

Short communication

Assessing the efficacy of H5 Avian Influenza vaccination in Ostrich: A serological study

Hossein Hosseini¹, Mohammad Hossein Fallah Mehrabadi², Zahra Ziafati Kafi³,
Najmeh Motamed⁴ , Mohammad Abdoshah², Reza Mohammadi³, Mohsen Mahmoodzadeh
Akhijahani², Arash Ghalyanchilangeroudi^{2,3} 

1. Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

2. Department of Poultry Disease diagnostics, Razi Vaccine and Serum Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

3. Department of Microbiology and Immunology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

4. Department of Poultry Vaccine Research and Production, Razi Vaccine and Serum Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Submitted: 2025.11.25

Accepted: 2026.02.07

Revised: 2026.01.29

Published: 2026.07.01

Corresponding author: ghalyana@ut.ac.ir*

Abstract

Introduction: Ostrich, as the largest flightless bird, is susceptible to avian influenza viruses (AIV) including the H5 subtype which posing significant economic risks, particularly in ostrich-farming countries such as South Africa. **Objectives:** In this study, the immunogenicity of a commercial inactivated H5 avian influenza vaccine was evaluated in a flock of adult ostriches using the hemagglutination inhibition (HI) test. **Methods:** Methodology: A serological study was conducted on adult ostriches comprising an equal number of males and females in Khorasan Razavi, Iran. The ostriches were vaccinated twice, at a four-week interval, with the commercial inactivated influenza vaccine (Re-6+Re-8), via subcutaneous injection at a dose of 1 mL per bird. Blood samples were evaluated using the Hemagglutination Inhibition (HI) test two weeks after the second vaccination. **Results:** The HI titer was higher in the vaccinated group (3.1 ± 0.8) compared to the unvaccinated group (2.3 ± 0.74) ($P < 0.05$), indicating a stronger immune response. The lowest antibody response observed in both groups was 1, while the highest titer were 3 and 4 in the vaccine and control groups, respectively. Apparently, the vaccine did not elicit a strong immune response, indicating poor immunogenicity and variability in the immune response among the vaccinated ostrich. **Conclusion:** The weak immune response may be attributed to factors such as vaccine quality, administration issues, or strain mismatch. This study highlights the distinct immune responses in ostriches compared to other poultry species and emphasizes the importance of biosecurity, particularly for farms located near wetlands or bird migration routes. Further studies are needed to improve vaccine efficacy. Avian influenza remains a significant threat to ostrich farming. Enhanced biosecurity, improved vaccination strategies, and ongoing surveillance are essential for managing H5 AIV outbreaks. Collaborative efforts among researchers, veterinarians, and farmers are crucial for the sustainability of the industry.

Keywords: Ostrich, Avian influenza H5, Immunogenicity, Hemagglutination inhibition (HI) test, Serological response



Authors retain the copyright and full publishing rights.

Published by [Razi Vaccine & Serum Research Institute](#) This article is an open access article licensed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](#)

مقاله کوتاه

ارزیابی اثربخشی واکسیناسیون علیه ویروس آنفلوآنزای پرندگان H5 در شترمرغ: یک مطالعه سرولوژیکی

حسین حسینی^۱، محمد حسین فلاح مهرآبادی^۲، زهرا ضیافتی کافی^۲، نجمه معتمد^۳، محمد عبدالشاه^۲، رضا محمدی^۳، محسن محمودزاده اخيجهانی^۲، آرش قلیانچی لنگرودی^{۳*}

۱. گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۲. گروه تشخیص بیماری‌های طیور، موسسه تحقیقات واکسن و سرم رازی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرج، ایران
۳. گروه میکروبیولوژی و ایمونولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۴. گروه تحقیق و تولید واکسن طیور، موسسه تحقیقات واکسن و سرم رازی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرج، ایران



تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۰۹ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱

