱۶ و ۲۲ درصد باقلای کم تانن به‌ترتیب در مراحل آغازین و رشد، تأثیر سوئی بر افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک ندارد (Tomaszewska et al., 2018).

آن نزدیک به میانگین وزن پرندگان واحد آزمایشی بود، انتخاب، ذبح و پرکنی شد. گوشت ران آن‌ها استحصال و به‌طور جداگانه چرخ و سپس از نمونه چرخ شده حدود ۱۰۰ گرم در پاکت‌های پلاستیکی زیپ‌دار قرار گرفته، بلافاصله به یخچال منتقل و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. گوشت استحصال شده در سه نوبت یعنی روز اول کشتار، هفت روز بعد از کشتار و ۳۰ روز بعد از کشتار جهت بررسی تأثیر سطوح مختلف باقلای بدون تانن بر میزان پایداری اکسیداتیو و کیفیت گوشت استفاده شد. لازم به توضیح است که جهت نگهداری گوشت برای روزهای ۷ و ۳۰ بعد از کشتار از فریزر (در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد) استفاده شد. در این بررسی برای تعیین TBARS^۱ از روش بوتسوگلو و همکاران (Botsoglou et al., 2002) و برای تعیین pH، اسیدهای چرب آزاد و پراکسید گوشت از روش کدیم و همکاران (Kadim et al., 2006) استفاده شد.

داده‌های به‌دست آمده در طول آزمایش توسط برنامه اکسل ۲۰۰۷ ثبت و پردازش، و تجزیه آماری توسط بسته نرم‌افزار SAS (SAS, 2005) نسخه نه برای مدل آماری (معادله ۱) در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار (۲۰ مشاهده در هر تکرار) بررسی شد. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی با استفاده از آزمون توکی در سطح پنج درصد انجام شد. مقایسه‌های مستقل با استفاده از نرم‌افزار SAS در سطح پنج درصد مورد ارزیابی قرار گرفتند. مدل‌های آماری به‌صورت ذیل می‌باشد.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \text{معادله (۱)}$$

$$Y = ax + b \quad \text{معادله (۲) تابعیت خطی}$$

$$Y = ax + bx^2 + c \quad \text{معادله (۳) تابعیت درجه دوم}$$

$$Y = x^3 + ax^2 + bx + c \quad \text{معادله (۴) تابعیت درجه سوم}$$

که در این معادله، Y_{ij} : مقدار هر مشاهده، μ : میانگین جامعه، T_i : اثر تیمارها و e_{ij} : خطای آزمایشی است.

نتایج و بحث

عملکرد رشد: در دوره آغازین، مصرف خوراک پرندگان تغذیه شده با سطوح مختلف باقلای بدون تانن معنی‌دار نبود. با این حال، پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی باقلای بدون تانن در مقایسه با پرندگان دریافت‌کننده جیره شاهد (بدون باقلا) تمایل به مصرف خوراک بیشتری داشتند ($P = 0.05$). افزایش وزن پرندگانی که از جیره‌های حاوی باقلای بدون تانن تغذیه شدند، در مقایسه با پرندگان دریافت‌کننده جیره شاهد (بدون باقلا) بیشتر بود ($P < 0.05$). افزایش وزن جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰ درصد باقلای

جدول ۲ - اثرات سطوح مختلف باقلای بدون تانن بر عملکرد رشد جوجه گوجه گومشی طی دوره‌های آزمایشی
Table 2- Effect of different levels of zero-tannin faba bean on growth performance of broiler chicken during different experimental periods

پارامترها Parameters	شاهد Control	میانگین			خطای استاندارد SEM	درجه سوم Cubic	درجه دوم Quadratic	خطی Linear	تیمار Treat.	مقدار احتمال P value	مقایسه با شاهد Faba bean vs control
		جیره ۱۰ درصد باقالا 10 % Zero-tannin faba bean diet	جیره ۲۰ درصد باقالا 20 % Zero-tannin faba bean diet	جیره ۳۰ درصد باقالا 30 % Zero-tannin faba bean diet							
دوره آغازین (۱-۱۴ روزگی) Starter period (1-14 day)											
مصرف خوراک (گرم در دوره) Feed intake (g/period)	501.9	522.5	512.6	521.1	6.95	0.19	0.15	0.40	0.14	0.05	0.05
افزایش وزن (گرم در دوره) Weight gain (g/period)	315.1 ^b	353.9 ^a	331.5 ^{ab}	326.7 ^b	6.35	0.007	0.66	0.005	0.01	0.01	0.01
ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio	1.59	1.47	1.54	1.59	0.03	0.05	0.57	0.01	0.14	0.15	0.15
دوره رشد (۱۵-۲۸ روزگی) Grower period (15-28 day)											
مصرف خوراک (گرم در دوره) Feed intake (g/period)	1135	1167	1146	1140	29.5	0.87	0.95	0.53	0.61	0.65	0.65
افزایش وزن (گرم در دوره) Weight gain (g/period)	584.3	579.8	579.6	516.1	36.4	0.51	0.23	0.43	0.68	0.55	0.55
ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio	1.97	2.02	2.00	2.27	0.17	0.61	0.28	0.53	0.66	0.55	0.55
دوره پایانی (۲۹-۴۲ روزگی) Finisher period (29-42 day)											
مصرف خوراک (گرم در دوره) Feed intake (g/period)	1800	1749	1805	1744	28.4	0.30	0.39	0.86	0.10	0.31	0.31
افزایش وزن (گرم در دوره) Weight gain (g/period)	838.7	814.4	711.4	730.5	54.2	0.31	0.10	0.69	0.42	0.19	0.19
ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio	2.17	2.16	2.62	2.42	0.20	0.35	0.20	0.65	0.23	0.34	0.34
کل دوره (۱-۴۲ روزگی) Total period (1-42 day)											
مصرف خوراک (گرم در دوره) Feed intake (g/period)	3438	3439	3464	3405	57.3	0.90	0.78	0.61	0.67	0.97	0.97
افزایش وزن (گرم در دوره) Weight gain (g/period)	1738	1748	1623	1574	59.9	0.15	0.03	0.62	0.44	0.21	0.21
ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio	1.99	1.96	2.14	2.16	0.09	0.36	0.12	0.80	0.40	0.39	0.39

^{a,b,c} میانگین‌های هر ردیف با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P < 0.05).
 SEM: میانگین خطای استاندارد

^{a,b,c} Means within same row with different superscripts differ (P < 0.05).
 SEM: standard error of means.

بیوشیمیایی را در جوجه‌های گوشتی کاهش می‌دهد مغایرت دارد. (Emiola et al., 2013) همچنین یکی دیگر از مکانیزم‌های مؤثر بر افزایش فعالیت‌های سیستم ایمنی، خصوصیات جیره مصرفی در پرند می‌باشد. افزایش میزان الیاف خام سبب افزایش تخمیر در انتهای روده و روده‌های کور می‌شود و این مسئله سبب افزایش اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه در روده پرند می‌شود. گزارش شده است افزایش این اسیدهای چرب، سبب تحریک لنفوسیت‌های بافت اپیتلیال درونی روده شده و به دنبال آن سبب افزایش مقاومت میزبان می‌شود (Santos et al., 2006). همچنین، این محققین گزارش کردند که با افزایش میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در اثر استفاده از جیره‌های با الیاف خام بالا، فعالیت باکتری‌های مفید در روده افزایش می‌یابد که این باکتری‌ها با عوامل مهاجم برای دستیابی به مواد مغذی رقابت می‌کنند و لذا، این رقابت سبب افزایش توان ایمنی پرند و یک تأثیر هم‌کوشی بین فعالیت جمعیت میکروبی روده پرند و بروز پاسخ‌های سیستم ایمنی می‌شود.

ریخت‌شناسی و جمعیت میکروبی روده کوچک: اثر

سطوح مختلف باقلای بدون تانن بر فراسنجه‌های ریخت‌شناسی ژنوم روده کوچک (طول و عرض پرز، عمق کرپیت، نسبت طول پرز به عمق کرپیت و ضخامت لایه ماهیچه‌ای) و جمعیت میکروبی ایلنوم روده کوچک (باکتری‌های اشریشیاکلی و لاکتوباسیل) معنی‌دار نبود (جدول ۴). تجزیه تابعیت، تغییرات خطی را در طول پرز، عرض پرز و عمق کرپیت ژنوم جوجه‌های گوشتی نشان داد. داده‌های این تحقیق، بیانگر تمایل به افزایش طول پرز در پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰ درصد باقلای بدون تانن در مقایسه با سایر جیره‌ها بود ($P=0/08$). افزایش طول پرز روده سبب افزایش سطح جذب و در نتیجه، افزایش بازده خوراک و افزایش وزن بدن می‌شود. همچنین افزایش طول پرز سبب حضور بیشتر مواد مغذی و بهبود ضریب تبدیل خوراک می‌شود که در همین رابطه گزارش کردند که هرچه طول پرز روده بیشتر باشد، سطح جذب مواد غذایی بیشتر و سبب بهبود شرایط دستگاه گوارش برای عمل جذب بهتر مواد مغذی می‌شود (Shalaei et al., 2016). تغییرات خطی نشان داد با افزایش سطوح باقلای بدون تانن در جیره عرض پرز ($P=0/04$) و عمق کرپیت کاهش یافت ($P=0/05$). پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی سطوح مختلف باقلای بدون تانن عرض پرز کمتری در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد داشتند ($P=0/06$) که این موضوع نشان‌دهنده بهبود شرایط دستگاه گوارش برای پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های حاوی باقلای بدون تانن در مقایسه با جیره شاهد (بدون باقلا) برای عمل جذب بهتر مواد مغذی می‌باشد.

فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون: تأثیر سطوح

مختلف باقلای بدون تانن بر هیچ‌یک از فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون (غلظت لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL)، تری‌گلیسرید، لیپوپروتئین با چگالی پایین (LDL)، لیپوپروتئین با چگالی خیلی پایین (VLDL)، کلسترول و نسبت HDL به کلسترول) و ایمنی خون (درصد هتروفیل، لنفوسیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت خون) جوجه‌های گوشتی معنی‌دار نبود، با این حال، تجزیه تابعیت، تغییرات درجه سومی را در نسبت HDL به کلسترول، LDL سرم و درصد هتروفیل، لنفوسیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت خون جوجه‌های گوشتی نشان داد، به طوری که جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی ۲۰ درصد باقلای بدون تانن سطح LDL سرم ($P=0/07$)، درصد هتروفیل ($P=0/07$) و نسبت هتروفیل به لنفوسیت خون ($P=0/06$) کمتر و نسبت HDL به کلسترول ($P=0/06$) و درصد لنفوسیت ($P=0/07$) خون بیشتری را داشتند (جدول ۳). تفاوتی بین پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی باقلای بدون تانن و پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد (بدون باقلا) از نظر برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون وجود نداشت.

چالش‌های ایمونولوژیکی در طیور در ارتباط و همراه با کاهش مصرف خوراک می‌باشد و تغییر در میزان خوراک مصرفی توسط پرند منجر به تغییر در میزان انرژی و مواد مغذی دریافتی می‌شود (Kidd, 2004). بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که جیره‌های با سطوح مختلف باقلای بدون تانن و شرایط تغذیه‌ای تحقیق حاضر مناسب بوده و روی پاسخ‌های سیستم ایمنی پرند تأثیر سوئی نگذاشته است و حتی فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی ۲۰ درصد باقلای بدون تانن برای ارزیابی قابل تأمل بودند. نتایج آزمایش تحقیق حاضر با یافته‌های مطالعه‌ای مبنی بر اینکه نوع جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تغذیه شده در دو گروه (۸٪ و ۱۵٪) و (۱۶٪ و ۲۲٪) با دانه باقلای خام با تانن کم به ترتیب در مرحله (آغازین و رشد)، نسبت به گروه شاهد، هیچ تأثیری بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون به جز کاهش غلظت کلسترول کل در هر دو گروه آزمایشی در جوجه‌های گوشتی ۳۵ روزه وجود نداشت، مطابقت دارد (Tomaszewska et al., 2018). این نویسندگان اظهار داشتند که احتمالاً کاهش کلسترول به دلیل مقدار بیشتر فیبر در جیره‌های غذایی حاوی باقلا در مقایسه با جیره غذایی براساس کنجاله‌سویا است. همچنین، دلیل کاهش کلسترول در انواع مختلف جیره‌های حاوی باقلا را به افزایش سریع دفع کلسترول روده و اسیده‌های صفراوی مربوط می‌دانند (Moundras et al., 1997). نتایج آزمایش حاضر با مطالعه‌ای که نشان دادند، تغذیه جیره حاوی باقلا به میزان ۲۰ درصد فراسنجه‌های

جدول ۳- ۳ - Effect of different levels of zero-tannin faba bean on some blood immune and biochemical parameters of broiler chicken.

