

Research Paper

Comparison of Nano Folic Acid and Folic Acid in Performance, Carcass Characteristics, Blood Parameters, and Microbial Population of Broiler Chickens

Ebrahim Shahraki¹, Mohammad Kazemi Fard², Mansour Rezaei³,
Zarbakht Ansari Pirsarai⁴ and Mahmoud Barani⁵

1- Ph.D. Student, Department of Animal Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran, (Corresponding author: eb.shahraki@gmail.com)

2 and 4- Associate Professor, Department of Animal Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

3- Professor, Department of Animal Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

5- Assistant Professor, Medical Mycology and Bacteriology Research Center, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

Received: 25 December 2023

Accepted: 5 April, 2024

Extended Abstract

Background: The lack of vitamins and minerals, which are lost due to processing, in poultry feed is an important challenge for poultry breeding experts. These nutrients and bioactive substances must be preserved in the feed. Protection of nutrients and vitamins in nano form is one of the most effective ways for health and prevention of diseases in poultry. Folic acid (vitamin B9) is a cofactor of many enzymes, and improper storage conditions or heat from cooking is a factor of its destruction. Due to its antioxidant properties, folic acid oxidizes quickly and has a short shelf life. However, folic acid fortification is the most efficient means of increasing dietary folate intake due to the low intake of folate-rich foods and the excessive loss of folate during processing. Therefore, it is very important to protect this vitamin in the diet. Existing methods to protect nutrients or active ingredients include microencapsulation, spray drying, extrusion encapsulation, fluidized bed coating, conjugation, nanoliposome, and hydrogel encapsulation. Nowadays, the increasing growth of new technologies (nanotechnology) as one of the important sciences in this era, has entered all dimensions and fields of animal, plant, and environmental life and has opened new horizons on the edge of natural sciences. All the physicochemical properties of the material change by changing particle size from micrometer to nanometer (one billionth of a meter) due to the increase in the surface-to-volume ratio. One of the most important methods available to preserve nutrients is the nanoliposome method. Nanoliposomes can usually range from tens of nanometers to several microns. Therefore, this research aimed to investigate the effect of folic acid nanoliposome and folic acid on blood biochemical metabolites and microbial population in the ileum of Ras 308 male broiler chickens.

Methods: This study was conducted as a 2×2 factorial experiment in a completely randomized design with 250 one-day-old broiler chicks in five treatments with five replicates and 10 observations per replicate. The treatments were a control diet, a folic acid-free diet supplemented with folic acid (4 mg/L of water) in non-nano form, a folic acid-free diet supplemented with folic acid (4 mg/L of water) in nano form, a control diet supplemented with folic acid (4 mg/L of water) in non-nano form, and a control diet supplemented with folic acid (4 mg/L of water) in nano form. Carcass characteristics, malondialdehyde (MDA) concentration, and bird performance were periodically evaluated during the experiment.

Results: Folic acid and nanoliposome folic acid did not significantly affect feed intake, weight gain, and feed conversion ratio (FCR) in the initial period. However, weight gain significantly influenced the interaction effects of folic acid and nanoliposome folic acid compared to the control diet. The addition of folic acid during the growth period significantly increased the weight of broiler chickens ($p < 0.05$), with a greater increase in folic acid nanoliposome treatment than in the other treatments. The interaction effects of folic acid and folic acid nanoliposome in the growing and finishing periods were significant on feed intake, weight gain, and FCR ($p < 0.05$). In the growing and final periods, feed intake, weight gain, and FCR increased significantly in the folic acid-free control diet in water (4 mg/L) in the folic acid nanoliposome form compared to the other treatments ($p < 0.05$). The lowest feed intake, weight gain, and FCR were measured in the control treatment in the growth and final periods compared to the other treatments. Breast weight



increased significantly in the control diet treatment with folic acid in water (4 mg/L) in the folic acid nanoliposome form ($p < 0.05$). The effect of folic acid was significant on some biochemical parameters, such as protein, albumin, and globulin, compared to the control treatment ($p < 0.05$). However, nano folic acid significantly increased protein, albumin, globulin, and uric acid ($p < 0.05$). Therefore, the highest significant amounts of total serum protein, albumin, and globulin belonged to the control diet treatment with the nano form folic acid in water (4 mg/L) ($p < 0.05$). Cholesterol and glucose concentrations significantly affected the interaction effects of folic acid and folic acid nanoliposome compared to the control diet. Abdominal fat and triglyceride decreased significantly in the control diet treatment with folic acid in water (4 mg/L) in the folic acid nanoliposome form ($p < 0.05$). However, the highest percentage of abdominal fat and triglycerides were observed in the control treatment. Although normal folic acid and folic acid nanoliposome and their interactions did not significantly influence MDA concentration, folic acid nanoliposome positively affected the average MDA concentration. Normal folic acid and folic acid nanoliposomes did not significantly affect the microbial population of the ileum. **Conclusion:** The results of this study showed that encapsulating folic acid in the growth and final periods improved performance, increased breast weight, and decreased abdominal fat.

Keywords: Blood Metabolites, Broiler Chicken, Folic Acid, Folic Acid Nanoliposomes, Performance

How to Cite This Article: Shahraki, E., Kazemi Fard, M., Rezaei, M., Ansari Pirsarai, Z., & Barani, M. (2024). Comparison of Nano Folic Acid and Folic Acid in Performance, Carcass Characteristics, Blood Parameters, and Microbial Population of Broiler Chickens. *Res Anim Prod*, 15(3), 73-86. DOI: [10.61186/rap.15.3.73](https://doi.org/10.61186/rap.15.3.73)

مقاله پژوهشی

مقایسه نانو اسید فولیک و اسید فولیک بر عملکرد، ویژگی‌های لاشه، فراسنجه‌های خونی و جمعیت میکروبی جوجه‌های گوشتی

ابراهیم شهرکی^۱، محمد کاظمی فرد^۲، منصور رضایی^۳، زریخت انصاری پیرسرائی^۴ و محمود بارانی^۵

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، (نویسنده مسوول: eb.shahraki@gmail.com)

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

۴- استاد، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۵- استادیار، مرکز تحقیقات قارچ‌شناسی و باکتریولوژی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۴

صفحه: ۷۳ تا ۸۶

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: کمبود ویتامین‌ها و مواد معدنی در جیره طیور یک چالش مهم برای متخصصین امر پرورش طیور است که در اثر فراوری از بین می‌روند، این مواد مغذی و فعال زیستی در جیره باید حفظ شوند. محافظت از مواد مغذی و ویتامینی به‌شکل نانو یکی از مؤثرترین راه‌ها برای سلامتی و پیشگیری از بیماری‌ها در طیور است. اسید فولیک (ویتامین B9) به‌عنوان کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌ها می‌باشد که شرایط انبارداری نامناسب یا حرارت حاصل از پخت، یکی از عوامل تخریب آن محسوب می‌شود. همچنین، اسید فولیک به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی، به‌سرعت اکسید می‌شود و ماندگاری پایینی دارد. با این حال، به‌دلیل مصرف کم مواد غذایی غنی از فولات و از دست دادن بیش از حد فولات در طول فراوری، غنی‌سازی اسید فولیک کارآمدترین وسیله برای افزایش مصرف فولات در جیره غذایی است. لذا حفاظت از این ویتامین در جیره غذایی بسیار حائز اهمیت است. روش‌های موجود برای محافظت از مواد مغذی یا مواد فعال شامل میکروکپسولاسیون خشک کردن اسپری، محصورسازی اکستروژن، پوشش بستر سیال شده، همبستگی، نانو لیپوزوم و محصورسازی با هیدروژل است. امروزه رشد فزاینده فناوری‌های نوین (نانو) به‌عنوان یکی از پیشرفته‌ترین علوم در عصر حاضر، در تمامی ابعاد و عرصه‌های حیات جانوری، گیاهی و زیست‌محیطی وارد شده و افق‌های جدیدی را در کرانه علوم طبیعی گشوده است. با تغییر اندازه ذرات از میکرومتر به نانومتر (یک میلیارد متر) به‌دلیل افزایش نسبت سطح به حجم، تمام خواص فیزیکی و شیمیایی ماده تغییر می‌کند. یکی از مهمترین روش‌های موجود جهت حفظ مواد مغذی روش نانو لیپوزوم است. نانو لیپوزوم‌ها معمولاً می‌توانند از ده‌ها نانومتر تا چند میکرون متغیر باشند. لذا هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر نانو لیپوزوم اسید فولیک و اسید فولیک بر متابولیت‌های بیوشیمیایی خونی و جمعیت میکروبی بخش ایلئوم جوجه‌های گوشتی نر نژاد راس ۳۰۸ انجام شد.

مواد و روش‌ها: این تحقیق به‌روش فاکتوریل ۲×۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲۵۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه با ۵ تیمار و ۵ تکرار و ۱۰ مشاهده در هر تکرار انجام شد. تیمارهای این تحقیق عبارتند از: (۱) جیره شاهد، (۲) جیره فاقد اسید فولیک به‌همراه اسید فولیک (۴ میلی گرم در لیتر آب) به‌شکل غیر نانو، (۳) جیره فاقد اسید فولیک به‌همراه اسید فولیک (۴ میلی گرم در لیتر آب) به‌شکل نانو لیپوزوم اسید فولیک، (۴) جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک (۴ میلی گرم در لیتر آب) به‌شکل غیر نانو، (۵) جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک (۴ میلی گرم در لیتر آب) به‌شکل نانو لیپوزوم اسید فولیک. همچنین در پایان آزمایش ویژگی‌های لاشه، غلظت مالون دی‌آلدئید و عملکرد پرندگان در حین آزمایش به‌صورت دوره‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: اسید فولیک و نانو لیپوزوم اسید فولیک در دوره آغازین تأثیر معنی‌داری بر مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل نداشت، ولی افزایش وزن در اثرات متقابل اسید فولیک و نانو لیپوزوم اسید فولیک نسبت به جیره شاهد تأثیر معنی‌داری داشت. همچنین افزودن اسید فولیک در دوره رشد به‌طور معنی‌داری باعث افزایش وزن در جوجه‌های گوشتی شد ($p < 0.05$)، به‌طوری‌که این افزایش در تیمار نانو لیپوزوم اسید فولیک بیشتر از سایر تیمارها بود. اثرات متقابل اسید فولیک و نانو لیپوزوم اسید فولیک در دوره رشد و پایداری بر مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل معنی‌دار بود ($p < 0.05$). در دوره رشد و پایداری، مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل در جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به‌شکل نانو لیپوزوم اسید فولیک، نسبت به سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری افزایش داشت ($p < 0.05$). تیمار شاهد کمترین مصرف خوراک، وزن و ضریب تبدیل را در دوره رشد و پایداری نسبت به سایر تیمارها داشت. در تیمار جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به‌شکل نانو لیپوزوم اسید فولیک، وزن سینه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$).

