

## Research Article

Vol. 17, No.4, 2026, p. 409-425



## Comparative Effects of Encapsulated and Free Amino Acids on Growth Performance, Blood Biochemical Parameters, and Antibody Titers against Avian Influenza and Newcastle Disease in Arian Broiler Chickens

Seyed Fatemeh Hosseini Darbarzi<sup>1</sup>, Somayeh Farahmand<sup>1\*</sup>, Seyed Abdollah Hosseini<sup>2</sup>

1- Department of Biology, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran

2- Animal Science Research Institute, Karaj, Alborz, IR

\*Corresponding Author's Email: [s.farahmand@pnu.ac.ir](mailto:s.farahmand@pnu.ac.ir)**How to cite this article:**

Received: 04-02-2025

Revised: 12-08-2025

Accepted: 25-08-2025

Available Online: 03-02-2026

Hosseini Darbarzi, S. F., Farahmand, S., & Hosseini, S. A. (2026). Comparative effects of encapsulated and free amino acids on growth performance, blood biochemical parameters, and antibody titers against avian influenza and Newcastle disease in Arian broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 17(4), 409-425. (in Persian with English abstract).  
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.91973.1235>

**Introduction:** Poultry meat is one of the most widely consumed sources of animal protein worldwide and plays a key role in meeting human dietary protein requirements. The consumption of poultry meat is essential in providing the body with the necessary amino acids and protein for its various functions, particularly in growth and tissue repair. In poultry farming, the growth and development of broiler chickens are significantly influenced by the quality of their diet, especially the availability of essential amino acids such as lysine, methionine, and threonine. These amino acids play vital roles in protein synthesis, enzymatic activity, and overall metabolic functions in chickens. Supplementing poultry diets with amino acids can substantially enhance their growth rate and feed conversion efficiency. However, during passage through the upper gastrointestinal tract, the absorption of free amino acids can be affected by factors such as pH, thereby reducing their bioavailability. Encapsulation involves enclosing amino acids within a protective coating that minimizes their degradation in the acidic gastric environment and facilitates their controlled release and absorption in the intestine. This process significantly enhances the health and performance of broiler chickens by improving their nutrient uptake. In broiler nutrition, encapsulated amino acids have been shown to improve feed quality, optimize nutrient absorption, and increase overall animal health.

Furthermore, encapsulated amino acids are particularly beneficial when high-quality protein sources are limited or expensive, as they improve the gastrointestinal absorption of amino acids, thereby enhancing the quality of the ingested protein. Their use in poultry diets can also improve liver function, enhance enzymatic activity, increase blood protein levels, and support healthy metabolic processes. Additionally, encapsulated amino acids have been associated with reduced metabolic stress and improved immune function in chickens, which are critical factors for overall health, disease resistance, and performance. Considering these benefits, encapsulating amino acids presents a promising strategy for enhancing the efficiency of poultry production systems. Therefore, the present study aimed to evaluate the effects of encapsulated amino acids on growth performance, blood biochemical parameters, liver function, and immune-related indices of broiler chickens, and to compare these effects with those of free amino acids.



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.91973.1235>

**Materials and Methods:** In this study, a total of 1440 Arian broiler chickens were randomly assigned to six dietary group groups: AR (free amino acids), AP (a combination of four encapsulated amino acids), TP (encapsulated threonine), LP (encapsulated lysine), MP (encapsulated methionine), and CP (encapsulated choline chloride). All birds were vaccinated according to a standard vaccination program, which included vaccines for Newcastle disease and avian influenza. After a 42-day feeding trial, blood samples were collected from all groups to measure biochemical parameters such as total protein, glucose, lipid profile, and liver enzyme activities. These parameters were analyzed using an autoanalyzer to assess the effects of the different groups on the health and metabolic functions of the broiler chickens.

**Results and Discussion:** The results demonstrated that different dietary groups had varying effects on antibody titers, growth indices, biochemical blood parameters, and feed efficiency in broiler chickens. The influenza antibody titer was significantly higher in the TP group compared to other groups ( $P < 0.05$ ), suggesting enhanced immunity in this group. In contrast, no significant differences were observed in Newcastle disease antibody titers among the groups ( $P > 0.05$ ).

Weight gain did not differ significantly among the TP, CP, LP, and AR groups; however, the MP and AP groups exhibited the lowest weight gain ( $P < 0.0001$ ) in some periods, indicating the limited effectiveness of these diets in supporting growth. The reduced growth performance in the AP group was likely due to an imbalanced amino acid composition or reduced bioavailability of certain amino acids. Feed intake was generally similar across groups ( $P > 0.05$ ); however, during certain periods, the MP, AP, and LP groups consumed significantly less feed, while the CP group had the highest intake. Regarding feed conversion ratio (FCR), the LP group demonstrated the most efficient feed utilization in most periods ( $P < 0.05$ ), whereas the AP group had the highest FCR and the lowest feed efficiency in certain periods. Blood biochemical analyses revealed that the AR group had the highest levels of glucose, triglycerides, cholesterol, and LDL, while these parameters were significantly lower in the TP, CP, and LP groups ( $P < 0.05$ ). Additionally, total protein levels were higher in the LP group compared to AR group, and the TP and LP groups exhibited the highest globulin concentrations. Moreover, HDL levels were higher in all groups compared to AR, with the TP group showing the highest values. Overall, the TP and LP groups demonstrated superior performance in terms of blood parameters and immune response. The LP group exhibited better efficiency, whereas the TP group not only improved blood indices but also provided the highest immune response. Conversely, the MP and AP groups, due to reduced weight gain and lower feed efficiency, require reformulation to enhance their nutritional adequacy. These findings highlight the importance of precise dietary formulation to optimize broiler growth performance and health.

**Conclusion:** Based on the findings of this study, the use of encapsulated amino acids had positive effects on improving nutritional performance, blood parameters, and immune response in broiler chickens. The results indicated that encapsulating amino acids such as lysine and methionine enhanced nutrient utilization, increased absorption and stability of nutrients, and consequently improved feed conversion ratio in broilers. Notably, the LP and TP groups, which benefited from this technology, exhibited the best results in blood parameters, including total protein, triglycerides, cholesterol, and immune response. These findings suggest that amino acid encapsulation can serve as an effective strategy to enhance feed efficiency, broiler health, and productivity under various economic and nutritional conditions. Given these results, further research is warranted to confirm the beneficial effects of these amino acids and to gain a deeper understanding of their mechanisms of action.

**Keywords :** Feed efficiency, Humoral immunity, Lipid metabolism, Liver enzymes (ALT, AST), Nutrient bioavailability

## بررسی مقایسه‌ای اثر اسیدهای آمینه پوشش‌دار و آزاد بر عملکرد رشد و برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون و تیترا آنتی‌بادی‌های آنفولانزا و نیوکاسل در جوجه‌های گوشتی آرین

سیده فاطمه حسینی دربرزی<sup>۱</sup>، سمیه فرهمند<sup>۱\*</sup>، سیدعبدالله حسینی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۳

### چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر انکپسوله‌سازی (پوشش‌دار کردن) اسیدهای آمینه بر وضعیت بیوشیمیایی خون شامل آنزیم‌های کبدی (ALT و AST)، پروفایل لیپیدی (LDL، HDL، کلسترول، تری‌گلیسرید) و سایر فراسنجه‌های متابولیک جوجه‌های گوشتی و مقایسه آن‌ها با اسیدهای آمینه آزاد بود. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار، هشت تکرار و در هر تکرار ۳۰ قطعه جوجه گوشتی آرین (در مجموع ۱۴۴۰ قطعه) به مدت ۴۲ روز انجام شد. تیمارها شامل اسیدهای آمینه آزاد (AR: Free amino acids)، مخلوط سه اسیدآمینه (لیزین، ترونین و متیونین) پوشش‌دار همراه با کولین کلراید پوشش‌دار (AP: All LP: Encapsulated lysine)، ترونین (TP: Encapsulated threonine)، متیونین (MP: Encapsulated methionine) و کولین کلراید پوشش‌دار (CP: Encapsulated choline chloride) بودند. سپس وزن کشتی و آنالیز بیوشیمیایی خون با اتوانالایزر انجام شد. نتایج نشان داد که در کل دوره رشد، تیمار LP بیشترین ( $P < 0.05$ ) و تیمارهای MP و AP کمترین میزان افزایش وزن را داشتند که این تفاوت‌ها معنی‌دار بودند ( $P < 0.001$ ). تیمار LP بالاترین ضریب تبدیل غذایی را داشت ( $P < 0.05$ ). میزان پروتئین کل در تیمار AR نسبت به تیمار LP به‌طور معنی‌داری کمتر بود ( $P < 0.05$ ). همچنین میزان گلوکز در تیمار AR به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای LP و TP بود ( $P < 0.05$ ). در سطح آلبومین خون، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای AR و LP مشاهده نشد ( $P < 0.05$ ). میزان گلوبولین سرم خون در تیمار TP به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار AR بود ( $P < 0.001$ ). در سطح تری‌گلیسرید، تیمار AR بیشترین مقدار را نسبت به تیمارهای LP و TP داشت ( $P < 0.05$ ). همچنین سطح کلسترول اختلاف معنی‌داری را بین تیمارها نشان نداد ( $P > 0.05$ ). بین تیمارها از نظر میزان آنزیم‌های کبدی آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آسپارات آمینوترانسفراز (AST) تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). در نهایت، تیمار AR کمترین سطح HDL را نسبت به تیمارهای LP و TP نشان داد ( $P < 0.05$ )، و تیمارهای TP و CP کمترین مقدار LDL را نسبت به تیمار AR داشتند ( $P < 0.002$ ). این نتایج نشان می‌دهد که اسیدهای آمینه پوشش‌دار ممکن است در بهبود برخی شاخص‌های عملکرد تغذیه‌ای، مشخصه‌های بیوشیمیایی خون و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی مؤثر باشند، اما این تأثیرات بسته به شاخص مورد بررسی متفاوت است و نیازمند تحقیقات بیشتری است.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های کبدی (AST، ALT)، ایمنی هومورال، زیست‌فراهمی مواد مغذی، کارایی خوراک، متابولیسم لیپید

### مقدمه

پروتئین‌ها نقش مهمی در رشد و توسعه پرند دارند و استفاده از مکمل‌های اسیدهای آمینه ضروری مانند لیزین، متیونین و ترونین می‌تواند به‌طور مؤثری عملکرد و رشد جوجه‌های گوشتی را بهبود دهد (Moosavi et al., 2011). با این حال، در سال‌های اخیر، صنعت طیور با چالش‌های جدی مواجه است؛ یکی از این چالش‌ها، افزایش هزینه‌های جیره غذایی به دلیل نوسانات قیمت مواد اولیه، تغییرات اقلیمی و افزایش تقاضا برای پروتئین‌های حیوانی است. این افزایش هزینه‌ها تأثیرات منفی بر تولید و سودآوری مرغداران داشته و می‌تواند به عدم دستیابی به اهداف تولیدی و بهداشتی منجر شود. تأمین

در سال‌های اخیر، گوشت طیور به‌عنوان منبع اصلی پروتئین حیوانی به‌طور گسترده‌ای در تغذیه انسان مورد استفاده قرار گرفته است. هدف اصلی استفاده از گوشت در جیره‌های غذایی، تأمین پروتئین مورد نیاز بدن است (Shekarforosh et al., 2013).

