



بهدام رشد خراسان

تولیدکننده کنسانتره و مکمل های دام و طیور

کیفیت، بهره وری و تغذیه تخصصی



وبسایت:

behdamroshd.com



تلفن:

05136514314-7

مقاله تخصصی



برنامه‌ریزی تغذیه‌ای زود هنگام (تغذیه درون تخم‌مرغی و پس از خروج از تخم)

به عنوان راهکاری برای تعدیل سلامت دستگاه گوارش طیور

چکیده

سلامت دستگاه گوارش برای عملکرد بهینه، راندمان خوراک بهتر و سلامت کلی طیور بسیار حیاتی است. در گذشته، محرک‌های رشد آنتی‌بیوتیکی به‌طور معمول برای تنظیم سلامت روده حیوانات استفاده می‌شدند. با این حال، با توجه به دغدغه‌های سلامت عمومی، استفاده از این ترکیبات در تغذیه دام و طیور در بسیاری از نقاط جهان ممنوع شده یا تحت نظارت شدید قرار گرفته است. این موضوع ضرورت به‌کارگیری استراتژی‌های تغذیه‌ای جایگزین را برای تولید طیور سالم ایجاب می‌کند. در این راستا، جایگزین‌های مختلفی امتحان شده و تا حدی با موفقیت همراه بوده‌اند. با این وجود، تعدیل مؤثر شاخص‌های سلامت روده به روش‌ها و زمان‌بندی در دسترس قرار گرفتن این ترکیبات برای حیوان میزبان بستگی دارد. به‌طور معمول، جایگزین‌های محرک‌های رشد آنتی‌بیوتیکی و سایر مواد مغذی از طریق خوراک یا آب به طیور عرضه می‌شوند. با این حال، دستگاه گوارش جوجه‌های تازه از تخم‌درآمده، علیرغم طی کردن تغییرات مهم مورفولوژیکی، سلولی و مولکولی در اواخر دوران جوجه‌کشی، از نظر عملکردی نابالغ است. از این رو، رشد و تکامل زود هنگام دستگاه گوارش برای بهبود استفاده از مواد مغذی و بهینه‌سازی رشد طیور اهمیت حیاتی دارد. برنامه‌نویسی تغذیه‌ای اولیه با استفاده از تغذیه درون تخم‌مرغی و پس از هچ، به عنوان ابزاری برای تنظیم رشد و تکامل اولیه دستگاه گوارش به کار رفته و مشخص شده است که استراتژی مؤثری است، اما نتایج آن همیشه یکنواخت نبوده است. این مقاله مروری، اطلاعات مربوط به تغذیه درون تخم‌مرغی و پس از هچ مواد مغذی مختلف و افزودنی‌های خوراک و اثرات آن‌ها را بر توسعه روده، هیستومورفولوژی، جمعیت میکروبی و سیستم ایمنی خلاصه می‌کند. علاوه بر این، این مطالعه بینشی نسبت به آینده برنامه‌نویسی تغذیه‌ای اولیه به عنوان راهبردی برای ارتقای سلامت روده، بهبود سلامت کلی و افزایش بهره‌وری ارائه می‌دهد تا صنعت طیور بتواند از این تکنیک بهره‌مند شود.

مقدمه

تولید طیور با سرعتی فراتر از هر حیوان دامی دیگری در سطح جهان رشد کرده است. در میان عوامل مختلف، برنامه‌های تغذیه‌ای متعادل همراه با استفاده از محرک‌های رشد آنتی‌بیوتیکی (AGP) در جیره‌های طیور، نقش بسزایی در دستیابی به این موفقیت داشته‌اند. با این حال، با توجه به نگرانی‌های سلامت عمومی ناشی از مصرف AGP در جیره‌های طیور، صنعت طیور اکنون تحت فشار است تا برنامه‌های تغذیه‌ای خود را به‌منظور تولید گوشت سالم و باکیفیت بازتعریف کند. حفظ یا ارتقای سلامت دستگاه گوارش برای رشد مطلوب، بهبود راندمان خوراک و سلامت کلی طیور ضروری است. همچنین، یک دستگاه گوارش سالم برای تبدیل کارآمد خوراک به فرم قابل جذب و در نتیجه استفاده بهینه از مواد مغذی و بهبود عملکرد رشد طیور از اهمیت حیاتی برخوردار است. سلامت روده شامل بهره‌وری در استفاده از مواد مغذی، یکپارچگی ساختاری (در سطح کلان و ریز) روده، پایداری میکروبیوتای دستگاه گوارش و وضعیت سیستم ایمنی است. علاوه بر این، سلامت روده حوزه‌ای پیچیده است که تغذیه، میکروبیولوژی، ایمونولوژی و فیزیولوژی جانوران را در هم می‌آمیزد.

هنگامی که سلامت دستگاه گوارش به خطر بیفتد، هضم و جذب مواد مغذی تحت تأثیر قرار می‌گیرد که این امر می‌تواند اثرات زیانباری بر راندمان خوراک داشته باشد و حساسیت نسبت به بیماری‌ها را افزایش دهد که خود منجر به ضرر اقتصادی می‌شود. افزون بر این، تغییرات اخیر در مقررات مربوط به استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها، نیازهای متفاوت تغذیه‌ای و پرورش حیواناتی که خوراک را با کارایی بیشتری مصرف می‌کنند، ضرورت درک بهتر عملکرد دستگاه گوارش و سلامت کلی آن را برجسته می‌سازد. بنابراین، درک و بهبود سلامت روده از طریق استراتژی‌های تغذیه‌ای مختلف، به‌ویژه در شرایطی که استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در برنامه‌های تغذیه‌ای حیوانات گوشتی مجاز نیست، به یک ضرورت عملی در صنایع دام‌های تک‌معدده‌ای تبدیل شده است.

یک جوجه یک‌روزه سالم، حلقه ارتباطی حیاتی میان هجری و سالن پرورش مرغ گوشتی است. تأخیر در مصرف آب و مواد مغذی توسط جوجه‌ها می‌تواند منجر به کاهش عملکرد رشد کلی آن‌ها و بروز اثرات نامطلوب بر کیفیت گوشت سینه شود. شدیدترین پیامد تغذیه دیر هنگام، افزایش نرخ مرگ‌ومیر است. استراتژی‌های تغذیه زودهنگام پیشنهاد و توسعه داده شده‌اند تا اثرات منفی تأخیر در تغذیه را کاهش داده یا احتمالاً معکوس کنند. این استراتژی‌ها از تغذیه درون تخم‌مرغی (in ovo) تا جیره‌های ویژه طراحی‌شده برای پس از هچ را شامل می‌شوند. اهمیت تغذیه زودهنگام و تأثیر آن بر عملکرد رشد و مؤلفه‌های مختلف سلامت روده (هیستومورفولوژی، میکروبیوتای روده و سیستم ایمنی) طی دو دهه گذشته به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. برخی مطالعات به جزئیات مکمل‌های غذایی خاص و تأثیر آن‌ها بر میزبان پرداخته‌اند. برای مثال، استفاده از پروبیوتیک‌ها در اوایل زندگی از عفونت‌های بیماری‌زا جلوگیری می‌کند، اسیدهای آمینه (مانند ال-آرژنین، ال-لیزین، ال-هیستیدین و ترئونین) در عملکرد رشد مفید هستند، ویتامین‌های C و E باعث تقویت سیستم ایمنی می‌شوند، کربوهیدرات‌ها ذخایر گلیکوژن را افزایش می‌دهند و مکمل کراتین رشد عضلانی را بهبود می‌بخشد. همچنین، تزریق درون تخم‌مرغی اسیدهای آمینه گوگرددار (متیونین به‌علاوه سیستین) در تخم‌مرغ‌های نطفه‌دار در معرض تنش گرمایی، اثرات مثبتی بر بیان ژن و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی دارد و همچنین پروفایل لیپیدی جوجه‌های گوشتی تازه از تخم‌درآمده را کاهش می‌دهد.