تأثیر اسید فولیک بر برخی پارامترهای بیوشیمیایی مانند پروتئین، البومین و گلوبولین نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار شد ($p < 0.05$). ولی نانو اسید فولیک نیز باعث افزایش معنی‌دار در پروتئین، آلبومین، گلوبولین و اسید اوریک شد ($p < 0.05$). بنابراین بالاترین میزان معنی‌داری پروتئین کل سرم، آلبومین و گلوبولین مربوط به تیمار جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به‌شکل نانو بود ($p < 0.05$). غلظت کلسترول و گلوکز در اثرات متقابل اسید فولیک و نانو لیپوزوم اسید فولیک نسبت به جیره شاهد تأثیر معنی‌داری داشت. چربی شکمی و تری گلیسیرید به‌طور معنی‌داری در تیمار جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به‌شکل نانو لیپوزوم اسید فولیک، کاهش داشت ($p < 0.05$). ولی بیشترین درصد چربی شکمی و تری گلیسیرید در تیمار شاهد بود. اگرچه اسید فولیک معمولی و نانو لیپوزوم اسید فولیک و اثرات متقابل تأثیر معنی‌داری بر غلظت مالون دی‌آلدئید نداشت، ولی نانو لیپوزوم اسید فولیک تأثیر مثبتی بر میانگین غلظت مالون دی‌آلدئید داشت. همچنین اسید فولیک معمولی و نانو لیپوزوم اسید فولیک و اثرات متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر جمعیت میکروبی بخش ایلئوم نداشت.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که نانو لیپوزوم کردن (محصور سازی) اسید فولیک در دوره رشد و پایداری باعث بهبود عملکرد، افزایش وزن سینه و کاهش چربی محوطه شکمی شد.

واژه‌های کلیدی: اسید فولیک، جوجه گوشتی، عملکرد، متابولیت‌های خونی، نانو لیپوزوم اسید فولیک

مقدمه

افزایش داده است، ولی کیفیت لاشه مرغ کاهش یافته است (Pertiwi et al., 2022). ویتامین‌ها، مواد ریزمغذی کم‌نیازی هستند که برای حفظ سلامتی و جلوگیری از بیماری‌ها در طیور از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند و طیور علاوه بر سلامتی‌شان برای افزایش رشد و تولید به ویتامین‌ها نیاز وافر دارند (Yeo et al., 2018a). یکی از این ویتامین‌ها، ویتامین B9) یا اسید

افزایش تقاضا برای پروتئین حیوانی، با توجه به رشد جمعیت در کشورها، باعث شده تا بیشترین تولید پروتئین از محصولات طیور تأمین شود (Bhalerao et al., 2014). اما کشورهای در حال توسعه در صنعت طیور پیشرفت چشمگیری داشته‌اند و این پیشرفت‌ها ظرفیت پرندگان را از نظر سطح و چربی شکمی

و استقرار بهتر در بدن جوجه‌ها می‌باشد. به‌طور کلی، استفاده از این نانولیپوزوم‌ها می‌تواند به بهبود تغذیه، رشد، و عملکرد جوجه‌های گوشتی کمک کند (Meligy et al., 2023).

غنی‌سازی جیره غذایی با پودر اسید فولیک منجر به تجزیه یا تخریب پودر اسید فولیک تقریباً چندین برابر سریع‌تر در مقایسه با اسید فولیک محصور شده به‌شکل نانو می‌شود (Madziva et al., 2005). بنابراین برای جلوگیری از تخریب اسید فولیک در شرایط نامطلوب، این ریزمغذی به‌وسیله کپسوله کردن یا روش‌های دیگر باید محافظت شود. لذا با توجه به‌سرعت رشد فناوری‌های نوین جهت محصور کردن مواد فعال، محققان از روش نانولیپوزوم برای محصورسازی مواد معدنی، ویتامینی و دارویی استفاده می‌کنند. لیپوزوم‌ها معمولاً می‌توانند از ده‌ها نانومتر تا چند میکرون متغیر باشند، آنها در ابتدا برای اهداف پزشکی و دارویی به‌عنوان حامل دارو و سیستم‌های تحویل توسعه داده شدند (Zuidam & Shimoni, 2010). بنابراین هدف از این پژوهش بررسی اثرات نانولیپوزوم اسید فولیک و اسید فولیک بر عملکرد، خصوصیات لاشه، برخی شاخص‌های بیوشیمیایی خون، مالون دی‌آلدئید و جمعیت میکروبی روده جوجه‌های گوشتی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با ۲۵۰ قطعه جوجه گوشتی نژاد رأس ۳۰۸ تجاری با آرایش فاکتوریل ۲×۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و پنج تکرار و ده قطعه جوجه گوشتی در هر تکرار در بازه زمانی دی‌ماه به‌مدت ۴۲ روز انجام شد. تیمارها عبارتند از: (۱) جیره شاهد (دارای اسید فولیک)، (۲) جیره فاقد اسید فولیک به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل غیر نانو، (۳) جیره فاقد اسید فولیک به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل نانولیپوزوم، (۴) جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل غیر نانو، (۵) جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل نانولیپوزوم می‌باشد. بنابراین، طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل ۲×۲ می‌باشد، اما در مجموع ۴ تیمار با تیمار شاهد در قالب اورتوگونال آنالیز شدند. برای ساخت نانولیپوزوم حاوی اسید فولیک، ابتدا یک لیتر آب دیونیزه در بشر ریخته و به‌ترتیب مقدار ۶/۴۳ گرم لیسیتین (غلظت ۱۰ میلی‌مولار)، ۲ میلی‌لیتر گلیسرول و ۸۰۰ میلی‌گرم اسید فولیک را به آب دیونیزه اضافه نموده و بشر را روی هیتر با همزن مغناطیسی در دمای ۴۰-۵۰ سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده (در حمام پارافین) و در طول این مدت یک الی دو بار نیز سونیکشن (با دستگاه پروب التراسونیک) شده تا این مواد همگن شوند (Yeo et al., 2018b). همچنین برای تهیه لیپوزوم‌ها، فسفولیپید با غلظت‌های مختلف در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد حل شد. سپس لیسیتین سویا و آب در همزن مغناطیسی به‌مدت ۶۰ ثانیه مخلوط شدند و سپس در همزن‌نایزر به‌مدت ۶۰ ثانیه هم‌زنان شدند، این مخلوط‌ها به‌مدت حدود ۳۰ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد سونیکه شدند (Dwiastuti et al., 2016). جیره بر اساس دفترچه راهنمای توصیه شده نژاد تجاری رأس ۳۰۸ با و بدون مکمل ویتامینی اسید فولیک تهیه شد (جدول ۱). فراسنجه‌های عملکرد شامل

فولیک است که نقش متعددی در بدن دارند (Pieroth et al., 2018). ویتامین‌های محلول در آب عمدتاً به‌عنوان کوآنزیم عمل نموده و واکنش‌های آنزیمی را تسریع می‌کنند و در برابر دما و نور پایدار نیستند و تخریب می‌شوند، اسید فولیک یکی از حساس‌ترین ویتامین‌های محلول در آب است که طی فرآوری جیره در کارخانجات خوراک تخریب می‌شود (Svihus et al., 2013). اسید فولیک یک ویتامین ضروری است که به‌عنوان دهنده و گیرنده واحد تک‌کربنی در سنتز اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک (سنتز پورین‌ها و پیریمیدین‌ها) در طیف گسترده‌ای از واکنش‌های بیوشیمیایی از جمله نقش کوفاکتور و سوبسترا برای واکنش‌های متیلاسیون بیولوژیک مهم شرکت می‌کند، و با تأثیر بر سرین، گلیسین، هیستیدین، متیونین، کولین و تیامین در فرایندهای متابولیک نقش دارد (Pieroth et al., 2018). حیوانات دارای رشد سریع، نسبت به سطح اسید فولیک بسیار حساس هستند، چون نقش مهمی در رشد، رسوب پروتئین و سنتز بافت، ایفا نموده و از بروز بیماری‌های فلجی، کم‌خونی و رشد جنینی جلوگیری می‌کند (Matte et al., 1992). افزودن ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید فولیک می‌تواند رسوب چربی را در سلول‌های کبدی مرغ کاهش دهد (Liu et al., 2018). با افزودن ۱۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسید فولیک در جیره گاو‌ها در طول اسپرم‌گیری کلسترول سرم را کاهش داد ولی در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش یافت (Liu et al., 2019). مکمل غذایی اسید فولیک باعث افزایش وزن و جرم تخم‌مرغ، و کاهش سطح گلوکز سرم در مرغ‌های تخمگذار جوان و کاهش اسید اوریک سرم در مرغ‌های تخمگذار مسن می‌شود (Jing et al., 2014). برعکس کمبود اسید فولیک در جوجه‌های گوشتی منجر به تأخیر رشد، و اختلال در برخی عملکردهای فیزیولوژیک می‌شود (Scott, 1999). همچنین کمبود اسید فولیک در رژیم غذایی احتمالاً تقسیم سلولی را مختل می‌کند و ظرفیت سنتز پروتئین را کاهش می‌دهد، اثرات کمبود اسید فولیک در بافت‌های با رشد سریع مانند گلبول‌های قرمز، مخاط روده، و رشد جنین باعث بیماری‌های مختلفی می‌شود (Harper et al., 1996).

مکمل نمودن گیاهان دارویی به‌شکل نانو، فناوری جدیدی است که نقش مهمی در سلامتی بشر و همه موجودات دارد (Horoiwa et al., 2017). نانوذرات به‌دلیل هدف قرار دادن مستقیم بافت موردنظر و عدم عوارض بر سایر بافت‌ها، اهمیت درمانی ویژه‌ای دارند (Anand et al., 2019). این نانو حامل‌ها کاملاً با بدن موجودات سازگار هستند و باعث پایداری و حفظ مکمل در شرایط محیط و بدن شده و در طبیعت به‌سرعت تجزیه می‌شود و هیچ نگرانی زیست‌محیطی ندارد (Shao et al., 2016). نانولیپوزوم‌های حاوی اسید فولیک در تغذیه جوجه‌های گوشتی نقش مهمی دارند، این نانولیپوزوم‌ها با حمل اسید فولیک، بهبود جذب و بیودستریبیوتی این ویتامین را فراهم می‌کنند. علاوه بر این، از طریق اثرات آنتی‌اکسیدانتی، این نانولیپوزوم‌ها می‌توانند از سلول‌های بدن جوجه‌ها در برابر استرس‌های اکسیداتیو محافظت کرده و رشد و عملکرد بهتری را ایجاد کنند. مکانیسم‌های جذب بهتر اسید فولیک شامل تحویل دقیق مواد مغذی، محافظت در برابر آسیب‌های گوارشی

تصادفی انتخاب، و خون‌گیری انجام و پس از سانتریفیوژ، پلاسما از خون جدا شد. سپس ۱/۵ سی‌سی بافر سالین به ۰/۵ سی‌سی سلول‌های خونی اضافه، و با دور ۳۰۰۰ و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد، و با استفاده از کیت‌های بیوشیمیایی پارس آزمون و دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد.

