



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Influence of adding different levels of kombucha tea to drinking water on performance, small intestine microbial flora and morphology, and serum total oxidant and antioxidant properties of Japanese quail chicks

A. Mahdavi^{1*}, A. Amirahmadi¹, S. J. Ahmadpanahi², H. Staji³, S. Mahbubrabani¹

1. Department of Animal Science, Semnan University, Semnan, Iran

2. Department of Basic Sciences, Semnan University, Semnan, Iran

3. Department of Pathobiology, Semnan University, Semnan, Iran

(Received: 08-03-2025 – Revised: 14-05-2025 – Accepted: 16-05-2025 – Available online: 19-05-2025)

Abstract

Introduction: Population growth has turned food security into a major challenge. Poultry meat, as an important source of animal protein, requires innovative strategies to improve health and growth performance. Quail has attracted attention due to its high reproductive efficiency, low rearing costs, and disease resistance. Digestive health plays an important role in improving poultry performance, and gut microbiota balance is a key factor in this process. With the increasing microbial resistance caused by antibiotic use, alternatives such as probiotics, synbiotics, and organic acids have been suggested. Kombucha tea, a fermented beverage containing a variety of beneficial microorganisms, has been proposed as a natural additive in poultry nutrition. This tea, with its probiotic and synbiotic properties, helps regulate the gut microbiota and improves digestive performance. Additionally, its antioxidant, anti-inflammatory, and immune-boosting effects have significant potential in enhancing poultry performance. Its active compounds, including organic acids, polyphenols, vitamins, and antioxidants, play an important role in reducing oxidative stress, improving metabolism, and promoting overall health. Studies have shown that kombucha can be a suitable alternative to oral antibiotics in livestock and poultry, improving growth, immunity, reducing triglycerides, and increasing feed efficiency. It also has positive effects on reducing gut dysbiosis, strengthening the immune system, and improving the microbiota. This research aimed to assess the impact of adding kombucha tea to drinking water on poultry health and performance. It is hypothesized that adding this tea to drinking water could reduce the need for antibiotics and prevent the development of bacterial resistance.

Materials and methods: This study was conducted randomly with four groups, five replications, and 10 quails per replicate. The groups included a control group (T1) and three treatments with 5% (T2), 10% (T3), and 15% (T4) fermented kombucha tea. The quail chicks were kept in 20 standard cages with identical environmental conditions and were fed a corn and soybean-based diet according to National Research Council (NRC) 1994 standards. The fermented kombucha tea was prepared by steeping black tea, sugar, apple cider vinegar, and kombucha culture for one week in a warm, dark environment, and was then added to the chicks' drinking water. After one week, the kombucha beverage was ready and stored in the refrigerator. To prepare the housing for the chicks, the room was disinfected, and the temperature was raised to 36°C. The chicks were kept at various temperatures ranging from 36°C to 21°C by the end of the study. Performance was assessed using various indices, including survival rate, feed consumption, weight gain, and feed conversion ratio. Survival rate was evaluated weekly based on the number of deceased chicks. Feed consumption was calculated by measuring the amount of

* Corresponding author: mahdavi@semnan.ac.ir



leftover feed. Moreover, the feed conversion ratio was calculated as the ratio of feed intake to weight gain. At the end of the study, samples from the two initial sections of the small intestine (duodenum and jejunum) were collected and fixed in 10% formalin for histological examination. The samples were then placed in alcohol solutions, xylene, and molten paraffin, and sections of 5-6 microns were prepared for staining. Crypt depth and villus length were measured, and the villus-to-crypt ratio was calculated. For microbial flora analysis, DNA was extracted from the cecum of the quail and the presence of microbial genomes, such as Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes, and Proteobacteria, was assessed using PCR. Plasma antioxidant and oxidant capacity were measured using the Erel method. Color changes at specific wavelengths were recorded and analyzed using a spectrophotometer. Data were analyzed using SAS software version 9.2, and descriptive statistics were computed using the Means procedure. For the analysis of variance, general linear models (GLM) were used. The means were compared using Duncan's multiple range test at the 5% significance level.

Results and discussion: The results showed that different kombucha tea treatments significantly affected feed intake across different weeks. The 10% group had the highest feed intake in weeks 1, 2, 3, and 4, while the control group showed the lowest feed intake ($P<0.05$). Additionally, throughout the entire rearing period, feed intake in the kombucha groups was significantly higher than in the control group ($P<0.05$). Regarding weight gain, the 10% group showed the best performance, with the highest weight gain in most weeks, including weeks 1 and 4. Concerning the feed conversion ratio, the 15% group had the best feed conversion ratio throughout the entire period, but no significant differences were observed between the groups over the entire period. In terms of mortality, the 15% group had the highest mortality rate, while the 5% group showed the lowest ($P<0.05$). However, over the entire period, the 5% and 10% groups had the highest survival rates, and the control group had the lowest survival rate. In the intestinal histology evaluation, the 5% and 10% groups had similar villus length and villus-to-crypt ratio, with villus length being higher in these groups than in the other groups. Additionally, in the jejunum, the 10% group had the highest villus length and crypt depth ($P<0.05$), indicating better intestinal health in these groups. In the microbiota analysis, different treatments had different effects on gut bacteria. The 10% group had the highest number of Firmicutes, while the control group showed the highest number of Proteobacteria. Additionally, in the kombucha groups, blood peroxide levels were lower than in the control group, indicating the antioxidant effects of kombucha tea. The results of this study suggest that fermented kombucha tea has a positive effect on the growth performance of quail and can improve feed intake, weight gain, gut health, and reduce oxidative stress. The probiotic and antioxidant properties of kombucha, especially in the 10% and 15% groups, significantly contributed to the health and performance of the quails.

Conclusions: This study concluded that adding 10% kombucha solution to water can improve performance traits, economic indices, gut morphology, and microbial flora in quail chicks, making kombucha tea a suitable supplement for industrial quail farming.

Keywords: Quail, Antioxidant properties, Small intestine morphology, Microbial flora, Kombucha

Ethics statement: This study was conducted with the full consideration of animal welfare and the approval of this study was granted by the Ethics Committee of Semnan University, Iran.

Data availability statement: The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.

Funding: The authors received no specific funding for this project.

How to cite this article:

Mahdavi, A., Amirahmadi, A., Ahmadpanahi, S. J., Staji, H., & Mahbubrabani, S. (2025). Influence of adding different levels of kombucha tea to drinking water on performance, small intestine microbial flora and morphology, and serum total oxidant and antioxidant properties of Japanese quail chicks. *Animal Production Research*, 14(3), 61-75. doi: 10.22124/ar.2025.30057.1887



مقاله پژوهشی

تأثیر افزودن سطوح مختلف چای کامبوچا در آب آشامیدنی بر عملکرد، فلور میکروبی، ریخت‌شناسی روده باریک و خصوصیات اکسیدانی و آنتی‌اکسیدانی تام سرم در جوجه‌های بلدرچین ژاپنی

علی مهدوی^{۱*}، امیر امیراحمدی^۱، سید جواد احمدپناهی^۲، حمید استاجی^۳، سینا محبوب ربانی^۱

۱- گروه علوم دامی، دانشگاه سمنان

۲- گروه علوم پایه، دانشگاه سمنان

۳- گروه پاتوبیولوژی، دانشگاه سمنان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸ - تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۲۴ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۶ - تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۴/۰۲/۲۹)

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر چای کامبوچا به‌عنوان یک افزودنی طبیعی جایگزین آنتی‌بیوتیک‌ها در آب آشامیدنی بر عملکرد، ریخت‌شناسی روده، فلور میکروبی و وضعیت اکسیدانی و آنتی‌اکسیدانی تام سرم بلدرچین‌ها بود. این آزمایش با چهار گروه آزمایشی شامل گروه شاهد، گروه‌های مکمل‌شده با ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد چای کامبوچا، پنج تکرار و ۱۰ قطعه بلدرچین در هر تکرار انجام شد. در این مطالعه، شاخص‌های عملکردی شامل درصد ماندگاری، میانگین وزن، مصرف دان و ضریب تبدیل خوراک بررسی شدند. همچنین، ویژگی‌های ریخت‌شناسی روده شامل طول پرز و عمق کریپت در دئودنوم و ژژنوم ارزیابی شدند. ظرفیت اکسیدانی و آنتی‌اکسیداتیو پلاسما با روش ارل اندازه‌گیری شد و نسبت اکسیدان به آنتی‌اکسیدان به‌عنوان شاخص تنش اکسیداتیو تعیین شد. نتایج نشان داد که به‌جز ضریب تبدیل، سایر شاخص‌های عملکردی در گروه‌های دریافت‌کننده چای کامبوچا بهبود معنی‌داری داشتند ($P < 0.05$). در بخش ریخت‌شناسی روده باریک، نتایج نشان داد طول پرز و عمق کریپت در گروه‌های سه‌گانه مکمل‌شده با چای کامبوچا نسبت به گروه شاهد، افزایش یافته است. ترکیب فلور میکروبی بین گروه‌های تیماری و شاهد متفاوت بود و باکتری‌های مفید در گروه‌های دریافت‌کننده چای کامبوچا، افزایش و باکتری‌های مضر، کاهش یافته‌اند. همچنین، نسبت اکسیدان به آنتی‌اکسیدان در گروه‌های تغذیه‌شده با چای کامبوچا کاهش یافت. به‌طور کلی، مکمل‌سازی جیره با ۱۰ درصد چای کامبوچا دارای بیشترین تأثیر مثبت بر شاخص‌های بررسی شده بود.

