

# 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>2\*</sup>, Seyed Abdollah Hosseini <sup>3</sup>

1 -Master's degree, Department of Biology, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran

2 -Assistant professor, Department of Biology, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran

3 -Professor, Animal Science Research Institute, Karaj, Alborz, IR

\*Corresponding Author E-mail : [s.farahmand@pnu.ac.ir](mailto:s.farahmand@pnu.ac.ir)

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

## Running title :

Effects of Encapsulated vs. Free Amino Acids on Broiler Blood Biochemistry and Growth.

## Abstract

**Introduction:** Poultry meat is one of the most widely consumed sources of animal protein in human diets globally, and it is primarily used to meet the dietary protein requirements of individuals. 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, threonine, and others. These amino acids play vital roles in protein synthesis, enzyme activity, and overall metabolic functions in chickens. Supplementing poultry diets with amino acids can substantially enhance their growth rate and feed conversion efficiency. However, as amino acids pass through the stomach and digestive tract, their absorption is influenced by factors such as pH, which can affect their bioavailability and efficiency of absorption. Encapsulation of amino acids has emerged as an effective solution to this challenge. Encapsulating amino acids involves enclosing them within a protective coating that prevents their degradation in the acidic environment of the stomach, allowing them to pass through the digestive system and be absorbed more efficiently in the intestines. 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 enzyme 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. In light of these benefits, encapsulating amino acids presents a promising strategy for enhancing the efficiency of poultry production systems. This study focuses on evaluating the effects of encapsulated amino acids on the biochemical health and liver performance of broiler chickens, comparing the outcomes to those achieved with free amino acids.

**Materials and Methods:** In this study, a total of 1440 Arian broiler chickens were randomly assigned to six dietary treatment groups: AR) Free amino acids(, AP) All 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 influenza. After a 42-day feeding trial, blood samples were collected from all groups to measure biochemical parameters such as total protein, glucose levels, lipid profile, and liver enzyme activity. These biochemical parameters were then analyzed using an autoanalyzer to assess the effects of the different treatments on the health and metabolic functions of the broiler chickens.

**Results and Discussion:** The results indicated that different dietary treatments had varying effects on antibody titers, growth indices, blood biochemical parameters, and feed efficiency in broiler chickens. The influenza antibody titer was significantly higher in the TP treatment 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 treatments ( $P > 0.05$ ).

Weight gain did not differ significantly among the TP, CP, LP, and AR treatments; 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 treatments ( $P > 0.05$ ); 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 treatment 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 treatments ( $P < 0.05$ ). Additionally, total protein levels were higher in the LP group compared to AR, and the TP and LP treatments exhibited the highest globulin concentrations. Moreover, HDL levels were higher in all treatments compared to AR, with the TP group showing the highest values.

Overall, the TP and LP treatments demonstrated superior performance in terms of blood parameters and immune response. The LP treatment exhibited better feed efficiency, whereas the TP group not only improved blood indices but also provided the highest immune response. Conversely, the MP and AP treatments, 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:** Arian broiler chicken, Encapsulated amino acids, Blood biochemical parameters, Lipid metabolism, Liver enzymes (ALT, AST).

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

سیده فاطمه حسینی دربرزی<sup>۱</sup>، سمیه فرهمند<sup>۲\*</sup>، سیدعبدالله حسینی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۲- استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۳- استاد، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج، ایران.

نویسنده مسئول: [ir.ac.farahmand@pnu.s](mailto:ir.ac.farahmand@pnu.s)

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

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر انکپسوله‌سازی (پوشش‌دار کردن) اسیدهای آمینه بر وضعیت بیوشیمیایی خون شامل آنزیم‌های کبدی (ALT) و (AST)، پروفایل لیپیدی (HDL، LDL، کلسترول، تری‌گلیسرید)، و سایر فراسنجه‌های متابولیکی جوجه‌های گوشتی و مقایسه آنها با اسیدهای آمینه آزاد بود. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار، ۸ تکرار و در هر تکرار ۳۰ قطعه جوجه گوشتی آراین (مجموعاً ۱۴۴۰ قطعه) به مدت ۴۲ روز انجام شد. تیمارها شامل اسیدهای آمینه آزاد (AR: Free amino acids)، مخلوط سه اسیدآمینه (لیزین، ترئونین و متیونین) پوشش‌دار همراه با کولین کلراید پوشش‌دار (Encapsulated choline - Met, Lys, Thr- & AP: All Three encapsulated amino acids)، ترئونین (TP: Encapsulated threonine) و اسیدهای آمینه پوشش‌دار لیزین (LP: Encapsulated lysine)، متیونین (MP: Encapsulated methionine) و کولین کلراید پوشش‌دار (CP: Encapsulated choline) بودند. سپس وزن کشتی و آنالیز بیوشیمیایی خون با اتوانالایزر انجام شد. نتایج نشان داد که در کل دوره رشد، تیمار LP بیشترین ( $P < 0.005$ ) و تیمارهای MP و AR 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 آسپاراتات 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، پارامترهای بیوشیمیایی خون و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی مؤثر باشند، اما این تأثیرات بسته به شاخص مورد بررسی متفاوت است و نیازمند تحقیقات بیشتری است.

**کلمات کلیدی:** جوجه‌های گوشتی آراین، اسیدهای آمینه پوشش‌دار (انکپسوله)، پارامترهای بیوشیمیایی خون، متابولیسم چربی، آنزیم‌های کبدی (ALT، AST).