پارامترها Parameters	شاهد Control	میانگین SEM			تیمار Treatment	خطی Linear	درجه دوم Quadratic	درجه سوم Cubic	با قلا در مقایسه با شاهد Faba bean vs control
		شیره ۱۰ درصد باقلا 10 % Zero-tannin faba bean diet	شیره ۲۰ درصد باقلا 20 % Zero-tannin faba bean diet	شیره ۳۰ درصد باقلا 30 % Zero-tannin faba bean diet					
HDL- کلسترول (میلی گرم در دسی لیتر) HDL- cholesterol (mg/dl)	76.75	71.00	79.75	70.50	0.55	0.67	0.74	0.19	0.63
تری گلیسرید (میلی گرم در دسی لیتر) Tri glyceride (mg/dl)	95.75	98.25	107.00	106.75	0.51	0.17	0.83	0.60	0.29
کلسترول (میلی گرم در دسی لیتر) Cholesterol (mg/dl)	129.5	136.0	134.0	138.3	0.58	0.25	0.80	0.48	0.23
کلسترول (میلی گرم در دسی لیتر) LDL- cholesterol (mg/dl)	33.60	45.35	32.85	46.40	0.24	0.33	0.87	0.07	0.26
کلسترول (میلی گرم در دسی لیتر) VLDL- cholesterol (mg/dl)	19.15	19.65	21.40	21.35	0.51	0.17	0.83	0.60	0.29
کلسترول/HDL HDL/ cholesterol ratio	0.59	0.52	0.59	0.50	0.20	0.28	0.81	0.06	0.23
هتروفیل (درصد) Heterophil (%)	19.00	20.25	17.50	18.50	0.21	0.29	0.88	0.07	0.80
لنفوسیت (درصد) Lymphocyte (%)	41.00	39.75	42.50	41.50	0.21	0.29	0.88	0.07	0.80
لنفوسیت/هتروفیل Heterophil/ lymphocyte ratio	0.46	0.50	0.41	0.44	0.25	0.31	0.79	0.09	0.85

^{a,b,c} Means within same row with different superscripts differ (P < 0.05)
SEM: standard error of means, LDL: Low-density lipoprotein, HDL: High-density lipoprotein, VLDL: Very-low-density lipoprotein
^{a,b,c} میانگین‌های هر ردیف با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی دار هستند. (P < 0.05)
SEM: میانگین خطای استاندارد. LDL: لیپوپروتئین با چگالی پایین، HDL: لیپوپروتئین با چگالی بالا، VLDL: لیپوپروتئین با چگالی خیلی پایین

عمق کریپت عمیق‌تر به‌عنوان یک نشانه منفی در سلامت روده در نظر گرفته می‌شود، چون سلول‌های اپیتلیال جدید در کریپت‌ها تولید و در امتداد پرز به نوک حرکت می‌کنند (Gao et al., 2008). بنابراین، یک عمق کریپت عمیق‌تر نشان‌دهنده ترن‌آور بالای بافت در سلول‌های اپیتلیال است. اندازه عمق کریپت در پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های حاوی باقلای بدون تانن کمتر از شاهد بود و با افزایش سطوح باقلای بدون تانن در جیره، عمق کریپت کاهش یافت و اندازه عمق کریپت در پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰ درصد باقلای بدون تانن در مقایسه با سایر تیمارها کمتر بود ($P=0/05$) و این موضوع نشان‌دهنده بهبود شرایط دستگاه گوارش پرندگان برای عمل جذب بهتر مواد مغذی می‌باشد. در این تحقیق، نسبت طول پرز به عمق کریپت تحت تأثیر سطوح باقلای بدون تانن جیره قرار نگرفت. افزایش نسبت طول پرز به عمق کریپت می‌تواند سبب کاهش انتروسیست و در نتیجه، کاهش ترن‌آور سلولی جهت بازسازی پرزهای فرسایش یافته در اثر سایش یا التهاب ناشی از عوامل بیماری‌زا شود (Yason et al., 1987). اندازه ضخامت لایه ماهیچه‌ای روده در پرندگان تغذیه شده با سطوح مختلف جیره‌های حاوی باقلای بدون تانن تحت تأثیر قرار نگرفت. نتایج آزمایش ما با یافته‌های مطالعه‌ای مبنی بر اینکه نوع جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تغذیه شده در دو گروه ۸٪ / ۱۵٪ و ۱۶٪ / ۲۲٪ با دانه باقلای خام کم تانن به ترتیب در مرحله آغازین و رشد، نسبت به گروه شاهد، تأثیر منفی بر فراسنجه‌های ریخت‌شناسی مخاط روده مورد تجزیه و تحلیل در جوجه‌های گوشتی ۳۵ روزه ندارد، هم‌خوانی دارد (Tomaszewska et al., 2018). افزایش سلامت دستگاه گوارش برای رفاه و افزایش راندمان پرند ضروری می‌باشد. ریخت‌شناسی مخاط روده یکی از شاخص‌های تعیین سلامت روده است. تغییرات در مخاط روده مانند کاهش طول پرز، افزایش عمق کریپت، کاهش ضخامت لایه عضلانی و کاهش نسبت طول پرز به عمق کریپت باعث ایجاد آسیب بافتی ناشی از پاتوژن‌های مهاجم می‌شود (Nabuurs et al., 1993).

اسیدیته، اکسیداسیون چربی، عدد پراکسید و

اسیدهای چرب آزاد گوشت: اثرات سطوح مختلف باقلای بدون تانن بر فراسنجه‌های کیفیت گوشت (صفات اسیدیته، اکسیداسیون لیپید، عدد پراکسید و اسیدهای چرب آزاد گوشت) معنی‌دار بودند (جدول ۵) ($P<0/05$). نتایج آزمایش نشان داد که میزان pH گوشت ران پرندگان دریافت‌کننده جیره شاهد (بدون باقلا) به‌صورت معنی‌داری بالاتر از پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف باقلای بدون تانن در روز کشتار و هفت روز بعد از آن می‌باشد ($P<0/05$). عدد pH گوشت ران کمتری در روز کشتار در پرندگان

تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۲۰ و ۳۰ درصد باقلای بدون تانن در مقایسه با پرندگان دریافت‌کننده جیره شاهد (بدون باقلا) مشاهده شد و در هفت روزگی تغییرات خطی روند کاهشی معنی‌داری را با افزایش سطوح باقلای بدون تانن در گوشت ران نشان داد و در ۳۰ روزگی تغییرات pH گوشت ران به‌گونه‌ای بود که در پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰ درصد باقلا نسبت به بقیه تیمارها کمتر بود ($P<0/05$). افزایش میزان استفاده از سطوح باقلای بدون تانن در جیره جوجه‌های گوشتی، pH گوشت ران را کمتر کرد و به‌عبارت دیگر، کیفیت گوشت بهبود یافت. تجزیه تابعیت، تغییرات خطی، درجه دومی و سومی را در pH گوشت ران در روزهای ۱، ۷ و ۳۰ روز بعد از کشتار جوجه‌های گوشتی نشان داد. عدد اکسیداسیون چربی‌ها همانند آزمایش‌های اسیدیته در طول مدت نگهداری گوشت مرغ تمایل به افزایش داشتند. نتایج در مورد صفت اکسیداسیون چربی نشان می‌دهند که اختلاف معنی‌داری بین پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد (بدون باقلا) و بقیه جیره‌های حاوی سطوح مختلف باقلای بدون تانن برای هر سه دوره اندازه‌گیری (۱، ۷ و ۳۰ روز بعد از کشتار) وجود دارد ($P<0/05$). بالاترین غلظت مالون‌دی‌آلدئید گوشت ران در گروه شاهد (بدون باقلا) مشاهده شد. علاوه‌براین، بین پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد باقلای بدون تانن نیز اختلاف معنی‌داری از نظر غلظت مالون‌دی‌آلدئید گوشت ران مشاهده شد ($P<0/05$). به‌طوری‌که، غلظت مالون‌دی‌آلدئید کمتر و کیفیت گوشت ران بهتر در روزهای ۱، ۷ و ۳۰ پس از کشتار مربوط به پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰ درصد باقلای بدون تانن و به دنبال آن جیره حاوی ۲۰ درصد باقلای بدون تانن و جیره حاوی ۱۰ درصد باقلای بدون تانن و در نهایت، جیره شاهد (بدون باقلا) بود ($P<0/05$). تجزیه تابعیت، تغییرات خطی، درجه دومی و سومی را در غلظت مالون‌دی‌آلدئید گوشت ران جوجه‌های گوشتی نشان داد.

در مورد عدد پراکسید گوشت ران در روز ۱۴ پس از کشتار داده‌ها حاکی از آن است که پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد (بدون باقلا) در مقایسه با پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های حاوی سطوح مختلف باقلای بدون تانن عدد پراکسید بیشتری دارند ($P<0/05$). میزان عدد پراکسید گوشت ران در پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های باقلای بدون تانن به‌صورت معنی‌داری با هم متفاوت بود. به‌طوری‌که، عدد پراکسید پرندگان تغذیه شده سطح ۳۰ درصد باقلای بدون تانن معادل ۲/۰۶ و کمترین می‌باشد و به دنبال آن سطح ۲۰ درصد باقلای بدون تانن معادل ۲/۱۲ و ۱۰ درصد باقلای بدون تانن معادل ۲/۱۷ و در نهایت، جیره شاهد (بدون باقلا) ۲/۲۴ می‌باشد که عدد پراکسید در هر سطح به‌طور معنی‌داری متفاوت می‌باشد ($P<0/05$). تجزیه تابعیت، تغییرات خطی و درجه سومی را در عدد پراکسید گوشت ران جوجه‌های گوشتی نشان داد.

جدول ۴- اثرات سطوح مختلف باقلای بدون تانن بر فراسجدهای ریخت‌شناسی jejunum morphological and ileum contents microbial population (cfu/g) parameters of broiler chicken.

پارامترها Parameters	شاهد Control	میانگین مقدار احتمال P value			تیمار Treat.	خطای استاندارد SEM	درجه سوم Cubic	درجه دوم Quadratic	خطی Linear	میانگین خطای استاندارد SEM	میانگین‌های هر ردیف با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<0.05).	میانگین خطای استاندارد SEM
		شیره ۱۰ درصد باقلا 10 % zero-tannin faba bean diet	شیره ۲۰ درصد باقلا 20 % zero-tannin faba bean diet	شیره ۳۰ درصد باقلا 30 % zero-tannin faba bean diet								
طول پرز (میکرومتر) Villi length (mm)	969.3	1025.6	871.2	846.6	0.20	65.6	0.54	0.08	0.08	0.25	0.47	
عرض پرز (میکرومتر) Villi width (mm)	203.4	187.4	186.5	173.7	0.19	9.35	0.86	0.04	0.04	0.52	0.06	
عمق کریپت (میکرومتر) Crypt depth (mm)	244.7	237.7	216.0	200.8	0.26	17.14	0.81	0.05	0.05	0.78	0.19	
عمق کریپت/طول پرز Villi length/crypt depth ratio	4.10	4.35	4.11	4.23	0.92	0.29	0.82	0.90	0.90	0.52	0.70	
ضخامت لایه ماهیچه‌ای (میکرومتر) Thickness of muscle layer (µm)	158.5	143.5	138.5	176.5	0.54	13.93	0.20	0.58	0.58	0.71	0.80	
لاکتوباسیل <i>Lactobacillus</i>	9.03	9.52	9.68	9.36	0.39	0.26	0.15	0.35	0.35	0.89	0.14	
اشریشیاکلی <i>Escherichia coli</i>	9.52	9.77	9.45	9.29	0.67	0.27	0.46	0.43	0.43	0.57	0.96	

^{a,b,c} Means within same row with different superscripts differ (P < 0.05).

SEM: standard error of means.

