

فرمولاسیون های خوراک برای کاهش دفع نیتروژن (N) و نشر بخار آمونیاک از کود (فضولات) طیور

چکیده

این مقاله مروری، روی کاهش انتشار نیتروژن (N) و بخار آمونیاک از کود (فضولات) طیور از طریق بهبود قابلیت هضم آمینواسید و مکمل آنزیمی تمرکز دارد. فناوری های (تکنیک های) مناسب فرآوری (عمل آوری) خوراک، تغذیه ی مرحله ای و به حداقل رساندن پسماند خوراک و آب می توانند به کاهش جزئی انتشار نیتروژن و آمونیاک کمک کنند. با استفاده از بهبود (اصلاح) فرمولاسیون خوراک از طریق مواد مغذی موجود در ترکیبات، کاهش سطوح پروتئین خام (CP) و افزودن آمینواسیدهای مصنوعی می توان آلودگی زیست محیطی را کاهش داد. استفاده از قابلیت هضم آمینواسیدها و پروتئین خام می تواند دفع نیتروژن را تا ۴۰ درصد کاهش دهد و با استفاده از مکمل آنزیمی در جیره ی غذایی جوجه های گوشتی می توان به یک افزایش ۲۵ درصدی در هضم نیتروژن دست یافت. قابلیت هضم را می توان با دو روش اندازه گیری کرد از جمله: قابلیت هضم آمینواسیدهای موجود در ایلنوم و فضولات. هر دو روش این امکان را فراهم می کنند که سطوح آمینواسید تا ۱۰ درصد یا بیشتر کاهش پیدا کند. مکمل آنزیمی موجب کاهش ویسکوزیته ی روده می شود، سطوح انرژی قابل سوخت و ساز (قابل متابولیزه شدن) را بهبود می بخشد و قابلیت هضم آمینواسیدها را افزایش می دهد. بسیاری از تولیدکنندگان خوراک طیور هنوز هم از محتوای آمینواسیدی خام برای فرموله کردن (تولید) خوراک استفاده می کنند. به منظور تأمین نیازهای آمینواسیدی، آمینواسیدهای کریستالین مورد نیاز هستند. استفاده از پر، گوشت و پودر استخوان نباید بیش از حد یا کمتر از حد در نظر گرفته شود (برآورد شود) و محدود کردن استفاده از آمینواسیدهایی مانند سیستئین، تریپتوفان و ترئونین باید به دقت مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرد.

کلمات کلیدی: نیتروژن، نشر بخار آمونیاک، قابلیت هضم آمینواسید، آنزیم

۱. مقدمه

در شرایط ایده آل، سطوح مواد مغذی که طیور برای رشد، بقا (حفظ بدن) یا عملکردهای مولد به آن نیاز دارند می توانند تعدیل شوند که منجر به ایجاد حداقل پسماند مدفوعی و در نتیجه حداقل نگرانی ها در مورد آلودگی محیط زیست می شود. متأسفانه هیچ جیره ی غذایی کاملاً متعادل و گروه های خوراکی که توسط حیوانات کاملاً قابل هضم باشند وجود ندارد. بخار آمونیاک موجود در اتمسفر، آلاینده ی اصلی هوایی است که از ساختمان های نگهداری طیور تولید می شود (کریستنسن و واتنز، ۲۰۰۰).

به منظور بهبود استفاده از مواد مغذی و کاهش آلودگی زیست محیطی ناشی از پسماندهای طیور، عدم تعادل بالقوه ای (احتمالی) که در فرآیند تغذیه ی طیور وجود دارد بایستی شناسایی و اصلاح شود. پس از آن، مدیریت (کنترل) کود بستر (پسماندها) و کود (فضولات) طیور باید به بهترین نحو انجام شود. ساتن (۲۰۰۲) گزارش کرده است که برخی از تولیدکنندگان اگر بخواهند دفع مواد مغذی و بو از فضولات را کاهش دهند ممکن است به مزایای یک برنامه ی مدیریت خوراک مانند به حداکثر رساندن نگهداشت مواد مغذی و کاهش تولید فضولات، فرموله کردن جیره های غذایی مبتنی بر (بر پایه ی) مواد مغذی موجود در ترکیبات خوراک، کاهش سطح پروتئین خام و افزودن آمینواسیدهای مصنوعی و همچنین استفاده از مقدار مناسب کربوهیدرات های خاص در طول تخمیر میکروبی نیاز داشته باشند (ساتن و همکارانش، ۱۹۹۹).

آلودگی ناشی از نیتروژن (N) یکی از بزرگ ترین نگرانی های مردم است؛ زیرا نیتروژن بیش از حدی که توسط حیوانات تولید می شود نه تنها آب بلکه هوا را نیز آلوده می کند. کرامول و کافی (۱۹۹۵) و کرسول و اسویک (۲۰۰۱) نشان دادند که استفاده از آمینواسیدهای مصنوعی در جیره های غذایی می تواند به طور بالقوه دفع نیتروژن را تا حدود ۴۰ درصد کاهش دهد. ایده ی "پروتئین ایده آل" و استفاده از آمینواسیدهای مصنوعی می تواند باعث شود تا خروج نیتروژن از احشام به حداقل برسد (ماهان و هاوز، ۱۹۹۵).

بر اساس تحقیقات لنیز و اسکات (۱۹۹۰)، سطح پروتئین خام (CP) در یک جیره معمولی خوک را می‌توان با جایگزین کردن کنجاله‌ی (بلغور) سویا با آمینواسیدهای مصنوعی و ذرت بدون اینکه تأثیرات منفی بر روی عملکرد حیوان داشته باشد تا ۳ درصد کاهش داد (به‌عنوان مثال، از ۱۶ درصد به ۱۳ درصد). نتایج مشابهی در طیور مشاهده شده است (فایرمن و بولینگ، ۱۹۹۸). مقدار بهینه‌ی آمینواسیدی که برای اکثر جیره‌های غذایی طیور توصیه شده است، بالاتر از مقداری است که توسط NRC تعیین شده است (اسکلان و نوی، ۲۰۰۵). کر (۱۹۹۵) گزارش کرده است که استفاده از مکمل آمینواسید در جیره‌ی غذایی کم پروتئین برای طیور و خوک، صرف‌نظر از وزن بدن، دفع نیتروژن را به ازای هر ۱ درصد کاهش پروتئین خام، به‌طور میانگین تا ۸.۵ درصد، کاهش داده بود. اسکات و همکارانش (۱۹۹۳) ثابت کردند که به ازای هر درصدی که نیتروژن در خوراک کاهش پیدا می‌کند؛ دفع نیتروژن تا ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. شرایط زیست‌محیطی که بر روی دسترسی مواد آلی (به‌عنوان مثال، استات) و قدرت احیاکنندگی آن‌ها (به‌عنوان مثال، هیدروژن) و نیروهای اکولوژیک تأثیر می‌گذارند، می‌توانند از طریق باکتری‌های احیاکننده‌ی سولفات، تمییز ایزوتوپ کربن را نیز تحت تأثیر قرار دهند (لاندری و دی‌ماریاس، ۲۰۰۳). پارکز و همکارانش (۱۹۹۶) ثابت کردند که استفاده از مکمل آمینواسید در جیره‌های غذایی بوقلمون‌ها که حاوی ۹۰ درصد از پروتئین خام توصیه‌شده در NRC (۱۹۹۴) بود، بدون اینکه تأثیر نامطلوبی بر روی رشد داشته باشد، دفع نیتروژن را تا ۱۶.۴ درصد کاهش داده بود؛ اما بازده شیر پستان از ۲۶.۵ درصد به ۲۵.۵ درصد کاهش پیدا کرده بود.

آمینواسیدها عناصر سازنده‌ی (بلوک‌های ساختمانی) پروتئین‌ها هستند. بیش از ۲۰ آمینواسید وجود دارد که پروتئین‌ها را می‌سازند. یک قسمتی از آمینواسید موجود در جیره‌ی غذایی به‌صورت ماده‌ی مدفوعی هضم نشده دفع می‌شود و هریک از ترکیبات موجود در خوراک، از این جنبه بسیار متفاوت هستند. با دانستن ضریب هضم (DC) هریک از آمینواسیدها و نیاز به آمینواسیدهای قابل‌هضم برای یک هدف تولیدی معین، جیره‌های غذایی می‌توانند طوری فرموله شوند که به نیاز پرنده بسیار نزدیک باشند. منابع پروتئینی جایگزین با ضریب هضم پایین می‌توانند در جیره‌های غذایی مبتنی بر (بر پایه‌ی) آمینواسیدهای قابل‌هضم مورد‌استفاده قرار بگیرند که منجر به کاهش خروج نیتروژن و درعین‌حال کاهش هزینه‌های جیره‌ی غذایی استفاده‌شده توسط تولیدکنندگان می‌شود (پارسونز، ۱۹۹۹).

زمانی که مقادیر مختلفی از جو و جو دو سر به جیره غذایی اضافه شود، یک ترکیب چند آنزیمی که شامل فعالیت‌های سلولاز، بتا گلوکاناز و پروتئیناز باشد می‌تواند منجر به بهبود تولید تخم و تبدیل خوراک مرغ‌های تخم‌گذار در مرحله‌ی بعد از اوج تخم‌گذاری شود (ناسی، ۱۹۸۸). جو و جو دوسر نسبت به گندم، فیبر بیشتری دارند و از این‌رو، از انرژی کمتری برخوردارند. در جو و به میزان کمتری در جو دوسر، دیواره‌های سلول آندوسپرم حاوی مقدار متفاوتی از بتا گلوکان تشکیل‌دهنده‌ی ژل چسبناک هستند، بتا گلوکان یک عامل ضد تغذیه‌ای است که قطرات چسبنده‌ای را تولید می‌کند و استفاده از مواد مغذی و سرعت رشد را کاهش می‌دهد (ناسی، ۱۹۸۸). پنتوزان‌ها در بسیاری از غلات از جمله گندم، ذرت خوشه‌ای، جو، چاودار، جو دوسر و تریتیکیال (هیبریدی از گندم و چاودار)، شناسایی شده‌اند (ردی، ۱۹۹۲). آنزیم‌ها، برای تغییر عوامل ضد تغذیه‌ای حاصل از ترکیبات خوراک استفاده‌شده در جیره‌های غذایی طیور مورد‌استفاده قرار گرفته‌اند. عوامل ضد تغذیه‌ای اصلی که در غلات وجود دارند؛ عبارت‌اند از: فیتات، بتا گلوکان و پنتوزان‌ها (آرابینوکسیلان‌ها)، زایلوز، مانوز و گالاکتوز (کوئلهو، ۱۹۹۶).

بتاگلوکان‌های موجود در جو، ویسکوزیته‌ی مواد هضمی را افزایش و در نتیجه، جذب نیتروژن (N) و کربوهیدرات‌ها را کاهش می‌دهند (بورنت، ۱۹۶۶). پاتر و همکارانش (۱۹۶۵) در زمان استفاده از یک مکمل فارچی ناشناخته پاسخ‌های قابل‌توجهی را مشاهده کردند و افزایش انرژی قابل سوخت‌وساز (ME) جو را به افزایش قابلیت هضم پروتئین، چربی و عصاره‌ی بدون نیتروژن نسبت دادند. فرایزن و همکارانش (۱۹۹۲) گزارش کردند که با افزودن مکمل‌های آنزیمی به جیره غذایی جوجه‌های جوان، می‌توان ارزش غذایی (انرژی و پروتئین قابل‌دسترسی از نظر زیستی) دانه‌های غلات مانند گندم، جو، جو دوسر و چاودار را بهبود بخشید.

در حال حاضر حجم زیادی از داده‌های منتشرنشده در مورد قابلیت هضم آمینواسیدهای موجود در ترکیبات خوراک و مکمل آنزیمی برای طیور، در دسترس است. هدف این مقاله‌ی مروری، ارائه‌ی توصیه‌های بهینه برای فرمولاسیون خوراک و استفاده از آن‌ها برای کاهش خروجی نیتروژن و نشر بخار آمونیاک مرتبط با (ناشی از) آن است.

۲. مواد مغذی اصلی مرتبط با آلاینده‌های زیست‌محیطی

۲.۱. نیتروژن

کاهش نیاز به آمینواسید موجب کاهش هزینه‌های خوراک و همچنین کاهش قابل‌ملاحظه‌ی نیتروژن موجود در کود (فضولات) طیور می‌شود. تقریباً ۷۵-۷۰ درصد از نیتروژن مصرف‌شده، از بین رفته یا دفع می‌شود (پارسونز، ۱۹۹۵). چنانچه هضم یا جذب نیتروژن به‌اندازه‌ی کافی انجام نشود، مقدار قابل‌توجهی از نیتروژن از بین می‌رود. حجم عمده‌ای از نیتروژن به دلیل گردش ثابت پروتئین در طی سوخت‌وساز عضلات از بین می‌رود. هرروز، تقریباً ۵ درصد از پروتئین بدن از طریق تجزیه و سنتز مجدد بازیابی می‌شود. منبع بزرگ دیگری از هدر رفت نیتروژن، کاتابولیسم آمینواسید است. کاتابولیسم آمینواسیدها به‌ناچار و خواه‌ناخواه به دلیل نقص متابولیک یا مصرف بیش‌ازحد آمینواسیدها در مواردی که نیاز بیش‌ازحد وجود دارد، اتفاق می‌افتد (پارسونز، ۱۹۹۵).

۲.۲. فسفر

یک نگرانی مهم در مورد کیفیت آب‌های سطحی، مردابی شدن آب^۱ دریاچه‌ها و نهرها است. مردابی شدن آب زمانی اتفاق می‌افتد که مواد مغذی معدنی و آلی موجب کاهش اکسیژن محلول تا سطوحی می‌شوند که بیشتر از زندگی جانوری برای زندگی گیاهی مناسب است. ماده‌ی مغذی محدودکننده‌ی رشد جلبک و سایر گیاهان آبی، فسفر (P) است (شارپلی و همکارانش، ۱۹۹۴). رشد بیش‌ازحد جلبک‌های سبز آبی خاص موجب ایجاد نگرانی‌هایی شده است؛ زیرا این جلبک‌ها سمومی را تولید می‌کنند که یک خطر بالقوه (احتمالی) برای سلامت انسان‌ها و حیوانات محسوب می‌شوند (کوتاک و همکارانش، ۱۹۹۳).