## مقدمه

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). پروتئین‌ها نقش مهمی در رشد و توسعه پرنده دارند و استفاده از مکمل‌های اسیدهای آمینه ضروری مانند لیزین، متیونین و ترئونین 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 به‌دلیل 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 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 به‌دلیل 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 فرآیندهای 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

(Lollo et al., 2017) پوشش‌دهی آمینه پوشش‌دار، روشی مؤثر برای افزایش حفاظت، پایداری و رهایش کنترل‌شده 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 کنترل‌شده 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 کاهش‌یافته 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 جوجه‌گوشتی 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 آزمایش قرار گرفتند. برای آغاز آزمایش بر روی جوجه‌های گوشتی، کد اخلاق با شناسه 300.1401.REC.PNU.IR از کمیته اخلاق دانشگاه پیام‌نور 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) 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).

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره های غذایی پایه

Table 1 -Ingredients and chemical composition of basal diets

| اجزای جیره (در ۱۰۰ کیلو گرم)          | جیره ۰-۲۱ روزگی<br>(گرم در ۱۰۰ کیلوگرم)<br>(0-21 days) Diet<br>(100kg/g) | جیره ۲۱-۴۲ روزگی<br>(گرم در ۱۰۰ کیلوگرم)<br>(21-42 days) Diet<br>(100kg/g) |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| ذرت<br>Corn                           | 3.589                                                                    | 5.642                                                                      |
| گندم<br>Wheat                         | 353                                                                      | 303                                                                        |
| روغن<br>Oil                           | 16                                                                       | 16                                                                         |
| کربنات کلسیم<br>Calcium carbonate     | 9.6                                                                      | 6.6                                                                        |
| دی کلسیم فسفات<br>Dicalcium phosphate | 5.20                                                                     | 4.18                                                                       |
| متیونین<br>Methionine                 | 3                                                                        | 8.2                                                                        |
| ترئونین<br>Threonine                  | 9.0                                                                      | 7.0                                                                        |
| لیزین                                 | -                                                                        | 1.7                                                                        |

|                                              |       |       |
|----------------------------------------------|-------|-------|
| Lysine                                       |       |       |
| مکمل ویتامین غلیظ*                           | 5.1   | 5.1   |
| Vitamin premix                               |       |       |
| مکمل معدنی غلیظ**                            | 5.1   | 5.1   |
| Mineral premix                               |       |       |
| کولین کلراید                                 | 1     | 7.0   |
| Choline chloride                             |       |       |
| نمک                                          | 5.2   | 1.2   |
| Salt                                         |       |       |
| جوش شیرین                                    | 1.2   | 5.2   |
| Sodium bicarbonate                           |       |       |
| انرژی قابل متابولیسم (کیلو کالری)***         | 2904  | 2996  |
| Metabolizable energyAMEn <sup>1</sup> (kcal) |       |       |
| پروتئین خام (%)                              | 34.20 | 52.18 |
| Crude protein(%)                             |       |       |
| لیزین قابل هضم (%)                           | 11.1  | 1     |
| Digestible lysine(%)                         |       |       |
| تریئونین قابل هضم (%)                        | 743.0 | 666.0 |
| Digestible threonine(%)                      |       |       |
| تریپتوفان قابل هضم (%)                       | 21.0  | 19.0  |
| Digestible tryptophan(%)                     |       |       |
| متیونین قابل هضم (%)                         | 56.0  | 53.0  |
| Digestible methionine(%)                     |       |       |
| متیونین + سیستئین قابل هضم (%)               | 839.0 | 784.0 |
| Digestible methionine + cysteine(%)          |       |       |
| آرژنین قابل هضم (%)                          | 25.1  | 11.1  |
| Digestible arginine(%)                       |       |       |
| والین قابل هضم (%)                           | 839.0 | 764.0 |
| Digestible valine(%)                         |       |       |
| 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  |
| Pantothenic acid or Omega 6(%)               |       |       |

<sup>1</sup> Apparent Metabolizable Energy corrected for Nitrogen

\* هر کیلوگرم از مکمل ویتامینی دارای ۸/۵۰۰/۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۲/۵۰۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D3، ۱۱۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین E، ۲۲۰۰ میلی گرم ویتامین K3، ۱۴۷۷ میلی گرم ویتامین B1، ۴۰۰۰ میلی گرم ویتامین B2، ۷۸۴۰ میلی گرم ویتامین B3، ۳۴۶۵۰ میلی گرم ویتامین B5، ۲۴۶۴ میلی گرم ویتامین B6، ۱۱۰ میلی گرم ویتامین B9، ۱۰ میلی گرم ویتامین B12، ۴۰۰/۰۰۰ میلی گرم مکمل کولین کلراید می باشد.

\*\* هر کیلوگرم از مکمل معدنی دارای ۷۴/۴۰۰ میلی گرم منگنز، ۷۵/۰۰۰ میلی گرم آهن، ۵۶۴/۶۷۵ میلی گرم روی، ۶/۰۰۰ میلی گرم مس، ۸۶۷ میلی گرم ید و ۲۰۰ میلی گرم سلنیوم می باشد.

\*\*\* AMEn: انرژی متابولیسمی ظاهری تصحیح شده بر اساس نیتروژن (تصحیح نیتروژن باعث می شود تأثیر دفع نیتروژن بر میزان انرژی اندازه گیری شده اصلاح شود).

