دوفصلنامه ترویجی
علوم و فنون دامپروری
شماره ۴۷، بهار و تابستان ۱۴۰۴
ص‌ص: ۵۱~۶۰

کاربردهای واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) در بهبود اقتصادی صنعت دام، طیور و شیلات

رضا پسندیده (نویسنده مسئول)[۱]، **مجید پسندیده** [۲]

۱- پژوهشکده میگوی کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، بوشهر، ایران

۲- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت : اردیبهشت ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش : مرداد ۱۴۰۴

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۱۸۷۹۸۰۴

Email: Rezapasandideh63@gmail.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ AASRJ.2025.368200.1307

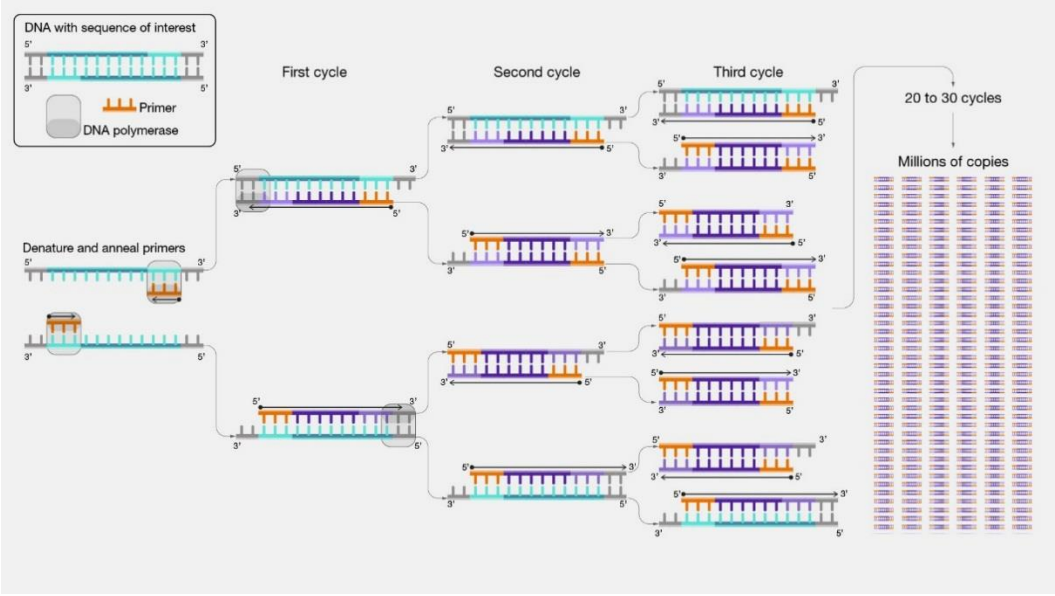
چکیده

صنعت دام، طیور و شیلات اصلی‌ترین منابع تأمین نیازهای غذایی انسان بوده که با چالش‌های مختلفی روبرو می‌باشند. یکی از چالش‌های اصلی در این صنایع، بیماری‌های عفونی هستند که می‌توانند موجب بروز خسارت‌های اقتصادی شدیدی گردند. علاوه بر این، شناسایی ساختار و تنوع ژنتیکی جمعیت‌های حیوانی جهت طراحی برنامه‌های اصلاح نژادی و جلوگیری از بروز افت ناشی از همخونی ضروری است. برای دستیابی به این اهداف از فناوری‌های مختلفی استفاده می‌شود که یکی از آن‌ها واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) است. انواع مختلفی از روش‌های PCR برای تشخیص عوامل بیماری‌زا، تجزیه و تحلیل ساختار ژنتیکی جمعیت، تشخیص جایگاه‌های ژنی مرتبط با صفات اقتصادی، انتخاب مولدین برتر با هدف امنیت غذایی و بهبود تولید در صنعت دام، طیور و شیلات مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مقاله ترویجی به انواع روش‌های PCR مورد استفاده در صنعت دام، طیور و شیلات، کاربردها، مزایا و محدودیت‌های آن‌ها و چگونگی کمک به حفظ جمعیت‌ها پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: اصلاح نژاد، امنیت غذایی، تشخیص بیماری، تنوع ژنتیکی، واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR).