۲.۳. روی و مس

استفاده‌ی مکرر از فضولات (کود) طیور و خاک در زمین‌های کشاورزی درنهایت ممکن است منجر به تجمع مقادیر زیادی از مس (Cu) و روی (Zn) شود و این مواد معدنی ممکن است برای محصولات کشاورزی و گونه‌های خاصی از حیواناتی که در جستجوی خوراک هستند؛ سمی باشند. برخلاف استفاده‌ی بیش‌ازحد از نیتروژن و فسفر در زمین‌های کشاورزی، روی و مس به خاک می‌چسبند و به‌جز در زمان فرسایش خاک، وارد منابع آب نمی‌شوند. انباشتگی روی و مس رخ خواهد داد و درنهایت منجر به ایجاد وضعیت نامطلوبی برای برخی از محصولات زراعی می‌شود، مگر اینکه این مواد معدنی توسط محصولات گیاهی از زمین حذف (برداشته) شوند (سیمز و ولف، ۱۹۹۴).

نگرانی‌هایی وجود دارد مبنی بر اینکه استفاده‌ی طولانی‌مدت از مقادیر بالای مس می‌تواند برای محصولات زراعی که بر روی خاک‌های با بافت درشت یا محصولاتی که بر روی خاک‌های با بافت ریز تحت شرایط بی‌هوای رشد می‌کنند؛ سمی باشد (میکز و همکارانش، ۱۹۷۵). استفاده از کود (فضولات) طیور تا حدی که موجب افزایش سطح فسفر خاک شود، می‌تواند منجر به کمبود روی القاشده با فسفر، در خاک‌های دارای سطوح روی پایین یا جایی که گیاهان حساس به روی در آن‌ها رشد داده شده‌اند، شود (سیمز و ولف، ۱۹۹۴). میکز و همکارانش (۱۹۷۵) گزارش کرده‌اند که درختان مرکباتی که با کود بوقلمون بارور شده بودند، علائم کمبود روی را نشان داده بودند، درحالی‌که درختان مجاور آن‌ها که با این کودها تیمار نشده بودند، سالم مانده بودند. این کمبود روی ممکن است به دلیل افزودن کود حاوی فسفر نیز ایجاد شده باشد.

۳. دست‌کاری جیره غذایی برای افزایش مواد مغذی

۳.۱. به حداقل رساندن پسماند خوراک و آب

^۱ Eutrophication

به‌طور کلی، به ازای هر ۱ درصد افزایش پسماند خوراک، یک افزایش ۱.۵ درصدی در مقدار نیتروژن و فسفر کود (فضولات) وجود دارد (فرکت و همکارانش، ۲۰۰۲). افزایش پسماند خوراک حیوانات ممکن است ناشی از طراحی ضعیف سیستم غذا دهنده و موقعیت یا شکل خوراک باشد و این پسماندها در نهایت به کود بستر یا کود (فضولات) تبدیل می‌شوند. اگر سیستم‌های غذا دهنده بیش‌از اندازه پر شده باشند، ارتفاع آن‌ها خیلی کم باشد یا طراحی ضعیفی داشته باشند، طیور مقدار قابل‌توجهی از خوراک خود را هدر می‌دهند (بیر و همکارانش، ۲۰۰۱). ارتفاع غذا دهنده باید طوری تنظیم شود که قسمت بالای ظرف خوراک، هم‌سطح با قسمت انتهایی گردن پرندگان باشد و تنها ۲۵ درصد از ظرف غذا دهنده باید پر شده باشد (فرکت و همکارانش، ۲۰۰۲).

برای تمام گیاهان و حیوانات زنده، آب ماده‌ی مغذی اصلی است. مقدار مواد معدنی دفع شده توسط حیوانات تحت تأثیر مقدار مایعاتی که مصرف و دفع می‌کنند قرار نمی‌گیرد؛ اما هزینه‌ی فرآوری (عمل‌آوری) کود بستر یا کود فضولات و انهدام آن‌ها تحت تأثیر سطوح آب موجود در فضولات قرار می‌گیرد. آب اضافی که درون فضولات جوجه‌های گوشتی و بوقلمون‌ها وجود دارد به کار و مقدار مواد بستر خیلی بیشتری برای حفظ کیفیت مناسب کود بستر نیاز دارد. آب اضافی موجود در مدفوع طیور همچنین می‌تواند شیوع آفات (باکتری‌ها، سوسک کود بستر، مگس و غیره) را افزایش دهد که همین امر مشکلاتی را در زمینه‌ی سلامت پرندگان به وجود می‌آورد. آب اضافی موجود در فضولات منجر به افزایش رشد باکتری‌ها، نشر بخار آمونیاک و بروز مشکلاتی در کیفیت هوا می‌شود و در عین حال بر روی حجم و کیفیت مواد مغذی موجود در کود بستری که باید منتقل شود تأثیرات منفی دارد. نشستی سیستم‌های آبدهی باید به سرعت برطرف شود و به‌منظور به حداقل رساندن ریزش آب باید از مغزی‌های شیر آب باکیفیت استفاده شود. هنگام تمیز کردن، آبی که برای شستشو مورد استفاده قرار می‌گیرد نباید به درون کود بستر پاشیده شود.

۳.۲. فرآوری (عمل‌آوری) خوراک

آسیاب کردن و پلت (حبه) کردن، روش‌های مؤثری برای بهبود مصرف (استفاده از) خوراک و کاهش دفع ماده‌ی خشک و مواد مغذی در کود (فضولات) طیور هستند. زمانی که اندازه‌ی ذرات خوراک کاهش پیدا می‌کند، مساحت سطحی ترکیبات خوراک افزایش پیدا می‌کند که امکان برهم‌کنش بیشتر با آنزیم‌های گوارشی را فراهم می‌سازد. زمانی که طیور با جیره‌های غذایی ذرت – کنجاله‌ی سویا (SBM) تغذیه شده بودند بین نوع جیره‌ی غذایی و اندازه‌ی ذرات سویا یک تعامل معنی‌داری وجود داشت زیرا SBM درشت باعث افزایش سطوح فسفر پلازما می‌شود در حالی که زمانی که با جیره‌های نیمه خالص تغذیه شده بودند اثر کمتری مشاهده شد (کیلبورن و ادواردز، ۲۰۰۴). آن‌ها پیشنهاد کرده‌اند که SBM درشت ذره ممکن است بهتر از SBM دارای ذرات ریز مصرف شود. در زمان مقایسه‌ی اندازه‌ی ذرات ذرت (کیلبورن و ادواردز، ۲۰۰۱)، جیره‌های غذایی حاوی ذرت ریز، مقادیر ME بالاتری داشتند و یک تعامل معنی‌داری بین اندازه‌ی ذره و شکل غذا وجود داشت به نحوی که پلت (حبه) کردن، مقدار ME جیره‌های غذایی حاوی ذرت درشت را بهبود داده بود اما باعث بهبود جیره‌های حاوی ذرت ریز نشده بود.

زمانی که جیره‌های غذایی حاوی فیبر بالا مصرف می‌شوند، علاقه‌ی ویژه‌ای نسبت به نقش دستگاه گوارش (GIT) وجود دارد. آزمایشی برای مطالعه‌ی اثرات گنجاندن سبوس جو دو سر در جیره‌ی غذایی گندم خالص یا گندم آسیاب شده برای جوجه‌های گوشتی و مرغ‌های تخم‌گذار انجام شده است (هتلند و همکارانش، ۲۰۰۳). طبق گفته‌ی این دانشمندان، غلظت فیبر در محتوای سنگدان، به مقدار قابل‌توجهی بالاتر از خوراک بود. هیچ اثری از سبوس یا گندم کامل مشاهده نشده بود که نشان‌دهنده‌ی این است که همه‌ی ذرات، قبل از اینکه از سنگدان خارج شوند تا یک اندازه‌ی بحرانی معینی آسیاب شده بودند. مجاهد و همکارانش (۲۰۰۴) گزارش کرده‌اند که تیمار (برشته کردن یا پلت (حبه) کردن) سبوس برنج با حداکثر ۲۵۰ ppm از آنتی‌اکسیدان‌ها هیچ اثر معنی‌داری روی عملکرد جوجه‌ی گوشتی نداشته است.

نشان داده شده است که خوک‌ها خوراک پلت (حبه) شده را به خوراک خمیر شده ترجیح می‌دهند به نحوی که اثربخشی خوراک به دلیل کاهش در ضایعات (اتلاف) خوراک به میزان ۸.۵٪ بهبود پیدا کرده بود (وانشوبرک و همکارانش، ۱۹۷۱). قابلیت هضم پروتئین نیز بعد از پلت (حبه) کردن به اندازه‌ی ۳.۷٪ بهبود یافته بود. پاسخ‌های مشابهی در طیور نیز مشاهده شده

بود (بیر و همکارانش ۲۰۰۱) بدین ترتیب که زمانی که ذرت یا SBM تحت فشارهای مختلف منبسط شود افزایش دسترسی زیستی (زیست‌فراهمی) آمینواسیدها ممکن است رخ دهد. افزایش در فشار، ME واقعی (TME)، دسترسی به آمینواسیدها، حلالیت پروتئین و ژلاتینه شدن نشاسته را افزایش می‌دهد. از آنجایی که این محصولات به صورت مجزا فرآوری (عمل‌آوری) می‌شوند مطالعه‌ی بیشتر برای تعیین اینکه آیا برهم‌کنشی بین مواد مغذی آمده از منابع مختلف در فاز ژلاتینه شدن وجود دارد یا نه ضروری است. احتمالاً زمانی که ترکیبات، تحت فشار یا دمای بالا قرار می‌گیرند یک برهم‌کنش بین پروتئین، نشاسته و ذرات چربی وجود دارد.

۳.۳. فرمولاسیون خوراک با آنزیم‌ها

غلظتی که هضم کمی دارند بیشتر از غلظتی که به خوبی هضم می‌شوند تحت تأثیر افزودن آنزیم قرار می‌گیرند (لیونز ۱۹۹۵؛ لوبو ۲۰۰۰). برای ترکیب‌کننده‌ی خوراک، افزودن آنزیم دو پیامد دارد: (۱) کاهش در تفاوت بین بهترین و بدترین نمونه‌های یک دانه‌ی (غله) معین به وجود می‌آید (۲) مقادیر ماتریکس مواد مغذی فرمولاسیون خوراک ممکن است توسط افزودن آنزیم افزایش پیدا کند (بدفورد ۲۰۰۰).

قابلیت هضم دانه‌ها (غلظت) بر اساس سطوح ME خودشان، می‌تواند طبق ترتیب زیر منظم شود: ذرت < گندم < تریتیکیال < جو < جو دوسر < چاودار. در گذشته، جو، جو دوسر و چاودار به طور گسترده‌ای در جیره‌های غذایی طیور مورد استفاده قرار نمی‌گرفتند که به دلیل عملکرد ضعیف و متغیر پرنده و همچنین تمایل آن‌ها برای ایجاد شرایط بستر مرطوب غیرقابل کنترل بوده است (فرایسن و همکارانش ۱۹۹۲؛ بدفورد ۱۹۹۵؛ گریمز و کروچ ۱۹۹۷). خصوصیات منفی این غلات، عموماً به محتوای فیبر و پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای آن‌ها نسبت داده می‌شود.

سه نقطه‌ی اصلی و کانونی آلودگی شامل بو (بخار آمونیاک و سایر ترکیبات)، نیتروژن و فسفر ضایعات (کود) است و جوجه‌های گوشتی حدود ۳۰٪ ماده‌ی خشک مصرفی، ۲۵٪ از انرژی ناخالص، ۵۰٪ از نیتروژن و ۵۵٪ از فسفر جذب شده را به صورت پسماند از دست می‌دهند (ایوی ۱۹۹۲). آنزیم‌ها، عوامل ضد مغذی را تخریب می‌کنند یا قابلیت هضم مواد مغذی غیرقابل هضم را افزایش می‌دهند بدین ترتیب استفاده از یک سیستم آنزیمی باعث ذخیره‌ی انرژی و بهبود قابلیت هضم آمینواسیدی می‌شود (لیونز ۱۹۹۵؛ سیلورسایدز و بدفورد ۱۹۹۹). بعلاوه، کاهش در ویسکوزیته‌ی ماده‌ی هضمی^۲ توسط آنزیم‌ها، لزوماً برای بهبود هضم چربی و افزایش دسترسی به ویتامین‌های حلال در چربی و همچنین بهبود اثربخشی جذب رنگ‌دانه‌های غذایی طبیعی - کلروفیل‌ها و زانتوفیل‌ها - که برای رنگ خوب زرده در تخم‌مرغ‌ها و نوک و همچنین پاهای جوجه‌های گوشتی ضروری هستند، دارای اهمیت است (آنونیموس ۱۹۹۶).

کوان و همکارانش (۱۹۹۶) گزارش کردند که افزایش ابقا نیتروژن منجر به بهبود دسترسی‌پذیری (فراهمی) انرژی و ME می‌شود و اینکه این دو مورد توسط افزودن آنزیم‌ها به جیره‌ی غذایی نیز بهبود پیدا می‌کنند (بیو فید پلاس سی‌ا‌تی. نوو نوردیسک آ/اس، دانمارک) اما این نشان‌دهنده‌ی یک پاسخ دز واضح با انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری، انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری تصحیح شده برای نیتروژن (AMEN) ترکیبات انتخابی (که حاوی ۳۰ درصد بلغور گندم و ۲۵ درصد منابع پروتئین گیاهی است) نیست. این دانشمندان نشان داده‌اند که بهبود ابقا نیتروژن مستقیماً با قابلیت هضم پروتئین همبسته نیست اما بهبود ابقا پروتئین ممکن است به کاهش در پروتئین غذایی کمک کند. جدالا و همکارانش (۱۹۹۷) به این نتیجه دست یافتند که تکمیل جیره‌ی غذایی بر پایه‌ی (مبتنی بر) جو و گندم خوک‌ها با کنجاله‌ی (بلغور) سویا (CS) یا کنجاله‌ی سویا و کنجاله‌ی منداب (CPSR) با یک زایلاناز یا یک مخلوط آنزیمی (آلفا گالاکتوزیداز + زایلاناز + پروتئاز) باعث افزایش قابلیت هضم زایلوز جیره غذایی CS و زایلوز، آرابینوز و مانوز و محتوای ماده‌ی خشک (DM) جیره غذایی CPSR می‌شود. پکتین خیلی سریع‌تر و بیشتر از سلولوز، آرابینوکیسیلان‌ها و زایلان پلی ساکاریدها هضم می‌شود اما تخمیر، نسبت‌های مشابهی از استات، پروپیونات و بوتیرات را در روده‌ی بزرگ ایجاد می‌کند.