واژه‌های کلیدی: بلدرچین، خصوصیات آنتی‌اکسیدانی، ریخت‌شناسی روده باریک، فلور میکروبی، کامبوچا

* نویسنده مسئول: mahdavi@semnan.ac.ir

مقدمه

رشد جمعیت، امنیت غذایی را به چالشی اساسی تبدیل کرده است (Wang, 2022). گوشت طیور منبع مهمی از پروتئین حیوانی است (He et al., 2021). بلدرچین به دلیل راندمان تولیدمثلی بالا، هزینه پرورش پایین و مقاومت به بیماری‌ها مورد توجه قرار گرفته است (Al-Tikriti & Al-Nassery, 2023). سلامت گوارش، با نقش کلیدی میکروفلور روده، در بهبود عملکرد طیور اهمیت دارد (Albazaz & Bal, 2014; Bindari & Gerber, 2022). مصرف گسترده آنتی‌بیوتیک‌ها موجب مقاومت میکروبی شده و جایگزین‌هایی مانند پروبیوتیک‌ها با بهبود تعادل میکروبی، آثار منفی را کاهش می‌دهند (Mehdi et al., 2024; Islam et al., 2018). پروبیوتیک‌ها از راه خاصیت ضدباکتریایی، حذف رقابتی و تحریک سیستم ایمنی، جذب مواد مغذی و رشد طیور را بهبود می‌بخشند (Ohimain & Ofongo, 2012). سینبیوتیک‌ها، ترکیبی از پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها، اثربخشی بیشتری دارند (Attri et al., 2021). اسیدهای آلی نیز با کاهش pH روده و مهار باکتری‌های حساس به اسیدیته، جایگزین مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌ها هستند (Khan et al., 2022).

چای کامبوچا، نوشیدنی گازدار و اسیدی، نخستین بار در چین مصرف شد و سپس به روسیه و آلمان گسترش یافت (Bishop et al., 2022b; de Miranda et al., 2022). این نوشیدنی، حاصل تخمیر چای شیرین‌شده با کنسرسیون باکتری‌ها و مخمرها (SCOBY)، حاوی اسیدهای آلی مختلف است (Jafari et al., 202). کامبوچا، با خاصیت پروبیوتیکی و سینبیوتیکی به دلیل حضور مجموعه‌ای از میکروارگانیسم‌های مفید روده، تعادل میکروبیوتای روده را تنظیم نموده و عملکرد گوارشی را بهبود می‌بخشد (Vina et al., 2013; Watawana et al., 2015; Vargas et al., 2021). همچنین، دارای آثار مفیدی در انسان مانند کاهش فشار خون، تسکین آرتروز، بهبود بیماری‌های متابولیکی و روماتیسم است (Fu et al., 2014; Chakravorty et al., 2016). مصرف آن با تقویت ایمنی، کاهش کلسترول، پیشگیری از بیماری‌های قلبی و دیابت، سم‌زدایی کبد، مهار سرطان، کاهش وزن، درمان ایدز و افزایش طول عمر همراه است (Morales, 2020; Antolak et al., 2021; Jafari et al., 2021). چای کامبوچا دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قوی بوده و ترکیباتی مانند ویتامین‌های C، E، بتاکاروتن و

کاروتنوئیدها را شامل می‌شود که از التهاب، آسیب سلولی و تومورهای سرطانی جلوگیری کرده و سیستم ایمنی را تقویت می‌کند (Gamboa-Gómez et al., 2016; Jafari et al., 2021). ویتامین‌های B₁₂، اسید فولیک، ویتامین K، متیونین و فسفر نیز با پاک‌سازی خون و بهبود عملکرد گوارشی، آثار ضدسرطانی و ضددیابتی در موش‌های آزمایشگاهی دارند (Bhattacharya et al., 2016). ترکیبات آنتی‌اکسیدانی این نوشیدنی شامل پلی‌فنول‌های چای، اسیدهای آلی (گلوکونیک، گلوکورونیک، لاکتیک، استیک، بوتیریک)، آنتی‌بیوتیک‌ها و آمینواسیدها بوده که در خاصیت ضد میکروبی آن نقش دارند (Jafari et al., 2021). اسید گلوکورونیک، علاوه بر سم‌زدایی کبدی، پیش‌ساز ویتامین C است و در تشکیل گلیکوزآمینوگلیکان‌هایی مانند هیپارین و اسید هیالورونیک، مؤثر در سلامت و پیشگیری از بیماری‌های مزمن، نقش دارد (Martínez-Leal et al., 2020). ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌توانند در درمان بیماری‌های مزمن ناشی از تنش اکسیداتیو مؤثر باشند (Mihai et al., 2024).

همچنین، کامبوچا حاوی ترکیباتی نظیر اتانول، قندها، دی‌اکسیدکربن، کاتچین‌ها، فلاونول‌ها، تیافلاوین، آنزیم‌های متابولیک، مواد معدنی و ویتامین‌های گروه B است (Morales, 2020; Jafari et al., 2021; Nyhan et al., 2022). نپسین، یک آنتی‌بیوتیک طبیعی، به همراه اسیدهای آلی موجب افزایش خاصیت ضد ویروسی و ضد باکتریایی چای کامبوچا می‌شود (Marsh et al., 2014). مصرف منظم این نوشیدنی در انسان به تسهیل هضم و بهبود خستگی، تنش، پیری، آکنه و سرطان کمک می‌کند، اما هنوز به عنوان یک درمان دارویی تأیید نشده است (Bogdan et al., 2022a; Bishop et al., 2018). باکتری‌های غالب شامل استوباکتر زایلینیوم و سایر گونه‌های تولیدکننده اسید استیک و گلوکونیک بوده که pH پایین (۲/۵) چای، رشد میکروارگانیسم‌های مضر را محدود می‌کند (Larypoor et al., 2013; Reva et al., 2015; Neffe-Skocińska et al., 2019).

مطالعات نشان داده‌اند که کامبوچا، جایگزین مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌های خوراکی در دام و طیور است (Jayabalan et al., 2014) و موجب بهبود عملکرد متابولیکی، رشد، ایمنی، کاهش تری‌گلیسرید و ضریب تبدیل غذایی در جوجه‌ها می‌شود (Khazaei et al., 2017; Heydari et al., 2017).

قرار داده شد (جدول ۱) و از روز اول تا ۳۵ روزگی نیز جای تخمیری کامبوچا به آب مصرفی جوجه‌ها اضافه شد. برای تهیه جای تخمیری کامبوچا به جای سیاه، قارچ کامبوچا و سرکه سیب نیاز است که در این پژوهش از جای سیاه مرغوب لاهیجان، سرکه سیب با کیفیت قزوین و قارچ کامبوچای وارداتی (آلمانی) که از بازار تهیه شدند، استفاده شد. جای تخمیری کامبوچا در ابتدا با دم کردن ۲۰ گرم جای سیاه در ۱۰ لیوان آب جوش به مدت ۱۰ دقیقه تهیه شد. سپس، ۱۵۰ گرم شکر و دو قاشق غذاخوری سرکه سیب به آن اضافه شد. بعد از رسیدن دمای محلول به دمای محیط، قارچ کامبوچا به آن افزوده و مخلوط به مدت ۱ تا ۸ هفته در دمای اتاق (۲۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس) جهت تخمیر نگهداری شد و برای تأمین اکسیژن و جلوگیری از ورود آلودگی، روی ظرف با پارچه توری پوشانده شد. طی این فرآیند، قارچ جدیدی روی سطح مایع تشکیل و نوشیدنی کامبوچا آماده شد. pH اولیه جای کامبوچا برابر با ۶/۱ بود که طی فرآیند تخمیر، pH کاهش یافت. سپس، قارچ از محلول جدا شده و نوشیدنی پس از عبور از صافی پارچه‌ای تا آغاز آزمایش‌ها در یخچال در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد (Dufresne & Farnworth, 2000). برای آماده‌سازی محل نگهداری جوجه‌ها، سالن و قفس‌ها ابتدا با آب و مواد ضد عفونی‌کننده شسته شدند و پس از آن، کل سالن با پودر پرمنگنات پتاسیم و فرمالین ۴۰ درصد گاز داده شد. سپس، کف آن با پوشال پوشیده شد. پس از فعال‌سازی سیستم گرمایش و رسیدن دما به ۳۶ درجه سلسیوس، ۲۰۰ قطعه جوجه یک‌روزه بلدرچین ژاپنی وارد سالن شده و در قفس‌ها مستقر شدند. دما با پنج دماسنج در نقاط مختلف اندازه‌گیری شده و به تدریج کاهش یافت تا در هفته پنجم به ۲۱ درجه سلسیوس رسید. برای گرم کردن سالن از دو هیتر گازی و برای تهویه و کاهش دما از هواکش استفاده شد.