۱- گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران  
۲- مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج، البرز، ایران  
(\*) نویسنده مسئول: [s.farahmand@pnu.ac.ir](mailto:s.farahmand@pnu.ac.ir)  
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.91973.1235>

آزمایش قرار گرفتند. برای آغاز آزمایش بر روی جوجه‌های گوشتی، کد اخلاق با شناسه 300.1401.REC.PNU.IR از کمیته اخلاق دانشگاه پیام نور دریافت شد.

#### مشخصات جیره‌های آزمایشی

در طول دوره پرورش، از شش نوع جیره استفاده شد. تیمار ۱: AR (اسیدهای آمینه رایج در بازار)، تیمار ۲: AP (شامل سه اسید آمینه و مکمل پوشش‌دار)، تیمار ۳: TP (فقط ترئونین پوشش‌دار)، تیمار ۴: LP (فقط لیزین پوشش‌دار)، تیمار ۵: MP (فقط متیونین پوشش‌دار)، تیمار ۶: CP (مکمل کولین کلراید پوشش‌دار) بود که از شرکت فارمد تجهیز اکسیر آریا تهیه شدند. خوراک مورد استفاده برای تمامی تیمارها از نظر انرژی، پروتئین، مواد معدنی و سایر مواد مغذی یکنواخت بود (جدول ۱).

#### شرایط نگهداری و پرورش

جوجه‌های گوشتی بر روی بستر با برنامه نوری ۲۳ ساعت روشنایی در روز به آب و غذا دسترسی آزاد داشتند. جیره‌ها با استفاده از نرم‌افزار جیره‌نویسی (UFFDA, 1992) تهیه شدند. در طول دوره آزمایش، همه گروه‌های آزمایشی از شرایط محیطی یکسانی برخوردار بودند. دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد برای روزهای اول نگهداری جوجه‌های گوشتی تنظیم‌گردید و به تدریج تا ۴۲ روزگی به ۲۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت (Howlader & Rose, 1987). رطوبت محیط به صورت کنترل شده و در محدوده ۵۰ تا ۷۰ درصد حفظ شد تا به رشد و سلامت جوجه‌های گوشتی کمک کند. در طول پرورش، از دو نوع دانخوری و آبخوری استفاده شد. در هفته اول پرورش، از آبخوری زنگوله‌ای و سینی‌های دانخوری جوجه یک‌روزه استفاده گردید. پس از آن، از دانخوری‌ها و آبخوری‌های آویز تا پایان دوره استفاده شده و متناسب با افزایش سن جوجه‌های گوشتی، ارتفاع آن‌ها با سطح پشت پرند تنظیم می‌گردید. هر واحد آزمایشی دارای سطل مخصوص به خود بود که جیره‌های آزمایشی در آن قرار داشت.

#### برنامه واکسیناسیون

جوجه‌های گوشتی مورد آزمایش تحت برنامه واکسیناسیون مشخصی قرار گرفتند و در برابر آنفولانزا، نیوکاسل و گامبورو واکسینه شدند. در این دوره، هیچ برنامه دارویی اجرا نشد. قبل از انجام واکسیناسیون به طریق آشامیدنی، جوجه‌های گوشتی به مدت یک و نیم تا دو ساعت تشنگی داده می‌شدند تا واکسن را سریع و به‌طور کامل مصرف نمایند.

نیازهای تغذیه‌ای جوجه‌های گوشتی در شرایطی که هزینه‌ها بالا می‌رود، چالشی بزرگ است. طراحی مناسب جیره‌ها با بهینه‌سازی ترکیب مواد مغذی، می‌تواند با افزایش بهره‌وری خوراک، کاهش تلفات و بهبود سلامت و کیفیت لاشه، به کاهش هزینه‌های تولید و بهبود عملکرد پرورشی منجر شود (Sedghi et al., 2018). اسیدهای آمینه آزاد ممکن است به دلیل شرایط گوارشی نامناسب، از دست رفته یا به‌خوبی جذب نشوند. فناوری پوشش‌دار کردن این امکان را فراهم می‌آورد که مواد غذایی مفید بدون از دست رفتن در فرایندهای گوارشی، به‌طور مستقیم وارد جریان خون شده و جذب بدن شوند. همچنین این روش امکان افزودن مواد مغذی با طعم‌های ناخوشایند را بدون تأثیر بر طعم غذا فراهم می‌کند (Lollo et al., 2017). استفاده از اسیدهای آمینه پوشش‌دار، روشی مؤثر برای افزایش حفاظت، پایداری و رهایش کنترل شده آن‌ها در دستگاه گوارش محسوب می‌شود (Shakoori et al., 2020). فناوری نانوکپسوله‌سازی (پوشش‌دهی در مقیاس نانو) یکی از راه‌حل‌های نوین است که به‌منظور بهبود قابلیت دسترسی زیستی مواد مغذی و کاهش اتلاف آن‌ها در فرآیند گوارش به‌کار می‌رود (Lollo et al., 2017). پوشش‌دهی در مقیاس نانو اسیدهای آمینه می‌تواند باعث افزایش پایداری آن‌ها در دستگاه گوارش و بهبود جذب در روده شود. این فناوری اجازه می‌دهد که اسیدهای آمینه به‌طور تدریجی و کنترل شده آزاد شوند، که به بهبود عملکرد تولیدی و کاهش هزینه‌های تغذیه کمک می‌کند (Siddiqui et al., 2022).

با توجه به اینکه اسیدهای آمینه پوشش‌دار می‌توانند از تخریب آنزیم‌های گوارشی محافظت شوند، این روش به بهبود جذب و افزایش کارایی جیره غذایی کمک می‌کند. همچنین این روش می‌تواند منجر به کاهش نیاز به پروتئین کلی جیره شده و در نتیجه هزینه‌های تغذیه را کاهش دهد، ضمن اینکه اتلاف نیتروژن در محیط کاهش یافته و سلامت محیط زیست حفظ می‌شود (Shakoori et al., 2020). با توجه به این چالش‌ها و نیاز به راهکارهای نوین در صنعت طیور، پژوهش‌های بیشتری در زمینه مقایسه اثرات اسیدهای آمینه آزاد و پوشش‌دار ضرورت دارد. هدف از این پژوهش، مقایسه تأثیر اسیدهای آمینه پوشش‌دار و آزاد بر فراسنجه‌های خونی و صفات تولیدی جوجه‌های گوشتی است.

#### مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی ۱۴۴۰ جوجه گوشتی سویه آرین انجام شد که به‌صورت کاملاً تصادفی در قالب هشت تکرار و ۴۸ واحد آزمایشی طراحی گردید. هر تکرار شامل ۳۰ قطعه جوجه بود. در شروع آزمایش، جوجه‌های یک‌روزه توزین شده و از سن یک تا ۴۲ روزگی تحت

جدول ۱- اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های غذایی پایه  
Table 1- Ingredients and chemical composition of basae diets

اجزای جیره (در ۱۰۰ کیلو گرم) Ingredients (per 100 kg)	جیره ۰-۲۱ روزگی (گرم در ۱۰۰ کیلوگرم) (0-21 days) Diet (g/100Kg)	جیره ۲۱-۴۲ روزگی (گرم در ۱۰۰ کیلوگرم) (21-42 days) Diet (g/100Kg)
ذرت Corn	3.589	5.642
گندم Wheat	353	303
روغن Oil	16	16
کلسیم کربنات Calcium carbonate	9.6	6.6
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	5.20	4.18
متیونین Methionine	3	8.2
ترئونین Threonine	9.0	7.0
لیزین Lysine	-	1.7
مکمل ویتامین غلیظ* Vitamin premix	5.1	5.1
مکمل معدنی غلیظ** Mineral premix	5.1	5.1
کولین کلراید Choline chloride	1	7.0
نمک Salt	5.2	1.2
جوش شیرین Sodium bicarbonate	1.2	5.2
انرژی قابل متابولیسم (کیلو کالری)*** Metabolizable energy AMEn <sup>1</sup> (kcal)	2904	2996
پروتئین خام (%) (%) Crude protein	34.20	52.18
لیزین قابل هضم (%) (%) Digestible lysine	11.1	1
ترئونین قابل هضم (%) (%) Digestible threonine	743.0	666.0
تریپتوفان قابل هضم (%) (%) Digestible tryptophan	21.0	19.0
متیونین قابل هضم (%) (%) Digestible methionine	56.0	53.0
متیونین + سیستئین قابل هضم (%) (%) cysteine + Digestible methionine	839.0	784.0
آرژینین قابل هضم (%) (%) Digestible arginine	25.1	11.1
والین قابل هضم (%) (%) Digestible valine	839.0	764.0

1- Apparent Metabolizable Energy corrected for Nitrogen

ایزو لوسین قابل هضم (%)	886.0	69.0
Digestible isoleucine (%)		
کلسیم (%)	88.0	8.0
Calcium (%)		
فسفر قابل دسترس (%)	44.0	4.0
Available phosphorus (%)		
سدیم (%)	13.0	165.0
Sodium (%)		
پتاسیم (%)	82.0	74.0
Potassium (%)		
کلر (%)	23.0	21.0
Chloride (%)		
اسید پنتوتنیک یا امگا ۶ (%)	28.1	34.1
6 Pantothenic acid or omega (%)		

\* هر کیلوگرم از مکمل ویتامینی دارای ۸۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۵۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D<sub>3</sub>، ۱۱۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۲۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین K<sub>3</sub>، ۱۴۷۷ میلی‌گرم ویتامین B<sub>1</sub>، ۴۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B<sub>2</sub>، ۷۸۴۰ میلی‌گرم ویتامین B<sub>3</sub>، ۳۴۶۵۰ میلی‌گرم ویتامین B<sub>5</sub>، ۲۴۶۴ میلی‌گرم ویتامین B<sub>6</sub>، ۱۱۰ میلی‌گرم ویتامین B<sub>9</sub>، ۱۰ میلی‌گرم ویتامین B<sub>12</sub>، ۴۰۰۰۰۰ میلی‌گرم مکمل کولین کلراید می‌باشد.