بیان مسئله

علم ژنتیک نقش مهمی را در بهبود تولید، کارایی و پایداری صنعت دام، طیور و شیلات داشته است. این صنایع به طور قابل توجهی از انتخاب ژنتیکی و دستکاری ژنی برای ایجاد لاین‌های حیوانات با صفات مطلوب مانند رشد سریع، بازده بالا، مقاومت به بیماری‌ها و کارایی مصرف خوراک استفاده کرده‌اند. واکنش زنجیره ای پلیمراز (PCR)[1] یکی از پیشرفته‌ترین ابزارهای زیست‌شناسی مولکولی است که انقلابی را در علوم پزشکی، دامپزشکی و آبزی‌پروری ایجاد کرده است. این فناوری که نخستین بار در دهه ۱۹۸۰ توسط کری مولیس معرفی شد، امکان تکثیر سریع و دقیق قطعات خاصی از DNA را در محیط آزمایشگاهی فراهم می‌کند. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، PCR طی یک سری چرخه دمایی موجب تکثیر توالی‌های خاصی از DNA می‌شود. این فرآیند با واسرشت شدن DNA آغاز و DNA دو رشته‌ای به رشته‌های منفرد جدا می‌شود. سپس، پرایمرهای خاص DNA به توالی‌های هدف متصل شده و نقاط شروع تکثیر را مشخص می‌کنند. در نهایت، آنزیم DNA پلیمراز رشته‌های DNA مکمل را سنتز می‌کند که منجر به افزایش تصاعدی تعداد قطعات DNA هدف می‌شود (Rajalakshmi, 2017).



شکل ۱- چگونگی انجام روش PCR جهت تکثیر توالی‌های خاصی از DNA

[1] Polymerase chain reaction

یکی از چالش‌های اصلی در صنعت دام، طیور و آبزی‌پروری، بیماری‌های عفونی می‌باشند که می‌توانند موجب بروز خسارت‌های اقتصادی شدیدی گردند. روش‌های قدیمی تشخیص بیماری‌ها مانند کشت باکتریایی یا آزمایش‌های سرولوژیک، محدودیت‌هایی نظیر زمان‌بر بودن و حساسیت پایین داشتند. PCR به دلیل حساسیت و دقت بالا و شناسایی سریع عوامل بیماری‌زا حتی در مراحل اولیه عفونت، می‌تواند جایگزین ارزشمندی برای روش‌های قدیمی محسوب شود (Ador et al., 2021). صنعت پرورش میگو یکی از صنایع مهم مرتبط با امنیت غذایی در آبزی‌پروری است که بخش قابل توجهی از پروتئین مورد نیاز انسان با منشاء دریایی را تأمین می‌کند. میگوی سفید غربی (Litopenaeus vannamei) پرکاربردترین گونه میگو از خانواده پنائیده در صنعت آبزی‌پروری است. در سال‌های اخیر، صنعت پرورش میگو نیز با تهدید فزاینده عوامل بیماری‌زا نظیر باکتری نکروز حاد هپاتوپانکراس (AHPND)[۲]، انگل درون سلولی (EHP)[۳]، ویروس سندروم لکه سفید (WSSV)[۴] و ویروس نکروز دهنده عفونی عضلات (IMNV)[۵] روبرو شده است (Liao & Chien, 2011). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که PCR در تشخیص بیماری‌هایی مانند بروسلوز و تب برفکی (FMD)[۶] در دام، آنفلوانزای پرندگان (HPAI)[۷] و بیماری‌های لکه سفید (WSD)[۸] و نکروز حاد هپاتوپانکراس (AHPND) در میگو نقش کلیدی دارد. به عنوان مثال، تحقیقات انجام‌شده در سال ۲۰۰۵ نشان دادند که استفاده از PCR در تشخیص تب برفکی باعث کاهش زمان تشخیص از چند روز به چند ساعت شده و در نتیجه، مدیریت سریع و مؤثرتر این بیماری را امکان‌پذیر کرده است. همچنین، این روش به‌عنوان ابزاری مؤثر در تشخیص بیماری‌های ژنتیکی مانند ناهنجاری‌های مادرزادی و جهش‌های ژنتیکی در حیوانات اهلی شناخته می‌شود. روش PCR به‌طور گسترده‌ای در تحقیقات دام، طیور و آبزیان به کار گرفته شده و به ابزاری کلیدی برای تشخیص سریع، دقیق و حساس بیماری‌ها، اصلاح نژاد، مدیریت ژنتیکی و پایش زیست محیطی تبدیل شده است (Giridharan et al., 2005). در این مقاله به انواع آزمایش‌های PCR مورد استفاده در صنعت دام، طیور و شیلات، کاربردهای روش PCR در این صنایع و چگونگی کمک به حفظ جمعیت‌ها پرداخته شده است.

