



نقش واکسيناسيون در مدیریت صحت گله‌های طیور: چالش‌ها و راهکارها

پوهاند اسدالله صمدی

دپارتمنت پاراکلینیک، پوهنځی علوم وترنری، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان

ایمیل: assad.samadi@gmail.com

چکیده

صنعت طیور نقش مهمی در تأمین پروتیین حیوانی و تقویت امنیت غذایی جهان دارد و واکسيناسيون مؤثرترین روش کنترل و پیشگیری بیماری‌های طیور محسوب می‌شود. شناخت انواع واکسين‌ها، روش‌های تطبیق و عوامل تأثیرگذار بر مؤثریت آن‌ها برای موفقیت برنامه‌های واکسيناسيون اهمیت حیاتی دارد. هدف عمده این مقاله علمی را معرفی واکسين‌های عمده طیور و بررسی چالش‌ها و راهکارهای موجود در اجرای ستراتیژی‌های واکسيناسيون تشکیل می‌دهد. این مقاله بر اساس مرور مقالات علمی و رهنمودهای معتبر تحریر شده است. یافته‌ها نشان می‌دهند که واکسين‌های مختلف؛ مانند واکسين‌های کشته‌شده، زنده ضعیف‌شده، ترکیبی، واحد فرعی، وکتور ویروسی، ذرات مشابه ویروسی، DNA و mRNA برای بیماری‌های طیور موجود است که از راه‌های مختلف و در سنین مشخص تطبیق می‌گردند. عوامل متعدد؛ مانند نگهداری و انتقال نامناسب واکسين، سترس، بیماری‌های سرکوب‌کننده‌ی معافیتی و زمان‌بندی نادرست سبب ناکامی واکسيناسيون می‌شوند. بنابراین، تدوین پالیسی ملی واکسيناسيون، تهیه‌ی واکسين‌های باکیفیت و رعایت رهنمودهای کمپنی سازنده واکسين ضروری است.

واژه‌های کلیدی: بیماری‌ها؛ چالش‌ها؛ راه‌حل‌ها؛ گله‌های طیور؛ مدیریت صحت؛ ناکامی واکسيناسيون؛ واکسين‌ها

The Role of Vaccination in Poultry Flock Health Management: Challenges and Solutions

Assadullah Samadi

Paraclinic Department, Faculty of Veterinary Science, Kabul University, Kabul, Afghanistan

Email: assad.samadi@gmail.com

Abstract

The poultry industry plays an important role in supplying animal protein and strengthening global food security, and vaccination is considered the most effective method for controlling and preventing poultry diseases. Understanding vaccine types, routes of administration, and factors that affect their effectiveness is crucial to the success of vaccination programs. The main objective of this article is to introduce the major poultry vaccines and to evaluate the existing challenges and solutions in implementing vaccination strategies. This article is based on a review of scientific literature and guidelines. The findings indicate that various vaccines, including inactivated, live attenuated, recombinant, subunit, viral vector, virus-like particle, DNA, and mRNA vaccines, are available for major poultry diseases. Multiple factors, including improper vaccine storage and transportation, stress, immunosuppressive conditions, and incorrect vaccination schedules, contribute to vaccination failure. Therefore, the development of a national poultry vaccination policy, the provision of high-quality vaccines, and adherence to technical guidelines are essential.

Keywords

Challenges; Diseases; Health Management; Poultry Flocks; Solutions; Vaccines; Vaccination Failure

ارجاع: صمدی، ا. (۱۴۰۴). نقش واکسيناسيون در مدیریت صحت کله‌های طیور: چالش‌ها و راهکارها. مجله علمي - تحقيقي علوم

طبيعي پوهنتون کابل، ۸(۴)، ۲۳-۴۸. <https://doi.org/10.62810/jns.v8i4.489.55-23>

الحمد لله رب العالمين والصلوة والسلام على سيد المرسلين و على آله و أصحابه أجمعين.

به دلیل افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی و بهبود وضع اقتصادی مردم به ویژه در کشورهای با درآمد پائین و متوسط، تقاضای عمومی غذا بیش از ۵۰ درصد و تقاضا برای غذاهای دارای منشأ حیوانی تقریباً ۷۰ درصد افزایش یافته است. به اساس آخرین ارقام، جمعیت کنونی جهان به حدود ۸,۱ میلیارد نفر رسیده و تخمین شده که این جمعیت تا سال ۲۰۳۰ به ۹,۸ میلیارد نفر برسد. طوریکه بیشتر افزایش جمعیت در کشورهای در حال انکشاف در آسیا و افریقا مشاهده خواهد شد (Mateen et al., 2025). به اساس سفارش سازمان صحتی جهان، در رژیم غذایی روزمره‌ی انسان‌ها بر علاوه از انواع مختلف مواد غذایی نباتی مانند گندم، برنج، کچالو، عدس، لوبیا و نخود، مقدار کافی میوه‌های تازه، سبزیجات و مواد غذایی دارای منشأ حیوانی؛ مانند ماهی، گوشت، تخم و شیر باید موجود باشد (Mateen et al., 2025; Vijay et al., 2019). لذا لازم است تا این نیازمندی‌ها به هر نحو ممکن مرفوع گردد. از جمله‌ی حیوانات تولید کننده غذا، طیور نقش عمده در تأمین نیازمندی‌های بشری به پروتئین حیوانی مانند گوشت و تخم داشته و یکی از اجزای عمده‌ی امنیت غذایی در سطح جهان به شمار می‌رود (Bilal et al., 2025; Islam and Rahman, 2023; Ravikumar et al., 2022).

با وجودیکه فکتورهای مختلف صحت، تولید و بقای گله‌های مرغ را تهدید می‌نمایند، اما بیماری‌های ساری نقش عمده در این زمینه دارند. رخداد اپیدیمی‌های بیماری‌های ساری طیور بر علاوه از ایجاد خسارات اقتصادی، تأثیر منفی بر معیشت مردم و امنیت غذایی گذاشته و تجارت بین‌المللی محصولات طیور را به مشکل روبه‌رو می‌سازد. افزون بر آن، بروز بیماری‌ها هزینه‌های تولید محصولات طیور را افزایش داده و قیمت پرچون محصولات طیور را بالا می‌برد، که در نتیجه دسترسی و توانایی خرید محصولات طیور توسط مردم کاهش می‌یابد (Igbokwe et al., 2020). رویهم‌رفته خسارات مرتبط با رخداد بیماری‌های طیور در کشورهای در حال توسعه آفریقای و آسیایی بسیار عمده بوده و بزرگ‌ترین تهدید برای بقا و انکشاف سکتور مرغداری به شمار می‌رود (Birhane and Fesseha, 2020). با وجودی‌که عوامل مختلف بیماری‌زا به شمول باکتریا، قارچ‌ها، پروتوزوا، پرازیت‌های داخلی و خارجی بیماری‌های مختلف را در جمعیت‌های طیور به وجود می‌آورند، بیماری‌های ویروسی به‌ویژه بیماری

نیوکاستل^۱، انفلوانزای مرغی^۲، بیماری گامبورو یا بیماری ساری بورس^۳، برونشیت ساری^۴، بیماری مارک^۵ و التهاب ساری حنجره و تراخیا^۶ نقش بارز در ایجاد تلفات، کاهش حاصلات و ضایعات بزرگ اقتصادی به صنعت مرغداری داشته و یک تهدید بالقوه برای بقا، صحت و تولیدات حیوانات و صحت انسان‌ها و امنیت جهانی مواد غذایی به شمار می‌روند. این بیماری‌ها به طور منفی بر عملکرد طیور؛ مانند مصرف خوراک، افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک، کیفیت تخم و تولید گوشت تأثیر می‌گذارند. بنابراین، تدابیر وقایوی کنترولی از قبل باید در نظر گرفته شوند (Salih and Bara, 2025; Mateen et al., 2025; Bodman-Harris et al., 2024; Toka and Geinoro, 2023; Vijay et al., 2019; Birhane and Fesseha, 2020; Mayers et al., 2017).

روش‌های مختلف برای کنترل و جلوگیری بیماری‌های طیور موجود است؛ اما عمده‌ترین آن‌را تطبیق معیارات بهداشتی و امنیت زیستی، واکسیناسیون و بهبود مدیریت فارم‌ها تشکیل می‌دهد (Wang et al., 2024; Vijay et al., 2019). در عین حال، دواهای ضد میکروبی نیز به شکل وقایوی و تداوی فعال طیور مبتلا تطبیق می‌گردند؛ اما تداوی مؤثر نیاز به تشخیص عامل عفونی و دانش کافی پیرامون دوز و عکس‌العمل متفاوت با دیگر دواها دارد و احتمال مقاومت میکروبی نیز چالش جدی صحتی پنداشته می‌شود. بنابراین، واکسیناسیون یکی از مهم‌ترین ابزار برای جلوگیری بیماری‌ها و کاهش ضایعات در بخش طیور به حساب می‌آید. این پالیسی روش ارزان، مؤثر، قابل اعتبار، مقرون به صرفه، مناسب و عملی برای جلوگیری و کنترل بیماری‌ها، حفظ بقا، صحت و تولیدات گله‌های طیور به شمار می‌رود. یکی از جنبه‌های مؤثر دیگر واکسیناسیون را جلوگیری از رخداد بیماری‌های باکتریایی و پروتوزوایی، و در نتیجه کاهش استفاده از دواهای ضد میکروبی و جلوگیری از انکشاف مقاومت میکروبی تشکیل می‌دهد؛ زیرا مقاومت میکروبی یک چالش جدی جهانی پنداشته شده و صحت و تولیدات جمعیت‌های حیوانی و صحت و رفاه جمعیت‌های انسانی را شدیداً متأثر ساخته است. واکسین‌های زنده و کشته‌شده سابقه طولانی در فارم‌های مرغداری به‌عنوان یک اقدام پیشگیرانه در برابر بیماری‌های ساری طیور بویژه بیماری‌های عمده ویروسی دارند؛ اما اخیراً واکسین‌های جدید نیز

^۱ Newcastle disease

^۲ avian influenza

^۳ infectious bursal/Gumboro disease

^۴ infectious bronchitis

^۵ Marek's disease

^۶ infectious laryngotrachitis

تهیه و وارد بازار شده اند (Bilal et al., 2025; Mateen et al., 2025; Sana et al., 2025; Bodman-Harris et al., 2024; Islam and Rahman, 2023; Toka and Geinoro, 2023; Birhane and Fesseha, 2020; Jacob, 2013).

واکسین در حقیقت مواد بیولوژیکی است که از خود عامل بیماری‌زا و یا هم‌مالیکول‌های آن‌ها تهیه می‌گردد تا موجودات زنده را در برابر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و یا هم‌بیماری‌های غیرساری محافظت نماید. واکسین‌ها به هدف کنترل، جلوگیری و عاری‌سازی بیماری‌ها در جمعیت‌های حساس و یا هم کاهش شدت علائم بیماری‌ها در میزبان‌های مبتلا تطبیق می‌گردند (Tsion and Fanose, 2023). از زمان کشف اولین واکسین انسانی (چیچک انسانی) توسط ادوارد جینر در قرن هجدهم (۱۷۹۸ م) و ساخت اولین واکسین حیوانی توسط لوئیس پاستور (کولرای مرغی) در قرن نوزدهم (۱۸۷۹ م) و سپس ریشه‌کن‌سازی جهانی اولین بیماری‌های انسانی (چیچک انسانی) و حیوانی (طاعون گاو)، واکسین‌ها نقش حیاتی در بقا، صحت و رفاه جمعیت‌های انسانی و حیوانی داشته‌اند (Toka and Geinoro, 2023; Aida et al., 2021; Metwally et al., 2021; Badakaya, 2021).

موفقیت یک برنامه واکسیناسیون به فکتورهای مختلف به شمول، کیفیت و طبیعت واکسین، کاربرد انتی‌جن و یا سترن ساحوی در واکسین، طرز حمل و جابجایی واکسین، عکس‌العمل ایمنوجنیک در داخل عضویت پرنده و در نظرگرفتن رهنمودهای کمپنی سازنده‌ی واکسین وابسته می‌باشد. رویهم‌رفته میزان ناکامی پروسه‌ی واکسیناسیون در گله‌های طیور بالا است (Igbokwe et al., 2020)، و یکی از دلایل رخداد بیماری‌ها در گله‌های طیور واکسین شده را ناکامی برنامه‌ی واکسیناسیون تشکیل می‌دهد (Mayers et al., 2017). ناکامی واکسیناسیون ممکن ناشی از فکتورهای میزبان؛ مانند سترس، مداخله‌ی انتی‌بادی‌های مادری با واکسین و تطبیق واکسین در گله‌های زیر فشار معافیتی باشد. اما در عین وقت، این ناکامی ممکن ناشی از عوامل مدیریتی، تخنیکی و خطاهای عملی؛ مانند تطبیق دوز غلط، حل و رقیق‌سازی نامناسب، تطبیق واکسین از راه نامناسب، تطبیق واکسین در عمر و دوره‌ی زمانی نامناسب، عدم مراعات کامل زنجیره‌ی سرد در جریان ذخیره و انتقال و در نهایت استفاده از واکسین‌های تاریخ گذشته باشد. بنابراین، شناسایی دلایل ناکامی و شکست واکسیناسیون راه را برای تطبیق معیارات و قیاسی قبل از رخداد شایعات بیماری‌ها فراهم می‌سازد (Toka and Geinoro, 2023; Birhane and Fesseha, 2020).