\*\* هر کیلوگرم از مکمل معدنی دارای ۷۴۴۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۷۵۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۵۶۴۶۷۵ میلی‌گرم روی، ۶۰۰۰ میلی‌گرم مس، ۸۶۷ میلی‌گرم ید و ۲۰۰ میلی‌گرم سلنیوم می‌باشد.

\*\*\* AMEn: انرژی متابولیسمی ظاهری تصحیح‌شده براساس نیتروژن (تصحیح نیتروژن باعث می‌شود تأثیر دفع نیتروژن بر میزان انرژی اندازه‌گیری شده اصلاح شود).

\* Each kilogram of the vitamin premix contained: 850000 IU vitamin A, 25000000 IU vitamin D<sub>3</sub>, 110000 IU vitamin E, 2200 mg vitamin K<sub>3</sub>, 1477 mg vitamin B<sub>1</sub>, 4000 mg vitamin B<sub>2</sub>, 7840 mg vitamin B<sub>3</sub>, 34650 mg vitamin B<sub>5</sub>, 2464 mg vitamin B<sub>6</sub>, 110 mg vitamin B<sub>9</sub>, 10 mg vitamin B<sub>12</sub>, and 400000 mg choline chloride.

\*\* Each kilogram of the mineral premix contained: 74400 mg manganese, 75000 mg iron, 564675 mg zinc, 6000 mg copper, 867 mg iodine, and 200 mg selenium.

\*\*\* AMEn: nitrogen-corrected apparent metabolizable energy; nitrogen correction was applied to eliminate the effect of nitrogen excretion on measured energy values.

زنده در همان سن محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری درصد ماندگاری، مقدار خوراک مصرفی و ضریب تبدیل غذایی، تمامی هشت تکرار هر تیمار مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین برای آنالیزهای بیوشیمیایی خون (شامل: پروتئین کل، گلوکز، آلبومین خون، گلوبولین سرم، تری‌گلیسیرید، ALT، AST، HDL و LDL) در روز ۴۲، از هر تیمار به‌صورت تصادفی چهار جوجه انتخاب شدند (Liu et al., 2024). خون‌گیری با استفاده از سرنگ‌های آغشته به اتیلن دی‌آمین تترا استیک اسید (EDTA) (به‌منظور جلوگیری از لخته شدن خون)، انجام گردید و تمامی مشخصه‌ها با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (Mindray BS-200، چین)، اندازه‌گیری گردید.

#### محاسبه تلفات و درصد ماندگاری

در طول دوره آزمایشی، تلفات و درصد ماندگاری جوجه‌های گوشتی به‌طور روزانه پایش و ثبت شد. تلفات برای هر واحد آزمایشی جمع‌آوری، شمارش و توزین شده و در چاه تلفات دفع می‌شدند. این مقادیر برای هر واحد آزمایشی ثبت و در تحلیل‌های آماری لحاظ گردید. محاسبه درصد تلفات با استفاده از معادله ۱ انجام گرفت.

معادله (۱)

دمای سالن قبل و بعد از واکسیناسیون به‌میزان یک الی دو درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یافت تا تأثیرپذیری واکنش افزایش یابد (Santin et al., 2003). پس از هر برنامه واکسیناسیون، آب خالص به‌مدت هشت ساعت در اختیار جوجه‌های گوشتی قرار می‌گرفت. برنامه واکسیناسیون به‌شرح زیر انجام شد: سن یک روز: واکنش برونشیت با سویه H120 به‌صورت محلول‌پاشی، سن ۷-۱۰ روز: دوگانه نیوکاسل - آنفولانزا با سویه H9N2 U1ster. 2c به‌صورت قطره چشمی و تزریق زیرجلدی در ناحیه پشت گردن، سن ۱۲ روز: واکنش نیوکاسل با سویه B1 به‌صورت آشامیدنی، سن ۱۹ روز: واکنش نیوکاسل با سویه Lasota به‌صورت آشامیدنی، سن ۲۶ روز: واکنش نیوکاسل با سویه Lasota به‌صورت آشامیدنی. این برنامه واکسیناسیون به‌منظور جلوگیری از ابتلا به بیماری‌های ویروسی و حفظ سلامت گله طراحی شده است.

#### روش‌های اندازه‌گیری و جمع‌آوری داده‌ها

در پایان هر دوره هفت‌روزه، وزن کشتی گروهی جوجه‌های گوشتی هر تکرار، دو ساعت پس از قطع دان، با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت  $\pm 10$  گرم انجام و ثبت شد. متوسط وزن بدن هر جوجه در هر سن با تقسیم مجموع وزن جوجه‌های هر تکرار بر تعداد جوجه‌های

براساس فراسنجه‌های خونی (جدول ۷) به تفصیل بیان شده است.

اثر سطوح مختلف اسیدهای آمینه پوشش‌دار بر عملکرد جوجه‌های گوشتی  
تأثیر تیمارهای مختلف بر تیتر آنتی‌بادی‌های آنفولانزا و نیوکاسل

مقادیر تیتر آنتی‌بادی‌های نیوکاسل و آنفولانزا (جدول ۲)  
نشان‌دهنده سطح آنتی‌بادی‌های موجود در سرم جوجه‌های گوشتی برای هر یک از تیمارهای آزمایشی هستند. نتایج نشان داد که در تیتر آنتی‌بادی آنفولانزا، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود داشت ( $P < 0.05$ ) به‌طور خاص، تیمار TP بالاترین تیتر آنتی‌بادی آنفولانزا را نشان داد و نسبت به تیمار AR و سایر تیمارها بیشترین ایمنی را ایجاد کرد. در مقابل، برای تیتر آنتی‌بادی نیوکاسل تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ).

#### تأثیر تیمارها بر افزایش وزن در دوره‌های مختلف

نتایج نشان داد که در تمامی دوره‌ها، بین تیمارهای CP، TP، LP و AR از نظر افزایش وزن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). در مقابل، تیمارهای MP و AP کمترین میزان افزایش وزن را نشان دادند، این اختلاف به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود. به‌طوری‌که در دوره‌های ۷-۱، ۱۴-۷، ۲۱-۱۴، ۲۸-۲۱ و ۳۵-۲۸ روزگی اختلاف معنی‌داری ( $P < 0.001$ ) و در دوره ۳۵-۳۲ روزگی اختلاف معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بین MP و AP با سایر تیمارها مشاهده شد (جدول ۳).

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که استفاده از اسیدهای آمینه متیونین و مخلوط سه اسید آمینه همراه کولین کلراید پوشش‌دار (MP و AP) می‌تواند موجب کاهش معنی‌دار رشد در مقایسه با سایر تیمارها شود، درحالی‌که سایر تیمارها الگوی رشد مشابهی داشتند.

#### مقدار خوراک مصرفی در دوره‌های مختلف

مقدار خوراک مصرفی جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف رشد (از روز ۱ تا ۴۲ روزگی) برای هر یک از تیمارهای آزمایشی در جدول ۴ آورده شده است. براساس این داده‌ها، در اغلب دوره‌ها، تفاوت معنی‌داری بین میزان مصرف خوراک در تیمارهای مختلف مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). باین‌حال، در دوره ۲۱-۱۴ روزگی، تیمارهای LP، MP و AP به‌ترتیب با مقادیر ۱۰۰۹/۸، ۹۵۴/۹ و ۹۳۳/۱ گرم کمترین مقدار خوراک مصرفی را در مقایسه با تیمار AR (۱۰۲۷/۲ گرم) نشان دادند. همچنین تیمارهای AP و LP تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشتند ( $P < 0.05$ ).

$$100 \times \frac{\text{تعداد جوجه‌های تلف‌شده در هر واحد آزمایشی}}{\text{تعداد جوجه‌های موجود در ابتدای هر مرحله}} = \text{درصد تلفات}$$

با این معادله، درصد تلفات در هر مرحله از آزمایش محاسبه شد و درصد ماندگاری نیز به‌صورت ۱۰۰ منهای درصد تلفات محاسبه گردید. شاخص تولید در این مطالعه به‌عنوان معیاری برای ارزیابی کارایی تولید در نظر گرفته شد، که به‌طور مستقیم با تعداد جوجه‌های زنده یا وزن کل تولیدی ارتباط دارد. واحد این شاخص، عدد بدون بعد بوده و مقادیر بالاتر آن نشان‌دهنده کارایی بالاتر در استفاده از منابع و تولید بهینه است. شاخص تولید (Production Index, PI) طبق معادله ۲ محاسبه گردید:

$$PI = \frac{\text{میانگین وزن زنده (کیلوگرم)} \times \text{درصد ماندگاری} \times 100}{\text{میانگین سن (روز)} \times \text{ضریب تبدیل غذایی}}$$

#### تحلیل آماری

افزایش وزن هر جوجه در دوره‌های مختلف و کل دوره رشد، با استفاده از مدل آماری طرح کاملاً تصادفی (CRD) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و تحلیل داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) انجام شد. آنالیز آماری برای ضریب تبدیل غذایی، خوراک مصرفی و ماندگاری با استفاده از مدل تصمیم‌گیری TOPSIS و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در بین واحدهای آزمایشی، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) انجام شد. درصد ماندگاری و تلفات نیز مطابق با معادله‌های ذکرشده محاسبه و تحلیل شدند.