انواع روش‌های PCR مورد استفاده در صنعت دام، طیور و شیلات

۱- PCR معمولی[۹] (cPCR)

PCR معمولی اصلی‌ترین نوع PCR است که در آن قطعات DNA هدف با استفاده از پرایمرهای اختصاصی و آنزیم DNA پلیمراز به صورت تصاعدی تکثیر می‌شوند. نتایج نهایی را می‌توان با استفاده از الکتروفورز ژل آگارز و یا پلی آکریل آمید آنالیز نمود (Khalil, 2021).

۲- Real-time PCR (qPCR)

Real-time PCR (qPCR) روشی بسیار حساس است که امکان تشخیص و تعیین کمیت DNA را در زمان واقعی (در زمان واکنش) فراهم می‌نماید. qPCR اغلب برای بررسی میزان عفونت عامل بیماری‌زا و ارزیابی پاسخ ایمنی حیوانات استفاده می‌شود (Gil, 2007; Ador et al., 2021).

۳- PCR نسخه برداری معکوس (RT-PCR)[۱۰]

RT-PCR برای عوامل بیماری‌زایی نظیر برخی از ویروس‌ها که ماده ژنتیکی آن‌ها RNA است، استفاده می‌شود. این روش شامل نسخه‌برداری معکوس RNA به cDNA با استفاده از آنزیم نسخه بردار معکوس و سپس تکثیر cDNA است (Khalil 2021).

---

[2] Acute hepatopancreatic necrosis disease
[3] Enterocytozoon hepatopenaei
[4] White spot syndrome virus
[5] Infectious myonecrosis virus
[6] Foot-and-mouth disease
[7] Highly pathogenic avian influenza
[8] White spot disease
[9] Conventional PCR
[10] Reverse transcription PCR

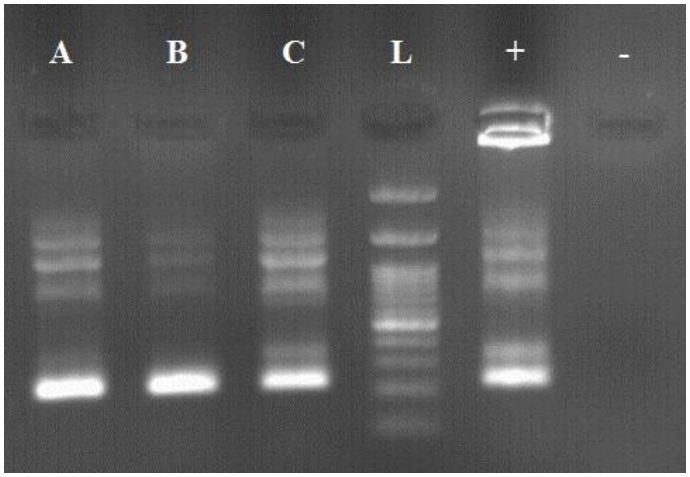
Insulated Isothermal PCR (iiPCR) -٤

اصول تشخیص بیماری‌ها از طریق iiPCR مشابه سایر روش‌های PCR است، اما عملکرد متفاوتی دارد. برخلاف PCR معمولی و Real-time PCR که شامل سه دمای مختلف در هر چرخه تکراری هستند، تکثیر ژن هدف در iiPCR در دمای ثابت انجام می‌شود. فرآیند iiPCR به زمان کمتری نیاز دارد و نتایج را می‌توان به صورت کیفی در صفحه نمایش iiPCR یا PCR Pockit مشاهده کرد. هنگامی که تعداد نسخه‌های DNA عامل بیماری‌زا در نمونه از ۱۰ نسخه بیشتر شود، iiPCR یک نتیجه مثبت را نشان می‌دهد (Chua et al., 2016).

Nested PCR -٥

در روش Nested PCR از دو جفت پرایمر استفاده می‌شود به طوری که پرایمرهای جفت دوم درون قطعه تکثیر شده توسط پرایمرهای جفت اول قرار می‌گیرند. این روش دو مرحله‌ای بوده و محصولات مرحله اول PCR به عنوان الگو برای مرحله دوم استفاده می‌شوند (Khalil, 2021). از روش Nested PCR برای شناسایی عوامل بیماری‌زای مختلف برای مثال باکتری ویبریوپاراهمولیتیکوس (عامل ایجاد کننده بیماری AHPND) در میگوی سفید غربی (Dangtip et al., 2015) و هرپس ویروس نوع ۳ (عامل ایجاد کننده بیماری کوی هرپس ویروس[11]) در ماهی کپور معمولی (شهوازی و همکاران، ۱۴۰۱) استفاده شده است. در شکل ۲ قطعه ۲۳۰ جفت بازی تکثیر شده مربوط به نمونه‌های مثبت برای بیماری AHPND در میگو نشان داده شده است.