باتوجه به نکات بالا، هدف اساسی این مقاله را شناخت عوامل تأثیرگذار بالای شکست پروسه‌ی واکسیناسیون در گله‌های طیور و ارائه راهکارهای علمی و عملی برای رفع این چالش‌ها تشکیل می‌دهد

تا مرغداران به شکل مؤثر برنامه‌های واکسیناسیون را در گله‌های طیور خود عملی نموده و بیماری‌های مختلف ساری را جلوگیری، کنترل و عاری سازی نمایند.

روش تحقیق

برای دریافت مقالات مرتبط، کلیدواژه‌های مشخص؛ مانند واکسین‌های طیور، روش‌های تطبیق واکسین در طیور، شکست واکسیناسیون در طیور، راهکارهای جلوگیری از شکست واکسیناسیون به شکل جداگانه و ترکیبی و بدون در نظر داشت سال نشر و به زبان انگلیسی در انجین‌های جستجو؛ مانند PubMed، Google Scholar، Web of Science و Scopus مورد جستجو قرار گرفتند. بر علاوه، وب‌سایت‌های مرتبط با طیور نیز برای معلومات مشخص مرتبط با موضوع بررسی گردیدند. پس از مرور خلاصه‌ی مقالات نشر شده، صرف مقالاتی که دسترسی مکمل به آن‌ها امکان‌پذیر بود، انتخاب شدند. در مجموع ۱۱۲ مقاله به شکل مکمل مرور شدند و از این جمله ۶۵ مقاله غیرمرتبط با بخش طیور پنداشته شده و حذف شدند. بر علاوه ۱۵ مقاله نیز به حیث مقالات قبل از نشر (preprint) بودند که آن‌ها نیز حذف گردیدند. در نهایت ۳۲ مقاله مرتبط با موضوع پنداشته شده و تمام معیارات شمول در مقاله را داشتند و معلومات مشخص از آن‌ها استخراج گردید.

دریافت‌ها

انواع واکسین‌های مورد استفاده در گله‌های طیور

شناخت انواع و مشخصات واکسین‌های موجود و مورد استفاده در گله‌های طیور برای هر فارمدار ضروری بوده و نقش مؤثر در مؤثریت برنامه‌های واکسیناسیون دارد. از جمله‌ی حیوانات تولیدی، طیور بیشتر از همه مورد تطبیق واکسین قرار می‌گیرند. طوری که در طول یک دوره‌ی پرورشی ۸ تا ۱۲ نوع واکسین در طیور تطبیق شده و هر پرنده حدود ۱۲ تا ۲۰ بار مورد تطبیق واکسین قرار می‌گیرد. روند تطبیق واکسین در طیور از زمان زندگی امبریو در داخل تخم شروع شده و پس از برآمدن از تخم در طول حیات آن ادامه می‌یابد (Abdul-Cader et al., 2017; Birhane and Fesseha, 2020; Cader et al., 2017)

استفاده از واکسین در برابر بیماری‌های طیور سابقه طولانی دارد. طوری که اولین واکسین زنده‌ی ضعیف شده در برابر کولرای مرغی در سال ۱۸۷۹ میلادی توسط لویی پاستور ساخته شد. این واکسین نخستین واکسین ساخته شده در لابراتوار برعلیه عامل بیماری‌زای حیوانات به شمار می‌رود. سپس، نخستین واکسین ویروسی جوازگرفته برای طیور در سال ۱۹۱۸ میلادی برعلیه بیماری چیچک مرغی

معرفی گردید. پس از آن، تهیه، انکشاف و صدور جواز واکسین‌های ویروسی طیور با گذشت زمان به سرعت افزایش یافت، طوری که نخستین واکسین التهاب ساری حنجره و تراخیا در سال ۱۹۳۳ میلادی در ایالات متحده امریکا جواز دریافت کرد و واکسین‌های بیماری نیوکاستل، برونشیت ساری، انسفالومیلیت طیور، بیماری گومورو و بیماری مارک به ترتیب در سال‌های ۱۹۴۶، ۱۹۵۳، ۱۹۶۲، ۱۹۶۷ و ۱۹۶۸ میلادی در ایالات متحده امریکا جواز گرفتند. در نهایت، با پیشرفت‌های بیشتر در عرصه توسعه واکسین، واکسین‌های نو ترکیب با استفاده از ویروس چیچک به عنوان ناقل در سال ۱۹۸۲ میلادی معرفی شد. نخستین واکسین DNA در اوایل دهه ۱۹۹۰ تهیه شد و این روند در سال‌های اخیر به سرعت در حال انکشاف بوده است (Abdul-Cader et al., 2017).

از زمان تولید اولین واکسین تا امروز، واکسین زنده‌ی ضعیف‌شده و کشته‌شده دو کتگوری عمده‌ی واکسین‌های طیور را تشکیل می‌دهند؛ اما در سال‌های اخیر واکسین‌های ترکیبی، واکسین‌های واحد فرعی، واکسین‌های ویروسی ناقل^۷، واکسین‌های DNA/RNA، واکسین‌های پارتیکل مشابه‌ی ویروسی^۸، واکسین‌های تفکیک‌کننده‌ی حیوانات مصاب و واکسین‌شده^۹ و توکسوئیدها در برابر بیماری‌های طیور انکشاف یافته اند که هر کدام مشخصات، قیمت و مؤثریت متفاوت در گله‌های واکسین شده دارند (Bilal et al., 2025; Wang et al., 2024; Toka and Geinoro, 2023; Aqib et al., 2023; Ravikumar et al., 2022). در زیر کتگوری‌های عمده‌ی واکسین طیور به شکل خلاصه توضیح شده اند:

واکسین‌های کشته‌شده. یکی از قدیمی‌ترین روش‌های تهیه‌ی واکسین را غیرفعال‌سازی عوامل بیماری‌زا توسط مواد شیمیایی؛ مانند (فورمالین، باینری ایتالین‌امین و یا بیتا- پروپولکتون) و یا به شکل فزیک (مانند حرارت، شعاع گاما و یا شعاع ماورای بنفش) تشکیل می‌دهد تا عفونت‌زایی آن‌ها از بین برود؛ اما معافیت‌زایی آن‌ها باقی بماند. واکسین‌های ساخته به این شکل را کشته‌شده و یا غیرفعال می‌نامند. هنوز هم تعداد زیاد واکسین‌های طیور به این شکل تهیه شده و در جمعیت‌های حساس تطبیق می‌گردند. واکسین‌های کشته‌شده مصئون بوده و تطبیق آن‌ها معمولاً بی‌خطر اند، اما معافیت‌زایی آن کوتاه‌تر بوده و نیاز به تطبیق دوزهای تکراری (دوزهای تازه‌کننده) در طیور واکسین شده دارند. در

^۷ viruses vector vaccines

^۸ virus like – particle vaccines

^۹ differentiating infected and vaccinated animals vaccines “DIVA”

ترکیب اکثر واکسین‌های کشته‌شده ادجوانت‌ها (مثلاً ایمولشن‌های روغنی مانند پارافین) علاوه می‌گردد تا معافیت‌زایی آن‌ها را بهتر و طولی‌تر سازد. معافیت تولید شده توسط واکسین‌های کشته‌شده به سن پرنده نیز رابطه دارد، طوریکه تطبیق واکسین‌های کشته‌شده فوراً پس از برآمدن از تخم در مقایسه با تطبیق آن در هفته چهارم معمولاً پائین است. در عین وقت، موجودیت انتی‌بادی‌های مادری نیز معافیت‌زایی این واکسین‌ها را تحت تاثیر قرار داده و انتی‌بادی‌های تولید شده در برابر این واکسین‌ها با انتی‌بادی‌های عفونت طبیعی غیرقابل تفکیک اند. در بخش طیور در برابر بیماری‌های مختلف به شمول انفلوانزای مرغی، سالمونیلوز، کامپایلوباکتریوز و کولی‌باسیلوز واکسین‌های کشته‌شده فراهم اند (Bilal et al., 2025; Bodman-Harris et al., 2024; Toka and Geinoro, 2023; Islam and Rahman, 2023; Ravikumar et al., 2022).

واکسین‌های زنده‌ی ضعیف‌شده. پروسه‌ی تهیه‌ی این واکسین‌ها طوری است که عامل بیماری‌زای مورد نظر در میزبان‌های غیرحساس و یا کلچرهای حجروی غیرمرتبط تطبیق شده (پساز داده شده) و عامل بیماری‌زا را به اندازه‌ی ضعیف می‌سازند تا توانایی بیماری‌زایی آن‌ها به حداقل برسد. به طور مثال، بیماری کوکسیدیوز یکی از بیماری‌های عمده‌ی طیور است که معمولاً با تطبیق دواها مورد تداوی قرار گرفته و کنترل می‌گردد؛ اما انکشاف مقاومت میکروبی یکی از چالش‌های اساسی در تداوی این بیماری به شمار می‌رود. برای این منظور، ایمیریای عامل این بیماری به شکل دوامدار در تخم مرغ پساز یافته و یک واکسین زنده‌ی ضعیف‌شده برای این بیماری تهیه گردیده است. در بعضی حالات، یک جین ویرولسی مشخص عامل بیماری‌زای مورد نظر حذف می‌گردد و به این شکل واکسین زنده‌ی ضعیف‌شده تهیه می‌گردد. به طور مثال، حذف جین هم‌آگلوتینین از جینوم ویروس انفلوانزای مرغی. برعکس واکسین‌های کشته‌شده، واکسین‌های زنده‌ی ضعیف‌شده معافیت طولانی‌تر و بهتر تولید کرده، اما با خطرات مشخص؛ مانند تولید بیماری، انتشار سترن‌های واکسین به سایر پرنده‌ها و ترکیب سترن‌های واکسین با سترن‌های محیطی و ایجاد سترن‌های جدید بیماری‌زا همراه بوده می‌توانند. در برابر بیماری‌های مختلف طیور چون نیوکاستل، برونشیت‌ساری و چیچک مرغ و تعداد دیگر واکسین‌های زنده‌ی ضعیف‌شده موجود است (Bilal et al., 2025; Bodman-Harris et al., 2024; Toka and Geinoro, 2023; Islam and Rahman, 2023; Abdallah et al., 2023; Ravikumar et al., 2022; Otiang et al., 2021; Swayne, 2012; Chapman and Jeffers, 2014).

توکسوئیدها. در یک تعداد حالات بویژه در مورد باکتريا و قارچ‌ها، بجای خود عامل بیماری‌زا، توکسین‌های آن‌ها مسوول تولید بیماری و تلفات در طیور می‌باشند. در همچو حالات تلاش صورت می‌گیرد تا معافیت در برابر توکسین‌ها در طیور ایجاد گردد. روی این ملحوظ، توکسوئیدها به حیث

واکسین در طیور تطبیق می‌گردند. توکسوئیدها در حقیقت توکسین‌های قابل‌حل‌اند که خاصیت زهری آن‌ها با استفاده از فورمالین و یا حرارت از بین رفته‌اند؛ اما معافیت‌زایی آن‌ها باقی می‌ماند. توکسوئیدهای مشخص در برابر بیماری‌های بوتولیزم، سالمونیلوز و عفونت ناشی از کلاستریدیوم پرفرنجنس در بخش طیور موجود بوده و به شکل مؤثر به حیث واکسین در برابر این بیماری‌ها استفاده می‌شوند (Rabie and Amin Girh, 2020; Abdallah et al., 2023).

واکسین‌های واحد فرعی. در اکثر حالات نیاز نیست تا عامل بیماری‌زای کامل در ترکیب واکسین جابجا شود؛ زیرا بعضی انتی‌جن‌های مشخص این عوامل نیز توانایی تحریک کامل سیستم معافیتی میزبان و ایجاد معافیت محافظه‌کننده را دارند. بنابراین، در واکسین‌های واحد فرعی، بجای عامل بیماری‌زای کامل کشته‌شده و یا زنده‌ی ضعیف‌شده، یک و یا چند انتی‌جن مشخص عامل که توانایی تحریک سیستم معافیتی میزبان را داشته باشد، در ترکیب واکسین جابجا می‌گردد. این انتی‌جن‌ها به حیث اپی‌توپ شناخته می‌شود و اکثراً از جمله انتی‌جن‌های سطحی عوامل بیماری‌زا می‌باشند. اکثر واکسین‌های واحد فرعی طوری ترکیب می‌گردند تا در برابر چند انتی‌جن سیروتایپ‌های مشخص عین عامل و یا عوامل بیماری‌زای مختلف عکس‌العمل نشان دهند و در برابر شان معافیت به‌وجود آید. به اثبات رسیده که استفاده از چند انتی‌جن مؤثریت واکسین‌ها را افزایش می‌دهد و استفاده از یک انتی‌جن برای تولید معافیت محافظه‌کننده کافی نخواهد بود. باوجودی‌که واکسین‌های واحد فرعی مصنوعی و با ثبات بوده و توانایی DIVA را نیز دارند؛ اما نسبت نداشتن نمودهای مالیکولی وابسته به عامل بیماری‌زا که در عامل بیماری‌زای کامل موجود بوده و برای شناسایی عامل متذکره توسط سیستم دفاعی نیاز است، معافیت‌زایی پائین دارند. بنابراین، واکسین‌های واحد فرعی باید با دوز بلند، همراه با ادجوانت و چندبار تطبیق گردند تا معافیت محافظه‌کننده در طیور ایجاد شده بتواند. در حال حاضر در برابر بیماری‌های مشخص طیور؛ مانند سالمونیلوز، کامپیلوباکتریوز و کولی‌باسیلوز واکسین‌های واحد فرعی موجود اند (Bodman-Harris et al., 2024; Islam and Rahman, 2023; Abdallah et al., 2023; Ravikumar et al., 2022; Rabie and Amin Girh, 2020).