این مقاله، وضعیت کنونی دانش در زمینه تغذیه درون تخم‌مرغی و پس از هچ را به‌عنوان راهبردی برای ارتقای سلامت دستگاه گوارش طیور بررسی کرده است. این متن بر اثرات مواد مغذی مختلف بر هیستومورفولوژی روده، میکروبیوم و سیستم ایمنی با استفاده از سیستم‌های تغذیه درون تخم‌مرغی یا پس از هچ تأکید دارد. این مقاله همچنین کاربردهای بالقوه دانش فعلی را برای پیشرفت صنعت طیور ارائه می‌دهد و محدودیت‌های کنونی، پتانسیل‌های آینده و نیازهای پژوهشی برای بهره‌برداری مؤثر از تغذیه زودهنگام در پرندگان را برجسته کرده است.

اهمیت تغذیه زودهنگام

دوره پری‌ناتال (پیرامون زمان هچ) که از اواخر دوران جنینی تا چند روز پس از آن را در بر می‌گیرد، مرحله‌ای مهم برای تکامل دستگاه گوارش و سیستم ایمنی در طیور محسوب می‌شود. برخلاف پستانداران که می‌توانند حتی پس از تولد نیز بر تکامل جنین تأثیر بگذارند، در پرندگان این تأثیرگذاری تنها از طریق ترکیب (مواد مغذی) تخم‌مرغ امکان‌پذیر است. به دلیل همین محدودیت، لازم است تمامی مواد مغذی ضروری، فاکتورهای

رشد و مکانیسم‌های لازم برای تکامل، درون تخم‌مرغ نطفه‌دار وجود داشته باشد. همچنین، به دلیل رشد سریع جنین و نرخ بالای سوخت‌وساز در جوجه‌های نژادهای مدرن، ممکن است برخی مواد مغذی ضروری در شرایط محیطی نامساعد یا هنگام درگیری با بیماری‌ها، به سرعت تخلیه یا ناکافی شوند. این محدودیت در ذخایر مواد مغذی می‌تواند پتانسیل حداکثری تکامل و رشد جوجه‌های تازه از تخم‌درآمده را محدود سازد. با فراهم کردن تغذیه زودهنگام برای جنین‌ها و جوجه‌ها، می‌توان دسترسی به مواد مغذی ضروری را بهبود بخشید و تا حدودی بر چالش‌های موجود غلبه کرد. در صنعت طیور، تغذیه زودهنگام به مفهومی اشاره دارد که در آن مواد مغذی مورد نیاز پرند، چه در دوره رشد جنینی و چه بلافاصله پس از هچ (تا زمانی که دستگاه گوارش به بلوغ کامل برسد)، در اختیار آن‌ها قرار می‌گیرد.

تغذیه درون‌تخم‌مرغی (IOF) یک روش برجسته در تغذیه اولیه است که فرصتی مضاعف برای تأثیرگذاری بر رشد جنین داخل تخم‌مرغ و رفع محدودیت‌های تغذیه‌ای در اواخر دوره جوجه‌کشی فراهم می‌کند. این روش امکان رساندن مواد مغذی ضروری، ترکیبات نوتراسیوتیکال (غذایی- دارویی) و غذاهای فراسودمند را فراهم می‌سازد تا وضعیت رشد و تکامل جنین بهبود یابد. برای این منظور مسیرهای مختلفی از جمله حفره آمینوتیک، کیسه زرده و کیسه هوایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مایع آمینوتیک که جنین در حال رشد را احاطه کرده است، به باور محققان نقش محافظت مکانیکی، جلوگیری از خشک شدن و ممانعت از چسبندگی جنین را ایفا می‌کند. این مایع همچنین حاوی پروتئین، مواد معدنی، هورمون‌ها، آب و سایر مواد مغذی مورد نیاز برای رشد و تکامل جوجه‌هاست؛ جوجه‌ها از حدود روز سیزدهم جوجه‌کشی تا زمان نوک زدن داخلی، شروع به بلعیدن این مایع می‌کنند. این پدیده طبیعی یعنی مصرف مایع آمینوتیک توسط جنین در اواخر دوره انکوباسیون، فرصت مناسبی برای افزودن انواع مواد مغذی ضروری فراهم می‌آورد تا در نهایت به دستگاه گوارش جوجه‌ها برسند.

مواد مغذی تزریق‌شده به حفره آمینوتیک، به دلیل حرکات تنفسی موزون جنین در اواخر دوره جوجه‌کشی، بلعیده شده و در ریه‌ها و روده جای گیر می‌شوند. تغذیه درون‌تخم‌مرغی همچنین می‌تواند جهت تأمین مواد مغذی کافی برای جنین در اواخر دوره جوجه‌کشی استفاده شود تا از اثرات منفی گرسنگی در طول پنجره طولانی هچ (زمان خروج از تخم) در امان بماند. افسریان و همکاران دریافتند که تزریق تیروکسین به درون تخم‌مرغ، همراه با تغییر دمای پوسته، نرخ مرگ‌ومیر ناشی از آسیب سرد را کاهش داده و باعث بهبود کیفیت جوجه و عملکرد پس از هچ شده است. اخیراً یانگ و همکاران مشاهده کردند که تزریق درون‌تخم‌مرغی (IOF) کراتین پپروات، غلظت گلوکز را در عضلات ران جوجه‌های گوشتی نوزاد افزایش می‌دهد. این یافته نشان می‌دهد که سوخت‌وساز انرژی در جنین و جوجه‌ها نیز می‌تواند از طریق تزریق ترکیبات زیست‌فعال مختلف به درون تخم، دستخوش تغییر شود. علاوه بر این، استفاده از پری‌بیوتیک‌ها به روش درون‌تخم‌مرغی می‌تواند سودمند باشد؛ چرا که گزارش شده است این کار باعث افزایش تعداد باکتری‌های مفید و تقویت استقرار زودهنگام آن‌ها در روده جوجه‌های نوزاد می‌شود. به همین ترتیب، محققان به تلقیح تخم‌مرغ‌ها با پروبیوتیک‌ها و سین‌بیوتیک‌ها علاقه‌مند هستند؛ زیرا می‌توان از آن‌ها در مقادیر کم استفاده کرد و به بهبود ایمنی و ایجاد مقاومت بهتر پس از هچ در برابر عوامل بیماری‌زا دست یافت.

دوره پیرامون هچ (پری‌ناتال)، که از اواخر دوران جنینی تا چند روز پس از آن را در بر می‌گیرد، مرحله‌ای بسیار حیاتی است، زیرا جوجه‌ها باید خود را با ماهیت تغییر رژیم غذایی، که عمدتاً از چربی موجود در زرده به سمت خوراک جامد بر پایه کربوهیدرات است، سازگار کنند. مشاهده شده است

که جوجه‌ها بلافاصله پس از هج در استفاده از لیپیدها کارآمدتر عمل می‌کنند و به تدریج توانایی جذب مقادیر بیشتری از هگزوزها(قندهای ساده ۶ کربنه) و اسیدهای آمینه را به دست می‌آورند. گذار جوجه از استفاده از ذخایر جنینی به مصرف خوراک، دستگاه گوارش تازه تکامل یافته را وادار به سازگاری می‌کند. تغذیه زود هنگام پس از هج، نه تنها برای رشد و نمو طبیعی، بلکه برای حفظ هموستاز (تعادل حیاتی) ضروری است. تغذیه زود هنگام جوجه‌ها می‌تواند انرژی به راحتی قابل دسترس را برای کمک به بازسازی ذخایر گلیکوژن کبدی و حفظ دمای بالای بدن در روزهای آغازین پس از خروج از تخم فراهم کند. در مقابل، استفاده بیش از حد از عوامل ضدتغذیه‌ای نظیر پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای در دوره رشد اولیه، می‌تواند راندمان خوراک و بهره‌وری کلی جوجه‌های در حال رشد را کاهش دهد.