در پایان دوره آزمایش یعنی ۴۲ روزگی به‌طور تصادفی از هر تکرار یک قطعه جوجه با وزن نزدیک به میانگین تکرار انتخاب و خون‌گیری از سیاهرگ بال چپ جوجه‌های گوشتی، انجام شد. برای تهیه پلاسما، نمونه‌های خون با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد برای انجام آزمایشات موردنظر نگهداری شدند. پارامترهای خونی مثل کلسترول، گلوکز، پروتئین تام، آلبومین، گلوبولین، فسفر، کلسیم، اسید اوریک، تری گلیسیرید، لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL) و لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL) و (VLDL) با استفاده از کیت‌های بیوشیمیایی پارس آزمون و دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. آنالیز داده‌های آزمایشی در قالب فاکتوریل به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS (9.1) انجام شد (Institute, 2009). جهت مقایسه میانگین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری پنج درصد از رابطه (۱) استفاده شد.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk} \quad (۱) \text{ رابطه}$$

Y_{ij}: مقدار هر مشاهده از تکرار j و تیمار i: μ: میانگین کل، A_i: نانو لیپوزوم اسید فولیک، B_j: اثر اصلی، AB_{ij}: اثر متقابل دو جانبه و e_{ijk}: مقدار خطای آزمایش می‌باشد.

ضریب تبدیل خوراک، وزن بدن و میزان مصرف خوراک بود که به‌صورت دوره‌ای، دوره آغازین (۱۰-۱ روزگی)، دوره رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و دوره پایانی (۴۲-۲۵) اندازه‌گیری شدند. ضریب تبدیل خوراک با تقسیم خوراک مصرفی بر افزایش وزن بدن با احتساب تلفات روزانه محاسبه شد. همچنین در روز ۴۲ دوره پرورش برای ارزیابی ویژگی‌های لاشه، از هر تکرار یک قطعه جوجه نزدیک به میانگین هر واحد آزمایشی انتخاب و کشتار، و پس از جدا نمودن امعاء و احشاء، قلب، جگر، چربی محوطه شکمی، ران، سینه و سنگدان با ترازو وزن شده و به‌عنوان درصدی از وزن زنده ثبت شد.

جهت بررسی جمعیت میکروبی روده بخش ایلئوم در پایان دوره (۴۲ روزگی)، یک پرندۀ از هر واحد آزمایشی به‌طور تصادفی و نزدیک به میانگین پن انتخاب، و به‌روش جابجایی مهره گردن، کشتار و بخش ایلئوم از روده جدا شده و محتویات این بخش در شرایط کاملاً استریل در ظرف‌های ضدعفونی شده ریخته شدند. برای شمارش جمعیت باکتری‌های کل، لاکتوباسیل و کلی فرم‌ها به‌ترتیب از محیط کشت نوترینت آگار، ام آر اس آگار و مکانکی آگار استفاده شد. سپس یک‌دهم میلی‌لیتر با میکروسپلر از نمونه‌های رقیق شده بر روی محیط کشت داخل پلیت‌ها ریخته و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بعد از ۴۸ ساعت داخل انکوباسیون جهت شمارش برداشته شد. کلنی‌ها شمارش، و اعداد به‌دست آمده در عکس رقت ضرب و لگاریتم آن‌ها را به‌دست آورده و به‌عنوان تعداد کلنی در گرم بیان شد (Guban et al., 2006). برای تعیین غلظت مالون‌دی‌آلدئید مطابق روش یوشیوکا و همکاران (Yoshioka et al., 1979)، در ۴۲ روزگی از هر پن یک قطعه جوجه به‌طور

جدول ۱- درصد ترکیبات جیره پایه آغازین، رشد و پایان

Table 1. Percentage of basic ration ingredients at the beginning, growth and end

پایانی (25-42) End	رشد (11-24) growth	آغازین (1-10) Beginning	ماده خوراکی (KG) feed mater
-	3	5	گلوتن
56.77	52.92	50.07	Gluten
35.91	36.87	37.67	ذرت
3.92	3.29	2.43	Corn
0.68	0.76	1.03	کنجاله سویا
1.24	1.56	1.99	Soybean meal
0.26	0.24	0.19	روغن سویا
0.11	0.15	0.22	Soybean oil
0.5	0.5	0.5	سنگ کربنات
0.31	0.31	0.35	Carbonate stone
0.16	0.24	0.39	دی کلسیم فسفات
0.04	0.06	0.11	Dicalcium phosphate
0.05	0.05	0.05	نمک
0.05	0.05	-	Salt
100	100	100	جوش شیرین
			Baking soda
			مکمل معدنی و ویتامینی
			M and V supplement
			دی ال متیونین
			DL methionine
			ال لیزین هیدرو کلراید
			L-lysine hydrochloride
			ترئونین
			(Thr)
			مولتی آنزیم
			Multienzyme
			سالیئومایسین
			(Salinomycin)
			جمع

ادامه جدول ۱- درصد ترکیبات جیره پایه آغازین، رشد و پایان

Continued table 1. Percentage of basic ration ingredients at the beginning, growth and end

مواد مغذی محاسبه شده (Calculated nutrients)			
انرژی قابل متابولیسم (kcal/kg)	3100	3050	2975
(kcal/kg) Metabolizable energy			
پروتئین خام (%) Crude protein (%)	19.5	21.5	23
کلسیم (%) Ca (%)	0.65	0.75	0.95
فسفر (%) P	0.36	0.42	0.5
ال لیزین (%) Lys	1.08	1.18	1.32
دی ال متیونین-سیستین (%) DL methionine-cysteine	0.86	0.92	1
ترئونین (%) Thr	0.76	0.79	0.88
چربی خام (%) Crude fat	6.09	5.2	4.57
فیبر خام (%) Crude fiber	3.76	3.08	3.80
سدیم (%) Na	0.16	0.16	0.16

۱- دی کلسیم فسفات مورد استفاده دارای ۲۰ درصد کلسیم و ۱۸ درصد فسفر است. ۲- کربنات کلسیم دارای ۳۷ درصد کلسیم است. ۳- به ازای هر کیلوگرم جیره مکمل ویتامینه فراهم شد. ویتامین A: ۱۱۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین D₃: ۲۴۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین K: ۳ میلی‌گرم، ویتامین E: ۲۲ میلی‌گرم، تیامین: ۲/۵ میلی‌گرم، ریبوفلاوین: ۶ میلی‌گرم، کولین: ۱۶۰۰ میلی‌گرم، B₁₂: ۰/۱۵ میلی‌گرم، اسید فولیک: ۴ میلی‌گرم، بیوتین: ۰/۲۵ میلی‌گرم، اسید فولیک: ۴ میلی‌گرم. ۴- به ازای هر کیلوگرم جیره مکمل معدنی فراهم شد: منگنز: ۱۲۰ میلی‌گرم، روی: ۱۱۰ میلی‌گرم، آهن: ۲۰ میلی‌گرم، مس: ۶ میلی‌گرم، سلنیوم: ۰/۳ میلی‌گرم، ید: ۱/۲ میلی‌گرم.

1-Dicalcium phosphate used has 20% calcium and 18% phosphorus. 2-Calcium carbonate has 37% calcium. 3- For each kilogram of diet, vitamin supplements were provided: vitamin A, 11000 international units; vitamin D₃, 2400 international units; vitamin K, 3 mg; vitamin E, 22 mg; thiamine, 2.5 mg; riboflavin, 6 mg; choline 1600 mg; B₁₂, 0.015 mg; folic acid 4 mg; biotin 0.25 mg; folic acid 4 mg. 4- Mineral supplements were provided per kilogram of ration: manganese, 120 mg; zinc, 110 mg; iron, 20 mg; copper, 6 mg; selenium, 0.3 mg; iodine, 1.2 mg.

نتایج و بحث

یافته‌های مربوط به وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی در جوجه‌های تغذیه شده با سطوح مختلف شکل مصرفی اسید فولیک با و بدون اسید فولیک جیره به‌طور مبسوط در جدول شماره ۲ ارائه شده است. حذف اسید فولیک از جیره در دوره‌های آغازین و پایانی و کل تأثیر معنی‌داری بر مصرف خوراک نداشت، اما در دوره رشد به‌طور معنی‌داری سبب کاهش مصرف خوراک شد ($p < 0.05$). تأثیر سطوح مختلف شکل مصرفی اسید فولیک بر مصرف خوراک جوجه‌ها در دوره آغازین معنی‌داری نبود. در حالی‌که مصرف نانو اسید فولیک در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره به‌طور معنی‌داری سبب کاهش مصرف خوراک در جوجه‌ها شد ($p < 0.05$). اثرات متقابل مصرف اسید فولیک و تیمار شاهد بر خوراک مصرفی در دوره آغازین معنی‌داری نشد. در حالی‌که این اثرات متقابل و تیمار شاهد در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره بر خوراک مصرفی معنی‌داری شدند. به‌طوری‌که خوراندن اسید فولیک به‌شکل نانو سبب کاهش مصرف خوراک در جوجه‌ها شد. در دوره آغازین تمامی تیمارها، بر مصرف خوراک هیچ تأثیری نداشت، ولی جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل غیر نانو، در دوره رشد تأثیر معنی‌داری بر مصرف خوراک داشت ($p < 0.05$). همچنین جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل نانو در دوره رشد و پایانی تأثیر معنی‌داری بر مصرف خوراک داشت ($p < 0.05$). مددی‌زاده و همکاران (Madadi zadeh et al., 2017)، گزارش دادند که اسید فولیک در مصرف خوراک در دوره آغازین هیچ تأثیری نداشت، ولی در دوره رشد جوجه‌هایی که با

