راهکارهای فناورانه به منظور تعیین جنسیت تخم‌مرغ

محمد علیزاده[1]، مهدی زین‌الدینی[2*]، زهرا مردشتی[1]، نرگس تنها[1]

۱- دانش آموخته، مجتمع پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، گروه علوم زیستی، تهران، ایران
۲- دانشیار، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، گروه علوم زیستی، تهران، ایران

*صندوق پستی ۱۵۸۷۵۱۷۷٤، تهران، ایران

zeinoddini52@mut.ac.ir

دریافت: ۱٤۰۲/۰۵/۰۲ پذیرش: ۱٤۰۳/۰۳/۲۷

چکیده

فناوری‌های نوین در تعیین جنسیت تخم‌مرغ، کمک زیادی به پایان معدوم‌سازی جوجه های نر خواهد کرد که این امر سبب صرفه‌جویی زیادی در صنعت مرغداری می‌شود. این فناوری‌ها به اندازه‌ای ارزشمند و با اهمیت است که شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی زیادی حاضر به سرمایه‌گذاری‌های کلان برای پیشرفت در این حوزه بوده و هستند. امروزه از دو روش تهاجمی و غیرتهاجمی جهت تعیین جنسیت تخم‌مرغ استفاده می‌شود. روش‌های تشخیصی تهاجمی اغلب منجر به کاهش زنده ماندن نمونه‌ها می‌شود، در حالی‌که روش‌های غیرتهاجمی با دقت بالا و زنده‌مانی نمونه‌ها، قابلیت توسعه زیادی را بین محققین ایجاد کرده است. به بیان دیگر روش‌های تشخیصی تهاجمی با درصد بالایی تعیین جنسیت جنین‌های درون تخم‌مرغ را انجام می‌دهند اما می‌تواند سبب به خطر انداختن ادامه فرایند جوجه‌کشی شده و امنیت غذایی را به خطر اندازد. اما کاربرد روش‌های غیرتهاجمی برای استفاده صنعتی به‌واسطه عدم ایجاد مخاطره برای جنین جوجه در روند تشخیص جنسیت، دارای اولویت است. در این مقاله مروری، ضمن بررسی اهمیت تعیین جنسیت در زمان جوجه‌کشی برای صنایع مرغداری، تلاش شده است تا تمامی فناوری‌های نوین استفاده شده برای تعیین جنسیت در مرحله تخم‌ریزی و جوجه‌کشی بررسی شود و همچنین، مقایسه‌ای بین آنها از نظر فواید و معایب انجام شود.

کلید واژگان: تعیین جنسیت، مرغداری، فناوری، شناسایی، جوجه‌کشی.

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2025-04-16]

زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس ـــــــ

۲- مواد و روش‌ها

در این مقاله مروری، مطالعات انجام شده تا سال ۲۰۲۳ در زمینه انواع روش‌های تشخیص جنسیت آزمایشگاهی و صنعتی تخم‌مرغ، بررسی شده است. این مقالات با جستجوی کلمات کلیدی در پایگاه‌های اطلاعاتی، PubMed، Scopus و همچنین موتور جستجوی گوگل حاصل شدند و مطالعاتی که در زمینه کاربرد روش‌ها در مراکز تحقیقاتی و صنعتی، استفاده شده است، بررسی شد و مقالات تکراری از مطالعه حذف شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اهمیت تعیین جنسیت تخم‌مرغ در مراحل جوجه‌ریزی

در صنعت مرغداری و جوجه‌کشی، بسیاری از مقاصد اقتصادی از قبیل هزینه‌های تولید، میزان نیروی کار و تخصص‌های لازم و نیز جنسیت جوجه‌ها تأثیر قابل توجهی بر عملکرد تولید و منافع اقتصادی دارد. از نظر تولید تخم، پرندگان نر قادر به تخم‌گذاری نیستند و همچنین اغلب در مقایسه با جوجه‌های گوشتی نسبت گوشت به خوراک کمتری دارند. از این‌رو، جوجه‌های نر برای تولید تخم یا تولید گوشت مناسب نبوده و معمولا در صنعت مربوطه زائد محسوب می شوند و بلافاصله پس از شناسایی کشته می‌شوند. حداقل ۲۰-۱۵ درصد هزینه‌های مربوط به پرورش مرغ به تامین جوجه‌های یک روزه اختصاص دارد[۱۱و۱]. پس از خروج جوجه‌ها از تخم و شناسایی و انتخاب، جوجه‌های نر با استفاده از روش‌های مختلف نظیر خفه‌کردن با گاز آرگون یا دی اکسید کربن یا قراردادن در محیط‌های بدون اکسیژن، به‌طور غیراخلاقی معدوم می‌شوند. تعدادی از آنها نیز رنگ‌آمیزی شده و به‌عنوان حیوانات زینتی فروخته می شوند[۱۲]. با وجود توسعه این صنعت در سال‌های اخیر، نگرانی‌های اخلاقی و اقتصادی مربوط به معدوم‌سازی جوجه‌های نر (تقریبا ۷ میلیارد جوجه در هر سال در جهان، معادل ضرر ۱/٤ میلیارد دلاری) به یک مسئله فزاینده در صنعت تخم‌مرغ تبدیل شده است. بر این اساس، لزوم توجه به رفتار اخلاقی، به مفهوم اتخاذ راهبردهای مدیریتی مناسب در جهت ایجاد رابطه‌ای مناسب میان عملکرد اقتصادی سازمان، عملکرد اجتماعی آنان با کل جامعه و محیط زیست، حائز اهمیت است[۱]. در حال حاضر، متداول‌ترین و اولین روش تشخیصی برای تعیین جنسیت جوجه‌های متولد شده بررسی مورفولوژی پر و کلواک[3] جوجه‌ها است. اما این شیوه نمی‌تواند از بسیاری از مشکلات اخلاقی و اقتصادی جلوگیری کند و رضایت حامیان حقوق و رفاه حیوانات را تامین کند[۱۳]. تا به امروز، هیچ رویکرد اقتصادی امکان پذیر در تعیین جنسیت تخم‌مرغ برای کاربردهای در مقیاس صنعتی توسعه داده نشده است[۱۵و۱٤]. نگهداری جوجه‌های نر سبب مصرف زیاد مواد غذایی و کاهش بسیار زیاد درآمد دریافتی پس از کشتار خواهد شد. همچنین، سایر ضررهای اقتصادی از قبیل استفاده از دستگاه های جوجه کشی اضافی، انرژی الکتریکی اضافی صرف شده برای دستگاه‌های جوجه‌کشی و افزایش تعداد کارکنان، رخ خواهد داد که بر این اساس درآمد دریافتی پس از کشتار بسیار کمتر از هزینه خواهد بود[۱٦]. به‌عنوان مثال، در مزرعه ای که ۱۰۰ هزار قطعه جوجه نر دارد، میزان وزن غذای روزانه مصرفی آن تا ۱۰ هزار کیلوگرم مورد نیاز است. بنابراین، اگر قیمت هر کیلو خوراک آنها یک دلار در نظر گرفته شود، ۱۰ هزار دلار در روز صرفا هزینه تامین خوراک آنها خواهد بود. در حالی‌که، قیمت هر کیلو گوشت آنها حداکثر ۲ دلار می‌باشد که عموما وزن آنها نیز بیشتر از ۲ کیلوگرم نخواهد بود. بر اساس فرض فوق، میزان درآمد حاصله طی یک دوره شش ماهه، ٤۰۰ هزار دلار خواهد بود. در حالی‌که، هزینه ۱۸۰۰ هزار دلاری را در همان مدت زمان به همراه خواهد داشت. بنابراین، با