* نویسنده مسئول: ghalyana@ut.ac.ir

چکیده

مقدمه: شترمرغ، به عنوان بزرگ‌ترین پرند بدون پرواز، به ویروس‌های آنفلوآنزای پرندگان (AIV)، از جمله تحت‌تایپ H5، حساس هستند و خطرات اقتصادی قابل توجهی، به‌ویژه در کشورهای پرورش‌دهنده شترمرغ، ایجاد می‌کنند. **هدف:** در این مطالعه، با استفاده از آزمایش مهار هماگلوتیناسیون (HI)، ایمنی‌زایی واکسن تجاری آنفلوآنزای پرندگان غیرفعال H5 در گله شترمرغ‌های بالغ ارزیابی شد. **روش کار:** یک مطالعه سرولوژیکی بر روی شترمرغ‌های بالغ، از هر دو جنس به‌طور مساوی، در خراسان رضوی، ایران، انجام گرفت. شترمرغ‌ها دوبار با فاصله ۴ هفته، با واکسن تجاری آنفلوآنزای غیرفعال (Re-6+Re-8) به روش زیرجلدی و با دوز ۱ میلی‌لیتر به‌ازای هر پرنده واکسینه شدند. نمونه‌های خون، ۲ هفته پس از نوبت دوم واکسیناسیون، با استفاده از آزمایش HI ارزیابی شدند. **نتایج:** تیتراژ HI در گروه واکسینه‌شده بیشتر بود ($3/1 \pm 0/8$)، که نشان‌دهنده درجه پاسخ ایمنی بیشتر در مقایسه با گروه واکسینه‌نشده بود ($2/3 \pm 0/74$) ($P < 0.05$). کمترین پاسخ پادتن در هر دو گروه، ۱ و بیشترین مقدار آن، به‌ترتیب ۳ و ۴ در گروه‌های واکسن و کنترل به‌دست آمد. ظاهراً واکسن پاسخ ایمنی قوی ایجاد نکرد، که نشان‌دهنده ایمنی‌زایی ضعیف و تنوع در پاسخ ایمنی در بین شترمرغ‌های واکسینه‌شده است. **نتیجه‌گیری:** پاسخ ایمنی ضعیف ممکن است به دلیل عواملی مانند کیفیت واکسن، مشکلات مربوط به تجویز یا عدم تطابق سویه باشد. این مطالعه، پاسخ‌های ایمنی متمایز در شترمرغ را در مقایسه با گونه‌های طیور برجسته می‌کند و بر اهمیت امنیت زیستی، به‌ویژه در مزارع نزدیک تالاب‌ها یا مسیرهای مهاجرت پرندگان، تأکید دارد. مطالعات بیشتری برای بهبود اثربخشی واکسن مورد نیاز است. آنفلوآنزای پرندگان همچنان یک تهدید مهم برای پرورش شترمرغ است. تدابیر سخت‌گیرانه امنیت زیستی، واکسیناسیون و پایش مداوم گله‌ها برای مدیریت شیوع در گله‌های شترمرغ، به‌منظور بقا و ادامه صنعت پرورش شترمرغ، بسیار مهم است.

واژه‌های کلیدی: شترمرغ، آنفلوآنزای پرندگان H5، ایمنی‌زایی، آزمایش ممانعت از هماگلوتیناسیون (HI)، پاسخ سرولوژیکی

مقدمه

در سراسر کشور، به‌ویژه در مناطق مرکزی، در حال گسترش است. روند روبه‌رشد این صنعت، نشان‌دهنده سازگاری آن با آب‌وهوا و اقلیم مناطق مختلف ایران است.

مطالعات فیلوژنتیک در زمان شیوع H6N2 در آفریقای جنوبی در سال ۲۰۰۲ نشان داد که این ویروس از بازآرایی ویروس‌های آنفلوآنزای H9N2 و H6N8 ایجاد شده است. با این تفاسیر، شترمرغ‌ها قادر هستند به‌عنوان میزبان بالقوه ویروس‌های آنفلوآنزای پرندگان برای ایجاد گونه‌های مختلف عمل کنند، در حالی که هیچ علائم بالینی از بیماری نشان نمی‌دهند. درک بیماری‌زایی ویروس‌های آنفلوآنزای فوق‌حاد مانند H5 در شترمرغ‌ها برای کنترل بیماری، نظارت و جلوگیری از سرایت احتمالی بیماری به انسان و گله‌های طیور اهمیت دارد (۶). منابع اصلی عفونت AIV در شترمرغ‌ها شامل تماس مستقیم با پرندگان وحشی، آب و غذای آلوده و تماس با پرندگان آلوده است (۷). انتقال ویروس از طریق ترشحات تنفسی و دفعی پرندگان آلوده و مدفوع حیوانات خانگی رخ می‌دهد. با توجه به سیستم پرورش شترمرغ در فضای باز، کنترل تماس با پرندگان آزادپرواز آبی، که مخزن طبیعی AIV هستند، مشکل است (۸). تشخیص آزمایشگاهی بیماری با استفاده از روش‌هایی مانند واکنش زنجیره‌ای پلیمرز رونویسی معکوس (RT-PCR)، جداسازی ویروس و آزمایش‌های سرولوژیکی مانند آزمایش‌های مهار هم‌آگلوتیناسیون (HI) انجام می‌شود. رعایت اقدامات سخت‌گیرانه امنیت زیستی، نظارت مستمر و حتی در برخی موارد واکسیناسیون محدود، در جلوگیری از شیوع بیماری در پرورش شترمرغ ضروری است. شیوع H5 AIV در بین شترمرغ‌ها ممکن است منجر به مشکلات اقتصادی، از جمله محدودیت‌های تجاری، حذف گله و ضرر مالی شود. فروش گوشت و محصولات شترمرغ آلوده در بازار جهانی ممنوع خواهد شد و کشورهایی را که به‌طور قابل‌توجهی به صادرات شترمرغ وابسته هستند (۹)، تحت تأثیر قرار می‌دهد. فرض بر این است که چند نوبت واکسیناسیون با واکسن غیرفعال آنفلوآنزای H5، پاسخ ایمنی هومورال قوی در شترمرغ ایجاد می‌کند.