جیره‌های حاوی اسید فولیک ۱/۵ و ۳ میلی‌گرم تغذیه شده بودند افزایش معنی‌داری در مصرف خوراک آنها مشاهده گردید. در تحقیقات گودا و همکاران (Gouda et al., 2022)، مکمل ۱/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسید فولیک به‌مدت ۳۵ روز سبب افزایش وزن، میانگین وزن اولیه بدن، مصرف خوراک و نرخ رشد نسبی شد. Terčič و همکاران (Terčič et al., 2014)، در پژوهش خود مشاهده کردند که میانگین مصرف روزانه طیور زمانی بالاتر بود که ۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسید فولیک به خوراک اضافه شد که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد، ولی با یافته‌های ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2020)، همخوانی ندارد. رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2011)، گزارش دادند که مصرف خوراک در گروه اسید فولیک به‌صورت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر آب به‌مدت ۴۲ روز در هفته اول و دوم پرورش در جیره موش‌ها معنی‌دار نبود ولی از روز ۱۴ پرورش، به‌طور معنی‌داری باعث افزایش مصرف آب و خوراک در موش‌ها شد. بوهان و همکاران (Bohan et al., 2006)، گزارش کردند که اثر اسید فولیک بر افزایش مصرف خوراک ممکن است از طریق کاهش سطح سرمی لپتین و افزایش گرلین و انسولین اعمال شده، و انسولین گلوکز خون را کاهش می‌دهد و اشتها را تحریک می‌کند. گیری و همکاران (Geary et al., 2004)، گزارش دادند که هورمون‌های لپتین و گرلین روی اشتها و مصرف خوراک مؤثر هستند، و به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های اصلی شبکه تنظیم مصرف خوراک هسته‌های هیپوتالاموس مورد توجه هستند، همچنین هورمون گرلین به‌عنوان تحریک‌کننده هورمون رشد است و سلول‌های غده موکوس معده باعث تولید این پپتید اشتها‌آور هستند، و میزان ذخیره چربی بدن بیانگر هورمون لپتین است که ترشح نوروپپتید را در هیپوتالاموس مهار

دریافتی بیشتر بود. رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2011)، گزارش دادند که مکانیزم‌های اشتها و افزایش وزن متفاوت است و احتمالاً این افزایش وزن را به دخالت احتمالی فولات به عنوان یک حامل گروه متیل در مسیرهای متابولیک سنتز ترکیبات پروتئینی در برخی بافت‌ها مانند سایر مطالعات نسبت داد. تاپیرو و همکاران (Tapiero et al., 2011)، گزارش دادند که اسید فولیک یا فولات‌ها برای سنتز DNA، ترمیم و متیلاسیون، به ویژه بیوسنتز نوکلئوتیدی و متیلاسیون مجدد هموسیستئین، به ویژه برای فرآیندهای بیولوژیک شامل تکثیر سریع سلولی، مانند جنین‌زایی و خون‌سازی حیاتی هستند. هاوس و همکاران (House et al., 2002)، گزارش دادند که اسید فولیک در جیره‌های غذایی می‌تواند رسوب فولات زرده تخم‌مرغ را به میزان قابل توجهی افزایش دهد. با این حال، پاسخ فولات تخم‌مرغ به اسید فولیک در جیره غذایی اشباع‌پذیر بود، به طوری که حداکثر سطوح فولات تخم‌مرغ در جیره‌های غذایی اسید فولیک تقریباً ۴ میلی گرم بر کیلوگرم تعیین شد.

ضریب تبدیل غذایی در دوره آغازین تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت (جدول شماره ۲). در دوره آغازین، مصرف اسید فولیک در ضریب تبدیل غذایی تأثیر معنی‌داری نداشت، ولی مصرف نانو اسید فولیک سبب کاهش ضریب تبدیل غذایی شد، به طوری که در دوره‌های رشد و پایدانی، نانو اسید فولیک باعث کاهش معنی‌داری در ضریب تبدیل غذایی شد ($p < 0.05$). همچنین در دوره‌های رشد و پایدانی، تیمار جیره شاهد به همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به شکل نانو در جوجه‌های گوشتی، ضریب تبدیل غذایی را به طور معنی‌داری کاهش داد ($p < 0.05$). همچنین تیمار جیره شاهد به همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به شکل غیرنانو در دوره رشد، ضریب تبدیل غذایی را به طور معنی‌داری کاهش داد ($p < 0.05$). با این حال، تیمار جیره شاهد به همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به شکل نانو در دوره رشد و پایدانی نسبت به همه تیمارها ضریب تبدیل غذایی را بیشتر کاهش داد. گودا و همکاران (Gouda et al., 2020)، در تحقیقات خود مشاهده کردند که ۱/۵ میلی گرم بر کیلوگرم اسید فولیک به مدت ۳۵ روز سبب کاهش ضریب تبدیل غذایی شد. در تحقیقی دیگر مددی زاده و همکاران (Madadi zadeh et al., 2017)، گزارش کردند که در دوره پایدانی نیز افزودن مکمل اسید فولیک و روی اثر معنی‌داری بر روی مصرف خوراک، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی داشت. علاوه بر این، پرتیوی و همکاران (Pertwi et al., 2022)، نیز گزارش دادند که افزودن اسید فولیک در جیره باعث افزایش محتوای این ویتامین در تخم‌مرغ، افزایش وزن، مصرف خوراک، سرعت رشد نسبی و کاهش ضریب تبدیل غذایی می‌شود.

نتایج تأثیر تیمارهای آزمایشی بر ویژگی‌های لاشه در جدول ۳ ارائه شده است. عامل شکل مصرفی اسید فولیک بر وزن سینه و چربی محوطه شکمی معنی‌دار بود، ولی شکل مصرفی نانو اسید فولیک باعث افزایش معنی‌دار وزن سینه و کاهش معنی‌دار چربی محوطه شکمی شد. همچنین تیمار نانو اسید فولیک به مقدار ۴ میلی گرم در کیلوگرم به همراه جیره شاهد به طور معنی‌داری چربی محوطه شکمی را نسبت به گروه شاهد

کرده و باعث کاهش اشتها می‌شود. همچنین رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2011)، گزارش دادند که ۱۰ میلی گرم اسید فولیک در لیتر آب مصرفی در جیره موش‌ها، باعث کاهش سطح سرم لپتین و افزایش گرلین گردید، ولی سطح سرمی انسولین را به طور معنی‌داری افزایش داد. وانگ و همکاران (Wang et al., 2021)، گزارش کردند که شاید یکی از علائم بی‌اشتهایی یا کاهش مصرف خوراک، نداشتن یا کمبود اسید فولیک باشد. همچنین ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2014)، در بررسی تأثیر کمبود فولات و افزودن ۲ میلی گرم مکمل اسید فولیک در جیره جوجه‌های گوشتی بر مصرف خوراک در کل دوره پرورش ۲۱-۴۲ روزگی هیچ تأثیری معنی‌داری در جوجه‌های گوشتی نداشت که با نتایج این مقاله مطابقت ندارد. عدم تطابق نتایج گزارش شده در این مطالعات ممکن است ناشی از سطوح مختلف، کیفیت، شرایط نگهداری یا طریقه تغذیه اسید فولیک در جوجه‌های گوشتی باشد. همچنین لیو و همکاران (Liu et al., 2019)، تأثیر تزریق اسید فولیک را در دوره آغازین (۱۱-۱۱ روزگی) جوجه‌های گوشتی بررسی و گزارش دادند که تأثیر معنی‌داری در عملکرد جوجه‌های گوشتی مشاهده نشد که در راستای نتایج این پژوهش می‌باشد.

تأثیر تیمارها بر افزایش وزن جوجه‌های گوشتی در دوره رشد و پایدانی در جدول ۲ ارائه شده است. تیمار جیره شاهد به همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به شکل نانولیپوزوم تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین نداشت ولی در دوره رشد و پایدانی تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن جوجه‌های گوشتی داشت ($p < 0.05$). تیمار جیره شاهد به همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به شکل غیرنانو، تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین و پایدانی نداشت ولی در دوره رشد تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن جوجه‌های گوشتی داشت ($p < 0.05$). نتایج این مقاله با یافته‌های گودا و همکاران (Gouda et al., 2020)، مطابقت دارد، ولی با نتایج ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2014) مشابه نیست. گودا و همکاران (Gouda et al., 2020)، گزارش کردند که مکمل اسید فولیک به جیره غذایی، وزن جوجه‌های گوشتی تحت تیمار را نسبت به گروه شاهد به طور قابل توجهی افزایش داد. همچنین باروتا و همکاران (Barroeta et al., 2012)، گزارش دادند که مصرف اسید فولیک در بوقلمون‌ها، به میزان ۲-۱ میلی گرم بر کیلوگرم می‌تواند باعث افزایش وزن، رشد و محتوای ویتامین در تخم‌ها شود. ساهینو و همکاران (Sahin et al., 2003) گزارش کردند که ویتامین اسکوربیک اسید و اسید فولیک، باعث افزایش وزن زنده و مصرف خوراک و بهبود کارایی خوراک در بلدرچین ژاپنی تحت استرس گرمایی شد.

نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین وزن جوجه‌های گوشتی در تیمار جیره شاهد به همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به شکل نانو و تیمار جیره شاهد به همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به شکل غیرنانو، در مقایسه با گروه شاهد در دوره‌های رشد و پایدانی به طور معنی‌داری بیشتر بود، همچنین وزن تیمار جیره شاهد به همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به شکل نانولیپوزوم به نسبت خوراک

فرزندان آنها افزایش دهد (Kumar *et al.*, 2013). همچنین جیره‌های دارای کمبود فولات در جوجه‌های گوشتی به‌طور قابل‌توجهی چربی محوطه بطنی را افزایش می‌دهد، ولی افزایش چربی محوطه شکمی جوجه‌های گوشتی ممکن است به گونه، سن، نژاد و الگوهای تغذیه‌ی مرتبط باشد (Xing *et al.*, 2011). لی و همکاران (Li *et al.*, 2013) گزارش دادند اگر کمبود فولات در اوایل و اواسط بارداری در خرس‌ها اتفاق بیفتد، تفاوت قابل‌توجهی در طول بدن و ارتفاع بدن ایجاد نمی‌کند. در سن ۲۱ روزگی، ضخامت چربی زیر جلدی در جوجه‌های گوشتی بین گروه‌های دارای فولات و کمبود فولات به تفاوت معنی‌داری رسید، که نشان می‌دهد کمبود فولات در مرغان مادر تخمگذار ممکن است در مراحل اولیه تأثیر قابل‌توجهی بر رسوب چربی در جوجه‌ها داشته باشد (Xing *et al.*, 2018) که با نتایج این مقاله همخوانی دارد.