## شرایط نگهداری و پرورش

جوجه های گوشتی بر روی بستر با برنامه نوری ۲۳ ساعت روشنایی در روز به آب و غذا دسترسی آزاد داشتند. جیره ها با استفاده از نرم افزار جیره نویسی (UFFDA, 1992)، تهیه شدند. در طول دوره آزمایش، همه گروه های آزمایشی از شرایط محیطی یکسانی برخوردار بودند. دمای ۳۲ درجه سانتی گراد برای روزهای اول نگهداری جوجه های گوشتی تنظیم گردید و به تدریج تا ۴۲ روزگی به ۲۰ درجه سانتی گراد کاهش یافت (Howlader and Rose, 1987). رطوبت محیط به صورت کنترل شده و در محدوده ۵۰ تا ۷۰ درصد حفظ شد تا به رشد و سلامت جوجه های گوشتی کمک کند. در طول پرورش، از دو نوع دانخوری و آبخوری استفاده شد. در هفته اول پرورش، از آبخوری زنگوله ای و سینی های دانخوری جوجه یک روزه استفاده گردید. پس از آن، از دانخوری ها و آبخوری های آویز تا پایان دوره استفاده شده و متناسب با افزایش سن جوجه های گوشتی، ارتفاع آن ها با سطح پشت پرند تنظیم می گردید. هر واحد آزمایشی دارای سطل مخصوص به خود بود که جیره های آزمایشی در آن قرار داشت.

## برنامه واکسیناسیون

جوجه های 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، جوجه های گوشتی به مدت یک و نیم تا دو ساعت تشنگی داده می شدند تا واکسن را سریع و به طور کامل مصرف نمایند. دمای سالن قبل و بعد از واکسیناسیون به میزان یک الی دو درجه سانتی گراد افزایش می یافت تا تأثیرپذیری واکسن افزایش یابد (Santini et al., 2003). پس از هر برنامه واکسیناسیون، آب خالص به مدت هشت ساعت در اختیار جوجه های گوشتی قرار می گرفت.

برنامه واکسیناسیون به شرح زیر انجام شد: سن یک روز: واکسن برونشیت با سویه H120 به صورت اسپری، سن ۷-۱۰ روز: دوگانه نیوکاسل- آنفولانزا با سویه H9N2 Ulster. 2c به صورت قطره چشمی و تزریق زیرجلدی در ناحیه پشت گردن، سن ۱۲ روز: واکسن نیوکاسل با سویه B1 به صورت آشامیدنی، سن ۱۹ روز: واکسن نیوکاسل با سویه Lasota به صورت آشامیدنی، سن ۲۶ روز: واکسن نیوکاسل با سویه Lasota به صورت آشامیدنی. این برنامه واکسیناسیون به منظور جلوگیری از ابتلا به بیماری های ویروسی و حفظ سلامت گله طراحی شده است.

## روش های اندازه گیری و جمع آوری داده ها

در پایان هر دوره هفت روزه، وزن کشی گروهی جوجه های 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 جوجه های هر تکرار بر تعداد جوجه های زنده در همان سن محاسبه گردید. برای اندازه گیری درصد ماندگاری، مقدار خوراک مصرفی و ضریب تبدیل غذایی، تمامی ۸ تکرار هر تیمار مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین برای آنالیزهای بیوشیمیایی خون (شامل: پروتئین کل، گلوکز، آلبومین خون، گلوبولین سرم، تری گلیسیرید، ALT، AST، HDL و LDL) در روز ۴۲، از هر تیمار به صورت تصادفی چهار جوجه انتخاب شدند (Liu et al., 2024). خونگیری با استفاده از سرنگ های آغشته به اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA) به منظور جلوگیری از لخته شدن خون آغشته شده بود، انجام گردید و تمامی پارامترها با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر Mindray (چین)، اندازه گیری 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 گردیدند. محاسبه درصد تلفات با استفاده از رابطه‌ی زیر انجام گرفت:

فرمول (۱)

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

با این فرمول، 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 رابطه‌ی زیر محاسبه گردید:

فرمول (۲)

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

## 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 با 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، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) انجام شد. درصد ماندگاری و تلفات نیز مطابق با فرمول‌های ذکرشده محاسبه و تحلیل شدند.

## نتایج

در این بخش، نتایج مربوط به اثر تیمارهای مختلف بر پارامترهای گوناگون جوجه‌های گوشتی ارائه شده است. ابتدا تأثیر تیمارها بر تیترا آنتی‌بادی‌های آنفولانزا و نیوکاسل (جدول ۲)، 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 بر اساس فراسنجه‌های خونی (جدول ۷) به تفصیل بیان شده است.

### اثر سطوح مختلف اسیدهای آمینه پوشش‌دار بر عملکرد جوجه‌های گوشتی

#### تأثیر تیمارهای مختلف بر تیترا آنتی‌بادی‌های آنفولانزا و نیوکاسل

مقادیر تیترا 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 تیترا آنتی‌بادی آنفولانزا، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود داشت ( $P < 0.05$ ) به‌طور خاص، تیمار TP بالاترین تیترا آنتی‌بادی آنفولانزا را نشان داد و نسبت به تیمار AR و سایر

تیمارها بیشترین ایمنی را ایجاد کرد. در مقابل، برای تیتراژ آنتی بادی نیوکاسل تفاوت معنی داری بین تیمارها مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ).