[3] Cloak

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2025-04-16]

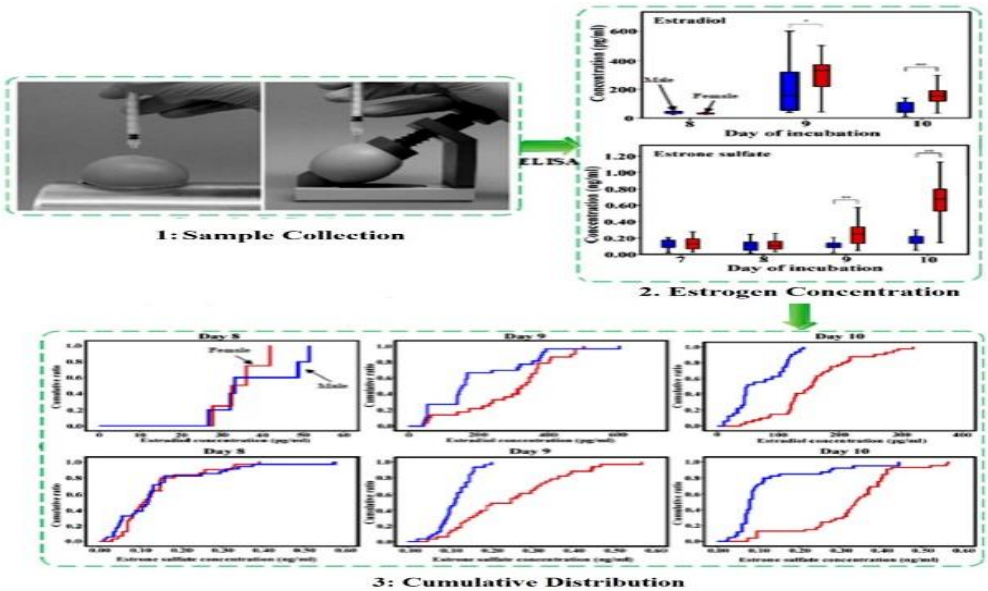
زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس ـــــــ

به‌طور کلی، از آنجایی که روش‌های تعیین جنسیت غیرتهاجمی، معمولا نیاز به نمونه‌گیری از خون، مایعات و ژنوم جنین‌ها ندارد و می‌تواند در مدت زمان معقولی بدون تجزیه‌وتحلیل‌های شیمیایی و ژنتیکی جنسیت تخم‌مرغ را مشخص کند، قابلیت در نظر گرفتن به‌عنوان رویکردی مناسب‌تر برای استفاده در صنعت مرغداری و طیور را دارد[۱۳]. در ادامه به تشریح بیشتر این فناوری پرداخته می‌شود.