جدول ۵- اثرات سطوح مختلف باقلای بدون تانن بر pH، اکسیداسیون چربی (نانومول مالون‌دی‌آلدئید بر میلی‌لیتر)، عدد پراکسید (میلی‌اکی‌والان‌گرم در کیلوگرم) و اسیدهای چرب آزاد (درصد اسیدلواتیک) گوشت ران جوجه‌های گوشتی

Parameters	شاهد	مقدار احتمال				میانگین خطای استاندارد SEM	تیمار Treatment	خطی Linear	درجه دوم Quadratic	درجه سوم Cubic	باقلا در مقایسه با شاهد Fab a bean vs control
		شاهد	چیره ۱۰ درصد باقلا 10 % zero-tannin faba bean diet	چیره ۲۰ درصد باقلا 20 % zero-tannin faba bean diet	چیره ۳۰ درصد باقلا 30 % zero-tannin faba bean diet						
پH	Control	5.55 ^a	5.50 ^{ab}	5.41 ^b	5.40 ^b	0.02	0.002	0.14	0.29	0.0005	0.01
pH	۱ (۱ روزگی)	5.55 ^a	5.50 ^{ab}	5.41 ^b	5.40 ^b	0.02	0.002	0.14	0.29	0.0005	0.01
	۷ (۷ روزگی)	6.27 ^a	6.11 ^b	6.07 ^c	5.87 ^d	0.009	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	۳۰ (۳۰ روزگی)	6.05 ^a	6.17 ^a	6.14 ^a	5.80 ^b	0.06	0.003	0.01	0.002	0.58	0.78
مالون‌دی‌آلدئید Malondialdehyde	Control	0.09 ^a	0.08 ^b	0.07 ^c	0.07 ^c	0.0009	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	۱ (۱ روزگی)	0.09 ^a	0.08 ^b	0.07 ^c	0.07 ^c	0.0009	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	۷ (۷ روزگی)	0.38 ^a	0.34 ^b	0.33 ^b	0.31 ^c	0.003	<0.0001	<0.0001	0.07	0.007	<0.0001
عدد پراکسید (۱۴ روزگی) Peroxide number (14 day)	Control	2.24 ^a	2.17 ^b	2.12 ^c	2.06 ^d	0.004	<0.0001	<0.0001	0.24	<0.0001	<0.0001
	۱ (۱ روزگی)	2.24 ^a	2.17 ^b	2.12 ^c	2.06 ^d	0.004	<0.0001	<0.0001	0.24	<0.0001	<0.0001
	۷ (۷ روزگی)	0.59 ^a	0.57 ^b	0.57 ^b	0.57 ^b	0.004	0.006	0.004	0.02	0.26	0.15
اسید چرب آزاد (۱۴ روزگی) Free fatty acids (14 day)	Control	0.59 ^a	0.57 ^b	0.57 ^b	0.57 ^b	0.004	0.006	0.004	0.02	0.26	0.15
	۱ (۱ روزگی)	0.59 ^a	0.57 ^b	0.57 ^b	0.57 ^b	0.004	0.006	0.004	0.02	0.26	0.15
	۷ (۷ روزگی)	1.24 ^a	0.99 ^b	0.89 ^c	0.79 ^d	0.004	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.04	<0.0001

^{abc} Means within same row with different superscripts differ (P < 0.05). SEM: standard error of means

فرآوری شده، پوست کنده شده و خرد شده به‌عنوان جایگزین با کنجاله‌سویا در سطح ۳۱ درصد تغذیه شدند، کیفیت گوشت مطلوبی داشتند (Laudadio et al., 2011). همچنین، در مطالعه‌ای نشان دادند که میزان کلاژن در عضلات سینه جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با باقلا از گروه شاهد بالاتر بود ($P < 0.05$) و استفاده از باقلا به‌عنوان جایگزین کنجاله‌سویا به‌میزان ۳۲ درصد در جیره‌های غذایی جوجه‌های گوشتی اثرات مثبتی بر صفات کیفیت گوشت داشت و همچنین، هیچ تأثیر منفی بر ظرفیت نگهداری آب، درصد افت لاشه و یا اجزای شیمیایی مهم عضلات سینه و ران مشاهده نشد. جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی باقلای بدون تانن به‌میزان ۳۲ درصد در مقایسه با پرندگان که با کنجاله‌سویا تغذیه می‌شوند، روشنی عضلات ران (۵۰/۲۲ در مقابل ۴۸/۳۸) و نسبت اسیدهای چرب اشباع نشده به اسیدهای چرب اشباع (۱/۲۱ در مقابل ۱/۰۸) بیشتری داشتند (Kuźniacka et al., 2020).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان از سطوح مختلف باقلای بدون تانن (رقم مهتا) تا ۳۰ درصد در جیره جوجه‌های گوشتی استفاده کرد، بدون اینکه تأثیر منفی بر عملکرد رشد و خصوصیات تولیدی جوجه‌های گوشتی داشته باشد. حتی تغییرات خطی افزایش وزن بهتری را در پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰ درصد باقلای بدون تانن در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با سایر جیره‌ها نشان داد. یکی از اثرات مطلوب گنجاندن سطوح مختلف باقلای بدون تانن در جیره جوجه‌های گوشتی بهبود کیفیت گوشت (کاهش pH، غلظت مالون‌دی‌آلدئید، عدد پر اکسید و اسیدهای چرب آزاد) می‌باشد، این مسئله از این جهت حائز اهمیت است که امروزه در دنیا، تحقیقات بیشتر به سمت افزایش کیفیت تولید می‌باشد. لذا، می‌توان باقلای بدون تانن را یک جایگزین مناسب برای کنجاله‌سویا در جیره جوجه‌های گوشتی به‌شمار آورد. در این تحقیق، استفاده از سطوح مختلف باقلای بدون تانن تأثیر منفی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون و شاخص‌های ریخت‌شناسی ژنوم و جمعیت میکروبی محتویات ایلئومی نداشت. در نهایت، با توجه به نتایج حاضر به نظر می‌رسد، از بین سطوح مختلف باقلای بدون تانن (۱۰، ۲۰، ۳۰ درصد) در جیره جوجه‌های گوشتی سطح ۱۰ درصد باقلای بدون تانن از لحاظ عملکرد جوجه گوشتی مناسب‌تر باشد و قابل رقابت با جیره شاهد (بدون باقلا) می‌باشد.

در کل، افزایش میزان استفاده از سطوح مختلف باقلای بدون تانن در جیره، عدد پراکسید گوشت ران را برای روز ۱۴ پس از کشتار کمتر کرد و به عبارتی، کیفیت گوشت بهبود یافت. در مورد مقدار اسید چرب آزاد گوشت ران در روز ۱۴ پس از کشتار نتایج نشان داد که پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد در مقایسه با پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های حاوی سطوح مختلف باقلای بدون تانن اسیدچرب آزاد بیشتری در گوشت ران دارند ($P < 0.05$). بیشترین اعداد مربوط به پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد (بدون باقلا) و معادل ۰/۵۹ و کمترین مقدار اسید چرب آزاد مربوط به پرندگان تغذیه شده با سطوح مختلف باقلای بدون تانن و معادل ۰/۵۷ می‌باشد. تجزیه تابعیت، تغییرات خطی و درجه دومی را در میزان اسیدهای چرب آزاد گوشت ران جوجه‌های گوشتی نشان داد. pH لاشه پرنده قبل از ذبح حدود ۷/۱ است، بعد از کشتار مقداری از گلیکوژن در گوشت به اسید لاکتیک تبدیل می‌شود، در نتیجه، pH کاهش می‌یابد. pH نهایی گوشت تحت تأثیر شرایط پیش از کشتار (مانند تغذیه و استرس)، تیمارهای پس از کشتار و فیزیولوژی عضله است. ذخیره گلیکوژنی کم عضله در هنگام کشتار مانع از این می‌شود که pH پس از کشتار به مقدار مطلوبی کاهش یابد. pH نهایی بالاتر ماندگاری گوشت را کاهش داده و روی رنگ، بافت و ظرفیت نگهداری آب گوشت تأثیر می‌گذارد. بعد از اینکه pH به حداقل خود می‌رسد با گذشت زمان و رسیدن گوشت، تجزیه پروتئین‌ها، افزایش بار ناشی از جذب یون‌های پتاسیم و رهایش یون‌های کلسیم سبب افزایش فشار اسمزی و در نتیجه، افزایش pH می‌شوند. در آزمایش حاضر، افزایش میزان استفاده از سطوح باقلای بدون تانن در جیره جوجه‌های گوشتی pH گوشت ران را برای روزهای ۷ و ۳۰ پس از کشتار کمتر کرد و به عبارت دیگر، کیفیت گوشت بهبود یافت. اکسیداسیون لیپید یک شاخص کیفی مهم برای چربی‌ها، گوشت و فرآورده‌های گوشتی به‌شمار می‌رود، زیرا لیپیدهای اکسید شده فقط رنگ، طعم، بو و یا ارزش غذایی خوراک را تغییر نمی‌دهند، بلکه سبب وقوع اثرات بیولوژیکی مضر بر سلامت انسان می‌شوند. تولید مالون‌دی‌آلدئید تا حدود زیادی فساد اکسیداتیو را بیان می‌کند. رادیکال‌های پراکسید چربی سبب آسیب سلولی با افزایش نفوذپذیری غشای سلولی و یا اتصال مستقیم به DNA و یا سایر ماکرومولکول‌ها نظیر پروتئین‌ها می‌شود (Kadim et al., 2006). در آزمایش حاضر، افزایش میزان استفاده از سطوح مختلف باقلای بدون تانن در جیره، عدد میزان مالون‌دی‌آلدئید، عدد پراکسید گوشت و اسیدهای چرب آزاد گوشت ران را کمتر کرد و به عبارتی، کیفیت گوشت بهبود یافت. نتایج آزمایشی نشان داد، جوجه‌های گوشتی که با باقلای بدون تانن

References

- Ahmed, A. E., Smithard, R., & Ellis, M. (1991). Activities of enzymes of the pancreas, and the lumen and mucosa of small intestine in growing broiler cockerels fed on tannin-containing diets. *British Journal of Nutrition*, 65(2), 189–197. <http://dx.doi.org/10.1079/BJN19910080>.
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76. <http://dx.doi.org/10.1006/abio.1996.0292>.
- Bilić-Sobot, D., Kubale, V., Škrlep, M., Čandek-Potokar, M., Prevornik Povše, M., Fazarinc, G., & Škorjanc, D. (2016). Effect of hydrolysable tannins on intestinal morphology, proliferation and apoptosis in entire male pigs. *Archives of Animal Nutrition*, 70(5), 378-388. <http://dx.doi.org/10.1080/1745039X.2016.1206735>.
- Botsoglou, N. A., Florou-Paneri, E., Christaki, D., Fletouris, J., & Spais, A. B. (2002). Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast thigh and abdominal fat tissues. *British Poultry Science*, 43(2), 223-230. <http://dx.doi.org/10.1080/00071660120121436>.
- Crepon, K., Marget, P., Peyronnet, C., Carrou, B., Arese, P., & Duc, G. (2010). Nutritional value of faba bean (*Vicia faba L.*) seeds for feed and food. *Field Crops Research*, 115, 329–339. new3.
- Dal Bosco, A., Ruggeri, S., Mattioli, S., Mugnai, C., Sirri, F., & Castellini, C. (2013). Effect of faba bean (*Vicia faba var. minor*) inclusion in starter and growing diet on performance, carcass, and meat characteristics of organic slow-growing chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 12(4), 472–478. <http://dx.doi.org/10.4081/ijas.2013.e76>.
- Emiola, I. A., Ojediran, T. K., & Ajayi, J. A. (2013). Biochemical and hematological indices of broiler chickens fed differently processed legume seed meals. *International Journal of Applied Agriculture and Apiculture Research*, 9(1&2), 140-149.
- Engberg, R. M., Hedemann, M. S., Lesser, T. D., & Jensen, B. B. (2000). Effect of zinc bacitracin and salinomycin on intestinal microflora and performance of broilers. *Poultry Science*, 79(9), 1311-1319. <http://dx.doi.org/10.1093/ps/79.9.1311>.
- Gao, J., Zhang, H. J., Yu, S. H., Wu, S. G., Yoon, I., Quigley, J., Gao, Y. P., & Qi, G. H. (2008). Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poultry Science*, 87(7), 1377-1384. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2007-00418>.
- Iji, P. A., Khumalo, K., Slippers, S., & Gous, R. M. (2004). Intestinal function and body growth of broiler chickens on maize-based diets supplemented with mimosa tannins and a microbial enzyme. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, new5
- Jezierny, D., Mosenthin, R., & Bauer, E. (2010). The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 157(3&4), 111–128. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.001>.
- Kadim, I. T., Mahgoub, O., Al-Kindi, A., Al-Marzooqi, W., & Al-Saqri, N. M. (2006). Effects of transportation at high ambient temperatures on physiological responses, carcass and meat quality characteristics of three breeds of omani goats. *Meat Science*, 73(4), 626-634. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.003>.
- Kidd, M. T. (2004). Nutritional modulation of immune function in broilers. *Poultry Science*, 83(4), 650-657. <http://dx.doi.org/10.1093/ps/83.4.650>.
- Kuźniacka, J., Banaszak, M., Biesek J., Maiorano, G., & Adamski, M. (2020). Effect of faba bean-based diets on the meat quality and fatty acids composition in breast muscles of broiler chickens. *Scientific Reports*, 10.1, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-62282-7>.
- Laudadio, V., Ceci, E., & Tufarelli, V. (2011). Productive traits and meat fatty acid profile of broiler chickens fed diets containing micronized faba beans (*Vicia faba L. var. minor*) as the main protein source. *Journal of Applied Poultry Research*, 20(1), 12–20. <http://dx.doi.org/10.3382/japr.2010-00173>.
- Longstaff, M., & McNab, J. M. (1991). The inhibitory effects of hull polysaccharides and tannins of field beans (*Vicia faba L.*) on the digestion of amino acids, starch, and lipid and on digestive enzyme activities in young chicks. *British Journal of Nutrition*, 65(2), 199–216. <http://dx.doi.org/10.1079/bjn19910081>.
- Milczarek, A., Osek, M., & Pachnik, M. (2016). Meat quality of broiler chickens fed mixtures with varied levels and varieties of faba bean. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*, 15(4), 29–40. <http://dx.doi.org/10.21005/asp.2016.15.4.03>.
- Moundras, C., Demigné, C., Morand, C., Levrat, M. A., & Révész, C. (1997). Lipid metabolism and lipoprotein susceptibility to peroxidation are affected by a protein-deficient diet in the rat. *Nutrition Research*, 17(1), 125-135. [http://dx.doi.org/10.1016/S0271-5317\(96\)00239-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0271-5317(96)00239-4).
- Nabuurs, M. J. A., Hoogendoorn, A., Van der Molen, E. J., & Van Osta, A. L. M. (1993). Villus height and crypt depth in weaned and unweaned pigs, reared under various circumstances in the Netherlands. *55(1)*, 78-84. [http://dx.doi.org/10.1016/0034-5288\(93\)90038-H](http://dx.doi.org/10.1016/0034-5288(93)90038-H).