به دلیل ملاحظات عملی در برنامه‌های تغذیه‌ای و همچنین محدودیت اطلاعات درباره نیازهای تغذیه‌ای اولیه، پرندگان تازه متولد شده (مانند جوجه‌های گوشتی، اردک‌ها و بوقلمون‌ها) معمولاً از زمان هج تا سن ۲ تا ۴ هفتگی با جیره استارتر تغذیه می‌شوند. چندین محقق گزارش کرده‌اند که وزن مرغ در ۶ تا ۷ هفتگی با وزن آن‌ها در هفته اول رابطه خطی دارد و این موضوع ناشی از سن گله مادر یا وزن جوجه یک‌روزه نیست. خوراک پیش‌دان (Pre-starter) ممکن است نسبت به جیره استارتر گران‌تر باشد، اما از آنجا که این دوره تغذیه‌ای تنها برای بازه کوتاهی (۳ تا ۴ روز) است، تأثیر بسیار مطلوب‌تری بر عملکرد پرندگان دارد. تغذیه جوجه‌های گوشتی در چند روز نخست زندگی یکی از اولویت‌هایی است که می‌تواند بر رشد، راندمان خوراک، یکنواختی گله و در نهایت سودآوری پرورش‌دهندگان تأثیرگذار باشد. بهره‌برداری از مواد مغذی در جوجه‌ها در مراحل اولیه، وابسته به هضم و جذب آن‌ها در دستگاه گوارش است. بهبود عملکرد در جوجه‌های گوشتی با تغذیه پیش‌دان حاوی کربوهیدرات و چربی در ساعات اولیه زندگی مشاهده شده است. برخی جیره‌های پیش‌دان با تمرکز بیشتر بر مواد مغذی قابل هضم (به جای نیازهای کل) تهیه می‌شوند؛ این کار می‌تواند جوجه را پیش‌شرط‌سازی کند تا پس از رسیدن به بلوغ تولید انزیمی در دستگاه گوارش، توانایی هضم سوبستراهای پیچیده‌تر را داشته باشد. از آنجا که سوبستراهای جایگزین بسیار قابل هضم معمولاً گران‌قیمت هستند، استفاده از ترکیب آنزیمی متنوع یا سطوح فعالیت آنزیمی بالاتر (نسبت به آنچه در مراحل بعدی جیره استفاده می‌شود) می‌تواند عملکرد تولیدی پرندگان را بهبود بخشد. با این حال، تاکنون مطالعات محدودی جهت تخمین دقیق نیازهای تغذیه‌ای جوجه‌ها در هفته اول انجام شده است که نشان دهد این استراتژی در مقایسه با استفاده از جیره استارتر، منجر به برتری در وزن بازار و مقاومت در برابر بیماری‌ها می‌شود.

دستگاه گوارش، به‌ویژه روده باریک طیور، بیشترین نرخ رشد نسبی را در هفته اول پس از هج تجربه می‌کند. بنابراین، محرومیت از خوراک در این دوره می‌تواند منجر به کاهش طول انتروسیت‌های (سلول‌های جذب‌کننده) روده و کاهش سطح پرزهای روده شود که تأثیر منفی بر استفاده از مواد مغذی و رشد پرنده دارد. انتظار می‌رود تغذیه زود هنگام، از طریق فراهم کردن مواد مغذی برای تکثیر و تمایز سلولی و یا با ارائه سوبستراهایی برای فعالیت‌های آنتی‌ژنی و تعدیل‌کنندگی سیستم ایمنی که منجر به تولید انواع ایمونوگلوبولین‌ها می‌شود، بر توسعه سیستم ایمنی تأثیر بگذارد. کاملاً مشخص است که دسترسی زود هنگام به مواد مغذی برای داشتن سیستم ایمنی قوی و بهبود سلامت جوجه‌های گوشتی و بوقلمون ضروری است. با مدیریت یک استراتژی تغذیه‌ای مناسب، می‌توان محرک‌های خاصی ایجاد کرد تا سیستم ایمنی را به سمت جهت‌گیری مطلوب‌تر و مناسب‌تری هدایت کرد. نیاز به تقویت توانمندی سیستم ایمنی (ایمونوکامپتنس) با توجه به ضرورت کاهش وابستگی به محرک‌های رشد آنتی‌بیوتیکی (AGPها)

اهمیت دوجندانی پیدا می‌کند. یکی از جایگزین‌های مناسب برای استفاده از AGP ها، مکمل سیتوکین جوجه است. همچنین گزارش شده است که دسترسی زودهنگام به خوراک حاوی مانان‌الیگوساکاریدها و اسیدی‌فایرها، نسبت به جوجه‌های دارای محدودیت غذایی اولیه، باعث بهبود توسعه مورفولوژی روده و پاسخ ایمنی جوجه‌ها در برابر چالش باکتری کلوستریدیوم پرفرینجنس می‌شود.

اخیراً در مطالعه‌ای روی خوک‌های شیرخوار، تیواری و همکاران گزارش کردند که استفاده از آنزیم‌های تجزیه‌کننده پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای (NSP) تولید پروتئین‌های اتصالات محکم (Tight Junction) را تعدیل می‌کند؛ این پروتئین‌ها عملکرد سد دفاعی روده را حفظ کرده و از این طریق می‌توانند مانع از نفوذ عوامل بیماری‌زا به روده شوند. با این حال، متئوس و همکاران با مرور مقالات مربوط به اثر دسترسی یا محدودیت خوراک زودهنگام و تغییرات رژیم غذایی در جیره پیش‌دان، نتیجه گرفتند که تفاوت در بهره‌وری با افزایش سن پرندگان معمولاً ناپدید می‌شود. با این وجود، همچنان کمبود اطلاعات در زمینه اصلاحات تغذیه‌ای زودهنگام وجود دارد و اکثر مطالعات تاکنون بر دسترسی زودهنگام جوجه‌ها به خوراک متمرکز بوده‌اند. انجام تحقیقات بیشتر برای تعیین اینکه آیا جیره پیش‌دان می‌تواند برای بهینه‌سازی هموستاز متابولیک طیور به‌منظور دستیابی به رشد حداکثری و راندمان خوراک در آینده ارزشمند باشد یا خیر، ضروری است.

تغذیه و سلامت دستگاه گوارش در طیور

اصطلاح «سلامت روده» موضوعی بسیار جامع است که نیازمند رویکردی کل‌نگر شامل تغذیه، فیزیولوژی گوارش، میکروبیولوژی و ایمونولوژی است. تغذیه و سلامت به یکدیگر وابسته هستند و تعامل میان این دو، عمدتاً در دستگاه گوارش رخ می‌دهد. یکی از مؤثرترین روش‌ها برای تأثیرگذاری بر سلامت روده طیور، برنامه‌نویسی تغذیه‌ای است. در واقع، برنامه‌نویسی تغذیه‌ای اولیه با عرضه خوراک و آب به جوجه، ابزاری مناسب برای «تغذیه مستقیم روده» فراهم می‌کند. با انجام این کار، رشد دستگاه گوارش به مطلوب‌ترین شکل صورت می‌گیرد و این اطمینان حاصل می‌شود که پرندگان برای مقابله با چالش‌های گوارشی، آمادگی بیشتری دارند. استراتژی‌های تغذیه‌ای متعددی وجود دارند که می‌توانند برای تأثیرگذاری بر سلامت روده به کار گرفته شوند. در این بخش از مقاله مروری، برخی از عوامل برجسته مؤثر بر سلامت دستگاه گوارش به اختصار ارائه شده است.