۳-۲-۱ روش‌های تشخیصی تهاجمی

۳-۲-۱-۱ بررسی بیوشیمیایی غلظت‌های استروژن سولفات در مایع آلانتوئیک

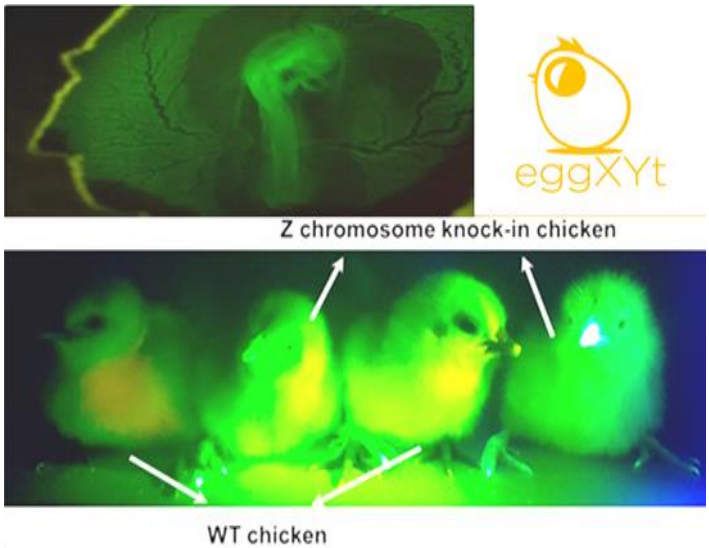
هورمون استروژن سولفات موجود در مایع آلانتوئیک را می‌توان برای تعیین جنسیت تخم‌مرغ در روز نهم انکوباسیون اندازه‌گیری کرد. تحقیقات نشان داده است که سطح هورمون فوق در تخم‌مرغ نر به‌طور قابل‌توجهی کمتر از تخم ماده است. به‌طوری‌که، مطابق شکل ۲، اختلاف معناداری میان سطوح استروژن سولفات در نهمین و دهمین روز انکوباسیون (با استفاده از روش الایزا) مشاهده می‌شود. تجزیه‌وتحلیل نتایج حاصل از این روش به چهار ساعت زمان نیاز دارد. با این‌حال می‌تواند جنسیت جنین را تا روز نهم جوجه‌کشی با دقت بیش از ۹۸ درصد تشخیص دهد. استفاده از این روش سبب کاهش معنادار نرخ جوجه‌ریزی شده است[۱۸]. در این راستا، شرکت آلمانی SELEGGT در نهمین روز انکوباسیون از لیزر جهت ایجاد سوراخی به قطر ۰,۳۳ میلی‌متر در پوسته تخم‌مرغ برای دریافت نمونه از مایع آلانتوئیک استفاده کرده است تا با اندازه‌گیری سطح استروژن سولفات که تنها در جنین‌های جوجه ماده وجود دارد، با دقت ۹۸/۵ درصد و با توان عملیاتی ۱ تا ۳۰۰۰ تخم در ساعت به‌صورت خودکار، جنین‌های جوجه را تعیین جنسیت کند[۱۹]. شرکت هلندی In Ovo در شهر لیدن نیز با ایجاد و توسعه دستگاهی به نامElla ، قادر به تجزیه‌وتحلیل میزان استرادیول موجود در مایع آلانتوئیک تخم‌مرغ‌ها، در نهمین روز انکوباسیون است که بر این اساس ۱ تا ۱۵۰۰ تخم در ساعت را می‌تواند تعیین جنسیت کند [۲۰].



شکل ۲ ارزیابی غلظت هورمون استروژن سولفات به روش الایزا در روز های ۹،۸ و ۱۰ انکوباسیون در مایع آلانتوئیک. نمودار آبی رنگ نشانگر جنسیت نر و نمودار قرمز رنگ نشانگر جنسیت ماده می‌باشد[۱۸].

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2025-04-16]

زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس ـــــــ



شکل ۳ تصویری شماتیک از تعیین جنسیت تخم‌مرغ با فناوری کریسپر. جنین ۲,۵ روزه نر که تحت تابش نور فلوئورسنت به رنگ سبز می‌درخشد (بالا- چپ)، لوگوی شرکت مربوطه (بالا- راست)، تفکیک جوجه‌های نر ترانس ژنیک از جوجه‌های ماده طبیعی که با درخشش تحت تابش نور فلوئورسنت، قابل تشخیص است (پایین).

با این‌حال، کاربردهای آتی فناوری کریسپر در طیور دارای پتانسیل‌های امیدوارکننده و فوق‌العاده‌ای در تحقیقات زیست‌پزشکی است که به‌دلیل فرصت‌های گسترده جهت درمان و پیشگیری از بیماری‌ها می‌تواند برای بشر مفید واقع شود. به این ترتیب،آخرین پیشرفت‌ها در فناوری ویرایش ژنی کریسپر ممکن است به کاهش یا حذف موانع موجود در جهت توسعه آن منجر شود و درک عمومی و مقبولیت این فناوری را ارتقا دهد[۲۱].

۳-۲-۱-۲-۲ بهره‌گیری از واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR)

استفاده از PCR به‌عنوان یک روش متداول برای تشخیص جنسیت جوجه‌های پرندگان با هدف تکثیر ژن‌های وابسته به جنس، مانند، ژن CHD واقع در کروموزوم های جنسی Z و W ، یکی دیگر از تکنیک های مرسوم است. این ژن از لحاظ طول و نوع بازها در پرندگان کوچک جثه و در نواحی اینترونی دارای اختلاف طول هستند. به‌طوری‌که، این ژن در کروموزوم W طویل‌تر از کروموزوم Z می‌باشد. بر این اساس، این اختلاف در طول بر روی ژل آگارز قابل مشاهده است. این روش دارای دقت بالایی است، با این وجود گران‌تر و زمان‌بر تر از سایر روش‌ها می‌باشد[۲۵]. در این راستا شرکت آلمانی PLANT egg نیز موفق به توسعه استفاده از PCR در راستای ارزیابی تفاوت‌های ژنتیکی موجود در DNA مایع آلانتوئیک و در نتیجه تشخیص جنسیت جنین‌های جوجه شده است. بنابراین، جنسیت را می‌توان در مراحل اولیه انکوباسیون با دقت بالا و بسیار سریع (در عرض یک ساعت) تعیین کرد. تخم‌هایی که جوجه‌های نر از آنها بیرون می‌آیند را می‌توان زودتر جدا کرده و برای مقاصد دیگر استفاده کرد[۲۶]. علاوه بر این، یک رویکرد متفاوت از PCR معمول، برای برش اسیدهای نوکلئیک در مکان‌های خاص و بر اساس ساختار به جای توالی استفاده، وجود دارد. به‌طوری‌که، با طراحی دو پروب الیگونوکلئوتیدی (شامل یک پروب اولیه و یک پروب ثانویه) که به‌صورت پشت سر هم با DNA هدف هیبرید