[11] Koi herpesvirus

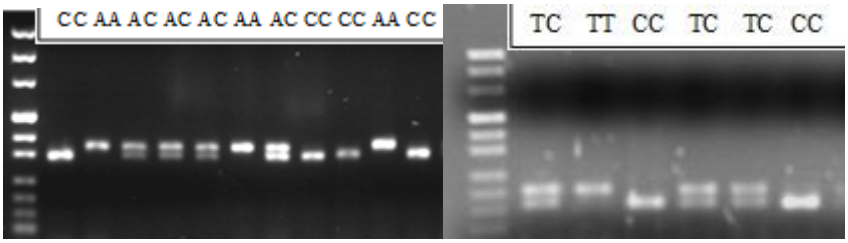


شکل ۲- ردیابی بیماری AHPND در میگوهای سفید غربی. A، B و C: قطعه ۲۳۰ جفت بازی حاصل از تکثیر ژن پلاسمید موجود در باکتری ویبریوپاراهمولیتیکوس در نمونه‌های مثبت میگو برای بیماری AHPND؛ L: نردبان ژنی ۱۰۰ جفت بازی.

٦- PCR-[12]RFLP

در روش PCR-RFLP ابتدا محصول PCR تحت تأثیر یک آنزیم محدودکننده اختصاصی قرار می‌گیرد و بر اساس برش‌هایی که در توالی مورد شناسایی آن آنزیم رخ می‌دهد، ژنوتیپ حیوان برای آن ژن خاص تعیین می‌شود. طبیعی است که در این روش باید نوع جهش و جایگاه آن کاملاً شناخته شده باشد تا بتوان از آنزیم اختصاصی در تشخیص آن استفاده کرد. در این روش به ازاء هر جهش نوکلئوتیدی تعداد قطعات حاصل از آلل‌های سالم و جهش یافته یک عدد با یکدیگر اختلاف دارند که بر روی ژل الکتروفورز قابل تشخیص است (Ador et al., 2021). در شکل ۳ با استفاده از روش PCR-RFLP چندشکلی‌های تک نوکلئوتیدی T>C و A>C از ژن PPARGC1A مرتبط با ترکیب و تولید شیر در گاوهای هلشتاین استان‌های تهران و اصفهان شناسایی شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۳ سمت راست مشخص است، با توجه به قطعات حاصل از برش آنزیم، ژنوتیپ‌های افراد در هر موقعیت تعیین شد. با استفاده از آنزیم *HaeIII* در موقعیت c.1892T>C، سه نوع ژنوتیپ TT، TC و CC مشخص شد. قطعه برش نخورده ۱۹۵ جفت‌بازی، بیانگر ژنوتیپ TT می‌باشد و دو قطعه ۱۶۳ و ۳۲ جفت بازی، بیانگر ژنوتیپ CC است. همچنین سه قطعه ۱۹۵، ۱۶۳ و۳۲ جفت بازی، نشان‌دهنده ژنوتیپ TC می‌باشد (شکل ۳ سمت راست). در شکل ۳ سمت چپ، با تأثیر آنزیم *NheI* در موقعیت c.3359A>C، ژنوتیپ‌های AA، AC و CC تشخیص داده شد. قطعه برش نخورده ۳۵۷ جفت بازی، بیانگر ژنوتیپ AA می‌باشد و دو قطعه ۳۱۹ و ۳۸ جفت بازی، بیانگر ژنوتیپ CC است. همچنین سه قطعه ۳۵۷، ۳۱۹ و ۳۸ جفت بازی، نشان‌دهنده ژنوتیپ AC می‌باشد (شکل ۳ سمت چپ). قابل ذکر است که قطعات ۳۲ و ۳۸ جفت بازی، به علت کوچک و سبک بودن، در ژل آگارز مشاهده نشدند (پسندیده و همکاران، ۱۳۹۰).

[12] Restriction fragment length polymorphism



شکل ۳- شناسایی جهش‌های تک نوکلئوتیدی در ژن PPARGC1A با استفاده از روش PCR-RFLP در گاوهای هلشتاین استان‌های تهران و اصفهان.