**جدول ۲ -** تیتراژ آنتی بادی های نیوکاسل و آنفولانزا (مقادیر بر حسب  $\log_2$ )  
**Table 2 –** Antibody titers against Newcastle disease virus (NDV) and avian influenza virus (AIV) (Units:  $\log_2$ )

| تیمار<br>Treatment | نیوکاسل<br>Newcastle | آنفولانزا<br>Influenza |
|--------------------|----------------------|------------------------|
| AR <sup>1</sup>    | 75.6                 | 7.5 <sup>ab</sup>      |
| AP <sup>2</sup>    | 75.6                 | 5.5 <sup>c</sup>       |
| TP <sup>3</sup>    | 7                    | 8.67 <sup>a</sup>      |
| LP <sup>4</sup>    | 5.7                  | 7.33 <sup>b</sup>      |
| MP <sup>5</sup>    | 5.7                  | 6.75 <sup>bc</sup>     |
| CP <sup>6</sup>    | 75.6                 | 7 <sup>abc</sup>       |
| SEM                | 0.789                | 0.709                  |
| P-Value            | 0.839                | 0.019                  |

میانگین هایی که دارای حروف غیرمشترک هستند، اختلاف معنی داری با یکدیگر دارند ( $P < 0.05$ )  
SEM = خطای استاندارد میانگین ها

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

SEM = Standard Error of Means

1 Free amino acids

2 All Three encapsulated amino acids & Encapsulated choline chloride

3 Encapsulated threonine

4 Only encapsulated lysine

5 Only encapsulated methionine

6 Encapsulated choline chloride

### تأثیر تیمارها بر افزایش وزن در دوره های مختلف

نتایج نشان داد که در تمامی دوره ها، بین تیمارهای TP، CP، LP و AR از نظر افزایش وزن تفاوت معنی داری مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). در مقابل، تیمارهای MP و AP کمترین میزان افزایش وزن را نشان دادند، این اختلاف به طور معنی داری کمتر از سایر تیمارها بود. بطوریکه در دوره های ۷-۱، ۷-۱۴، ۱۴-۲۱، ۲۱-۲۸ و ۲۸-۳۵ روزگی اختلاف معنی دار ( $P < 0.0001$ ) و در دوره ۳۵-۴۲ روزگی اختلاف معنی دار ( $P < 0.05$ ) بین MP و AP با سایر تیمارها مشاهده شد (جدول ۳).

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

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

| تیمار<br>Treatment | ۷-۱ روزگی<br>(7 days-1) | ۷-۱۴ روزگی<br>(14 days-7) | ۱۴-۲۱ روزگی<br>(21 days-14) | ۲۱-۲۸ روزگی<br>(28 days-21) | ۲۸-۳۵ روزگی<br>(35 days-28) | ۳۵-۴۲ روزگی<br>(42 days-35) |
|--------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| AR <sup>1</sup>    | 149.7 <sup>ab</sup>     | 345.9 <sup>a</sup>        | 672.6 <sup>a</sup>          | 1123 <sup>a</sup>           | 1486.8 <sup>a</sup>         | 2151.9 <sup>a</sup>         |
| AP <sup>2</sup>    | 142.4 <sup>bc</sup>     | 317.1 <sup>b</sup>        | 603.5 <sup>b</sup>          | 1010.2 <sup>b</sup>         | 1372.4 <sup>b</sup>         | 2050.4 <sup>bc</sup>        |
| TP <sup>3</sup>    | 150.2 <sup>a</sup>      | 345.3 <sup>a</sup>        | 673.3 <sup>a</sup>          | 1121.7 <sup>a</sup>         | 1494 <sup>a</sup>           | 2136.9 <sup>ab</sup>        |
| LP <sup>4</sup>    | 149.1 <sup>ab</sup>     | 356.1 <sup>a</sup>        | 698.9 <sup>a</sup>          | 1157.6 <sup>a</sup>         | 1547.7 <sup>a</sup>         | 2198.8 <sup>a</sup>         |

|                 |                    |                    |                    |                     |                     |                     |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| MP <sup>5</sup> | 137.5 <sup>c</sup> | 305.2 <sup>b</sup> | 593.1 <sup>b</sup> | 1019.2 <sup>b</sup> | 1391.6 <sup>b</sup> | 2035.2 <sup>c</sup> |
| CP <sup>6</sup> | 151.7 <sup>a</sup> | 355 <sup>a</sup>   | 701.2 <sup>a</sup> | 1158.5 <sup>a</sup> | 1530 <sup>a</sup>   | 2149 <sup>a</sup>   |
| SEM             | 2.61               | 6.92               | 11.18              | 18.94               | 21.35               | 31.22               |
| P-value         | 0.001              | 0.0001             | 0.0001             | 0.0001              | 0.0001              | 0.005               |

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

SEM = خطای استاندارد میانگین‌ها

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

به طور 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، در حالی که 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. بر اساس این داده‌ها، در اغلب دوره‌ها، تفاوت معنی‌داری بین میزان مصرف خوراک در تیمارهای مختلف مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). با این حال، در دوره ۱۴-۲۱ روزگی، تیمارهای LP، MP و AP به ترتیب 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 ( $P < 0.05$ ).