از لامپ‌های مهتابی برای روشنایی سالن استفاده شد. این لامپ‌ها به تعداد دو عدد در بالای هر قفس نصب شده و در ارتفاع دو متری از کف سالن قرار داده شدند. برنامه روشنایی طی این دوره آزمایش به صورت ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی اجرا شد. عملکرد بلدرچین‌ها با شاخص‌های مختلف در دو بخش عملکرد طول دوره و عملکرد نهایی محاسبه شد. درصد

(Sharifabad et al., 2019). کامبوچا در موش‌ها از دیابت پیشگیری کرده و سلامت کبد را حفظ می‌کند و در خرگوش‌ها از آترواسکلروز پیشگیری و آثار هایپرگلیسمی را معکوس می‌کند (Setarki et al., 2018; Simoes et al., 2022). تخمیر با باقی‌مانده جای، فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی و پلی‌فنول‌ها را افزایش می‌دهد (Zhou et al., 2022). آثار مثبت کامبوچا بر گوارش، کاهش تنش اکسیداتیو و التهاب در مرغ تأیید شده است (Salehi et al., 2021). همچنین، این جای موجب بهبود سیستم ایمنی، سم‌زدایی کبد، تنظیم سوخت و ساز سرم و کاهش دیسبایوز روده‌ای می‌شود (Costa et al., 2023; Fraiz et al., 2024) و عصاره آن به بهبود فلور میکروبی و کاهش هایپرکلسترولمی کمک می‌کند (Alaei et al., 2020).

این پژوهش با هدف جایگزینی جای کامبوچا به عنوان افزودنی طبیعی در جیره طیور انجام شده است. فرض بر این است که استفاده از این جای می‌تواند نیاز به آن‌تی‌بیوتیک‌ها را کاهش دهد و از بروز مقاومت باکتریایی پیشگیری کند. جای کامبوچا که حاوی پروبیوتیک‌ها، اسیدهای آلی، ویتامین‌ها و آن‌تی‌اکسیدان‌ها است، می‌تواند به جیره طیور افزوده شده و در کاهش هزینه‌ها و بهبود مدیریت گله مؤثر باشد. هدف این پژوهش، بهبود عملکرد روده و فلور میکروبی طیور با بهره‌گیری از خواص جای کامبوچا و ارتقای عملکرد جوجه‌ها است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق، با ۲۰۰ قطعه جوجه یک روزه بلدرچین ژاپنی در دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان به صورت کاملاً تصادفی با چهار گروه، پنج تکرار در هر گروه و ۱۰ قطعه بلدرچین در هر تکرار انجام شد. گروه‌ها عبارت بودند از: T1 (تیمار شاهد با آب معمولی)، T2 (آب حاوی ۵ درصد جای تخمیری کامبوچا)، T3 (آب حاوی ۱۰ درصد جای تخمیری کامبوچا) و T4 (آب حاوی ۱۵ درصد جای تخمیری کامبوچا). جوجه‌های بلدرچین به طور تصادفی در چهار گروه آزمایشی تقسیم شدند و در ۲۰ قفس استاندارد (با ابعاد ۶۰ × ۶۰ سانتی‌متر) که شرایط محیطی یکسانی داشتند، نگهداری شدند (در هر قفس، ۱۰ قطعه جوجه). جیره غذایی بر اساس استاندارد (NRC (1994) بر پایه ذرت و سویا تهیه شد و از مکمل ویتامینی-معدنی شرکت کیمیا رشد سپاهان در جیره استفاده شد که به صورت آزادانه در اختیار جوجه‌ها

ماندگاری به صورت هفتگی و در پایان دوره بر اساس شمارش پرندگان تلف شده ارزیابی شد:

$$c = \frac{a}{b} \times 100$$

که، a: تعداد قطعه جوجه زنده در پایان دوره، b: تعداد قطعه جوجه خریداری شده در روز اول و c: درصد ماندگاری گله بود.

در طول دوره آزمایش، جیره‌های غذایی توزین شده و در ظروف مخصوص هر گروه قرار گرفتند. جوجه‌ها به صورت آزاد به خوراک دسترسی داشتند و در پایان هر هفته، مقدار دان باقی‌مانده اندازه‌گیری شده و از وزن کل دان توزیع شده کسر شد تا میزان مصرف خوراک هر گروه محاسبه شود. با توجه به تلفات احتمالی، مقدار دقیق مصرف خوراک بر اساس تعداد روز جوجه‌های هر دسته محاسبه شد. این مقدار از مجموع تعداد روزهای زنده ماندن جوجه‌های تلف‌شده و حاصل ضرب تعداد جوجه‌های زنده در انتهای هفته در تعداد روزهای هفته (۷ روز) به دست آمد. برای محاسبه ضریب تبدیل غذایی، مقدار دان مصرفی هر دسته بر اساس افزایش وزن آن دسته تقسیم شد. متوسط وزن جوجه‌های هر گروه آزمایشی در انتهای هر هفته و آخر

دوره پرورش نیز به صورت زیر محاسبه شد که در آن، a: وزن کل جوجه‌ها، b: تعداد قطعه جوجه و c: متوسط وزن جوجه‌ها بود.

$$c = \frac{a}{b}$$

در پایان دوره، نمونه‌هایی از دو بخش ابتدایی روده کوچک (دوازدهه و ژژنوم) به طول ۲ سانتی‌متر جدا شده و پس از تثبیت در محلول فرمالین ۱۰ درصد، قطعات ۰/۵ سانتی‌متری از آن‌ها جدا شده و در دستگاه پاساژ بافت قرار گرفتند. بافت‌ها در محلول‌های الکلی با غلظت‌های مختلف، زایلین و پارافین مذاب قرار گرفتند. سپس، مراحل آب‌گیری، چربی‌گیری و نفوذ پارافین انجام شد. نمونه‌ها را از دستگاه پاساژ خارج نموده و در قالب لوکهارد (L شکل) پر از پارافین مذاب قرار داده شدند. پس از قرار گرفتن بافت‌ها در پارافین مذاب، برش‌هایی به ضخامت ۵ تا ۶ میکرون تهیه شده و با روش هماتوکسیلین-ئوزین رنگ‌آمیزی شدند. برای ارزیابی وضعیت بافت، عمق کریپت و طول پرز روده اندازه‌گیری شده و شاخص طول پرز به عمق کریپت محاسبه شد (Darabighane et al., 2011).

جدول ۱- ترکیب جیره پایه

Table 1. Basal diet composition

(%) Ingredients	Value
Yellow corn	48.50
Soybean meal (44% crude protein)	42.30
Vegetable oil	3.80
Fish meal (65% crude protein)	2.00
Calcium carbonate	0.90
Dicalcium phosphate	0.30
Sodium chloride	0.30
Vitamin and mineral premix ¹	0.50
DL-Methionine	0.10
Grit (filler)	1.30
<u>Nutrient composition (calculated based on NRC 1994)</u>	
Metabolizable energy (kcal/kg)	2900
Crude protein (%)	24.0
Lysine (%)	1.3
Methionine + Cysteine (%)	0.75
Calcium (%)	0.8
Non-phytate phosphorus (%)	0.3

¹ Supplied amounts per kilogram of diet: Vitamin A: 9000 IU, Vitamin D₃: 2000 IU, Vitamin E: 18 IU, Vitamin K₃: 2 mg, Vitamin B₁: 1.8 mg, Vitamin B₂: 6.6 mg, Vitamin B₃: 8.9 mg, Vitamin B₅: 7.29 mg, Vitamin B₆: 2.94 mg, Vitamin B₉: 1 mg, Vitamin B₁₂: 0.015 mg, Biotin: 0.1 mg, Choline chloride: 500 mg, Manganese: 99.2 mg, Iron: 50 mg, Zinc: 84.7 mg, Iodine: 1 mg, Selenium: 0.2 mg.

رادیکال آزاد اکسید شده ۲،۲-آزینو-بیس با رنگ آبی-سبز استفاده شد. در حضور آنتی اکسیدان‌ها در پلاسما، این ترکیب رادیکالی به فرم کاهش یافته خود تبدیل شد که منجر به کاهش رنگ شد. کاهش جذب رنگ با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در این آزمون، ترولوکس به عنوان ماده استاندارد استفاده شد (Erel, 2004).

ظرفیت اکسیدانی کل پلاسما نیز با استفاده از روش Erel اندازه‌گیری شد. در این روش، یون آهن دوظرفیتی با ترکیبات آنتی اکسیدانی موجود در پلاسما به یون آهن سه ظرفیتی اکسید می‌شود که در محیط اسیدی با کروموژن ۲،۲'-آزینو-بیس (۳-اتیل بنزوتیازولین-۶-سولفونیک اسید)، رنگ نارنجی ایجاد می‌کند. این تغییر رنگ با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در این آزمون، از پراکسید هیدروژن در غلظت‌های مختلف به عنوان ماده استاندارد استفاده شد (Erel, 2005).

داده‌ها در نرم افزار اکسل ثبت شده و با نرم افزار SAS (2009) نسخه ۹/۲ تحلیل شدند. برای محاسبه آمار توصیفی از رویه Means و برای تجزیه واریانس از مدل خطی عمومی (GLM) استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن اثر تیمار، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

بر اساس جدول ۲، تیمارهای آزمایشی در تمام هفته‌ها و کل دوره پرورش، تأثیر معنی‌داری بر میزان مصرف خوراک داشتند ($P < 0.05$). در هفته اول و چهارم، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های آزمایشی و گروه شاهد مشاهده شد ($P < 0.05$). گروه‌های ۱۰ درصد در هفته اول و ۱۵ درصد در هفته چهارم، بیشترین مصرف خوراک را داشتند، در حالی که گروه شاهد، کمترین مقدار را ثبت کرد. در هفته دوم، گروه‌های ۵ و ۱۰ درصد، تفاوت معنی‌داری با گروه ۱۵ درصد و شاهد نشان دادند. بیشترین مصرف خوراک در گروه ۱۰ درصد و کمترین در گروه شاهد بود ($P < 0.05$). در هفته‌های سوم و چهارم، گروه ۱۰ درصد، بالاترین میزان مصرف خوراک را داشت و با گروه‌های شاهد، ۵ و ۱۵ درصد تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P < 0.05$). در کل دوره پرورش، مصرف خوراک در تیمارهای کامبوچا به طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد بود ($P < 0.05$). همچنین،

برای بررسی فلور میکروبی، سکوم بلدرچین‌ها استخراج و هموژن شده و DNA آن‌ها با استفاده از کیت مخصوص استخراج شد. برای جمع‌آوری سلول‌ها و مایع سکوم، از روش Bronchoalveolar Lavage استفاده شد. پس از هموژن‌سازی سکوم و نمونه‌گیری از آن، فرایند استخراج DNA با روش فنل-کلروفرم یا کیت تجاری و با استفاده از فنل، ایزوآمیل الکل و کلروفرم انجام شد. مراحل بعدی شامل سانتریفیوژ و افزودن استات آمونیوم و اتانول برای خالص‌سازی نمونه بود (Yu & Morrison, 2004).