فورمولاسیون خوراک

تنظیم دقیق جیره غذایی به منظور تطبیق مواد مغذی خوراک با نیازهای پرنده، یکی از مهم‌ترین جنبه‌های برنامه‌های تغذیه دام و طیور به شمار می‌رود. در همین راستا، برای حداکثر کردن قابلیت هضم پروتئین، جیره طیور باید بر اساس مقادیر «قابل هضم» و نه مقادیر «کل» فرموله شود. مفهوم «پروتئین متوازن» (یا الگوی ایده‌آل اسیدهای آمینه) باید برای تمامی اسیدهای آمینه ضروری اعمال گردد. تأکید اصلی بر حداقل بودن پروتئین خام نیست، بلکه بر حفظ تناسب یا نسبت صحیح هر اسید آمینه نسبت به لیزین است. استفاده از اسیدهای آمینه سنتتیک مفید بوده و می‌تواند به جلوگیری از مازاد پروتئین خام کمک کند. وجود مقدار اضافی پروتئین غیرقابل هضم در روده پسین می‌تواند زمینه را برای بروز مشکلات مختلف روده‌ای مستعد سازد.

در میان مواد مغذی موجود در جیره‌های طیور، نشاسته مهم‌ترین ماده مغذی و منبع اصلی انرژی در جیره جوجه‌های گوشتی است (که ممکن است تا ۵۰ درصد ماده خشک جیره را تشکیل دهد). غلات مختلف (گندم، ذرت، سورگوم و برنج) دارای ویژگی‌های نشاسته‌ای و خصوصیات فیزیکوشیمیایی متفاوتی هستند. برای مثال، گندم حاوی مقادیر بالایی از پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای (NSP) مانند بتا-گلوکان‌ها و آرابینوکسیلان‌ها است. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی NSP مسئول فعالیت‌های ضدتغذیه‌ای آن‌ها در جوجه‌های گوشتی، به‌ویژه NSP های محلول و چسبناک است که قابلیت هضم پروتئین، نشاسته و چربی را کاهش می‌دهند. علاوه بر این، نشان داده شده است که ویسکوزیته بالای محتویات گوارشی در جیره‌های مبتنی بر جو، گندم، چودار یا یولان (که حاوی مقادیر بالایی از NSP هستند) مشکلاتی را در زمینه هضم و سلامت ایجاد می‌کند؛ از جمله کاهش سرعت عبور گوارشی، کاهش فعالیت آنزیم‌های گوارشی و قابلیت هضم مواد مغذی، و همچنین افت ضریب تبدیل خوراک و نرخ رشد پرندگان.

از سوی دیگر، NSP های نامحلول و غیرچسبناک ممکن است تأثیر مفیدی بر سلامت روده داشته باشند. سایر ویژگی‌های NSP، مانند مقاومت در برابر آنزیم‌های گوارشی پرند، نیز به ایجاد یک محیط چسبناک در مجرای روده کمک می‌کنند که به دفع مدفوع چسبیده منجر می‌شود. علاوه بر این، سرعت هضم نشاسته می‌تواند رشد باکتری کلسترییدیوم پرفرنژنس را تسهیل کند. سموم تولیدشده توسط این باکتری عامل بروز آنتریت نکروتیک هستند. بنابراین، استفاده از آنزیم‌های زایلاناز مناسب برای بهبود هضم نشاسته و سلامت روده ضروری است، زیرا این آنزیم‌ها توانایی تجزیه NSP، کاهش ویسکوزیته محتویات گوارشی، افزایش سرعت عبور خوراک و بهبود عملکرد پرند را دارا هستند.

بافت فیزیکی و شکل ظاهری خوراک

شکل فیزیکی مواد اولیه مورد استفاده در جیره‌های جوجه‌های گوشتی ممکن است ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی کل لوله گوارش را تحت تأثیر قرار دهد، هرچند پژوهش‌های منتشرشده موجود در این زمینه نتایج متناقضی دارند. ذرات ریز غلات سطح تماس بزرگتری ایجاد می‌کنند و این امر ممکن است موجب عبور سریع‌تر خوراک در روده شود. با این حال، مطالعات متعددی نشان داده‌اند که ذرات درشت‌تر، رشد و فعالیت سنگدان را تقویت می‌کنند و در نتیجه، خوراک مدت طولانی‌تری در سنگدان باقی می‌ماند و هنگامی که به روده کوچک منتقل می‌شود، ذرات آن یکنواخت‌تر بوده و هضم آن‌ها تسهیل می‌گردد.

افزون بر این، اندازه ذرات درشت‌تر خوراک منجر به افزایش زمان ماندگاری خوراک در روده می‌شود؛ این امر به آزادسازی نشاسته محبوس در سلول‌های غلات کمک کرده و تخمیر باکتریایی مفیدتری را در سکوم تشویق می‌کند. از این رو، هدف برای اندازه ذرات باید ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ میکرون باشد. در این راستا، تغذیه جوجه‌های گوشتی با گندم کامل می‌تواند تعداد باکتری‌های سالمونلا تیفی‌موریوم و کلسترییدیوم پرفرنژنس را در دستگاه گوارش پرندگان کاهش دهد. علاوه بر این، گنجاندن گندم کامل در جیره‌های جوجه‌های گوشتی موجب افزایش نرخ رشد و بهره‌وری خوراک پرندگان شده است. در مقابل، سویهوس و همکاران اثرات معناداری از جیره‌های حاوی گندم کامل بر افزایش وزن بدن و بهره‌وری خوراک مشاهده

نکردند. با وجود این، این پژوهشگران گزارش کردند که پرندگان تغذیه شده با جیره های حاوی گندم کامل نسبت به پرندگان تغذیه شده با گندم آسیاب شده، کارایی بهتری داشتند و مواد مغذی بهتر هضم و جذب شدند. آنان پیشنهاد کردند که بهبود هضم ممکن است ناشی از افزایش ترشحات پانکراس و کبد باشد. سویهوس و همکاران تأثیر گنجاندن گندم آسیاب شده یا کامل را بر نرخ عبور از بخش های فوقانی دستگاه گوارش مقایسه کردند و گزارش دادند که اگرچه سنگدان ظرفیت بالایی برای پردازش جیره های حاوی گندم کامل دارد، اما به نظر نمی رسد میانگین نرخ عبور جیره از سنگدان تحت تأثیر شکل گندم قرار گیرد.

بر اساس این نتایج، می توان نتیجه گرفت که وقتی دستگاه گوارش سالم است، گنجاندن گندم کامل در جیره ممکن است به بهبود توسعه روده و استفاده از مواد مغذی خوراک و در نتیجه عملکرد جوجه های گوشتی کمک کند، اما زمانی که یکپارچگی دستگاه گوارش آسیب دیده باشد، افزودن گندم کامل به جیره ممکن است عملکرد پرندگان را کاهش دهد. همچنین، استفاده از گندم کامل در جیره، مصرف انرژی برای آسیاب کردن و هزینه نهایی خوراک را کاهش خواهد داد. از سوی دیگر، استفاده از آسیاب چکشی برای آسیاب کردن غلات همچنان برای تولید خوراک جوجه های گوشتی قابل قبول است، اما بهتر است با اندازه سوراخ الک ۶ میلی متر و سرعت چرخش ۷۵۰ دور در دقیقه استفاده شود. آسیاب غلطکی توزیع یکنواخت تری از اندازه ذرات و در نتیجه یکنواختی کلی بهتری را به دست می دهد. علاوه بر این، آسیاب غلطکی تمایل دارد ذراتی با لبه های تیز و گردوغبار کمتر تولید کند، در حالی که آسیاب چکشی ذرات گردتری تولید می کند که منجر به گردوغبار به طور قابل توجهی بیشتر و پلت های با پایداری بالاتر می شود. ذرات با لبه های تیز تر تولید شده توسط آسیاب های غلطکی ممکن است تحریک فیزیکی مخاط روده را فراهم کرده و در نتیجه به سلامت بهتر روده منجر شوند.