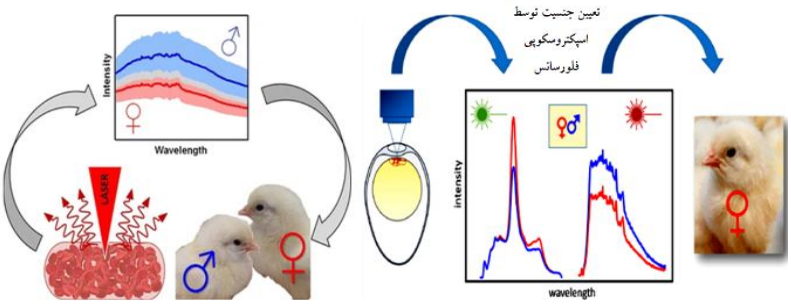
[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2025-04-16]

زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس ـــــــ

روش‌های مبتنی بر طیف نیز پتانسیل بالایی را نشان می‌دهند، اما نیاز به پردازش و مدل‌سازی پیچیده داده‌ها دارند. در پرندگان، نرها دو کروموزوم جنسی یکسان (ZZ) دارند، در حالی‌که، ماده‌ها کروموزوم‌های هتروگامتیک (ZW) دارند. تفاوت در محتوای DNA بین جوجه‌های نر و ماده تقریبا دو درصد است. بر این اساس استفاده از فلوسیتومتری به‌عنوان یک ابزار مناسب برای ارزیابی محتوای DNA می‌تواند مفید واقع شود. چراکه شدت فلورسانس ساطع شده توسط هر هسته مستقیما با مقدار DNA موجود در آن، متناسب است. این امر می‌تواند اختلافات محتوای DNA میان کروموزم‌های جنسی نر و ماده را شناسایی کند اما فلوسیتومتری علی‌رغم دقیق بودن آن، راندمان پایینی دارد. به‌طوری‌که، برای تحقیقات آزمایشگاهی مناسب‌تر از کاربردهای صنعتی آن است[۱۵]. استفاده از سایر روش‌های طیف سنجی از قبیل طیف سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FT-IR)[۳۰]، اسپکتروسکوپی رامان[۳۰]، تومورگرافی سه بعدی (Micro-CT) X-ray [۱۵] و تومورگرافی انسجام نوری (OCT) [۳۱] نیز در تعیین جنسیت جنین‌های جوجه می‌تواند موثر واقع شود که در ادامه به بررسی آنها پرداخته می‌شود.

طیف سنجی فلورسانس این مزیت را دارد که جنسیت جنین جوجه را در مراحل اولیه انکوباسیون با دقت بیش از ۹۳ درصد در مدت زمان ۵ ثانیه تشخیص دهد. با این‌حال، نیاز به ایجاد یک پنجره کوچک در سطح تخم‌مرغ برای دریافت نمونه از آن، وجود دارد که این امر می‌تواند ادامه فرایند جوجه‌کشی را به خطر بیندازد. در یک مطالعه بیش از ۱۶۰۰ تخم‌مرغ در دو طول موج ۵۳۲ و ۷۸۵ نانومتر توسط روشی مبتنی بر فلورسانس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر آن بوده است که شدت فلورسانس ساطع شده از هموگلوبین‌های جنینی در دو جنس نر و ماده با یکدیگر اختلاف معناداری داشته است. به‌طوری‌که توانسته است جنسیت را با دقت درصد در هر دو جنس تشخیص دهد[۳۱]. در پژوهش مشابه دیگر، ۳۸۰ تخم‌مرغ در طول موج ۹۱۰ نانومتر بررسی شد که بر اساس نتایج به‌دست آمده با دقت ۹۳ درصد جنین‌های جوجه تعیین جنسیت شده‌اند (شکل ۵) [۳۲].

طیف سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FT-IR) یکی دیگر از روش‌های تعیین جنسیت در تخم‌مرغ مبتنی بر طیف سنجی است که تفاوت‌های در میزان DNA را می‌تواند اندازه‌گیری کند.



شکل ۵ (الف) تصویری از تعیین جنسیت جنین‌های جوجه با لیزر در دو طول موج مختلف. در نمودار سمت چپ با طول موج ۵۳۲ نانومتر، نرها دارای پیک بلندتری بوده‌اند ولی در نمودار سمت راست، ماده‌ها در طول موج ۷۵۸ نانومتر، پیک جذب بلندتری را نشان داده است (۳۲). (ب) تعیین جنسیت جنین‌های جوجه در طول موج ۹۱۰ نانومتر. مطابق آن، نرها پیک جذب بلندتری را نشان داده است (۳۰). نمودارهای آبی رنگ بیانگر جنس نر و نمودارهای قرمز رنگ بیان گر جنس ماده است.

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2025-04-16]

زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس ـــــــ

(HSI) و تصویربرداری رزونانس مغناطیسی، قابل استفاده هستند که در ادامه به بررسی آنها پرداخته می‌شود[۱۵].

۳-۲-۲-۱ روش‌های تشخیصی مبتنی بر مورفولوژی

این دسته از روش‌ها به‌طور کلی بر روی بررسی شکل بیرونی پوسته تخم‌مرغ، طول، عرض و حجم تخم‌مرغ‌ها و چگونگی توزیع عروق خونی تمرکز دارد که روش‌های جدیدی را برای تعیین جنسیت جنین جوجه در تخم‌مرغ ارائه می‌کند و قابلیت توسعه برای این هدف را نیز دارند. روش‌های تشخیصی مبتنی بر مورفولوژی، نسبت به سایر روش‌های تعیین جنسیت، ضمن غیرتهاجمی بودن، سریع تر و کم هزینه‌تر هستند. با این‌حال، دقت تشخیص آنها تقریبا ۸۰-۸۵ درصد است که کمتر از دقت روش‌های مولکولی و طیفی در روش‌های تشخیصی تهاجمی است. همچنین، آنها با چالش‌هایی مانند رنگ، ضخامت و صافی پوسته تخم‌مرغ روبه‌رو هستند که به‌کارگیری راهکارهایی (مانند ادغام چندین حسگر تشخیصی با یکدیگر) برای فائق آمدن بر آنها حائز اهمیت است[۱۵و۱۳]. تصویری از روند تکوینی جنین در تخم‌مرغ در شکل ٦ ارائه شده است.