در دوره ۲۱-۲۸ روزگی، تیمارهای MP، AP و LP به ترتیب 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 گرم) کمتر بود. در همین دوره، تیمار CP با مصرف ۱۸۸۷/۱ گرم خوراک، بیشترین مقدار مصرفی را داشت و تفاوت‌های آماری به ویژه بین CP و MP مشخص بود ( $P < 0.05$ ).

به طور 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.

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

Table 4 -Feed Intake in Different Periods (Units: gram)

| تیمار<br>Treatment | ۷-۱ روزگی<br>(7 days-1) | ۷-۱۴ روزگی<br>(14 days-7) | ۱۴-۲۱ روزگی<br>(21 days-14) | ۲۱-۲۸ روزگی<br>(28 days-21) | ۲۸-۳۵ روزگی<br>(35 days-28) | ۳۵-۴۲ روزگی<br>(42 days-35) |
|--------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| AR <sup>1</sup>    | 148.9                   | 467.2                     | 1027.2 <sup>ab</sup>        | 1770.6 <sup>bc</sup>        | 2564.9                      | 3752.8                      |
| AP <sup>2</sup>    | 150.5                   | 467.6                     | 933.1 <sup>bc</sup>         | 1685.3 <sup>cd</sup>        | 2567                        | 3718.7                      |
| TP <sup>3</sup>    | 144.9                   | 465.4                     | 1031.2 <sup>ab</sup>        | 1798.8 <sup>ab</sup>        | 2581.7                      | 3790.8                      |
| LP <sup>4</sup>    | 142.5                   | 461.9                     | 1009.8 <sup>bc</sup>        | 1759 <sup>bc</sup>          | 2592.9                      | 3819.9                      |
| MP <sup>5</sup>    | 143.3                   | 450.2                     | 954.9 <sup>a</sup>          | 1636.4 <sup>d</sup>         | 2484.4                      | 3636.1                      |
| CP <sup>6</sup>    | 145.9                   | 487.5                     | 1085.3 <sup>a</sup>         | 1887.1 <sup>a</sup>         | 2625.8                      | 3776.4                      |
| SEM                | 13.77                   | 8.59                      | 20.87                       | 34.05                       | 48.73                       | 47.1                        |
| P-value            | 0.553                   | 0.114                     | 0.003                       | 0.0001                      | 0.461                       | 0.153                       |

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

SEM = خطای استاندارد میانگین‌ها

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

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.

### ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف رشد

بر اساس داده‌های جدول ۵، ضریب تبدیل غذایی ( $FCR^2$ ) جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف رشد تفاوت‌هایی را بین تیمارهای آزمایشی نشان داد. در دوره‌های ۷-۱، 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 معنی دار بود ( $P < 0.05$ ). در مقابل، تیمار AP در دوره‌های ۷-۱۴، ۱۴-۲۱ و ۲۱-۲۸ روزگی بالاترین ضریب تبدیل غذایی را داشت که حاکی از کارایی تغذیه‌ای پایین‌تر در این تیمار است. این اختلاف از نظر آماری معنی دار بود ( $P < 0.05$ ). همچنین در دوره ۳۵-۴۲ روزگی، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ).

جدول ۵- ضریب تبدیل غذایی

Table 5 -Feed Conversion Ratio

| تیمار<br>Treatment | ۷-۱<br>روزگی<br>(1-7 days) | ۷-۱۴<br>روزگی<br>(7-14 days) | ۱۴-۲۱<br>روزگی<br>(14-21 days) | ۲۱-۲۸<br>روزگی<br>(21-28 days) | ۲۸-۳۵<br>روزگی<br>(28-35 days) | ۳۵-۴۲<br>روزگی<br>(35-42 days) |
|--------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| AR <sup>1</sup>    | 0.995 <sup>ab</sup>        | 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>    | 1.057 <sup>a</sup>         | 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>    | 0.966 <sup>b</sup>         | 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>    | 0.956 <sup>b</sup>         | 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>    | 1.046 <sup>b</sup>         | 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>    | 0.691 <sup>b</sup>         | 375 <sup>b</sup> .1          | 548 <sup>b</sup> .1            | 628 <sup>a</sup> .1            | 715 <sup>bc</sup> .1           | 758.1                          |
| SEM                | 0.023                      | 026.0                        | 0191.0                         | 0298.0                         | 0256.0                         | 0238.0                         |
| P-value            | 0.014                      | 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

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

## 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 کرده‌اند. به‌طور خاص، تیمار MP بالاترین درصد ماندگاری را نشان داد، در حالی که تیمار AR در شاخص تولید عملکرد بهتری داشت، هرچند که تفاوت‌های مشاهده‌شده در شاخص تولید از نظر آماری معنی‌دار نبودند ( $P > 0.05$ ). همچنین، تیمار LP با درصد ماندگاری ۹۲٪/۹۲ عملکرد نسبتاً خوبی در حفظ جوجه‌ها داشت، ولی از نظر شاخص تولید، به‌طور معنی‌داری از تیمار AR یا MP پایین‌تر بود ( $P < 0.05$ ). در مورد وزن‌گیری، تیمار LP بیشترین وزن را نشان داد (جدول ۳)، در حالی که 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.