۷- PCR-SSCP[13]

در روش PCR-SSCP جهش‌های ناشناخته با استفاده از PCR و نوع خاصی از الکتروفورز روی ژل پلی‌اکریل آمید شناسایی می‌شوند. شناسایی جهش‌های نقطه‌ای توسط این روش بر اساس تغییر در ساختار DNA تک‌رشته‌ای استوار می‌باشد. به این صورت که DNAهای تک‌رشته‌ای که دارای یک جهش ژنتیکی باشند، روی ژل پلی‌اکریل آمید الگوی حرکتی متفاوتی را نسبت به رشته‌های سالم نشان می‌دهند (Ador et al., 2021). از این روش برای شناسایی جهش‌های تک نوکلئوتیدی در ژن‌های مختلف حیوانات از جمله ژن لپتین در گوسفند کرمانی استفاده شده است (شجاعی و همکاران، ۱۳۸۹).

معرفی دستاورد یا راهکار

کاربردهای روش PCR در صنعت دام، طیور و شیلات

۱- تشخیص بیماری‌های حیوانات

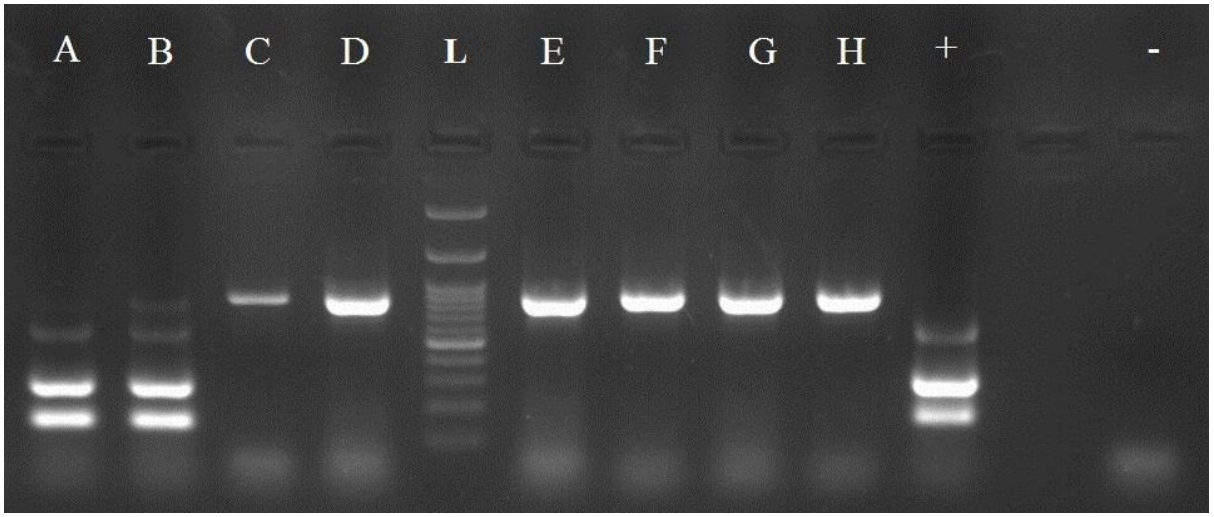
بیماری‌های عفونی یکی از چالش‌های اساسی در صنعت دامپروری هستند که می‌توانند تأثیرات مخربی بر تولید، سلامت حیوانات و امنیت غذایی داشته باشند. در این حوزه، روش PCR به عنوان یک ابزار پرکاربرد مطرح می‌باشد که نه‌تنها دقت و سرعت تشخیص بیماری‌ها را افزایش داده است، بلکه امکان شناسایی عوامل بیماری‌زا را پیش از ظهور علائم بالینی فراهم کرده است. برای مثال، با استفاده از روش PCR می‌توان نتایج ورم پستان را در همان روز آزمایش به دست آورد، در مقابل روش کشت میکروبی ممکن است تا ۱۰ روز به طول انجامد. گاهی اوقات ممکن است نیاز به معدوم‌سازی حیوان آلوده باشد تا از گسترش بیماری به حیوانات دیگر جلوگیری شود. در این حالت انتظار برای دریافت نتایج کشت میکروبی می‌تواند از نظر اقتصادی برای پرورش‌دهنده ضرر اقتصادی داشته باشد. همچنین روش PCR در شناسایی سریع بیماری‌های ویروسی مانند تب برفکی (FMD) و آنفلوانزای پرندگان (HPAI) به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (Vidic et al., 2017; de Camargo, 2018).