برای ردیابی مولکولی و تعیین میزان حضور ژنوم Actinobacteria، Bacteroidetes، Firmicutes و Proteobacteria، از یک جفت پرایمر اختصاصی بر اساس روش (De Gregoris et al. 2011) استفاده شد. تکثیر قطعات ژنی هدف با استفاده از مسترمیکس‌های Sybrgreen روش Real-Time PCR شرکت تکاپوزیست انجام گرفت. واکنش در حجم ۲۰ میکرولیتر شامل مسترمیکس، ۰/۲ میکرومول از هر پرایمر، ۲ میکرولیتر DNA استخراج شده و ۱۰ میلی‌مول کلرید منیزیم انجام شد. پرایمرهای استفاده شده در جدول ۲ ارائه شده است.

پس از تکثیر با استفاده از Real-Time PCR، تعداد باکتری‌ها با مقایسه مقادیر Ct نمونه‌ها با منحنی استاندارد محاسبه می‌شود (Schmittgen & Livak, 2008).

جدول ۲- جفت پرایمرهای استفاده شده برای ردیابی

مولکولی و تعیین میزان حضور ژنوم

Table 2. Primers pairs used for molecular tracking and determining the presence of the genome

Target group	Name
Universal	926F
	1062R
	a682F
α -Proteobacteria	908aR
	1080γF
	γ1202R
γ-Proteobacteria	798cfbF
	cfb967R
Bacteroidetes	928F-Firm
	1040FirmR
Firmicutes	Act920F3
	Act1200R

برای بررسی ظرفیت آنتی اکسیدانی، چهار قطعه جوجه از هر تکرار، خون‌گیری شدند (در مجموع، ۲۰ قطعه خون‌گیری از هر تیمار). ظرفیت آنتی اکسیدانی کل پلاسما با استفاده از روش Erel اندازه‌گیری شد. در این روش، از

دوره آغازین، رشد، پایانی و کل دوره پرورش بین گروه‌های مکمل‌شده با چای کامبوچا مقایسه شد. نتایج نشان داد که بیشترین مصرف خوراک در گروه‌های دریافت‌کننده نوشیدنی کامبوچا و کمترین مصرف در گروه شاهد بود. احتمال می‌رود پروبیوتیک موجود در چای کامبوچا باعث افزایش مصرف خوراک در دوره‌های مختلف پرورش جوجه بلدرچین‌ها شده باشد.

افزودن پروبیوتیک به رژیم غذایی در طول دوره‌های رشد یا پایان دوره، تأثیر مثبتی بر افزایش وزن بدن، مصرف غذا و بازده خوراک دارد (Poberezhets & Kupchuk, 2021). چای کامبوچا با خواص پروبیوتیکی و سینبیوتیکی فراوان (Vina et al., 2013) می‌تواند عاملی برای افزایش وزن در گروه‌های مکمل‌شده با کامبوچا باشد. در این آزمایش، بیشترین افزایش وزن از هفته اول تا پنجم در گروه‌های دریافت‌کننده کامبوچا مشاهده شد و گروه ۱۰ درصد مکمل‌شده با چای کامبوچا، بهترین افزایش وزن را نسبت به سایر تیمارها داشت. این افزایش وزن می‌تواند به دلیل وجود پروبیوتیک‌ها باشد که باعث بهبود هضم مواد مغذی و تنظیم میکروبیوم روده می‌شود. آن‌ها با افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی و ساخت پپتیدهای ضد میکروبی و خنثی کردن سموم داخلی، استفاده بهتر از مواد مغذی و سلامت عمومی طیور را بهبود می‌بخشند (Naeem & Heydari Sharifabad et al., 2025). نتایج پژوهش (al., 2019) نشان داد که استفاده از محلول ۱۰ درصد چای کامبوچا در آب جوجه‌ها باعث افزایش وزن زنده در پرورش جوجه‌های گوشتی سویه کاب می‌شود که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

محققان به این نتیجه رسیدند که پروبیوتیک‌ها می‌توانند از مسیر تعدیل جمعیت میکروبی و کاهش اسیدیته مجرای گوارش، بهبود تعادل باکتریایی در دستگاه گوارش و در نتیجه، افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی، بهبود سلامت مخاط روده و تقویت سیستم ایمنی، افزایش قابلیت هضم و در نهایت، بهبود عملکرد پرندگان شوند (Rehman et al., 2020; Ye et al., 2021). البته در پژوهش حاضر، پروبیوتیک تأثیر مثبتی بر ضریب تبدیل نداشت، ولی به طور کلی می‌توان بیان کرد که با توجه به نتایج این تحقیق، چای کامبوچا، تأثیر منفی بر ضریب تبدیل در تیمارهای آزمایشی نداشته است.

افزودن کامبوچا تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن بدن در هفته‌های مختلف داشت ($P < 0.05$). ضریب تبدیل خوراک در هفته‌های مختلف متفاوت بود و بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0.05$)، اما در کل دوره، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های آزمایشی وجود نداشت. در هفته‌های اول و چهارم، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های آزمایشی و گروه شاهد مشاهده شد ($P < 0.05$). گروه ۱۰ درصد، بالاترین میانگین وزن و شاهد دارای کمترین میانگین وزن بود. در هفته دوم و پنجم نیز گروه ۱۰ درصد به طور معنی‌داری وزن بیشتری نسبت به سایر گروه‌ها داشت ($P < 0.05$). در هفته سوم نیز تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های ۱۰ و ۱۵ درصد با گروه ۵ درصد و هر سه گروه با گروه شاهد مشاهده شد که مجدداً گروه ۱۰ درصد، بیشترین و گروه شاهد، کمترین وزن را داشتند ($P < 0.05$). در مورد ضریب تبدیل خوراک، در هفته اول، گروه ۱۰ و ۱۵ درصد، ضریب تبدیل بالاتری نسبت به ۵ درصد و شاهد داشتند ($P < 0.05$). در هفته دوم، ضریب تبدیل در گروه ۱۰ درصد، بالاتر از سایر گروه‌ها بود ($P < 0.05$). در هفته سوم، بالاترین ضریب تبدیل در گروه‌های ۵ و ۱۰ درصد و پایین‌ترین در گروه شاهد و ۱۵ درصد ثبت شد و تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0.05$). در هفته‌های چهارم و پنجم و همچنین در کل دوره، تفاوت معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد.

محققان در بررسی‌های خود اظهار کردند، چای کامبوچا در تسهیل و تقویت هضم غذا مؤثر بوده است و به دفع سریع‌تر ضایعات و سموم کمک می‌کند (Selvaraj & Gurumurthy, 2023; Fraiz et al., 2024). در بسیاری از مطالعات بیان شده است که میکروارگانیسم‌های موجود در کامبوچا، خواص پروبیوتیکی دارند و کامبوچا حاوی بیش از ۵۰ نوع مختلف پروبیوتیک است. در مطالعه‌ای مشخص شد که استفاده از پروبیوتیک‌ها به حفظ تعادل فلور میکروبی روده کمک می‌کند که در نهایت منجر به بهبود بازده خوراک و افزایش تولید می‌شود (Nalla et al., 2022). Heydari Sharifabad et al. (2019) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که افزودن محلول ۱۰ درصد چای کامبوچا به آب جوجه‌ها موجب افزایش میانگین مصرف خوراک در طول دوره پرورش جوجه‌های گوشتی سویه کاب می‌شود، که نتایج به دست آمده در این مطالعه نیز مشابه این یافته‌ها است. در این پژوهش، میزان مصرف خوراک در سه

جدول ۲- اثر مقادیر مختلف چای کامبوچا بر میانگین مصرف خوراک (گرم به ازای هر جوجه)، میانگین وزن هفتگی، ضریب تبدیل خوراک هفتگی و کل دوره در جوجه‌های بلدرچین

Table 2. Effects of different levels of kombucha tea on average feed intake (grams per chick), average weekly weight, weekly and overall feed conversion ratio in Japanese quail chicks

Rearing week		Treatments			
		T1	T2	T3	T4
Average feed intake	1	39.00 ^a	49.00 ^b	52.00 ^b	46.00 ^b
	2	68.09 ^a	81.66 ^b	86.61 ^b	69.00 ^b
	3	107.22 ^a	115.53 ^a	130.78 ^b	118.37 ^a
	4	112.11 ^a	131.07 ^b	134.93 ^b	145.00 ^b
	5	181.18 ^a	189.82 ^a	205.64 ^b	194.37 ^a
	Total period	508.77 ^a	567.08 ^b	609.96 ^b	572.74 ^b
Average weight	1	26.21 ^a	32.00 ^b	37.21 ^b	35.24 ^b
	2	57.89 ^a	68.60 ^b	74.00 ^c	69.00 ^b
	3	106.78 ^a	118.07 ^b	124.43 ^c	123.23 ^c
	4	150.00 ^a	166.00 ^b	176.43 ^b	172.54 ^b
	5	191.39 ^a	211.62 ^b	223.05 ^c	217.23 ^b
	Total period	2.65 ^a	2.68 ^a	2.73 ^a	2.64 ^a
Feed conversion ratio (FCR)	1	1.89 ^a	1.90 ^a	1.71 ^b	1.60 ^b
	2	2.15 ^a	2.23 ^a	2.35 ^b	2.04 ^a
	3	2.19 ^a	2.33 ^b	2.59 ^b	2.18 ^a
	4	2.59 ^a	2.73 ^a	2.59 ^a	2.94 ^a
	5	4.38 ^a	4.16 ^a	4.41 ^a	4.34 ^a
	Total period	2.65 ^a	2.68 ^a	2.73 ^a	2.64 ^a

^{a-c} Different superscript letters in each row indicate a significant difference at $P < 0.05$. T1: Control (Water); T2: Water + 5% KT; T3: Water + 10% KT; T4: Water + 15% KT; KT: Kombucha tea.