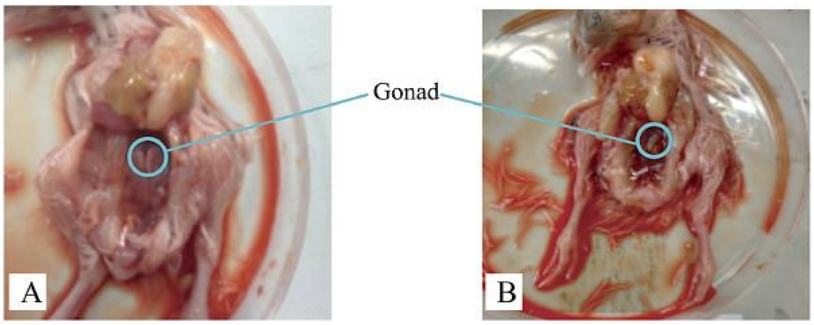
۳-۲-۲-۱-۱ روش‌های شناسایی مبتنی بر شکل بیرونی پوسته تخم‌مرغ

این دسته از روش‌ها را می‌توان برای تعیین جنسیت قبل از جوجه‌کشی استفاده نمود که هزینه های جوجه‌کشی را تا حد زیادی کاهش می دهد. در یک تحقیق مشخص شده است که شاخص شکل، طول، عرض و حجم تخم‌مرغ بین تخم‌های نر و ماده تفاوت معنی‌داری داشته است. در حالی‌که، وزن تخم و تعداد آنها تفاوت معنی داری نداشته است[۳۵]. همچنین، در پژوهشی دیگر به تعیین جنسیت جنین‌های جوجه با دقت بالا با استفاده از شاخص شکل تخم‌مرغ پرداخته شده است. به‌طوری‌که، مشاهده شده است میان نسبت قطر کوچک به قطر بزرگ تخم‌مرغ‌ها با جنسیت جنین‌های جوجه همبستگی وجود دارد. این شیوه، منجر به طبقه‌بندی جنسیت جنین‌های جوجه با دقت حدود ۸۰ درصد شده است[۳٦]. با این‌حال، در مطالعه دیگری در همین زمینه، ۱۲۲۳ تخم‌مرغ ارزیابی شد که مطابق نتایج آن، تفاوت‌های شکل بیرونی را نمی‌توان با جنس مرتبط دانست. بنابراین، می‌توان مشاهده کرد که هیچ همبستگی معناداری میان مورفولوژی پوسته تخم‌مرغ و جنسیت جنین جوجه وجود نداشته است. در نتیجه تاکنون این روش توسط صنایع مرغداری پذیرفته نشده است [۱۵].

شکل ٦ روند تکوین جنین تخم‌مرغ از لحاظ مورفولوژی[۱۵].

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2025-04-16]

زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس ـــــــ



شکل ۸ مورفولوژی گنادهای جنسی جنین‌های جوجه. جوجه نر در تصویر A و جوجه ماده در تصویر B قابل به مشاهده است[۳۷].

در مطالعه‌ای برای به‌دست آوردن اطلاعات مربوط به جنسیت جوجه به‌صورت دقیق، تخم‌ها در روز ۱۵ جوجه‌کشی به‌صورت دستی تشریح شدند که نتیجه آن به‌عنوان معیار در نظر گرفته شد. بر این اساس، تفاوت بین بافت‌های جنین نر و ماده در این است که تخمدان راست جنین ماده تحلیل رفته و تخمدان‌ها را به‌صورت دو طرفه نامتقارن می‌کند. در حالی‌که، بیضه‌ها در دو طرف جنین نر متقارن هستند (شکل ۸). درنتیجه احتمالا توسعه روش‌های تعیین جنسیت غیرتهاجمی مبتنی بر شناسایی تمایز مورفولوژیکی گناد جنینی جوجه از حدود روز ششم انکوباسیون به بعد ممکن می‌باشد[۳۷].