کاهش داد ($p < 0.05$). جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل غیر نانو چربی محوطه شکمی را نسبت به گروه شاهد کاهش داد. همچنین جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل نانو به‌طور معنی‌داری درصد وزن سینه را نسبت به گروه شاهد افزایش داد ($p < 0.05$). جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل نانو سبب افزایش وزن کبد گردید. نتایج تحقیقاتی نشان داد که به‌طور مشابه، وزن کبد در مرغ‌های تخمگذار افزایش یافت (Tactacan *et al.*, 2010) که با نتایج این مقاله همخوانی دارد. ولی محقق دیگر گزارش کرد که وزن کبد و قلب جوجه‌های گوشتی در سن ۲۱ روزگی کاهش یافت (Wu *et al.*, 2019) که با نتایج این مقاله همخوانی ندارد. با این‌حال سایر تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر دیگر صفات نداشت. کمبود اسید فولیک در موش‌های صحرایی ماده می‌تواند میزان چربی احشایی و متابولیسم لیپید را در

جدول ۲- تأثیر نانولیپوزوم اسید فولیک و اسید فولیک بر عملکرد جوجه‌های گوشتی (گرم)

Table 2- The effect of folic acid nanoliposome and folic acid on the performance of broiler chickens (g)

تیمارها	آغازین (1-10)	رشد (11-24)	پایانی (25-42)	کل دوره (1-42)	whole period
	Food (g/g) conversion ratio FCR(g/g)	Food (g/g) conversion ratio FCR(g/g)	Food (g/g) conversion ratio FCR(g/g)	Food (g/g) conversion ratio FCR(g/g)	Food (g/g) conversion ratio FCR(g/g)
جیره دارای اسید فولیک	169.3	1311.5	3319.6	4886.5	2508.8 ^b
Folic acid diet	169.3	1311.5	3319.6	4886.5	2508.8 ^b
جیره فاقد اسید فولیک	177.5	1177.1	3250.6	4709.2	2654.3 ^a
Diet without folic acid	177.5	1177.1	3250.6	4709.2	2654.3 ^a
SEM	0.003	0.042	0.006	0.041	0.015
p-value	0.865	0.106	0.507	0.173	0.029
اسید فولیک نانو	183.1	1096.2 ^b	3078.7 ^b	4392.8 ^b	2816.9 ^a
Nano folic acid	183.1	1096.2 ^b	3078.7 ^b	4392.8 ^b	2816.9 ^a
اسید فولیک غیر نانو	245.1	1333.2 ^a	3365.7 ^a	4919.2 ^a	2562.7 ^b
Non-nano folic acid	245.1	1333.2 ^a	3365.7 ^a	4919.2 ^a	2562.7 ^b
SEM	0.003	0.051	0.052	0.030	0.016
p-value	0.085	0.001	0.008	0.001	0.003
شاهد	169.2 ^b	1316.6 ^a	3319.7 ^b	4886.5 ^b	2508.8 ^c
Cotorol	169.2 ^b	1316.6 ^a	3319.7 ^b	4886.5 ^b	2508.8 ^c
اسید فولیک در جیره × اسید فولیک نانو (آب)	187.0 ^a	1128.6 ^b	3050.9 ^c	4331.7 ^c	2867.5 ^a
Folic acid in the diet x folic acid nano	187.0 ^a	1128.6 ^b	3050.9 ^c	4331.7 ^c	2867.5 ^a
اسید فولیک در جیره × اسید فولیک غیر نانو (آب)	186.5 ^a	1363.9 ^a	3315.0 ^b	4927.7 ^a	2560.2 ^c
Folic acid in diet x non-nano folic acid (water)	186.5 ^a	1363.9 ^a	3315.0 ^b	4927.7 ^a	2560.2 ^c
فاقد اسید فولیک در جیره × اسید فولیک نانو (آب)	178 ^{ab}	1076.8 ^b	3113.5 ^{bc}	4453.9 ^c	2766.7 ^b
the diet x folic acid nano (water)	178 ^{ab}	1076.8 ^b	3113.5 ^{bc}	4453.9 ^c	2766.7 ^b
فاقد اسید فولیک در جیره × اسید فولیک غیر نانو (آب)	177 ^b	1302.5 ^a	3433.5 ^a	4913.4 ^a	2564.8 ^c
No folic acid in the diet x non-nano folic acid (water)	177 ^b	1302.5 ^a	3433.5 ^a	4913.4 ^a	2564.8 ^c
SEM	0.004	0.022	0.123	0.051	0.021
p-value	0.585	0.001	0.025	0.003	0.004

a, b, c: میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک نیستند دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند ($p < 0.05$). (SEM: خطای میانگین استاندارد)

a, b, c: Means that do not have common letters in each column have a significant difference ($p < 0.05$).

فسفوریل‌اسیون ژن S6K1 را افزایش می‌دهد، و باعث رسوب پروتئین در ماهیچه سینه شده، همچنین اسید فولیک عامل بیان ژن تعیین‌کننده میوژنیک را فعال نموده و سپس باعث رشد ماهیچه سینه شد. علاوه بر این، بونوچی و همکاران (Bonucci *et al.*, 2020)، گزارش کردند که در مدل‌های سلولی پستانداران، ژن S6K1 عمدتاً تنظیم‌کننده اندازه سلول و بدن است و این ژن (S6K1) را فسفریله می‌کند و سنتز پروتئین را با افزایش شروع ترجمه تسریع می‌کند. اسید فولیک با تحریک ژن AKT/اپامایسین، سنتز پروتئین را در ماهیچه سینه جوجه‌های گوشتی فعال می‌کند و سپس درصد وزن سینه را افزایش می‌دهد (Fidalgo *et al.*, 2022) که با نتایج این مقاله همخوانی دارد. لیانگ و همکاران (Liang *et al.*, 2022)، در مطالعه‌ای گزارش کردند که افزودن اسید فولیک به میزان ۱۳ میلی گرم بر کیلوگرم باعث بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی و افزایش رسوب پروتئین ماهیچه‌ای می‌شود که تا حدی به دلیل تأثیر مثبت اسید فولیک بر بیان ژن عوامل میوژنیک است. از سوی دیگر، اسید فولیک مسیر AKT/mTOR را برای افزایش فعالیت مولکول‌های سیگنال پایین دست خود فعال کرد و در نهایت بر فرآیند متابولیسم پروتئین تأثیر می‌گذارد.

در جوجه‌های گوشتی که با ۲ تا ۳۲ میلی گرم بر کیلوگرم با مکمل اسید فولیک به مدت ۴۲ روز تغذیه شدند اگرچه افزایش عددی در ماهیچه سینه پس از مصرف مکمل ۲ میلی گرم اسید فولیک به ازای هر کیلوگرم در مقایسه با گروه بدون مکمل مشاهده شد، اما با دوزهای بالاتر اسید فولیک تا ۳۲ میلی گرم بر کیلوگرم ماهیچه سینه به طور معنی داری افزایش یافت (McCann *et al.*, 2004). محققان دیگر طی تحقیقی مشاهده کردند که متابولیسم پروتئین در پستانداران توسط مواد مغذی مختلف و از مسیرهای سیگنالینگ فعال می‌شوند و سنتز پروتئین تحت تأثیر مواد مغذی مانند (اسیدهای آمینه و ویتامین‌ها) و هورمون‌ها (انسولین) هستند، اسیدهای آمینه می‌توانند با اپامایسین در پستانداران متصل شده و مسیر اپامایسین را فعال کنند و در نهایت بر کارایی سنتز پروتئین‌ها تأثیر بگذارند (Ilha *et al.*, 2018). همچنین لیانگ و همکاران (Liang *et al.*, 2022)، گزارش کردند که مکمل اسید فولیک به طور قابل توجهی بیان پروتئین سرین/ترئونین کیناز را فسفریله (AKT) و پروتئین ریپوزومی S6 کیناز ۱ (S6K1) را در ماهیچه سینه جوجه‌های گوشتی در ۲۱ و ۴۲ روزگی افزایش داد. در نتیجه، مشخص شد که اسید فولیک با دوز بالا، مسیر اپامایسین AKT/mTOR پستانداران را فعال، و فعالیت

جدول ۳- تأثیر نانو اسید فولیک و اسید فولیک بر ویژگی‌های لاشه (درصدی از لاشه) در ۴۲ روزگی

Table 3. Effect of folic acid nanoliposomes and folic acid on carcass characteristics (percentage of body weight) at 42 days

تیمارها	لاشه خالص (Carcass)	سینه (Breast)	ران (Thigh)	چربی محوطه شکمی (A, Fat)	کبد (liver)	سگدان (Gizzard)	قلب (Heart)
جیره دارای اسید فولیک	71.68	33.28	27.71	3.87	2.96	2.6	0.62
Folic acid diet	71.33	33.04	27.50	3.96	2.97	2.61	0.62
جیره فاقد اسید فولیک	71.33	33.04	27.50	3.96	2.97	2.61	0.62
Diet without folic acid	71.33	33.04	27.50	3.96	2.97	2.61	0.62
SEM	0.519	0.109	0.18	0.05	0.07	0.011	0.01
p-value	0.434	0.537	0.154	0.062	0.129	0.65	0.37
اسید فولیک نانو	72.27	35.55 ^a	28.68	2.53 ^a	2.98	2.61	0.62
Nano folic acid	72.27	35.55 ^a	28.68	2.53 ^a	2.98	2.61	0.62
اسید فولیک غیر نانو	71.51	34.41 ^b	28.01	2.58 ^b	2.98	2.62	0.63
Non-nano folic acid	71.51	34.41 ^b	28.01	2.58 ^b	2.98	2.62	0.63
SEM	0.055	0.097	0.029	0.33	0.001	0.003	0.003
p-value	0.453	0.001	0.872	0.001	0.891	0.964	0.614
شاهد Cotorol	71.68	33.28 ^c	27.71	3.67 ^a	2.96	2.6	0.62
اسید فولیک در جیره × اسید فولیک نانو (آب)	72.59	35.96 ^a	28.21	2.51 ^c	2.98	2.61	0.63
Folic acid in the diet x folic acid nano (water)	72.59	35.96 ^a	28.21	2.51 ^c	2.98	2.61	0.63
اسید فولیک در جیره × اسید فولیک غیر نانو (آب)	71.66	34.83 ^b	28.18	2.60 ^c	2.76	2.61	0.62
Folic acid in diet x non-nano folic acid (water)	71.66	34.83 ^b	28.18	2.60 ^c	2.76	2.61	0.62
فاقد اسید فولیک در جیره × اسید فولیک نانو (آب)	72.24	35.04 ^a	28.11	2.55 ^c	2.78	2.6	0.62
No folic acid in diet x folic acid nano (water)	72.24	35.04 ^a	28.11	2.55 ^c	2.78	2.6	0.62
فاقد اسید فولیک در جیره × اسید فولیک غیر نانو (آب)	71.45	34.11 ^b	27.91	2.97 ^b	2.77	2.61	0.63
No folic acid in diet x non-nano folic acid (water)	71.45	34.11 ^b	27.91	2.97 ^b	2.77	2.61	0.63
SEM	0.51	0.048	0.28	0.079	0.003	0.006	0.004
p-value	0.868	0.001	0.974	0.001	0.68	0.77	0.63

a, b, c: میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک نیستند دارای تفاوت معنی داری می‌باشند ($p < 0.05$). (SEM: خطای میانگین استاندارد)

a, b, c: Means that do not have common letters in each column have a significant difference ($p < 0.05$).