برای کاهش سطوح مواد مغذی در خروجی کود (ضایعات)، مزایای زیست‌محیطی نیز وجود دارد. خروجی نیتروژن از مزارع پرورش جوجه‌های گوشتی نیز می‌تواند توسط افزودن آنزیم‌های غذایی که باعث بهبود قابلیت هضم پروتئین می‌شوند تحت تأثیر قرار بگیرد. افزودن کمپلکس آنزیمی به جیره‌های غذایی جوجه‌های گوشتی (آنزیم وگرو، آلتک، بریتانیا) قابلیت هضم واقعی همه‌ی آمینواسیدها به‌جز والین را افزایش داده بود (چارلتون و پوق ۱۹۹۵) و در آنجا، افزایش قابل توجه در دسترسی زیستی (فراهمی زیستی) بسیاری از آمینواسیدها برای جوجه‌های گوشتی از جمله بسیاری از آمینواسیدهای محدودکننده (لایزین، متیونین، سیستئین و ترئونین) گزارش شده بود. مکمل آنزیمی معمولاً توسط افزودن مستقیم یک آنزیم یا ترکیب آنزیمی به خوراک انجام می‌شود. مؤثرترین راه افزودن آنزیم به خوراک، زمانی است که عملکرد آنزیم، یک ترکیب خاص در خوراک را هدف می‌گیرد (جداول ۱ و ۲). داده‌های به‌دست‌آمده از این جداول نشان می‌دهند که گونه‌های مختلف، نیاز به سطوح متفاوتی از مکمل آنزیمی غذایی دارند و اینکه جیره‌های غذایی پایه‌ی مختلف نیز نیاز به سطوح مختلفی از مکمل آنزیمی دارند.

۳.۴. تغذیه‌ی مرحله‌ای (PF)

مواد مغذی که حیوانات برای بقا (حفظ بدن) و رشد بافت، هضم و جذب نمی‌کنند، دفع می‌شوند. به‌منظور بهینه‌سازی تعادل جیره‌ی غذایی، لازم است تا نیازهای تغذیه‌ای به‌دقت تخمین زده شوند. متأسفانه، به دست آوردن این تخمین‌ها مشکل است زیرا نیازهای تغذیه‌ای به دلیل بسیاری از عوامل زیست‌محیطی یا عوامل مرتبط با سن و تغییرات سالانه در خصوصیات ژنتیکی انواع مختلف طیور ما دائماً تغییر می‌کنند.

به‌منظور تعیین نسبت بهینه‌ی زمان به خوراک جیره‌های غذایی استارتر (۲۳٪ پروتئین)، رشد (۲۰٪ پروتئین) و پایانی (۱۸٪ پروتئین) جوجه‌ی گوشتی که متغیرهای تولید و فرآوری (عمل‌آوری) را بهینه خواهد کرد، یک آزمایش با زمان‌های خورش (خوراک‌دهی) مختلف برای ۳ جیره‌ی غذایی که بر پایه‌ی یک سیکل تولید ۴۸ روزه بودند طراحی شدند (راش و همکارانش ۲۰۰۴). در این مطالعه، جوجه‌های گوشتی به‌منظور بهینه کردن متغیرهای تولید و فرآوری (عمل‌آوری)، به ترتیب به مدت ۳۰ و ۱۸ روز با یک جیره‌ی غذایی استارتر و پایانی تغذیه شدند. نقشه‌های اثر نشان دادند که متغیرهای تولید و فرآوری (عمل‌آوری) به جیره غذایی رشد خیلی حساس نبودند. پوپ و امرت (۲۰۰۲) اثرات تغذیه‌ی مرحله‌ای (PF) روی جوجه‌های گوشتی که در طی دوره‌های رشد و پایانی، تحت تنش گرمایی (دماهای بالا به مدت ۱۵ ساعت در ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و ۹ ساعت در ۲۳.۹ درجه‌ی سانتی‌گراد؛ درحالی‌که دمای نرمال برابر ۲۴ ساعت در ۲۳.۹ درجه‌ی سانتی‌گراد بود) قرار گرفته بودند را مورد مطالعه قرار دادند. جیره‌های غذایی، از لحاظ لایزین، سولفور آمینواسیدها (SAA) یا ترئونین، بر اساس نیازهای NRC (۱۹۹۴) بودند. نتایج نشان دادند که در پرندگان که در معرض دماهای محیطی بالا قرار گرفته بودند، سطوح لایزین، SAA و ترئونین غذایی می‌توانست به‌صورت یک روز در میان و طبق یک برنامه‌ی PF کاهش داده شود بدون اینکه عملکرد رشد یا بازده لاشه تحت تأثیر قرار بگیرد. در یک مطالعه‌ی دیگر که توسط پوپ و امرت (۲۰۰۲) انجام شده بود کاهش سطوح لایزین، SAA و ترئونین، طبق یک برنامه‌ی PF به‌صورت یک روز در میان، از ماکزیمم عملکرد رشد در طی یک دوره‌ی پایانی طویل حمایت کرده بود. همچنین پوپ و امرت (۲۰۰۲) نشان دادند که CP می‌توانست توسط PF۱۰ نیز کاهش داده شود (PF۱۰ نوعی از جیره غذایی است که کاهش ۱۰ درصدی در توصیه‌های NRC نسبت به جیره‌های غذایی NRC و PF جوجه‌های گوشتی را توصیه می‌کند). یک مجموعه‌ای از ۱۱ جیره غذایی (PF۱۰) طوری فرموله شده بودند که نسبت به مقدار این ترکیبات در جیره‌های PF، حاوی ۱۰٪ لایزین، SAA و ترئونین کمتر باشند و غلظت‌های آمینواسید غذایی نیز در طی آزمایش به‌صورت یک روز در میان کاهش داده شده بود. زمانی که جوجه‌های گوشتی با جیره‌های PF یا PF۱۰ تغذیه شده بودند، هیچ تفاوتی در درصد ترکیبات لاشه مشاهده نشده بود. جیره‌های غذایی PF و PF۱۰، جذب CP و دفع نیتروژن را از ۴۳ به ۶۳ روز کاهش داده بودند.

ارزیابی نیازهای آمینواسید غذایی حیوانات یک فرآیند (روند) مداوم است اما در آینده، مصرف نیتروژن نیاز به توجه بیشتری خواهد داشت زیرا مصرف نیتروژن توسط عوامل مختلفی از جمله خصوصیات ژنتیکی، مدیریت زیست‌محیطی، تنش فیزیولوژیک و قابلیت هضم خوراک به کار گرفته‌شده، پیچیده‌تر می‌شود.

۳.۵. تخمین نیازهای آمینواسیدی

روش ترجیحی برای تخمین دسترسی به آمینواسید، استفاده از یکی از دو نوع تست قابلیت هضم از جمله تست قابلیت هضم فضولات و ایلنومی است، بدین ترتیب که فضولات تازه‌ی به‌دست‌آمده از پرندگان سالم یا سسکتومی شده می‌تواند به‌آسانی برای تست قابلیت هضم مواد مغذی موجود در خوراک جمع‌آوری شود یا ماده‌ی هضمی گرفته‌شده از بخش دیستال ایلنوم می‌تواند جمع‌آوری شود و به‌منظور سنجش قابلیت هضم ایلنومی، با سطوح مواد مغذی خوراک مورد مقایسه قرار بگیرد.

جدول ۱. مکمل آنزیمی و اثرات روی عملکرد جوجه‌ی گوشتی

محقق و سال	نوع آنزیم	مقدار آنزیم	افزایش عملکرد	جیره‌های بر پایه‌ی
وانگ و همکارانش (۲۰۰۵)	زایلاناز و بتا گلوکاناز	۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ یا ۱۰۰۰ میلی‌گرم / کیلوگرم آنزیم	۱. بهبود عملکرد، وزن گیری روزانه، تبدیل خوراک به‌صورت خطی، با افزایش سطوح مکمل ۲. کاهش اندازه‌ی اندام‌های گوارشی و GIT	جیره‌های بر پایه‌ی جو
داسکیران و همکارانش (۲۰۰۴)	اندو بتا دی ماناناز	٪۰.۵ از جیره غذایی	۱. وزن نهایی بدن را تحت تأثیر قرار نداده بود ۲. بهبود نسب خوراک/وزن گیری ۱۴ روزه ۳. کاهش خروجی کل فضولات خشک	جیره‌های استارتر بر پایه‌ی ذرت - سویا
جکسون و همکارانش (۲۰۰۴)	بتا ماناناز	۰، ۵۰، ۸۰، ۱۱۰ MU / تن خوراک (۱ MU = ۱۰ ^۶ واحد فعالیت آنزیم)	۱. ۵۰ MU / تن کافی نیست ۲. ۸۰ MU / تن وزن گیری و تبدیل خوراک را بهبود داده بود ۳. ۱۱۰ MU / تن هیچ پاسخ معنی‌داری را نشان نداده بود.	جیره‌های بر پایه‌ی ذرت - سویا
لازارو و همکارانش (۲۰۰۴)	زایلاناز و بتا گلوکاناز	دو دز آنزیمی (۰ در برابر ۵۰۰ ppm)	۱. عملکرد ضعیف جوجه‌های گوشتی ۲. افزایش ویسکوزیته‌ی ماده‌ی هضمی و شیوع بیماری‌های پا	جیره‌های بر پایه‌ی چاودار
گراسیا و همکارانش (۲۰۰۳)	آلفا آمیلاز	۴۰ Ppm	۱. بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد جوجه‌های گوشتی ۲. کاهش وزن نسبی پانکراس، ویسکوزیته‌ی روده و وزن نسبی همه‌ی اندام‌ها	جیره‌های بر پایه‌ی ذرت - سویا
گراسیا و همکارانش (۲۰۰۳)	کمپلکس آنزیمی ۱. زایلاناز ۲. پروتئاز ۳. آلفا آمیلاز	دو سطح از مکمل آنزیمی (۰ یا ۵۰۰ ppm)	۱. عملکرد جوجه‌های گوشتی بهبود یافته بود ۲. فرآوری (عمل‌آوری) حرارتی و مکمل آنزیمی به‌طور قابل توجهی ابقا مواد مغذی، AME جیره غذایی، ارتفاع پرزهای روده را افزایش داده بود	جیره‌های بر پایه‌ی جو
لی و همکارانش (۲۰۰۳)	بتا ماناناز	سه سطح (۰، ۱× و ۴×) واحد / کیلوگرم خوراک ۱× = ۱.۰۹ × ۱۰ ^۵	۱. کاهش ویسکوزیته‌ی روده ۲. کاهش آثار زبان‌بار	جیره‌های صنعتی جوجه‌های گوشتی
وون و تستین و همکارانش (۲۰۰۳)	بتا گلوکاناز	۴۶۹ یا ۵۴۵ کیلوگرم جو غیر ترنس ژن به‌جای ذرت	۱. کاهش غلات ترنس ژن تا ۰.۲ گرم / کیلوگرم جیره غذایی ۲. قابل‌مقایسه ساختن ترکیبات، با مواد معدنی اندک اضافه‌شده به جیره‌های استاندارد	جیره‌های غذایی بر پایه‌ی جو
کوچر و همکارانش (۲۰۰۲)	محصولاتی که به‌صورت تجاری در دسترس هستند	۱. دز توصیه‌شده ۲. در ۵ مرتبه، دز توصیه‌شده (دز بالا)	۱. آنزیم A: دز بالا، AME را بهبود داده بود، رطوبت فضولات را کاهش داده بود و قابلیت هضم پروتئین ایلنومی را بهبود داده بود ۲. آنزیم B: دز بالا، قابلیت هضم پروتئین ایلنومی را کاهش داده بود و مقدار قند آزاد را افزایش داده بود	یک مقدار مغذی از کنجاله‌ی سویا

جیره‌های بر پایه‌ی چاودار	۱. بهبود عملکرد رشد ۲. ۲۵٪ افزایش در قابلیت هضم نیتروژن ۳. دو برابر شدن قابلیت هضم چربی	۴۵۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ واحد / کیلوگرم خوراک	زایلاناز	سیلوا و اسمیتارد (۲۰۰۲)
جیره‌های بر پایه‌ی گندم	هر دو شکل آنزیم، در غیاب مس سولفات، بهبود مشابهی را در عملکرد، ایجاد (ارائه) کرده بودند	هیچ آویزایم (خوراک فنلاندی Finnfeed) ۱ گرم/کیلوگرم خوراک آویزایم (مایع) ۰.۵ گرم/کیلوگرم خوراک	زایلاناز (آویزایم)	مارون و همکارانش (۲۰۰۱)
جیره‌های صنعتی جوجه‌ی گوشتی	کاهش بتا گلوکوزونیداز روده‌ای و مدفوعی و بتا گلوکوزیداز مدفوعی	۱. یک جیره غذایی پایه + ۰.۱٪ کشت خشک ال. اسیدوفیلوس ۲. جیره غذایی پایه + ۰.۱٪ کشت خشک مخلوطی از ۱۲ سویه‌ی ال	۱. ال. اسیدوفیلوس ۲. مخلوطی از ۱۲ سویه‌ی ال.	جین و همکارانش (۲۰۰۰)

از آنجایی که آمینواسیدها از روده‌ی بزرگ جذب می‌شوند، پروفایل (مشخصات) آمینواسیدی ماده‌ی هضمی در انتهای ایلئوم لزوماً با مدفوع مشابه نیست (دالیارد و پیلارد، ۱۹۹۵). روده‌اتسکورد و همکارانش (۲۰۰۴) گزارش کردند که یک رویکرد رگرسیون خطی برای مطالعه‌ی قابلیت هضم آمینواسید هر خوراک در جوجه‌های گوشتی اتخاذ شده بود. قابلیت هضم تعیین شده با این روش نیاز به هیچ‌گونه اصلاحی برای افت (اتلاف) درون‌زاد پایه‌ای ندارد. فارل و همکارانش (۱۹۹۹) هیچ تفاوت معنی‌داری را در میزان (نرخ) رشدی که با سطوح آمینواسیدی کل یا قابل هضم مرتبط بود در هیچ‌یک از این جیره‌ها نشان ندادند. به‌هرحال مشخص است که جیره‌هایی که تا ۱۰٪ با آمینواسیدهای قابل هضم فرموله شده‌اند حداقل ۱۰٪ بیشتر از حد، تعیین شده‌اند. ویلیامز (۱۹۹۵) گزارش کرد که تخمیر میکروبی روده‌ی خلفی، قابلیت هضم آمینواسیدها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هرچه قابلیت هضم مکمل پروتئینی پایین‌تر باشد، تخمیر میکروبی بیشتری قابلیت هضم را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ بنابراین قابلیت هضم کل دستگاه گوارش یا مدفوعی یک تخمین خوب برای مقدار آمینواسیدهایی که واقعاً در روده‌ی کوچک جذب شده‌اند، نیست. در یک مقایسه روی جوجه‌خروس‌های سسکتومی شده با جوجه‌خروس‌های سالم، تفاوت کمی بین قابلیت هضم مدفوعی و ایلئومی آمینواسیدها برای غلات مشاهده شده بود، تفاوت اندکی برای دانه‌های روغنی وجود داشت اما تفاوت معنی‌داری برای برخی خوراک‌های حیوانی مشاهده شده بود (ویلیامز ۱۹۹۵).