#### نتایج

در این بخش، نتایج مربوط به اثر تیمارهای مختلف بر مشخصه‌های گوناگون جوجه‌های گوشتی ارائه شده است. ابتدا تأثیر تیمارها بر تیتر آنتی‌بادی‌های آنفولانزا و نیوکاسل (جدول ۲) و سپس تأثیر تیمارها بر افزایش وزن در دوره‌های مختلف، در جدول ۳ (مقایسه اثرات اسیدهای آمینه و مکمل بر وزن بدن در سنین مختلف) شرح داده شد. سپس مقدار خوراک مصرفی در دوره‌های مختلف (جدول ۴)، ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف رشد (جدول ۵)، تأثیر تیمارهای مختلف بر درصد ماندگاری و شاخص تولید (جدول ۶)، ارزیابی ضریب نزدیکی گزینه‌ها به راه ایده‌آل با استفاده از روش ماتریس تصمیم‌گیری (TOPSIS)، و مقایسه بین اسیدهای آمینه و مکمل پوشش‌دار و اسیدهای آمینه آزاد

جدول ۲- تیتر آنتی‌بادی‌های نیوکاسل و آنفولانزا (مقادیر برحسب  $\log_2$ )

**Table 2**– Antibody titers against Newcastle disease virus (NDV) and avian influenza virus (AIV) (Units:  $\log_2$ )

تیما ر	نیوکاسل	آنفولانزا
Treatment	Newcastle	Influenza
AR <sup>1</sup>	75.6	5 <sup>ab</sup> .7
AP <sup>2</sup>	75.6	5 <sup>c</sup> .5
TP <sup>3</sup>	7	67 <sup>a</sup> .8
LP <sup>4</sup>	5.7	33 <sup>b</sup> .7
MP <sup>5</sup>	5.7	75 <sup>bc</sup> .6
CP <sup>6</sup>	75.6	7 <sup>abc</sup>
SEM	789.0	709.0
value-P	839.0	019.0

میانگین‌هایی که دارای حروف غیرمشترک هستند، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند ( $P < 0.05$ )

SEM = خطای استاندارد میانگین‌ها

<sup>1</sup> اسید آمینه های آزاد

<sup>2</sup> مخلوط سه اسید آمینه (لیزین، ترونین و متیونین) پوشش‌دار همراه با کولین کلراید پوشش‌دار

<sup>3</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار ترونین

<sup>4</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار لیزین

<sup>5</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار متیونین

<sup>6</sup> کولین کلراید پوشش‌دار

Different letters in each row indicate significant difference between groups ( $P < 0.05$ ).

SEM = Standard Error of Means

<sup>1</sup> Free amino acids

<sup>2</sup> All three encapsulated amino acids & encapsulated choline chloride

<sup>3</sup> Encapsulated threonine

<sup>4</sup> Only encapsulated lysine

<sup>5</sup> Only encapsulated methionine

<sup>6</sup> Encapsulated choline chloride

ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف رشد براساس داده‌های جدول ۵، ضریب تبدیل غذایی (FCR<sup>1</sup>) جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف رشد تفاوت‌هایی را بین تیمارهای آزمایشی نشان داد. در دوره‌های ۱-۷، ۷-۱۴، ۱۴-۲۱، ۲۱-۲۸ و ۲۸-۳۵ روزگی، تیمار LP کمترین مقدار FCR را داشت که نشان‌دهنده بهترین کارایی تغذیه‌ای در این تیمار است. این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). در مقابل، تیمار AP در دوره‌های ۱۴-۲۱، ۲۱-۲۸ و ۲۸-۳۵ روزگی بالاترین ضریب تبدیل غذایی را داشت که حاکی از کارایی تغذیه‌ای پایین‌تر در این تیمار است. این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). همچنین در دوره ۳۵-۴۲ روزگی، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ).

در دوره ۲۸-۲۱ روزگی، تیمارهای MP، AP و LP به‌ترتیب با مقادیر ۱۶۳۶/۴، ۱۶۸۵/۳ و ۱۷۵۹ گرم کمترین میزان خوراک مصرفی را داشتند که این مقادیر نیز نسبت به تیمار AR (۱۷۷۰/۶) کمتر بود. در همین دوره، تیمار CP با مصرف ۱۸۸۷/۱ گرم خوراک، بیشترین مقدار مصرفی را داشت و تفاوت‌های آماری به‌ویژه بین CP و MP مشخص بود ( $P < 0.05$ ).

به‌طور کلی، در این دو دوره، تیمار CP بیشترین میزان خوراک مصرفی را نشان داد و تیمارهای MP و AP کمترین مقدار خوراک مصرفی را داشتند.

مقدار خوراک مصرفی در هر دوره با تغییرات وزن بدن جوجه‌ها ارتباط نزدیکی دارد. تیمار LP که در اغلب دوره‌ها بیشترین وزن را نشان داد، مصرف خوراک مشابهی با تیمار AR داشت، اما با کارایی بهتری در تبدیل خوراک به وزن بدن، رشد بیشتری را تجربه کرد. در مقابل، تیمارهای AP و MP که در برخی دوره‌ها کمترین میزان خوراک مصرفی را داشتند، رشد کمتری نسبت به تیمارهای دیگر نشان دادند.

جدول ۳- مقایسه اثرات اسیدهای آمینه و مکمل بر وزن بدن در سنین مختلف (مقادیر برحسب گرم)

Table 3- Comparison of the effects of amino acids on body weight at different ages (Units: gram)

تیمار Treatment	۷-۱ روزگی (1-7 days)	۷-۱۴ روزگی (7-14 days)	۱۴-۲۱ روزگی (14-21 days)	۲۱-۲۸ روزگی (21-28 days)	۲۸-۳۵ روزگی (28-35 days)	۳۵-۴۲ روزگی (35-42 days)
AR <sup>1</sup>	7 <sup>ab</sup> .149	9 <sup>a</sup> .345	6 <sup>a</sup> .672	1123 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup> .1486	9 <sup>a</sup> .2151
AP <sup>2</sup>	4 <sup>bc</sup> .142	1 <sup>b</sup> .317	5 <sup>b</sup> .603	2 <sup>b</sup> .1010	4 <sup>b</sup> .1372	4 <sup>bc</sup> .2050
TP <sup>3</sup>	2 <sup>a</sup> .150	3 <sup>a</sup> .345	3 <sup>a</sup> .673	7 <sup>a</sup> .1121	14942 <sup>a</sup>	9 <sup>ab</sup> .2136
LP <sup>4</sup>	1 <sup>ab</sup> .149	1 <sup>a</sup> .356	9 <sup>a</sup> .698	6 <sup>a</sup> .1157	7 <sup>a</sup> .1547	8 <sup>a</sup> .2198
MP <sup>5</sup>	5 <sup>c</sup> .137	2 <sup>b</sup> .305	1 <sup>b</sup> .593	2 <sup>b</sup> .1019	6 <sup>b</sup> .1391	2 <sup>c</sup> .2035
CP <sup>6</sup>	7 <sup>a</sup> .151	355 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> .701	5 <sup>a</sup> .1158	1530 <sup>a</sup>	2149 <sup>a</sup>
SEM	61.2	92.6	18.11	94.18	35.21	22.31
value-P	001.0	0001.0	0001.0	0001.0	0001.0	005.0

میانگین‌هایی که دارای حروف غیرمشترک هستند، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند (P < ۰/۰۵)

SEM = خطای استاندارد میانگین‌ها

<sup>۱</sup> اسید آمینه های آزاد

<sup>۲</sup> مخلوط سه اسید آمینه (لیزین، ترئونین و متیونین) پوشش‌دار همراه با کولین کلراید پوشش‌دار

<sup>۳</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار ترئونین

<sup>۴</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار لیزین

<sup>۵</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار متیونین

<sup>۶</sup> کولین کلراید پوشش‌دار

Different letters in each row indicate significant difference between groups (P<0.05).

SEM = Standard Error of Means

<sup>1</sup> Amino acids reference

<sup>2</sup> All three encapsulated amino acids & encapsulated choline chloride

<sup>3</sup> Encapsulated threonine

<sup>4</sup> Only encapsulated lysine

<sup>5</sup> Only encapsulated methionine

<sup>6</sup> Encapsulated choline chloride

### تأثیر تیمارهای مختلف بر درصد ماندگاری و شاخص تولید

#### جوجه‌های گوشتی

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که در تیمارهای مختلف، درصد ماندگاری و شاخص تولید به‌طور متفاوتی تغییر کردند. به‌طور خاص، تیمار MP بالاترین درصد ماندگاری را نشان داد، درحالی‌که تیمار AR در شاخص تولید عملکرد بهتری داشت، هرچند که تفاوت‌های مشاهده‌شده در شاخص تولید از نظر آماری معنی‌دار نبودند (P > ۰/۰۵). همچنین، تیمار LP با درصد ماندگاری ۹۲/۹۲ درصد عملکرد نسبتاً خوبی در حفظ جوجه‌ها داشت، ولی از نظر شاخص تولید، به‌طور معنی‌داری از تیمار AR یا MP پایین‌تر بود (P < ۰/۰۵). در مورد وزن‌گیری، تیمار LP بیشترین وزن را نشان داد (جدول ۳)، درحالی‌که تیمار MP با وجود درصد ماندگاری بالاتر، در مقایسه با LP از نظر وزن‌گیری عملکرد کمتری داشت. با توجه به این نتایج، می‌توان نتیجه گرفت که درصد ماندگاری و شاخص تولید لزوماً هم‌راستا با یکدیگر نیستند.