آنتی‌بیوتیکی است (Miyakawa et al., 2024). چای کامبوچا حاوی ترکیبات آنتی‌بیوتیکی مانند نیسین است که به‌وسیله میکروب‌های قارچ کامبوچا تولید می‌شود. نیسین برای انسان مضر نبوده و از رشد باکتری‌های بیماری‌زا مانند کلستریدیوم بوتولینوم جلوگیری می‌کند. این ترکیب به‌همراه اسیدهای آلی موجود در چای تخمیری-کامبوچا (اسید لاکتیک، استیک و گلوکونیک)، خواص آنتی‌بیوتیکی بالایی به نوشیدنی می‌دهد (Marsh et al., 2014). همچنین، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد میکروب‌های چای کامبوچا سبب تحریک سیستم ایمنی در میزبان می‌شوند (Nummer, 2013). در این پژوهش، درصد زنده‌مانی در گروه‌های مصرف‌کننده محلول چای کامبوچا بیشتر از گروه شاهد بود. این آثار احتمالاً به‌دلیل وجود ترکیبات آنتی‌بیوتیکی در چای کامبوچا است و ممکن است اثر ترکیبات مفید مانند ویتامین‌ها و اسیدهای آلی آن نیز در کاهش تلفات نقش داشته باشد. در مطالعه Heydari Sharifabad et al. (2019) تعیین شد که استفاده از محلول ۱۰ درصد کامبوچا در جیره جوجه‌ها باعث افزایش تیتراژ آنتی‌بادی و تعداد کل گلبول‌های سفید و در نتیجه، موجب تحریک سیستم ایمنی در جوجه‌های گوشتی نژاد کاب می‌شود.

مطالعه Heydari Sharifabad et al. (2019) نشان داد که محلول ۱۰ درصد کامبوچا در جیره جوجه‌های گوشتی نژاد کاب باعث بهبود ضریب تبدیل غذایی می‌شود. در مقابل، Khazaei et al. (2017) گزارش کردند که افزودنی تخمیری کامبوچا، تأثیر معنی‌داری بر ضریب تبدیل در نژاد راس ندارد، که با یافته‌های مطالعه حاضر، مطابق است. ممکن است دلیل این موضوع، بالا رفتن اشتها و افزایش خوراک مصرفی باشد.

در مورد درصد ماندگاری گله، در هفته‌های اول، دوم، چهارم و پنجم، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد (جدول ۳)، اما در هفته سوم، گروه ۱۵ درصد با سایر گروه‌ها تفاوت معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). گروه ۱۵ درصد، بیشترین تلفات و گروه ۵ درصد، کمترین را داشت. با وجود عدم تفاوت معنی‌دار در هفته‌های دوم و پنجم، بیشترین تلفات در گروه شاهد مشاهده شد. در کل دوره، گروه‌های ۵ و ۱۰ درصد، تفاوت معنی‌داری نسبت به گروه شاهد و ۱۵ درصد نشان دادند ($P < 0.05$). بیشترین ماندگاری در گروه ۵ درصد مشاهده شد و کمترین ماندگاری مربوط به گروه شاهد بود.

در صنعت پرورش طیور، یکی از راه‌های کاهش تلفات و افزایش عملکرد جوجه‌های گوشتی، استفاده از ترکیبات

جدول ۳- اثر مقادیر مختلف چای کامبوچا بر درصد ماندگاری جوجه‌های بلدرچین ژاپنی

Table 3. Effect of different levels of kombucha tea on survival rates in Japanese quail chicks

Treatments	Rearing week					Total period
	1	2	3	4	5	
T1	100 ^a	95 ^a	95 ^a	100 ^a	95 ^a	85 ^a
T2	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^b
T3	100 ^a	100 ^a	93 ^a	100 ^a	100 ^a	93 ^b
T4	100 ^a	100 ^a	87 ^b	100 ^a	100 ^a	87 ^a

^{a-b} Different superscript letters in each column indicate a significant difference at $P < 0.05$. T1: Control (Water); T2: Water + 5% KT; T3: Water + 10% KT; T4: Water + 15% KT; KT: Kombucha tea.

نتایج جدول ۵ مشخص کرد که در ۳۵ روزگی، تفاوت معنی‌داری در تعداد باکتری‌های اکتینو و باکترئیدس بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت. در مورد باکتری‌های فیرومیکوت و پروتئوباکتیریا، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده شد ($P < 0.05$). تعداد فیرومیکوت در گروه‌های ۱۰ و ۱۵ درصد بیشتر از شاهد و ۵ درصد بود ($P < 0.05$) و بیشترین مقدار در گروه ۱۰ درصد و کمترین در گروه شاهد ثبت شد. در مقابل، تعداد پروتئوباکتیریا در گروه شاهد، بیشترین و در گروه ۱۰ درصد، کمترین مقدار را داشت ($P < 0.05$). سلامت دستگاه گوارش، یکی از نیازهای اساسی در پرورش طیور گوشتی است زیرا تغییرات مناسب در محیط روده با کاهش pH مواد هضمی می‌تواند باعث بهبود عملکرد و کاهش رشد میکروفلورای بیماری‌زا شود (Wijayanti et al., 2019). پروبیوتیک‌ها از راه تحریک عملکرد سد اپیتلیالی، تولید مواد ضد میکروبی، کاهش دسترسی عوامل بیماری‌زا به منابع غذایی و ایجاد رقابت برای محل‌های اتصال (رقابت انحصاری) قادر به مهار میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا هستند (Wang et al., 2021). در این پژوهش به‌نظر می‌رسد که افزایش و کاهش تعداد باکتری‌های مفید و مضر با توجه به گروه شاهد می‌توانند به‌خاطر خواص پروبیوتیکی چای کامبوچا باشد. در نتایج این پژوهش مشاهده می‌شود که استفاده از مکمل چای کامبوچا، عامل کاهش باکتری پروتئوباکتیریا در گروه ۱۵ درصد در مقایسه با گروه شاهد بود. در مطالعه‌ای مشخص شد که مکمل‌سازی ۰/۰۵ درصد پروبیوتیک موجب کاهش باکتری‌های مضر و افزایش باکتری‌های مفید الکتوباسیلوس در روده بلدرچین ژاپنی شدند که این نتایج در توافق با مطالعه حاضر است (Mohammadi Saei et al., 2020). چای کامبوچا حاوی ترکیبات فنولی است. به‌طور کلی، تنها

در جدول ۴ نشان داده شده است که در دوازدهم، طول پرز و نسبت پرز به کریپت گروه‌های ۵ و ۱۰ درصد مشابه بودند، اما با سایر گروه‌ها، تفاوت داشتند ($P < 0.05$). بیشترین طول پرز و بالاترین نسبت پرز به کریپت در گروه ۱۰ درصد و کمترین مقدار در گروه شاهد ثبت شد. عمق کریپت بین تیمارها، تفاوت معنی‌داری نداشت ($P < 0.05$). در ژژنوم، گروه ۱۰ درصد در طول پرز و عمق کریپت، تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($P < 0.05$), اما بین گروه‌های شاهد و ۵ درصد، اختلافی مشاهده نشد. گروه ۱۰ درصد در طول پرز و عمق کریپت، بالاترین مقدار و گروه ۵ درصد، کمترین مقدار را داشت. نسبت طول پرز به عمق کریپت در ژژنوم بین تیمارها، تفاوت معنی‌داری نداشت. ارتفاع پرز و عمق کریپت دو ویژگی بافت‌شناسی هستند که به‌عنوان شاخص‌هایی برای سلامت و توسعه روده در نظر گرفته می‌شوند (Salahuddin et al., 2021). در این پژوهش، ارزیابی ریخت‌شناسی ژژنوم و دئودنوم نشان داد که ارتفاع پرز و عمق کریپت در گروه‌های مکمل شده با چای کامبوچا بهتر از گروه شاهد بود، که نشان‌دهنده سلامت روده‌ای در این گروه‌ها است. مصرف پروبیوتیک منجر به افزایش ارتفاع پرزها می‌شود (Jha et al., 2020). چای کامبوچا به‌دلیل حضور مجموعه‌ای از میکروارگانیزم‌های مفید روده دارای خاصیت پروبیوتیکی است (Vargas et al., 2021). همچنین، سرشار از اسیدهای آلی مختلف است. با توجه به این مطالعات، می‌توان بیان کرد که پروبیوتیک و اسیدهای آلی ممکن است تاثیر مثبتی بر ریخت‌شناسی روده باریک داشته باشند و احتمالاً این خواص می‌توانند باعث افزایش طول پرز و عمق کریپت در گروه‌های مکمل‌شده با چای کامبوچا شوند. محققین در مطالعات خود دریافتند که مکمل اسید آلی به‌مقدار ۰/۰۲ درصد می‌تواند آثار مفیدی بر ریخت‌شناسی روده باریک در جوجه‌های گوشتی داشته باشد (Tahami et al., 2014).