واکسین‌های زرات مشابهی ویروسی (*Virus-like Particles (VLPs) Vaccines*)

این واکسین‌ها در حقیقت ساختارهای غیرعفونت‌زا اند که از پروتئین‌های ساختمانی ویروس‌ها ساخته شده‌اند. واکسین‌های متذکره توانایی تحریک معافیت حجروی و هومورال را دارا بوده و معمولاً با استفاده از حجرات ایوکریت و یا پروکریت تولید می‌شوند. این واکسین‌ها به نسبت نداشتن مواد

جینیتیکی، بدیل‌های خوبی برای واکسین‌های کشته‌شده و زنده‌ی ضعیف‌شده پنداشته می‌شوند. باوجودی‌که واکسین‌های ذرات مشابه‌ی ویروسی در برابر ویروس هیپیتایت B و ویروس پاپیلوما‌ی انسانی تهیه و با موفقیت استفاده شده اند، در بخش طیور واکسین مشخصی تاکنون جواز اخذ نکرده، اما یک تعداد تجربیات موفق بالای عوامل بیماری‌های نیوکاستل و انفلوانزای مرغی صورت گرفته است. در کل تولید این واکسین‌ها بسیار پرهزینه بوده، زنجیره سرد بسیار جدی نیاز داشته و در مقابل فکتورهای محیطی بی‌ثبات اند، لذا تا هنوز به شکل تجارتي قابل دسترس نیستند (Bodman-Harris et al., 2024; Abdallah et al., 2023; Ravikumar et al., 2022; Liu et al., 2013).

واکسین‌های DVN. واکسین‌های DNA در حقیقت پلازمیدهای اند که انتی‌جن‌های واکسین‌ها را کوددهی می‌نمایند (پلازمید یک قطعه‌ی خارج کروموزومی DNA است که معمولاً در اکثر حجرات باکتریایی موجود است). پس از تطبیق این واکسین‌ها در میزبان‌های حساس، انتی‌جن‌های مورد نیاز توسط حجرات میزبان واکسین شده تولید می‌گردند. بنابراین، واکسین‌های متذکره می‌توانند جین‌های مشخص یک ویا چند سیروتایپ عین عامل ویا عوامل بیماری‌زای مختلف را کوددهی نمایند. به طور مثال، پلازمید واکسین DNA در برابر ویروس برونشیت‌ساری ممکن صرف دارای یکی از جین‌های کودکننده پروتین‌های S1، N ویا M باشد ویا هم دو ویا هر سه جین را کوددهی نمایند. موجودیت بیش از یک جین کوددهنده مقدار بلند انتی‌بادی را تولید خواهند نمود، اما این واکسین‌ها برای تحریک معافیت حجروی نیز تنظیم شده می‌توانند. باوجودیکه واکسین‌های DNA مصئون تلقی می‌گردند، اما پلازمیدهای استفاده شده در تهیه‌ی همچو واکسین‌ها ممکن دارای جین‌های مقاومت میکروبی باشند که خطر انتقال این جین‌ها را به گله‌های واکسین شده را افزایش می‌دهد. برعلاوه، این واکسین‌ها معمولاً به شکل عضلی باید تطبیق گردند و برای ایجاد معافیت مستحکم نیاز به تطبیق چندین دوز تازه‌کننده دارند و انتی‌بادی‌های مادری نیز مؤثریت آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهند. بنابر موجودیت این نواقص، استفاده‌ی عملی آن‌ها در ساحه محدود بوده و تاکنون به شکل تجارتي در دسترس نیستند. باوجودیکه اولین واکسین DNA در سال ۱۹۹۳ در طیور مورد مطالعه قرار گرفت، اما فعلاً صرف تعداد محدود واکسین‌های DNA بویژه در برابر تایپ فرعی H5 ویروس انفلوانزای شدید پتوجنیک طیور جواز گرفته اند (Bodman-Harris et al., 2024; Kozak and Hu, 2024; Abdallah et al., 2023; Ravikumar et al., 2022; Rabie and Amin Girh, 2020).

واکسین‌های mRNA. باوجودی‌که اولین واکسین mRNA در برابر نوکلئوپروتئین ویروس انفلوانزا ساخته شد، تکنالوژی تولید این واکسین در زمان پاندمی کرونا بسیار انکشاف یافت. واکسین‌های متذکره

مصنوعیت بالا داشته و غیر عفونی اند. با وجودی که یک تعداد واکسین‌های mRNA در برابر بیماری‌های طيور بویژه انفلوانزای مرغی تهیه شده و تطبیق آن با تولید مقدار کافی انتی‌بادی و تحریک تولید انترفیرون گاما همراه بوده است، اما نسبت هزینه زیاد و نیازمندی به زنجیره‌ی جدی سرد در جریان ذخیره و انتقال، تطبیق آن در شرایط ساحوی عملی نیست. بنابراین، تا هنوز واکسین‌های mRNA در برابر بیماری‌های طيور به شکل تجارتي فراهم نیست (Bodman-Harris et al., 2024; Ravikumar et al., 2022).

واکسین‌های ترکیبی ناقل ویروسی. ناقلین ویروسی مختلف برای تولید واکسین‌های طيور مورد استفاده قرار می‌گیرند، که عمده‌ترین آن‌ها را هرپس ویروس فیلمرغ، ویروس چیچک مرغی، ادینوویروس، ویروس التهاب‌ساری حنجره و تراخیا، ویروس بیماری مارک و ویروس بیماری نیوکاستل تشکیل می‌دهد. از میان این‌ها، ویروس‌های چیچک مرغی و هرپس ویروس فیلمرغ بیشتر به حیث ناقل جین‌های مورد نظر استفاده می‌گردند، زیرا این دو ویروس از نگاه فینوتایپ با ثبات بوده، ندرتاً به شکل افقی انتقال می‌نمایند و به شکل ویروئیس برنمی‌گردند. واکسین‌های وابسته به هرپس ویروس فیلمرغ نسبت به واکسین‌های مرتبط با ویروس چیچک مرغی مؤثرتر اند، زیرا توسط انتی‌بادی‌های مادری متاثر نمی‌گردند. این واکسین‌ها می‌توانند بیشتر از یک نوع انتی‌جن را در ترکیب خود داشته باشند که مؤثریت آن‌ها را بیشتر می‌سازد. واکسین‌های متذکره معمولاً به شکل درون‌تخمی و یا تحت‌جلدی تطبیق می‌گردند. واکسین‌های ناقل ترکیبی ویروسی فوایدی زیادی نسبت به واکسین‌های معمول دارند، طوریکه می‌توانند در عین وقت برای وقایه‌ی چندین بیماری مؤثر باشند و جدول زمانی واکسیناسیون را نیز بسیار ساده می‌سازد. مهم‌تر از آن اینکه بعضی از این واکسین‌ها در موجودیت انتی‌بادی‌های مادری نیز مؤثر بوده و معافیت محافظه‌کننده‌ی طولانی را در گله‌های واکسین شده بوجود می‌آورند. طرز تهیه این واکسین‌ها طوری است که یک و یا چند جین بیگانه (مانند جین پروتیین ۲ ویروسی (VP2) عامل بیماری گامبورو، جین فیوژن (F) ویروس نیوکاستل، جین هیم‌آگلوتینین (HA) ویروس انفلوانزای مرغی، و یا هم جین فایبر ادینوویروس مرغی) را به آن ساحه‌ی جینوم یک ویروس زنده‌ی دومی که برای مثل‌سازی همان ویروس ضروری نباشد، الحاق می‌نمایند و این ویروسی دومی به حیث ناقل جین‌های ویروس‌های دیگر عمل می‌نماید. پس از تطبیق این ویروس ناقل به حیث واکسین در طيور حساس، ویروس در حجرات میزبان واکسین شده مثل‌سازی نموده و به شکل دوامدار جین‌های وصل‌شده به آن نیز در حجرات میزبان تبارز می‌نمایند و به این شکل این واکسین‌ها محافظت

طول‌المدت را در اثر ایجاد عکس‌العمل حجروی و هومورال بوجود می‌آورند. مهم‌تر از آن، این واکسین‌ها واکنش‌های ناسازگار تولید نکرده، کم‌ترین خطر برگشت ویروئیس سترن‌های واکسین را به همراه داشته، از نگاه جینی‌تیک باثبات بوده و احتمال انتقال افقی سترن‌های واکسین به سایر طیور بسیار پائین است. برعلاوه، با انکشاف بیشتر تکنالوژی‌های جینی‌تیک، تهیه ویروس‌ها و واکسین‌های مرتبط ترکیبی بسیار کوتاه شده و حتی در طول یک هفته ممکن همچو واکسین‌ها تولید شده بتوانند. در حال حاضر در برابر بیماری‌های عمده طیور مانند چیچک‌مرغی، مرغ‌مرگی، انفلوآنزای مرغی، بیماری مارک، بیماری گامبورو، برونشیت‌ساری، ادینوویروس‌های مرغ و هرپس‌ویروس‌فیل‌مرغ واکسین‌های ناقل ویروسی به شکل تجارتي موجود اند (Bilal et al., 2025; Wang et al., 2024; Bodman- (Harris et al., 2024; Islam and Rahman, 2023; Ravikumar et al., 2022). مشخصات و تفاوت‌های واکسین‌های معمول و واکسین‌های ناقل ویروسی در جدول ۱ و مشخصات واکسین‌های معمول مورد استفاده در برابر بیماری‌های عمده‌ی طیور در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱: مشخصات عمده واکسین‌های معمول و واکسین‌های ترکیبی ناقل طیور

مشخصات	واکسین‌های کشته‌شده/غیرفعال	واکسین‌های ضعیف‌شده	زنده‌ی واکسین‌های ناقل ویروسی
مصئونیت	بسیار مصئون است	در یک تعداد این واکسین‌ها خطر بالقوه برگشت ویروئیس شان موجود است	در یک تعداد این واکسین‌ها خطر بالقوه برگشت ویروئیس شان موجود است
تاثیر بالای معافیت مادری	نظر به سطح انتی‌بادی‌های مادری متفاوت است	نظر به سطح انتی‌بادی‌های مادری متفاوت است	یک تعداد این واکسین‌ها به شکل مؤثر مداخله انتی‌بادی‌های مادری را نهی می‌نمایند
طول معافیت	صرف توانایی تولید معافیت کوتاه مدت را داشته و نیاز به تطبیق چندین دوز واکسین دارند	معافیت طولی‌المدت را تولید می‌نمایند	معافیت طولی‌المدت را تولید می‌نمایند
عکس‌العمل معافیتی	عمدتاً معافیت کوتاه مدت هومورال (تولید انتی‌بادی) را تحریک می‌نمایند	معافیت طولی‌المدت هومورال و حجروی را تحریک و تولید می‌نمایند	معافیت طولی‌المدت هومورال و حجروی را تحریک و تولید می‌نمایند
توانایی تفکیک بین طیور واکسین‌شده و مبتلا شده	ندارد	ندارد	دارد
قیمت آن از نگاه تولید	قیمت است	ارزان است	متفاوت است

منبع: (Wang et al., 2024; Bodman-Harris et al., 2024; Abdallah et al., 2023)

واکسین‌های تفکیک‌کننده‌ی حیوانات مصاب و واکسین‌شده (DIVA). یکی از چالش‌های تطبیق واکسین‌های معمول کشته‌شده و زنده‌ی ضعیف‌شده را عدم تفکیک انتی‌بادی‌های بوجود آمده در برابر این واکسین‌ها با انتی‌بادی‌های تولید شده در برابر عفونت‌های طبیعی تشکیل می‌دهد. اما، تعداد زیاد

واکسین‌های ترکیبی جدید طوری طراحی شده اند که انتی‌بادی‌های تولید شده در برابر آن‌ها به آسانی با انتی‌بادی‌های تولید شده در عفونت طبیعی تفکیک می‌گردند. در حال حاضر تعداد زیاد واکسین‌ها با توانایی DIVA در برابر انفلوآنزای مرغی، نیوکاستل و سایر بیماری‌های طیور فراهم اند (Bodman-Harris et al., 2024; Tsion and Fanose, 2023; Ravikumar et al., 2022; Liu et al., 2013).