ارزیابی ضریب نزدیکی گزینه‌ها به راه ایده‌آل با استفاده از

#### روش ماتریس تصمیم‌گیری (TOPSIS)

در این مطالعه، از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه TOPSIS برای ارزیابی تیمارهای مختلف استفاده شد. این روش با وزن‌دهی به شاخص‌های کلیدی و تعیین ایده‌آل‌های مثبت و منفی، امکان مقایسه نسبی تیمارها را فراهم کرده است. در نهایت، ضریب نزدیکی (Closeness Coefficient) به‌عنوان یک معیار نسبی برای سنجش میزان مطلوبیت هر تیمار نسبت به سایر تیمارها محاسبه شد. مطابق نتایج، تیمار TP با ضریب نزدیکی ۰/۷۴۳۳ بالاترین نزدیکی به راه‌حل ایده‌آل مثبت را داشت و در رتبه اول قرار گرفت، درحالی‌که تیمار MP با ضریب ۰/۴۵۸۶ کمترین نزدیکی را نشان داد. ضریب نزدیکی برای تیمارهای دیگر نیز به‌صورت AR برابر با ۰/۶۷۶۲، LP برابر با ۰/۶۹، CP برابر با ۰/۵۴۵۸ و AP برابر با ۰/۰۷۱۷ است. لازم به ذکر است که این روش صرفاً برای تحلیل و مقایسه تیمارها

استفاده شده و انتخاب نهایی تیمار برتر براساس آن انجام نشده است. اهداف مورد نظر نزدیک‌ترند را شناسایی و انتخاب کنند. این نتایج به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا گزینه‌هایی که به

جدول ۴- مقدار خوراک مصرفی در دوره‌های مختلف (مقادیر برحسب گرم)

Table 4- Feed intake in different periods (units: gram)

تیمار Treatment	۷-۱ روزگی (1-7 days)	۷-۱۴ روزگی (7-14 days)	۱۴-۲۱ روزگی (14-21 days)	۲۱-۲۸ روزگی (21-28 days)	۲۸-۳۵ روزگی (28-35 days)	۳۵-۴۲ روزگی (35-42 days)
AR <sup>1</sup>	9.148	2.467	2 <sup>ab</sup> .1027	6 <sup>bc</sup> .1770	9.2564	8.3752
AP <sup>2</sup>	5.150	6.467	1 <sup>bc</sup> .933	3 <sup>cd</sup> .1685	2567	7.3718
TP <sup>3</sup>	9.144	4.465	2 <sup>ab</sup> .1031	8 <sup>ab</sup> .1798	7.2581	8.3790
LP <sup>4</sup>	5.142	9.461	8 <sup>bc</sup> .1009	1759 <sup>bc</sup>	9.2592	9.3819
MP <sup>5</sup>	3.143	2.450	9 <sup>a</sup> .954	4 <sup>d</sup> .1636	4.2484	1.3636
CP <sup>6</sup>	9.145	5.487	3 <sup>a</sup> .1085	1 <sup>a</sup> .1887	8.2625	4.3776
SEM	77.13	59.8	87.20	05.34	73.48	1.47
value-P	553.0	114.0	003.0	0001.0	461.0	153.0

میانگین‌هایی که دارای حروف غیرمشترک هستند، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند (P < ۰/۰۵)

SEM = خطای استاندارد میانگین‌ها

<sup>۱</sup> اسید آمینه‌های آزاد

<sup>۲</sup> مخلوط سه اسید آمینه (لیزین، ترئونین و متیونین) پوشش‌دار همراه با کولین کلراید پوشش‌دار

<sup>۳</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار ترئونین

<sup>۴</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار لیزین

<sup>۵</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار متیونین

<sup>۶</sup> کولین کلراید پوشش‌دار

Different letters in each row indicate significant difference between groups (P<0.05).

SEM =Standard Error of Means

<sup>1</sup> Free amino acids

<sup>2</sup> All Three encapsulated amino acids & encapsulated choline chloride

<sup>3</sup> Encapsulated threonine

<sup>4</sup> Only encapsulated lysine

<sup>5</sup> Only encapsulated methionine

<sup>6</sup> Encapsulated choline chloride

۲۳۳/۷۵± میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)، LP (۱۹/۲۱± ۲۲۷/۵ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) و TP (۱۹/۲۱± ۱۹۳/۵ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) مقادیر کمتری از گلوکز را نسبت به تیمار AR داشتند (P < ۰/۰۰۳). این نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری بین تیمار AR و سایر تیمارها از نظر میزان گلوکز است.

**آلبومین:** تیمار AR با عدد ۱/۶۲۵ ± ۰/۱۲۱ گرم بر دسی‌لیتر و تیمار LP با عدد ۱/۵۵ ± ۰/۱۲۱ گرم بر دسی‌لیتر بالاترین میزان آلبومین خون را نشان دادند. نتایج اختلاف معنی‌داری بین تیمار AR و LP نشان نمی‌دهد (P > ۰/۰۵)، درحالی‌که سایر تیمارها مقادیر کمتری از آلبومین را نسبت به تیمار AR و LP نشان دادند و این اختلاف معنی‌دار است (P < ۰/۰۵).

**گلوبولین:** تیمار AR با عدد ۱/۳۵ ± ۰/۳۰۲ گرم بر دسی‌لیتر

مقایسه بین اسیدهای آمینه و مکمل پوشش‌دار و اسیدهای آمینه

آزاد براساس فراسنجه‌های خونی

براساس داده‌های ارائه‌شده در جدول ۷، می‌توان به تحلیل تأثیر اسیدهای آمینه پوشش‌دار بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی پرداخت.

**پروتئین کل:** تیمار AR با عدد ۰/۲۶۴ ± ۳ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر

پایین‌ترین میزان پروتئین کل را نشان داد، درحالی‌که تمام تیمارها مقدار پروتئین کل بیشتری را نسبت به AR نشان دادند. در این بین، تیمار LP با ۰/۲۶۴ ± ۵ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر بالاترین سطح را داشت (P < ۰/۰۵). این نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری بین تیمار AR و سایر تیمارها از نظر میزان پروتئین کل است.

**گلوکز:** تیمار AR با عدد ۱۹/۲۱ ± ۲۳۶ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر

بالاترین میزان گلوکز را نشان داد، درحالی‌که تیمارهای CP (۱۹/۲۱)

دسی لیتر بالاترین میزان را نشان می‌دهد، درحالی‌که تیمارهای TP (۱۶/۷۴±۱۶/۷۴) میلی‌گرم بر دسی لیتر، LP (۱۶/۷۴±۱۶/۷۴) میلی‌گرم بر دسی لیتر و CP (۱۶/۷۴±۲۰۱) میلی‌گرم بر دسی لیتر کمترین مقادیر را نسبت به تیمار AR داشتند. این نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمار AR و سایر تیمارها از نظر مقدار تری‌گلیسیرید است ( $P < 0.05$ ).

کمترین مقدار گلوبولین را داشت، درحالی‌که تمام تیمارها مقدار گلوبولین بیشتری را نسبت به AR نشان دادند. همچنین تیمارهای TP با  $3/55 \pm 0/302$  گرم بر دسی لیتر و LP با  $3/45 \pm 0/302$  گرم بر دسی لیتر بیشترین مقادیر را نشان دادند. این نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمار AR و سایر تیمارها از نظر مقدار گلوبولین سرم خون است ( $P < 0.001$ ).

**تری‌گلیسیرید:** تیمار AR با عدد  $209/5 \pm 16/74$  میلی‌گرم بر

جدول ۵- ضریب تبدیل غذایی

Table 5- Feed conversion ratio

Treatment	۱-۷ روزگی (1-7 days)	۷-۱۴ روزگی (7-14 days)	۱۴-۲۱ روزگی (14-21 days)	۲۱-۲۸ روزگی (21-28 days)	۲۸-۳۵ روزگی (28-35 days)	۳۵-۴۲ روزگی (35-42 days)
AR <sup>1</sup>	995 <sup>ab</sup> .0	35 <sup>b</sup> .1	528 <sup>bc</sup> .1	577 <sup>ab</sup> .1	726 <sup>bc</sup> .1	754.1
AP <sup>2</sup>	057 <sup>a</sup> .1	476 <sup>a</sup> .1	649 <sup>a</sup> .1	669 <sup>a</sup> .1	869 <sup>a</sup> .1	815.1
TP <sup>3</sup>	966 <sup>b</sup> .0	439 <sup>b</sup> .1	533 <sup>bc</sup> .1	605 <sup>ab</sup> .1	729 <sup>bc</sup> .1	775.1
LP <sup>4</sup>	956 <sup>b</sup> .0	299 <sup>b</sup> .1	446 <sup>c</sup> .1	521 <sup>b</sup> .1	676 <sup>c</sup> .1	738.1
MP <sup>5</sup>	046 <sup>b</sup> .1	48 <sup>a</sup> .1	594 <sup>ab</sup> .1	609 <sup>ab</sup> .1	788 <sup>b</sup> .1	791.1
CP <sup>6</sup>	691 <sup>b</sup> .0	375 <sup>b</sup> .1	548 <sup>b</sup> .1	628 <sup>a</sup> .1	715 <sup>bc</sup> .1	758.1
SEM	023.0	026.0	0191.0	0298.0	0256.0	0238.0
value-P	014.0	0001.0	002.0	045.0	0001.0	308.0

میانگین‌هایی که دارای حروف غیرمشترک هستند، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند ( $P < 0.05$ )

SEM = خطای استاندارد میانگین‌ها

<sup>۱</sup> اسید آمینه‌های آزاد

<sup>۲</sup> مخلوط سه اسید آمینه (لیزین، ترئونین و متیونین) پوشش‌دار همراه با کولین کلراید پوشش‌دار

<sup>۳</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار ترئونین

<sup>۴</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار لیزین

<sup>۵</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار متیونین

<sup>۶</sup> کولین کلراید پوشش‌دار

Different letters in each row indicate significant difference between groups ( $P < 0.05$ ).