شترمرغ‌ها (*Struthio camelus*)، بزرگ‌ترین پرندگان بدون پرواز در جهان هستند. ویروس‌های آنفلوآنزای پرندگان برای نخستین‌بار در سال ۱۹۹۱ (تحت‌تیپ H7N1) که با وجود کم‌بیماری‌زا بودن (LPAI)، تلفات بالایی را ایجاد کرده بود، و سپس در سال ۱۹۹۴ (تحت‌تیپ H5N9) از شترمرغ‌های آفریقای جنوبی جدا شدند. سویه‌های مختلفی از ویروس‌های آنفلوآنزای پرندگان تاکنون از این گونه پرنده جدا شده‌اند، از جمله H5N2، H5N9، H6N8، H7N1، H9N2 و H10N1 (۱). آنفلوآنزای پرندگان با بیماری‌زایی بالا (HPAI) (تحت‌تیپ H5N2) نیز در شترمرغ‌های ایالات متحده آمریکا و HPAI H7N1 در ایتالیا گزارش شده است (۲). نخستین مورد HPAI (H5N1) در شترمرغ‌های تجاری در سال ۲۰۰۷ در عربستان سعودی گزارش شد که در آن ۱۳۴۶۰ شترمرغ معدوم شدند. مطالعات نشان داده‌اند که شترمرغ‌ها پاسخ متفاوتی به عفونت آنفلوآنزای پرندگان می‌دهند. شترمرغ می‌تواند میزبان سویه‌های با بیماری‌زایی کم (LPAI) و بیماری‌زایی بالا (HPAI) باشد؛ ولی گزارش شده است که ویروس‌های با بیماری‌زایی بالا (HPAI) و با بیماری‌زایی کم (LPAI)، چه در شرایط عفونت طبیعی و چه تجربی، علائم بالینی مشابه، غیرپاتوژنومیک و غیر اختصاصی ایجاد می‌کنند و حتی ویروس‌های HPAI باعث مرگ‌ومیر شدید در شترمرغ نمی‌شوند (۳). میزان بالای مرگ‌ومیر در این گونه، اغلب به دلیل عفونت‌های باکتریایی همزمان، تراکم بالا، مدیریت ضعیف و تهویه نامناسب، سن گله و سایر عوامل است (۴-۶).

ممکن است در زمان عفونت با ویروس‌های HPAI مانند H5، شترمرغ‌های جوان علائم بالینی شدیدی نشان دهند، در حالی که پرندگان بالغ دچار عفونت خفیف یا تحت‌بالینی شده و تشخیص زودهنگام را پیچیده کنند. این ویروس در درجه اول دستگاه تنفسی و دستگاه گوارش را آلوده می‌کند، اما در برخی موارد منجر به علائم عصبی و مرگ‌ومیر بالا در پرندگان جوان حساس می‌شود.

در دهه‌های اخیر، پرورش شترمرغ در کشورهای مختلف جهان، از جمله ایران، توسعه یافته‌است. پرورش تجاری شترمرغ از سال ۱۹۹۹ در ایران آغاز شد. امروزه، این صنعت

مواد و روش‌ها

طرح آزمایش

این مطالعه در استان خراسان رضوی، که به دلیل پرورش قابل توجه شترمرغ شناخته شده است، انجام شد. ۶۰ شترمرغ بالغ نر و ماده به تعداد مساوی برای انجام تحقیق انتخاب شده و در دو گروه واکسینه و کنترل غیرواکسینه تقسیم شدند. در هر گروه، تعداد ۳۰ شترمرغ به صورت تصادفی قرار داده شدند. گله مورد مطالعه سابقه واکسیناسیون علیه آنفلوآنزا نداشت. گروه مطالعه با واکسن غیرفعال آنفلوآنزای فوق حاد H5 حاوی تحت‌تیپ‌های Re-6 و Re-8، ساخت شرکت هاربین کشور چین، با دوز معادل ۱ میلی‌لیتر به ازای هر پرنده، ۲ نوبت در فاصله ۴ هفته و به روش زیرجلدی واکسینه شدند. همه پرندگان در طول آزمایش مشاهده و تمام علائم ثبت شد.