جدول ۲. مکمل آنزیمی و اثرات روی هر نوعی از عملکرد طیور

محقق و سال	نوع طیور	نوع آنزیم	مقدار آنزیم	افزایش عملکرد	جیره‌های بر پایه‌ی
ماندال و همکارانش (۲۰۰۵)	جوجه مرغ، مرغ شاخ‌دار، بلدرچین	ترکیب‌های آنزیم تجاری	دو سطح افزوده (۰.۵ یا ۰.۷ گرم / کیلوگرم خوراک)	مقدار انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری (AMEN) کنجاله‌ی بذر منداب بهبود پیدا نکرده بود درحالی‌که برای کنجاله‌ی بذر آفتاب‌گردان افزایش یافته بود	کنجاله‌ی بذر آفتابگردان و منداب استخراج‌شده با حلال
وو و همکارانش (۲۰۰۵)	مرغ‌های تخم‌گذار	بتا ماناناز	سطوح توصیه‌شده	۱. هیچ تفاوت معنی‌داری در میانگین تولید تخم و وزن تخم در بین تیمارها مشاهده نشده بود ۲. افزایش میانگین تولید تخم و میانگین وزن تخم در طی ۸-۵ هفته ۳- هیچ تفاوت معنی‌داری در جذب خوراک، عملکرد تولید و وزن بدن مشاهده نشده بود	ذرت - کنجاله‌ی سویا
لازارو و همکارانش (۲۰۰۳)	مرغ‌های تخم‌گذار	بتا گلوکاناز قارچی / زایلاناز	۴ غلظت آنزیمی (۰، ۲۵۰، ۱۲۵۰، ۲۵۰۰ میلی‌گرم / کیلوگرم خوراک)	هیچ اثری روی تولید تخم که ناشی از اثربخشی خوراک باشد، نداشت	جیره‌های غذایی بر پایه‌ی گندم، جو و چاودار
متلوتی و همکارانش (۲۰۰۳a)	بوقلمون‌ها	زایلاناز، بتا گلوکاناز	۵۶۰IU و ۲۸۰۰ / کیلوگرم خوراک زایلاناز و بتا گلوکاناز	بهبود وزن گیری بدن و اثربخشی خوراک	جیره‌های غذایی بر پایه‌ی گندم یا جو
متلوتی و همکارانش (۲۰۰۳b)	مرغ‌های تخم‌گذار	زایلاناز، بتا گلوکاناز، به‌عنوان دو ترکیب آنزیمی مورد استفاده قرار گرفتند	۱. جیره‌ی غذایی بر پایه‌ی گندم/جو با ۲۰ میلی‌گرم ذرت / کنجاله‌ی سویا با ۲۰ میلی‌گرم	۱. کاهش ویسکوزیته‌ی گندم، جو، ذرت و کنجاله‌ی سویا ۲. سایر اثرات سودمند، معنی‌دار نبودند	۱. جیره‌های غذایی بر پایه‌ی گندم / جو ۲. ذرت / کنجاله‌ی سویا
اودتالا و همکارانش (۲۰۰۲a)	بوقلمون‌ها	مکمل مخلوط آنزیمی واحدهای بتا گلوکاناز (BGU) و واحدهای اندو زایلاناز (EXU)	BGU: ۳۰۰ گرم / تن خوراک EXU: ۳۰۰ گرم / تن خوراک EXU: ۱۰۰ گرم / تن خوراک BGU: ۱۵۰ گرم / تن خوراک	بهبود حاشیه‌ای در عملکرد رشد بسته به فرمولاسیون آنزیم	جیره‌های بر پایه‌ی گندم
اودتالا و همکارانش (۲۰۰۲b)	بوقلمون‌ها	مانان اندو ۱۰۴ بتا مانانوزیداز	با یا بدون ۱۰۰ میلیون واحد (MU) همیسل ^۳ / تن (۱) MU=۱۰۶ واحد فعالیت آنزیم)	برخی از عوارض جانبی عوامل ضد تغذیه‌ای SBM روی عملکرد رشد بوقلمون می‌تواند توسط مکمل آنزیمی حاصل شود	SBM-۴۴ یا SBM-۴۸ در جیره‌ی غذایی پایه مشاهده شده بود
ژنگ و همکارانش (۲۰۰۱)	جوجه مرغ	۵ ترکیب با استفاده از تی. ویرید، تی رسی، آ نیجر (فینزایم)، آ نیجر (SP ۲۴۹)، باسیلوس سابتیلیس	۱. ۰.۰۰۳۱۲۵٪ ۲. ۰.۰۰۶۲۵٪ ۳. ۰.۰۱۲۵٪ به ترتیب افزوده شد	۱. می‌تواند به‌دقت سودبخشی را ارزیابی کند ۲. سودبخش‌ترین غلات را انتخاب می‌کند	جیره‌های غذایی بر پایه‌ی جو
ژنگ و همکارانش (۲۰۰۰)	جوجه خروس لگ هورن سفید تک تاج یک‌ساله	زایلاناز	۶ ماه از دو آنزیم: ۰.۱، ۰.۲۵، ۰.۷۵، ۲.۲۵، ۶.۷۵ و ۲۰.۲۵ گرم / کیلوگرم خوراک ۰.۲، ۰.۱، ۰.۳، ۰.۹، ۰.۲۷، ۸.۱ گرم / کیلوگرم خوراک	۱. ارزیابی اثربخشی ترکیب آنزیمی ۲. پیش‌گویی عملکرد جوجه	جیره‌های غذایی بر پایه‌ی چاودار

^۳ آنزیم بتا ماناناز

همچنین نشان داده شده است که تعیین قابلیت هضم بر اساس جمع‌آوری مدفوع باعث تخمین بیش‌ازاندازه‌ی جذب برای برخی آمینواسیدها در برخی خوراک‌ها می‌شود (کادیم و همکارانش، ۲۰۰۲). درجه‌ی بیش برآورد از ۸.۹٪ (قابلیت هضم ظاهری ترئونین در کنجاله‌ی سویا) تا ۶۶٪ (قابلیت هضم ظاهری آسپارتیک اسید در گندم) متفاوت بود. اثبات شده است که سنجش مقادیر قابلیت هضم در بخش انتهایی ایلئوم، نسبت به مقادیر سنجیده شده در مدفوع، سنجش‌های قابل اطمینان‌تری برای دسترسی‌پذیری آمینواسیدها هستند. بتا گلوکاناز، قابلیت هضم ظاهری ایلئومی آمینواسیدها در جو خشک‌شده را افزایش داده بود اما در جویی که در ظروف نفوذناپذیر به هوا ذخیره شده بود یا سیلو شده بود این‌طور نبود (پرتیلا و همکارانش ۲۰۰۱). آن‌ها گزارش کرده‌اند که قابلیت هضم آمینواسید در جوجه‌های گوشتی پایین‌تر از جوجه‌خروس‌ها بود و اینکه اثر نگهداری جو روی ارزش تغذیه‌ای جو برای جوجه‌های گوشتی و جوجه‌خروس‌ها متفاوت بود. فارل و همکارانش (۱۹۹۹) به طریق دیگری این موضوع را اثبات کردند و اظهار کردند که جیره‌های غذایی فرموله شده بر اساس آمینواسیدهای کل یا قابل هضم (فضولات) هیچ تفاوتی را در تولید تخم یا پارامترهای تولید جوجه‌ی گوشتی ارائه نکرده بودند و هیچ اثری روی سطح شمول (inclusion) نداشتند. به‌هرحال، کاهش اختصاصیت آمینواسید باید به‌وضوح باعث ایجاد کاهش در هزینه‌های خوراک شود (همان‌طور که صادق بود) و بدین ترتیب هزینه به ازای هر کیلوگرم وزن‌گیری نیز کاهش می‌یابد.

نشان داده شده است که ضرایب قابلیت هضم آمینواسیدها در ۸ ترکیب خوراک، با بالا رفتن سن جوجه‌های گوشتی افزایش پیدا کرده بود (هوآنگ و همکارانش ۲۰۰۵). جیره‌های غذایی جوجه‌های گوشتی (کلوت و همکارانش ۲۰۰۵) که حاوی ۳۰۰ گرم / کیلوگرم از نخود فرنگی بودند انرژی قابل هضم پایین‌تری نسبت به جیره‌های پایه‌ی بدون نخودفرنگی داشتند. رقمی ۴ از نخودفرنگی که دارای کمترین قابلیت هضم آمینواسیدی بود موجب ایجاد پایین‌ترین انرژی قابل هضم در هر دو سطح افزودن (شمول) نخودفرنگی شده بود. چن و همکارانش (۲۰۰۵) با استفاده از جیره‌های غذایی که در نسبت آرژینین به لایزین، غلظت نمک و منبع متیونین خودشان متفاوت بودند، قابلیت هضم ایلئومی آرژینین و لایزین را در جوجه‌های گوشتی که به‌صورت ناگهانی و شدید (حاد)^۵ تحت تنش حرارتی قرار گرفته بودند، تعیین کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که نمک تغذیه‌ای (۳ گرم افزودن نمک / کیلوگرم) می‌تواند قابلیت هضم ظاهری ایلئوم آرژینین و لایزین را در برخی نسبت‌های آرژینین به لایزین معین تحت تأثیر قرار دهد و این پاسخ ممکن است توسط منبع متیونین تحت تأثیر قرار بگیرد.

تغذیه‌ی آمینواسیدی دقیق و اسیدی کردن جیره می‌تواند به‌طور معنی‌داری مقدار نشر بخار آمونیاک از فضولات حیوانی را کاهش دهد (فرکت و همکارانش ۲۰۰۲). حجم زیادی از داده‌ها در مورد قابلیت هضم آمینواسیدهای ترکیباتی که معمولاً برای طیور مورد استفاده قرار می‌گیرند منتشر شده است (لامه و همکارانش ۲۰۰۴) اما هنوز فرمولاسیون جیره بر اساس محتوای آمینواسید کل، به‌صورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (برایدن و همکارانش ۲۰۰۰). به‌عنوان مثال، در جدول ۳ کاربرد ضرایب قابلیت هضم که برای جوجه‌های گوشتی توصیه شده‌اند، ارائه شده است. با این حال، جدول ۴ نشان می‌دهد که چطور دمای محیطی می‌تواند نیازهای آمینواسیدی مرغ‌های تخم‌گذار را تحت تأثیر قرار دهد درحالی‌که جدول ۵، توصیه‌های آمینواسیدی منتخب در جوجه‌ی در حال رشد را مورد مقایسه قرار داده است. مکمل آمینواسیدی در هر گروه طیور منجر به ایجاد تفاوت‌هایی در تولید بخار آمونیاک و عملکرد هریک از گونه‌های مورد مطالعه شده بود (جدول ۹-۶).

جدول ۳. نمونه‌هایی از جزئیات (مشخصات) فرمولاسیون برای جوجه‌های گوشتی (دالیارد و پیلارد ۱۹۹۵)

استارتر	رشد	پایانی	
۳۱۰۰	۳۱۵۰	۳۲۰۰	انرژی قابل سوخت ساز (kcal kg^{-1})
آمینواسید کل %			
۰.۹۴	۱.۰۳	۱.۱۸	لایزین
۰.۳۹	۰.۴۵	۰.۵۵	متیونین
۰.۷۶	۰.۸۱	۰.۹۱	متیونین + سیستئین
۰.۶۵	۰.۶۹	۰.۷۶	ترئونین
۰.۱۹	۰.۲۰	۰.۲۲	تریپتوفان
۰.۹۶	۱.۰۵	۱.۳۰	آرژینین
۰.۶۹	۰.۷۶	۰.۸۹	ایزولوسین
۱.۲۶	۱.۳۹	۱.۶۵	لوسین
۰.۸۰	۰.۸۶	۰.۹۸	والین
آمینواسید قابل هضم %			
۰.۸۰	۰.۸۸	۱.۰۰	لایزین
۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۵۱	متیونین
۰.۶۶	۰.۷۱	۰.۷۹	متیونین + سیستئین
۰.۵۶	۰.۵۹	۰.۶۵	ترئونین
۰.۱۶	۰.۱۷	۰.۱۹	تریپتوفان
۰.۸۶	۰.۹۵	۱.۱۷	آرژینین
۰.۶۱	۰.۶۵	۰.۷۹	ایزولوسین
۱.۱۴	۱.۲۴	۱.۵۰	لوسین
۰.۶۹	۰.۷۵	۰.۸۵	والین

جدول ۴. نمونه‌هایی از جزئیات (مشخصات) فرمولاسیون برای مرغ‌های تخم‌گذار (دالیارد و پیلارد ۱۹۹۵)