ستراتژی‌های تطبیق واکسین در گله‌های طیور

گله‌های طیور به هدف ایجاد معافیت، حفظ صحت و بهبود تولیدات واکسین می‌شوند، اما با افزایش تقاضا برای محصولات طیور و انکشاف این صنعت، واکسیناسیون مؤثر گله‌های طیور به یک چالش تبدیل گردیده است. رویهمرفته ستراتیژی‌های مختلف تطبیق واکسین برای محافظت گله‌های طیور در برابر بیماری‌های مختلف ساری انکشاف یافته و تطبیق می‌گردند، اما این ستراتیژی‌ها نظر به نوع تولید (گوشتی، تخمی، نسلی)، نوع عامل بیماری‌زا، میزان شیوع بیماری در ساحه، تایپ واکسین، سن پرند و بزرگی گله متفاوت اند. در سال‌های اخیر، روش تطبیق کتلوی واکسین در مراکز چوپه‌کشی بیشتر معمولاً شده، طوریکه یک تعداد واکسین‌ها را در امبریوهای داخل تخم در روزهای ۱۸-۱۹ انکوبیشن تخم‌ها به شکل زرق داخل تخمی^۱ تطبیق می‌نمایند و تعداد دیگر را در روز اول برآمدن از تخم به شکل سپری عملی می‌سازند. یک تعداد واکسین‌ها را در روز اول بعد از برآمدن از تخم به شکل زرق داخل عضلی ویا تحت جلدی ویا هم قطره چشمی ویا بینی نیز تطبیق می‌نمایند. زمانیکه چوپه‌ها از مراکز چوپه‌کشی به فارم انتقال شدند، سایر واکسین‌ها به شکل سپری، از طریق آب و مواد خوراکی ویا هم خراش بال تطبیق می‌گردند. باوجودیکه با تطبیق واکسین‌ها به شکل انفرادی، مقدار مشخص و مطمئن واکسین به هر پرند تطبیق می‌گردد، اما در فارم‌های بزرگ تجارتي طیور این کار مشکل و حتی ناممکن است، لذا تمرکز عمده را تطبیق واکسین‌ها به شکل کتلوی تشکیل می‌دهد (Bilal et al., 2025; Bodman-Harris et al., 2024).

راه تطبیق واکسین یکی از فکتورهای مهم در مؤثریت واکسین‌ها است. واکسین‌ها در پرنده‌ها از طریق دهن، داخل بینی (ایروزول و قطره)، زرق عضلی، زرق زیر جلدی، قطره‌ی چشمی و مالش در جای پر در بال پرند تطبیق می‌شوند. نوع واکسین، سن پرند، کار، هزینه و آسانی تطبیق، روش تطبیق واکسین را مشخص می‌سازد. هر روش فواید و محدودیت‌های مشخص منحصر به فرد خود را دارد. به

^۱ *in ovo inoculation*

طور مثال، تطبیق واکسین از طریق آب آشامیدنی آسان‌ترین روش تطبیق واکسین در گله‌های بزرگ است، اما در این روش مشخص ساختن اینکه هر پرنده مقدار مشخص واکسین را اخذ نمود و یا خیر، تضمین شده نمی‌تواند. برعکس، تطبیق واکسین به شکل زرق عضلی و یا تحت‌جلدی مؤثرترین روش تطبیق واکسین به شمار رفته و هر پرنده دوز مشخص واکسین را با اطمینان کامل دریافت می‌نماید، اما این روش کار زیاد نیاز داشته، ممکن باعث صدمه به پرنده در جریان تطبیق واکسین گردد و در گله‌های بزرگ عملی نیست (Bilal et al., 2025; Ravikumar et al., 2022). در زیر روش‌های عمده‌ی تطبیق واکسین در طیور توضیح شده‌اند.

تطبیق واکسین از طریق سپری. سپری یکی از روش‌های عمده و آسان تطبیق واکسین در گله‌های طیور در مراکز چوپه‌کشی و فارم‌های طیور به شمار می‌رود. این یک روش سریع، آسان و ارزان تطبیق واکسین در گله‌های طیور است. قطرات سپری‌شده‌ی واکسین در مراکز چوپه‌کشی بین ۷۰ - ۱۵۰ میکرومتر باید باشند، در حالیکه قطر قطرات در مرغداری‌ها می‌تواند بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ میکرومتر باشد. قطرات سپری‌شده معمولاً از طریق چشم و بینی داخل عضویت مرغ‌های واکسین شده می‌گردند. واکسین‌های تطبیق شده به این شکل معمولاً در بخش‌های بالای مجرای تنفسی جابجا می‌گردند و عدم نفوذ سترن‌های واکسین به بخش‌های پائینی مجرای تنفسی به نحوی از تاثیرات سوء وابسته به واکسین می‌کاهد. برای تطبیق واکسین‌ها به شکل سپری، واکسین‌ها معمولاً در آب مقطر حل می‌گردند تا از ایجاد عکس‌العمل با کلورین و یا نمک‌های طبیعی که در آب‌های معمولی موجود‌اند و ممکن باعث تخریب واکسین‌ها شوند، جلوگیری گردد. به طور معمول، ۷ - ۲۰ میلی‌لیتر واکسین حل شده برای هر ۱۰۰ چوپه‌مرغ نیاز است. پس از تطبیق واکسین‌ها به شکل سپری، جواب‌دهی قابل دریافت معافیتی سه روز پس از تطبیق واکسین قابل تثبیت بوده و تیترا محافظتی انتی‌بادی‌ها برای ۲ تا ۳ هفته بعد از تطبیق واکسین دوام خواهند نمود. در اکثر حالات در روز اول بیرون شدن چوپه‌ها از تخم، واکسین‌های زنده‌ی ضعیف‌شده برونشیت‌ساری، بیماری نیوکاستل، میتانیوموویروس پرنده‌یی^{۱۱} و کوکسیدیوز به شکل سپری در مراکز چوپه‌کشی تطبیق می‌گردند (Bodman-Harris et al., 2024; Abdallah et al., 2023; Ravikumar et al., 2022).

تطبیق واکسین از طریق آب آشامیدنی. تطبیق واکسین از طریق آب آشامیدنی نیز یکی از روش‌های آسان، سریع و ارزان به‌شمار می‌رود. این روش برای تطبیق واکسین‌های مختلف بیماری‌های طیور به

^{۱۱} avian metapneumovirus

شمول ویروس انسفالومیالیت پرنده‌یی^{۱۲}، ویروس کمخونی مرغ‌ها^{۱۳}، کوکسیدیا و ایکولای استفاده می‌گردد. برای تطبیق مؤثر و مصئون واکسین‌ها از این طریق، مواد کیمیایی و عفونت‌زداها باید دو روز قبل از تطبیق واکسین از سیستم آبرسانی برطرف گردند. برعلاوه، دسترسی مرغ‌ها به آب آشامیدنی باید دو ساعت قبل از تطبیق واکسین محدود گردد تا مرغ‌ها تشنه شوند و مقدار کافی واکسین را با آب آشامیدنی اخذ نمایند. افزون بر آن، آب دارای واکسین باید برای ۲ تا ۴ ساعت در اختیار مرغ‌ها قرار داشته باشد تا چانس اخذ واکسین توسط آب آشامیدنی توسط هر پرنده بالا برود (Bodman-Harris et al., 2024; Abdallah et al., 2023; Ravikumar et al., 2022).

تطبیق واکسین از طریق زرق تحت جلدی و یا عضلی. یک تعداد واکسین‌های بیماری‌های طیور معمولاً به شکل زرقی تطبیق می‌گردند. تطبیق واکسین‌ها به شکل زرق تحت جلدی و یا عضلی باوجودیکه وقت و کار زیاد نیاز دارد، اما هر پرنده مقدار مشخص واکسین را اخذ نموده و معافیت همگون در گله بوجود می‌آید. به‌طور مثال، به اثبات رسیده که اگر واکسین‌های بیماری‌های نیوکاستل و بیماری بورسا به شکل زرق تحت جلدی تطبیق گردند، مؤثریت بیشتر دارند. واکسین‌های زنده‌ی ضعیف‌شده بیماری مارک، چیچک مرغی و ریوویروس نیز در مرغ‌های تخمی نسلی معمولاً به شکل زرق تحت جلدی تطبیق می‌گردند. برعلاوه، اکثر واکسین‌های کشته‌شده‌ی باکتریایی در طیور به شکل زرقی تطبیق می‌شوند (Bodman-Harris et al., 2024; Abdallah et al., 2023; Ravikumar et al., 2022).

تطبیق واکسین از طریق قطره‌ی بینی و چشمی. در این روش، قطره‌چکان مشخص از طرف سازنده واکسین فراهم شده و در حدود ۰،۰۳ میلی‌لیتر محلول واکسین را به هر مرغ انتقال می‌دهد. در اکثر حالات، رنگ مشخص با محلول واکسین علاوه می‌گردد تا شناسایی پرنده‌های واکسین شده را در گله آسان نماید. یکی از نواقص عمده‌ی تطبیق واکسین به شکل قطره را گرم شدن محلول واکسین توسط دست واکسیناتورها تشکیل می‌دهد، که در این صورت زنجیره‌ی سرد واکسین مراعات نشده و مؤثریت واکسین را کاهش می‌دهد. باوجودیکه قبلاً تطبیق واکسین از طریق قطره‌ی چشمی و یا بینی بسیار عام بود، اما این روش‌ها تدریجاً با روش تطبیق واکسین از طریق سپری و آب آشامیدنی تعویض گردیده و کاهش یافته است. اما، یک تعداد واکسین‌ها بویژه واکسین‌های بیماری‌های نیوکاستل، برونشیت ساری

^{۱۲} avian encephalomyelitis virus

^{۱۳} chicken anaemia virus

و التهاب بینی و تراخای پرنده‌یی (avian rhinotracheitis) هنوز هم به این شکل تطبیق می‌گردند (Bodman-Harris et al., 2024; Abdallah et al., 2023; Ravikumar et al., 2022).

تطبیق واکسین از طریق خراش پر در بال. این روش برای تطبیق واکسین‌های چیچک مرغی، انسفالومیالیت پرنده‌یی، کم‌خونی ساری مرغ‌ها و پاستوریلا در مرغ‌ها و فیل مرغ‌ها استفاده می‌گردند. در این روش یک آله‌ی فلزی تیغ‌دار که در آن سوراخ‌های کوچک برای اخذ واکسین موجود است، استفاده می‌شود. آله‌ی متذکره ابتدا در محلول واکسین غوطه‌ور شده و سپس در محل بیرون شدن پرها توسط آله‌ی متذکره خراش ایجاد شده و به این شکل واکسین تطبیق می‌گردد. آله باید برای تطبیق هر بار واکسین در هر پرنده در محلول واکسین غوطه‌گردد. تقریباً هفت روز پس از تطبیق واکسین، یک نودیول خورد قابل لمس در ساحه‌ی تطبیق واکسین انکشاف می‌کند که تطبیق واکسین را در پرنده تأیید می‌نماید (Bodman-Harris et al., 2024; Abdallah et al., 2023; Ravikumar et al., 2022).

تطبیق واکسین‌ها در درون تخم. یک تعداد واکسین‌ها قبل از اینکه چوچه از تخم برآید، در درون تخم تطبیق می‌گردند. در اکثر مراکز چوچه‌کشی مدرن، سیستم‌های اوتومات برای تطبیق واکسین‌ها به شکل دورن تخمی فراهم اند. در این روش واکسین یا در خالیگاه امنیوتیک و یا در بدن امبریو زرق می‌گردد. تطبیق دورن تخمی واکسین‌ها میزان چوچه‌دهی تخم‌ها را متأثر نمی‌سازد. بخاطر مؤثریت کامل واکسین‌ها، تطبیق واکسین در این روش در روز ۱۸ انکوبیشن تخم‌ها صورت می‌گیرد تا سیستم معافیتی امبریو به انکشاف مکمل خود رسیده باشد. به اثبات رسیده که تطبیق واکسین درون تخمی سبب تحریک سیستم معافیت ذاتی و کسبی هر دو می‌گردد. تطبیق دورن تخمی واکسین دقیق‌تر بود و مقدار مشخص واکسین به هر تخم تزریق می‌گردد که این کار معافیت همگون را در گله ایجاد می‌نماید. در حال حاضر واکسین‌های بیماری مارک، بیماری گامبورو، چیچک مرغی، نیوکاستل، هرپس ویروس فیلمرغ، التهاب ساری حنجره و تراخیا و کوکسیدیوز جهت تطبیق از طریق تزریق دورن تخم تأیید شده اند و نتایج آن‌ها در ایجاد معافیت مؤثر و حفاظت چوچه‌های تازه برآمده از تخم بسیار قناعت بخش بوده است. تطبیق تجربوی دورن تخمی واکسین‌های انفلوانزای مرغی و میکوپلازما گالی سبتیکوم نیز امیدوارکننده بوده است (Mateen et al., 2025; Bodman-Harris et al., 2024; Abdallah et al., 2023; Ravikumar et al., 2022; Abdul-Cader et al., 2017).