جمع‌آوری نمونه

نمونه‌های خون، دو هفته پس از نوبت دوم واکسیناسیون، از شترمرغ‌های بالغ از طریق سرنگ استریل از ورید وداج جمع‌آوری و به لوله‌های جداکننده سرم منتقل شدند. نمونه‌ها در دمای اتاق لخته شدند و سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند تا سرم شفاف به‌دست آید. نمونه‌های سرم تا زمان انجام آزمایش، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

آزمایش ممانعت از هم‌اگلوتیناسیون (HI)

پاسخ آنتی‌بادی به واکسن آنفلوآنزای H5 با آزمایش HI ارزیابی شد. این آزمایش طبق توصیه‌های سازمان جهانی بهداشت (۱۰) انجام شد. روش کار به شرح زیر بود: سرم‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۵۶ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند تا مهارکننده‌های غیر اختصاصی حذف شوند. همچنین، برای حذف واکنش غیراختصاصی با گلبول قرمز ماکیان، سرم‌ها از قبل با ۱۰ درصد RBC جوجه مخلوط و پس از نیم ساعت، رقت سریالی از سرم‌ها تهیه شد (۵). رقت‌های سریالی دوبرابری از هر نمونه سرم در محلول نمکی فسفات بافر (PBS) در میکروپلیت‌های ۹۶ چاهکی با ته U

شکل تهیه شد. یک واحد هم‌اگلوتیناسیون ۴ تایی (HAU) از آنتی‌ژن ویروس H5N3 (۱۱) به همه چاهک‌ها اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق انکوبه شد. سوسپانسیون ۱٪ گلبول قرمز مرغ (RBC) به همه چاهک‌ها اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق انکوبه شد. بالاترین رقت سرم که به‌طور کامل هم‌اگلوتیناسیون را مهار می‌کرد، به‌عنوان تیتراژ HI ثبت شد.

تحلیل آماری

تیتراژهای HI گروه‌های مختلف شترمرغ واکسینه‌شده برای ارزیابی پاسخ ایمنی مقایسه شدند. میانگین هندسی تیتراژ آنتی‌بادی‌ها (GMT) در هر گروه محاسبه شد. تحلیل آماری با استفاده از GraphPad انجام شد و از آزمون t برای ارزیابی تفاوت‌های معنی‌دار بین گروه‌ها استفاده شد. سطح معنی‌داری آماری $P < 0.05$ بود.

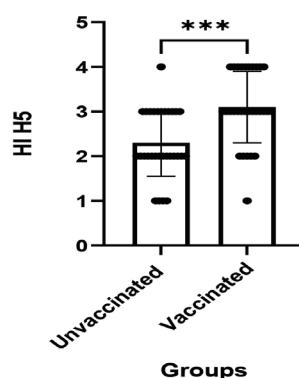
نتایج

درنتایج آزمایش مهار هم‌اگلوتیناسیون (HI) در دو گروه شترمرغ شامل واکسینه‌نشده و واکسینه‌شده، تفاوت در تیتراژهای آنتی‌بادی علیه آنفلوآنزای پرندگان H5 را نشان داد. میانگین تیتراژ آنتی‌بادی سرمی در آزمایش HI در گروه واکسینه‌شده ($3/1 \pm 0/8$) در مقایسه با گروه غیرواکسینه بالاتر بود که بیانگر تحریک پاسخ ایمنی بیشتر در مقایسه با گروه واکسینه‌نشده ($2/3 \pm 0/74$) است.

پراکندگی تیتراژ در گروه واکسینه‌نشده بیشتر بود؛ به‌طوری‌که تیتراژ حداقل ۱ و حداکثر ۳ بود و بیشترین مقادیر در سطوح تیتراژ ۲ و ۳ قرار داشتند. نتایج تیتراژ پادتن گروه غیرواکسینه که درجه کم تا متوسط پاسخ آنتی‌بادی را با پراکندگی بالاتر نشان داد، بیانگر قرار گرفتن در معرض ویروس فیلدی و نه واکسیناسیون است.