آبزی‌پروری یکی از حوزه‌های حیاتی در تأمین امنیت غذایی جهانی است، اما بیماری‌های ویروسی و باکتریایی یکی از مهم‌ترین تهدیدات این صنعت به شمار می‌روند. در این صنعت نیز روش PCR نقش حیاتی در شناسایی زودهنگام عوامل بیماری‌زا مانند ویروس سندرم لکه سفید در میگو یا ویروس بیماری نکروز عفونی پانکراس (IPNV)[14] در ماهی قزل‌آلا ایفا می‌کند (Ador et al., 2021). در حوزه صنعت پرورش میگو، تکثیرکنندگان و پرورش دهندگان می‌توانند از طریق غربالگری مولدین، پست لاروها و منابع آب، ناقلین بیماری را شناسایی و از گسترش آن‌ها به سایر مزارع جلوگیری کنند (Meng et al., 2010). در حال حاضر در اغلب مزارع پرورش میگوی ایران، بیماری‌هایی نظیر AHPND و لکه سفید به طور منظم از طریق آزمایش PCR مورد بررسی قرار می‌گیرند (شکل ۴). همچنین نظارت دقیقی روی سایر بیماری‌های مخاطره آمیز میگو در مراکز مولدسازی و تکثیر به منظور اجرای اقدامات ایمنی زیستی جهت به حداقل رساندن خطر شیوع بیماری وجود دارد. روش PCRهمچنین در پایش کیفیت آب و شناسایی میکروارگانیسم‌های مضر در محیط‌های آبی استفاده می‌شود. در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۰ روی میگوهای پرورشی در آسیا مشخص

[13] Single-strand conformation polymorphism

[14] Infectious Pancreatic Necrosis virus

شد که استفاده از Real-Time PCR برای تشخیص سندرم لکه سفید در مزارع میگو منجر به کاهش مرگ‌ومیر تا ۴۰ درصد گردید (Meng et al., 2010). همچنین در آبزیان زینتی، روش PCR می‌تواند در شناسایی گونه‌های خاص قارچی و باکتریایی نقش داشته باشد (Ador et al., 2021).



شکل ۴- ردیابی بیماری لکه سفید در میگوهای سفید غربی. A و B: تکثیر ژن‌های مربوط به ویروس در نمونه‌های مثبت میگو برای بیماری لکه سفید؛ C، D، E، F، G و H: نمونه‌های میگوی عاری از بیماری لکه سفید؛ L: نردبان ژنی ۱۰۰ جفت بازی.

۲- ناهنجاری‌های ژنتیکی

روش PCR در شناسایی و پایش ناهنجاری‌های ژنتیکی در دام‌ها به کار می‌رود. با استفاده از این فناوری، می‌توان جهش‌های ژنی مرتبط با صفات نامطلوب یا بیماری‌های ژنتیکی را شناسایی و با اجرای برنامه‌های اصلاح نژادی، سلامت و بهره‌وری جمعیت‌های دامی را بهبود بخشید. برای مثال، در مطالعه‌ای نقص‌های ژنتیکی چسبندگی گلبول‌های سفید (BLAD)[15] و ناهنجاری ستون فقرات (CVM)[16] در جمعیتی از گاوهای هلشتاین با استفاده از سلول‌های سوماتیک شیر و سلول‌های خون با استفاده از روش PCR مورد بررسی قرار گرفت (همتی و نوشری، ۱۳۹۴).

۳- توسعه نژادها و ارزیابی تنوع ژنتیکی ذخائر مختلف حیوانات

یکی دیگر از کاربردهای مهم PCR، ارزیابی تنوع ژنتیکی ذخائر مختلف حیوانات و تعیین ارتباط ژنتیکی میان گونه‌ها در جمعیت‌های دامی و آبزی است. برای مثال، روش PCR به شناسایی گونه‌های با ارزش ژنتیکی بالا در برنامه‌های اصلاح نژادی ماهیان خاویاری کمک کرده است. همچنین، این روش برای شناسایی گونه‌های مهاجم یا مختلط در اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌شود (Ador et al., 2021). مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۸ نشان داد که استفاده از Multiplex PCR برای پایش تنوع ژنتیکی ماهیان پرورشی می‌تواند مفید باشد. نتایج آن مطالعه نشان داد که تنوع ژنتیکی ماهیان در معرض خطر کاهش است و اقدامات حفاظتی مؤثری در این راستا پیشنهاد گردید (Ador et al., 2021). همچنین، برای ارزیابی تنوع ژنتیکی ذخائر مختلف میگو در برنامه‌های مولدسازی و تکثیر می‌توان از مناطق خاص DNA برای مثال نشانگرهای ریزماهواره‌ای استفاده نمود. محققان می‌توانند با درک ساختار و تنوع ژنتیکی جمعیت‌های میگو، برنامه‌های اصلاح نژادی را برای توسعه خزانه‌های ژنی متنوع و

[15] Bovine Leukocyte Adhesion Deficiency
[16] Complex Vertebral Malformation

جلوگیری از بروز افت ناشی از همخونی طراحی نمایند (Zhang et al., 2023).