معنی دار گلیسیرید شده است ($p < 0.05$). همچنین مصرف نانو اسید فولیک باعث افزایش معنی دار در VLDL، پروتئین، آلبومین و گلوبومین و اسید اوریک شده است ($p < 0.05$). با این حال، میزان پروتئین کل سرم در تیمار جیره شاهد به همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به شکل نانو نسبت به

نتایج تأثیر نانو اسید فولیک و اسید فولیک بر برخی پارامترهای بیوشیمیایی خون در جدول ۴ ارائه شده است. سطوح مختلف شکل مصرفی اسید فولیک بر برخی پارامترهای بیوشیمیایی مانند VLDL، پروتئین، آلبومین و گلوبولین افزایش داشت، ولی شکل مصرفی نانو اسید فولیک باعث کاهش

افزایش دهد (Liu et al., 2018) که با یافته‌های این مقاله مطابقت دارد.

جینگ و همکاران (Jing et al., 2014)، گزارش کردند که در مرغ‌های تخم‌گذار جوان، سطح گلوکز و اسید اوریک سرم، زمانی که پرندگان با جیره‌های حاوی اسید فولیک تغذیه شدند کاهش یافت، اما در مرغ‌های تخم‌گذار مسن کاهش نیافت، که این نشان‌دهنده واکنش متفاوت مرغ‌های تخم‌گذار جوان و مسن به اسید فولیک است. گورسو و همکاران (Gursu et al., 2004) گزارش دادند که کاهش گلوکز سرم نیز در جیره‌های تغذیه بلدرچین ژاپنی با مکمل اسید فولیک گزارش شده است. ستولا و همکاران (Setola et al., 2004)، گزارش کردند که اثر کاهش‌دهنده گلوکز ممکن است نشان‌دهنده نقش اسید فولیک در افزایش دفع گلوکز باشد، اگرچه مکانیسم‌هایی که توسط اسید فولیک غلظت گلوکز خون را کاهش می‌دهد به‌طور واضح و روشن مشخص نیست، ولی تنظیم حساسیت به انسولین به فولات ممکن است در پاسخ دخالت داشته باشد. اکثر تحقیقات انجام شده، نقش مکمل اسید فولیک را در بهبود مقاومت به انسولین تأیید می‌کند. همچنین کلیه تیمارهای آزمایشی در این تحقیق تأثیری بر میزان اسید اوریک، فسفر و کلسیم سرم نداشتند. جینگ و همکاران (Jing et al., 2014) گزارش کردند که افزودن ۴ میلی‌گرم در کیلوگرم اسید فولیک به جیره مرغ‌های تخم‌گذار جوان و مسن تأثیر معنی‌داری در سطح کلسیم و فسفر سرم مشاهده نشد، که با یافته‌های این مقاله همخوانی دارد.

نتایج تیمارها بر غلظت مالون‌دی‌الدئید در جدول شماره ۵ به‌طور مبسوط ارائه شده است. تأثیر جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل نانو و جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل غیر نانو و اثرات متقابل آنها بر میانگین غلظت مالون‌دی‌الدئید تأثیر معنی‌داری نداشتند. ولی در جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل نانو غلظت مالون‌دی‌الدئید افزایش یافت. وو و همکاران (Wu et al., 2019)، گزارش دادند که تأثیر مکمل اسید فولیک در خروس‌های پرورش یافته سبب افزایش معنی‌داری در غلظت مالون‌دی‌الدئید در جوجه‌های گوشتی یک روزه شد، ولی در پایان دوره غلظت مالون‌دی‌الدئید تأثیر معنی‌داری در جوجه‌های گوشتی نداشت که با نتایج این مقاله همخوانی دارد.

سahin و همکاران (Sahin et al., 2003) در مطالعه‌ای نشان دادند تأثیر مکمل اسید فولیک و اسکوربیک بر غلظت مالون‌دی‌الدئید سرم، در جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی کاهش یافت، در حالی که غلظت ویتامین‌های اسکوربیک، E، A، ویتامین B12 و اسید فولیک با مصرف مکمل‌های ویتامین سی و اسید فولیک جیره غذایی افزایش یافت. که با نتایج این مقاله همخوانی ندارد، شاید به‌دلیل اینکه آن پژوهش تحت تنش گرمایی روی جوجه‌های گوشتی انجام شده است.

سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری افزایش داشت ($p < 0.05$). همچنین مقدار البومین سرم و گلوبولین در تیمار جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل نانو نسبت به سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری بیشتر بود ($p < 0.05$). بنابراین بالاترین میزان معنی‌داری پروتئین کل سرم، البومین و گلوبولین مربوط به تیمار جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل نانو بود ($p < 0.05$). متابولیت‌های خونی مانند پروتئین کل سرم، البومین و گلوبولین با افزودن مکمل اسید اسکوربیک و اسید فولیک چه به‌صورت ترکیبی و چه به‌صورت منفرد به‌طور معنی‌داری افزایش داشتند (Gouda et al., 2020). در تحقیقی دیگر روی جوجه‌ها مشاهده کردند که میزان پروتئین کل، گلوبولین و البومین در پلاسما یا سرم با مکمل اسید فولیک جیره غذایی افزایش یافته است (El-Demerdash et al., 2006). نتایج این تحقیق با یافته‌های گودا و همکاران (Gouda et al., 2020)، همخوانی دارد. تاکتاکان و همکاران (Tactacan et al., 2011)، گزارش کردند یکی از دلایل افزایش پروتئین کل، البومین و گلوبولین در سرم نقش اسید فولیک در تنظیم متابولیسم پروتئین به‌عنوان دهنده متیل در متابولیسم تک کربن است. علاوه بر این، مقدار ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسید فولیک در مرغان تخم‌گذار، تخم‌مرغ‌های غنی شده‌ای تولید کرد (Bai et al., 2021).

باروتا و همکاران (Barroeta et al., 2012)، طی تحقیقی بیان کردند که اسید فولیک برای رشد مجرای تخمک در مرغ‌های تخم‌گذار، مورد نیاز است، و کمبود این ویتامین منجر به رسوب معیوب البومین می‌شود. در تیمار جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل نانو میزان تری‌گلیسرید نسبت به دیگر تیمارها به‌طور معنی‌داری کاهش داشت ($p < 0.05$). با این حال میزان گلوکز، کلسترول، HDL، LDL، VLDL در بین تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی در تیمار جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌شکل نانو میزان گلوکز و کلسترول کاهش و VLDL افزایش مشاهده شد. در پژوهش‌های گوناگون محققان مشاهده کردند که سطوح سرمی تری‌گلیسرید و کلسترول تام در گروه اسید فولیک کمتر بود اما غلظت البومین بالاتر بود (Liu et al., 2019). با این حال، در تحقیقی دیگر لیو و همکاران (Liu et al., 2018)، گزارش دادند که کلسترول سرم با افزودن ۱۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسید فولیک به جیره گاوها در طول اسپرم‌گیری کاهش یافت و در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش یافت. همچنین افزودن ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید فولیک می‌تواند رسوب چربی را در سلول‌های کبدی کاهش دهد. جیره‌های غذایی با کمبود متیل ممکن است سنتز لیپوپروتئین با چگالی بسیار کم (VLDL) را مهار نموده و باعث تجمع چربی در کبد شود، یا اسید فولیک در جیره غذایی خروس‌ها می‌تواند به‌طور مشخص تری‌گلیسرید را کاهش، و محتوای VLDL را

جدول ۴- تأثیر نانواسید فولیک و اسید فولیک بر غلظت برخی پارامترهای بیوشیمیایی خون در ۴۲ روزگی (میلی گرم/ دسی لیتر)

Table 4. The effect of folic acid nanoliposome and folic acid on the concentration of blood biochemical parameters in 42 days (mg/dL)

اوریک U	فسفر P	کلسیم Ca	گلوپولین Glo	البومین Alb	پروتئین Pro	VLDL	LDL	HDL	تری گلیسرید TRIG	گلوکز G	کلسترول Cho	تیمارها
5.2	5.58	8.38	1.38	1.30 ^a	1.99 ^a	13.86	79.36	35.4	84.76	236.2	139.8	جیره دارای اسید فولیک Folic acid diet
5.7	5.68	8.93	1.78	1.54 ^b	2.89 ^b	14.14	75.18	34.5	69.8	225.2	127.6	جیره فاقد اسید فولیک Diet without folic acid
0.58	0.421	0.57	0.17	0.128	0.128	1.09	3.88	1.93	5.41	2.86	4.38	SEM
0.405	0.741	0.459	0.091	0.031	0.003	0.854	0.611	0.778	0.078	0.14	0.123	p-value
6.20 ^b	5.86	8.99	2.66 ^b	1.76 ^b	3.35 ^b	17.41 ^b	73.9	321	48 ^a	217.8	116.5	اسید فولیک نانو Nano folic acid
5.10 ^a	5.35	8.82	1.48 ^a	1.41 ^a	2.38 ^a	13.27 ^a	71.31	36.2	83.5 ^b	224.2	126.6	اسید فولیک غیر نانو Non-nano folic acid
0.27	0.256	0.73	0.26	0.037	0.12	1.14	3.31	2.04	2.237	2.37	4.86	SEM
0.026	0.090	0.831	0.002	0.001	0.000	0.010	0.668	0.621	0.000	0.111	0.135	p-value
5.2	5.58	8.38	1.38 ^a	1.30 ^a	1.99 ^a	1.86 ^a	79.36	35.4	84.76 ^c	2362 ^c	128.6 ^{bc}	شاهد (Cotorol)
6.20	5.88	8.74	3.06 ^c	1.82 ^b	3.54 ^c	19.75 ^b	72.64 ^b	31.8	39.8 ^a	213 ^a	110.8 ^a	اسید فولیک در جیره × اسید فولیک نانو (آب)
5.10	5.18	9.02	1.48 ^a	1.44 ^a	2.14 ^a	13.31 ^a	67.32 ^a	35.81	83.6 ^c	220 ^b	120.2 ^a	Folic acid in the diet x folic acid nano (water) اسید فولیک در جیره × اسید فولیک غیر نانو (آب)
6.20	5.84	9.24	2.26 ^b	1.7 ^b	3.16 ^c	15.06 ^a	75.16 ^c	32.4	56.2 ^b	222.1 ^{ab}	122.1 ^a	Folic acid in diet × non-nano folic acid (water) فاقد اسید فولیک در جیره × اسید فولیک نانو (آب)
5.20	5.52	8.62	1.48 ^a	1.38 ^a	2.62 ^b	13.23 ^a	75.12 ^c	36.60	83.4 ^c	227 ^{bc}	133 ^a	No folic acid in the diet x folic acid nano (water) فاقد اسید فولیک در جیره × اسید فولیک غیر نانو (آب)
0.931	0.860	1.021	0.115	0.231	0.021	5.811	3.991	1.851	4.330	3.811	6.991	No folic acid in the diet × non-nano folic acid (water) SEM
0.276	0.435	0.942	0.001	0.001	0.011	0.007	0.001	0.678	0.001	0.035	0.018	p-value