اثرات تغذیه زود هنگام بر هیستومورفولوژی

بافت دستگاه گوارش به عنوان یک سد فیزیکی و ایمنولوژیک در برابر مواد شیمیایی مضر و عوامل عفونی ورودی به بدن میزبان عمل می کند. این بافت همچنین مسیری را برای دسترسی به مواد مغذی جهت هضم و جذب مناسب فراهم می سازد. یگانی و کورور نیز دریافتند که مورفولوژی سالم روده مستقیماً متابولیسم مواد مغذی، مقاومت در برابر بیماری ها و پاسخ ایمنی میزبان را تحت تأثیر قرار می دهد. مصرف خوراک، دستگاه گوارش را در معرض محیط خارجی قرار می دهد که کیفیت، مقدار و زمان بندی آن تا حد زیادی تعادل ظریف میان میزبان، جیره و اکولوژی روده را تحت تأثیر قرار می دهد. بنابراین، اقلام خوراکی مورد استفاده در جیره باید برای ساختار روده میزبان و میکروبیوتای همزیست مطلوب باشند. در یک محیط نامساعد روده ای، پرندگان در معرض خطر بالای ابتلا به آنتریت نکروتیک، کوکسیدیوز و سایر پاتوژن های توکسین زا قرار دارند. هیستومورفولوژی روده یکی از رایج ترین شاخص های مورد استفاده برای ارزیابی وضعیت سلامت روده است.

اثرات تغذیه اولیه بر هیستومورفولوژی طی دهه گذشته مورد مطالعه قرار گرفته است. به خوبی مستند شده است که روزهای نخست پس از هچ، به دلیل تغییر عمده در منبع مواد مغذی هم زمان با جایگزینی زرده با جیره خارجی (دانه زا)، دوره ای بحرانی برای توسعه مخاط روده محسوب می شود. رشد جوجه ها مستقیماً با هضم و جذب مواد مغذی پیوند خورده است که این امر خود نتیجه توسعه مورفولوژیکی و عملکردی روده کوچک است.

ارتفاع پرزها، عمق کریپت، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت، تکثیر کریپت، نرخ مهاجرت انتروسیته‌ها، فعالیت آنزیم‌های مخاطی و توسعه سلول‌های جام‌شکل (گابلت‌سل‌ها)، شاخص‌های مناسبی برای ارزیابی ظرفیت عملکردی روده هستند. به طور گسترده پذیرفته شده است که کریپت عمیق‌تر نشان‌دهنده سرعت بالاتر بازسازی بافت و احتمالاً نیاز بیشتر به بافت جدید است. علاوه بر این، گزارش شده است که پرزهای بلند روده با یک مخاط روده کاملاً تمایز یافته و دارای قابلیت‌های بالای هضم و جذب همراه است. یک مطالعه فرائتحلیل انجام‌شده در خصوص اثر محرومیت از آب و خوراک پس از هج (PHFWD) نشان‌دهنده ناهنجاری و اختلال معنادار در بخش روده کوچک، با کاهش طول و وزن نسبی دوازدهه، ژژنوم و ایلوم، و همچنین کاهش ارتفاع پرزها و عمق کریپت در طول هفته اول زندگی است. بنابراین، راهبردهای تغذیه‌ای درون تخم‌مرغی (In ovo) و پس از هج باید به عنوان راهکاری جهت تعدیل و بهبود سلامت روده طیور مورد توجه قرار گیرند.

تغذیه اولیه محرکی برای توسعه زودهنگام دستگاه گوارش، جذب زودهنگام کیسه زرده، بهبود عملکرد و ارتقای وضعیت سلامت پرندگان در مراحل بعدی زندگی است. در شرایط محرومیت از آب و خوراک پس از هج (PHFWD)، جوجه‌ها در ۳ روزگی پس از هج وزن کیسه زرده به‌طور معناداری کمتری نسبت به روز هج دارند. گزارش شده است که تغذیه درون تخم‌مرغی (In ovo) در روزهای ۱۷ تا ۱۸ incubation (دوره جوجه‌کشی)، از نظر عملکردی معادل روده یک جوجه ۲ روزه است؛ به‌طوری‌که با افزایش اندازه پرزها و افزایش ظرفیت هضم و جذب دی‌ساکاریدها، در مقایسه با پرندگان شاهد که به روش سنتی تغذیه شده‌اند، به وزن بدن بیشتری منجر می‌شود. با این حال، در شرایط تجاری، جوجه‌های تازه از تخم درآمده به دلیل فرآیندهای اجتناب‌ناپذیر هج‌ری، تعیین جنسیت، واکسیناسیون و حمل‌ونقل به مزارع پرورشی، حداقل به مدت ۱۲ تا ۳۶ ساعت به آب و خوراک دسترسی ندارند. گزارش‌های زیادی در خصوص اثرات منفی دوره گرسنگی پس از هج بر عملکرد روده و عملکرد رشد در درازمدت وجود دارد.

گرسنگی می‌تواند حساسیت به عفونت را بیشتر کرده و سیستم ایمنی را تضعیف کند که این امر به افزایش هزینه‌های تولید جوجه‌ها منجر می‌شود. در دوره پس از هج، طول، وزن و فعالیت‌های آنزیمی روده توسعه سریعی دارند، به‌طوری‌که تأخیر در تغذیه موجب کاهش توسعه و بیان ناقلان مواد مغذی شده و جذب مواد مغذی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. آپایلاختی و همکاران عوامل جیره‌ای و تداخل آن‌ها با پروفایل میکروبی را بررسی کردند تا اثرات آن‌ها را بر توسعه روده، ساختار مخاطی و ترکیب مخاط دستگاه گوارش مشخص کنند. توسعه مورفولوژیکی روده پیش یا پس از هج نیز برای هضم، جذب و انباشت مواد مغذی از روده بسیار حیاتی است. پژوهش‌های بیلونی و همکاران و آدلی و همکاران نشان داد که گرسنگی دادن (عدم دسترسی به خوراک و آب) به جوجه‌ها به مدت ۲۴ ساعت، با کاهش ارتفاع پرزهای دوازدهه و ژژنوم در مقایسه با جوجه‌هایی که ۴ ساعت پس از هج تغذیه شده‌اند، تأثیر منفی بر مورفولوژی روده می‌گذارد.