در بین پرندگان گروه واکسینه‌شده، تیتراژهای HI از ۲ تا ۴ متغیر بود و سطح پراکندگی پایین‌تری نسبت به گروه کنترل (غیرواکسینه) داشت. مقادیر تیتراژ عمدتاً ۳ یا ۴ بودند که نشان‌دهنده ایمنی تشدیدشده در پاسخ به واکسیناسیون است (شکل ۱ و جدول ۱).

جدول ۱: میانگین تیترا پادتن سرمی در گروه مطالعه و کنترل در آزمون ممانعت از هماگلوتیناسیون		
	گروه واکسینه شده	گروه غیرواکسینه
میانگین	۳/۱	۲/۳
انحراف معیار	۰/۸۰۳۰	۰/۷۴۹۷
انحراف از میانگین	۰/۱۴۶۶	۰/۱۳۶۹
C.V ضریب همبستگی	۲۵/۹۰٪	۳۲/۶۰٪



شکل ۱: نمودار مقایسه میانگین و پراکندگی تیتراهای پادتن سرمی در آزمون ممانعت از هماگلوتیناسیون، دو هفته پس از دومین نوبت واکسیناسیون

بحث

مانند H5N1 و H7N9، به خصوص در گله‌های جوان، این بیماری می‌تواند فاجعه‌بار باشد (۱۴). این تفاوت در علائم براساس سن، نیاز به استراتژی‌های نظارتی خاص سن را در شترمرغ برجسته می‌کند.

به نظر می‌رسد انتقال بیماری در مزارع شترمرغ توسط عوامل محیطی، مانند نزدیکی به جمعیت پرندگان وحشی و نقاط آب مشترک، تشدید می‌شود (۱۴). شایان ذکر است، مزارعی که در نزدیکی آن‌ها تالاب‌ها یا مسیرهای پرواز پرندگان مهاجر وجود دارد، به دلیل افزایش مواجهه با مخازن وحشی، به‌طور مشخص بیشتر در رخدادهای بیماری آنفلوآنزا تحت تأثیر قرار می‌گیرند؛ بنابراین، عوامل خطر جغرافیایی باید راهنمای برنامه‌ریزی امنیت زیستی باشند (۱۵).

تخمین زده شده است که شیوع H5N1 در سال ۲۰۱۱ در آفریقای جنوبی منجر به کاهش ۳۰ درصدی صادرات شترمرغ شد و تقریباً ۱۰۰ میلیون دلار برای این صنعت هزینه داشت (۱۶).

به دلیل ویژگی‌های خاص شترمرغ، از جمله عدم وجود بورس

شیوع بیماری آنفلوآنزای مرغی در گله‌های شترمرغ در سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶ باعث آشفتگی بازار در سراسر جهان و خسارات اقتصادی در بخش تولید شترمرغ، به‌ویژه در آفریقای جنوبی که تقریباً ۹۰٪ گوشت و چرم شترمرغ خود را صادر می‌کند، شد (۱۲). از آنجایی که چرخه تولید در تجارت شترمرغ حدود یک سال است، هرگونه رویداد و اقدام منفی انجام‌شده، عواقب طولانی‌مدتی دارد. بنابراین، پیشگیری از عفونت مذکور از اهمیت بالایی برخوردار است (۱).

اگرچه براساس گزارش‌های قبلی، شترمرغ‌ها نسبت به پرندگان خانگی مانند مرغ و بوقلمون در برابر آنفلوآنزای پرندگان کمتر آسیب‌پذیر هستند (۱، ۳، ۸)، بااین‌حال، در زمان شیوع بیماری آنفلوآنزای پرندگان، به گفته محققین، شترمرغ‌های جوان‌تر بیشتر مستعد تظاهرات عصبی هستند، درحالی‌که بزرگسالان عمدتاً علائم تنفسی دارند (۱۳). همچنین، به دلیل میزان بالای مرگ‌ومیر سویه‌های HPAI

کدام ۱۱ شترمرغ ($n=440$) نمونه‌برداری و نمونه‌های سرم با استفاده از ۴ واحد هم‌آگلوتیناسیون آنتی‌ژن‌های H9N2 بررسی شدند. طبق نتایج ایشان، ۲۱ (۴۷/۵٪) از ۴۰ مزرعه و ۱۰۸ (۲۴/۵٪) از ۴۴۰ شترمرغ در آزمایش HI-H9N2 مثبت بودند، اما میانگین تیتراها بین تیترا ۲ و ۳ متغیر بود و تنها در یک استان تیترا ۵ گزارش شده بود (۱۷).