۳-۲-۲-۲ روش‌های تشخیصی مبتنی بر طیف سنجی

تصویربرداری فراطیفی[۶](HSI) و رزونانس مغناطیسی[۷] (MRI) از جمله روش‌های غیرتهاجمی تشخیص جنسیت مبتنی بر طیف سنجی می‌باشد. روش‌های تصویربرداری فراطیفی از سیستم‌های سنجشی استفاده می‌کنند که قادر به ترسیم طول موج‌های نزدیک به هم هستند. روش‌های مبتنی بر فراطیفی برای تعیین جنسیت جنین جوجه در تخم‌مرغ، ناحیه نزدیک به فرابنفش (۳۰۰-۳۸۰ نانومتر)، ناحیه مرئی (۳۸۰-۷۸۰ نانومتر) و ناحیه نزدیک مادون قرمز (۷۸۰-۱۵۰۰ نانومتر) را پوشش می‌دهد. بر این اساس با ارزیابی تفاوت شدت فلورسانس ساطع شده از هموگلوبین های جنینی مربوط به دو جنس نر و ماده، جنسیت آن به‌طور معناداری تشخیص داده می‌شود[۱۵]. همچنین، مشاهده شده است که جنین‌های نر درون تخم‌مرغ، اندازه بزرگتری نسبت به جنین‌های ماده دارند و از این‌رو امواج مادون قرمز بیشتری را نسبت به جنین‌های ماده جذب می‌کنند. در مطالعه‌ای که از امواج مادون قرمز برای بررسی میزان حرکات دینامیکی جنین درون تخم استفاده شد، مشخص شد که جنین‌های ماده فعالیت کمتری نسب به نرها دارند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که امواج مادون قرمز با بررسی موارد مختلفی می‌تواند برای تعیین جنسیت جنین‌ها موثر واقع شود[۱۳]. استفاده از طیف‌های مرئی- نزدیک به فروسرخ (VIS/NIR) سبب شده است که جنسیت جنین‌های جوجه ۱٤ روزه را با دقت ۹۷ درصد تشخیص دهد[۳۹]. در مطالعه مشابه محدوده طیف مرئی-نزدیک فروسرخ (visNIR) از ۳۰۰ تا ۱۱٤۵ نانومتر جهت تعیین جنسیت جنین‌های جوجه، در روز هشتم تا چهاردهم جوجه‌کشی، استفاده شد که باعث تشخیص با دقت ۹۹,۵۲ درصد در روز ۱٤ شد[٤۰]. در پژوهشی دیگر نیز، از امواج ۵۰۰-۹۰۰ نانومتر به همین منظور استفاده شد که بهترین اثر تشخیصی خود را در روز هفتم جوجه‌کشی از خود نشان داده است [۳۹]. شرکت آلمانی Agri Advanced Technologies GmbH، با ایجاد و توسعه دستگاهی به نام CHEGGY که مبتنی بر تصویربرداری فراطیفی می‌باشد،

[6] Hyperspectral Imaging
[7] Magnetic resonance imaging

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2025-04-16]

زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس ـــــــ

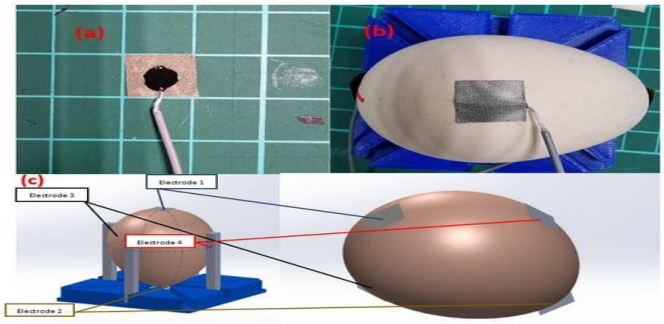
جمله زرده بزرگتر و وزن جنینی سنگین‌تر در جنین‌های جوجه نر، از این‌رو، مورد انتظار است که این تخم‌ها، امپدانس بیوالکتریکی متفاوتی داشته باشند. از آنجا که پوسته تخم‌مرغ را می‌توان به‌عنوان غشای سلولی، پروتئین را به‌عنوان سیتوپلاسم و زرده تخم‌مرغ را به‌عنوان هسته در نظر گرفت، طیف سنجی امپدانس را می‌توان به‌عنوان روشی جهت شناسایی جنسیت جنین جوجه در تخم‌مرغ معرفی کرد[٤٤] (شکل ١٠).

٣-٢-٣ روش‌های تشخیصی مبتنی بر صوت (آکوستیک)

روش‌های مبتنی بر صوت ضربان قلب جنین، از روزهای دوم تا سوم جوجه‌کشی شروع می‌شود. عموما، فرکانس ضربان قلب جنین‌های جوجه پس از نهمین روز جوجه‌کشی ثابت نیست و از ١ تا ٤ هرتز متغیر است. نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل داده‌های ضربان قلب از ساعت ٨ تا ١٢ روز ١٥ تا ١٩ انکوباسیون حاکی از آن بوده است که میانگین ضربان قلب جنین‌های ماده ٢ تا ٤ برابر در دقیقه بیشتر از تخم‌های نر پس از ١٧ روز انکوباسیون بود. با این‌حال، به‌دلیل سفتی پوسته بیرونی تخم‌مرغ، سیگنال ضربان قلب که از پوسته تخم‌مرغ می‌گذرد، بسیار ضعیف است. با این وجود، از یکسری روش‌های تشخیص نوری، مانند انتقال نور قوی می‌توان برای اندازه‌گیری سیگنال‌های ضربان قلب جنین در تخم‌مرغ به کار برد. تمامی این روش‌ها به نویز محیطی حساس بوده و تاکنون امکان‌سنجی استفاده از این روش در مرغداری‌ها، بررسی نشده است. بنابراین، تعیین جنسیت تخم‌مرغ مبتنی بر آکوستیک در تخم‌مرغ هنوز فاصله زیادی تا کاربرد عملی آن در صنعت مرغداری دارد[٤٥و١٥] .

٣-٢-٤ روش‌های تشخیصی مبتنی بر شناسایی ترکیبات آلی فرار

به‌طور معمول، تخم‌مرغ‌های دارای نطفه به‌صورت روزانه، ترکیبات آلی فرار را به‌عنوان محصولات فرعی فرایندهای فیزیولوژیکی آزاد می‌کنند. ترکیبات فوق، مانند ٢-آندکانون به‌عنوان یک کتون فرار، در تخم‌مرغ‌های دارای نطفه، در روزهای مختلف جوجه‌کشی تغییر می‌کند و تخم‌مرغ‌های دارای جنین‌های نر و ماده ترکیبات متفاوتی از آنها را دارا هستند. بر این اساس، می‌توان جنسیت جنین‌های جوجه را در اوایل روز ١ جوجه‌کشی توسط حسگرهایی که به همین منظور توسعه یافته‌اند، پیش‌بینی کرد. روش فوق، یک رویکرد جدید و امیدوارکننده‌ای جهت ارائه اطلاعات زیستی بالقوه برای تعیین جنسیت جنین‌های جوجه است.