جدول ۲: مشخصات واکسین‌های معمول مورد استفاده در برابر بیماری‌های عمده‌ی طیور

نام بیماری/عامل	نوع عامل بیولوژیکی	انوع واکسین موجود در برابر آن	روش‌های تطبیق/انجویز	زمان/عمر معمول و تکرار تطبیق واکسین نظر به نوع تولید	
				گوشتی	نسلی
بیماری نیوکاستل	ویروس	وکتور ویروسی، غیرفعال، زنده، زنده‌ی ضعیف‌شده، زنده‌ی لتوجینیک	زیرجلدی، عضلی، درون‌تخم، سپری، قطره‌ی چشمی/بینی، آب آشامیدنی	۱-۲۱ روزه، ۵ هفته، ۸	۸-۱۴ روزه، ۴ هفته، ۸-۱۰
				۱-۲۱ روزه، ۱۰-۱۲ هفته، ۱۴	۱۲-۱۴ هفته، ۱۶-۱۸
				هر ۶۰-۹۰ روز ویا	ضعیف‌شده در هر ۶۰-۹۰ روز ویا یک دوز کشته‌شده در هفته
				یک دوز در ۱۸ هفته	۱۸
برونشیت‌ساری	ویروس	غیرفعال، زنده، زنده ضعیف‌شده	سپری، قطره چشمی/بینی، آب آشامیدنی، عضلی	۱-۲۱ روزه، ۵ هفته، ۸	۸-۱۴ روزه، ۴ هفته، ۸-۱۰
				۱-۲۱ روزه، ۱۰-۱۲ هفته، ۱۴	۱۲-۱۴ هفته، ۱۶-۱۸
				هر ۶۰-۹۰ روز ویا یک	ضعیف‌شده در هر ۶۰-۹۰ روز ویا یک دوز کشته‌شده در هفته
				دوز در ۱۸ هفته	۱۸
بیماری گامبورو (بیماری ساری بورس)	ویروس	وکتور ویروسی، زنده، زنده‌ی ضعیف‌شده	زیرجلدی، درون تخم، آب آشامیدنی، سپری، قطره‌ی چشمی/بینی	۱۴-۲۱ روزه	۸-۱۴ روزه، ۱۰-۱۶ هفته
				۱۰-۱۲ هفته	۱۰-۱۲ هفته
چیچک مرغی	ویروس	زنده	غشای بال (Wing web)	۱۰-۱۲ هفته	۱۰-۱۲ هفته
التهاب ساری حنجره و تراخیا طیور	ویروس	وکتور ویروسی	زیرجلدی، درون تخم، قطره‌ی چشمی	۱۰-۱۲ هفته	۱۰-۱۲ هفته

نام بیماری/عامل	نوع عامل بیولوژیکی	انوع واکسین موجود در برابر آن	روش‌های تطبیق/تجویز	زمان/عمر معمول و تکرار تطبیق واکسین نظر به نوع تولید گوشتی	نسل‌ی تخمی
بیماری مارک	ویروس	زنده بیماری‌زا، وکتورویروسی، زنده ترکیبی، زنده‌ی ضعیف‌شده	زیرجلدی، عضلی، درون تخم	درون تخم، ویا ۱ درون تخم، ویا ۱ روزه، درون تخم، ویا ۱ روزه، روزه	
انسفالومیلیت طیور	ویروس	زنده	آب آشامیدنی	۱۰-۱۲ هفته	۱۰-۱۲ هفته
ویروس کم‌خونی مرغ‌ها	ویروس	زنده، زنده‌ی ضعیف‌شده	آب آشامیدنی، عضلی، زیرجلدی	۱۰-۱۲ هفته	۱۰-۱۲ هفته
سندروم کاهش تخم (Egg drop syndrome)	ویروس	غیرفعال	عضلی	نظر به نوع تولید، میزان شیوع بیماری در ساحه و سایر فکتورها متفاوت است	
انفلوانزای طیور (تایپ‌های مختلف فرعی)	ویروس	غیرفعال	زیرجلدی، عضلی	نظر به نوع تولید، میزان شیوع بیماری در ساحه و سایر فکتورها متفاوت است	
کولی باسیلوز مرغی (E. coli)	باکتری	غیرفعال، زنده، زنده‌ی ضعیف‌شده	عضلی، زیرجلدی، سپری، آب آشامیدنی	نظر به نوع تولید، میزان شیوع بیماری در ساحه و سایر فکتورها متفاوت است	
سالمونیلوز (سیرووآرهای مختلف)	باکتریا	زنده ضعیف‌شده، غیرفعال	تحت جلدی، عضلی، آب آشامیدنی	۱۰-۱۴ هفته، با تطبیق دو دوز جدآگانه در فاصله ۴-۶ هفته	
کولرای طیور	باکتریا	زنده ضعیف‌شده، غیرفعال	آب آشامیدنی، زرقی، خراش بال	۱۰-۱۲ هفته، ۱۴-۱۸ هفته	
کوریزای ساری	باکتریا	کشته‌شده	آب آشامیدنی، زرقی	نظر به نوع تولید، میزان شیوع بیماری در ساحه و سایر فکتورها متفاوت است	

زمان/عمر معمول و تکرار تطبیق واکسین نظر به نوع تولید			روش‌های	انواع واکسین موجود	نوع عامل	نام بیماری/عامل
نسلی	تخمی	گوشتی	تطبیق/تجویز	در برابر آن	بیولوژیکی	
	۱۰-۱۴ و یا ۱۸ هفته		سپری، زیرجلدی، قطره چشمی/بینی، از طریق دهن	زنده‌ی ضعیف‌شده، غیرفعال	باکتریا	مایکوپلازما (<i>M. gallisepticum</i> ; <i>M. synovia</i>)
			آب آشامیدنی، اسپری، درون‌تخم	زنده ضعیف شده	پروتوزوا	کوکسیدیوز طیور

منبع: Bodman-Harris et al., 2024; Stewart-Brown, 2024; Islam and Rahman, 2023; Badakaya, 2021; Jacob, 2013

دلایل شکست واکسین‌ها

به حیث یک اصل کلی، هیچ واکسینی صد در صد مؤثر و مصئون نیست، لذا احتمال ناکامی در نتایج واکسیناسیون و ایجاد خطر در میزان‌های واکسین شده همیشه متصور است. پس از تطبیق واکسین، عدم انکشاف معافیت کافی و مناسب در برابر واکسین تطبیق شده و رخداد همان بیماری در گله ایکه قبلاً واکسین در برابر آن تطبیق شده است به حیث شکست واکسیناسیون تلقی می‌گردد. این حالت یک چالش جدی جهانی در صنعت طیور پنداشته می‌شود. نتایج تحقیقات مختلف میزان بلند ناکامی واکسیناسیون (تا ۵۳.۵%) را در گله‌های واکسین شده طیور نشان می‌دهد، طوریکه این میزان در بیماری‌های نیوکاستل و بیماری گامبورو تا ۲۵.۶% و در چیچک مرغی ۲.۳% تثبیت شده است (Toka and Geinoro, 2023; Kathiravan et al., 2023; Birhane and Fesseha, 2020). اما، تلاش کلی متخصصین بخش واکسین‌ها در این است تا مؤثرترین و مصئون‌ترین واکسین‌ها را برای تطبیق در میزان‌های حساس به عوامل بیماری‌زای خاص تهیه، تجربه، تأیید و به بازار عرضه نمایند. پروسه‌ی واکسیناسیون زمانی موفق بوده می‌تواند که عوامل بیماری‌زای موجود در جمعیت‌های طیور ساحه شناسایی و برعلیه همان سترن‌ها/تایپ‌های عوامل بیماری‌زا واکسین مؤثر تهیه گردد. برعلاوه در جریان پروسه‌ی واکسیناسیون، رهنمودهای کمپنی سازنده‌ی واکسین علمی‌گردند (Salih and Bara, 2025; Toka and Geinoro, 2023).

دلایل و مشکلات وابسته با واکسین. انتی‌جن محافظوی واکسین نقش اساسی در تولید معافیت در طیور واکسین شده دارد. لذا در یک تعداد حالات، عوامل ویا انتی‌جن‌های موجود در واکسین به دلایل مختلف که در زیر توضیح شده اند، توانایی تحریک سیستم معافیتی عضویت را نداشته و در نتیجه معافیت محافظوی تولید نمی‌گردد (Sharif and Ahmad, 2018; Landman, 2012).

تهیه‌ی نا مناسب واکسین. در زمان تهیه واکسین آن مقدار مشخص انتی‌جن عامل مورد نظر (باکتری، ویروس، پروتوزوا) در ترکیب واکسین جابجا می‌گردد تا توانایی تحریک کامل سیستم معافیتی میزان واکسین شده را داشته باشد. این مشخصه به حیث ایمونوجنیسیتی واکسین شناخته می‌شود. در یک تعداد حالات، مقدار انتی‌جن در واکسین به اندازه‌ی کافی نبوده و یا هم مقدار آن پس از تولید در اثر رقیق‌سازی نامناسب واکسین در زمان تطبیق و یا تخریب انتی‌جن توسط فکتورهای محیطی کاهش می‌یابد. لذا در همچو حالت، مقدار انتی‌جن مورد نیاز برای تحریک سیستم معافیتی میزان در هر دوز

واکسین موجود نبوده و معافیت محافظوی در طیور واکسین شده بوجود نمی آید (Kathiravan et al., 2023; Birhane and Fesseha, 2020; Sharif and Ahmad, 2018).

عدم موجودیت انتی جن های ساحوی در ترکیب واکسین. یک تعداد عوامل بیماری زای طیور به شمول عوامل انفلوآنزای مرغی، ویروس بیماری گامبورو، سالمونیللا و تعداد دیگر سترن ها و سیروتایپ های مختلف و متفاوت دارند، طوریکه یک تعداد سترن ها و سیروتایپ ها در یک ساحه ویا کشور عام بوده، در حالیکه در منطقه ویا کشور دیگر سترن ها و سیروتایپ های متفاوت موجود اند. موجودیت سترن ها ویا سیروتایپ های مشخص موجود ساحوی در ترکیب واکسین یکی از فکتورهای ضروری در مؤثریت واکسین ها و ایجاد معافیت محافظوی در برابر بیماری های مشخص پنداشته می شود. در صورتیکه سترن ها ویا سیروتایپ های موجود در یک کشور ویا منطقه شناسایی نشده باشند، ویا هم حتی در صورت شناسایی در ترکیب واکسین های مورد استفاده در گله های طیور جایجا نشوند، تطبیق واکسین مؤثریت نداشته و معافیت محافظوی در گله های طیور واکسین شده بوجود نخواهد آمد. بنابراین، در اکثر حالات واکسین های تجارتي و وارداتی به کشور ممکن دارای سترن ها و یا سیروتایپ های متفاوت از سترن ها و سیروتایپ های موجود در جمعیت های طیور کشور باشد، لذا این واکسین ها مؤثریت نداشته و اعتماد کاذب معافیت گله را در میان فارمداران به وجود می آورند (Kathiravan et al., 2023; Birhane and Fesseha, 2020; Sharif and Ahmad, 2018).

حرارت نامناسب در جریان ذخیره و انتقال واکسین ها. پس از تهیه واکسین، حفظ و ذخیره ی آن در حرارت مناسب از اهمیت ویژه ای برخوردار است. واکسین های تهیه شده به شکل پودر سرد^{۱۴} باید در شرایط یخ بسته در فریزر ویا در نایتروجن مایع ذخیره و نگهداری شوند، در حالیکه تعداد دیگر واکسین ها در حرارت ۴ تا ۸ درجه ی سانتی گراد در یخچال نگهداری می شوند. تقریباً تمام واکسین های مورد استفاده در طیور مقابل حرارت حساس بوده و در جریان ذخیره و انتقال باید زنجیره ی سرد رعایت گردد. بنابراین، یکی از دلایل عدم مؤثریت واکسین ها و ناکامی پروسه ی واکسیناسیون را مراعات نکردن زنجیره ی سرد در جریان ذخیره، انتقال و تطبیق واکسین ها تشکیل می دهد. در اکثر حالات بویژه در کشورهای در حال انکشاف مانند افغانستان، هند و پاکستان قطع جریان برق، وسایل ضعیف ذخیره ی واکسین ها، خرابی و دست دوم بودن وسایل ذخیره ی، عدم موجودیت ترمامیتر جهت کنترل درجه ی

^{۱۴} freeze-dried/lyophilized vaccines

حرارت یخچال و فریزر در جریان ذخیره واکسین‌ها و عدم رعایت زنجیره‌ی سرد در جریان انتقال و تطبیق واکسین‌ها از جمله مشکلات معمول در مورد واکسین‌های طیور اند. به طور مثال، ارقام حاصله از نایجریا نشان می‌دهند که ۱۶ درصد فارم داران پس از خرید واکسین آنرا در عین روز تطبیق نمی‌نمایند و ۷ درصد آن‌ها واکسین‌های خریداری شده را در الماری‌ها بدون دینترگرفتن شرایط زنجیره‌ی سرد ذخیره می‌نمایند (Kathiravan et al., 2023; Birhane and Fesseha, 2020; Sharif and Ahmad, 2018).

قرار گرفتن در معرض نور مستقیم آفتاب در جریان انتقال و تطبیق واکسین‌ها. چنانچه قبلاً بیان شد، زنجیره‌ی سرد تمام واکسین‌ها باید در جریان ذخیره و انتقال مراعات گردند؛ اما اکثراً مشاهده شده که واکسین‌ها مانند سایر دواها انتقال داده می‌شوند و ممکن در معرض نور مستقیم آفتاب قرار گیرند. نور مستقیم آفتاب دارای اشعه ماورای بنفش (UV) می‌باشد که برای واکسین‌های زنده‌ی ضعیف شده بویژه ویروس‌های زنده‌کننده است. قرار گرفتن واکسین در معرض نور مستقیم آفتاب باعث از بین رفتن و غیرفعال شدن انتی‌جن‌های موجود در بوتل واکسین می‌شود و در نتیجه، مقدار انتی‌جن در واکسین کاهش یافته و ممکن واکسین مؤثریت خود را از دست دهد (Sharif and Ahmad, 2018).

استفاده از واکسین‌های تاریخ گذشته. هر واکسین تاریخ تولید و انقضای مشخص دارد. لذا قدرت (اثربخشی) واکسین‌ها تا مدت معین پس از تولید به شرط آن‌که زنجیره‌ی سرد به‌گونه‌ی درست رعایت شده باشد حفظ می‌گردد. استفاده از واکسین‌های تاریخ گذشته باعث ایجاد پاسخ معافیتهی مطلوب نگردیده و در نتیجه منجر به ناکامی پروسه‌ی واکسیناسیون می‌شود (Birhane and Fesseha, 2020; Sharif and Ahmad, 2018).