20. Oluyinka, O., Robin, A., Walker, L., & Houdijk, J. G. M. (2019). Evaluation of the nutritive value of legume alternatives to soybean meal for broiler chickens. *Poultry Science*, 98(11), 5778-5788. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez374>.
21. Ortiz, L. T., Centeno, C., & Trevino, J. (1993). Tannins in faba bean seeds: Effects on the digestion of protein and amino acids in growing chicks. *Animal Feed Science and Technology*, 41(4), 271-278. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90002-2](http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401(93)90002-2).
22. Osek, M., Milczarek, A., Klocek, B., Turyk, Z., & Jakubowska, K. (2013). Effectiveness of mixtures with the fabaceae seeds in broiler chicken feeding. *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska. Section EE, Zootechnica*, 31, 77-86.
23. Perella, F., Mugnai, C., Bosco, A. D., Sirri, F., Cestola, E., & Castellini, C. (2009). Faba bean (*Vicia faba var. minor*) as a protein source for organic chickens: Performance and carcass characteristics. *Italian Journal of Animal Science*, 8(4), 575-584. <http://dx.doi.org/10.4081/ijas.2009.575>.
24. Proskina, L., & Sallija C. (2017). Faba beans and peas in poultry feed: economic assessment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(13), 4391-4398. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.8415>.
25. Santos, F. B. O., Santos, A. A., Ferket, P. R., & Sheldon, B. W. (2006). Influence of grain particle size and insoluble fiber content on salmonella colonization and shedding of turkeys fed corn-soybean meal diets. *International Journal of Poultry Science*, 5(8), 731-739. <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2006.731.739>.
26. SAS. (2005). SAS User Guide. Version 9.4. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
27. Shalaei, M., Hosseini, S. M., & Afzali, N. (2016). Evaluation of production performance and gut morphology of broiler chickens fed with antibiotic, organic acid, probiotic and prebiotic in tropical conditions research on animal production. *Research on Animal Production*, 7(14), 67-75. (In Persian).
28. Sheikh, F., & Feiz Bakhsh, M. T. (2020). Faba bean planting, growing, harvesting. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Agricultural Education and Extension publications, 90 pages (In Persian).
29. Sheikh, F., & Chekani, M. (2022). Comparison of fodder and seed yields of bean cultivars (suitable for animal feed and poultry feed). *Fodder and Animal Feed Promotional Magazine*, 2(1), 70-77. (In Persian).
30. Tomaszewska, E., Muszyński, S., Dobrowolski, P., Kwiecień, M., Klebaniuk, R., Szymańczyk, S., Tomczyk, A., Kowalik, S., Milczarek, A., & Świetlicka, I. (2018). The influence of dietary replacement of soybean meal with high-tannin faba beans on gut-bone axis and metabolic response in broiler chickens. *Annals of Animal Science*, 18(3), 801-824. <http://dx.doi.org/10.2478/aoas-2018-0019>.
31. Usayran, N. N. H., Sha'ar, H., Barbour, G. W., Yau, S. K., Maalouf, F., & Farran, M. T. (2014). Nutritional value, performance, carcass quality, visceral organ size, and blood clinical chemistry of broiler chicks fed 30% tannin-free fava bean diets. *Poultry Science*, 93(8), 1918-2027. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2014-03872>.
32. Woyengo, T. A., & Nyachoti, C. M. (2012). Ileal digestibility of amino acids for zero-tannin faba bean (*Vicia faba L.*) fed to broiler chicks. *new7*.
33. Yason, C. V., Summers, B. A., & Schat, K. A. (1987). Pathogenesis of rotavirus infection in various age groups of chickens and turkeys: pathology. *American Journal of Veterinary Research*, 48(6), 927-938.



Identification of Selective Signatures Associated with Resistance to Johne's Disease (JD) in Goat Breeds

Hossein Mohammadi^{1*}, Mohammad Shamsollahi²

Received: 10-01-2023
Revised: 22-02-2023
Accepted: 11-03-2023
Available Online: 11-03-2023

How to cite this article:

Mohammadi, H., & Shamsollahi, M. (2023). Identification of selective signatures associated with resistance to Johne's disease (JD) in goat breeds. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(3), 463-473.
DOI: [10.22067/ijasr.2023.80444.1120](https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.80444.1120)

Introduction: Paratuberculosis, or Johne's disease, is a chronic, granulomatous, gastrointestinal tract disease of goat and other ruminants caused by the bacterium *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* (MAP). The clinical signs of disease in goat are pipestream diarrhea, weight loss, and edema due to hypoproteinemia caused by protein-losing enteropathy. Knowledge concerning genetics of susceptibility to MAP infection can contribute to disease control programs by facilitating genetic selection for a less susceptible population to reduce incidence of infection in the future. The opportunity for genetic improvement in susceptibility to infection is evidenced by estimates of heritability of MAP infection ranging from 0.03 to 0.28 (Kirkpatrick and Lett, 2018). Domestication and selection has significantly changed the behavioral and phenotypic traits in modern domestic animals. The selection of animals by humans left detectable signatures on the genome of modern goat. The identification of these signals can help us to improve the genetic characteristics of economically important traits in goat. Over the last decade, interest in detection of genes or genomic regions that are targeted by selection has been growing. Identifying signatures of selection can provide valuable insights about the genes or genomic regions that are or have been under selection pressure, which in turn leads to a better understanding of genotype-phenotype relationships. The aim of this study was to identify the selection signatures using the unbiased Theta method associated with resistance to Johne's disease in two Italian goat breeds.

Materials and Methods: The work described here is a case-control association study using the Illumina Caprine SNP50 BeadChip to unravel the genes involved in susceptibility of goats to Johne's disease. Goats in herds with a high occurrence of Johne's disease were classified as healthy or infected based on the level of serum antibodies against MAP, and 331 animals were selected for the study. For the Siriana breed 174 samples (87 cases and 87 controls) were selected from 14 herds and for the Jonica breed 157 samples (77 cases and 80 controls) were selected from 10 herds. Cases were defined as animals serologically positive for MAP by ELISA with a sample to positive ratio (S/P) higher than 0.7 and MAP negative animals had a S/P lower than 0.6. Positive animals were tested twice with the ID Screen Paratuberculosis confirmation test. The 331 samples were genotyped using the Illumina GoatSNP50 BeadChip. SNP missing 5% of data, with MAF of <1% and Hardy-Weinberg equilibrium p-values <10⁻⁶ were removed. The genotyping efficiency for samples was also verified, and samples with more than 5% missing data were removed. Grouping was done to infer selection signatures based on F_{ST} statistic. Bioinformatics inquiries were conducted employing the Ensembl database (Cunningham et al., 2022), specifically for caprine genes (assembly ARS1). The aim was to pinpoint potential candidate genes that have either been previously reported in, or are situated within the genomic regions encompassing the peak of absolute extreme F_{ST} values. In this context, regions corresponding to the top and bottom 0.01% of acquired positive and negative F_{ST} scores were earmarked as areas undergoing selection. The identification of genes was executed through the application of a 250 Kb window both upstream and downstream of each core SNP.

Results and Discussion: By applying a threshold at the 99.90 percentile of the obtained Theta (θ) values, a

1- Assistant Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Ilam. Ilam, Iran.

*Corresponding Author's Email: mohammadi64@araku.ac.ir

total of 13 distinct genomic regions were identified in the Jonica breed. These regions were situated across chromosomes 1, 5, 7 (in 2 regions), 8, 9 (in 2 regions), 11, 16, 17, 18, and 20 (in 2 regions). Similarly, in the Siriana breed, genomic regions were pinpointed on chromosomes 3, 5 (in 2 regions), 10, 12, 16, 17, 18, 23, 24, and 29. Further exploration through bioinformatics tools brought to light the overlap of these genomic regions with genes associated with the immune system, disease resistance, bacterial infection resilience, response to oxidative stress, and tumor suppression. The study population size is relatively modest, predominantly due to the intricacy of procuring a substantial volume of blood samples from goats within commercial herds that have been diagnosed with JD and are poised for culling. It's worth noting that JD diagnosis and culling procedures are not infallible preventive measures. The gradual progression of the disease often leads to late-stage diagnosis, allowing subclinical goats to intermittently excrete MAP in the environment. As the infection and disease progress, the fecal shedding of MAP increases and contributes to its horizontal transmission. In combination with genetic improvement (innate protection), vaccination (acquired protection) will support eradicating this incurable disease.

Conclusions: To conclude, the findings of this study hold potential significance as they offer valuable insights for identifying genomic regions and subsequently, the genes that influence Johne's disease in goats. Nonetheless, additional research endeavors are essential to enhance and validate these outcomes. Utilizing a more extensive sample size, incorporating whole-genome sequencing, and implementing high-density genotyping are imperative steps to further refine and strengthen these findings.

Keywords: Immune system, Johne's disease, Theta statistic, Signal selection

شناسایی نشانه‌های انتخاب مرتبط با مقاومت به بیماری یون (JD) در نژادهای بز

حسین محمدی^{۱*}، محمد شمس‌اللهی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۰

چکیده

پاراتوبرکلوزیس یا بیماری یون (JD) یکی از بیماری‌های مهم مزمن التهاب روده‌ای در نشخوارکنندگان است. هدف پژوهش حاضر، شناسایی نشانه‌های انتخاب با استفاده از آماره نآریب تتا مرتبط با مقاومت به بیماری یون در دو نژاد بز جانیکا و سیرینا می‌باشد. به این منظور، مجموع ۳۳۱ حیوان برای ۵۳۳۴۵ جایگاه نشانگری SNP با استفاده از تراشه‌های Caprine SNP50 BeadChip تعیین ژنوتیپ شدند. پس از کنترل کیفیت داده‌های اولیه در نهایت، ۵۱۱۸۲ نشانگر SNP و ۳۲۶ رأس دام وارد آنالیزهای بعدی شدند. حیوانات مورد استفاده بر اساس آزمون آنتی‌بادی سرم خون (الیزا) در دو دسته مقاوم به بیماری یا سالم (۱۶۲) و بیمار (۱۶۴) گروه‌بندی شدند. با در نظر گرفتن صدک ۹۹/۹ کل ارزش‌های تتا، سیزده ناحیه ژنومی در نژاد جانیکا روی کروموزوم‌های ۱، ۵، ۷ (دو منطقه)، ۸، ۹ (دو منطقه)، ۱۱، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۲۰ (دو منطقه) شناسایی شدند. همچنین، در نژاد سیرینا نواحی ژنومی روی کروموزوم‌های ۳، ۵ (دو منطقه)، ۱۰، ۱۲، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۲۳، ۲۴ و ۲۹ بالاتر از این دامنه بودند، شناسایی شدند. بررسی ژن‌های گزارش شده در این مناطق نشان داد که در داخل یا مجاورت این نواحی، ژن‌های *IL4*، *IL13*، *TLR2*، *TLR4*، *IFNGR1*، *CHI3L2*، *PPFIBP1* و *DENND5B* قرار داشتند. بررسی بیوانفورماتیکی این مناطق نشان داد، ژن‌های موجود در این مناطق با سیستم ایمنی، مقاومت به بیماری و عفونت باکتریایی، پاسخ به استرس اکسیداتیو و سرکوب سرطان مرتبط هستند. نتایج این تحقیق می‌تواند منبع اطلاعاتی ارزشمندی در زمینه شناسایی مناطق ژنومی و در نتیجه، ژن‌های مرتبط با بیماری یون در نژادهای مختلف بز فراهم آورد.