SEM = Standard Error of Means

<sup>1</sup> Free amino acids

<sup>2</sup> All Three encapsulated amino acids & Encapsulated choline chloride

<sup>3</sup> Encapsulated threonine

<sup>4</sup> Only encapsulated lysine

<sup>5</sup> Only encapsulated methionine

<sup>6</sup> Encapsulated choline chloride

AST در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت ( $P > 0.05$ )

(جدول ۷).

**HDL و LDL:** تیمار AR کمترین مقدار HDL را ( $9/11 \pm 9/11$ ) میلی‌گرم بر دسی لیتر) در مقایسه با تیمار LP ( $73/5 \pm 9/11$ ) میلی‌گرم بر دسی لیتر) نشان داد. لازم به ذکر است که تمام تیمارها مقدار HDL بیشتری را نسبت به AR نشان دادند، اما این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ). همچنین تیمارهای TP

**کلسترول:** تیمارهای TP ( $131/5 \pm 1/98$ ) میلی‌گرم بر دسی لیتر)

و CP ( $134/5 \pm 1/98$ ) میلی‌گرم بر دسی لیتر)، هر دو نشان‌دهنده سطوح کمتری از کلسترول نسبت به تیمار AR ( $1/98 \pm 1/98$ ) میلی‌گرم بر دسی لیتر) بودند. نتایج اختلاف معنی‌داری را در سطح کلسترول بین تیمارهای TP، AR، و CP نشان نمی‌دهد ( $P > 0.05$ ).

**ALT و AST:** نتایج نشان داد که سطح آنزیم‌های ALT و

نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمار AR و سایر تیمارها از نظر مقدار LDL است ( $P < 0.002$ ).  
 ۶۷/۷۵ ± ۱۴/۰۵ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) و CP (۷۹/۲۵ ± ۱۴/۰۵ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) کمترین مقدار LDL را در مقایسه با تیمار AR (۸۳/۷۵ ± ۱۴/۰۵ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) نشان دادند. این نتایج

جدول ۶- درصد ماندگاری و شاخص تولید

Table 6- Survival rate percentage and production index

تیمار Treatment	درصد ماندگاری (%) Survival rate	شاخص تولید Production index
AR <sup>1</sup>	95 <sup>ab</sup>	64.24
AP <sup>2</sup>	71 <sup>ab</sup> .95	16.21
TP <sup>3</sup>	75 <sup>b</sup> .93	77.21
LP <sup>4</sup>	92 <sup>b</sup> .92	47.22
MP <sup>5</sup>	33 <sup>a</sup> .98	64.23
CP <sup>6</sup>	33 <sup>b</sup> .93	47.21
SEM	273.1	57.7
value-P	053.0	43.0

میانگین‌هایی که دارای حروف غیرمشترک هستند، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند ( $P < 0.05$ )  
 SEM = خطای استاندارد میانگین‌ها

<sup>۱</sup> اسید آمینه های آزاد

<sup>۲</sup> مخلوط سه اسید آمینه (لیزین، ترئونین و متیونین) پوشش‌دار همراه با کولین کلراید پوشش‌دار

<sup>۳</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار ترئونین

<sup>۴</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار لیزین

<sup>۵</sup> اسیدهای آمینه پوشش‌دار متیونین

<sup>۶</sup> کولین کلراید پوشش‌دار

Different letters in each row indicate significant difference between groups ( $P < 0.05$ ).

SEM = Standard Error of Means

<sup>1</sup> Free amino acids

<sup>2</sup> All Three encapsulated amino acids & Encapsulated choline chloride

<sup>3</sup> Encapsulated threonine

<sup>4</sup> Only encapsulated lysine

<sup>5</sup> Only encapsulated methionine

<sup>6</sup> Encapsulated choline chloride.

تیمارهای TP و LP عملکرد بهتری در بهبود فراسنجه‌های خونی فوق نسبت به تیمار AR نشان دادند.

## بحث

بهبود شاخص‌های تولیدی در جوجه‌های گوشتی یکی از اهداف اساسی صنعت پرورش طیور است. با افزایش تقاضا برای تولید پروتئین و ضرورت ارتقای بهره‌وری در این حوزه، استفاده از راهکارهای تغذیه‌ای مؤثر، اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. در این راستا، فرمول‌بندی جیره‌های غذایی براساس نیازهای فیزیولوژیکی طیور، نقش مهمی در بهینه‌سازی رشد، تنظیم فراسنجه‌های خونی و بهبود کیفیت گوشت ایفا می‌کند (Noruzi & Hassanabadi, 2022).

براساس داده‌های جدول ۷، در مجموع مقدار گلوکز، تری‌گلیسرید، کلسترول و LDL در تیمار AR بیشتر از سایر تیمارها بود، به طوری که مقدار گلوکز و تری‌گلیسرید در تیمارهای LP، CP و TP کمتر از تیمار AR بود. همچنین مقدار کلسترول و LDL در تیمارهای CP و TP کمتر از تیمار AR مشاهده شد که نشان‌دهنده اثرات مثبت بر این فراسنجه‌ها است.

از سوی دیگر، مقدار پروتئین کل در تیمار LP بیشتر از تیمار AR بود. در مورد گلوبولین، تیمارهای LP و TP مقادیر بالاتری نسبت به تیمار AR داشتند. همچنین سطح HDL در تمامی تیمارها، به ویژه در تیمار TP، بیشتر از تیمار AR بود. این نتایج نشان‌دهنده تفاوت‌های معنی‌دار بین تیمار AR و سایر تیمارها در برخی از فراسنجه‌های خونی شامل پروتئین کل، گلوکز، گلوبولین، تری‌گلیسرید و LDL ( $P < 0.05$ ) بود، در حالی که در مشخصه‌هایی مانند ALT، AST، کلسترول و HDL اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به طور کلی،

جدول ۷- مقایسه بین اسید آمینه‌ها و مکمل پوشش دار و اسید آمینه‌های آزاد بر فراست‌های خونی  
Table 7- Comparison between encapsulated amino acids and free amino acids on blood parameters by treatment

تیمار Treatment	پروتئین کل (میلی گرم بر لیتر) Total protein dl)/(mg	گلوکز (میلی گرم بر دسی لیتر) Glucose (mg dl)/(mg	آلبومین (گرم بر دسی لیتر) Albumin dl)/(g	گلوبولین (گرم بر دسی لیتر) Globulin dl)/(g	تری گلیسرید (میلی گرم بر دسی لیتر) Triglycerides dl)/(mg	کلسترول (میلی گرم بر دسی لیتر) Cholesterol dl)/(mg	آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (میلی گرم بر دسی لیتر) ALT <sup>7</sup> (mg dl)/(mg AST <sup>8</sup>	آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز (میلی گرم بر دسی لیتر) AST <sup>8</sup>	لیپوپروتئین با چگالی کم (میلی گرم بر لیتر) LDL <sup>10</sup>	لیپوپروتئین با چگالی بالا (میلی گرم بر لیتر) HDL <sup>9</sup>
AR <sup>1</sup>	3 <sup>d</sup>	236 <sup>abc</sup>	625 <sup>a,1</sup>	35 <sup>a,1</sup>	5 <sup>ab</sup> ,209	25 <sup>a</sup> ,138	25,25	25,245	75 <sup>a</sup> ,83	5,54
AP <sup>2</sup>	5 <sup>b,4</sup>	75 <sup>a</sup> ,277	275 <sup>b,1</sup>	22 <sup>ab</sup> ,3	25 <sup>a</sup> ,231	5 <sup>ab</sup> ,180	75,29	75,236	2 <sup>a</sup> ,125	25,55
TP <sup>3</sup>	75 <sup>c,3</sup>	5 <sup>c</sup> ,193	2 <sup>b,1</sup>	55 <sup>c,3</sup>	161 <sup>c</sup>	5 <sup>c</sup> ,131	7,27	25,215	75 <sup>b</sup> ,67	75,66
LP <sup>4</sup>	5 <sup>ab</sup>	5 <sup>c</sup> ,227	55 <sup>a,1</sup>	45 <sup>c,3</sup>	25 <sup>ab</sup> ,187	5 <sup>c</sup> ,197	5,22	5,223	25 <sup>b</sup> ,124	5,73
MP <sup>5</sup>	4 <sup>bc</sup>	75 <sup>ab</sup> ,275	25 <sup>b,1</sup>	75 <sup>bc</sup> ,2	75 <sup>a</sup> ,226	1566 <sup>c</sup>	75,25	25,249	75 <sup>b</sup> ,93	25,62
CP <sup>6</sup>	75 <sup>c,3</sup>	75 <sup>bc</sup> ,233	225 <sup>b,1</sup>	53 <sup>c,2</sup>	201 <sup>bc</sup>	25 <sup>c</sup> ,134	35	25,235	25 <sup>c</sup> ,79	55
SEM	264,0	21,19	121,0	302,0	74,16	98,1	02,4	21,27	05,14	11,9
value-P	0001,0	003,0	005,0	001,0	005,0	0001,0	08,0	8,0	002,0	25,0

میانگین‌هایی که دارای حروف غیر مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند (P < /-0.05)

SEM = خطای استاندارد میانگین‌ها

<sup>1</sup> اسید آمینه‌های آزاد

<sup>2</sup> مخلوط سه اسید آمینه (لیزین، تزئین و متیونین) پوشش دار همراه با کولین کلراید پوشش دار

<sup>3</sup> اسیدهای آمینه پوشش دار تزئین

<sup>4</sup> اسیدهای آمینه پوشش دار لیزین

<sup>5</sup> اسیدهای آمینه پوشش دار متیونین

<sup>6</sup> کولین کلراید پوشش دار

<sup>7</sup> آلانین آمینوترانسفراز

<sup>8</sup> آسپارتات آمینوترانسفراز

<sup>9</sup> لیپوپروتئین با چگالی بالا

<sup>10</sup> لیپوپروتئین با چگالی پایین

Different letters in each row indicate significant difference between groups (P<0.05).