تغذیه با مخلوطی از مکمل‌های دوره‌ی پیرامون تولد (پری‌ناتال) و مکمل پروبیوتیک، افزایشی را در ارتفاع پرز، عرض پرز، نسبت پرز به کریپت و سطح مقطع پرز به همراه افزایش وزن کل بدن نشان می‌دهد که با طرد رقابتی سالمونلا پش‌تیبانی می‌شود. تزریق درون تخم‌مرغی پری‌بیوتیک اینولین نشان داده است که ارتفاع پرز را در روز اول افزایش می‌دهد و همچنین مشخص است که تولید موسین را برای محافظت از سلول‌های اپیتلیال در روده افزایش می‌دهد. پژوهش دیگری توسط مادی و بدنارچیک نشان داد که تزریق درون تخم‌مرغی اینولین به تکثیر بافت لنفاوی توسط

سلول‌های T کمک می‌کند، اما هیچ تأثیری بر بافت لنفاوی مرتبط با روده ندارد. بروکسو و همکاران نتایج جالب توجهی را یافتند که نشان می‌داد تزریق درون‌تخم‌مرغی ۴.۵ میلی‌گرم رافینوز به‌طور معناداری ژن‌های CD3 و ChB6 را که با فعالیت سلول‌های T و B مرتبط هستند، تحت تأثیر قرار می‌دهد. این پژوهشگران همچنین با افزایش دوز رافینوز، افزایشی خطی در ارتفاع پرز و نسبت پرز به کریپت پرندگان پس از هج مشاهده کردند. تزریق درون‌تخم‌مرغی پری‌بیوتیک گالاکتو-الیگوساکاریدها به دلیل فعالیت خود بر روی هم‌انتقال‌دهنده‌های گلوکز وابسته به سدیم در روده که به جذب مونوساکاریدها کمک می‌کند، وزن کل بدن جوجه‌های گوشتی را در هفته پنجم افزایش داد. نویسندگان همچنین افزایشی را در ترشحات پانکراسی تریپسین و آمیلاز در روز بیست‌یکم جنینی و روز هفتم پس از هج مشاهده کردند.

تزریق درون‌تخم‌مرغی فرآورده سین بیوتیک تعداد سلول‌های جام‌شکل (گابلت‌سل‌ها) را در ژژنوم و ایلوم افزایش می‌دهد. این سلول‌های جام‌شکل مخاط تولید کرده و از اپیتلیوم روده محافظت می‌کنند. این پژوهشگران همچنین افزایشی را در عرض پرزهای دوازدهه و عمق کریپت جوجه‌های ۲۱ روزه که جلبک *Laminaria spp.* را به صورت آماده‌سازی درون‌تخم‌مرغی دریافت کرده بودند، مشاهده کردند. در نتیجه، می‌توان ادعا کرد که مداخله تغذیه‌ای اولیه بر تمامی ابعاد سلامت روده مانند اکولوژی میکروبی روده، اپیتلیوم روده و سیستم ایمنی تأثیر می‌گذارد و در نهایت به بهبود عملکرد کلی رشد جوجه‌ها منجر می‌شود.

تأثیرات تغذیه زودهنگام بر اکولوژی میکروبی روده

رشد خیره‌کننده جوجه‌های مدرن امروزی به‌طوری‌که جوجه‌های تازه از تخم درآمده می‌توانند وزن بدن خود را طی یک روز ۲۵ درصد و تا ۵ هفته با رسیدن به وزن ۲ کیلوگرم تا ۵۰۰۰ درصد افزایش دهند، تأمین نیازهای مغذی را به همراه تقویت عملکرد میکروبی جهت بهبود سیستم ایمنی و عملکردهای هضمی و جذبی برای ارتقای کلی رشد پرنده به امری بسیار چالش‌برانگیزتر تبدیل کرده است. میکروبیوتای محافظ روده پایداری بالایی دارد، اما می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلف جیره‌ای، بیماری‌ها و محیطی قرار گیرد. برای مثال، افزودنی‌های خوراک (آنتی‌بیوتیک‌ها، کوکسیدیواستات‌ها، بافرها یا اسیدی‌کننده‌هایی که بر pH روده تأثیر می‌گذارد)، شرایط بیماری و بهداشتی (محیط تمیز در برابر آلوده، بار پاتوژن در مواد اولیه خوراک، رطوبت سالن، نوع بستر و نحوه استفاده از آن) و استرس (تغییر خوراک، اغتشاشات ناگهانی، استرس گرمایی یا آبی) نیز می‌توانند میکروفلور روده را تحت تأثیر قرار دهند. با این حال، جیره غذایی شاید بحرانی‌ترین عامل مؤثر بر میکروفلور روده باشد. حیوانات جوان به دستکاری‌های جیره‌ای حساس‌ترند؛ به‌طوری‌که ترکیب، فرآوری، قابلیت هضم و روش تغذیه می‌تواند تعادل اکوسیستم روده را به ویژه در حیوانات جوان مختل کند. برای مثال، جیره مبتنی بر ذرت و سورگوم باعث افزایش باکتری‌های *انتروکوکوس*، جیره مبتنی بر جو باعث افزایش *لاکتوباسیلوس*، یولان باعث افزایش *شریشیا* و *لاکتوکوکوس*، و جیره مبتنی بر چاودار باعث افزایش *استرپتوکوکوس* شده است.

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ایمنی روده با تغییرات فعالیت میکروبی روده تغییر می‌کند. جوجه‌های تازه از تخم درآمده به شدت مستعد کلنی‌سازی روده خود توسط باکتری‌های پاتوژن هستند؛ زیرا آن‌ها محیطی تقریباً استریل و مناسب فراهم می‌کنند و با افزایش سن پرنده، ایجاد یک اکولوژی نسبتاً پایدار ادامه می‌یابد. در اینجا برهم‌کنش میان میکروبیوتا و میزبان نقش تعیین‌کننده‌ای در مشخص کردن اکولوژی آینده و پایداری چنین

میکروبیوتای در روده ایفا می کند. پورابیدین و ژائو این تغییر را توضیح دادند که خانواده های کلستریدیاسه و انتروباکتریاسه به عنوان خانواده های غالب میکروبیوتای ایلوم در روز هفتم، به لاکتوباسیلیاسه و کلستریدیاسه در روز سی و پنجم تبدیل می شوند. آپایلاختی و همکاران نشان دادند که تراکم باکتریایی یک روز پس از هج در ایلوم و سکوم جوجه های گوشتی به ترتیب به ۱۰ به توان ۸ و ۱۰ به توان ۱۰ سلول در هر گرم از محتویات گوارشی می رسد، و تا ۳ روز پس از هج به سطوح بهینه به ترتیب ۱۰ به توان ۹ و ۱۰ به توان ۱۱ در هر گرم از محتویات ایلوم و سکوم دست می یابد. این تراکم باکتریایی برای حدود ۳۰ روز دیگر یا بیشتر در جوجه های گوشتی پایدار باقی می ماند.

افزودن پری بیوتیک ها به جیره در مراحل اولیه زندگی، فراوانی لاکتوباسیل ها و بیفیدوباکتری ها را افزایش داده و کلیفرم ها را سرکوب می کند. در حالی که مطالعه ای توسط ویلاوئنگا و همکاران نشان داد که تجویز درون تخم مرغی سین بیوتیک در روز ۱۲ یا ۱۷ دوره انکوباسیون، تعداد بیفیدوباکتری ها را در دوره پس از هج افزایش داده است. مطالعه دیگری توسط د اولیویرا و همکاران نشان داد که تزریق درون تخم مرغی فرآورده پروبیوتیک حاوی باکتری انتروکوکوس فاسیوم، تعداد جوجه های مثبت به سالمونلا انترتیتیس را پس از هج کاهش داده است. این امر نشان می دهد که کلنی سازی درون تخم مرغی پروبیوتیک ها پتانسیل کافی برای مقابله با عفونت های باکتریایی پس از هج را دارد. به طور کلی، پری بیوتیک ها زمانی که به صورت درون تخم مرغی در سنین اولیه حدود ۱۲ روزگی تجویز شوند میکروبیوم را تحریک می کنند و بعد از آن پروبیوتیک در روز ۱۷ یا ۱۸ انکوباسیون باعث طرد رقابتی می شود. بنابراین، کلنی سازی زود هنگام میکروبیوتای مفید برای رشد مناسب جوجه ها بسیار حیاتی است. تکنیک های مولکولی پیشرفته بسیاری برای مطالعه میکروبیوتای روده استفاده می شود؛ توالی یابی با توان عملیاتی بالا رایج ترین آن هاست، در کنار توالی یابی آمپلیکون هدفمند به همراه توالی یابی شات گان و متا پروتئومیکس. این تکنیک ها در خصوص مشخص کردن فعالیت عملکردی میکروبیوتای روده محدودیت هایی دارند؛ بنابراین، رویکرد همه جانبه با استفاده از چندامیکس ممکن است به درک بهتر این میکروبیوتای روده کمک کند.