جدول ۶- درصد ماندگاری و شاخص تولید

Table 6 – Survival Rate Percentage and Production Index

| تیمار<br>Treatment | درصد ماندگاری<br>Survival Rate(%) | شاخص تولید<br>Production Index |
|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| AR <sup>1</sup>    | 95 <sup>ab</sup>                  | 24.64                          |
| AP <sup>2</sup>    | 95.71 <sup>ab</sup>               | 21.16                          |
| TP <sup>3</sup>    | 93.75 <sup>b</sup>                | 21.77                          |
| LP <sup>4</sup>    | 92.92 <sup>b</sup>                | 22.47                          |
| MP <sup>5</sup>    | 98.33 <sup>a</sup>                | 23.64                          |
| CP <sup>6</sup>    | 93.33 <sup>b</sup>                | 21.47                          |
| SEM                | 1.273                             | 7.57                           |
| P-Value            | 0.053                             | 0.43                           |

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

SEM = خطای استاندارد میانگین‌ها

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.

## ارزیابی ضریب‌نزدیکی گزینه‌ها به راه ایده‌آل با استفاده از روش ماتریس تصمیم‌گیری (TOPSIS)

در این مطالعه، از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه 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) به عنوان یک معیار نسبی برای سنجش میزان مطلوبیت هر تیمار نسبت به سایر تیمارها محاسبه شد. مطابق نتایج، تیمار TP با ضریب‌نزدیکی ۰/۷۴۳۳ بالاترین نزدیکی به راه‌حل ایده‌آل مثبت را داشت و در رتبه اول قرار گرفت، در حالی که تیمار MP با ضریب ۰/۴۵۸۶ کمترین نزدیکی را نشان داد. ضریب نزدیکی برای تیمارهای دیگر نیز به صورت AR برابر با ۰/۶۷۶۲، LP برابر با ۰/۶۹، CP برابر با ۰/۵۴۵۸ و AP برابر با ۰/۷۱۷۷ است. لازم به ذکر است که این روش صرفاً برای تحلیل و مقایسه تیمارها استفاده شده و انتخاب نهایی تیمار برتر بر اساس آن انجام نشده است. این نتایج به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا گزینه‌هایی که به اهداف مورد نظر نزدیک‌ترند را شناسایی و انتخاب کنند.

## مقایسه بین اسیدهای آمینه و مکمل پوشش دار و اسیدهای آمینه آزاد بر اساس فراسنجه‌های خونی

بر اساس داده‌های ارائه شده در جدول ۷، می‌توان به تحلیل تأثیر اسیدهای آمینه پوشش دار بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی پرداخت.

پروتئین کل: تیمار AR با عدد  $3 \pm 0.264$  میلی گرم بر دسی لیتر پایین ترین میزان پروتئین کل را نشان می‌دهد، در حالی که تمام تیمارها مقدار پروتئین کل بیشتری را نسبت به AR نشان می‌دهند. در این بین، تیمار LP با  $5 \pm 0.264$  میلی گرم بر دسی لیتر بالاترین سطح را دارد ( $P < 0.05$ ). این نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی دار بین تیمار AR و سایر تیمارها از نظر میزان پروتئین کل است.

گلوکز: تیمار AR با عدد  $236 \pm 19.21$  میلی گرم بر دسی لیتر بالاترین میزان گلوکز را نشان می‌دهد، در حالی که تیمارهای CP ( $233/75 \pm 19.21$  میلی گرم بر دسی لیتر)، LP ( $227/5 \pm 19.21$  میلی گرم بر دسی لیتر) و TP ( $193/5 \pm 19.21$  میلی گرم بر دسی لیتر) مقادیر کمتری از گلوکز را نسبت به تیمار AR دارند ( $P < 0.003$ ). این نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی دار بین تیمار AR و سایر تیمارها از نظر میزان گلوکز است.

آلبومین: تیمار AR با عدد  $1/625 \pm 0.121$  گرم بر دسی لیتر و تیمار LP با عدد  $1/55 \pm 0.121$  گرم بر دسی لیتر بالاترین میزان آلبومین خون را نشان می‌دهند. نتایج اختلاف معنی داری بین تیمار AR و LP نشان نمی‌دهد ( $P > 0.05$ ). در حالی که سایر تیمارها مقادیر کمتری از آلبومین را نسبت به تیمار AR و LP نشان می‌دهند و این اختلاف معنی دار است ( $P < 0.05$ ).

گلوبولین: تیمار AR با عدد  $1/35 \pm 0.302$  گرم بر دسی لیتر کمترین مقدار گلوبولین را دارد، در حالی که تمام تیمارها مقدار گلوبولین بیشتری را نسبت به AR نشان می‌دهند. 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 می‌دهند. این نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی دار بین تیمار AR و سایر تیمارها از نظر مقدار گلوبولین سرم خون است ( $P < 0.001$ ).

تری گلیسرید: تیمار AR با عدد  $209/5 \pm 16/74$  میلی گرم بر دسی لیتر بالاترین میزان را نشان می‌دهد، در حالی که تیمارهای TP ( $161 \pm 16/74$  میلی گرم بر دسی لیتر)، LP ( $187/25 \pm 16/74$  میلی گرم بر دسی لیتر) و CP ( $201 \pm 16/74$  میلی گرم بر دسی لیتر) کمترین مقادیر را نسبت به تیمار AR دارند. این نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی دار بین تیمار AR و سایر تیمارها از نظر مقدار تری گلیسرید است ( $P < 0.05$ ).