SEM = Standard Error of Means

<sup>1</sup> Free amino acids

<sup>2</sup> All Three encapsulated amino acids & encapsulated choline chloride

<sup>3</sup> Encapsulated threonine

<sup>4</sup> Only encapsulated lysine

<sup>5</sup> Only encapsulated methionine

<sup>6</sup> Encapsulated choline chloride

<sup>7</sup> Alanine Aminotransferase

<sup>8</sup> Aspartate Aminotransferase

<sup>9</sup> High density lipoprotein

<sup>10</sup> Low density lipoprotein

در تأمین نیازهای اسیدآمینه‌ای و پایداری پاسخ‌های فیزیولوژیکی جوجه‌ها در برابر تغییرات جیره باشد (Wu, 2013).

در مقابل، تیمارهای MP و AP با کاهش معنی‌دار در افزایش وزن همراه بودند که احتمالاً ناشی از عدم کفایت تأمین اسیدهای آمینه محدودکننده به‌ویژه لیزین و متیونین در این جیره‌ها بوده است. در تیمار AP، از ترکیبی از اسیدهای آمینه پوشش‌دار با نسبت‌های مساوی استفاده شد. این رویکرد ممکن است به دلیل عدم تعادل نسبی یا سطح ناکافی برخی اسیدهای آمینه ضروری، کارایی لازم را نداشته باشد. علاوه بر این، آزادسازی تدریجی اسیدهای آمینه ناشی از پوشش‌دهی احتمالاً نتوانسته نیازهای فوری رشد را به‌طور کامل تأمین کند.

کاهش بیش از حد سطح تأمین لیزین و DL-متیونین پوشش‌دار، به‌ویژه در دوره آغازین، می‌تواند ظرفیت رشد جوجه‌ها را محدود کرده و باعث کاهش معنی‌دار وزن بدن و وزن عضله سینه شود. اگرچه استفاده از اسیدهای آمینه پوشش‌دار پتانسیل بهبود کارایی مصرف و تعادل اسیدهای آمینه را دارد، اما زمانی که میزان تأمین آن‌ها به کمتر از حد نیاز می‌رسد، رشد تحت تأثیر منفی قرار می‌گیرد. گزارش شده است که کاهش سطح این اسیدهای آمینه تا ۸۰ درصد سطح شاهد بدون اثر منفی بوده، اما کاهش بیشتر به ۶۰ درصد باعث افت معنی‌دار عملکرد رشد شده است (Sun et al., 2020).

یافته‌ها نشان می‌دهد که در برخی از دوره‌های رشد جوجه‌ها، ارتباط معناداری بین ضریب تبدیل غذایی و میزان مصرف خوراک وجود دارد. به‌طور کلی، مصرف کمتر خوراک در برخی دوره‌ها با ضریب تبدیل غذایی بهتری همراه بود که نشان‌دهنده استفاده بهینه‌تر از منابع غذایی برای رشد است. در این میان، تیمارهایی که ضریب تبدیل غذایی کمتری نشان دادند، مانند LP، ممکن است به دلیل مصرف متعادل‌تر خوراک، عملکرد بهتری در استفاده از منابع غذایی داشته باشند. در مقابل، تیمارهایی که ضریب تبدیل غذایی بالاتری داشتند، مانند AP، نشان‌دهنده کاهش کارایی در تبدیل خوراک به رشد بودند، که این امر ممکن است به دلیل عدم تعادل در ترکیب مواد مغذی یا مصرف بیش از حد خوراک باشد. این نتایج به‌طور کلی بر اهمیت تنظیم دقیق جیره و مدیریت مصرف خوراک در دستیابی به عملکرد بهینه و بهبود بهره‌وری در پرورش طیور تأکید دارند. تأثیر مثبت اسیدهای آمینه‌ی لیزین بر رشد و کارایی تغذیه‌ای طیور قبلاً گزارش شده است (Nasr & Kheiri, 2011; Sun et al., 2020). همچنین اثر اسیدآمینه‌های لیزین و ترئونین، روی قابلیت هضم روده‌ای جوجه‌های گوشتی بررسی و نشان داده شده است که قابلیت هضم این اسیدهای آمینه تأثیر مستقیمی بر ضریب تبدیل غذایی دارد. از بین این اسیدآمینه‌ها، لیزین به‌عنوان یکی از مؤثرترین اسیدهای

عوامل محیطی مانند اکسیژن، آب، pH و برهم‌کنش با سایر مواد می‌توانند بر پایداری ترکیبات فعال تأثیر بگذارند. به‌ویژه در مورد افزودنی‌های خوراکی در تغذیه طیور، این عوامل ممکن است موجب کاهش کارایی و اثربخشی ترکیبات مغذی شوند. مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از پوشش‌دار کردن افزودنی‌های خوراکی می‌تواند به بهبود کارایی و پایداری این ترکیبات در تغذیه دام و طیور کمک کند (Contreras-López et al., 2024). همچنین استفاده از اسیدآمینه‌های پوشش‌دار شده، به‌عنوان یکی از فناوری‌های نوین تغذیه‌ای، می‌تواند از طریق بهبود جذب و بهینه‌سازی متابولیسم، تأثیر مثبتی بر عملکرد رشد و کارایی تبدیل غذایی داشته باشد. این رویکرد می‌تواند به ارتقای سلامت و بهره‌وری در پرورش طیور کمک کند (Noruzi & Hassanabadi, 2022). این فرآیند به ارائه رهایش کنترل‌شده، کاهش چسبندگی در حین ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل، و جلوگیری از تغییرات در خواص فیزیکوشیمیایی مواد کمک می‌کند. استفاده از این تکنولوژی به بهبود کارایی جذب اسیدهای آمینه و دیگر افزودنی‌های خوراکی در طول دستگاه گوارش طیور منجر می‌شود و در نتیجه، تأثیر مثبتی بر رشد و بهره‌وری آن‌ها خواهد داشت (Contreras-López et al., 2024).

این پژوهش به بررسی تأثیر استفاده از اسیدهای آمینه و مکمل پوشش‌دار بر عملکرد تغذیه‌ای و سلامت جوجه‌های گوشتی می‌پردازد، تا بتوان به بهبود عملکرد رشد و توسعه این حیوانات در شرایط اقتصادی و تغذیه‌ای متنوع دست یافت.

طبق نتایج مطالعه حاضر، تیمار TP (۸/۶۷) بیشترین تیترا آنتی‌بادی آنفولانزا را نشان داد. تیترا آنتی‌بادی نیوکاسل برای تیمارهای LP و MP نسبت به AR بیشتر بود، اما تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این تفاوت در تیترا آنتی‌بادی آنفولانزا ممکن است به ترکیب جیره‌ها و تأثیر آن‌ها بر سیستم‌ایمنی جوجه‌های گوشتی مرتبط باشد، درحالی‌که جیره‌های مختلف تأثیر قابل‌توجهی بر تیترا آنتی‌بادی نیوکاسل نداشتند. ترئونین باعث بهبود تیترا آنتی‌بادی علیه SRBC (گلوبول‌های قرمز خون گوسفند) به‌عنوان یک آنتی‌ژن مدل در مطالعات ایمنی‌شناسی می‌شود (Saadatmand et al., 2019). پوشش‌دار کردن می‌تواند جذب و پایداری اسیدهای آمینه را افزایش دهد و احتمالاً به بهبود پاسخ‌های ایمنی منجر شود (Sun et al., 2020). لذا اسیدهای آمینه لیزین و متیونین که به‌طور مستقیم در ساخت پروتئین‌های ایمنی شرکت می‌کنند، می‌توانند با زیست‌فراهمی بهتر پس از پوشش‌دار شدن، بر تولید آنتی‌بادی‌ها اثر بگذارند (Wang et al., 2009). نتایج این مطالعات با مطالعه حاضر مطابقت دارد.

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمارهای TP، CP، LP و AR در تمام دوره‌ها الگوی رشد نسبتاً ثابتی داشتند و تفاوت معنی‌داری در افزایش وزن آن‌ها مشاهده نشد. این امر می‌تواند بیانگر کفایت جیره‌ها

LDL و همچنین افزایش HDL و اسید اوریک خون جوجه‌های گوشتی در اثر مصرف بیشتر ترئونین گزارش شده است. در واقع، بهبود پروفایل لیپیدی سرم در اثر مصرف ترئونین در این تحقیق گزارش شده است (Sigolo et al., 2017). نتایج تحقیق حاضر با نتایج این مطالعات مطابقت دارد. در مقایسه با مطالعات انجام‌شده که تأثیرات مشابهی را در مصرف اسیدهای آمینه آزاد گزارش کردند، تحقیق حاضر نشان می‌دهد که استفاده از اسیدهای آمینه و مکمل پوشش‌دار می‌تواند نتایج بهتری را به‌ویژه در بهبود پروفایل لیپیدی و سلامت کلی جوجه‌ها به ارمغان آورد.

### نتیجه‌گیری کلی

مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از اسیدهای آمینه آزاد و پوشش‌دار اثرات متفاوتی بر شاخص‌های رشد، سلامت ایمنی، مشخصه‌های خونی، مصرف خوراک، ضریب تبدیل غذایی، درصد ماندگاری و شاخص تولید جوجه‌های گوشتی دارد. تیمارهای LP و TP حاوی اسیدهای آمینه پوشش‌دار بودند، در وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی و برخی مشخصه‌های خونی از جمله پروتئین کل، HDL و گلوبولین نسبت به تیمار AR و سایر تیمارها عملکرد بهتری از خود نشان دادند. همچنین در تیترا آنتی‌بادی‌ها، به‌ویژه علیه آنفولانزا، تیمار TP نسبت به AR برتری داشت، هرچند تفاوتی در تیترا آنتی‌بادی نیوکاسل مشاهده نشد. تیمار MP بیشترین درصد ماندگاری را داشت، اما این افزایش بقاء با شاخص تولید یا عملکرد تغذیه‌ای همراه نبود و ضریب تبدیل غذایی آن در مقایسه با تیمارهای LP و TP عملکرد پایین‌تری داشت. از سوی دیگر، تیمار AR شاخص تولید عددی بالاتری داشت، اما در برخی شاخص‌های متابولیکی مانند تری‌گلیسیرید و کلسترول سطوح بالاتری را نشان داد که ممکن است نشان‌دهنده تنش متابولیکی باشد. با توجه به نتایج کلی، استفاده از اسیدهای آمینه پوشش‌دار، به‌ویژه در قالب تیمارهای LP و TP، تعادل مناسبی بین رشد، سلامت ایمنی و بهره‌وری تولید ایجاد می‌کند. این یافته‌ها اهمیت ارزیابی جامع چندجانبه شاخص‌های عملکرد و سلامت را در برنامه‌های تغذیه‌ای جوجه‌های گوشتی تأکید کرده و استفاده از این اسیدهای آمینه را به‌عنوان راهبرد مؤثر در بهبود کیفیت و بهره‌وری پرورش تأیید می‌کند.