تأثیرات تغذیه زود هنگام بر سیستم ایمنی

از آنجا که زمان بسیار کوتاهی برای رشد جوجه ها تا رسیدن به سن عرضه به بازار وجود دارد، اتخاذ یک روش مدیریتی صحیح ضروری می گردد که نه تنها سلامت عمومی پرندگان را تضمین کند، بلکه به آن ها در حفظ میکروبیوم سالم روده، ایمنی قوی و بهبود سلامت روده نیز یاری رساند. چندین ماده مغذی در توسعه اولیه سیستم ایمنی مهم هستند.

ویتامین A برای حداکثر کردن شایستگی ایمنی و برای رشد مطلوب و بهره وری خوراک طیور ضروری است. سایر مواد مغذی که می توانند بر توسعه اولیه ایمنی تأثیر بگذارند عبارتند از اسید لینولئیک، آهن، سلنیوم و برخی از ویتامین های گروه B. بخش عمده ای از توسعه بافت های ایمنی در طیور در اواخر انکوباسیون و دوره اولیه پس از هج رخ می دهد. بنابراین، وضعیت تغذیه ای مادر و ذخیره سازی مواد مغذی و همچنین تغذیه اولیه نقش مهمی در تعدیل سیستم ایمنی ایفا می کنند. شناخته شده است که ویتامین های A، D و E نقش های تنظیم کننده ای در سیستم ایمنی دارند.

پیچیدگی پاسخ ایمنی نیازمند شیوه های ارتباطی متنوعی میان سلول ها و مولکول های ایمنی است. مشخص شده است که طیور در طول دوره اولیه هج بیشترین حساسیت را به پاتوژن های مهاجم دارند، زیرا سیستم ایمنی آن ها تا این سن به کارکرد کامل خود دست نیافته است. تعدیل تغذیه ای

با تأمین ریزمغذی‌ها و سوبستراهای مورد نیاز، هم از طریق درون تخم‌مرغی و هم از طریق خوراک طی هفته اول پس از هچ، می‌تواند از تکثیر ارگان‌های لنفاوی پشتیبانی کرده و جمعیت میکروبیوم را در دستگاه گوارش تعدیل کند. این امر در نهایت می‌تواند به بهبود ایمنی و ارتقای یکپارچگی اپیتلیوم روده در پرندگان در حال رشد منجر شود. مخاط روده در معرض انواع مواد خارجی بیگانه از جمله میکروب‌های بیماری‌زا قرار دارد و بافت لنفاوی مرتبط با روده نقش چشمگیری در سیستم ایمنی پرندگان ایفا می‌کند. از این رو، اجتناب از تأخیر در تغذیه بسیار حیاتی است، زیرا می‌تواند آغاز عملکرد بافت لنفاوی مرتبط با روده را به تأخیر بیندازد. تزریق درون تخم‌مرغی مواد مغذی می‌تواند نقشی حیاتی ایفا کند، به‌ویژه در مواردی که به دلیل محدودیت‌های مختلف ناشی از حمل‌ونقل و توزیع جوجه‌های یک‌روزه، تأخیر در تغذیه پیش‌بینی می‌شود.

دستکاری درون تخم‌مرغی جنین نه تنها روشی برای تأمین ذخایر با مواد مغذی است، بلکه ابزاری است که اجازه می‌دهد سایر مواد محرک سیستم ایمنی، تعدیل‌کننده میکروبیوم روده و تغییردهنده سطح تولید متابولیت‌ها نیز تزریق شوند. دینبر و همکاران اثر تغذیه دهانی اولیه را بر توسعه سیستم ایمنی در جوجه‌های گوشتی تازه از تخم درآمدۀ مطرح کردند. به گفته این پژوهشگران، تغذیه اولیه می‌تواند سوبستراهای محدودکننده را تأمین کند، سطوح درون‌زای هورمون‌ها یا تعدیل‌کننده‌های ایمنی را تحت تأثیر قرار دهد و حضور آنتی‌ژن در دستگاه گوارش می‌تواند تمایز کامل سلول‌های ایمنی مانند لنفوسیت‌های B را تحریک کند. اخیراً تمرکز بر دستکاری تغذیه‌ای جنین در حال رشد به منظور بهبود ایمنی و سلامت پرندگان در دوره‌های رشد بعدی تشدید شده است. بهبود وضعیت ایمنی طیور با استفاده از ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه و پری‌بیوتیک‌ها از طریق تغذیه درون تخم‌مرغی امیدوارکننده بوده است.

مشابه تغذیه دیر هنگام درون تخم‌مرغی، کادام و همکاران اسید آمینه ترئونین را به کیسه زرده جنین ۱۴ روزه تزریق کردند و دریافتند که این کار پاسخ هومورال جوجه‌های گوشتی را بهبود می‌بخشد. باکیاراج و همکاران گزارش دادند که تزریق درون تخم‌مرغی اسیدهای آمینه، عناصر کمیاب، اسیدهای چرب و ویتامین‌ها به حفره آمینیوتیک جنین در مرحله پایانی انکوباسیون، ایمنی سلولی را در جوجه‌ها بهبود بخشید. پژوهشی که توسط سلوراج و چریان با استفاده از تزریق درون تخم‌مرغی اسیدهای چرب به حفره آمینیوتیک انجام شد، نشان داد که تزریق اسید لینولئیک (اسید چرب امگا-۶) ایمنی سلولی را افزایش می‌دهد، در حالی که تزریق اسیدهای چرب امگا-۳ با منشاء دریایی، پاسخ هومورال را القا می‌کند. به همین ترتیب، گلوکز ایمنی هومورال را تحریک کرد، در حالی که فروکتوز و ریبوز ایمنی سلولی را در جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده تزریق درون تخم‌مرغی در کیسه زرده/آمنیون در روز ۱۴ انکوباسیون تعدیل نمودند.

همچنین مشخص شده است که تغذیه درون تخم‌مرغی اسیدهای آمینه می‌تواند ژن‌های مرتبط با رشد را تقویت کرده و بیان ژن‌های ایمنی را در جوجه‌های گوشتی تعدیل کند. بهبود اولیه وضعیت ایمنی در جوجه‌های گوشتی همچنین به وضعیت سلامت عمومی و وضعیت تغذیه‌ای پرندۀ بستگی دارد. برخی سوبستراها مانند مانان اولگوساکاریدها این پتانسیل را دارند که وقتی به صورت درون تخم‌مرغی تغذیه شوند، اثر مستقیمی بر بلوغ انتروسیت‌ها، تقویت ظرفیت گوارشی و بهبود عملکرد سد اپیتلیالی اعمال کنند. همچنین، تغذیه اولیه عصاره لکتین به داخل حفره آمینیوتیک جوجه در مطالعۀ‌ای توسط دالول و همکاران، مقاومت در برابر کوکسیدیوز چالش‌یافته از طریق دهان ایجاد کرد. این محافظت از جوجه در برابر عفونت کوکسیدیوز نشانه‌ای آشکار از اثر تقویت‌کنندگی ایمنی برنامه‌نویسی تغذیه‌ای است.