دما	۱۸°C	۳۰°C	
	۱۰۵	۹۰	۹۵
جذب خوراک (g/day^{-1})			
انرژی قابل سوخت ساز (kcal kg^{-1})	۲۸۵۰	۲۹۰۰	۲۷۵۰
پروتئین %	۱۵.۰	۱۷.۸	۱۶.۸
آمینواسید کل %			
۰.۷۴	۰.۷۱	۰.۸۷	۰.۸۲
۰.۳۶	۰.۳۵	۰.۴۲	۰.۴۲
۰.۶۴	۰.۶۱	۰.۷۴	۰.۷۱
۰.۵۰	۰.۴۷	۰.۵۸	۰.۵۵
۰.۱۶	۰.۱۵	۰.۱۹	۰.۱۸
۱۳.۲	۱۲.۸	۱۵.۷	۱۴.۸
پروتئین قابل هضم %			
آمینواسید قابل هضم %			
۰.۶۳	۰.۶۰	۰.۷۴	۰.۶۹
۰.۳۳	۰.۳۲	۰.۳۹	۰.۳۷
۰.۵۶	۰.۵۳	۰.۶۴	۰.۶۲
۰.۴۳	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۴۷
۰.۱۴	۰.۱۳	۰.۱۶	۰.۱۶

جدول ۵. مقادیر انتخابی برای نیازهای آمینواسیدی جوجه‌ی در حال رشد

مقادیر انتخابی	هویت و لوپس (۱۹۷۲b)	ARC (۱۹۶۳)	NRC (۱۹۶۶)	زیمرمن و اسکوت (۱۹۶۵)	دین و اسکوت (۱۹۶۵)	
۰.۶۰	۰.۵۳	۰.۵۵	۰.۷۰	۰.۶۵	۰.۶۵	ترئونین
۰.۶۰	۰.۶۱	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۲۰	۱.۶۰	گلاپسن
۰.۸۰	۰.۷۹	۰.۸۰	۰.۸۵	۰.۸۲	۰.۸۲	والین
۰.۴۰	۰.۳۹	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۳۵	۰.۴۵	متیونین (Met)
۰.۷۵	۰.۷۹	۰.۷۰	۰.۷۵	۰.۷۰	۰.۸۰	متیونین + سیستئین
۰.۷۰	۰.۶۱	۰.۵۰	۰.۷۵	۰.۸۰	۰.۸۰	ایزولوسین
۱.۲۰	۱.۳۴	۱.۵۰	۱.۴۰	۱.۲۰	۱.۲۰	لوسین
۰.۷۰	۰.۷۲	۰.۶۰	۰.۷۰	۰.۵۰	۰.۶۸	فنیل آلانین (Phe)
۱.۳۰	۱.۲۷	۱.۲۰	۱.۳۰	۰.۹۵	۱.۳۱	فنیل آلانین + تیروزین
۰.۹۰	۰.۸۵	۱.۰۰	۱.۱۰	۰.۹۵	۱.۱۰	لایزین
۰.۴۰	۰.۴۰	۰.۳۵	۰.۴۰	۰.۳۰	۰.۳۰	هیستادین
۰.۸۵	۰.۸۵		۱.۲۰	۱.۰۰	۱.۱۰	آرژنین
۰.۱۷	۰.۱۷	۰.۱۵	۰.۲۰	۰.۱۵	۰.۲۳	تریپتوفان

مقادیر به صورت درصد بیان شده‌اند (هویت و لوپس ۱۹۷۲a).

۴. بهبود قابلیت هضم خوراک و دسترسی زیستی (فراهمی زیستی) مواد مغذی

آنزیم، یک کاتالیست آلی است یا ترکیبی است که از برخی ترکیبات (اجزاء) آلی ساخته شده است و واکنش‌های شیمیایی را تسریع می‌کند. آنزیم‌ها از جنس پروتئین هستند و به عللی که باعث تجزیه‌ی پروتئین‌ها می‌شوند مانند تخریب ناشی از گرما، محدوده‌های PH افراطی و غلظت بالای اوره حساس هستند.

آنزیم‌های استفاده‌شده در خوراک، از باکتری‌ها یا قارچ‌ها گرفته می‌شوند (جدول ۱۰). توسعه‌ی آنزیم‌های خوراک به مقدار زیادی استفاده از ترکیبات خوراک مانند جو، گندم، چاودار، سویا و غیره را در محصولات حیوانی تجاری افزایش داده است. این خوراک‌ها نه تنها سرشار از مواد مغذی هستند بلکه همچنین از لحاظ عوامل ضد تغذیه‌ای (ANF) نیز غنی هستند و به نوعی تولیدکنندگان مجبور شده‌اند که در فرمولاسیون‌های جیره‌های غذایی با تراکم بالا که برای تولید (پرورش) متراکم حیوانات تک معده‌ای مانند جوجه‌ها و خوک‌ها مورد نیاز هستند، این ترکیبات را همراه با آنزیم‌ها مورد استفاده قرار دهند (کمپبل و بدفورد ۱۹۹۲). به‌هرحال، باید دانسته شود که پاسخ به‌دست‌آمده با استفاده از این آنزیم‌ها ممکن است به مقدار زیادی متفاوت باشد چون عوامل زیادی وجود دارند که ممکن است فعالیت آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهند. ترکیبات، منابع رقم (کولتیوار)، انواع خاک، ترکیبات مغذی به‌کاررفته، نوع فرآوری (عمل‌آوری) خوراک، سن حیوان و غیره ممکن است به‌طور معنی‌داری اثربخشی آنزیم‌های خوراک را تحت تأثیر قرار دهد (پوچال و مسکارل ۱۹۹۹). فقط درصد معینی از هر ماده‌ی مغذی موجود در یک خوراک جذب یا هضم می‌شود بنابراین دسترسی زیستی (فراهمی زیستی) به‌شدت با قابلیت هضم واقعی و ظاهری مرتبط است.

۴.۱. عوامل ضد تغذیه‌ای (ANF) و ویسکوزیته‌ی ماده‌ی هضمی

عوامل ضد تغذیه‌ای، معمولاً پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای (NSP) هستند که می‌توانند به‌صورت آرابینوکسیلان‌ها (پنتوزان-ها) و بتا گلوکان‌ها گروه‌بندی شوند. آرابینوکسیلان‌ها شامل یک اسکلت خطی از زایلوز هستند که آرابینوز جایگزین آن‌ها شده است این پلی ساکارید مسئول عمده‌ای از مشکلات ایجادشده در پرندگانی است که با جیره‌های بر پایه‌ی گندم یا چاودار تغذیه می‌شوند؛ درحالی‌که بتا گلوکان که یک پلیمر خطی از گلوکز است و در ساختار خودش پیچ‌خوردگی‌هایی (گره‌هایی) دارد مسئول مشکلات ایجادشده از جیره‌های جو دوسر و جو است (بدفورد ۱۹۹۵). اثرات منفی بتا گلوکان‌ها و آرابینوکسیلان‌ها روی ماده‌ی هضمی، ناشی از تشکیل درهم تنیدگی‌های زیادی است که منجر به افزایش ویسکوزیته‌ی محتوای رودی کوچک می‌شود (بدفورد ۱۹۹۵).

هر خوراکی که حاوی ANF است افزایش ویسکوزیته دارد که باعث ایجاد اختلال در هضم و استفاده از نشاسته می‌شود. عوامل اصلی که هضم نشاسته را تحت تأثیر قرار می‌دهند شامل پلی ساکاریدهای محلول دیواره‌ی سلولی هستند که مانع از هضم همگی مواد مغذی از جمله نشاسته می‌شوند. عواملی که استفاده از نشاسته را تحت تأثیر قرار می‌دهند شامل حضور ANF در غلات، ماهیت نشاسته‌ی غلات و ظرفیت هضمی جانور هستند (کلاسن ۱۹۹۶). ویسکوزیته‌ی روده‌ای یکی از عوامل اصلی محدودکننده‌ی عملکرد پرنده است (بدفورد و مورگان ۱۹۹۶).

پلیمرهای طویل NSP در هم تنیده هستند و ظرفیت حفظ آب بالایی دارند که منجر به افزایش ویسکوزیته‌ی روده می‌شود. زمانی که سطوح کافی از جو، گندم، تریتیکیال یا چاودار به طيور خورانده می‌شود، عملکرد زیر حد استاندارد، مدفوع چسبناک و متقار چسبیده ایجاد خواهد شد این شرایط، به ترکیبات NSP موجود در این جیره‌ها نسبت داده می‌شوند. خاصیت ضد تغذیه‌ای NSP توسط رابطه‌ی منفی بین NSP، سطح انرژی، قابلیت هضم مواد مغذی تعیین می‌شود درحالی که قابلیت هضم ضعیف آن‌ها توسط بازیابی مدفوعی ۸۶ درصدی نشان داده می‌شود (وارد ۱۹۹۶). زمانی که غلات مختلف با SBM ترکیب شده و به جانور خورانده شدند، ویسکوزیته‌هایی در پیش شکم (معه، پانکراس، دوازدهه) ایجاد شدند که مقادیر آن‌ها در جدول ۱۱ گزارش شده است. ویسکوزیته‌ی شبه ژل در روده توسط بخش حلال در آب NSPs شکل می‌گیرد. ویسکوزیته به معنی "مقاومت مایع درونی یک ماده است و آن را می‌توان به صورت یک ماده‌ی ژلاتینی، ضخیم، شهد دار یا چسبناک تصور کرد." مشخص شده است که افزایش ویسکوزیته‌ی محلول باعث کاهش نرخ (سرعت) انتشار ماده‌ی مغذی می‌شود (فنگلر و مارکارت، ۱۹۸۸) و سرعت عبور خوراک را کاهش می‌دهد (صالح و همکارانش، ۱۹۹۱). زمیشن (Zeamation) (یک پروتئین ۲۲ کیلو دالتونی جدا شده از *Zea mays* که فعالیت ضد قارچی در برابر عوامل بیماری‌زای انسانی و گیاهی از خود نشان داده است) فعالیت آلفا آمیلاز انسان را مهار نمی‌کند و فقط در غلظت‌های مولکولی بالا فعالیت تریپسین پستانداران را مهار می‌کند (شیمولر-او روک و همکارانش ۲۰۰۱).

بخش کربوهیدراتی دیواره‌ی سلولی اساساً از هتروپلیمرهایی مانند بتا گلوکان و آرابینوکسیلان (پنتوزان) تشکیل شده است که در اکثر غلات وجود دارند اما مقدار کل و نسبت‌های آن‌ها به مقدار قابل توجهی متغیر است. بتا گلوکان‌ها در جو و جو دوسر غالب هستند اما آرابینوکسیلان‌ها در گندم، چاودار و تریتیکیال در سطوح بالاتری وجود دارند. فنولیک اسیدها (اساساً اسیدهای فرولیک) عمدتاً به صورت آرابینوکسیلان‌ها استری می‌شوند (کلاسن و بدفورد، ۱۹۹۱). برخی از ارگانسیم‌های تک‌سلولی برای حفاظت از خودشان از محیط مضر، درون کیست‌هایی (کیسه‌هایی) قرار می‌گیرند که دیواره‌ی این کیست معمولاً حاوی کیتین است اما در برخی موارد مثلاً در *آکاتاموبا*، این کیست به جای کیتین حاوی سلولز است (لیندر و همکارانش، ۲۰۰۲). هنگام تعیین میزان استفاده از مواد مغذی مانند نشاسته در طیور، بخش‌های محلول بتا گلوکان و آرابینوکسیلان مشاهده شده در غلات از اهمیت بالایی برخوردارند. زمانی که بتا گلوکان و آرابینوکسیلان‌ها بعد از هضم شدن، قابل حل می‌شوند، ویسکوزیته‌ی ماده‌ی هضمی افزایش پیدا می‌کند (تیگ و همکارانش، ۱۹۹۱). این افزایش در ویسکوزیته‌ی ماده‌ی هضمی، یک عامل مهم است که ارزش تغذیه‌ای چاودار، جو و جو دوسر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و اخیراً شواهد مشابهی برای گندم نیز در دسترس قرار گرفته‌اند (بدفورد و کلاسن، ۱۹۹۲). اثر بعدی این است که دیواره‌های سلولی مانع از دسترسی آنزیم‌های درون‌زاد به مواد مغذی می‌شوند یا اینکه این دسترسی را کند می‌کنند (هسلمن و آمان، ۱۹۸۶).

۴.۲. استفاده از آنزیم همراه با پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای (NSP)

بهبود ($P \leq 0.05$) در وزن گیری، نسبت خوراک / وزن گیری (F/G)، ویسکوزیته‌ی روده، ماده‌ی خشک ماده‌ی هضمی و قابلیت هضم آمینواسید، ME، پروتئین، چربی و ماده‌ی خشک با افزودن ترکیب چند آنزیمی مرتبط است (گول و همکارانش، ۱۹۷۸). افزایش بیشتر در مقدار بهره‌وری (سودمندی) با مکمل آنزیمی می‌تواند توسط موارد زیر حاصل شود: (۱) حلال سازی پلی ساکاریدهای دیواره‌ی سلولی که باعث در دسترس قرار دادن آن‌ها برای تخمیر در روده‌ی خلفی می‌شود (۲) حذف اثر انکیپسولاسیون ماده‌ی مغذی دیواره‌ی سلولی (۳) هیدرولیز انواع خاصی از اتصالات کربوهیدرات - پروتئین و (۴) رهاسازی قندهایی که توسط هیدرولیز لیگوساکاریدی به‌آسانی در دسترس قرار می‌گیرند (اسلومینسکی، ۱۹۹۵). تیمار با آنزیم باعث کاهش محتوای رطوبت مدفوع می‌شود که در کنار بهبود قابلیت هضم ماده‌ی خشک باعث کاهش مقدار کل مدفوع تولیدشده

و بنابراین کاهش مشکلات مرتبط با حفظ و نگهداری و مسائل زیست‌محیطی نیز می‌شود (مارکارت و همکارانش، ۱۹۹۶). استفاده از آنزیم‌های بتا گلوکاناز در جیره‌های غذایی جوجه‌های گوشتی که حاوی سطوح بالایی از جو یا در برخی موارد، چاودار و گندم هستند، دارای اهمیت است. جو معمولاً حاوی بین ۰.۲٪ و ۰.۶٪ از بتا گلوکان است و محلول‌های به‌شدت ویسکوز را ایجاد می‌کند (دون، ۱۹۹۵). گندم و چاودار حاوی بین ۰.۴٪ و ۰.۸٪ از صمغ پنتوزان (آرابینوزیلان) هستند که در کارآزمایی‌های گزارش شده توسط مارکارت و همکارانش (۱۹۹۶) به‌آسانی توسط جوجه‌های جوان، قابل سوخت‌وساز نبودند. پژوهش‌های انجام شده (گول و همکارانش، ۱۹۷۸؛ بلیاوین، ۱۹۹۴؛ پک و همکارانش، ۱۹۹۸؛ لوبو، ۱۹۹۹) مزایای مکمل آنزیمی، هنگامی که برای خوراک خاصی ساخته می‌شوند را نشان داده‌اند.