واژه‌های کلیدی: آماره تتا، بیماری یون، سیستم ایمنی، سیگنال‌های انتخاب

مقدمه

و حذف پیش از موعد دام از پیامدهای اقتصادی این بیماری است. یکی از جنبه‌های مورد توجه در مورد بیماری یون، ارتباط آن با بیماری کرون (Crohn's disease) است که یک بیماری مزمن و مشابه بیماری یون در انسان می‌باشد (Kuenstner et al., 2017). طی دهه‌های اخیر تمایل به شناسایی ژن‌ها و نواحی ژنومی که هدف انتخاب بوده‌اند، رو به افزایش بوده است. شناسایی نشانه‌های انتخاب می‌تواند دیدگاه‌های ارزشمندی در مورد ژن‌ها و یا مناطق ژنومی که تحت فشار انتخاب بوده و یا هستند، فراهم کند که به نوبه خود منجر به درک بهتر ارتباط ژنوتیپ و فنوتیپ می‌شود. چنانچه یک جهش جدید باعث افزایش شایستگی افراد حامل آن نسبت به سایر افراد جامعه شود، انتخاب باعث می‌شود، افرادی که دارای شایستگی بیشتری هستند در تشکیل نسل بعد مشارکت بیشتری داشته باشند (Khaltabadi Farahani et al., 2020). بدین ترتیب فراوانی واریانت جهش یافته، بسته به سهم آن در افزایش شایستگی به سرعت شروع به افزایش خواهد کرد (Asadollahpour Nanaei et al.,)

پاراتوبرکلوزیس یا بیماری یون (Johne's disease) از بیماری‌های مسری و از عفونت‌های مزمن روده باریک می‌باشد که عامل اصلی آن مایکوباکتریوم آویوم زیرگونه پاراتوبرکلوزیس در نشخوارکنندگان می‌باشد (Sweeney et al., 2012). این بیماری از جنبه شیوع از گسترده‌ترین و از لحاظ اهمیت اقتصادی از مهم‌ترین بیماری‌ها در صنعت دامپروری محسوب می‌شود. علائم این بیماری شامل اسهال شدید، کم خونی، لاغری مفرط و در نهایت، منجر به مرگ دام می‌شود. کاهش تولید، افزایش حساسیت به سایر بیماری‌ها

۱- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

۲- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

*- نویسنده مسئول: (Email: mohammadi64@araku.ac.ir)

DOI: 10.22067/ijasr.2023.80444.1120

انتخاب آن‌ها را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. با توجه به مطالب بیان شده، این مناطق ژنومی عمدتاً با ژن‌های عمده اثر و صفات مهم اقتصادی همراه هستند و دارای اهمیت زیادی می‌باشند (Azizpour *et al.*, 2020). از طرف دیگر، با توجه به اهمیت صفات سلامت و آسیب‌های ناشی از بیماری‌ها در صنعت دام سبک، هدف از این تحقیق، کاوش ژنومی نشانه‌های انتخاب و شناسایی نواحی کاندیدای مرتبط با بیماری یون (JD) در سطح ژنوم نژادهای مختلف بز بود.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، از اطلاعات ژنوتیپی مجموع ۳۳۱ رأس بزهای غیر خویشاوند مربوط به ۱۵۷ نمونه نژاد جانیکا (۷۷ رأس مقاوم به بیماری یا سالم و ۸۰ رأس بیمار) و ۱۷۴ نمونه بزهای نژاد سیرپانا (۸۷ رأس مقاوم به بیماری یا سالم و ۸۷ رأس بیمار) استفاده شد (Minozzi *et al.*, 2023). لازم به ذکر است که مدیریت استخراج DNA و تعیین ژنوتیپ نمونه‌ها نیز توسط دانشگاه میلان کشور ایتالیا انجام شد. پس از اطمینان از کمیت و کیفیت بالای DNA استخراج شده، نمونه‌ها با استفاده از آرایه‌های شرکت ایلومینا با آرایه‌های Caprine SNP50 BeadChip تعیین ژنوتیپ شدند. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش در پایگاه برخط ذخیره داده‌های ژنومی ownCloud با شماره دسترسی (u8yfoXKCaIPxelQ) در دسترس می‌باشد.

جهت اطمینان از کیفیت داده‌های حاصل از تعیین ژنوتیپ در تجزیه نهایی، ویرایش داده‌ها و مراحل مختلف کنترل کیفیت با استفاده نرم‌افزار PLINK (نسخه ۱/۹) (Purcell *et al.*, 2007) روی داده‌های اولیه تعیین ژنوتیپ شده انجام شد. در نخستین مرحله، دام‌هایی با بیش از پنج درصد ژنوتیپ از دست رفته از آنالیزهای بعدی حذف شدند. سپس از دو عامل فراوانی آلی نادر (MAF) و نرخ تعیین ژنوتیپ (Call rate) برای هر نشانگر SNP محاسبه شده و SNP‌هایی که در مجموع دام‌ها دارای MAF و Call rate به ترتیب کمتر از یک درصد و ۹۵ درصد بودند، از مراحل بعدی آنالیزها کنار گذاشته شدند. سپس نشانگرهای باقی‌مانده که به شدت از تعادل هاردی-واینبرگ انحراف داشتند ($p\text{-values} < 10^{-6}$) به عنوان معیار دیگری از خطای تعیین ژنوتیپ از آنالیز نهایی کنار گذاشته شدند.

آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) پس از گذراندن مراحل کنترل کیفیت داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار PLINK V1.9 محاسبه و گراف PCA توسط نرم‌افزار برنامه R نسخه ۴/۲ ترسیم شد تا علاوه بر تفکیک نژادها، دام‌هایی که خارج از توده نژادی خود قرار دارند، برای حذف شناسایی شوند.

به عبارت دیگر، هنگامی که انتخاب مثبت به سمت افزایش فراوانی آلل مطلوب پیش می‌رود، جایگاه‌های نزدیک به این جایگاه اگر هم اثرشان خنثی باشد به علت پیوسته بودن با آلل مطلوب، تحت تأثیر قرار می‌گیرد که در نتیجه این پدیده، الگوی تنوع ژنتیکی و عدم تعادل لینکاژی (LD) در جایگاه‌های اطراف این جهش انتخابی تغییر خواهد کرد، به طوری که هر چه به این آلل جدید نزدیک می‌شویم، میزان تنوع ژنتیکی کاهش و LD افزایش پیدا می‌کند. به این الگوها نشانه‌های انتخاب (Selection Signatures) یا ردپای انتخاب (Selection footprints) گفته می‌شود (Rostamzadeh Mahdabi *et al.*, 2021). یکی از مهم‌ترین آزمون‌های آماری شناسایی نشانه‌های انتخاب، آماره تمایز جمعیتی یا شاخص تثبیت (F_{ST}) می‌باشد. یکی از مشکلات اصلی روش این می‌باشد که خطای نمونه‌گیری را در نظر نمی‌گیرد که این مورد با استفاده از روش ناریب تتا (θ) تصحیح شده است. در پژوهشی با هدف شناسایی نشانه‌های انتخاب مرتبط با مقاومت به تنش حرارتی و پاسخ سیستم ایمنی در نژادهای مرغ بومی ایران با استفاده از آماره F_{ST} انجام شده بود. نتایج این تحقیق نشان داد، نواحی ژنومی روی کروموزوم‌های ۱، ۳، ۵، ۷، ۸، ۱۰ و ۱۳ دارای نشانه‌های انتخاب هستند. این مناطق ژنومی شامل ژن‌های کاندیدای *HSPA9*، *HSP70*، *HSP90AB1* و *PLCB4* بودند که نقش کلیدی در آدپتاسیون، سیستم ایمنی و مقاومت به تنش حرارتی دارند (Asadollahpour Nanaei *et al.*, 2022).

طی پژوهشی روی گاوهای هلشتاین با هدف شناسایی نشانه‌های انتخاب با استفاده از آماره F_{ST} مرتبط با بیماری لکوز گاوی (BLV) انجام شده بود. نتایج این تحقیق چهار منطقه ژنومی روی کروموزوم‌های ۱، ۱۳، ۲۰ و ۲۲ گزارش کردند که ژن‌های کاندیدای موجود در این مناطق با سیستم ایمنی و سرکوب سرطان مرتبط بودند (Javan Nikkha, 2019). همچنین مطالعه پوشش ژنومی با هدف شناسایی مناطق ژنومی مرتبط با صفات تولیدی و بیماری با استفاده از آماره F_{ST} در نژادهای مختلف گاو شیری انجام شده است که منجر به شناسایی مناطق ژنومی روی کروموزوم‌های ۳، ۶، ۷، ۹ و ۲۷ شده بود که حاوی ژن‌های کاندیدای *DEFB4*، *DEFB7* و *DEFB10* مرتبط با بیماری ورم پستان بودند (Saravanan *et al.*, 2021).

شناسایی مناطق ژنومی در نژاد گاو نلور و بررسی تمایز جمعیتی با استفاده از آماره F_{ST} نشان داد که چندین منطقه ژنومی روی کروموزوم‌های ۱، ۳، ۴، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۸ و ۲۳ دارای شواهدی از انتخاب می‌باشند. بررسی مناطق کاندیدا نیز حاکی از آن بود که ژن‌های موجود در این مناطق با صفات مهم اقتصادی مرتبط با آدپتاسیون به آب و هوای گرم و خشک، رشد و اندازه بدن و بازده خوراک هم‌پوشانی دارند (Maiorano *et al.*, 2022).

به‌طور کلی، مناطقی از ژنوم که تحت انتخاب هستند، بایستی اهمیت شایستگی و عملکردی داشته باشند، در غیر این صورت،

UniProtKB و (<http://www.genecards.org>)
(<http://www.uniprot.org>) استفاده شد.

نتایج و بحث

مراحل مختلف کنترل کیفیت روی مجموع ۵۳۳۴۵ نشانگر SNP در ۱۵۷ رأس بز نژاد بز جانیکا (۷۷ رأس مقاوم به بیماری یا سالم و ۸۰ رأس بیمار) انجام شد. ابتدا تعداد پنج رأس بز به‌علت درصد SNP تعیین ژنوتیپ شده کمتر از ۹۵ درصد حذف شدند. از بین SNPهای اولیه نیز تعداد ۱۱۳۵ و ۹۶۱ نشانگر به‌دلیل پایین بودن به‌ترتیب فراوانی آللی نادر و نرخ تعیین ژنوتیپ حذف شدند. در نهایت، تعداد ۶۷ نشانگر SNP به‌خاطر انحراف از تعادل هاردی-واینبرگ از مراحل بعدی کنار گذاشته شدند. در پایان، پس از اجرای مراحل کنترل کیفیت داده‌ها، ۵۱۱۸۲ نشانگر و ۱۵۲ رأس دام (۷۵ سالم و ۷۷ بیمار) توانستند مراحل مختلف فیلتراسیون داده‌ها را بگذرانند و برای تجزیه و تحلیل‌های بعدی باقی بمانند.

همچنین در ارتباط با تعداد ۱۷۴ رأس بز نژاد سیرینا (۸۷ رأس مقاوم به بیماری یا سالم و ۸۷ رأس بیمار)، هیچ حیوانی به‌علت درصد SNP تعیین ژنوتیپ شده کمتر از ۹۵ درصد حذف شدند. از بین SNPهای اولیه نیز تعداد ۱۳۶۲ و ۷۲۵ نشانگر به‌دلیل پایین بودن به‌ترتیب فراوانی آللی نادر و نرخ تعیین ژنوتیپ حذف شدند؛ و در نهایت، تعداد ۷۳ نشانگر SNP به‌خاطر انحراف از تعادل هاردی-واینبرگ از مراحل بعدی کنار گذاشته شدند. در پایان، پس از اجرای مراحل کنترل کیفیت داده‌ها، ۵۱۱۸۵ نشانگر و ۱۷۴ رأس دام توانستند مراحل مختلف فیلتراسیون داده‌ها را بگذرانند.

به‌منظور بررسی نحوه قرار گرفتن حیوانات در گروه‌های نژادی، تجزیه و تحلیل PCA با به‌کارگیری اطلاعات تعیین ژنوتیپی بین نژادهای جانیکا و سیرینا به‌عنوان راهی متمایز به‌منظور توصیف واگرایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج آنالیز PCA نشان داد که با PC1 نژاد سیرینا و PC2 نژاد جانیکا به‌خوبی از یکدیگر تفکیک و جدا شدند و در هیچ نقطه‌ای با هم هم‌پوشانی ندارند.