٤- تشخیص جایگاه‌های ژنی مرتبط با صفات اقتصادی در حیوانات و انتخاب مولدین برتر

این فناوری در شناسایی ژن‌های مرتبط با ویژگی‌های مطلوب مانند رشد سریع، مقاومت در برابر بیماری‌ها و تحمل در برابر شرایط محیطی در گونه‌های دام، طیور و آبزیان استفاده می‌شود. در صنعت شیلات نیز تکثیرکنندگان ماهی و میگو می‌توانند از طریق تجزیه و تحلیل الگوهای ژنتیکی کاندیداهای بالقوه اصلاح نژادی، مولدین دارای صفات مطلوب مانند مقاومت در برابر بیماری و سرعت رشد بالاتر را انتخاب کنند. بنابراین موجب افزایش بهره‌وری و بهبود کیفیت و توسعه جمعیت‌های آبزیان از نظر ژنتیکی شوند (Ador et al., 2021).

مزایای استفاده از روش PCR در صنعت دام، طیور و شیلات

۱- تشخیص زودهنگام بیماری

با استفاده از آزمایش PCR امکان تشخیص زودهنگام بیماری‌ها در جمعیت‌های حیوانات و انجام اقدامات سریع برای کاهش شیوع بیماری فراهم می‌گردد. بنابراین خسارات اقتصادی به حداقل رسیده و از شیوع بیماری در مقیاس بزرگ جلوگیری می‌شود (Ador et al., 2021).

۲- صحت و دقت بالا در تشخیص بیماری

آزمایش PCR موجب شناسایی دقیق عوامل ایجاد کننده بیماری می‌گردد. بنابراین، پرورش دهندگان می‌توانند اقدامات ایمنی زیستی و دستورالعمل‌های حفاظتی را به موقع اجرا کنند. این دقت در تشخیص و مدیریت بیماری، استفاده از آنتی بیوتیک‌ها و مواد شیمیایی را به حداقل رسانده و موجب پرورش پایدار و سازگار با محیط زیست می‌گردد (Ador et al., 2021).

محدودیت‌های استفاده از روش PCR در صنعت دام، طیور و شیلات

آزمایش PCR به تجهیزات تخصصی و کارکنان آموزش دیده نیاز دارد. علاوه بر این، تفسیر نتایج PCR ممکن است به سطح خاصی از تخصص فنی نیاز داشته باشد. این موارد می‌تواند برای پرورش دهندگان در مقیاس کوچک پرهزینه باشند. البته مراکز تکثیر و پرورش دهندگان می‌توانند این چالش‌ها را از طریق همکاری با موسسات تحقیقاتی یا آزمایشگاه‌های تشخیصی بر طرف کنند. از طرفی، کارآیی آزمایش PCR به کیفیت نمونه‌های DNA بستگی دارد. مهارکننده‌های موجود در نمونه‌ها مانند مواد شیمیایی یا ناخالصی‌ها، می‌توانند بر فرآیند تکثیر DNA تأثیر بگذارند و منجر به نتایج مثبت کاذب و یا منفی کاذب شوند (Ador et al., 2021).

توصیه ترویجی

آزمایش PCR یک ابزار ضروری در صنعت دام، طیور و آبزیان می‌باشد که با ویژگی‌هایی مانند حساسیت و دقت بالا برای تشخیص سریع عوامل بیماری‌زا و تجزیه و تحلیل ژنتیکی بکار می‌رود. علاوه بر این، تکثیرکنندگان و پرورش دهندگان حیوانات می‌توانند با استفاده از نشانگرهای ژنتیکی مبتنی بر PCR برنامه‌های اصلاح نژادی مؤثری را در زمینه انتخاب مولدین برتر اجرا کنند. حتی اگر روش PCR هزینه اولیه بالاتری را نسبت به سایر روش‌ها دارا باشد اما اگر پرورش دهندگان دام، طیور و آبزیان بدانندکه به نتایجی دست خواهند یافت که می‌تواند به بهبود اقتصادی مزارع آن‌ها کمک کند، این افزایش هزینه را متقبل خواهند شد. در مجموع، ژنتیک نقش مهمی در بهبود کارایی و پایداری تولید در بخش‌های دام، طیور و شیلات ایفا می‌کند و پیشرفت‌های آینده در زمینه‌های ژنومیکس، ویرایش ژنی و مطالعات همبستگی ژنی، نوآوری را در این صنایع ایجاد خواهند نمود و سرعت پیشرفت ژنتیکی را در مقایسه با روش‌های انتخابی سنتی افزایش خواهند داد.