امروزه در تغذیه‌ی طیور، غالب آنزیم‌ها می‌توانند به‌عنوان کربوهیدرازها (بتا گلوکاناز، زایلاناز، همی سلولاز، پنتیناز، آلفا گالاکتوزیداز، اینولاز) طبقه‌بندی شوند، این گروه از آنزیم‌ها مواردی هستند که روی کربوهیدرات‌های مختلف، به‌ویژه انواعی از کربوهیدرات‌ها (همی سلولزها، الیگوساکاریدها و غیره) که جزء گروه NSP هستند، عمل می‌کنند.

جدول ۶. مثال‌هایی از سطوح آمینواسیدی که عملکرد جوجه‌ی گوشتی یا نشر بخار آمونیاک از کود (فضولات) را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

محقق و سال	مقدار مکمل آمینواسیدی	تأثیر روی بخار آمونیاک یا عملکرد
چمروسپولت و همکارانش (۲۰۰۴)	۱. دما، پاسخ به آرژنین و متیونین خوراکی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و نشان داده شده است که دمای بالاتر، از طریق مسیر سنتز کراتینین باعث کند شدن متابولیسم آرژنین در جوجه‌ها می‌شود.	عملکرد
	۲. در مثال ۱: آرژنین (۱۵.۲ و ۲۵.۲ گرم / کیلوگرم جیره) متیونین (۵.۵، ۳.۵، ۵.۵ گرم / کیلوگرم جیره) در دمای ۲۲°C و ۳۲°C. در مثال ۲: آرژنین (۱۵.۲، ۲۵.۲، ۳۵.۲ گرم / کیلوگرم جیره) متیونین (۵.۵، ۳.۵، ۷.۵ گرم / کیلوگرم جیره) در ۲۵°C یا ۳۲°C.	
چاوز و همکارانش (۲۰۰۴a)	محلول آبی سدیم متیونین، آنالوگ (مشابه) هیدروکسی متیونین خشک، آنالوگ هیدروکسی متیونین مایع، دی ال - متیونین. جیره‌های استارتر و رشد طوری فرموله شده بودند که حاوی ۰.۵٪ و ۰.۳۸٪ فعالیت متیونین باشند.	اثر آن روی تولید بو قابل توجه بود (غلظت بوی فرار)
چاوز و همکارانش (۲۰۰۴b)	۵۲٪، ۴۵.۹٪، ۸۸٪، ۹۸٪ فعالیت متیونین. همه‌ی جیره‌ها طوری فرموله شده بودند که حاوی ۰.۸٪ (مثال ۱) فعالیت متیونین کل یا ۰.۵٪ فعالیت متیونین در استارتر و ۰.۳۸٪ فعالیت متیونین در جیره‌ی رشد (مثال ۲) باشند اما سایر موارد طبق الزامات (نیازهای) توصیه شده در NRC (۱۹۹۴) بودند.	ترکیبات مرتبط با بو، مدفوع، متیونین تغذیه‌ای کل
چاوز و همکارانش (۲۰۰۴c)	مشابه با چیزی که بالاتر گفته شد. آنالوگ هیدروکسی متیونین خشک، سدیم متیونین، آنالوگ هیدروکسی متیونین مایع، دی ال متیونین	غلظت‌های بوی فرار، مدفوع
سیفتسل سیلان (۲۰۰۴)	۱. همچنان که مطابق با یک مدل عملکرد آزمایشگاهی میزان CP غذایی افزایش پیدا کرده بود نیاز تخمین زده شده به ترئونین برای اثربخشی (بازده) تبدیل خوراک نیز افزایش یافته بود. در این مدل، نسبت به مدل‌های خط شکسته، نیاز به ترئونین برای عملکرد رشد بالاتر بود.	عملکرد
	۲. CP: ۱۹۱.۳ یا ۱۷۹.۷ گرم / کیلوگرم خوراک برای ۰-۳ هفتگی، ۱۷۶.۷ یا ۱۶۵.۴ گرم / کیلوگرم خوراک برای ۳-۶ هفتگی. ترئونین: ۶ گرم / کیلوگرم خوراک برای ۰-۳ هفتگی، ۵.۴ گرم / کیلوگرم خوراک برای ۳-۶ هفتگی.	
فاتوف و همکارانش (۲۰۰۴)	۱. بسته به ژنوتیپ	عملکرد
	۲. غلظت لایزین آن‌ها از ۳.۸ تا ۱۶.۸ گرم / کیلوگرم متفاوت بود	
کید و همکارانش (۲۰۰۴)	نیاز به ترئونین ۲۱-۴۲ روزه به‌اندازه‌ی ۰.۷۴٪ کل یا ۰.۶۵٪ قابل‌هضم تخمین زده شده بود.	مصرف (جذب) خوراک بالاتر است اما باعث افزایش وزن BW یا بازده شیر نشده است
ویپیرا و همکارانش (۲۰۰۴)	۱. کاهش جیره‌های حاوی ۷۷٪ SAA/Lys باعث عملکرد معیوب شده بود.	عملکرد
	۲. افزایش جیره‌های حاوی SAA/Lys تا ۷۷٪ بهینه بود.	
کورزو و همکارانش (۲۰۰۳)	۱۰۰٪ همانند چیزی که در NRC (۱۹۹۴) ذکر شده است موردتوافق است	تولید زنده و بازده گوشت خوب هستند

اما لاشه و پوست خوب نبودند عملکرد	۳-۰۰ هفتگی. ۱. متیونین مورد نیاز ۰.۵۰٪ است ۲. سیستئین مورد نیاز ۰.۳۹٪ (جوجه‌های نر با پر درآوری کند) و ۰.۴۴٪ (جوجه‌های نر با پر درآوری سریع) است. نیاز آمینواسیدی جوجه‌های گوشتی نسبت ثابتی از سطوح CP است.	کالینوسکی و همکارانش (۲۰۰۳)
توضیح: دو سطح از لایزین به ازای هر سطح CP (۳۵ و ۴۸ گرم لایزین / کیلوگرم CP)		استرلینگ و همکارانش (۲۰۰۳)
عملکرد	۱. نیاز متیونین جوجه‌های نر لزوماً بالاتر از نیاز ماده‌ها است اما معنی‌دار نیست ۲. در مثال ۱: ۰.۰۱٪، ۰.۱۵٪، ۰.۳٪ مکمل. در مثال ۲: ۰.۰۱٪، ۰.۱۳٪، ۰.۱۵٪، ۰.۲٪، ۰.۲۵٪ مکمل.	چمروسپولت و همکارانش (۲۰۰۲)
عملکرد	MHA-FA مایع برابر ۷۲٪ (افزایش وزن)، ۵۱٪ (تبدیل خوراک)، ۴۸٪ (بازده لاشه) و ۶۰٪ (بازده پستان) بود که بر یک اساس (برحسب) وزن - برای - وزن، به اندازه‌ی DLM مؤثر بود	لام و همکارانش (۲۰۰۲)
عملکرد	۱. وجود آمینواسیدهای اضافی در جیره‌ها باعث مهار اشتها و رشد اولیه‌ی سریع می‌شود که اختلالات متابولیک را کاهش داده یا به حداقل می‌رساند. ۲. سطح بالای هیستدین باعث کاهش درصد بازده عضله‌ی سینه‌ای کوچک شده بود در حالی که سطح بالای لایزین و متیونین باعث افزایش درصد کبد در مقایسه با جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره‌ی پایه شده بود.	آکار و همکارانش (۲۰۰۱)
عملکرد	۱. نیاز برای لایزین و آرژینین مشابه بود به‌جز برای اولین گروه سنی که به نظر می‌رسد برای آن‌ها، نیاز به لایزین کمی بالاتر از نیاز به آرژینین بوده است. ۲. نیاز به لایزین و آرژینین قابل‌هضم محاسبه‌شده: ۱.۲۴٪ و ۱.۱۹٪ تا ۱.۱۱ هفتگی. و تعیین نشده: ۲-۴ هفتگی، ۰.۹۲ و ۰.۹۱٪: ۶-۳ هفتگی، ۰.۷۵ و ۰.۷۸٪: ۵-۸ هفتگی	لابادان و همکارانش (۲۰۰۱)
عملکرد	هیچ تفاوت آشکاری در نیاز جوجه‌های گوشتی جوان به تریپتوفان وجود نداشت که به دلیل خصوصیت ژنتیکی بود ($p > 0.05$).	روزا و همکارانش (۲۰۰۱a)
عملکرد	۱. نیاز تریپتوفان جوجه‌های گوشتی کلاسیک و با بازده بالا (نرها و ماده‌ها) مشابه بود و از سویه‌های لگ هورن که مورد مطالعه قرار گرفته بودند، بالاتر بود. ۲. نیاز به ترئونین برای نرها برای افزایش وزن بدن (BWG) برابر 0.01 ± 0.07 و برای FCR برابر 0.01 ± 0.07 و برای ماده‌ها برای BWG 0.01 ± 0.07 و برای FCR برابر 0.01 ± 0.07 بود.	روزا و همکارانش (۲۰۰۱b)
عملکرد	۱. با افزودن ۱.۰۱٪ لایزین بالاتر از مقدار توصیه‌شده در BW، NRC، در طی روزهای ۲۱-۴۲ به‌طور معنی‌داری افزایش یافته بود اما در ۵۶ روز این‌طور نبود. ۲. افزایش سطح EAA منجر به بهبود معنی‌داری در تبدیل خوراک در ۲۱، ۴۲ و ۵۶ روز شده بود.	سی و همکارانش (۲۰۰۱)
عملکرد	جیره‌ی پایه + ۰.۳۱٪ (استارتر) و ۰.۲۶٪ (رشد)، دی ال متیونین، جیره‌ی پایه + ۰.۴۸٪ (استارتر) و ۰.۴۰٪ (رشد) MHA-FA مایع (نسبت ۶۵:۱۰۰ بر یک اساس (برحسب) وزن/وزن)	عبدلله و همکارانش (۲۰۰۰)
عملکرد	جوجه‌هایی که از لحاظ ژنتیکی لاغر هستند نسبت به جوجه‌های چاق نیاز بیشتری به جیره‌هایی دارند که از لحاظ NEAA غنی باشند و اینکه به نظر می‌رسد NEAA روی رشد عضله‌ی سینه‌ای نیز تأثیر بگذارد.	آلمن و همکارانش (۲۰۰۰)
عملکرد	۰.۷۵٪ سولفور AA ظاهری یا ۰.۷۸٪ AA قابل‌هضم واقعی	شوت و پک (۱۹۹۵)

انواع دیگر آنزیم‌ها که به‌طور موفقیت‌آمیزی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند شامل مواردی هستند که قابلیت هضم چربی (لیپاز)، فسفر (فیتاز)، پروتئین (پروتئازها) و غیره را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به‌هر حال، نوع ترکیب، ارقام (کولتیوار)، نوع خاک، ترکیبات غذایی، فرآوری، سن حیوان و غیره ممکن است تأثیر معنی‌داری روی اثربخشی آنزیم‌های خوراک داشته باشد (پوچال

و ماسکارل، ۱۹۹۹). سطح بهبود، با نوع و دز آنزیم مرتبط است و کاملاً با اختصاصیت سوبسترای آنزیم‌های مختلفی که حضور دارند همبسته است (کوان و همکارانش، ۱۹۹۶).

۴.۳. الیگوساکاریدها و مکمل آنزیمی

بتا گلوکان و آرابینوزیلان (پنتوزان)، فیبرهای محلول در شوینده‌ی خنثی (NDSF) هستند که در دیواره‌ی سلولی دیده می‌شوند در حالی که الیگوساکاریدها، کربوهیدرات‌های محلول در شوینده‌ی خنثی (NDSC) هستند که در محتوای سلولی یافت شده‌اند (هال، ۲۰۰۱). اصطلاح الیگوساکارید اشاره به گلیکوزیدهایی دارد که ترکیبی از ۱۰-۳ واحد مونوساکارید هستند. بسیاری از الیگوساکاریدها در رودی کوچک غیرقابل هضم هستند اما توسط گونه‌های باکتریایی مختلف موجود در رودی بزرگ (عمدتاً در کولون) تخمیر می‌شوند (گیسون و روبرفروید ۱۹۹۵؛ اوربان و همکارانش ۱۹۹۷). الیگوساکاریدها شامل لاکتولوز، گالاتکتوالیگوساکاریدها، فروکتوالیگوساکاریدها (FOS)، ایزومالتو الیگوساکاریدها (MOS)، الیگوساکاریدهای سویا، لاکتوسوکروز، مانون الیگوساکارید (MOS)، سنیتوالیگوساکاریدها و زایلو الیگوساکاریدها هستند. از بین این نه مورد، FOS و لاکتوسوکروز، مورد تمرکز پژوهش‌های انسانی و سگی و خوکی برای کاهش دفع نیتروژن و نشر بخار آمونیاک هستند (ساتن و همکارانش، ۱۹۹۶، ۱۹۹۸).

شواهدی وجود دارد که FOS الگوهای اسید چرب فرار (VFA) در بخش پایینی دستگاه گوارش (GIT) پرنده را تغییر می‌دهد (نسبت استات را کاهش می‌دهد و نسبت پروپیونات را افزایش می‌دهد) تعداد کل میکروب‌های هوازی را کاهش می‌دهد (غالباً کولی فرم)، بیفیدوباکترها را افزایش می‌دهد (هوارد و همکارانش ۱۹۹۵) و مقدار ترکیبات بودار در فضولات خوک را کاهش می‌دهد (هیداکا و همکارانش، ۱۹۸۶).