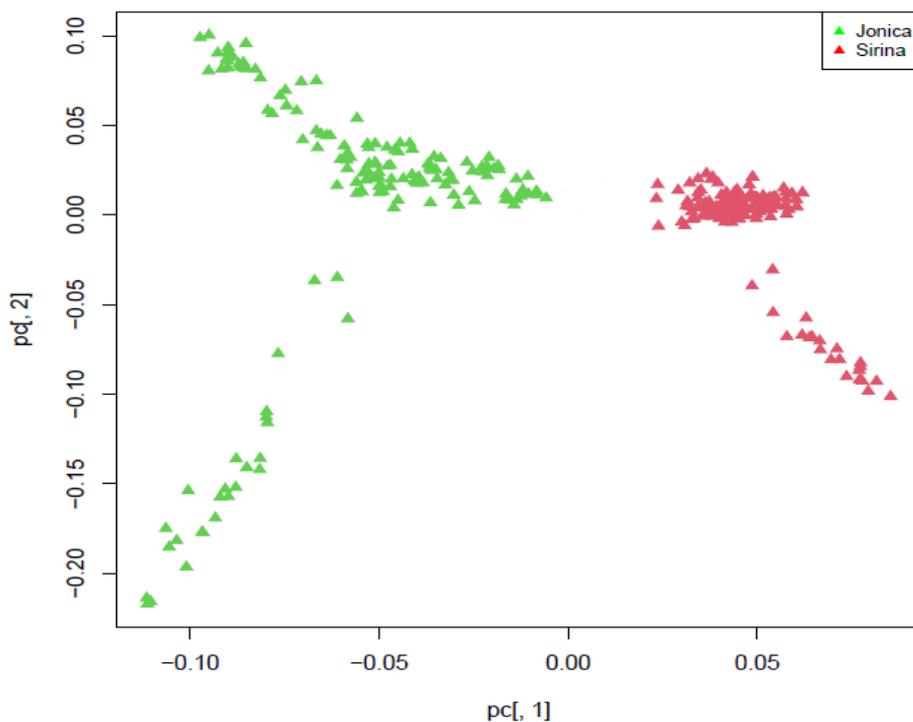
با توجه به اینکه انتخاب، علاوه‌بر جهش سودمند جایگاه‌های مجاور آن را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد (Akey et al., 2002)، در این پژوهش جهت شناسایی بهتر سیگنال‌های انتخاب در سطح ژنوم به‌جای در نظر گرفتن ارزش عددی هر SNP، میانگین‌گیری ارزش-های عددی SNPهای مجاور به‌روش CW با طول ۱۰ SNP صورت گرفت و تنها ۰/۱ درصد مناطقی از ژنوم که در آن تمام نشانگرهای مجاور دارای ارزش بالایی باشند، به‌عنوان نشانه‌های انتخاب شناسایی و تعیین شدند (شکل‌های ۲ و ۳).

آنالیز آماری شناسایی نشانه‌های انتخاب

در این پژوهش، برای شناسایی نشانه‌های انتخاب مرتبط با مقاومت به بیماری یون ابتدا حیوانات براساس ابتلا به این بیماری به دو گروه مقاوم به بیماری یا سالم (موردی) و بیمار (شاهد) دسته‌بندی شدند. برای شناسایی و دسته‌بندی دام‌های مورد بررسی در این پژوهش از آزمایش آنتی‌بادی سرم خون (الایزا) دام‌ها استفاده شده و دام‌های سرم مثبت، بیمار (شاهد) و دام‌های سرم منفی، مقاوم به بیماری یا سالم (موردی) دسته‌بندی شدند. سپس برای شناسایی نواحی تحت انتخاب از آزمون تمایز جمعیتی F_{ST} استفاده شد. آزمون تمایز جمعیتی F_{ST} به دو روش رایت (Wright, 1965) و روش برآوردگر ناریب تتا (θ) (Weir and Cockerham, 1984) محاسبه می‌شود. یکی از مشکلات اصلی روش رایت، عدم در نظر گرفتن خطای نمونه‌گیری است که این مشکل توسط ویر و کوکرهام (Weir and Cockerham, 1984) با ارائه روش تتا تصحیح شد که مستقل از شمار گروه‌های نمونه‌گیری شده و شمار افراد داخل هر گروه است. ارزش‌های به‌دست آمده از این روش‌ها بین صفر تا یک متغیر است. محاسبه‌های مربوط به دو روش رایت و تتا در محیط R برنامه‌نویسی شد. جهت شناسایی بهتر سیگنال‌های انتخاب در سطح ژنوم به‌جای در نظر گرفتن ارزش عددی هر SNP از میانگین‌گیری ارزش‌های عددی SNPهای مجاور به‌روش Creeping Window (CW) با طول ۵۰۰ کیلو جفت باز استفاده شد (Kim et al., 2015) و تنها ۰/۱ درصد مناطقی از ژنوم که در آن تمام نشانگرهای مجاور ارزش بالایی داشتند، به‌عنوان نشانه‌های انتخاب شناسایی و تعیین شدند (Kijas et al., 2021; Saravanan et al., 2021). در این تحقیق، برای ترسیم گراف ارزش‌های Win10 در مقابل موقعیت ژنومی از بسته نرم‌افزاری ggplot در برنامه R استفاده گردید.

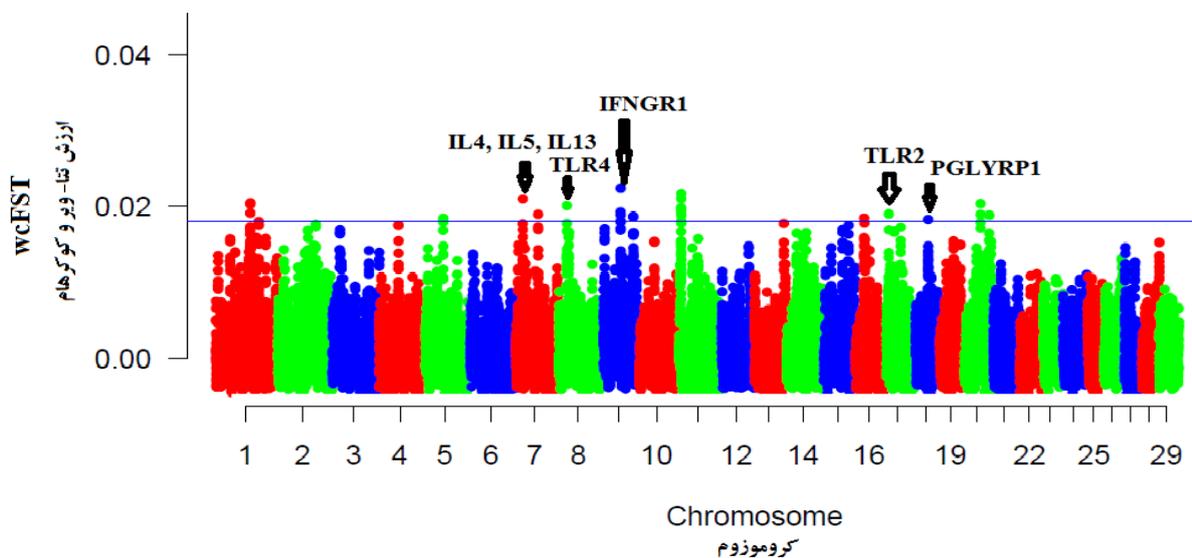
بررسی ژن‌های گزارش شده در مناطق ژنومی حاوی نشانه‌های انتخاب

پس از مرتب کردن نشانگرها بر پایه ارزش محاسبه شده با استفاده از نرم‌افزار Excel صدک ۹۹/۹ محاسبه و مناطقی که برای همه نشانگرهای مجاور ارزش بالایی داشتند، به‌عنوان نشانه انتخاب در نظر گرفته شدند. مناطق دارای ارزش بالای تتا می‌توانند نشان-دهنده مناطقی از ژنوم باشند که در گروه‌های سالم (موردی) و بیمار (شاهد) به‌صورت متمایز هدف انتخاب قرار گرفته باشند. برای بررسی ژن‌های گزارش شده در این مناطق و ۲۵۰ کیلو جفت‌باز اطراف آن‌ها از پایگاه اطلاعاتی برخط Database Ensembl Genes 108 به‌وسیله BioMart (www.ensembl.org/biomart) مورد بررسی قرار گرفت. برای تفسیر بهتر عملکرد ژن‌های به‌دست آمده از پایگاه اطلاعاتی آنالیز GeneCards



شکل ۱- خوشه‌بندی حیوانات بر اساس آنالیز PCA با استفاده از اطلاعات ژنوتیپی تمام حیوانات

Figure 1- Animals clustered on the basis of principal components analysis (PCA) using genotyping information animals

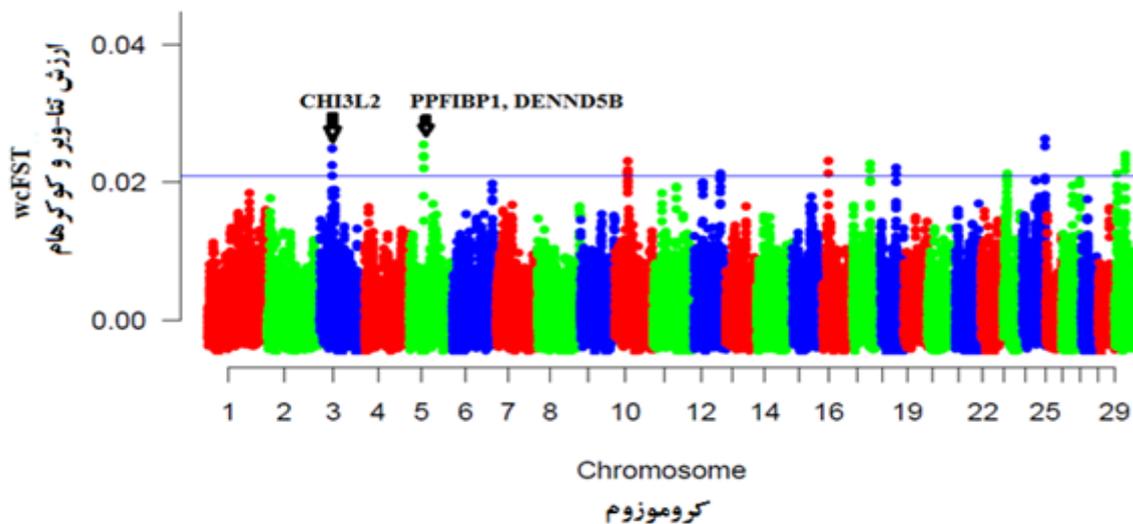


شکل ۲- توزیع ارزش‌های win10 تتا در سطح ژنوم حیوانات سالم و بیمار به بیماری یون در نژاد بز جانیکا

Figure 1- Distribution of 10 windowed theta values for healthy and patient in Jonica breed of Johne's disease

موقعیت ژنومی SNPها بر روی محور X و ارزش‌های تتای آنها بر روی محور Y نشان داده شده است. خط ترسیم شده نشان‌دهنده ۹۹/۹ صدک کروموزوم‌ها است.

The SNP position on different chromosomes shown on the X-axis, and theta values are plotted on the Y-axis. The values above the line are in the 99.9 percentile of all Theta values.



شکل ۳- توزیع ارزش‌های win10 تتا در سطح ژنوم حیوانات سالم و بیمار به بیماری یون در نژاد بز سیرینا

Figure 1- Distribution of 10 windowed theta values for healthy and patient breed of Johne's disease

موقعیت ژنومی SNPها بر روی محور X و ارزش‌های تتای آن‌ها بر روی محور Y نشان داده شده است. خط ترسیم شده نشان‌دهنده ۹۹/۹ صدک کروموزوم‌ها است. The SNP position on different chromosomes shown on the X-axis, and theta values are plotted on the Y-axis. The values above the line are in the 99.9 percentile of all Theta values.

با سیستم ایمنی، بیماری‌های خود ایمنی، انواع سرطان و سیستم عصبی مرتبط می‌باشند (Abbasi Moshaii, 2018). پس از شناسایی نواحی ژنومی تحت انتخاب، ژن‌های موجود در این مناطق شناسایی و عملکرد بیوشیمیایی آن‌ها بررسی شدند (جداول ۱ و ۲). ژن‌های مشخص شده در جداول ۱-۲ عملکردهای متفاوتی در سیستم ایمنی بدن، مقاومت به عفونت‌های باکتریایی و انگلی بوده که می‌توانند به‌طور مستقیم و غیر مستقیم با صفت مقاومت به بیماری یون مرتبط باشند.

در مجموع، ۷۵ ژن که در ارتباط با منطقه انتخابی بودند، از این طریق تعیین شدند. اطلاعات مربوطه به این ژن‌ها در جداول ۱-۲ آورده شده است. در این بخش، برخی از ژن‌ها که احتمالاً تحت انتخاب مثبت مرتبط با سیستم ایمنی بوده‌اند، مورد بحث و تحلیل قرار می‌گیرند. شماری از ژن‌ها در این بررسی به‌عنوان نشانه‌های انتخاب گزارش شده‌اند، با بررسی‌های پیشین هم‌خوانی داشت.

انتخاب قوی برای عملکرد سامانه ایمنی ممکن است پس از قرار گرفتن حیوانات در معرض عامل‌های بیماری‌زای جدید هنگام تغییر در مدیریت پرورشی برای اهلی شدن و شکل‌گیری نژاد رخ دهد (Ramey et al., 2013). اینترلوکین‌ها جزوی از خانواده سایتوکین‌ها می‌باشند. سایتوکین‌ها (Cytokines) خانواده بزرگی از مولکول‌های قابل حل در آب هستند که نقش تنظیمی در پاسخ به التهاب دارند. سایتوکین‌ها پروتئین‌های محلولی هستند که در تنظیم ایمنی نقش دارند. به‌طوری‌که هم در ایمنی ذاتی و هم در ایمنی اکتسابی نقش

حد آستانه در نظر گرفته شده سخت‌گیرانه بود و فقط مناطقی که بیشترین تمایز جمعیتی را در این نژادها را نشان می‌دهند و مشابه با مطالعه ژو و همکاران (Zhu et al., 2015) بر روی گوسفندان نژاد مختلف بود. مناطقی که دارای ارزش بالایی تتا می‌توانند نشان‌دهنده مناطقی از ژنوم باشند که در گروه‌های سالم و بیمار به‌صورت متمایز هدف انتخاب قرار گرفته و می‌توانند به‌عنوان کاندیدا برای این صفت مهم اقتصادی در نژادهای مورد مطالعه باشند.