میوتیشن عوامل بیماری‌زا. در یک تعداد عوامل بیماری‌زا بویژه ویروس‌های RNA، میزان بلند میوتیشن در جریان مثل‌سازی آن‌ها رخ می‌دهد و در تعداد دیگر ترکیب مجدد جینیتهی میان سترن‌های مشخص عامل صورت می‌گیرد. این حالت سبب تغییر انتی‌جینیک عوامل بیماری‌زا شده و واکسین‌های قبلی موجود در مارکیت دیگر بر علیه آن‌ها مؤثریت نخواهند داشت. بنابراین، بررسی دوامدار سترن‌ها و سیروتایپ‌های موجود در ساحه و تهیه واکسین از آن‌ها ضروری پنداشته می‌شوند (Sharif and Ahmad, 2018). به طور مثال، یک تحقیق انجام شده در عراق مشخص ساخت که در جین‌های ویرولسی سترن‌های ویروس بیماری مارک میوتیشن رخ داده است، بنابراین واکسین‌های موجود در مارکیت مؤثریت کافی در برابر سترن‌های ساحوی در این کشور را نداشتند (Salih and Bara, 2025).

دلایل و مشکلات وابسته با میزبان. در یک تعداد حالات، واکسین مؤثر و با تمام اصول در طیور تطبیق می‌گردند؛ اما نسبت مشکلات موجود در طیور واکسین شده معافیت محافظوی ایجاد نشده و پروسه‌ی واکسیناسیون به شکست مواجه می‌شود. عمده‌ترین فکتورهای مرتبط در این زمینه در زیر توضیح شده اند:

موجودیت سترس بالای پرندگان. سترس حالتی از بی‌ثباتی عضویت است که در اثر عوامل مدیریتی و محیطی بوجود می‌آید. پرندگان به‌طور طبیعی میکانیزم‌های محدودی در برابر پاسخ به تغییرات محیطی و حفظ سیستم دفاعی در برابر بیماری‌ها دارند. عوامل مختلف به شمول سردی، گرمی، رطوبت بلند، انتقال، ازدحام بیش از حد و کمبود فضای کافی برای هر پرنده بویژه در شرایط پرورش تکثیفی، کاهش تهویه، وضعیت نامناسب بستر، تجمع گازات در محل نگهداری مرغ‌ها، قطع یا اختلال در تغذیه و یاهم کمبود مواد ضروری در خوراکه، محرومیت ویا کمبود آب، مدیریت ضعیف فارم، شرایط نامطلوب صحی، محیط گرد و غبارآلود، آلودگی طیور به پرازیت‌های داخلی و خارجی، موجودیت تب و دیگر عوامل باعث ایجاد سترس در پرنده‌ها می‌گردد. تمام این عوامل جواب‌دهی سیستم معافیتی طیور را به انتی‌جن‌های واکسین کاهش داده و احتمال ناکامی واکسین را افزایش می‌دهد (Salih and Bara, 2025; Kathiravan et al., 2023; Birhane and Fesseha, 2020).

مصاب بودن طیور به بیماری‌ها. به حیث یک اصل اساسی، واکسیناسیون باید صرف در پرنده‌های صحتمند صورت گیرد. تطبیق واکسین در پرنده‌های بیماری‌نه‌تنها باعث ایجاد معافیت مناسب نخواهد شد، بلکه ممکن سبب ایجاد سترس اضافی و افزایش مصابیت و مرگ و میر در پرنده‌های بیمار شود. هرگاه پرنده‌ها به بیماری مصاب باشند، سیستم معافیتی پرنده‌ها زیر فشار بوده و تطبیق واکسین سبب ایجاد معافیت محافظوی نخواهد شد. هرگاه پرنده‌ها به بیماری‌ی که در برابر آن واکسین تطبیق می‌گردد، مصاب باشد؛ سیستم معافیتی عضویت پرنده در برابر میکروب موجود در بدن پرنده انتی‌بادی تولید کرده و این انتی‌بادی‌ها انتی‌جن‌های موجود در واکسین را خنثی نموده، در نتیجه سیستم معافیتی فعال نگردیده و ناکامی در پروسه‌ی واکسیناسیون رخ می‌دهد. قابل یادآوری است که تطبیق واکسین معمولاً در پرنده‌های ظاهراً صحت‌مند صورت می‌گیرد، لذا اگر پرنده‌ها در دوره مخفی بیماری‌ها باشند و یاهم به بیماری‌های تحت کلینیکی و مزمن مصاب باشند، شناسایی این پرنده‌ها معمولاً در زمان تطبیق واکسین صورت نگرفته و ممکن نخواهد بود (Kathiravan et al., 2023; Birhane and Fesseha, 2020).

مصاب بودن پرنده‌ها به بیماری‌های سرکوب‌کننده‌ی سیستم معافیتی. برخی بیماری‌های طیور به شمول بیماری گامبورو، کم‌خونی ساری مرغ، بیماری مارک، مایکوتوکسیکوز و غیره خاصیت سرکوب‌کننده‌ی سیستم معافیتی را دارند. یکی از دلایل عمده‌ی ناکامی واکسیناسیون را مصاب بودن/شدن پرنده‌های واکسین شده به این بیماری‌ها تشکیل می‌دهد. به‌طور مثال، بیماری گامبورو معمولاً پرنده‌های سه تا هفت هفته‌یی را مصاب ساخته و عمدتاً بورسای فبرینی را متضرر می‌سازد. بورسای فبرینی یک ارگان سیستم معافیتی است و مسوول تریه و بلوغ‌سازی لمفوسایت‌های B که وظیفه‌ی تولید انتی‌بادی‌ها را به عهده دارند، می‌باشد. مصاب شدن بورسای فبرینی در این عمر سبب تخریب کلی این عضو شده و لمفوسایت‌های B تریه و به بلوغ نرسیده، که در نتیجه در برابر هیچ واکسین انتی‌بادی تولید نخواهد شد و ناکامی دوامدار در برابر نامه‌های واکسیناسیون طیور ایجاد خواهد شد. برعلاوه، موجودیت توکسین‌های فنکسی در خوراکه‌های کم‌کیفیت و مرطوب تاثیرات ناگوار را بالای تبدیل خوراکه، رشد، صحت و حالت معافیتی طیور بوجود می‌آورند. اکثر این توکسین‌ها سرطان‌زا بوده، باعث ایجاد الرژی، حساسیت بیش از حد و سترس نزد طیور نیز شده و در نتیجه تولید معافیت در برابر واکسین‌ها را متضرر می‌سازند (Salih and Bara, 2025; Kathiravan et al., 2023; Birhane and Fesseha, 2020).

عدم بلوغ پرنده‌ها. موجودیت و فعال‌سازی گیرنده‌ها در برابر انتی‌جن‌های مشخص مربوط به سن پرنده می‌شود. طوری که این گیرنده‌ها برای یک تعداد انتی‌جن‌ها در زمان زندگی امبریونی در داخل تخم انکشاف یافته و فعال می‌گردند، در حالی که تعداد دیگر پس از برآمدن از تخم در سن مشخص فعال می‌شوند. روی این ملحوظ، تطبیق یک تعداد واکسین‌ها در درون تخم صورت می‌گیرد، در حالی که تعداد دیگر پس از برآمدن چوچه‌ها از تخم اجرا می‌شود. لذا داشتن دانش کافی پیرامون تطبیق واکسین در سن مشخص پرنده لازم بوده، در غیر آن حتی در صورت تطبیق به‌ترین واکسین، بازهم معافیت در برابر آن بوجود نخواهد آمد (Salih and Bara, 2025).

تعامل انتی‌جن‌های واکسین با انتی‌بادی‌های مادری. در اکثر حالات، انتی‌بادی‌های تولید شده در بدن ماکیان از طریق تخم به چوچه‌های تولید شده در داخل تخم انتقال می‌نماید. هرگاه گله مادری در برابر بیماری‌های مشخص واکسین شده باشند، و یا هم ماکیان‌ها بیماری مشخص را قبلاً سپری نموده باشد، انتی‌بادی‌های مشخص در برابر آن‌ها در وجود طیور بوجود می‌آیند. طور معمول، انتی‌بادی‌های انتقال شده از مادر به چوچه، چوچه‌های حاصله را برای یک مدت کوتاه معمولاً در هفته اول پس از برآمدن از تخم در برابر بیماری‌های مشخص محافظه می‌نمایند. هرگاه در هم‌چو چوچه‌های دارای

انتی‌بادی‌های مادری واکسین تطبیق گردد، انتی‌بادی‌های موجود در عضویت چوچه انتی‌جن‌های توکسین را خنثی نموده و معافیت بوجود نخواهد آمد. این مشکل در بخش مرغ‌های گوشتی و یا برویلر جدی‌تر است، زیرا اینها عمر کوتاه داشته و در طول دوره‌ی پرورش که اکثراً از هفت هفته بیشتر نیست چندین بار مورد تطبیق واکسین قرار می‌گیرند. باوجودی که با تولید یک تعداد واکسین‌های جدید ترکیبی این معضل حل گردیده است، اما در زمان تطبیق سایر واکسین‌ها بویژه واکسین‌های کشته‌شده و زنده‌ی ضعیف‌شده این مسئله باید در نظر گرفته شود (Salih and Bara, 2025; Kathiravan et al., 2023; Birhane and Fesseha, 2020; Landman, 2012).

دلایل و مشکلات مدیریتی. مدیریت درست گله‌ها، نقش اساسی در حفظ صحت و تولیدات طیور و موفقیت برنامه‌های واکسیناسیون دارند. خطاهای مدیریتی در فارم‌های طیور معمول بوده و یک تعداد این خطاها در شکست پروسه‌ی واکسیناسیون نقش بازی نمایند که در زیر به شکل خلاصه توضیح شده اند:

تطبیق واکسین از راه نامناسب. چنانچه در بالا بیان شد، راه‌های مختلف تطبیق واکسین نظر به نوع واکسین، ثبات واکسین در محیط، سن پرنده، نوع تولید و فکتورهای مرتبط دیگر موجود اند. راه تطبیق واکسین مشخص در پرنده‌ها را کمپنی تولیدکننده‌ی واکسین مشخص می‌نماید. به طور مثال اگر تطبیق یک واکسین مشخص از طریق زرقی سفارش شده باشد، تطبیق آن از طریق آب آشامیدنی و یا مواد خوراکی مناسب نبوده و در صورت تطبیق معافیت مؤثر در پرنده‌های واکسین شده بوجود نخواهد آمد (Salih and Bara, 2025; Kathiravan et al., 2023; Birhane and Fesseha, 2020).

تطبیق دوز نامناسب. برعکس دواها، تعیین دوز واکسین معمولاً مربوط به وزن میزبان نمی‌گردد و کمپنی سازنده‌ی واکسین تطبیق دوز مشخص را پیشنهاد و تعیین می‌نماید. کاهش و یا افزایش دوز واکسین از حد تعیین شده هر دو نامناسب بوده و در پرنده‌ی واکسین شده با این دوز تغییر یافته معافیت محافظوی به وجود نخواهد آمد. در صورت تطبیق یک واکسین کمتر از دوز معینه، سیستم معافیتی طیور واکسین شده به شکل مکمل تحریک نشده و معافیت مستحکم بوجود نخواهد آمد و افزایش دوز از حد معینه، در یک تعداد حالات سبب عکس‌العمل‌های ناگوار در پرنده‌های واکسین شده می‌گردند و در حالات دیگر می‌تواند سبب تحمل معافیتی و عدم عکس‌العمل عضویت پرنده‌های واکسین شده مقابل واکسین گردد. در بعضی حالات مثلاً تطبیق واکسین از طریق آب آشامیدنی، واکسین ممکن توسط موجودیت بعضی مواد در آب آشامیدنی مانند کلورین و یا دواهای ضد میکروبی

غیرفعال گردد و در نتیجه مقدار مشخص واکسین به هر پرنده نرسد، و یا اینکه پرنده‌ها آن مقدار مشخص آب را نه‌نوشند که یک دوز مکمل واکسین در آن موجود باشد. تمام این حالات در شکست پروسه واکسیناسیون نقش بازی می‌نمایند (Salih and Bara, 2025; Kathiravan et al., 2023; Birhane and Fesseha, 2020).

عدم تطبیق دوز تقویتی. برخی واکسین‌ها بویژه واکسین‌های کشته‌شده/غیرفعال و واحد فرعی نیازمند تطبیق دوزهای تقویتی برای ایجاد معافیت مؤثر هستند. دوز تقویتی معمولاً ۱۰ تا ۲۰ روز پس از دریافت دوز اولیه تجویز می‌شود. دوز اولیه برای آماده‌سازی سیستم معافیتی بدن به واکسین لازم است، در حالی که دوزهای تقویتی برای تحریک مکمل سیستم معافیتی و ایجاد معافیت محافظوی در برابر واکسین ضروری می‌باشد. عدم تطبیق دوز تقویتی منجر به کاهش تیر انتی‌بادی و در نتیجه ناکامی واکسیناسیون می‌شود (Salih and Bara, 2025; Kathiravan et al., 2023; Birhane and Fesseha, 2020).