کلسترول: تیمارهای TP ( $131/5 \pm 1/98$  میلی گرم بر دسی لیتر) و CP ( $134/5 \pm 1/98$  میلی گرم بر دسی لیتر)، هر دو نشان‌دهنده سطوح کمتری از کلسترول نسبت به تیمار AR ( $138/25 \pm 1/98$  میلی گرم بر دسی لیتر) هستند. نتایج اختلاف معنی داری را در سطح کلسترول بین تیمارهای AR، TP و CP نشان نمی‌دهد ( $P > 0.05$ ).

AST و ALT: نتایج نشان داد که سطح آنزیم‌های ALT و AST در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری نداشت ( $P > 0.05$ ، جدول ۷).

HDL و LDL: تیمار AR کمترین مقدار HDL را ( $54/5 \pm 9/11$  میلی گرم بر دسی لیتر) در مقایسه با تیمار LP ( $9/11 \pm 9/11$  میلی گرم بر دسی لیتر) نشان داد. لازم به ذکر است که تمام تیمارها مقدار HDL بیشتری را نسبت به AR نشان می‌دهند اما این اختلاف از نظر آماری معنی دار نیست ( $P > 0.05$ ). همچنین تیمارهای TP ( $67/75 \pm 14/05$  میلی گرم بر دسی لیتر) و CP ( $79/25 \pm 14/05$  میلی گرم بر دسی لیتر) کمترین مقدار LDL را در مقایسه با تیمار AR ( $83/75 \pm 14/05$  میلی گرم بر دسی لیتر) نشان دادند. این نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی دار بین تیمار AR و سایر تیمارها از نظر مقدار LDL است ( $P < 0.002$ ).

بر اساس داده‌های جدول ۷، در مجموع مقدار گلوکز، تری گلیسرید، کلسترول و LDL در تیمار AR بیشتر از سایر تیمارها بود. به طوریکه مقدار گلوکز و تری گلیسرید 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، به‌ویژه در تیمار TP، بیشتر از تیمار AR بود. این نتایج نشان‌دهنده تفاوت‌های معنی دار میان تیمار AR و سایر تیمارها در برخی از فراسنجه‌های خونی شامل پروتئین کل، گلوکز، گلوبولین، تری گلیسرید و LDL ( $P < 0.05$ ) بود، در حالی که در پارامترهایی مانند ALT، AST، کلسترول و

HDL اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به طور کلی، تیمارهای TP و LP به طور کلی عملکرد بهتری در بهبود فراسنجه‌های خونی فوق نسبت به تیمار AR نشان دادند.

نسخه پیش انتشار

**جدول ۷ - مقایسه بین اسید آمینه‌ها و مکمل پوشش‌دار و اسید آمینه‌های آزاد بر فراسنجه‌های خونی**

**Table 7- Comparison Between Encapsulated Amino Acids and Free Amino Acids on Blood Parameters by Treatment**

| تیمار<br>Treatment | پروتئین کل (میلی گرم بر دسی لیتر)<br>Total Protein (mg/dl) | گلوکز (میلی گرم بر دسی لیتر)<br>Glucose (mg/dl) | آلبومین (گرم بر دسی لیتر)<br>Albumin (g/dl) | گلوبولین (گرم بر دسی لیتر)<br>Globulin (g/dl) | تری گلیسرید (میلی گرم بر دسی لیتر)<br>Triglycerides (mg/dl) | کلسترول (میلی گرم بر دسی لیتر)<br>Cholesterol (mg/dl) | آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (میلی گرم بر دسی لیتر)<br>ALT <sup>7</sup> (mg/dl) | آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز (میلی گرم بر دسی لیتر)<br>AST <sup>8</sup> (mg/dl) | لیپوپروتئین با چگالی بالا (میلی گرم بر دسی لیتر)<br>HDL <sup>9</sup> (mg/dl) | لیپوپروتئین با چگالی کم (میلی گرم بر دسی لیتر)<br>LDL <sup>10</sup> (mg/dl) |
|--------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| AR <sup>1</sup>    | 3 <sup>d</sup>                                             | 236 <sup>abc</sup>                              | 1.625 <sup>a</sup>                          | 1.35 <sup>d</sup>                             | 209.5 <sup>ab</sup>                                         | 138.25 <sup>c</sup>                                   | 25.25                                                                          | 245.25                                                                           | 54.5                                                                         | 83.75 <sup>b</sup>                                                          |
| AP <sup>2</sup>    | 4.5 <sup>b</sup>                                           | 277.75 <sup>a</sup>                             | 1.275 <sup>b</sup>                          | 3.22 <sup>ab</sup>                            | 231.25 <sup>a</sup>                                         | 180.5 <sup>ab</sup>                                   | 29.75                                                                          | 236.75                                                                           | 55.25                                                                        | 125.2 <sup>a</sup>                                                          |
| TP <sup>3</sup>    | 3.75 <sup>c</sup>                                          | 193.5 <sup>c</sup>                              | 1.2 <sup>b</sup>                            | 3.55 <sup>c</sup>                             | 161 <sup>c</sup>                                            | 131.5 <sup>c</sup>                                    | 27.7                                                                           | 215.25                                                                           | 66.75                                                                        | 67.75 <sup>b</sup>                                                          |
| LP <sup>4</sup>    | 5 <sup>a</sup>                                             | 227.5 <sup>c</sup>                              | 1.55 <sup>a</sup>                           | 3.45 <sup>a</sup>                             | 187.25 <sup>ab</sup>                                        | 197.5 <sup>a</sup>                                    | 22.5                                                                           | 223.5                                                                            | 73.5                                                                         | 124.25 <sup>b</sup>                                                         |
| MP <sup>5</sup>    | 4 <sup>bc</sup>                                            | 275.75 <sup>ab</sup>                            | 1.25 <sup>b</sup>                           | 2.75 <sup>bc</sup>                            | 226.75 <sup>a</sup>                                         | 156 <sup>bc</sup>                                     | 25.75                                                                          | 249.25                                                                           | 62.25                                                                        | 93.75 <sup>b</sup>                                                          |
| CP <sup>6</sup>    | 3.75 <sup>c</sup>                                          | 233.75 <sup>bc</sup>                            | 1.225 <sup>b</sup>                          | 2.53 <sup>c</sup>                             | 201 <sup>bc</sup>                                           | 134.25 <sup>c</sup>                                   | 35                                                                             | 235.25                                                                           | 55                                                                           | 79.25 <sup>b</sup>                                                          |
| SEM                | 0.264                                                      | 19.21                                           | 0.121                                       | 0.302                                         | 16.74                                                       | 1.98                                                  | 4.02                                                                           | 27.21                                                                            | 9.11                                                                         | 14.05                                                                       |
| P-value            | 0.0001                                                     | 0.003                                           | 0.005                                       | 0.001                                         | 0.005                                                       | 0.0001                                                | 0.08                                                                           | 0.8                                                                              | 0.25                                                                         | 0.002                                                                       |