شکل ١٠ (a) مراحل تعیین جنسیت جنین جوجه به روش طیف سنجی امپدانس. (b) اپوکسی کربن بر روی چسب پارچه‌ای رسانا به ابعاد ١٠×١٠ میلی‌متر مربع ریخته می‌شود. (c) بر روی نقاط مشخص شده روی تخم‌مرغ با استفاده از کابل کواکسیال RG-1 13 میلی‌متری در موقعیت‌های تعیین شده برای الکترودها چسبانده می‌شود [٤٤].

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2025-04-16]

زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس ـــــــ

جنینهای با جنس ماده)، براین اساس جنین‌های جوجه دارای جنس ماده که پس از آن استفاده خواهند شد، هیچگونه ترکیب ژنتیکی جدیدی را دریافت نخواهند کرد و محصول تراریخته محسوب نمی‌شود و مخاطرات احتمالی حاصل از مصرف مواد غذایی تراریخته وجود نخواهد داشت. البته این امر منوط به آن است که استفاده از روش فوق سبب ایجاد جهش ناخواسته و یا اضافه کردن توالی خاص در ناحیه غیر هدف ژنتیکی نشود. از سوی دیگر، وجود ارزیابی‌های مختلف در زمینه سنجش پتانسیل روش‌های غیرتهاجمی برای استفاده صنعتی به واسطه عدم ایجاد مخاطره برای جنین جوجه در روند تشخیص جنسیت، حائز اهمیت و دارای اولویت است. تصویربرداری فراطیفی، با توانایی تشخیص جنسیت جنین های جوجه در سیزدهمین روز انکوباسیون با دقت ۹۸/۸ درصد، می‌تواند به‌عنوان یک روش تشخیصی غیرتهاجمی برای استفاده صنعتی توسعه یابد، که در مقایسه با روش‌های تهاجمی توسعه یافته، دارای مزیت رقابتی خواهد بود. با استناد به آزمایشات انجام شده روش غیرتهاجمی تصویربرداری فراطیفی HSI و رزونانس مغناطیسی MRI از جمله روش‌هایی با بیشترین دقت در تشخیص هستند که البته نیازمند صرف هزینه‌هایی نسبتا بالا است و بنابراین، انجام مطالعات گسترده‌تری برای ارزیابی سایر مزایا و معایب آن مورد نیاز است. سایر روش‌های تشخیصی غیرتهاجمی، از قبیل، ارزیابی‌های مبتنی بر مورفولوژی، شکل بیرونی پوسته تخم‌مرغ، توزیع عروق خونی، تمایزات گنادهای جنسی و غیره اشاره شده در قسمت‌های قبلی نیز وجود دارد که لزوم انجام بررسی های بیشتر ابعاد مختلف آن، برای بهبود عملکرد آنها و یا امکان‌سنجی استفاده صنعتی از آنها، مورد نیاز است. بدیهی است پیشروی در زمینه تشخیص‌های غیرتهاجمی تعیین جنسیت و انجام آزمایشات بیشتر در این خصوص، ممکن است نگرانی‌های مربوط به معدوم‌سازی جوجه‌های نر و مسائل اخلاقی مرتبط با آن، همچنین اخلال در نظام طبیعت و امنیت غذایی را کاهش دهد.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله هیچ تضاد منافعی را اعلام نمی‌کنند.

تشکر و قدردانی

مطالعات فوق در پژوهشکده علوم و فناوری زیستی دانشگاه صنعتی مالک اشتر انجام گرفته است. بنابراین، از زحمات مسئولین این دانشگاه، سپاسگزاری می‌شود.

٦-منابع

[1] Moezi, F., Gholamhossain, Z., Rezaei moghadam, K. (2018) Causes and Effects of Ethical Challenges in the Poultry Industry and the Development of Moral Strategies: Managing the Behavior of Farmers (Persian). Ethics in Science and Technology. 13, 176–187.

[2] Mehrabadi, M., Hosseini, S. (2020) Application of waste lemon plants on performance and improvement of health of broiler chicks (Persian). Journal of Animal Environment. 12, 95–104.

[3] Attia, Y.A., Rahman, Md.T., Hossain, Md.J., Basiouni, S., Khafaga, A.F., Shehata, A.A., Hafez, H.M. (2022) Poultry Production and Sustainability in Developing Countries under the COVID-19 Crisis: Lessons Learned. Animals (Basel). 12, 644.

[4] Ministry of Agriculture. Available online: https://amar.maj.ir/pageamar/FA/65/form/pId29443.

[5] Yang, N. (2021) Egg production in China: Current status and outlook.Frontiers of Agricultural Science and Engineering. 15, 25–34.

[6] Efremova, A. (2018) Economic Sciences for Agribusiness and Rural Economy. International Scientific Conference ‘Economic Sciences for Agribusiness and Rural Economy. 2, 29–36.

[7] Uzundumlu, A.S., Dilli, M. (2023) Estimating Chicken Meat Productions of Leader Countries for 2019-2025 Years. Ciencia Rural. 53.