جدول ۷. نمونه‌هایی از سطوح آمینواسیدی که عملکرد مرغ تخم‌گذار یا نشر بخار آمونیاک از کود (فضولات) را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

محقق و سال	مقدار مکمل آمینواسیدی	تأثیر روی بخار آمونیاک یا عملکرد
لیو و همکارانش (۲۰۰۴)	میانگین دسترسی زیستی (فراهمی زیستی) MHA-FA نسبت به DLM، برحسب مول، برابر ۰.۸۸ بود	عملکرد
پستی و همکارانش (۲۰۰۳)	زمانی که PMN و ترئونین باهم مخلوط شدند: A. مصرف خوراک و تولید تخم مشابه بود، B. BW و W _t تخم بهبود یافته بود، C. اندازه‌ی تخم متفاوت بود، D. مرغ‌های تغذیه‌شده با PMN کیفیت درونی بهتری داشتند، E. ارتفاع سفیده در PMN بهتر حفظ شده بود. F. وزن مخصوص تخم کمی کمتر از زمانی بود که مرغ‌ها با PNM تغذیه شده بودند. G. ترئونین تخلیص شده مورد استفاده قرار گرفته بود.	عملکرد
فاریا و همکارانش (۲۰۰۲)	۱. نیازهای ترئونین برای تولید ۱ گرم از وزن تخم به ترتیب برابر ۸.۷۶ و ۹.۴۴ میلی‌گرم در مثال‌های ۱ و ۲ بود. ۲. جیره‌ی آزمایشگاهی: ۰.۵۳٪، ۰.۵۰٪، ۰.۴۸٪، ۰.۴۵٪، ۰.۴۲٪، ۰.۴۰٪، ۰.۳۷٪، ۰.۳۵٪ ترئونین. ۳. هفت جیره‌ی آزمایشگاهی: ۰.۵۸٪، ۰.۵۳٪، ۰.۵۰٪، ۰.۴۸٪، ۰.۴۵٪، ۰.۴۳٪، ۰.۴۰٪ از ترئونین	عملکرد
الوینگر و والستروم (۲۰۰۱)	مکمل متیونین (جیره‌ی پایه + ۰.۱۲٪ دی ال متیونین) نرخ (سرعت) تبدیل خوراک را بهبود بخشیده بود و از رخداد پیک آسیب‌دیدگی‌ها در منطقه‌ی کلواک کاسته بود	عملکرد
کون و ژانگ (۱۹۹۹)	۱. CP + ۱۴٪ متیونین + لایزین + ایزولوسین + والین به مرغ‌های تخم‌گذار خورنده شده بود که برابر با مرغ‌های تخم‌گذاری بود که با ۱۸٪ جیره‌ی کنترل CP تغذیه‌شده بودند. ۲. از دست دادن نیتروژن در مدفوع برای مرغ‌های تخم‌گذار تغذیه‌شده با جیره‌های CP ۱۴٪ تکمیل‌شده با آمینواسید در مقایسه با مرغ‌های تخم‌گذار تغذیه‌شده با CP ۱۸٪، ۱۵ درصد کمتر بود.	عملکرد

۳. نسبت‌های متیونین و آرژینین و لایزین برای مرغ تخم‌گذار بالاتر بود درحالی‌که TSAA، ایزولوسین، تیروزین، والین کمی کمتر از جیره‌ی NRC بود.	
۴. نیاز به لایزین، آرژینین، والین و ترئونین قابل‌هضم برای تولید ماکزیمم وزن تخم برابر ۷۰۵ mg dig لایزین، ۱۰۷۰ mg dig آرژینین، ۷۳۱ mg dig والین و ۵۶۰ mg dig ترئونین بود.	
۱. ایده‌ی جیره‌های با پروتئین کم در پرورش احشام جذاب است زیرا آن‌ها باعث به حداکثر رساندن استفاده از پروتئین غذایی و کاهش دفع نیتروژن می‌شوند	فارل و همکارانش (۱۹۹۸)
۲. ۱۷۰-۱۱۹ گرم / کیلوگرم خوراک	
۱. تولید تخم و wt تخم پرندگانی که به ترتیب با ۱۴٪، ۱۳٪ و ۱۲٪ CP عملکرد تکمیل‌شده با متیونین، لایزین و سطوح اضافی از ترئونین و ایزولوسین تغذیه شده بودند یا پرندگانی که به ترتیب با ۱۵٪، ۱۴٪، ۱۳٪ CP تکمیل‌شده با متیونین و لایزین تغذیه شده بودند با گروه کنترل مثبت (۲۰٪، ۱۶٪ و ۱۴٪ CP در ۰-۶، ۶-۱۲، ۱۲-۱۸ هفته‌گی) تفاوت چندانی نداشتند.	کشاورز و جکسون (۱۹۹۲)
۲. جرم تخم مرغ و wt بدن پایین بود	

جدول ۸. نمونه‌ای از سطوح آمینواسیدی که عملکرد جوجه مرغ‌ها یا نشر بخار آمونیاک از کود (فضولات) را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

محقق و سال	مقدار مکمل آمینواسیدی	تأثیر روی بخار آمونیاک یا عملکرد
سانگ و همکارانش (۲۰۰۳)	دسترسی آمینواسیدها در CHOC برابر یا بیشتر از CC بود و اینکه انرژی در دسترس برای طیور در CHOC بالاتر از CC بود	عملکرد
یعقوب فر و زاهدی فر (۲۰۰۳)	۱. EAAL محاسبه‌شده از روی آنالیز رگرسیون باعث ایجاد افزایش در مقدار TAAAL در ذرت شده بود. ۲. مقادیر متابولیک و دفع EAAL در مدفوع پرندگان تغذیه نشده متفاوت بود. ۳. این تفاوت‌ها می‌تواند با ژنتیک، سن، جنسیت و دمای محیط مربوط باشد.	عملکرد
هال (۲۰۰۱)	۱. کاهش وزن بدن توسط تغذیه‌ی جوجه مرغ‌ها با یک جیره‌ی غذایی کم متیونین (۰.۲۷ / ۰.۳) و کم لایزین (۰.۵۵-۰.۷ / ۱.۰-۰.۸۵) در فاز استارتر یا رشد مشاهده شده بود ۲. بالاترین نرخ کاهش وزن بدن نابالغ (۱۸ هفته‌گی) نرخ تولید تخم را در ۴۶ هفته‌گی تحت تأثیر قرار داده بود	عملکرد
شیرلی و پارسونز (۲۰۰۰)	۱. فراوری فشاری MBM قابلیت هضم AA برای طیور را کاهش داده بود. ۲. فراوری فشاری MBM، برای کاهش BSE بالقوه (احتمالی)، ارزش غذایی MBM را کاهش داده بود	عملکرد
کشاورز و جکسون (۱۹۹۲)	رشد رضایت‌بخش همراه با ذخیره‌ی قابل‌توجه پروتئین و جذب لایزین می‌تواند با استفاده از جیره‌های غذایی دارای پروتئین کم تکمیل‌شده با آمینواسید (لایزین و متیونین) در طی دوره‌ی رشد حاصل شود.	عملکرد

جدول ۹. نمونه‌هایی از سطوح آمینواسیدی که عملکرد بوقلمون یا نشر بخار آمونیاک از کود (فضولات) را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

محقق و سال	مقدار مکمل آمینواسیدی	تأثیر روی بخار آمونیاک یا عملکرد
وایلی و همکارانش (۲۰۰۳)	۱. CP تغذیه‌ای (از ۳۰۰ تا ۱۸۰ گرم / کیلوگرم خوراک) به‌صورت گزینشی طوری جزء بندی شده بود که به‌جای رشد عضله باعث پر درآوردن در نرها شود این مورد، برخلاف بوقلمون‌ها بود که در آن‌ها رشد و پر درآوری به میزان مساوی تحت تأثیر قرار گرفته بودند. ۲. زمانی که سطح CP برابر ۲۶۰-۱۸۰ گرم / کیلوگرم خوراک بود، رشد	عملکرد

	پر، در قبال از دست رفتن رشد بدن تا حد امکان بالا باقی مانده بود و غلظت‌های آمینواسید جیره کمتر از چیزی بود که برای ماکزیمم افزایش وزن در بوقلمون‌های نر بزرگ مورد نیاز بود.	
واپیل و همکارانش (۲۰۰۰a)	۱. برای بوقلمون‌های تغذیه‌شده با ۶۰٪ از CP توصیه‌شده در NRC عملکرد (۱۹۹۴)، افزایش BW به شدت کاهش پیدا کرده بود. ۲. ترکیب ترئونین، ایزولوسین، والین، تیروزین و آرژینین در سطوح توصیه‌شده در NRC (۱۹۹۴) منجر به بهبود تقریباً کامل BW در هر سنی شده بود.	
واپیل و همکارانش (۲۰۰۰b)	۱. در جیره‌های حاوی CP کم در مقایسه با متیونین و لایزین توصیه‌شده در نیازهای NRC (۱۹۹۴)، مکمل ترئونین منجر به بهبود BW شده بود ۲. در حالی که ترئونین، ایزولوسین، والین، تریپتوفان و آرژینین در سطوح توصیه‌شده در NRC (۱۹۹۴) BW را به سطوح کنترل CP نرمال بازگردانده بودند اما BMJ را خیر.	
پوتر و شلتون (۱۹۸۸)	۱. نیازهای TSAA بوقلمون‌های سفید متوسط در طی دوره‌های ۸-۱۲ و ۱۲-۱۶ هفته‌گی به ترتیب حدود ۰.۹۳٪ و ۰.۷۵٪ بود. ۲. نیاز پروتئینی در یک‌روزگی حدود ۳۰.۳٪ بود و به ترتیب برای نرها و ماده‌ها به اندازه‌ی ۰.۶۱٪ و ۰.۷۸٪ واحد در هر هفته کاهش یافته بود.	
د ملو و امانس (۱۹۷۵)	۱. نیازهای آرژینین و لایزین برای رشد ماکزیمم بوقلمون‌های ۳ هفته‌ای (بریتانیا) برابر ۱.۱۷۵٪ آرژینین و ۱.۵۵٪ لایزین بود. ۲. آرژینین برای حمایت از نرخ (سرعت) رشد حدود ۲۰ گرم / روز، مورد نیاز بود و آرژینین برای رشد مورد استفاده قرار گرفته بود.	
وارنیک و اندرسون (۱۹۷۳)	۱. نرخ (سرعت) رشد با جیره‌های حاوی تماماً EAA، در مینی‌م سطوح نیاز، فقط حدود ۸۷٪ چیزی بود که در رژیم‌های حاوی ۱۴٪ EAA مشاهده شده بود. ۲. زمانی که هریک از EAA ها از مقدار بالاتر به مینی‌م سطوح نیاز کاهش یافته بودند، عملکرد طیور کمی کاهش یافته بود.	

زمانی که جوجه‌ها به مدت ۶۲ روز، مکمل کمپلکس کربوهیدرات، لاکتوسوکروز (۰.۱۵٪ جیره) دریافت کرده بودند یک روند مشابه مشاهده شده بود (ترادا و همکارانش، ۱۹۹۴). این مطالعه به این نتیجه دست یافته است که نه تنها تعداد بیفیدوباکترها (در هر گرم مدفوع) در روده‌ی کور افزایش پیدا کرده بود بلکه همچنین مکمل لاکتوسوکروز باعث کاهش تعداد (در هر گرم مدفوع تر (مرطوب)) کلوسترییدیای لسیتیناز مثبت از جمله C. پرفرینجنس، باکتریوداسه و استافیلوکوکی spp نیز شده بود.

الیگوساکاریدهای خوراک، تغییرات مثبتی روی اکولوژی میکروبی کولون ایجاد می‌کنند از جمله افزایش تعداد باکتری‌های مطلوب (به‌عنوان مثال، بیفیدوباکترها و لاکتوباسیلوس‌ها) و کاهش تعداد باکتری‌های بیماری‌زا یا باکتری‌هایی که کمتر مطلوب هستند (موریس و بوکر، ۱۹۸۳؛ تابور و تابور ۱۹۸۵). کارآزمایی‌های تغذیه‌ای جوجه (ترادا و همکارانش، ۱۹۹۴) نشان دادند که مکمل لاکتوسوکروز (۰.۱۵٪ جیره) غلظت (میکروگرم / گرم محتوای روده‌ی کور) آمونیاک (از ۱۵۰ تا ۷۵)، فنل (از ۳۳ تا ۲۰) و پی کروزول (از ۹۱ تا ۶۰) را در روده‌ی کور کاهش داده بود.

جدول ۱۰. میکروارگانسیم‌های اصلی تولیدکننده‌ی آنزیم خوراک (پوچال و مسکارل، ۱۹۹۹).

نام میکروارگانسیم	آنزیم
آسپرژیلوس نایجر	آلفا آمیلاز
آسپرژیلوس فیکوم	بتا گلوکاناز
آسپرژیلوس کاندیدوس	سلولز
آسپرژیلوس سایدویی	فیتات
آسپرژیلوس اوریزا	آلفا آمیلاز، پروتئاز، خنثی
باسیلوس لیکنی فورمیس	آلفا آمیلاز
باسیلوس سابتیلیس	فیتاز
تریکودرما ویریده	زایلاناز، بتا گلوکاناز، پروتئاز، خنثی
ساکارومایسس سرویزیه	آلفا گالاکتوزیداز
هومیکولا اینزولنس	بتا گلوکاناز

جدول ۱۱. ویسکوزیته‌های پیش شکم (واحدهای سانتی پواز) که در جوجه‌های گوشتی ۲۱ روزه‌ی تغذیه‌شده با غلات مختلف در ترکیب با SBM تعیین شده‌اند (بدفورد، ۱۹۹۵).