آمینو شناخته شده است (Ravindran et al., 2017). پوشش‌دار کردن اسیدهای آمینه می‌تواند به بهبود کارایی تغذیه‌ای و افزایش وزن جوجه‌های گوشتی منجر شود (Collins, 2021). این مشاهدات با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد، زیرا پوشش‌دار کردن اسیدهای آمینه باعث بهبود استفاده از مواد مغذی و در نتیجه بهبود ضریب تبدیل غذایی شده است.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ترکیب‌های مختلف تغذیه‌ای تأثیر متفاوتی بر درصد ماندگاری و شاخص تولید جوجه‌های گوشتی داشتند. تیمار MP توانست درصد ماندگاری بالایی حفظ کند، اما این امر به بهبود شاخص تولید یا افزایش وزن معادل منجر نشد و تفاوت شاخص تولید بین تیمارها از نظر آماری معنی‌دار نبود. در مقابل، تیمار AR به‌لحاظ عددی شاخص تولید بهتری نشان داد، هرچند تفاوت آماری نداشت. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که ماندگاری بالا لزوماً به معنای رشد بهتر یا بهره‌وری بالاتر نیست و هرکدام باید به‌صورت مستقل ارزیابی شوند.

بررسی‌های میدانی و اقتصادی نشان می‌دهد که شاخص‌های تولید و بهره‌وری اقتصادی جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر عوامل مختلف تغذیه‌ای و مدیریتی قرار دارد و افزایش ماندگاری لزوماً با افزایش شاخص تولید هم‌راستا نیست. این موضوع اهمیت ارزیابی جامع و چندجانبه شاخص‌های تولید را در بهینه‌سازی برنامه‌های تغذیه‌ای گوشتی برجسته می‌کند (Adaszynska-Skwirzynska et al., 2025).

نتایج نشان داد که تیمارهای LP و TP باعث افزایش معنی‌دار سطح پروتئین کل، گلوبولین و HDL شدند که نشان‌دهنده بهبود وضعیت ایمنی و سلامت عمومی پرندگان است. در مقابل، تیمار AR با مقادیر پایین‌تر این مشخصه‌ها، عملکرد ضعیف‌تری در بهبود این فراسنجه‌ها داشت. همچنین سطح تری‌گلیسیرید در تیمار AR کمتر از MP بود؛ اما نسبت به LP و TP در حد متوسط قرار داشت. به‌طور کلی، استفاده از اسیدهای آمینه پوشش‌دار در تیمارهای LP و TP توانسته است که تأثیر مثبتی بر مشخصه‌های خونی و سلامت جوجه‌ها داشته باشد و نسبت به اسیدآمینه‌های آزاد در تیمار AR برتری نشان دهد.

در مطالعه‌ای نتایج نشان داد که افزایش میزان متیونین منجر به افزایش غلظت HDL سرم خون جوجه‌های گوشتی می‌شود (Sigolo et al., 2019). در ضمن کاهش غلظت تری‌گلیسیرید، کلسترول و

### References

- Adaszynska-Skwirzynska, M., Konieczka, P., Buclaw, M., Majewska, D., Pietruszka, A., Zych, S., & Szczerbinska, D. (2025). Analysis of the production and economic indicators of broiler chicken rearing in 2020–2023. A case study of a Polish farm. *Agriculture*, 15(1), 139. <https://doi.org/10.3390/agriculture15020139>.
- Collins, E. A. (2021). Influence of encapsulation of supplemental amino acids on their utilization in broilers.

- (Undergraduate honors thesis). University of Arkansas, Fayetteville, AR, USA. Retrieved from <https://scholarworks.uark.edu/poscuh>.
3. Contreras-López, G., Carrillo-López, L. M., Vargas-Bello-Pérez, E., & García-Galicia, I. A. (2024). Microencapsulation of feed additives with potential in livestock and poultry production: A systematic review. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 40(1), 229-249. <https://doi.org/10.29393/CHJAAS40-21>
  4. Howlinder, M., & Rose, S. (1987). Temperature and the growth of broilers. *World's Poultry Science Journal*, 43(3), 228-237. <https://doi.org/doi.org/10.1079/WPS19870015>.
  5. Liu, H., Xu, K., Wang, H., Lin, H., Yang, X., Wang, X., Zhao, J., Ma, B., Shu, Q., & Lu, Y. (2024). Effects of different forms of amino acid supplementation on the performance and intestinal barrier function of laying hens fed a low-protein diet. *Poultry Science*, 103(12), 104375. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104375>
  6. Lollo, G., Gonzalez-Paredes, A., Garcia-Fuentes, M., Calvo, P., Torres, D., & Alonso, M. J. (2017). Polyarginine nanocapsules as a potential oral peptide delivery carrier. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 106(2), 611-618. <https://doi.org/10.1016/j.xphs.2016.09.029>.
  7. Moosavi, M., Eslami, M., Chaji, M., & Boujarpour, M. (2011). Economic value of diets with different levels of energy and protein with constant ratio on broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(6), 709-711. <http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/javaa/2011/709-711.pdf>.
  8. Nasr, J., & Kheiri, F. (2011). Effect of different lysine levels on Arian broiler performances. *Italian Journal of Animal Science*, 10(3), 170-175. <https://doi.org/10.4081/ijas.2011.e32>.
  9. Noruzi, H., & Hassanabadi, A. (2022). Effect of different levels of dietary calcium butyrate and butyric acid glyceride on growth performance, carcass traits and small intestine morphology of male broiler chickens. *Journal of Animal Science*, 32(4), 1-13. <https://doi.org/10.22034/AS.2022.19201.1362>
  10. Ravindran, V., Adeola, O., Rodehutsord, M., Kluth, H., Van der Klis, J., Van Eerden, E., & Helmbrecht, A. (2017). Determination of ileal digestibility of amino acids in raw materials for broiler chickens—results of collaborative studies and assay recommendations. *Animal Feed Science and Technology*, 225, 62-72. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.01.006>.
  11. Saadatmand, N., Toghyani, M., & Gheisari, A. (2019). Effects of dietary fiber and threonine on performance, intestinal morphology and immune responses in broiler chickens. *Animal Nutrition*, 5(3), 248-255. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.06.001>.
  12. Santin, E., Maiorka, A., Polveiro, W., Paulillo, A., Laurentiz, A., Borges, S., & da Silva, A. F. (2003). Effect of environmental temperature on immune response of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 12(3), 247-25. <https://doi.org/10.1093/japr/12.3.247>.
  13. Sedghi, M., Tayebipour, A., Poursina, B., & Soleimain, P. (2018). Economic performance of diets formulated with different levels of energy and digestible amino acids in broiler chickens. *Animal Science Research*, 28(1), 1-12. [https://animalscience.tabrizu.ac.ir/article\\_7554\\_f1040e6d48966b7d4dba573f5c4f186d.pdf](https://animalscience.tabrizu.ac.ir/article_7554_f1040e6d48966b7d4dba573f5c4f186d.pdf).
  14. Shakoori, M., Rezaei, M., Chashnidel, Y., Safari, R., & Gholipour, H. (2020). Effect of microencapsulated and non-encapsulated of spirulina (*Spirulina platensis*) algae powder on the antioxidant enzymes activity and nutrient digestibility of broiler chicks (Ross 308). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 29(2), 139-146. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/isfj.2020.121802>.
  15. Shekarforosh, S., Kiaei, S. M. M., & Karim, G. (2013). Review of studies conducted on food contamination from animal sources by pathogenic bacteria in Iran :Part four chicken and eggs. *Food Hygiene. Journal of Food Science and Nutrition*, 3(1), 45-64. (In Persian). <https://www.sid.ir/paper/223016/fa>.
  16. Siddiqui, S. A., Bahmid, N. A., Taha, A., Abdel-Moneim, A. M. E., Shehata, A. M., Tan, C., Kharazmi, M. S., Li, Y., Assadpou, E., Castro-Muñoz, R., & Jafari, S. M. (2022). Bioactive-loaded nanodelivery systems for the feed and drugs of livestock; purposes, techniques and applications. *Advances in Colloid and Interface Science*, 308, 102772. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.cis.2022.102772>.
  17. Sigolo, S., Deldar, E., Seidavi, A., Bouyeh, M., Gallo, A., & Prandini, A. (2019). Effects of dietary surpluses of methionine and lysine on growth performance, blood serum parameters, immune responses, and carcass traits of broilers. *Journal of Applied Animal Research*. 47(1), 146-153. <https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1583571>.

18. Sigolo, S., Zohrabi, Z., Gallo, A., Seidavi, A., & Prandini, A. (2017). Effect of a low crude protein diet supplemented with different levels of threonine on growth performance, carcass traits, blood parameters, and immune responses of growing broilers. *Poultry Science*, 96(8), 2751-2760. <https://doi.org/10.3382/ps/pex086>.
19. Sun, M., Jiao, H., Wang, X., Uyanga, V. A., Zhao, J., & Lin, H. (2020). Encapsulated crystalline lysine and DL-methionine have higher efficiency than the crystalline form in broilers. *Poultry Science*, 99(12), 6914-6924. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.023>.
20. Wang, W., Qiao, S., & Li, D. (2009). Amino acids and gut function. *Amino Acids*, 37, 105-110. <https://doi.org/10.1007/s00726-008-0152-4>.
21. Wu, G. (2013). Functional amino acids in nutrition and health. *Amino Acids*, 45(3), 407-411. <https://doi.org/10.1007/s00726-013-1500-6>.