با توجه به اندمیک بودن این تحت‌تیپ در ایران و عدم سابقه واکسیناسیون گله‌ها، احتمالاً پاسخ پادتن در شترمرغ نیز مانند علائم کلینیکی بیماری، در مقایسه با سایر پرندگان در برابر آنفلوآنزای پرندگان متفاوت بوده و چندان پاسخ ایمنی را تحریک نمی‌کند. شاید دفعات واکسیناسیون باید افزایش یابد یا پاسخ‌های ایمنی پس از استفاده از واکسن‌های دیگر نیز باید بررسی شود.

براساس آزمایش HI در مطالعه حاضر، به نظر نمی‌رسد که واکسن توانسته باشد پاسخ ایمنی قوی ایجاد کند و سبب افزایش تیترا با شیب بالا نسبت به گروه کنترل شده باشد. افزایش تیترا HI پرندگان واکسینه‌شده در مقایسه با گروه کنترل، به‌طور میانگین تفاوت یک تا دو عددی در لوگ ۲ داشت و حتی برخی از آن‌ها مشابه پرندگان واکسینه‌نشده، سطح پایینی از تیترا در حد ۲ داشتند.

دلایل متعددی برای حدوداً وقوع این امر وجود دارد؛ برای مثال، ممکن است سویه واکسن با ویروس موجود در گردش مشابه نبوده باشد و تیترا گروه کنترل به دلیل مواجهه قبلی با ویروس در گردش افزایش یافته باشد، درحالی‌که افزایش تیترا گروه واکسیناسیون در مقایسه با گروه کنترل، به دنبال واکسیناسیون ایجاد شده باشد. همچنین، مشکلات مربوط به نگهداری و جابه‌جایی واکسن می‌تواند آن را بی‌اثر یا کم‌اثر کرده باشد. کیفیت واکسن، سوءمدیریت در حین تجویز، تنوع ایمنی میزبان یا نیاز به واکسن یادآور نیز از عوامل تأثیرگذار هستند.

باید توجه داشت که پاسخ به واکسن‌های کشته و غیرفعال، حتی پس از دو تا سه نوبت تکرار واکسیناسیون با واکسن غیرفعال آنفلوآنزا و بدون پرایم با واکسن زنده، انتظار تیترا پادتن بالا را ایجاد نمی‌کند. حتی در مورد ماکیان که پاسخ پادتن در زمان بیماری بسیار بالا است، در زمان تجویز واکسن غیرفعال، تیترا پادتن از ۴ بالاتر نمی‌رود (۱۷). علاوه بر این، وضعیت ژنتیکی یا سلامت پرندگان ممکن است عملکرد

فابریسیوس (بافت لنفوی محصور در بافت پستی و جانبی پروکتودئوم)، اعتقاد بر این است که این امر بر پاسخ ایمنی این پرندگان به عوامل بیماری‌زا تأثیر می‌گذارد. گزارش شده است که شترمرغ‌ها پاسخ غیرمعمولی به عفونت آنفلوآنزای پرندگان (AI) دارند. هم در عفونت طبیعی و هم در عفونت تجربی گزارش شده است که ویروس‌های آنفلوآنزای پرندگان با بیماری‌زایی کم و ویروس آنفلوآنزای پرندگان با بیماری‌زایی بالا (HPAI) باعث ایجاد وضعیت بالینی بسیار مشابهی در این گونه می‌شوند؛ به‌طوری‌که علائم بالینی غیراختصاصی و مرگ‌ومیر تنها در پرندگان جوان، با وجود تکثیر گسترده ویروس، رخ می‌دهد.

کاپوا و همکاران (۲۰۰۰) و کوپر و همکاران (۲۰۰۷) تأکید کرده‌اند که پاسخ ایمنی در شترمرغ‌ها با سایر گونه‌های پرندگان متفاوت است و به‌طور بالقوه بر توانایی آن‌ها در مقابله با عفونت‌های ویروسی تأثیر می‌گذارد (۱، ۳).