جدول ۴- اثر مقادیر مختلف چای کامبوچا بر فراسنجه‌های ریخت‌شناسی روده باریک در جوجه‌های بلدرچین ژاپنی

Table 4. Effect of different levels of kombucha tea on small intestinal morphological parameters in Japanese quail chicks

Parameters	Treatments	T1	T2	T3	T4	P-value
Duodenum	Mean $\pm$ SD	1035.18 ^a $\pm$ 21.39	1178.90 ^b $\pm$ 13.69	1186.03 ^b $\pm$ 16.43	1260.70 ^c $\pm$ 15.54	<0.001
	Villus length					
	Minimum	865.03	1070.77	1021.00	1159.00	
	Maximum	1188.42	1421.07	1364.17	1400.33	
	Mean $\pm$ SD	121.33 ^a $\pm$ 5.38	129.91 ^a $\pm$ 4.25	122.99 ^a $\pm$ 3.91	125.09 ^a $\pm$ 5.34	0.53
	Crypt depth					
	Minimum	73.45	96.88	85.00	89.44	
	Maximum	174.94	199.75	159.77	169.23	
	Mean $\pm$ SD	8.90 ^a $\pm$ 0.47	9.37 ^{ab} $\pm$ 0.30	9.87 ^{ab} $\pm$ 0.31	10.40 ^b $\pm$ 0.47	0.07
	Villus length to crypt depth ratio					
	Minimum	5.69	5.99	7.04	7.11	
	Maximum	14.23	13.13	13.40	14.69	
Jejunum	Mean $\pm$ SD	751.12 ^a $\pm$ 24.27	746.95 ^a $\pm$ 10.75	831.19 ^b $\pm$ 20.31	1143.38 ^c $\pm$ 27.65	<0.001
	Villus length					
	Minimum	539.98	622.14	655.17	749.67	
	Maximum	1158.68	876.27	1100.00	1400.00	
	Mean $\pm$ SD	94.53 ^a $\pm$ 3.26	98.38 ^a $\pm$ 3.27	113.14 ^b $\pm$ 2.84	144.65 ^c $\pm$ 4.46	0.00
	Crypt depth					
	Minimum	58.52	59.04	74.00	92.77	
	Maximum	135.34	134.86	149.01	185.00	
	Mean $\pm$ SD	8.27 ^a $\pm$ 0.43	7.86 ^a $\pm$ 0.31	7.47 ^a $\pm$ 0.25	8.15 ^a $\pm$ 0.33	0.34
	Villus length to crypt depth ratio					
	Minimum	5.07	5.49	5.33	4.11	
	Maximum	14.70	12.72	11.01	11.81	

^{a-c} Different superscript letters in each row indicate a significant difference at $P < 0.05$. T1: Control (Water); T2: Water + 5% KT; T3: Water + 10% KT; T4: Water + 15% KT; KT: Kombucha tea.

جدول ۵- اثر مقادیر مختلف چای کامبوچا بر باکتری‌های اکتینو، باکترئیدس، فیرمیکوت و پروتئوباکتیریا در جوجه‌های

بلدرچین ژاپنی

Table 5. Effect of different levels of kombucha tea on Actino, Bacteroidetes, Firmicutes, and Proteobacteria in Japanese quail chicks

Bacteria	Treatments	T1	T2	T3	T4	P-value
Actino	Mean $\pm$ SD	30.37 ^a $\pm$ 0.64	29.81 ^a $\pm$ 1.52	27.89 ^a $\pm$ 0.64	30.59 ^a $\pm$ 0.79	0.262
	Minimum	29.10	28.00	26.62	29.28	
	Maximum	31.18	32.83	28.71	32.00	
Bacterioides	Mean $\pm$ SD	30.90 ^a $\pm$ 0.55	29.30 ^a $\pm$ 0.46	30.99 ^a $\pm$ 1.93	31.38 ^a $\pm$ 0.64	0.567
	Minimum	29.80	28.39	28.37	30.09	
	Maximum	31.54	29.82	34.76	32.03	
Firmicutes	Mean $\pm$ SD	32.66 ^b $\pm$ 0.58	33.78 ^b $\pm$ 0.79	30.25 ^a $\pm$ 0.38	28.56 ^a $\pm$ 0.72	<0.001
	Minimum	31.51	32.85	29.74	27.69	
	Maximum	33.38	35.35	31.00	29.98	
Proteobacteria	Mean $\pm$ SD	33.51 ^a $\pm$ 1.16	33.46 ^a $\pm$ 0.72	38.50 ^b $\pm$ 0.56	39.74 ^b $\pm$ 0.14	<0.001
	Minimum	31.53	32.48	37.65	39.50	
	Maximum	35.55	34.88	39.56	40.00	

^{a-c} Different superscript letters in each row indicate a significant difference at $P < 0.05$. T1: Control (Water); T2: Water + 5% KT; T3: Water + 10% KT; T4: Water + 15% KT; KT: Kombucha tea.

ترکیبات فعال‌تری تبدیل می‌شوند. این ترکیبات پس از تبدیل زیستی به ترکیبات ساده‌تری مانند اسیدهای فنولی، به‌صورت متابولیت‌ها و مولکول‌های زیست‌فعال، موجب تعدیل میکروبیوتای روده می‌شوند. آن‌ها عملکردی مشابه پری‌بیوتیک‌ها دارند یعنی رشد باکتری‌های مفید را افزایش

بخش کوچکی (حدود ۵ تا ۱۰ درصد) از ترکیبات فنولی رژیمی در روده باریک جذب می‌شوند (عمدتاً ترکیبات با ساختار مونومری یا دایمری). ساختارهای پیچیده‌تر مانند الیگومرها و پلیمرها تقریباً بدون تغییر وارد کولون می‌شوند، جایی که به‌وسیله میکروبیوتای روده متابولیزه شده و به

داده و از رشد باکتری‌های بیماری‌زا جلوگیری می‌کنند (Costa et al., 2022).

در ۳۵ روزگی، تفاوت معنی‌داری بین گروه شاهد و سایر تیمارهای آزمایشی در غلظت پراکسید خون وجود داشت ($P < 0.05$)، اما بین تیمارهای ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد تغذیه شده با چای کامبوچا، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. به‌طور کلی، گروه‌های مکمل شده با چای کامبوچا، غلظت پراکسید کمتری نسبت به گروه شاهد داشتند (جدول ۶).

مطالعات متعددی نشان داده‌اند که چای تخمیری کامبوچا سرشار از آنتی اکسیدان‌ها و ویتامین‌های مختلفی است (Bhattacharya et al., 2016; Gamboa-Gómez et al., 2016; Jafari et al., 2021; Mihai et al., 2024) که می‌توان آثار مثبت در گروه‌های سه‌گانه در این پژوهش را به دلیل این خواص دانست. غلظت پراکسید در گروه‌های مکمل شده با چای کامبوچا نسبت به گروه شاهد کمتر بود که این نتایج را می‌توان به‌خاطر میزان فعالیت آنتی اکسیدان‌های موجود در چای کامبوچا و همچنین، خاصیت درمانی ناشی از آنتی اکسیدان‌ها که در درمان بیماری‌های مزمن ناشی از تنش اکسیداتیو موثر است، دانست (Bishop et al., 2022a). می‌توان این احتمال را داد که نتایج مشاهده شده در آزمایش متاثر از خواص اشاره شده بوده است. نتایج مطالعه Setarki et al. (2018) نشان داد تاثیر چای تخمیری کامبوچا بر فراسنجه‌های تنش

اکسیداتیو در خرگوش‌های هایپرکلسترولمی مثبت بوده است و گروه خرگوش‌هایی که رژیم با کلسترول بالا دریافت کرده بودند کاهش معنی‌دار اکسیداسیون لیپیدها و افزایش معنی‌دار ظرفیت آنتی اکسیدانی سرم را نشان دادند. بنابراین، می‌توان این‌گونه استدلال نمود که چای کامبوچا قادر است سبب بهبود سیستم دفاع آنتی اکسیدانی و ممانعت از اکسیداسیون لیپیدها شود.

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از ۱۰ درصد چای کامبوچا موجب بهبود مصرف خوراک و افزایش وزن در طول دوره پرورش شد، هر چند تفاوت معنی‌داری در مصرف خوراک و ضریب تبدیل کل دوره مشاهده نشد. درصد ماندگاری گله در گروه‌های ۵ و ۱۰ درصد، بیشترین مقدار را داشت. در ریخت‌شناسی روده، گروه ۱۰ درصد، بالاترین طول پرز را در دوازدهه و بالاترین طول پرز و عمق کریپت را در ژژنوم نشان داد. بیشترین تعداد فیرمیکوت در گروه ۱۰ درصد و بیشترین پروتئوباکتیریا در گروه شاهد مشاهده شد. در مجموع، افزودن ۱۰ درصد چای کامبوچا به آب آشامیدنی می‌تواند شاخص‌های عملکردی، اقتصادی، ریخت‌شناسی روده و ترکیب میکروبی را در بلدرچین‌های گوشتی بهبود بخشد و گزینه‌ای مناسب برای پرورش صنعتی محسوب شود.