نیتریک اکسید (NO) توسط سلول‌های درگیر به طور مستقیم یا غیرمستقیم در پاسخ ایمنی تولید می‌شود و نقش کلیدی در تنظیم ایمنی و انتقال عصبی دارد. علاوه بر نقش به عنوان یک مولکول سیگنال‌دهنده، نیتریک اکسید همچنین می‌تواند به عنوان یک جز غیراختصاصی از سیستم ایمنی با از بین بردن پاتوژن‌های مهاجم، سلول‌های توموری و انگل‌ها عمل کند. مستند شده است که تغذیه درون‌تخم‌مرغی آرژنین به جنین در مرحله پایانی انکوباسیون، ایمونوگلوبولین A ترشحی (IgA) را در مخاط روده افزایش داده و مسیر سیگنال‌دهی Arg-NO را در جوجه‌های گوشتی فعال می‌کند. افزایش سطح نیتریک اکسید و IgA نشان می‌دهد که تغذیه درون‌تخم‌مرغی آرژنین می‌تواند عملکرد سد ایمونولوژیک مخاط روده را تقویت کرده و ایمنی کلی و سلامت روده پرندگان را بهبود بخشد.

کاربرد برخی از افزودنی‌ها به عنوان یک رویکرد تغذیه‌ای برای جبران کمبودها در طول دوره تغذیه اولیه نیز چشم‌انداز خوبی در تقویت ایمنی جوجه‌های در حال رشد دارد. تغذیه با بتا-گلوکان می‌تواند با افزایش تنظیم طوفان اکسیداتیو، فاگوسیتوز و ظرفیت کشتن باکتریایی هتروفیل‌ها، ایمنی ذاتی را تقویت کرده و بروز تهاجم اندامی توسط *سالمونلا/نتریتیکا* را در جوجه‌های نوزاد کاهش دهد. تغذیه اولیه با اسیدهای آمینه ضروری است؛ زیرا نرخ اکسیداسیون آن‌ها در طول التهاب افزایش می‌یابد و یک جیره معمولی ممکن است نیاز پرندگان در حال رشد و تحت چالش را برآورده نکند. شناخته شده است که گلوتامین منبع انرژی و ازت برای تکثیر سلول‌های ایمنی و مخاطی روده است و همراه با سیستم‌های سنتز آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند گلوتاتیون مورد نیاز است. با این حال، پیشنهاد می‌شود که اصلاح نژاد طیور برای دستیابی به شایستگی ایمنی بالاتر، تأثیر منفی بر برخی عملکردهای تولیدی خواهد داشت که با توجه به زمان کوتاه تبدیل خوراک به گوشت یا تخم‌مرغ، در تولید مدرن طیور مطلوب نیست. از این رو، انجام پژوهش‌های بیشتری برای مشخص کردن اثر برنامه‌نویسی تغذیه‌ای اولیه در برابر مداخله دیر هنگام جهت مقابله با چالش‌های ناشی از بیماری‌های متابولیک و عفونی در تولید طیور ضروری است.

پتانسیل‌ها و محدودیت‌های آتی برنامه‌ریزی تغذیه‌ای زود هنگام

توسعه و بهبود مستمر فناوری تزریق درون‌تخم‌مرغی (In ovo)، افق جدیدی را برای تغذیه پیرامون تولد (پری‌ناتال) فراهم کرده و چالش‌ها و فرصت‌های تازه‌ای را برای متخصصان تغذیه جهت بهینه‌سازی تولید طیور ایجاد نموده است. تزریق درون‌تخم‌مرغی مواد مغذی یا ترکیبات مهم به داخل آمنیون، روش نوین و کارآمدی برای تغذیه اجزای حیاتی جیره به جنین است. در واقع، تغذیه درون‌تخم‌مرغی می‌تواند توسعه پرنده را «شروعی جهشی» ببخشد و وضعیت تغذیه‌ای جوجه‌پری‌ناتال را بهبود بخشد. این فناوری مزایای متعددی دارد، از جمله: افزایش ظرفیت کل دستگاه گوارش؛ افزایش وزن بدن، نرخ رشد و بهره‌وری خوراک؛ کاهش تلفات و بیماری‌های پس از هچ؛ بهبود سیستم ایمنی و پاسخ به آنتی‌ژن‌های روده؛ کاهش بروز ناهنجاری‌های اسکلتی در طول توسعه؛ و افزایش توسعه عضلات و بازده گوشت سینه.

گام بعدی در تغذیه اولیه می‌تواند برنامه‌ریزی (نقش‌بندی) ژن‌های پرنده در سنین بسیار پایین و تبدیل آن به حیوانی کارآمدتر در مراحل بعدی زندگی باشد. علاوه بر این، تزریق مواد مغذی قابل هضم به داخل آمنیون جنین می‌تواند موجب بهبود کیفیت پرنده، افزایش ذخایر گلیکوژن، توسعه سریع کل دستگاه گوارش، سلامت اسکلتی برتر، نرخ رشد عضلانی بهتر، افزایش وزن بدن بالاتر، بهبود ضریب تبدیل خوراک و تقویت عملکرد ایمنی

گردد. با استفاده از داده‌های nutrigenomic (نوتریژنومیک)، تقریباً ۳۰ درصد از ژن‌ها در اثر تغذیه درون تخم مرغی فعالیت متفاوتی در طول زمان بروز می‌دهند. اصلی‌ترین محدودیت‌ها همچنان به توسعه جنین و متابولیسم مواد مغذی مربوط می‌شوند. پرسش دیگر، محدودیت در تهیه فرآورده‌های پروبیوتیکی است که با نیازهای اختصاصی هر پرنده تناسب داشته باشد. تغذیه اولیه در آینده شامل تغذیه سین بیوتیک‌های پیچیده‌ای خواهد بود که جایگزین افزودنی‌ها و مکمل‌ها در خوراک پس از هچ شده و برای کل صنعت طیور سودمندتر است.

نتیجه‌گیری

با افزایش بهره‌وری و پرورش پرندگانی با بازده خوراک بسیار بالا، نیازهای تغذیه‌ای جنین و جوجه‌های سنین اولیه در طول دهه‌های گذشته دستخوش تغییر شده است. برنامه‌ریزی تغذیه اولیه یکی از جدیدترین و موفق‌ترین روش‌ها برای تغذیه جنین و جوجه‌های تازه هچ شده به شمار می‌رود تا پرندگانی با روده سالم، میکروبیوتای مطلوب، ایمنی ارتقایافته و عملکرد رشد در مجموع بهبودیافته پرورش یابند. موادی که در حال حاضر به عنوان تغذیه اولیه به کار می‌روند شامل پروبیوتیک‌ها، پری‌بیوتیک‌ها، آنزیم‌های برون‌زاد، اسیدهای آمینه، هورمون‌ها، واکسن‌ها و داروها هستند. مشخص شده است که تغذیه زودهنگام جوجه‌ها با این مواد مغذی و مکمل‌ها موجب بهبود تکامل کل دستگاه گوارش، افزایش نرخ رشد و بهره‌وری خوراک، کاهش تلفات و ابتلا به بیماری‌ها پس از هچ، تقویت رشد میکروبیوتای مفید روده، ارتقای سیستم ایمنی و پاسخ به آنتی‌ژن‌های روده‌ای، کاهش بروز ناهنجاری‌های اسکلتی تکاملی و افزایش توسعه عضلات و بازده گوشت سینه می‌شود. انجام پژوهش‌های بیشتری نیاز است تا روش تغذیه درون تخم مرغی جهت کاربرد در مقیاس تجاری و شرایط پرورشی تنظیم دقیق گردد، فرآیند تکامل جنینی و متابولیسم مواد مغذی با دقت بیشتری درک شود، و چگونگی اثرگذاری تغذیه اولیه بر ژن‌های اختصاصی مسئول عملکرد، سلامت روده و صفات مرتبط با سلامت عمومی در طیور روشن شود.