در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۰، تعداد ۱۷۷ نمونه سرم از ۳۳ پرندۀ آزمایش شد. تمام نمونه‌های سرم با سه سیستم مختلف، شامل HI، AGID و ELISA رقابتی، تجزیه و تحلیل شدند. برای جمع‌آوری هرچه بیشتر اطلاعات، روش‌های مختلفی برای HI (با و بدون پیش‌درمان ۱۰٪ گلبول‌های قرمز جوجه و با دو آنتی‌ژن مختلف) و برای ELISA (سه کیت رقابتی مختلف) اعمال و گزارش شد که حساسیت AGID در مقایسه با سایر آزمایش‌ها کمتر بود، اما پس از ۱۲ روز از عفونت تجربی، حساسیت این آزمایش افزایش یافت.

در ارزیابی نتایج آزمایش HI به‌عنوان روش استاندارد طلایی، هنگامی که این آزمایش با آنتی‌ژن همولوگ (ویروس چالش) انجام شد، یک روش حساس و اختصاصی بود. پیش‌درمان با ۱۰٪ سوسپانسیون گلبول‌های قرمز جوجه، حساسیت آزمایش را افزایش داد و با حذف آگلوتیناسیون غیراختصاصی گلبول‌های قرمز جوجه، تفسیر نتایج معتبرتر بود. طبق گزارش ایشان، روشی مانند ممانعت از هم‌آگلوتیناسیون ممکن است سطح پایین‌تری از پادتن را در مقایسه با روشی مانند الیزا که ده برابر حساس‌تر از HI است، نشان دهد (۵). مطالعه فلاح مهرآبادی و همکاران در سال ۲۰۱۸ به‌منظور تعیین شیوع سرمی تحت‌تیپ H9N2 در مزارع صنعتی شترمرغ از ژانویه تا ژوئن ۲۰۱۵ انجام شد. در مجموع، ۴۰ مزرعه از استان‌های مختلف ایران انتخاب شدند که از هر

92. doi:10.3184/147020607X270068.

2. Ambali HM NR, Abdu PA. Evaluation of antibody response to Newcastle disease vaccination in chickens in some commercial farms-II: Two local government areas in Lagos State, Nigeria. *J Vet Med Surg.* 2017;1(2):1-6. doi:10.9734/AJEA/2016/27456.

3. Capua I, Mutinelli F, Bozza MA, Terregino C, Cattoli G. Highly pathogenic avian influenza (H7N1) in ostriches (*Struthio camelus*). *Avian Pathol.* 2000;29(6):643-646. doi:10.1080/03079450020016913.

4. Sinclair M, Brückner GK, Kotze JJ. Avian influenza in ostriches: Epidemiological investigation in the Western Cape Province of South Africa. *Veter Ital.* 2006;42(2):69-76.

5. Toffan A, Olivier A, Mancin M, Tuttoilmondo V, Facco D, Capua I, et al. Evaluation of different serological tests for the detection of antibodies against highly pathogenic avian influenza in experimentally infected ostriches (*Struthio camelus*). *Avian Pathol.* 2010;39(1):11-15. doi:10.1080/03079450903431390.

6. Abolnik C, Olivier A, Reynolds C, Henry D, Cumming G, Rauff D, et al. Susceptibility and status of avian influenza in ostriches. *Avian Dis.* 2016;60(1 Suppl):286-295. doi:10.1637/11110-042815-Reg.

7. Gaide N, Bessière P, Guérin J-L. Viral tropism is a cornerstone in the spread and spillover of avian influenza viruses. *mBio.* 2025;16(8):e01690-25.

8. Abdelrhman SS, Al-Ebrahim AA, Rihan M, Almotairy H, Al Jassem MH, Al-Blowi MH. Sero-virological studies on Newcastle

ایمنی آن‌ها را مختل کرده باشد (۱۸).

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثر واکسن غیرفعال آنفلوآنزای فوق حاد در شترمرغ بالغ انجام شد. لازم به توضیح است که محدودیت‌ها و ضعف‌هایی نیز بر نتایج و قدرت تحلیل نتایج اثرگذار هستند؛ از جمله تعداد نمونه‌ها و محدودیت‌های ژنتیکی یا سنی شترمرغ‌ها، که بهتر است در مطالعات آینده مدنظر قرار گیرند.

برای غلبه بر این مشکلات، پایش سرولوژیکی بیشتری باید برای ردیابی آنتی‌بادی‌ها در طول زمان انجام شود و یک مطالعه چالش کنترل‌شده شاید بتواند اثربخشی محافظتی واقعی واکسن را تعیین کند. عوامل مرتبط با واکسن، از جمله فرمولاسیون واکسن، استفاده از یک ماده ادجوانت مناسب یا سویه متفاوت، ممکن است نیاز به ارزیابی برای بهینه‌سازی ایمنی‌زایی داشته باشند.