جدول ۶- اثر مقادیر مختلف چای کامبوچا بر غلظت پراکسید در جوجه‌های بلدرچین ژاپنی

Table 6. Effect of different levels of kombucha tea on peroxide concentration in Japanese quail chicks

Treatments	Mean $\pm$ SD	Minimum	Maximum
T1	0.02 ^b $\pm$ 0.00	0.01	0.02
T2	0.01 ^a $\pm$ 0.00	0.01	0.01
T3	0.01 ^a $\pm$ 0.00	0.01	0.01
T4	0.01 ^a $\pm$ 0.00	0.01	0.01
P-value	<0.001		

^{a-b} Different superscript letters in each column indicate a significant difference at $P < 0.05$. T1: Control (Water); T2: Water + 5% KT; T3: Water + 10% KT; T4: Water + 15% KT; KT: Kombucha tea.

فهرست منابع

- Al-Tikriti, S. S. A., & Al-Nassery, H. Z. M. (2023). Effect of egg weight and type of breeding on the productive performance of Japanese quail. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, doi: 10.1088/1755-1315/1213/1/012079
- Alaei, Z., Doudi, M., & Setorki, M. (2020). The protective role of Kombucha extract on the normal intestinal microflora, high-cholesterol diet caused hypercholesterolemia, and histological structures changes in New Zealand white rabbits. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 10(6), 604. [In Persian]
- Albazaz, R., & Bal, E. B. (2014). Microflora of digestive tract in poultry. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 17(1), 39-42. doi: 10.18016/ksujns.40137

- Antolak, H., Piechota, D., & Kucharska, A. (2021). Kombucha tea—A double power of bioactive compounds from tea and symbiotic culture of bacteria and yeasts (SCOBY). *Antioxidants*, 10(10), 1541. doi: 10.3390/antiox10101541
- Attri, S., Singh, N., Nadda, A. K., & Goel, G. (2021). Probiotics and their potential applications: An Introduction. In: Goel, G., & Kumar, A. (eds) *Advances in probiotics for sustainable food and medicine. Microorganisms for Sustainability*, 21, 1-26, Springer, Singapore. doi: 10.1007/978-981-15-6795-7_1
- Bhattacharya, D., Bhattacharya, S., Patra, M. M., Chakravorty, S., Sarkar, S., Chakraborty, W., Koley, H., & Gachhui, R. (2016). Antibacterial activity of polyphenolic fraction of kombucha against enteric bacterial pathogens. *Current microbiology*, 73, 885-896. doi: 10.1007/s00284-016-1136-3
- Bindari, Y. R., & Gerber, P. F. (2022). Centennial Review: Factors affecting the chicken gastrointestinal microbial composition and their association with gut health and productive performance. *Poultry Science*, 101(1), 101612. doi: 10.1016/j.psj.2021.101612
- Bishop, P., Pitts, E. R., Budner, D., & Thompson-Witrick, K. A. (2022a). Chemical composition of kombucha. *Beverages*, 8(3), 45. doi: 10.3390/beverages8030045
- Bishop, P., Pitts, E. R., Budner, D., & Thompson-Witrick, K. A. (2022b). Kombucha: Biochemical and microbiological impacts on the chemical and flavor profile. *Food Chemistry Advances*, 1, 100025. doi: 10.1016/j.focha.2022.100025
- Bogdan, M., Justine, S., Filofteia, D. C., Petruta, C. C., Gabriela, L., Roxana, U. E., Florentina, M., Camelia Filofteia, D., Călina Petruța, C., & Gabriela, L. (2018). Lactic acid bacteria strains isolated from Kombucha with potential probiotic effect. *Romanian Biotechnological Letters*, 23(3), 13592-13598.
- Chakravorty, S., Bhattacharya, S., Chatzinotas, A., Chakraborty, W., Bhattacharya, D., & Gachhui, R. (2016). Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics. *International journal of food microbiology*, 220, 63-72. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015
- Costa, M. A. d. C., Dias Moreira, L. D. P., Duarte, V. D. S., Cardoso, R. R., São José, V. P. B. d., Silva, B. P. D., Grancieri, M., Corich, V., Giacomini, A., & Bressan, J. (2022). Kombuchas from green and black tea modulate the gut microbiota and improve the intestinal health of wistar rats fed a high-fat high-fructose diet. *Nutrients*, 14(24), 5234. doi: 10.3390/nu14245234
- Costa, M. A. D. C., Vilela, D. L. D. S., Fraiz, G. M., Lopes, I. L., Coelho, A. I. M., Castro, L. C. V., & Martin, J. G. P. (2023). Effect of kombucha intake on the gut microbiota and obesity-related comorbidities: A systematic review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 63(19), 3851-3866. doi: 10.1080/10408398.2021.1995321
- Darabighane, B., Zarei, A., Shahneh, A. Z., & Mahdavi, A. (2011). Effects of different levels of Aloe vera gel as an alternative to antibiotic on performance and ileum morphology in broilers. *Iranian Journal of Animal Science*, 10(3), e36. doi: 10.4081/ijas.2011.e36 [In Persian]
- de Miranda, J. F., Ruiz, L. F., Silva, C. B., Uekane, T. M., Silva, K. A., Gonzalez, A. G. M., Fernandes, F. F., & Lima, A. R. (2022). Kombucha: A review of substrates, regulations, composition, and biological properties. *Journal of Food Science*, 87(2), 503-527. doi: 10.1111/1750-3841.16029
- De Gregoris, T. B., Aldred, N., Clare, A. S., & Burgess, J. G. (2011). Improvement of phylum-and class-specific primers for real-time PCR quantification of bacterial taxa. *Journal of microbiological methods*, 86(3), 351-356. doi: 10.1016/j.mimet.2011.06.010
- Dufresne, C., & Farnworth, E. (2000). Tea, Kombucha, and health: a review. *Food research international*, 33(6), 409-421.
- Erel, O. (2004). A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clinical biochemistry*, 37(4), 277-285. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2003.11.015
- Erel, O. (2005). A new automated colorimetric method for measuring total oxidant status. *Clinical biochemistry*, 38(12), 1103-1111. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2005.08.008
- Fraiz, G. M., Bonifácio, D. B., Lacerda, U. V., Cardoso, R. R., Corich, V., Giacomini, A., Martino, H. S. D., Esteban-Echeverría, S., Romo-Hualde, A., & Muñoz-Prieto, D. (2024). The Impact of Green Tea Kombucha on the Intestinal Health, Gut Microbiota, and Serum Metabolome of Individuals with Excess Body Weight in a Weight Loss Intervention: A Randomized Controlled Trial. *Foods*, 13(22), 3635. doi: 10.3390/foods13223635
- Fu, C., Yan, F., Cao, Z., Xie, F., & Lin, J. (2014). Antioxidant activities of kombucha prepared from three different substrates and changes in content of probiotics during storage. *Food Science and Technology*, 34, 123-126. doi: 10.1590/S0101-20612014005000012
- Gamboa-Gómez, C. I., González-Laredo, R. F., Gallegos-Infante, J. A., Pérez, M. d. M. L., Moreno-Jiménez, M. R., Flores-Rueda, A. G., & Rocha-Guzmán, N. E. (2016). Antioxidant and angiotensin-converting enzyme inhibitory activity of Eucalyptus camaldulensis and Litsea glaucescens infusions fermented with kombucha consortium. *Food Technology and Biotechnology*, 54(3), 367. doi: 10.17113/ftb.54.03.16.4622