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

SEM = خطای استاندارد میانگین‌ها

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

## 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 بر اساس نیازهای فیزیولوژیکی طیور، نقش مهمی در بهینه‌سازی رشد، تنظیم فراسنجه‌های خونی و بهبود کیفیت گوشت ایفا می‌کند (Noruzi and Hassanabadi, 2022).

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 and Hassanabadi, 2022). این فرآیند به ارائه رهاش 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 تیتراژ آنتی‌بادی آنفولانزا را نشان داد. تیتراژ آنتی‌بادی نیوکاسل برای تیمارهای LP و MP نسبت به AR بیشتر بود، اما تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این تفاوت در تیتراژ آنتی‌بادی آنفولانزا ممکن است به ترکیب جیره‌ها و تأثیر آنها بر سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی مرتبط باشد، درحالی‌که جیره‌های مختلف تأثیر قابل توجهی بر تیتراژ آنتی‌بادی نیوکاسل نداشته‌اند. تروئین باعث بهبود تیتراژ آنتی‌بادی علیه SRBC (گلبول‌های 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 فراهمی زیستی 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 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، که ترکیبی از اسیدهای آمینه پوشش‌دار در نسبت‌های مساوی استفاده شده، احتمال دارد که نسبت نامناسب یا سطح پایین‌تر این اسیدهای آمینه، همراه با آزادسازی آهسته‌تر ناشی از پوشش‌دهی، نتوانسته نیازهای فوری رشد را به طور کامل برآورده 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. به طور 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 and 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 آمینه 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 دارند. 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 به لحاظ 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 هر کدام باید به صورت 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 همراه 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 پارامترها، 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 تأثیر مثبتی بر پارامترهای 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). ضمناً کاهش غلظت تری‌گلیسیرید، کلسترول و 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 تحقیق این محققین گزارش شده است (Sigolo et al., 2017). نتایج تحقیق حاضر با نتایج این مطالعات مطابقت دارد. در مقایسه با مطالعات انجام شده 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 تأثیرات متفاوتی بر شاخص‌های رشد، سلامت ایمنی، پارامترهای خونی، مصرف خوراک، ضریب تبدیل غذایی، درصد ماندگاری و شاخص تولید جوجه‌های گوشتی دارد. تیمارهای LP و TP که حاوی اسیدهای آمینه پوشش‌دار بودند، در وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی و برخی پارامترهای خونی از جمله پروتئین کل، HDL و گلوبولین نسبت به تیمار AR و سایر تیمارها عملکرد بهتری از خود نشان دادند. همچنین در تیتراژی آنتی‌بادی‌ها، به ویژه علیه آنفولانزا، تیمار TP نسبت به AR برتری داشت، هرچند تفاوتی در تیتراژی 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 پارامترهای متابولیکی مانند تری‌گلیسیرید و کلسترول سطوح بالاتری را نشان داد که ممکن است نشان‌دهنده استرس متابولیکی باشد. با توجه به نتایج کلی، استفاده از اسیدهای آمینه پوشش‌دار، به ویژه 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 به عنوان استراتژی مؤثر در بهبود کیفیت و بهره‌وری پرورش تأیید می‌کند.

## References

1. 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>.
2. Collins, E .A. (2021). Influence of encapsulation of supplemental amino acids on their utilization in broilers .*Poultry Science Undergraduate Honors Theses Retrieved*, <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. Howlider, 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. Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S., & Bugarski, B. (2011). An overview of encapsulation technologies for food applications .*Procedia food science*, 11(1), 1806-1815 . <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.265>.
10. 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>
11. 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>.
12. 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>.
13. 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>.

14. 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).
15. 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>.
16. 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> .
17. 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>.
18. 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>.
19. 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>.
20. 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>.
21. 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>.
22. 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>.