نتایج به‌دست آمده در نژاد جانیکا نشان داد، ۱۳ ناحیه ژنومی بر روی کروموزوم‌های ۱، ۵، ۷ (دو منطقه)، ۸، ۹ (دو منطقه)، ۱۱، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۲۰ (دو منطقه) تفرق جمعیتی بالایی داشته و دارای ارزش تتای بالاتر ۰/۱ درصد می‌باشند (شکل ۱). همچنین در ارتباط با نژاد سیرینا نتایج به‌دست آمده، حاکی از آن بود که مناطق ژنومی روی کروموزوم‌های ۳، ۵، ۱۰، ۱۲، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۲۳، ۲۴ و ۲۹ تفرق جمعیتی بالایی داشته و دارای ارزش تتای بالایی بین دو جمعیت مقاوم به بیماری یا سالم و بیمار قرار داشت (شکل ۲).

از روش نشانه‌های انتخاب و آماره تتا تاکنون جهت شناسایی مناطق ژنومی مرتبط با بیماری‌های مختلف در دام‌های اهلی استفاده شده است. در یک بررسی با هدف شناسایی مناطق ژنومی مرتبط با بیماری ورم پستان در گاوهای هلشتاین آلمانی از آماره تمایز جمعیتی تتا استفاده کردند. نتایج آن‌ها منجر به شناسایی مناطق ژنومی کاندیدا روی کروموزوم‌های ۱، ۳، ۵، ۶، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ شده بود و بررسی بیوانفورماتیکی این مناطق نشان داد که ژن‌های موجود در این مناطق

بارکی بومی مصر با ۴۹۰۰۰ نشانگر SNP با هدف شناسایی نواحی ژنومی تحت انتخاب مثبت به آب و هوای گرم و خشک نشان داد که چندین منطقه ژنومی روی کروموزوم‌های ۱، ۳، ۷، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۷، ۱۹ و ۲۱ دارای شواهدی از انتخاب می‌باشند. بررسی ژن‌های گزارش شده (*IL21*، *IL7*، *IL2* و *IL1R1*) حاکی از آن بود که این مناطق با ژن‌های مرتبط به استرس گرمایی، سیستم عصبی و پاسخ سیستم ایمنی هم‌پوشانی دارند (Kim et al., 2015).

دارند. ژن‌های *IL5*، *IL4*، *IL13* هم جزو گروه سایتوکین‌ها (IL1a، IL1b، IL4R، IL5، IL7، IL15، IL23A، IFN-c) نقش کلیدی در پاسخ‌های ایمنی دارند (https://www.genecards.org). در مطالعه-ای در گاوهای هلشتاین چینی، ژن *IL5* و *IL23R* در ارتباط با ایمنی ذاتی با بیماری مایوباکتریوم آویوم زیر گونه پاراتوبرکلوزیس گزارش شده است (Gao et al., 2018). شناسایی مناطق ژنومی با استفاده از آماره تتا در گوسفند و بز نژاد

جدول ۱- نواحی ژنومی تحت انتخاب و ژن‌های شناسایی شده در این مناطق ژنومی مرتبط با مقاومت به بیماری یون در نژاد جانیکا

Table 1- Genomic regions containing selection signatures in resistant animals with Johne's disease, and genes reported in these genomic regions in Jonica breed

شماره کروموزوم Number of chromosome	موقعیت ژنومی (جفت باز) Genomic position (bp)	ژن‌های موجود در ناحیه ژنومی Reported genes in the region
1	85422458:85922458	<i>U6</i> , <i>FXR1</i>
5	43264473:43764473	<i>BEST3</i> , <i>LRRC10</i> , <i>CCT2</i> , <i>FRS2</i>
7	88434373:88934373	<i>SLC22A4</i> , <i>IRF1</i> , <i>IL5</i> , <i>RAD50</i> , <i>IL13</i> , <i>IL4</i>
7	54412582:54912582	<i>KIF3A</i> , <i>KIF4A</i>
8	106466079:106966079	<i>TLR4</i> , <i>PEX7</i> , <i>SLC35D3</i>
9	42736335:43236335	<i>IL20RA</i> , <i>IL22RA2</i>
9	61948202:62448202	<i>IL22RA2</i> , <i>IFNGR1</i>
11	4221335:4721335	<i>LIPT1</i> , <i>MITD1</i> , <i>MRPL30</i> , <i>LYG2</i> , <i>LYG1</i> , <i>TXNDC9</i> , <i>EIF5B</i> , <i>REV1</i>
16	20765529:21265529	<i>LYPLAL1</i>
17	66587333:67087333	<i>MND1</i> , <i>TMEM131L</i> , <i>TLR2</i> , <i>RNF175</i> , <i>SFRP2</i>
18	54312264:54812264	<i>QPCTL</i> , <i>FBXO46</i> , <i>DMPK</i> , <i>FOXA3</i> , <i>IRF2BP1</i> , <i>MYPOP</i> , <i>CCDC61</i> , <i>PGLYRP1</i> , <i>IGFL1</i> , <i>PPP5C</i>
20	38685759:39185759	<i>PRLR</i> , <i>AGXT2</i>
20	38757897:39257897	<i>DNAJC21</i> , <i>BRIX1</i>

سیگنال‌های انتخاب بر روی بزهای نژاد Du'an Goat را گزارش کردند.

ژن کاندیدای *PGLYRP1* در ناحیه بین ۵۴/۵۶۶ و ۵۴/۵۶۲ مگا جفت باز روی کروموزوم ۱۸ بز قرار گرفته است. ژن *PGLYRP1* نقش تنظیمی فعال کننده T-cell می‌باشد. گیرنده‌های لئوسیت‌های سلول‌های T می‌باشد که در پاسخ ایمنی ذاتی نقش دارند. وجود سلول‌های T برای واکنش ایمنی ضروری است و بدون آن‌ها، بدن نمی‌تواند با عفونت‌ها مقابله کند. ارتباط معنی‌داری بین چندشکلی در ژن *PGLYRP1* با شمارش سلول‌های سوماتیک در گاوهای شیری هلشتاین گزارش شده است (Wang et al., 2013). همچنین ارتباط معنی‌داری بین چندشکلی در ژن *PGLYRP1* با انواع سرطان در انسان گزارش شده است (Cui et al., 2022).

ژن‌های کاندیدای *TLR2* و *TLR4* به ترتیب روی کروموزوم‌های ۱۷ و ۸ در نواحی ژنومی ۶۶/۸۳ و ۱۰۶/۷۱ مگابازی گونه بز قرار دارند. TLRها، خانواده‌ای از گیرنده‌های شناسایی الگو هستند که در سیر تکامل، بدون تغییر مانده و حفظ شده‌اند، و در بسیاری از انواع سلول‌ها بیان می‌شوند و نقش اساسی را در پاسخ‌های ایمنی ذاتی بر ضد میکروب‌ها ایفاء می‌کنند (https://www.genecards.org). در مطالعات پویش ژنومی مختلفی ارتباط معنی‌داری بین ژن کاندیدای *TLR2* با مقاومت به تنش حرارتی و سیستم ایمنی در بز گزارش شده است (Abioja et al., 2023).

ژن کاندیدای *IFNGR1* روی کروموزوم شماره ۹ در ناحیه ژنومی ۶۲/۱۹ مگا جفت‌بازی گونه بز قرار دارد. ژن *IFNGR1* نقش مرکزی در پاسخ ایمنی ذاتی به پاتوژن‌ها را دارد. همچنین در فرآیندهای مسیره‌های ایمنی در تولید سایتوکین‌ها دارد. ژن *IFNGR1* در مطالعه چن و همکاران (Chen et al., 2020) با هدف شناسایی

جدول ۲- نواحی ژنومی تحت انتخاب و ژن‌های شناسایی شده در این مناطق ژنومی مرتبط با مقاومت به بیماری یون در نژاد سیرینا
Table 2- Genomic regions containing selection signatures in resistant animals with Johne's disease, and genes reported in these genomic regions in Siriana breed

شماره کروموزوم Number of chromosome	موقعیت ژنومی (جفت باز) Genomic position (bp)	ژن‌های موجود در ناحیه ژنومی Reported genes in the region
3	88164235:88664235	<i>LRIF1, DRAM2, CEPT1, DENND2D, CHI3L2, CHIA</i>
5	80466907:80966907	<i>AMN1, DENND5B, KLHL42</i>
5	76769745:77269745	<i>REP15, PPFIBP1, SMCO2</i>
10	31739033:32239033	-
12	67882523:68382523	<i>RCBTB2, RB1, LPAR6</i>
16	13346634:13846634	-
17	44288137:44788137	-
18	39462315:39962315	<i>ZFH3, U6</i>
23	9537704:10037704	<i>ATXN1</i>
24	58027182:58527182	<i>MALT1, ZNF532, GRP, RAX, CPLX4, LMAN1</i>
19	25815212:26315212	<i>SAA4, OR8D4, OR4D5, OR6T1, OR10S1, OR10G6</i>

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه، برای شناسایی نشانه‌های انتخاب از آماره تمایز جمعیتی تتا استفاده شد و نشانه‌های انتخاب در بخش‌هایی از ژنوم شناسایی شد که برخی از این مناطق در بررسی‌های پیشین در انسان و دام‌های اهلی دیگر نیز تأیید شده بودند. بررسی ژن‌ها در نواحی تحت انتخاب نشان داد، ژن‌های موجود در این مناطق با سیستم ایمنی، مقاومت به بیماری و عفونت باکتریایی، پاسخ به استرس اکسیداتیو و سرکوب سرطان مرتبط هستند. در مجموع، نتایج این تحقیق می‌تواند منبع اطلاعاتی با ارزشی در جهت شناسایی ژن‌های مهارکننده بیماری یون ارائه دهد و آغازی برای بررسی‌های بیشتر در این زمینه و استفاده از اطلاعات به‌دست آمده در شناسایی ویژگی‌های ژنتیکی این بیماری مهم اقتصادی در صنعت پرورش بز باشد.

ژن‌های *PPFIBP1* و *CHI3L2* به ترتیب روی کروموزوم‌های ۳ و ۵ در نواحی ژنومی ۸۸/۴۱ و ۸۰/۷۱ قرار داشتند. در مطالعه پویش ژنومی با هدف شناسایی مناطق ژنومی تحت انتخاب مثبت در پنج نژاد گاوهای سوئدی، ژن کاندیدای *PPFIBP1* مرتبط با مقاومت به عفونت‌های باکتریایی گزارش شده است (Ghoreishifar et al., 2020). همچنین در مطالعه پویش ژنومی با هدف شناسایی نشانه‌های انتخاب مرتبط با مقاومت به بیماری‌های انگلی معده-روده‌ای در گوسفند، ژن کاندیدای *CHI3L2* گزارش شده است (McRae et al., 2014).

همچنین ژن کاندیدای *DENND5B* روی کروموزوم ۵ و در ناحیه ژنومی ۷۷/۰۱ مگابازی گونه بز قرار دارد. در مطالعه پویش ژنومی با هدف شناسایی نشانه‌های انتخاب در گاوهای گوشتی نژاد Canchim، ژن کاندیدای *DENND5B* گزارش شد که در مقاومت به بیماری‌های انگلی و سیستم عصبی نقش کلیدی دارد (Duarte et al., 2022).

References

- Abbasi Moshaii, B. (2018). Genomic scan for selection signatures and identification of some candidate regions associated with mastitis in German Holstein cattle. Ph.D. Thesis of Animal Breeding and Genetics, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran. 128.
- Abioja, M. O., Logunleko, M. O., Majekodunmi, B. C., Adekunle, E. O., Shittu, O. O., Odeyemi, A. J., Nwosu, E. U., Oke, O. E., Iyasere, O. S., Abiona, J. A., & Williams, T. J. (2022). Roles of candidate genes in the adaptation of goats to heat stress: A review. *Small Ruminant Research*, 2, 106878. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106878>.
- Akey, J. M., Zhang, G., Zhang, K., Jin, L., & Shriver, M. D. (2002). Interrogating a high-density SNP map for signatures of natural selection. *Genome Research*, 12(12), 1805-1814. doi: 10.1101/gr.631202
- Asadollahpour Nanaei, H., Kharrati-Koopae, H., & Esmailzadeh, A. (2022). Genetic diversity and signatures of selection for heat tolerance and immune response in Iranian native chickens. *BMC Genomics*, 23(1), 224. doi: 10.1186/s12864-022-08434-7.
- Azizpour, N., Khelatabadi, A., Moradi, M., Mohammadi, H. (2020). Genome-wide association study based on gene-set enrichment analysis associated with milk yield in Holstein cattle. *Journal of Animal Science Research*, 30(1), 79-92. (In Persian). doi: 10.22034/as.2020.11009.