[8] Abdollahi Kalourazi, M., Baghersalimi, S., Seidavi, A. (2021) Analysis the Key Proponents of Poultry Industry Development

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2025-04-16]

زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس ـــــــ

[30] Galli, R., Koch, E., Preusse, G., Schnabel, C., Bartels, T., Krautwald-Junghanns, M.E., Steiner, G. (2017) Contactless in ovo sex determination of chicken eggs. Current Directions in Biomedical Engineering. 3, 131–134.
[31] Galli, R., Preusse, G., Schnabel, C., Bartels, T., Cramer, K., Krautwald-Junghanns, M.E., Koch, E., Steiner, G. (2018) Sexing of chicken eggs by fluorescence and Raman spectroscopy through the shell membrane. PLoS One. 13.
[32] Preuße, G., Porstmann, V., Bartels, T., Schnabel, C., Galli, R., Koch, E., Oelschlägel, M., Uckermann, O., Steiner, G. (2023) Highly sensitive and quick in ovo sexing of domestic chicken eggs by two-wavelength fluorescence spectroscopy. Anal Bioanal Chem. 415, 603–613.
[33] Steiner, G., Bartels, T., Krautwald-Junghanns, M.E., Boos, A., Koch, E. (2010) Sexing of turkey poults by Fourier transform infrared spectroscopy. Anal Bioanal Chem. 396, 465–470.
[34] Burkhardt, A., Geissler, S., Koch, E. (2010) Optical coherence tomography as approach for the minimal invasive localization of the germinal disc in ovo before chicken sexing. SPIE Photonics Europe. 7715, 364–371.
[35] Imholt, D. (2010) Morphometrische Studien an Eiern von Hybrid-und Rassehühnern mit Versuchen zur Detektion einer Beziehung zwischen der Form von Eiern und dem Geschlecht.
[36] Kayadan, M., & Uzun, Y. (2023). High accuracy gender determination using the egg shape index. Scientific Reports, 13(1), 504.
[37] Zhu, Z.H., Ye, Z.F., Tang, Y. (2021) Nondestructive identification for gender of chicken eggs based on GA-BPNN with double hidden layers. Journal of Applied Poultry Research. 30, 100203.
[38] Alin, K., Fujitani, S., Kashimori, A., Suzuki, T., Ogawa, Y., Kondo, N. (2019) Non-invasive broiler chick embryo sexing based on opacity value of incubated eggs. Comput Electron Agric. 158, 30–35.
[39] Qing-xu, L., Qiao-hua, W., Mei-hu, M., Shi-jie, X. (2021) Non-Destructive Detection of Male and Female Information of Early Duck Embryos Based on Visible/Near Infrared Spectroscopy and Deep Learning. Spectroscopy and Spectral Analysis. Spectroscopy and Spectral Analysis. 41, 1800–1805.
[40] Corion, M., Keresztes, J., De Ketelaere, B., Saeys, W. (2022) In ovo sexing of eggs from brown breeds with a gender-specific color using visible-near-infrared spectroscopy: effect of incubation day and measurement configuration. Poult Sci. 101, 101782.
[41] CHEGGY. Available online: https://-www.agri-at.com/en/products/in-ovo-sex-determination/cheggy/70-cheggy-is-ready-for-practical-use?rCH=2 (accessed on 8 February 2023).
[42] Davenel, A., Eliat, P., Quellec, S., Nys, Y. (2015) Attempts for early gender determination of chick... - Google Scholar. In: the XXII European Symposium on the Quality of Poultry Meat & XVI European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, Nantes, France.
[43] Fioranelli, M., Sepehri, A., Roccia, M.G., Rossi, C., Vojvodic, P., Lotti, J., Barygina, V., Vojvodic, A., Wollina, U., Tirant, M., Van Thuong, N., Dimitrijevic, S., Sijan, G., Peric-Hajzler, Z., Matovic, D., Vlaskovic-Jovicevic, T., Lotti, T. (2019) In Ovo Sexing of Chicken Eggs by Virus Spectroscopy. Open Access Maced J Med Sci. 7, 3106.
[44] Ching, C.T.S., Wang, C.K., Tang, P.C., Ha, M.K., Li, C., Chiu, H.N., Yao, F.Y.D., Nhan, N.C., Hieu, N. Van, Phan, T.L. (2023) Bioimpedance-Measurement-Based Non-Invasive Method for In Ovo Chicken Egg Sexing. Biosensors. 13, 440.
[45] Geng, L., Hu, Y., Xi, J., Liu, Y. (2019) Detection on the Fertility of Hatching Eggs Based on Heart Rate Threshold. American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences. 53, 49–63.
[46] Gouda, M., Ma, M., Sheng, L., Xiang, X. (2019) SPME-GC-MS & metal oxide E-Nose 18 sensors to validate the possible interactions between bio-active terpenes and egg yolk volatiles. Food Research International. 125, 108611.
[47] Jia, N., Li, B., Zhao, Y., Fan, S., Zhu, J., Wang, H., & Zhao, W. (2023). Exploratory Study of Sex Identification for Chicken

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2025-04-16]

زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس ـــــــ

Technological strategies to determine the gender of eggs

Mohammad Alizadeh[1], Mehdi Zeinoddini[2], Zahra Mardashti[1], Narges Tanha[1]

1. MSc, Faculity of Pasive Defense, Malek-Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.
2. PhD, Faculity of Pasive Defense, Malek-Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.

zeinoddini52@mut.ac.ir

Receipt: 2023/07/24 Accepted: 2024/06/16

Abstract

New technologies in determining the gender of eggs will greatly help to end the extermination of male chickens, which will save a lot in the poultry industry. These technologies are so valuable and important that many companies and research centers are willing to make large investments to progress in this field. Today, two invasive and non-invasive methods are used to determine the gender of the egg. Invasive diagnostic methods often lead to a decrease in the viability of samples, while non-invasive methods with high accuracy and viability of samples have created a great development capability among researchers. In other words, invasive diagnostic methods determine the gender of the embryos inside the egg with a high percentage, but it can endanger the continuation of the hatching process and jeopardize food safety. However, the use of non-invasive methods in line with industrial use has priority due to the fact that there is no danger to the chick embryo in the process of sex determination. In this review study, while examining the importance of gender determination during hatching for the poultry industry, an attempt has been made to examine and compare all the new technologies used to determine gender in the egg-laying and hatching stages and compare its advantages and disadvantages.

Keywords: Gender determination, Poultry farming, Technology, Identification, Hatching.

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2025-04-16]