زمان‌بندی نادرست تطبیق واکسین‌ها. در فصل‌های گرم سال، واکسین‌ها باید در ساعات اولیه صبح و یا اخیر عصر در ساعات خنک‌تر روز تزریق شوند. پرنده‌گان در ساعات سرد روز راحت‌تر هستند و پاسخ معافیتی مطلوب‌تری پس از تطبیق واکسین ایجاد می‌شود. برعلاوه، تطبیق واکسین‌ها در ساعات گرم روز احتمال تخریب واکسین‌ها توسط حرارت را افزایش می‌دهد. بنابراین، تطبیق واکسین در ساعات گرم روز می‌تواند چانس ناکامی پروسه واکسیناسیون را افزایش دهد (Salih and Bara, 2025; Kathiravan et al., 2023; Birhane and Fesseha, 2020).

ناکامی ناشی از تطبیق هم‌زمان چندین واکسین. باوجودی که یک تعداد واکسین‌های طیور شکل ترکیبی داشته و انتی‌جن‌های دو و یا چند عامل بیماری‌زا در عین واکسین موجود بوده و تطبیق آن سبب ایجاد معافیت هم‌زمان در برابر چندین بیماری می‌گردد؛ با این حال، منابع علمی محدودی در مورد مصنوعیت و مؤثریت تطبیق هم‌زمان چند واکسین وجود دارد. بر اساس مطالعات مختلف، تطبیق هم‌زمان چندین واکسین ممکن سبب کاهش پاسخ انتی‌بادی و حتی خطر ابتلا به بیماری و مرگ‌ومیر در گله‌های واکسین شده شوند. قابل یادآوری است که اگر کمپنی سازنده‌ی واکسین انتی‌جن‌های دو و یا چند عامل بیماری‌زا را در ترکیب یک واکسین جابجا نموده باشد، تطبیق این واکسین‌ها ممکن مشکل عمده را به‌وجود نیاورد؛ اما لازم نیست تا واکسین‌های تهیه شده به شکل جداگانه در عین زمان در طیور تطبیق شوند (Birhane and Fesseha, 2020).

نبود امنیت زیستی سخت‌گیرانه. امنیت زیستی یک اقدام جامع و الزامی در فارم‌های مرغداری می‌باشد که هدف آن حفاظت فارم‌ها در برابر تهدیدات بیولوژیکی عمدی و غیرعمدی است. بنابراین،

نبود راهبردهای همه‌جانبه و مؤثر امنیت زیستی، فارم‌ها را در برابر شیوع انواع مختلف بیماری‌های طیور آسیب‌پذیر می‌سازد. این وضعیت سبب تضعیف سیستم معافیتی مرغ‌ها شده و یاهم به دلیل تفاوت سترن واکسین با سترن بیماری‌زا، زمینه را برای ناکامی پروسه‌ی واکسیناسیون فراهم می‌سازد (Birhane and Fesseha, 2020).

راه‌کارها برای جلوگیری از ناکامی واکسیناسیون

راه‌کارهای مختلف برای بهبود برنامه‌های واکسیناسیون و افزایش مؤثریت واکسین‌ها در گله‌های طیور موجود اند که با تطبیق آن‌ها از شکست پروسه‌ی واکسیناسیون می‌توان جلوگیری نمود. اقدامات مرتبط با واکسیناسیون طیور شامل قطع آب آشامیدنی قبل از واکسیناسیون خوراکی، انجام واکسیناسیون در ساعات صبح یا عصر به منظور جلوگیری از عوارض ناشی از سترس گرمایی، حفظ زنجیره‌ی سرد در جریان ذخیره، انتقال و تطبیق واکسین، تطبیق واکسین از راه مناسب، انجام امور مربوط به واکسین توسط یا تحت نظارت داکتر و ترنر، تطبیق واکسین تنها در پرندگان سالم و پیروی از برنامه واکسیناسیون توصیه‌شده می‌باشد (Igbokwe et al., 2020). بر علاوه، عدم استفاده از واکسین‌های تاریخ گذشته، تنظیم درست تقسیم اوقات برای تطبیق واکسین‌ها در عمر و زمان مناسب و مراعات رهنمودهای سازنده واکسین در زمان تطبیق واکسین‌ها نیز از شکست برنامه واکسیناسیون به شکل مؤثر جلوگیری نموده می‌تواند (Toka and Geinoro, 2023; Birhane and Fesseha, 2020). پرندگان بالغ باید حداقل ۱۵ روز قبل از واکسیناسیون کرم‌زدایی شوند. همچنان، پرندگان مریض باید به‌طور مناسب تداوی گردیده و تنها پس از بهبودی کامل واکسین شوند (Salih and Bara, 2025).

گله‌های طیور باید به‌گونه مناسب برای تطبیق واکسین‌های خوراکی (دهانی) آماده شوند. پیش از تطبیق واکسین، به پرندگان خوراکه کافی داده شود و سپس به مدت دو ساعت از دسترسی به آب محروم گردند. آب‌خوری‌ها باید به‌طور کامل شست‌وشو و پاک‌کاری شده و پس از آن، واکسین از طریق آب آشامیدنی در اختیار پرندگان قرار داده شود. به منظور اطمینان از مصرف واکسین توسط تمامی پرندگان، تعداد آب‌خوری‌ها باید کافی باشد. آب حاوی واکسین باید به‌گونه‌ای فراهم گردد تا تمام آن ظرف مدت حداکثر دو ساعت توسط پرندگان مصرف شود. در جریان این روند، پرندگان به‌طور منظم جابه‌جا شوند تا همه آن‌ها به آب آشامیدنی حاوی واکسین دسترسی پیدا کرده و آن را مصرف نمایند. به منظور حفظ پایداری واکسین و اطمینان از مصرف آن، می‌توان از مواد پایدارکننده و رنگی در محلول واکسین

استفاده نمود. مشاهده رنگ خفیف بر روی منقار پرندگان نشان‌دهنده مصرف آب حاوی واکسین می‌باشد (Salih and Bara, 2025; Kathiravan et al., 2023).

تجویز مولتی‌ویتامین‌ها و مواد منرالی قبل و بعد از واکسیناسیون به دلیل اثرات ضد سترس و تقویت‌کننده‌ی سیستم معافیتی در موفقیت برنامه‌های واکسیناسیون بسیار مؤثر اند. مکمل‌های ویتامینی و منرالی با تأثیر مستقیم بر حجرات سیستم معافیتی و یا از طریق تغییر در عملکردهای میتابولیک و اندوکراین، به تقویت پاسخ معافیتی کمک می‌نمایند. در نتیجه، تولید انتی‌بادی‌ها در بدن با سرعت بیشتری انجام شده و سطح محافظتی انتی‌بادی‌ها در مدت زمان کوتاه‌تری حاصل می‌گردد. در این زمینه، تطبیق ویتامین E و سلنیوم نقش مهمی در بهبود پاسخ معافیتی دارند و نتایج مطلوبی در جلوگیری از ناکامی واکسیناسیون نشان داده‌اند. مطالعات انجام شده بیانگر آن است که ویتامین E می‌تواند پاسخ معافیتی علیه انتی‌جن‌ها را در مرغ‌ها افزایش دهد؛ با این حال، مصرف بیش‌ازحد ویتامین E ممکن است باعث تضعیف پاسخ‌های معافیت اختصاصی گردد. برعلاوه، تجویز مقادیر مناسب و متعادل ویتامین‌ها، امینواسیدها، منرال‌ها و ترکیبات آن‌ها می‌تواند با تحریک معافیت هومورال و حجروی و همچنین افزایش فعالیت فاگوسایتوز، مقاومت بدن را در برابر بیماری‌ها بهبود بخشد. بنابراین، برای دستیابی به پاسخ معافیتی مطلوب و افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها، تأمین تغذیه ویتامینی و منرالی مناسب و متوازن ضروری است. در عین حال، افزودن ویتامین‌های A، C و E همراه با سلنیوم در خوارکه طیور پاسخ معافیتی پرندگان به واکسین‌ها را بهبود بخشیده و احتمال ناکامی واکسیناسیون را در گله‌های مرغ کاهش می‌دهد (Salih and Bara, 2025; Toka and Geinoro, 2023; Kathiravan et al., 2023; Birhane and Fesseha, 2020).

راهکارهای نوین برای بهبود عملکرد سیستم معافیتی و افزایش مؤثریت واکسین‌ها در طیور

نتایج تحقیقات اخیر راهکارهای جدیدی را برای افزایش مؤثریت واکسین‌ها و جلوگیری از شکست پروسه‌ی واکسیناسیون در طیور ارائه می‌نمایند که یک تعداد آن‌ها در زیر ارائه شده اند.

یکی از روش‌های بهبود عملکرد سیستم معافیتی طیور را تطبیق گیاهان مشخص و یا عصاره‌های آن‌ها قبل و یا بعد از تطبیق واکسین تشکیل می‌دهد. این مواد که به حیث تحریک‌کننده‌های معافیتی^{۱۵} شناخته می‌شوند، در حقیقت ترکیباتی‌اند که دارای خواص ایمونوتروپیک بوده و می‌توانند حالت طبیعی سیستم معافیتی را حفظ کنند. تحریک‌کننده‌های معافیتی گیاهی به دلیل اثرات تقویت‌کننده سیستم

^{۱۵} immunostimulants

معافیتی و تحریک سیستم‌های اندوکراین و عصبی نقش حیاتی در بهبود مؤثریت واکسین‌های تطبیق شده در طیور دارند. در یک مطالعه، تجویز خوراکی ۲۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرام عصاره نبات پلیکترانتوس پارویفلوروس^{۱۶} (نباتی از خانواده نعنا) قبل از واکسین به یک گله مرغ، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر پاسخ هومورال در برابر بیماری نیوکاستل و بیماری گامبورو داشته است. در تحقیق دیگری، استفاده از عصاره‌ی محصولات درخت دوايي ازادیراجتا هندیکا یا نیم^{۱۷} باعث حفاظت کامل گله‌های مرغ در برابر انفلوانزای فوق حاد مرغی تایپ H5N8 شد و از انتشار بیشتر ویروس جلوگیری نمود. افزون بر آن، نتایج مطالعه‌ی دیگری مشخص ساخت که لیستین استخراج‌شده از قارچ‌ها، میزان انتی‌بادی‌ها را بر ضد بیماری گامبورو در مرغ‌های واکسین شده افزایش می‌دهد. بنابراین، تطبیق محرک‌های سیستم معافیتی مؤثریت واکسین‌ها را در گله‌های واکسین شده بهبود بخشیده و گله‌ها را به شکل مؤثر از شر بیماری‌های مهلک محافظت کرده می‌تواند (Mateen et al., 2025).

یکی از رویکردهای دیگر نوین برای بهبود مؤثریت واکسین‌ها را استفاده از نوتکنالوژی و نونپارتیکل‌ها تشکیل می‌دهد. نونپارتیکل‌ها در حقیقت مواد دارای قطر کمتر از ۱۰۰ نانومتر اند که به حیث سیستم‌های انتقال دهنده‌ی واکسین‌ها استفاده می‌شوند. در همچو حالت، انتی‌جن‌های واکسین در سطح نونپارتیکل‌ها مدغم شده و یا در بین آن‌ها جابجا می‌گردند^{۱۸}. پوش شدن انتی‌جن‌ها در نونپارتیکل‌ها انتی‌جن‌های واکسین را از تجزیه‌ی انزایمی حجرات میزبان محافظه نموده و به شکل مؤثر توسط حجرات دفاعی اخذ می‌گردند. بنابراین، واکسین‌های مدغم‌شده با نونپارتیکل‌ها در اثر تحریک معافیت حجروی و هومورال مؤثریت واکسین‌ها را بیشتر می‌سازد (León-Montoya and Bodman-Harris et al., 2024; Acevedo-Villanueva et al., 2021).

در حال حاضر از نوتکنولوژی در واکسین‌های بیماری‌های نیوکاستل، انفلوانزای مرغی، ایکولای و سالمونیلای استفاده به عمل می‌آید. به طور مثال، یک نونپارتیکل تجارتي بنام $Ag@SiO_2$ که واکسین DNA را پوش نموده در برابر بیماری نیوکاستل در طیور مورد آزمایش قرار گرفت. پس از تطبیق واکسین به این شکل، عکس‌العمل هومورال و حجروی با تولید سطح بلند انتی‌بادی در سیروم و افزایش انترلیوکین ۲ (IL-2) و انترفیرون گاما ($IFN-\gamma$) نظر به واکسین ستندرد که بدون این نونپارتیکل تطبیق

^{۱۶} *Plectranthus parviflorus*

^{۱۷} *Azadirachta indica* /Neem

^{۱۸} encapsulation

شده بود، بوجود آمد. برعلاوه این واکسین پوش شده با نئوپارتیکل معافیت موکوزال را نیز تولید نمود. نتایج این تحقیق مشخص ساخت که نئوپارتیکل $Ag@SiO_2$ یک روش مصئون و مؤثر تطبیق واکسین DNA در برابر بیماری نیوکاستل است (León-Montoya and Angulo, 2025; Bodman-Harris et al., 2024; Acevedo-Villanueva et al., 2021). یک نئوپارتیکل دیگر که برای پوش نمودن واکسین ها استفاده می شود، چیتوسان است. در یک مطالعه، موش های که با یک واکسین پوش شده با چیتوسان واکسین شده بودند، در آن ها میزان بلند انتی بادی، لMFوسایت های $CD4^+ T$ و جواب دهی قوی حساسیت بیش از حد تأخیر یافته تولید گردید. در یک تحقیق دیگر، یک واکسین بیماری نیوکاستل با پارتیکل های چیتوسان و کلسیم فاسفیت در طیور مورد استفاده قرار گرفت. واکسین های دارای نئوپارتیکل های متذکره نسبت به واکسین سنتنرد سبب تولید میزان بلند انتی بادی در خون و غشای مخاطی گردید، اما واکسین دارای چیتوسان محافظت بهتر نظر به واکسین دارای کلسیم فاسفیت را تولید نمود (León-Montoya and Angulo, 2025; Bodman-Harris et al., 2024; Acevedo-Villanueva et al., 2021).