- He, W., Li, P., & Wu, G. (2021). Amino acid nutrition and metabolism in chickens. *Amino acids in nutrition and health: Amino acids in the nutrition of companion, zoo and farm animals*, 109-131. doi: 10.1007/978-3-030-54462-1_7
- Heydari Sharifabad, R., Hemmati, B., & Zarei, A. (2019). The effect of kombucha (borage, citrus, thyme and valerian leaves) on the immune system and growth of broilers. *Animal Science and Research Journal*, 21(3), 65-75. [In Persian]
- Islam, M. A., Bose, P., Rahman, M. Z., Muktaruzzaman, M., Sultana, P., Ahamed, T., & Khatun, M. M. (2024). A review of antimicrobial usage practice in livestock and poultry production and its consequences on human and animal health. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 11(3), 675. doi: 10.5455/javar.2024.k817
- Jafari, R., Khosravi Darani, K., & Taghavi, N. S. (2021). Kombucha: From introduction and healing properties to being Halal. *Journal of Halal Research*, 4(2), 33-39. doi: 10.30502/h.2021.135713 [In Persian]
- Jayabalan, R., Malbaša, R. V., Lončar, E. S., Vitas, J. S., & Sathishkumar, M. (2014). A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 13(4), 538-550. doi: 10.1111/1541-4337.12073
- Jha, R., Das, R., Oak, S., & Mishra, P. (2020). Probiotics (direct-fed microbials) in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, growth and laying performance, and gut health: a systematic review. *Animals*, 10(10), 1863. doi: 10.3390/ani10101863
- Khan, R. U., Naz, S., Raziq, F., Qudratullah, Q., Khan, N. A., Laudadio, V., Tufarelli, V., & Ragni, M. (2022). Prospects of organic acids as safe alternative to antibiotics in broiler chickens diet. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(22), 32594-32604. doi: 10.1007/s11356-022-19241-8
- Khazaei, A., Sarir, H., Torbati, M., & Farhangfar, S. (2017). Assessment the possibility of using Kombucha fermented tea in the diet on performance and some biochemical parameters in broiler. *Journal of Livestock Research*, 5(4), 61-68. doi: 10.22077/JLR.2017.856 [In Persian]
- Larypoor, M., Bayat, M., Zuhair, M. H., Sepahy, A. A., & Amanlou, M. (2013). Evaluation of the number of CD4+ CD25+ FoxP3+ Treg cells in normal mice exposed to AFB1 and treated with aged garlic extract. *Cell Journal (Yakhteh)*, 15(1), 37. [In Persian]
- Marsh, A. J., O'Sullivan, O., Hill, C., Ross, R. P., & Cotter, P. D. (2014). Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple kombucha (tea fungus) samples. *Food microbiology*, 38, 171-178. doi: 10.1007/978-981-15-6795-7_7
- Martínez-Leal, J., Ponce-García, N., & Escalante-Aburto, A. (2020). Recent evidence of the beneficial effects associated with glucuronic acid contained in kombucha beverages. *Current nutrition reports*, 9, 163-170. doi: 10.1007/s13668-020-00312-6
- Mehdi, Y., Létourneau-Montminy, M.-P., Gaucher, M.-L., Chorfi, Y., Suresh, G., Rouissi, T., Brar, S. K., Côté, C., Ramirez, A. A., & Godbout, S. (2018). Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Animal nutrition*, 4(2), 170-178. doi: 10.1016/j.aninu.2018.03.002
- Mihai, R. A., Cubi-Insuaste, N. S., & Catana, R. D. (2024). Biological activity and phenolic content of kombucha beverages under the influence of different tea extract substrates. *Fermentation*, 10(7), 338. doi: 10.3390/fermentation10070338
- Miyakawa, M. E. F., Casanova, N. A., & Kogut, M. H. (2024). How did antibiotic growth promoters increase growth and feed efficiency in poultry? *Poultry Science*, 103(2), 103278. doi: 10.1016/j.psj.2023.103278
- Mohammadi Saei, M., Yarahmadi, B., Farjanikish, G., & Norouzian, H. (2020). Effects of different dietary levels of probiotic on morphological and microbiological indices of intestine in Japanese quails. *Research on Animal Production*, 11(29), 10-17. doi: 10.52547/rap.11.29.10 [In Persian]
- Morales, D. (2020). Biological activities of kombucha beverages: The need of clinical evidence. *Trends in Food Science & Technology*, 105, 323-333. doi: 10.1016/j.tifs.2020.09.025
- Naeem, M., & Bourassa, D. (2025). Probiotics in poultry: Unlocking productivity through microbiome modulation and gut health. *Microorganisms*, 13(2), 257. doi: 10.3390/microorganisms13020257
- Nalla, K., Manda, N. K., Dhillon, H. S., Kanade, S. R., Rokana, N., Hess, M., & Puniya, A. K. (2022). Impact of probiotics on dairy production efficiency. *Frontiers in microbiology*, 13, 805963. doi: 10.3389/fmicb.2022.805963
- National Research Council. (1994). Nutrient requirements of poultry: 1994. National Academies Press.
- Neffe-Skocińska, K., Dybka-Stepień, K., & Antolak, H. (2019). Isolation and identification of acetic acid bacteria with potential prohealth properties. *Zywnosc Nauka Technol. Jakosc*, 26, 183-195.
- Nummer, B. A. (2013). SPECIAL REPORT: Kombucha brewing under the Food and Drug Administration Model Food Code: Risk analysis and processing guidance. *Journal of environmental health*, 76(4), 8-11.
- Nyhan, L. M., Lynch, K. M., Sahin, A. W., & Arendt, E. K. (2022). Advances in kombucha tea fermentation: A review. *Applied Microbiology*, 2(1), 73-103. doi: 10.3390/applmicrobiol2010005

- Ohimain, E. I., & Ofongo, R. T. (2012). The effect of probiotic and prebiotic feed supplementation on chicken health and gut microflora: a review. *International Journal of Animal and Veterinary Advances*, 4(2), 135-143.
- Poberezhets, J., & Kupchuk, I. (2021). Effectiveness of the use of probiotics in the diet of broiler chickens. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*, 17(4). doi: 10.5604/01.3001.0015.6857
- Rehman, A., Arif, M., Sajjad, N., Al-Ghadi, M., Alagawany, M., Abd El-Hack, M., Alhimaidi, A., Elnesr, S., Almutairi, B., & Amran, R. (2020). Dietary effect of probiotics and prebiotics on broiler performance, carcass, and immunity. *Poultry Science*, 99(12), 6946-6953. doi: 10.1016/j.psj.2020.09.043
- Reva, O. N., Zaets, I. E., Ovcharenko, L. P., Kukharenko, O. E., Shpylova, S. P., Podolich, O. V., de Vera, J.-P., & Kozyrovska, N. O. (2015). Metabarcoding of the kombucha microbial community grown in different microenvironments. *AMB Express*, 5, 1-8. doi: 10.1186/s13568-015-0124-5
- Salahuddin, M., Hiramatsu, K., Tamura, K., & Kita, K. (2021). Dietary carbohydrate effects on histological features of ileal mucosa in White Leghorn chicken. *Journal of Veterinary Medical Science*, 83(6), 952-956. doi: 10.1292/jvms.21-0157
- Salehi, S., Sadeghi, A., & Karimi, A. (2021). Growth performance, nutrients digestibility, caecum microbiota, antioxidant status and immunity of broilers as influenced by kombucha fermented on white sugar or sugar beet molasses. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 1770-1780. doi: 10.1080/1828051X.2021.1941335 [In Persian]
- Schmittgen, T. D., & Livak, K. J. (2008). Analyzing real-time PCR data by the comparative CT method. *Nature protocols*, 3(6), 1101-1108. doi: 10.1038/nprot.2008.73
- Selvaraj, S., & Gurumurthy, K. (2023). An overview of probiotic health booster-kombucha tea. *Chinese herbal medicines*, 15(1), 27-32. doi: 10.1016/j.chmed.2022.06.010
- Setarki, M., Doodi, M., & Houshmandi, Z. (2018). The effect of kombucha tea on oxidative stress parameters in hypercholesterolemic rabbits. *Neyshabur Medical Sciences Journal*, 6(2), 49-58. [In Persian]
- Simoes, G. D., Giorgi, R., do Amaral, C. C., Ferrua, C. P., Correa, G. P., Fernandez, T., Garcia, A. d. L. A., de Souza, K. B., dos Santos, A. L., & de Assis, A. M. (2022). Effects of kombucha in diabetes induced animal models: a systematic review. *Acta Scientific NUTRITIONAL HEALTH*, 6(8). doi: 10.31080/ASNH.2022.06.1106
- Tahami, Z., Hosseini, S., & Bashtani, M. (2014). Effect of organic acids supplementation on some gastrointestinal tract characteristics and small intestine morphology of broiler chickens. *Animal Production Research*, 3(3), 1-10. [In Persian]
- Vargas, B. K., Fabricio, M. F., & Ayub, M. A. Z. (2021). Health effects and probiotic and prebiotic potential of Kombucha: A bibliometric and systematic review. *Food Bioscience*, 44, 101332. doi: 10.1016/j.fbio.2021.101332
- Vina, I., Semjonovs, P., Linde, R., & Patetko, A. (2013). Glucuronic acid containing fermented functional beverages produced by natural yeasts and bacteria associations. *International Journal of Applied Research*, 14, 17-25.
- Wang, X. (2022). Managing land carrying capacity: Key to achieving sustainable production systems for food security. *Land*, 11(4), 484. doi: 10.3390/land11040484
- Wang, X., Zhang, P., & Zhang, X. (2021). Probiotics regulate gut microbiota: an effective method to improve immunity. *Molecules*, 26(19), 6076. doi: 10.3390/molecules26196076
- Watawana, M. I., Jayawardena, N., Gunawardhana, C. B., & Waisundara, V. Y. (2015). Health, wellness, and safety aspects of the consumption of kombucha. *Journal of Chemistry*, 2015(1), 591869. doi: 10.1155/2015/591869
- Wijayanti, D. A., Djunaidi, I. H., & Sjoefjan, O. (2019). Effect of probiotic and acidifier combination as an alternative to antibiotic growth promoters on digesta pH and intestinal microflora of laying hen. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 4(2), 1-4.
- Ye, Y., Li, Z., Wang, P., Zhu, B., Zhao, M., Huang, D., Ye, Y., Ding, Z., Li, L., & Wan, G. (2021). Effects of probiotic supplements on growth performance and intestinal microbiota of partridge shank broiler chicks. *PeerJ*, 9, e12538. doi: 10.7717/peerj.12538
- Yu, Z., & Morrison, M. (2004). Improved extraction of PCR-quality community DNA from digesta and fecal samples. *Biotechniques*, 36(5), 808-812. doi: 10.2144/04365ST04
- Zhou, D.-D., Saimaiti, A., Luo, M., Huang, S.-Y., Xiong, R.-G., Shang, A., Gan, R.-Y., & Li, H.-B. (2022). Fermentation with tea residues enhances antioxidant activities and polyphenol contents in kombucha beverages. *Antioxidants*, 11(1), 155. doi: 10.3390/antiox11010155