a, b, c: میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک نیستند دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند ($p < 0/05$). SEM: خطای میانگین استاندارد

a, b, c: Means that do not have common letters in each column have a significant difference ($p < 0.05$).

جدول ۵- تأثیر نانو اسید فولیک و اسید فولیک بر میانگین غلظت مالون‌دی‌الدئید در ۴۲ روزگی (میلی گرم/ دسی لیتر)

Table 5. The effect of folic acid nanoliposome and folic acid on the average concentration of malondialdehyde in 42 days (mg/dL)

مالون‌دی‌الدئید Malondialdehyde	تیمارها (Treatments)
2.04	جیره دارای اسید فولیک (Folic acid diet)
1.86	جیره فاقد اسید فولیک (Diet without folic acid)
0.7956	خطای میانگین استاندارد (SEM)
0.582	p-value
1.58	اسید فولیک نانو (Nano folic acid)
1.91	اسید فولیک غیر نانو (Non-nano folic acid)
0.0997	خطای میانگین استاندارد (SEM)
0.077	p-value
2.04	شاهد (Cotorol)
1.46	اسید فولیک در جیره × اسید فولیک نانو (آب) (Folic acid in the diet x folic acid nano (water))
1.80	اسید فولیک در جیره × اسید فولیک غیر نانو (آب) (Folic acid in diet × non-nano folic acid (water))
1.70	فاقد اسید فولیک در جیره × اسید فولیک نانو (آب) (No folic acid in the diet x folic acid nano (water))
2.02	فاقد اسید فولیک در جیره × اسید فولیک غیر نانو (آب) (No folic acid in the diet × non-nano folic acid (water))
0.1438	خطای میانگین استاندارد (SEM)
0.207	p-value

a, b, c: میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک نیستند دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند ($p < 0/05$).

a, b, c: Means that do not have common letters in each column have a significant difference ($p < 0.05$).

SEM: خطای میانگین استاندارد

جدول ۶- تاثیر نانو اسید فولیک و اسید فولیک بر جمعیت میکروبی روده بخش ایلئوم در ۴۲ روزگی (log10cfu/g)

کل فرم Coli form	کل باکتری هوازی Total aerobic bacteria	لاکتوباسیلوس Lactobacillus	تیمارها (Treatments)
6.4568	5.2216	4.0411	جیره دارای اسید فولیک Folic acid diet
5.8656	5.4285	4.4110	جیره فاقد اسید فولیک Diet without folic acid
0.4982	0.1550	0.3506	SEM
0.116	0.419	0.343	p-value
5.9868	5.2057	4.8508	اسید فولیک نانو Nano folic acid
5.9628	5.4071	4.2059	اسید فولیک غیر نانو Non-nano folic acid
0.1965	0.1677	0.1256	SEM
0.515	0.491	0.079	p-value
6.4568	5.2216	4.041	شاهد Cotorol
6.2068	5.0861	4.9216	اسید فولیک در جیره × اسید فولیک نانو (آب) Folic acid in the diet x folic acid nano (water)
5.9612	5.2826	4.3698	اسید فولیک در جیره × اسید فولیک غیر نانو (آب) Folic acid in diet x non-nano folic acid (water)
5.7668	5.3254	4.7118	فاقد اسید فولیک در جیره × اسید فولیک نانو (آب) No folic acid in the diet x folic acid nano (water)
5.9644	5.5316	4.0421	فاقد اسید فولیک در جیره × اسید فولیک غیر نانو (آب) No folic acid in the diet x non-nano folic acid (water)
0.059	0.799	0.163	SEM خطای میانگین استاندارد
0.515	0.491	0.079	p-value

a, b, c: میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک نیستند دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند ($p < 0.05$).
a, b, c: Means that do not have common letters in each column have a significant difference ($p < 0.05$).

SEM: خطای میانگین استاندارد

فولیک در ژژنوم توسط یک فرآیند فعال انجام می‌شود، بنابراین جذب اسید فولیک در ایلئوم به صورت غیرفعال اتفاق می‌افتد. (Jeong *et al.*, 2014)، گزارش کردند که در ایلئوم، ریزاندامگان سلامت بخش حاوی باسیلوس سابتیلیس باعث افزایش جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیل شد. که با نتایج این مقاله همخوانی دارد. (Bai *et al.*, 2021)، گزارش کردند که اسید فولیک همچنین می‌تواند بر میکروب‌های سکوم در مرغ‌های تخمگذار تاثیر بگذارد، مصرف زیاد اسید فولیک منجر به فراوانی نسبی کمتر فوزوباکتری‌ها، ساکاری باکتری‌ها، ارمیوباکترتا و وروکرمیوریا شد، در مقابل، پاتوژن‌های باکتریایی مانند ییفیلوباکتریا پس از مصرف مکمل اسید فولیک با ۳۴ میلی گرم بر کیلوگرم به مدت هشت هفته کاهش یافت. *et al.* (Borda *et al.*, 2018)، دادند که اسید فولیک اضافی به سکوم مستقل می‌شود، جایی که سکوم حاوی بسیاری از میکروب‌های مفید برای سلامت مرغ است. برخی از میکروب‌های موجود در سکوم مثل فوزوباکتری‌ها و پروتوباکتری‌ها نیز می‌توانند فولات را سنتز کنند. پس از این رو می‌تواند که تحقیقات بیشتری در خصوص تاثیر اسید فولیک بر ایلئوم صورت گیرد، لذا با توجه به گزارشات محققین فوق، احتمالاً تاثیر اسید فولیک در سکوم بیشتر است.

References

- Anand, A., Sugumaran, A., & Narayanasamy, D. (2019). Brain targeted delivery of anticancer drugs: prospective approach using solid lipid nanoparticles. *IET Nanobiotechnology*, 13(4), 353-362.
- Bai, Y., Wang, R., Yang, Y., Li, R., & Wu, X. (2021). Folic acid absorption characteristics and effect on cecal microbiota of laying hens. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 720851.
- Barroeta, A., Baucells, M., Calsamiglia, S., Casals, R., Briz, R., & Davin, R. (2012). Optimum Vitamin Nutrition. *In: 5M Publishing: Sheffield, UK*.
- Bhalerao, S., Hegde, M., Katyare, S., & Kadam, S. (2014). Promotion of omega-3 chicken meat production: an Indian perspective. *World's Poultry Science Journal*, 70(2), 365-374.

جمعیت میکروبی روده بخش ایلئوم در جدول ۶ ارائه شده است. شمار باکتری‌های لاکتوباسیل در تیمار جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به‌شکل نانو، نسبت به سایر تیمارها افزایش داشته است. ولی در ارزیابی اثرات متقابل تیمار جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به‌شکل غیر نانو و تیمار جیره شاهد به‌همراه اسید فولیک در آب (۴ میلی گرم در لیتر) به‌شکل نانو بر جمعیت باکتری‌های کل، لاکتوباسیلوس‌ها و کلی فرم‌ها تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد. در تحقیقات انجام شده توسط (Tactacan *et al.*, 2011)، گزارش کردند که جذب اسیدفولیک در دستگاه گوارش طیور در شرایط اسیدی افزایش پیدا می‌کند، حداکثر افزایش جذب اسید فولیک در ژژنوم و دئودنوم است ولی به ترتیب در سکوم و ایلئوم کاهش می‌یابد. (Hefner, 1969)، گزارش داد که جذب اسید فولیک در ایلئوم و ژژنوم با تزریق دوز از ۱/۵ به ۱۵۰ میکروگرم اسید فولیک، درصد جذب کاهش می‌یابد. ولی در ایلئوم، درصد اسید فولیک جذب شده در تمام سطوح دوز ثابت می‌ماند، که این ویژگی با جذب غیرفعال مرتبط است، این نشان می‌دهد که جذب اسید