منابع

پسندیده، م.، محمدآبادی، م. ر.، ترنگ، ع. ر.، اسماعیلی زاده کشکوییه، ع.، صیقلانی، ر.، انصاری مهیاری، س. و پسندیده، ر. (۱۳۹۰). ارتباط چندشکلی های تک نوکلئوتیدی T/C و A/C از ژن *PPARGC1A* با ترکیب و تولید شیر در گاوهای هلشتاین ایران. *ژنتیک نوین*، ۶ (۳): ۲۳-۱۵.

شجاعی، م.، محمدآبادی، م. ر.، اسدی فوزی، م.، اسماعیلی زاده کشکوییه، ع.، فردوسی، م. ح.، ترابی، ا.، طیارزاده، م. و میرزاخانی، ح. (۱۳۸۹). چگونگی استفاده از روش PCR-SSCP برای بررسی چند شکلی ژن لپتین گوسفند کرمانی. *پژوهشهای علوم دامی (دانش کشاورزی)*، ۲۰/۴ (۲): ۱۲۲-۱۱۵.

شهوازی، ص.، رضایی، آ.، صیفی آباد شاپوری، م. ر.، علیشاهی، م. و آهنگرزاده، م. (۱۴۰۱). بررسی مولکولی کوی هرپس ویروس (Koi Herpesvirus) در تلفات مزارع پرورشی ماهیان گرمابی استان خوزستان. *مجله علمی شیلات ایران*، ۳۱ (۳): ۱۳۸-۱۲۹.

همتی، ب. و نوشری، ع. ر. (۱۳۹۴). بررسی نقص‌های ژنتیکی CVMو BLAD با استفاده از سلول‌های سوماتیک شیر و سلول‌های خون در جمعیتی از گاوهای هلشتاین. *نشریه پژوهش‌های علوم دامی*، ۲۵ (۲): ۲۱-۱۳.

Ador, M.A.A., Haque, M.S., Paul, S.I., Chakma, J., Ehsan, R., and Rahman, A. (2021). Potential application of PCR based molecular methods in fish pathogen identification: A Review. *Aquaculture Studies*. 22(1). DOI: 10.4194/2618-6381/AQUAST621

Chua, K.H., Lee, P.C., and Chai, H.C. (2016). Development of insulated isothermal PCR for rapid on-site malaria detection. *Malaria Journal*. 15: 1-10.

Dangtip, S., Sirikharin, R., Sanguanrut, P., Thitamadee, S., Sritunyalucksana, K., Taengchaiyaphum, S., and Flegel, T.W. (2015). AP4 method for two-tube nested PCR detection of AHPND isolates of Vibrio parahaemolyticus. *Aquaculture reports*. 2: 158-162.

De Camargo, G.M.F. (2018). The role of molecular genetics in livestock production. *Animal Production Science*. 59(2): 201-206.

Gil, L.A. (2007). PCR-based methods for fish and fishery products authentication. *Trends in Food Science & Technology*. 18(11): 558-566.

Giridharan, P., Hemadri, D., Tosh, C., Sanyal, A., and Bandyopadhyay, S.K. (2005). Development and evaluation of a multiplex PCR for differentiation of foot-and-mouth disease virus strains native to India. *Journal of virological methods*. 126(1-2): 1-11.

Khalil, M.I. (2021). Different types of PCR. *Global Scientific Journal*. 9(2).

Liao, I.C., and Chien, Y.H. (2011). The pacific white shrimp, Litopenaeus vannamei, in Asia: The world's most widely cultured alien crustacean. In In the wrong place-alien marine crustaceans: Distribution, biology and impacts (pp. 489-519). Dordrecht: Springer Netherlands.

Meng, X.H., Jang, I.K., Seo, H.C., and Cho, Y.R. (2010). A TaqMan real-time PCR assay for survey of white spot syndrome virus (WSSV) infections in Litopenaeus vannamei postlarvae and shrimp of farms in different grow-out seasons. *Aquaculture*. 310(1-2): 32-37.

Rajalakshmi, S. (2017). Different types of PCR techniques and its applications. *International Journal of Pharmaceutical, Chemical & Biological Sciences*. 7(3).

Vidic, J., Manzano, M., Chang, C.M., and Jaffrezic-Renault, N. (2017). Advanced biosensors for detection of pathogens related to livestock and poultry. *Veterinary research*. 48: 1-22.

Zhang, Z., Lu, C., Lin, K., You, W., and Yang, Z. (2023). Genetic Diversity and Genetic Structure among Four Selected Strains of White leg Shrimp (Litopenaeus vannamei) Using SSR Markers. *Fishes*. 8(11): 544-555.