به اثبات رسیده که تغذیه پروبیوتیک ها نیز سیستم معافیتی طیور را بهبود بخشیده و مؤثریت واکسین ها را در گله های واکسین شده افزایش می دهد. به طور مثال، تطبیق همزمان پروبیوتیک ها با واکسین های انفلوانزای مرغی، بیماری مارک، هرپس ویروس فیلمرغ و سالمونلا انتریتیدس مؤثریت این واکسین ها را بهبود بخشیده است (Bodman-Harris et al., 2024).

نتیجه گیری

باتوجه به معلومات ارائه شده چنین می توان نتیجه گیری نمود که باوجود تطبیق واکسین های مختلف النوع در برابر اکثر بیماری های باکتریایی، ویروسی و پروتوزوایی طیور، رخداد بیماری های متذکره به کثرت در میان گله های طیور ثبت گردیده که نشان دهنده ی ناکامی پروسه واکسیناسیون در این جمعیت ها می باشند. فکتورهای مختلف ممکن در این ناکامی نقش بازی نمایند، اما تفاوت انتی جن های موجود در واکسین ها با سترن ها و یا سیروتایپ های عوامل بیماری زای موجود در گله های طیور ساحه، تطبیق واکسین های بی کیفیت و تاریخ گذشته، در نظر نگرفتن رهنمودهای کمپنی سازنده ی واکسین، موجودیت سترس بالای طیور، مدیریت و حفظ الصحه نادرست فارم ها، جیره ی نامتوازن، شایع بودن بیماری های پرازیتی و بیماری های مزمن و در نهایت مراعات نکردن زنجیره ی سرد در جریان ذخیره، انتقال و تطبیق واکسین ها از جمله دلایل عمده در این زمینه به شمار می روند. راهکارهای مختلف برای بهبود برنامه های واکسیناسیون و افزایش مؤثریت واکسین ها در گله های طیور موجود اند

که عمده‌ترین آن‌ها عبارتند از: مراعات نمودن رهنمودهای کمپنی سازنده واکسین، تطبیق واکسین‌ها زیر نظارت داکتر و ترنر، تطبیق واکسین تنها در پرندگان سالم، گرم‌زدایی گله‌های طیور قبل از تطبیق واکسین، تجویز مولتی‌ویتامین‌ها و مواد منرالی قبل و بعد از واکسیناسیون و نظارت منظم بر بیماری‌های شایع به‌منظور کنترل و جلوگیری آنها و شناسایی سترن‌ها و سیروتایپ‌های شایع در ساحه و شامل نمودن آنها در ترکیب واکسین؛ اما راهکارهای نوین بویژه استفاده از نئوتکنالوژی در زمان تهیه واکسین‌ها، تطبیق گیاهان مشخص و یا عصاره‌های آن‌ها قبل و یا بعد از تطبیق، تطبیق واکسین‌های جدید ترکیبی همراه با مواد تقویتی در زمان زندگی امبریونی در داخل تخم و تغذیه‌ی پروبیوتیک‌ها به‌طور نقش مثبت در افزایش مؤثریت واکسین‌ها و کاهش خطر شکست پروسه واکسیناسیون دارند. در نهایت سفارش می‌گردد تا پالیسی ملی واکسیناسیون طیور و رهنمودهای ساحوی برای فارمدارن تهیه گردند و واکسین‌های باکیفیت و مطابق سترن‌های عوامل بیماری‌زای موجود در کشور تهیه و یا توريد و در گله‌های طیور تطبیق گردند.

سیاسگزاری

از مرورکنندگان و اعضای هیأت تحریر مجله علمی-تحقیقی علوم طبیعی پوهنتون کابل به خاطر رهنمایی‌های مؤثرشان ابراز سپاس و قدردانی دارم.

تضاد منافع

تصدیق می‌گردد که هیچ‌گونه تضاد منافع وجود ندارد.

- Abdallah, N., Tekelioğlu, B. K., Kurşun, K., Baylan, M., & Elçi, Ümit (2023). Vaccination and Poultry (chicken) Production. *Journal of Agriculture, Food, Environment and Animal Sciences*, 4(1), 119-136. Retrieved from [Link](#)
- Abdul-Cader, M. S., Palomino-Tapia, V., Amarasinghe, A., Ahmed-Hassan, H., De Silva Senapathi, U., & Abdul-Careem, M. F. (2018). Hatchery vaccination against poultry viral diseases: potential mechanisms and limitations. *Viral immunology*, 31(1), 23-33. DOI: [10.1089/vim.2017.0050](https://doi.org/10.1089/vim.2017.0050)
- Acevedo-Villanueva, K. Y., Akerele, G. O., Al Hakeem, W. G., Renu, S., Shanmugasundaram, R., & Selvaraj, R. K. (2021). A Novel Approach against Salmonella: A Review of Polymeric Nanoparticle Vaccines for Broilers and Layers. *Vaccines*, 9(9), 1041. <https://doi.org/10.3390/vaccines9091041>
- Aida V, Pliasis VC, Neasham PJ, North JF, McWhorter KL, Glover SR and Kyriakis CS (2021) Novel Vaccine Technologies in Veterinary Medicine: A Herald to Human Medicine Vaccines. *Front. Vet. Sci.* 8:654289. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.654289>
- Aqib, A.I.; Anjum, A.A.; Islam, M.A.; Murtaza, A.; Rehman, A.u. (2023). Recent Global Trends in Vaccinology, Advances and Challenges. *Vaccines*, 11, 520. <https://doi.org/10.3390/vaccines11030520>
- Avellaneda, G., Mundt, E., Lee, C. W., Jadhao, S., & Suarez, D. L. (2010). Differentiation of infected and vaccinated animals (DIVA) using the NS1 protein of avian influenza virus. *Avian diseases*, 54(s1), 278-286. <https://doi.org/10.1637/8644-020409-Reg.1>
- Badakaya, A. S., Umar, B., Rabi, M. A., & Danhassan, B. A. (2021). A Review of Effects of Vaccination Failures on Poultry Production in Climatic Conditions of the Sudan Savannah. *Anim Health J*, 2(1), 16-24. DOI: <https://doi.org/10.47941/ahj.547>
- Bilal, M., Samoon, F. A., Fahad, M., Shafiq, M. S., Iftikhar, M. A., Ahmad, Y., & Abdullah, O. M. (2025). Strategies for Improving Immunity and Production in Broilers: Impact of Vaccination on Poultry Health. *Haya Saudi J. Life Sci.*, 10, 94-103. DOI: <https://doi.org/10.36348/sjls.2025.v10i03.006>
- Birhane, N., & Fesseha, H. (2020). Vaccine failure in poultry production and its control methods: A review. *Biomed. J. Sci. Tech. Res*, 29(4), 22588-22596. DOI: [10.26717/BJSTR.2020.29.004827](https://doi.org/10.26717/BJSTR.2020.29.004827)
- Bodman-Harris O, Rollier CS, Iqbal M. (2024). Approaches to Enhance the Potency of Vaccines in Chickens. *Vaccines (Basel)*; 12(12):1337. <https://doi.org/10.3390/vaccines12121337>. PMID: 39771998; PMCID: PMC11680195.
- Chapman, H. D., & Jeffers, T. K. (2014). Vaccination of chickens against coccidiosis ameliorates drug resistance in commercial poultry production. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, 4(3), 214-217. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpddr.2014.10.002>
- Fan, X., Hu, Y., Zhang, G., & Wang, M. (2015). Veterinary influenza vaccines against avian influenza in China. *Future Virology*, 10(5), 585-595. <https://doi.org/10.2217/fvl.15.23>

- Igbokwe, I. O., Maduka, C. V., Igbokwe, N. A., Ogbaji, S. J., Onah, C. C., & Atsanda, N. N. (2020). Adoption and failure rates of vaccinations for disease prevention in chicken farms in Jos, Nigeria. *Tropical Animal Health and Production*, 52(6), 3113-3121. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02335-1>
- Islam, M. S., & Rahman, M. T. (2023). A Comprehensive review on bacterial vaccines combating antimicrobial resistance in poultry. *Vaccines*, 11(3), 616. <https://doi.org/10.3390/vaccines11030616>
- Jacob, J. (2013). Poultry Vaccines for Use on Organic Farms, eOrganic article compliance with National Organic Program regulations by members of the eOrganic community, [Online] Accessed on: 18 Dec 2025; retrieved from: [Link](#)
- Kathiravan.S., Valavan.P., Madhanraj.N., Alimudeen.S. and Hariharan.R (2023). Vaccination Failure in Poultry Production New Era Agricultural Magazine, 2(1): 19-30, Retrieved from: [Link](#)
- Kozak, M., Hu, J. (2024). DNA Vaccines: Their Formulations, Engineering and Delivery. *Vaccines*, 12, 71. <https://doi.org/10.3390/vaccines12010071>
- Landman, W.J.M. (2012) The downside of broiler vaccination, *Veterinary Quarterly*, 32:3-4, 121-122, <https://doi.org/10.1080/01652176.2012.729657>
- León-Montoya, H., & Angulo, C. (2025). Cutting-edge progress in the protective efficacy of nanovaccines against poultry diseases. *World's Poultry Science Journal*, 81(2), 403-425. <https://doi.org/10.1080/00439339.2025.2461723>
- Liu F, Wu X, Li L, Ge S, Liu Z, Wang Z. (2013). Virus-like particles: Promising platforms with characteristics of DIVA for veterinary vaccine design. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. Jul 1;36(4):343-52. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2013.02.002>.
- Mateen, A.; Arslan, M.; Ali, R. F.; Usman, M.; Elahi, U. (2025). Beyond Antibiotics: A review of sustainable strategies and emerging alternatives for poultry health management in modern farming. *Insights Anim. Sci* 1-22, (1)2 <https://doi.org/10.69917/ias.02.01-01>
- Mayers J., Mansfield, K.L., Brown I.H. (2017). The role of vaccination in risk mitigation and control of Newcastle disease in poultry. *Vaccine*, <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2017.09.008>
- Metwally, S., Viljoen, G., & El Idrissi, A. (2021). *Veterinary Vaccines: Principles and Applications*. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and John Wiley & Sons Limited, Retrieved from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119506287>
- Otiang E, Thumbi SM, Campbell ZA, Njagi LW, Nyaga PN, Palmer GH (2021) Impact of routine Newcastle disease vaccination on chicken flock size in smallholder farms in western Kenya. *PLoS ONE* 16(3): e0248596. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248596>

- Rabie, N. S., & Amin Girh, Z. M. (2020). Bacterial vaccines in poultry. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0260-1>
- Ravikumar, R.; Chan, J.; Prabakaran, M. (2022). Vaccines against Major Poultry Viral Diseases: Strategies to Improve the Breadth and Protective Efficacy. *Viruses*, 14, 1195. <https://doi.org/10.3390/v14061195>
- Salih, A., Mohammed, L., & Bara, A. (2025). Molecular Evidence of Marek's Disease Virus Evolution from Commercial Poultry Flocks in Iraq. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 71(187), 655-669. <https://doi.org/10.21608/avmj.2025.353190.1560>
- Sana, S.S.; Atuahene, D.; Nagy, V.; Shaikh, A.M.; Knop, R. (2025). The Rising Threat of Antibiotic Resistance in Poultry: Veterinary and One Health Perspectives. *Vet. Sci.*, 12, 1059. <https://doi.org/10.3390/vetsci12111059>
- Sharif, A., & Ahmad, T. (2018). Preventing vaccine failure in poultry flocks. In *Immunization-Vaccine Adjuvant Delivery System and Strategies*. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.79330>
- Stewart-Brown B. (2024). Vaccination Programs for Poultry, MSD Veterinary Manual [Online], Accessed on: 18 Dec 2025; Retrieved from: [Link](#)
- Swayne, D. E. (2012). Impact of vaccines and vaccination on global control of avian influenza. *Avian diseases*, 56(4s1), 818-828. <https://doi.org/10.1637/10183-041012-Review.1>
- Toka, T., & Geinoro, T. (2023). Vaccine failure and its control methods in poultry production. *British Journal of Poultry Sciences*, 12(2), 63-73. <https://doi.org/10.5829/idosi.bjps.2023.63.73>
- Tsion B, Fanose T. (2023). Review on Discriminatory Tests of Immune Reacton due to Infecton and Vaccinaton (DIVA Test). *Austr J Vet Sci & Anim Husb.*; 10(3): 1120, [Link](#)
- Vijay, D., Dhaka, P., J.S Bedi and R.S Aulakh (2019). Veterinary Vaccines: A Silver Bullet for Animal Health in Low-and-Middle Income Countries, International Veterinary Vaccinology Network, School of Public Health and Zoonoses, Guru Angad Dev Veterinary and Animal Sciences University, India [Online], Accesses 20 Oct 2025. Available at: [Link](#)
- Wang, H., Tian, J., Zhao, J., Zhao, Y., Yang, H., Zhang, G. (2024). Current Status of Poultry Recombinant Virus Vector Vaccine Development. *Vaccines*, 12, 630. <https://doi.org/10.3390/vaccines12060630>