- Bohan, M., Anderson, L. L., Trenkle, A. H., & Beitz, D. C. (2006). Effects of dietary macronutrients on appetite-related hormones in blood on body composition of lean and obese rats. *Iowa State University Animal Industry Report*, 3(1).
- Bonucci, M., Kuperwasser, N., Barbe, S., Koka, V., de Villeneuve, D., Zhang, C., Srivastava, N., Jia, X., Stokes, M. P., & Bienaimé, F. (2020). mTOR and S6K1 drive polycystic kidney by the control of Afadin-dependent oriented cell division. *Nature Communications*, 11(1), 3200.
- Borda-Molina, D., Seifert, J., & Camarinha-Silva, A. (2018). Current perspectives of the chicken gastrointestinal tract and its microbiome. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 16, 131-139.
- Dwiastuti, R., Noegrohati, S., Istyastono, E. P., & Marchaban, M. (2016). Formulation and physical properties observations of soy lecithin liposome containing 4-n-butylresorcinol. *AIP Conference Proceedings*.
- El-Demerdash, F. M., Yousef, M. I., & Elasad, F. A. (2006). Biochemical study on the protective role of folic acid in rabbits treated with chromium (VI). *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 41(5), 731-746.
- Fidalgo da Silva, E., Fong, J., Roye-Azar, A., Nadi, A., Drouillard, C., Pillon, A., & Porter, L. (2022). Beyond protein synthesis; the multifaceted roles of tuberlin in cell cycle regulation. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9, 3814.
- Geary, N. (2004). Endocrine controls of eating: CCK, leptin, and ghrelin. *Physiology & behavior*, 81(5), 719-733.
- Gouda, A., Amer, S. A., Gabr, S., & Tolba, S. A. (2020). Effect of dietary supplemental ascorbic acid and folic acid on the growth performance, redox status, and immune status of broiler chickens under heat stress. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 2987-2996.
- Guban, J., Korver, D., Allison, G., & Tannock, G. (2006). Relationship of dietary antimicrobial drug administration with broiler performance, decreased population levels of *Lactobacillus salivarius*, and reduced bile salt deconjugation in the ileum of broiler chickens. *Poultry Science*, 85(12), 2186-2194.
- Gursu, M. F., Onderci, M., Gulcu, F., & Sahin, K. (2004). Effects of vitamin C and folic acid supplementation on serum paraoxonase activity and metabolites induced by heat stress in vivo. *Nutrition Research*, 24(2), 157-164.
- Harper, A., Lindemann, M., & Kornegay, E. (1996). Fetal survival and conceptus development after 42 days of gestation in gilts and sows in response to folic acid supplementation. *Canadian Journal of Animal Science*, 76(1), 157-160.
- Hefner, G. (1969). The absorption of pteroylglutamic (folic) acid in rats. *British Journal of Haematology*, 16(3), 241-250.
- Horoïwa, T. A., Oliveira, A. M., & Cerize, N. P. N. (2017). Development of polymeric colloidal nanocarrier based on maltodextrin. *Revista IPT: Tecnologia e Inovação*, 1(4).
- House, J., Braun, K., Ballance, D., O'connor, C., & Guenter, W. (2002). The enrichment of eggs with folic acid through supplementation of the laying hen diet. *Poultry Science*, 81(9), 1332-1337.
- Husseiny, E. (1981). Effect of ambient temperature on mineral retention and balance of the broiler chicks. *Poultry Sciences*, 60(1), 1651. (Abstr).
- Ilha, J., do Espírito-Santo, C. C., & de Freitas, G. R. (2018). mTOR signaling pathway and protein synthesis: from training to aging and muscle autophagy. *Muscle Atrophy*, 139-151.
- Institute, S. (2009). SAS Data Surveyor for Clickstream Data 2.1: User's Guide. *SAS Institute Incorporated*.
- Jeong, J., & Kim, I. (2014). Effect of *Bacillus subtilis* C-3102 spores as a probiotic feed supplement on growth performance, noxious gas emission, and intestinal microflora in broilers. *Poultry Science*, 93(12), 3097-3103.
- Jing, M., Munyaka, P., Tactacan, G., Rodriguez-Lecompte, J., & House, J. (2014). Performance, serum biochemical responses, and gene expression of intestinal folate transporters of young and older laying hens in response to dietary folic acid supplementation and challenge with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *Poultry Science*, 93(1), 122-131.
- Kumar, K. A., Lalitha, A., Pavithra, D., Padmavathi, I. J., Ganeshan, M., Rao, K. R., Venu, L., Balakrishna, N., Shanker, N. H., & Reddy, S. U. (2013). Maternal dietary folate and/or vitamin B12 restrictions alter body composition (adiposity) and lipid metabolism in Wistar rat offspring. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 24(1), 25-31.
- Li, Y., Zhang, X., Sun, Y., Feng, Q., Li, G., Wang, M., Cui, X., Kang, L., & Jiang, Y. (2013). Folate deficiency during early-mid pregnancy affects the skeletal muscle transcriptome of piglets from a reciprocal cross. *PLoS One*, 8(12), e82616.
- Liang, S., Liu, X., Zhao, J., Liu, R., Huang, X., Liu, Y., Yang, X., & Yang, X. (2022). Effects of high-dose folic acid on protein metabolism in breast muscle and performance of broilers. *Poultry Science*, 101(10), 101935.
- Liu, Y., Liu, X., Zhou, J., Ren, Z., Yang, X., & Cao, Y. (2019). Folic acid perfusion administration reduced abdominal fat deposition in starter Arbor Acres broilers. *Poultry Science*, 98(12), 6816-6825.
- Liu, Y., Shen, J., Yang, X., Sun, Q., & Yang, X. (2018). Folic acid reduced triglycerides deposition in primary chicken hepatocytes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(50), 13162-13172.
- Madadi Zadeh, S., Mirmahmoudi, R., Esmaeilipour, O., Badakhshan, Y. (2017). Effects of folic acid and zinc on growth performance and some blood components in broiler chickens under heat stress. *University of Jiroft*.
- Madziva, H., Kailasapathy, K., & Phillips, M. (2005). Alginate-pectin microcapsules as a potential for folic acid delivery in foods. *Journal of Microencapsulation*, 22(4), 343-351.
- Matte, J. J., Girard, C. L., & Brisson, G. J. (1992). The role of folic acid in the nutrition of gestating and lactating primiparous sows. *Livestock Production Science*, 32(2), 131-148.

- McCann, M. E., McCracken, K. J., Hoey, L., Pentieva, K., McNulty, H., & Scott, J. (2004). Effect of dietary folic acid supplementation on the folate content of broiler chicken meat. *British Poultry Science*, 45, S65-6.
- Meligy, A. M., Abd El-Hamid, M. I., Yonis, A. E., Elhaddad, G. Y., Abdel-Raheem, S. M., El-Ghareeb, W. R., Mohamed, M. H., Ismail, H., & Ibrahim, D. (2023). Liposomal encapsulated oregano, cinnamon, and clove oils enhanced the performance, bacterial metabolites antioxidant potential, and intestinal microbiota of broiler chickens. *Poultry Science*, 102(6), 102683.
- Pertiwi, H., Nur Mahendra, M. Y., & Kamaludeen, J. (2022). Folic Acid: sources, chemistry, absorption, metabolism, beneficial effects on poultry performance and health. *Veterinary Medicine International*, 2022(1), 2163756.
- Pieroth, R., Paver, S., Day, S., & Lammersfeld, C. (2018). Folate and its impact on cancer risk. *Current Nutrition Reports*, 7, 70-84.
- Rezaei, M., Sabetkasaei, M., Kalantari, N., Hedayati, M., Abadi, A., & Omidvar, N. (2011). Effect of Folic Acid on serum Leptin, Grehlin concentration, and feed intake in male Wistar rats [Experimental research article]. *Physiology and Pharmacology*, 14(4), 426-434.
- Sahin, K., Onderci, M., Sahin, N., Gursu, M., & Kucuk, O. (2003). Dietary vitamin C and folic acid supplementation ameliorates the detrimental effects of heat stress in Japanese quail. *The Journal of Nutrition*, 133(6), 1882-1886.
- Scott, J. M. (1999). Folate and vitamin B12. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58(2), 441-448.
- Setola, E., Monti, L. D., Galluccio, E., Palloshi, A., Fragasso, G., Paroni, R., Magni, F., Sandoli, E. P., Lucotti, P., & Costa, S. (2004). Insulin resistance and endothelial function are improved after folate and vitamin B12 therapy in patients with metabolic syndrome: relationship between homocysteine levels and hyperinsulinemia. *European Journal of Endocrinology*, 151(4), 483-489.
- Shao, M., Hussain, Z., Thu, H. E., Khan, S., Katas, H., Ahmed, T. A., ... & Bukhari, S. N. A. (2016). Drug nanocarrier, the future of atopic diseases: Advanced drug delivery systems and smart management of disease. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 147, 475-491.
- Svihus, B., Choct, M., & Classen, H. L. (2013). Function and nutritional roles of the avian caeca: a review. *World's Poultry Science Journal*, 69(2), 249-264.
- Tactacan, G., Jing, M., Thiessen, S., Rodriguez-Lecompte, J., o'Connor, D., Guenter, W., & House, J. (2010). Characterization of folate-dependent enzymes and indices of folate status in laying hens supplemented with folic acid or 5-methyltetrahydrofolate. *Poultry Science*, 89(4), 688-696.
- Tactacan, G., Rodriguez-Lecompte, J., Karmin, O., & House, J. (2011). Functional characterization of folate transport in the intestine of the laying hen using the everted intestinal sac model. *Poultry Science*, 90(1), 83-90.
- Tapiero, H., Tew, K., Gate, L., & Machover, D. (2001). Prevention of pathologies associated with oxidative stress and dietary intake deficiencies: folate deficiency and requirements. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 55(7), 381-390.
- Terčič, D., Pestotnik, M. (2014). Effect of excess folic acid on egg production, fertility and hatchability in layer breeders. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 18, 122-128.
- Wang, L., Tan, X., Wang, H., Wang, Q., Huang, P., Li, Y., Li, J., Huang, J., Yang, H., & Yin, Y. (2021). Effects of varying dietary folic acid during weaning stress of piglets. *Animal Nutrition*, 7(1), 101-110.
- Wu, S., Guo, W., Li, X., Liu, Y., Li, Y., Lei, X., ... & Yang, X. (2019). Paternal chronic folate supplementation induced the transgenerational inheritance of acquired developmental and metabolic changes in chickens. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1910), 20191653.
- Xing, J., Jing, W., Zhang, Y., Liu, L., Xu, J., & Chen, X. (2018). Identification of differentially expressed genes in broiler offspring under maternal folate deficiency. *Physiological Genomics*, 50(12), 1015-1025.
- Xing, J., Kang, L., & Jiang, Y. (2011). Effect of dietary betaine supplementation on lipogenesis gene expression and CpG methylation of lipoprotein lipase gene in broilers. *Molecular Biology Reports*, 38, 1975-1981.
- Yeo, L. K., Olusanya, T. O. B., Chaw, C. S., & Elkordy, A. A. (2018b). Brief Effect of a Small Hydrophobic Drug (Cinnarizine) on the Physicochemical Characterisation of Niosomes Produced by Thin-Film Hydration and Microfluidic Methods. *Pharmaceutics*, 10(4), 185.
- Yoshioka, T., Kawada, K., Shimada, T., & Mori, M. (1979). Lipid peroxidation in maternal and cord blood and protective mechanism against activated-oxygen toxicity in the blood. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 135(3), 372-376.
- Zhang, Y., Jing, W., Zhang, N., Hao, J., & Xing, J. (2020). Effect of maternal folate deficiency on growth performance, slaughter performance, and serum parameters of broiler offspring. *The Journal of Poultry Science*, 57(4), 270-276.
- Zuidam, N. J., & Shimoni, E. (2010). Overview of microencapsulates for use in food products or processes and methods to make them. *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*, 3-29.