6. Chen, Q., Wang, Z., Sun, J., Huang, Y., Hanif, Q., Liao, Y., & Lei, C. (2020). Identification of genomic characteristics and selective signals in a Du'an Goat Flock. *Animals (Basel)*, *10*(6),994. doi: 10.3390/ani10060994.
7. Cui, X., Chang, Z., Dang, T., Meng, J., Wang, P., Wu, J., & Chai, J. (2022). TNF upregulates peptidoglycan recognition protein 1 in esophageal cancer cells to clear the path to its signaling: Making the "enemy" a friend. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *722*,109192. doi: 10.1016/j.abb.2022.109192.
8. Duarte, I. N. H., Bessa, A. F. O., Rola, L. D., Genuíno, M. V. H., Rocha, I. M., Marcondes, C. R., Regitano, L. C. A., Munari, D. P., Berry, D. P., & Buzanskas, M. E. (2022). Cross-population selection signatures in Canchim composite beef cattle. *PLoS One*, *17*(4),e0264279. doi: 10.1371/journal.pone.0264279.
9. Gao, Y., Jiang, J., Yang, S., Cao, J., Han, B., Wang, Y., Zhang, Y., Yu, Y., Zhang, S., & Zhang Q. (2018). Genome-wide association study of *Mycobacterium avium* subspecies Paratuberculosis infection in Chinese Holstein. *BMC Genomics*, *19*(1),972. doi: 10.1186/s12864-018-5385-3.
10. Ghoreishifar, S. M., Eriksson, S., Johansson, A. M., Khansefid, M., Moghaddaszadeh-Ahrabi, S., Parna, N., Davoudi, P., & Javanmard, A. (2020). Signatures of selection reveal candidate genes involved in economic traits and cold acclimation in five Swedish cattle breeds. *Genetic Selection Evolution*, *52*(1),52. doi: 10.1186/s12711-020-00571-5.
11. Javan Nikkhah, M. (2019). Identification of selective signatures associated with resistance to bovine leukosis (BLV) in Iranian Holstein cows. Ph.D. Thesis of Animal Breeding and Genetics, Tehran University, Iran. 139.
12. Khaltabadi Farahani, A. H., mohammadi, H., & moradi, H. (2020). Gene set enrichment analysis using genome-wide association study to identify genes and pathways associated with litter size in various sheep breeds. *Animal Production*, *22*(3), 325-335. (In Persian). doi: 10.22059/jap.2020.292715.623468.
13. Kim, H., Song, K. D., Kim, H. J., Park, W., Kim, J., & Lee, T. (2015). Exploring the genetic signature of body size in Yucatan miniature pig. *PLoS one*, *10*,4e0121732. doi: 10.1371/journal.pone.0121732.
14. Kuenstner, J. T., Naser, S., Chamberlin, W., Borody, T., Graham, D. Y., McNees, A., Hermon-Taylor, J., Hermon-Taylor, A., Dow, C. T., & Kuenstner, L. (2017). The Consensus from the *Mycobacterium avium* ssp. paratuberculosis (MAP) Conference. *Frontiers Public Health*, *5*,208. doi: 10.3389/fpubh.2017.00208.
15. Kijas, J. W., Lenstra, J. A., Hayes, B., Boitard, S., Porto Neto, L. R., San Cristobal, M., Servin, B., McCulloch, R., Whan, V., McEwan, J., & Dalrymple, B. (2012). International sheep genomics consortium members. Genome-wide analysis of the world's sheep breeds reveals high levels of historic mixture and strong recent selection. *PLoS Biological*, *10*(2),e1001258. doi: 10.1371/journal.pbio.1001258.
16. McRae, K. M., McEwan, J. C., Dodds, K. G., & Gemmell, N. J. (2014). Signatures of selection in sheep bred for resistance or susceptibility to gastrointestinal nematodes. *BMC Genomics*, *15*(1),637. doi: 10.1186/1471-2164-15-637.
17. Maiorano, A. M., Cardoso, D. F., Carvalheiro, R., Júnior, G. A. F., de Albuquerque, L. G., & de Oliveira, H. N. (2022). Signatures of selection in Nelore cattle revealed by whole-genome sequencing data. *Genomics*, *114*(2),110304. doi: 10.1016/j.ygeno.2022.110304.
18. Minozzi, G., De Iorio, M. G., Palazzo, F., Gandini, G., Biffani, S., Paolillo, G., Ciani, E., Di Marco Lo Presti, V., Stella, A., & Williams, J. L. (2023). Genome-wide association study for antibody response to *Mycobacterium avium* ssp. paratuberculosis in goats. *Animal Genetics*, *54*(1),78-81. doi: 10.1111/age.13271.
19. Purcell, S., Neale, B., Todd-Brown, K., Thomas, L., Ferreira, M. A., Bender, D., Maller, J., Sklar, P., de Bakker, P. I., Daly, M. J., & Sham, P. C. (2007). PLINK: A tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses. *American Journal of Human Genetics*, *81*(3),559-75. doi: 10.1086/519795.
20. Ramey, H., Decker, J., McKay, S., Rolf, M., Schnabel, R., & Taylor, J. (2013). Detection of selective sweeps in cattle using genome-wide SNP data. *BMC Genomics*, *14*,382. doi: 10.1186/1471-2164-14-382.
21. Rostamzadeh Mahdabi, E., Esmailizadeh, A., Ayatollahi Mehrgardi, A., & Asadi Fozzi, M. (2021). A genome-wide scan to identify signatures of selection in two Iranian indigenous chicken ecotypes. *Genetic Selection Evolution*, *53*(1),72. doi: 10.1186/s12711-021-00664-9.
22. Saravanan, K. A., Panigrahi, M., Kumar, H., Parida, S., Bhushan, B., Gaur, G. K., Dutt, T., Mishra, B. P., & Singh, R. K. (2021). Genomic scans for selection signatures revealed candidate genes for adaptation and production traits in a variety of cattle breeds. *Genomics*, *113*(3),955-963. doi: 10.1016/j.ygeno.2021.02.009.
23. Sweeney, R. W., Collins, M. T., Koets, A. P., McGuirk, S. M., & Roussel, A. J. (2012). Paratuberculosis (Johne's disease) in cattle and other susceptible species. *Journal of Veterinary International Medicine*, *(6)*,1239-50. doi: 10.1111/j.1939-1676.2012.01019.x.
24. Wang, H. L., Li, Z. X., Wang, L. J., He, H., Yang, J., Chen, L., & Liu, X. L. (2013). Polymorphism in PGLYRP-1 gene by PCR-RFLP and its association with somatic cell score in Chinese Holstein. *Research Veterinary Science*, *95*(2),508-14. doi: 10.1016/j.rvsc.2013.06.005.
25. Weir, B. S., & Cockerham, C. C. (1984). Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution*, *38*(6),1358-1370. doi: 10.1111/j.1558-5646.1984.tb05657.x
26. Wright, S. (1965). The interpretation of population structure by F-statistics with special regard to systems of mating. *Evolution*, *1*,395-420.

27. Zhu, C., Fan, H., Yuan, Z., Hu, S., Zhang, L., Wei, C., Zhang, Q., Zhao, F., & Du, L. (2015). Detection of selection signatures on the X chromosome in three sheep breeds. *International Journal of Molecular Sciences*, *16*,20360-20374. doi: [10.3390/ijms160920360](https://doi.org/10.3390/ijms160920360).

Contents

Ruminant Nutrition

Using Commercial Tannin-Degrading Bacteria, or Isolated from the Rumen of some Ruminants to Improve the Nutritional Value of Pomegranate Peel 299

Zahra Jahanara, Morteza Chaji, Omid Khorasani

The Effect of Using Different Fat Sources in Close-Up Diets on the Feed Consumption, Blood Parameters, Body Measurements and Performance of Holstein Dairy Calves 317

Mahmood Reza Amini, Abbasali Naserian, Reza Valizade, Essa Dirande³

Effects of Processing Methods of Barley Grain and Non-Protein Nitrogen Sources on Rumen Degradability Characteristics, Gas Production and Microbial Protein Synthesis in Afshari Breeding Fattening Lambs 333

Bahman Ghorbani, Yadollah Chashnidel, Asadollah Teimouri Yansaari and Abdolhakim Toghdory

Poultry Nutrition

The Effect of Thyme (*Thymus vulgaris*) on Growth Performance, Blood Metabolites, and Meat Quality of Broilers at High Stocking Density 351

Mosayeb Karimi Bahrasman, Omidali Esmaeilipour, Mozghan Mazhari, Hossein Dumary

The Effect of Receiving Hydrated Nutritious Gel, Royal Chick, in Chick Box or Immediately after Placement on Productive Performance, Immunity, Intestinal Morphometry, and Carcass Traits of Broiler Chickens 369

Ali Nasari-Nejad, Heshmat Sepehri-Moghadam, Mojdeh Emadi

The Effect of Different Levels of Monosodium Glutamate on Performance, Egg Quality Characteristics and Blood Parameters of Laying Hens 383

Mohammad Kazemi Fard, Ali Asghar Kardel, Mansour Rezaei, Essa Dirandeh

Using Nonlinear Growth Models to Fit the Egg Production Curve in Khazak Hen 397

Hadi Faraji-Arough, Mahmoud Ghazaghi, Mohammad Rokouei

Determining the Optimal Pattern of Vitamin Supplementation in Diets Containing Wheat Waste by Estimating the Performance and Immune Responses of Broiler Chickens 413

Mohammad Javad Agah, Amir Hossein Alizadeh Ghamsari, Seyed Abdollah Hoseini, Majed Hashemi, Zohreh Gazor Habibabadi

Effects of Adding *Ferula badrakema* Root Powder with and Without Sodium Saccharin Sweetener to the Diet on Growth Performance, Immune System and Blood Metabolites of Broiler Chickens 429

Hamidreza Khajavi, Ahmad Hassanabadi, Mahdi Askari Badouei

Effects of Different Levels of Zero-Tannin Faba Bean on Performance and some Physiological Responses of Broiler Chickens 445

Majid Kazemi Gorgi, Shokoufe Ghazanfari, Kazem Yussefi Kelarikolaei, Karim Nobari, Seyed Davood Sharifi, Fatemeh Sheikh

Genetic

Identification of Selective Signatures Associated with Resistance to Johne's Disease (JD) in Goat Breeds 463

Hossein Mohammadi, Mohammad Shamsollahi

« Scientific Journal »
Iranian Journal of Animal Science Research

Vol. 15

No. 3

Fall 2023

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad (F.U.M.)

Responsible Manager: H. Nassiri Moghaddam (Prof.)

Editor-in-Chief: R. Valizadeh (Prof.)

Editorial Board:

R. Valizadeh	Ruminant Nutrition	(Prof.)	(F.U.M.)
M. Danesh Mesgaran	Ruminant Nutrition	(Prof.)	(F.U.M.)
G.R. Ghorbani	Ruminant Nutrition	(Prof.)	Esfahan Technology University
S.M. Tabatabaee	Ruminant Nutrition	(Prof.)	Bo Ali-Sina University of Hamedan
M. Chaji	Ruminant Nutrition	(Prof.)	Agricultural Science and Natural Resources University Of Khuzestan
H. Nassiri-Moghaddam	Poultry Nutrition	(Prof.)	(F.U.M.)
A. Golian	Poultry Nutrition	(Prof.)	(F.U.M.)
J. Pour-Reza	Poultry Nutrition	(Prof.)	Esfahan Technology University
F. Boldaji	Poultry Nutrition	(Prof.)	Gorgan Agricultural and Natural Resources University
A. Hassanabadi	Poultry Nutrition	(Prof.)	(F.U.M.)
B. Dastar	Poultry Nutrition	(Prof.)	Gorgan Agricultural and Natural Resources University
J. Zamiri	Animal Physiology	(Prof.)	Shiraz University
N. Pirani	Genetics & breeding	(Asso. Prof.)	Shahre kord University
M.R. Nassiri	Genetics & breeding	(Prof.)	(F.U.M.)
M.Tahmoores pour	Genetics & breeding	(Prof.)	(F.U.M.)
S. Zerehdaran	Genetics & breeding	(Prof.)	(F.U.M.)
M. Sargolzaei	Genetics	(Asso. Prof.)	University of Guelph, Canada

Printed by: Ferdowsi University of Mashhad, Press.

Address: P.O. Box 91775-1163, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Phone: +98-51-38804656

Fax: +98-51-38787430

E-Mail: ijasr@ferdowsi.um.ac.ir

Web Site: <https://ijasr.um.ac.ir>