نتیجه‌گیری کلی:

به‌طور خلاصه، آنفلوآنزای پرندگان تهدیدی جدی برای گله‌های شترمرغ محسوب می‌شود که می‌تواند بر سلامت حیوانات، تجارت و امنیت غذایی بین‌المللی تأثیر بگذارد. با تقویت اقدامات امنیت زیستی، توسعه سیستم‌های نظارتی پیشرفته و سرمایه‌گذاری در تحقیقات هدفمند و واکسیناسیون مناسب در شرایط خاص، صنعت پرورش شترمرغ در موقعیت بهتری برای آمادگی در برابر حوادث آینده قرار خواهد گرفت. تقویت هماهنگی بین محققان، دامپزشکان، سیاست‌گذاران و پرورش‌دهندگان برای حفاظت از این صنعت حیاتی و تضمین پایداری آن در برابر بیماری‌های عفونی نوظهور یا بازظهور، ضروری است.

تعارض منافع

بر اساس اظهارات نویسندگان، هیچ‌گونه تعارض منافی بین نویسندگان وجود ندارد.

منابع

1. Cooper RG, Tomasik C, Horbańczuk J. Avian influenza in ostriches (*Struthio camelus*). *Avian Poult Biol Rev.* 2007;18:87-

disease and avian influenza in farmed ostriches (*Struthio camelus*) in Saudi Arabia. *J World's Poult Res.* 2013;3(2):38-42.

9. Elsayed HS, Adel A, Alshaya DS, Safhi FA, Jalal AS, Elmasry DMA, et al. First isolation of influenza A subtype H5N8 in ostrich: Pathological and genetic characterization. *Poult Sci.* 2022;101(12):102156.

10. WOA. *Newcastle Disease (Infection with Newcastle Disease Virus)*. 2021 [cited 11/08/2025]. In: *WOAH Terrestrial Manual 2021* [Internet]. [cited 11/08/2025]; p. 1-23. Available from: https://www.woah.org/fileadmin/Home/fr/Health_standards/tahm/3.03.10_NEWCASTLE_DIS.pdf.

11. Karami S, Karimi V, Barin A, Rouigari MR, Bozorgmehri Fard MH. Immunogenicity of inactivated H5 avian influenza vaccine used in commercial laying pullets in Tehran Province, Iran. *Arch Razi Inst.* 2024;79(3):499-506.

12. Marimwe MC, Fosgate GT, Roberts LC, Tavoranpanich S, Olivier AJ, Abolnik C. The spatiotemporal epidemiology of highly pathogenic avian influenza outbreaks in key ostrich-producing areas of South Africa. *Prev Vet Med.* 2021;196:105474.

13. Howerth EW, Olivier AJ, França M, Stallknecht DE, Gers S, editors. Pathobiology of highly pathogenic avian influenza virus H5N2 infection in juvenile ostriches from South Africa. *Avian Dis.* 2012;56:300-308. doi:10.1637/10193-041012-ResNote.1.

14. Abolnik C, Phiri T, Peyrot B, de Beer R, Snyman A, Roberts D, et al. The molecular epidemiology of clade 2.3.4.4B H5N1 high pathogenicity avian influenza in Southern Af-

rica, 2021-2022. *Viruses.* 2023;15(6):1383. doi:10.3390/v15061383.

15. Shriner SA, Root JJ. A review of avian influenza A virus associations in synanthropic birds. *Viruses.* 2020;12(11):1209.

16. van Helden LS, Sinclair M, Koen P, Grewar JD. Description of an outbreak of highly pathogenic avian influenza in domestic ostriches (*Struthio camelus*) in South Africa in 2011. *Prev Vet Med.* 2016;128:6-11. doi:10.1016/j.prevetmed.2016.03.019.

17. Fallah Mehrabadi MH, Bahonar A, Mirzaei K, Ghalyanchi Langeroudi A, Ghafouri SA, Tehrani F, et al. Serological survey of avian influenza (H9N2) in commercial ostrich farms in Iran, 2015. *Arch Razi Inst.* 2018;73(4):325-330. doi:10.22092/ARI.2017.108110.1081.

18. Adachi K, Takama K, Tsukamoto M, Inai M, Handharyani E, Hiroi S, et al. Ostriches produce cross-reactive neutralizing antibodies against pandemic influenza virus A/H1N1 following immunization with a seasonal influenza vaccine. *Exp Ther Med.* 2011;2(1):41-45. doi:10.3892/etm.2010.180.