غلط	مینیمم	ماکزیمم
ذرت	۱.۵	۴.۵
گندم	۳	۴۵
تریتیکال	۴	۵۰
جو	۶	۲۲۵
چاودار	۷۰	بیشتر از ۱۰۰۰

همچنین این نتایج نشان دادند که لاکتوسوکروز تعداد *C. پرفرینجنس* در مدفوع جوجه‌ها را نیز کاهش می‌دهد و به دلیل این کاهش تعدادها، به نظر می‌رسد که لاکتوسوکروز در کاهش تولید آمین در کولون مؤثر باشد. سویه‌ی نوع S۸۵ فیبروباکتر سوکسینوژنز که یک گونه‌ی فیبرولیتیک شکمبه‌ای مهم است، ۵۰ سال پیش از شکمبه‌ی یک گاو جداسازی شده بود و از آن زمان تاکنون به‌عنوان مدلی برای تعداد زیادی از مطالعات مورداستفاده قرار گرفته است. همان‌طور که انتظار می‌رود، ژن‌های فیبرولیتیک سویه‌های جنس فیبروباکتر و همچنین فعالیت‌های سلولاز و زایلاناز در ایزوله‌های فیلوژنتیکی خیلی نزدیک، حفاظت‌شدگی بهتری دارند (برا - میل و همکارانش، ۲۰۰۴). آرو و همکارانش (۲۰۰۳) اثر حذف ژن *trkD* در *trkD* ریزی *ace 1* که تنظیم‌کننده‌ی سلولز جدید ACEI (نوعی از *trkD* ریزی) را کد می‌کند و بر اساس توانایی خود برای اتصال و فعال‌سازی *in vivo* به پروموتور ژن اصلی سلولز *cbhl* در ساکارومایسس سرویزیه جداسازی شده بود را گزارش کردند. حذف *ace1* منجر به افزایش بیان ژن‌های اصلی سلولز و دو ژن زایلاناز در کشت‌های القاشده با سوفروز و سلولز شده بود که نشان می‌دهد ACE۱ به‌عنوان یک رسپتور برای بیان سلولز و زایلاز عمل می‌کند. متأسفانه، پژوهش‌های منتشرشده‌ای که نقش بالقوه‌ی (احتمالی) الیگوساکاریدها و رابطه‌ی آن‌ها با آنزیم‌ها روی بهبود اکولوژی میکروبی GIT جوجه را بررسی کرده‌اند، محدود هستند. به‌هرحال، این احتمال وجود دارد که الیگوساکاریدها توانسته باشند تخمیر در GIT جوجه را توسط مکمل آنزیمی بهبود داده باشند. به‌هرحال به‌منظور تعیین این موضوع، مطالعات بیشتری موردنیاز است. برخی حوزه‌های پژوهشی که به‌وضوح موردنیاز هستند شامل این موارد می‌شوند: عملکردهای پاسخ به دز؛ اثرات دزهای ناپیوسته؛ تأثیرات بیماری‌های خاص؛ سایر پرو نوترینت‌ها^۶ (مانند آنزیم‌های برون‌زاد، میکروب‌ها و غیره) و یا مواد مغذی محدودکننده؛ و مقایسه با سایر الیگوساکاریدها (روسن، ۲۰۰۵).

۴.۴. کاهش دفع نیتروژن و نشر بخار آمونیاک در کود (فضولات) و کود بستر طیور

^۶ ترکیبات حاوی میکروب‌ها یا آنزیم‌ها که به‌عنوان افزودنی به خوراک اضافه می‌شوند.

۴.۴.۱. کاهش دفع نیتروژن

کاهش قابل توجه در نشر نیتروژن می‌تواند از طریق کاهش سطوح پروتئین خام غذایی و ایجاد تعادل بین نیازهای پروفایل آمینواسیدی قابل‌هضم با آمینواسیدهای سنتتیک حاصل شود (فرکت و همکارانش، ۲۰۰۲). دست‌کاری غذایی به مقدار زیادی دفع نیتروژن در مدفوع و ادرار را تحت تأثیر قرار می‌دهد. قابلیت هضم آمینواسید خوراک برای طیور به مقدار زیادی متفاوت است (پارسونز، ۱۹۹۲) و مقدار نیتروژن دفع شده به درون مدفوع ممکن است توسط ترکیبات خوراک که آمینواسیدهای به شدت قابل‌هضم دارند، کاهش پیدا کند. از دست دادن نیتروژن درون‌زاد و آمینواسید توسط افزایش سطوح پروتئین غذایی و فیبر افزایش پیدا می‌کند. کاهش سطوح CP غذایی و افزودن مکمل آمینواسیدهای سنتتیک، دفع نیتروژن کود (فضولات) در خوک‌ها را از ۲۵٪ تا ۳۰٪ کاهش داده بود (نئیس، ۱۹۹۳؛ هارتونگ و فیلیس، ۱۹۹۴).

جیره‌های مرغ‌های تخم‌گذار که کاهش محتواهای پروتئین غذایی داشتند، محتوای نیتروژن مدفوعی را به‌صورت خطی معنی‌دار، تا حدود ۵۰٪ مقدار مصرفی کاهش داده بودند. با در نظر گرفتن نسبت نیتروژن مدفوعی / مصرف، مرغ‌های تخم‌گذار تغذیه‌شده با ۱۵۰ گرم / کیلوگرم CP، بهبود مصرف نیتروژن در هر زمان نمونه‌برداری را نشان داده بودند (ملوزگی و همکارانش ۲۰۰۱). لیپنس و همکارانش (۲۰۰۲) به این نتیجه دست یافتند که تأخیر رشد اولیه‌ی جوجه‌های گوشتی با رشد سریع در برخی شرایط (بعد از دوره‌ی محدودیت‌ها همه‌ی پرندگان به‌صورت /دلیویتوم (یعنی پرندگان اجازه داشتند که تا حد اشتها از خوراک مصرف کنند) تغذیه شده بودند) می‌تواند مرگ‌ومیر را کاهش داده و عملکرد و ابقا نیتروژن را افزایش دهد. یک مطالعه (اسکلان و نوی، ۲۰۰۵)، لایزین بهینه و مکمل آمینواسید سولفور در اولین هفته‌ی بعد از بیرون آمدن جوجه‌های گوشتی از تخم و روابط بین آمینواسیدهای ضروری و پروتئین خام غذایی روی عملکرد در این ۷ روز را مورد بررسی قرار داده است. افزایش آمینواسیدهای ضروری در یک نسبت ثابت با پروتئین خام، عملکرد را طی این ۷ روز بعد از بیرون آمدن جوجه‌ها از تخم بهبود داده بود.

اگرچه کاهش سطوح CP غذایی به‌اندازه‌ی ۳ - ۴٪ برای جوجه‌های گوشتی و تخم‌گذار امکان‌پذیر است اما برای مقدار پروتئین غذایی که می‌تواند با آمینواسیدهای سنتتیک جایگزین شود، محدودیت‌های بیولوژیکی وجود دارد (پترسون، ۲۰۰۲). کار خلاصه‌شده توسط NRC (۱۹۹۴) پیشنهاد کرده است که نیازهای آمینواسیدی قابل‌هضم محاسبه‌شده، ۱۰-۸٪ پایین‌تر از نیاز به آمینواسیدهای کل هستند.

در چرخه‌ی نیتروژن جهانی، نیتراززایی باکتریایی تنها روندی است که از لحاظ کمی دارای اهمیت است این فرآیند، نیتروژن تثبیت‌شده را به گاز نیتروژن اتمسفر، N_2 ، تبدیل می‌کند و بدین ترتیب بسیاری از جنبه‌های عملکرد اکوسیستم و بیوژئوشیمی (زمین شیمی زیستی) جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (تامدراپ و دالسگارد، ۲۰۰۲). اکسیداسیون بی‌هوازی آمونیوم، از طریق تبدیل مستقیم نیتروژن آمونیوم به N_2 ، باعث افزایش برداشت (حذف) نیتروژن تثبیت‌شده در اقیانوس‌ها می‌شود. این روند می‌تواند کمبود آمونیوم در لای رسوب‌ها و آب‌های بدون (کم) اکسیژن را توضیح دهد و این امر ممکن است به‌طور معنی‌داری به موجودی نیتروژن اقیانوسی کمک کند.

دانگ و همکارانش (۲۰۰۲)، پیشنهاد کردند که علاوه بر باکتری‌های بی‌هوازی که دارای مسیر نیتراززایی کامل برای تخمیر N در لای رسوب‌های مصب (دهانگاه) هستند، دو گروه دیگر از باکتری‌ها نیز ممکن است وجود داشته باشند از جمله: باکتری‌های دنیتریفایر (نیتراز زدای) نیتريت که توسط N_2O به N_2 احیا می‌کنند و باکتری‌های نیتراز زدای نیتريت اجباری که نیتريت را به‌عنوان محصول نهایی به N_2O احیا می‌کنند. نیتراز درون‌سلولی نمی‌تواند مستقیماً توسط نیتراز زدایی رسوب مورد استفاده قرار بگیرد و فرض بر این است که سرنوشت احتمالی نیتراز درون‌سلولی متفاوت از احیا به آمونیوم باشد (سایاما، ۲۰۰۱)؛ بنابراین حضور باکتری‌های سولفور انباشته‌کننده‌ی نیتراز ممکن است ظرفیت خود پالایی طبیعت (نیتراز زدایی) را کاهش دهد و مردابی شدن را در محیط‌های اقیانوسی کم‌عمق تشدید (تسریع) کند. واکنش حرکت رودوباکتر / سفروئیدیس ۲.۴.۱ و ۲.۴.۳، رودوسودوموناس پالوستریس و آگروباکتریوم تومفاسینس به سمت نیتراز و نیتريت توسط مشاهده‌ی رفتار ماکروسکوپی سلول‌های معلق در آگار نرم و انکوبه شده تحت شرایط مختلف ارزیابی شده بود (لی و همکارانش، ۲۰۰۲). واکنش حرکت به سمت نیتروژن اکسیدها در R پالوستریس و A تومفاسینس مشاهده شده بود. R پالوستریس یک پاسخ حرکتی به سمت نیتريت نشان داده بود اما چنین پاسخی را به نیتراز نشان نداده بود در حالی که A

تومفاسینس به هر دو ترکیب واکنش نشان داده بود. **سبرون و همکارانش (۲۰۰۳)** گزارش کردند که تجزیه‌ی ماده‌ی آلی توسط باکتری‌های هتروتروف و تقلیل اکسیژن متعاقب آن بلافاصله در پایین‌دست خروجی پساب رخ می‌دهد درحالی‌که ظاهراً باکتری‌های نیترات‌ساز قبل از اینکه اکسیداسیون آمونیوم به‌طور معنی‌داری اکسیژن را تقلیل دهد، نیاز به ایجاد بیومس قابل توجهی دارند. تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب آتس درست در پایین‌دست رودخانه‌ی پاریس قرار گرفته است و پساب خودش را به درون بخش پایینی رودخانه‌ی سن تخلیه می‌کند. مشخص شده است که این پساب‌ها حاوی مقادیر زیادی از باکتری‌های هتروتروف، ماده‌ی آلی و آمونیوم و منبعی از باکتری‌های نیترات‌ساز هستند.

اثرات افزودن مکمل ZnO و ZnSO₄ به جیره‌های جوجه‌های گوشتی روی عملکرد رشد و از دست دادن نیتروژن اوریک اسید و نیتروژن کل از طریق کود (فضولات) توسط **کیم و پترسون (۲۰۰۴)** مورد مطالعه قرار گرفته است. در مطالعه‌ی آن‌ها، تیمار با روی (۱۵۰۰ ppm روی به‌صورت ZnSO₄) به‌طور معنی‌داری از دست دادن نیتروژن در کود (فضولات) طیور را کاهش داده بود بدون اینکه افزایش وزن، مصرف خوراک و اثربخشی خوراک جوجه‌ها را تحت تأثیر قرار دهد، مشاهده شد که ZnO (۱۵۰۰ ppm روی به‌صورت ZnO) منبع بهتری از روی برای جلوگیری از اتلاف (از دست رفتن) نیتروژن به درون جو است بدون اینکه موجب ایجاد اثرات زیان‌باری روی عملکرد رشد شود.

۴.۴.۲. کاهش نشر بخار آمونیاک

با کاهش دفع نیتروژن در اردار به‌صورت اوره که پیش‌ساز اولیه برای تبخیر آمونیاک است و تغییر مکان دفع نیتروژن به درون مدفوع که عمده‌تاً به شکل پروتئین باکتریایی است، تبخیر آمونیاک کاهش پیدا می‌کند (**ساتون و همکارانش، ۱۹۹۸**). با استفاده از تکنیک‌های تغذیه‌ای دقیق و جیره‌های غذایی با پروتئین کم همراه با آمینواسیدهای مکمل می‌توان نشر بخار آمونیاک را کاهش داد. کاهش سطوح پروتئین به‌اندازه‌ی ۱٪ منجر به کاهش ۱۰ درصدی در نشر بخار آمونیاک می‌شود (**وان در پیت - شوئرینگ و همکارانش، ۱۹۹۷**). **دن بروک و همکارانش (۱۹۹۷)** اثبات کردند که بنزوئیک اسید موجود در خوراک باعث کاهش نشر بخار آمونیاک به‌اندازه‌ی ۴۰٪ و درعین حال افزایش نسبت خوراک / وزن گیری در خوک‌های بازار از ۲.۹۳ به ۲.۸۳ شده بود.

سویه‌های تولیدکننده‌ی پلی (آر-دی-گلوتامیک اسید) (PGA) گونه‌های *باسیلوس* به‌منظور تعیین توانایی آن‌ها برای کمک به کاهش مقدار نیتروژن آمونیوم در کودهای (فضولات) مایع و توانایی آن‌ها برای تبدیل بخشی از آمونیوم به این پلی آمینواسید به‌عنوان انبار موقتی برای نیتروژن مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (**پوتر و همکارانش، ۲۰۰۱**). این مشکلات اساساً به دلیل محتوای بالای نیتروژن بخار آمونیاک هستند. *باسیلوس لیکنی فورمیس* ATCC ۹۹۴۵ و *باسیلوس سابتیلیس* قادرند در کود (فضولات) مایع رشد کنند و در حضور سدیم گلوکز، PGA تولید کنند. به‌رحال، رشد و تولید نیتريت از آمونیوم در مقادیر PH زیر ۷ رخ نداده بود. رشد در اوره در مقادیر PH ۴-۷.۵ رخ داده بود اما هنگامی‌که هیدرولیز اوره کامل نبود حتی زمانی‌که بخار آمونیاک آزادشده در طی هیدرولیز، در حد متوسط باقی بود، رشد متوقف شده بود (**بورتون و پروسر، ۲۰۰۱**). تعامل رقابتی مستقیمی بین جلبک‌ها و باکتری‌های اکسیدکننده‌ی آمونیاک (AOB) وجود دارد و مشخص شده است که جلبک کف اقیانوس رقیب برتر است زیرا این جلبک‌ها نرخ‌های جذب نیتروژن بالاتری دارند و سریع‌تر از AOB رشد می‌کنند (**ریسگارد - پترسون و همکارانش، ۲۰۰۴**). **آوراهامی و کونارد (۲۰۰۳)** به این نتیجه دست یافتند که جمعیت باکتری‌های اکسیدکننده‌ی آمونیاک توسط دما تحت تأثیر قرار می‌گیرند. بعلاوه، آن‌ها تأیید کردند که کود نیتروژن، ساختار جامعه‌ی (جمعیتی) باکتری‌های اکسیدکننده‌ی آمونیاک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. خوشه‌ی *نیتروسپیرای* ۱ در خاکی که با کود کمتری تیمار شده بود حضور نداشت درحالی‌که خوشه‌ی *نیتروسپیرای* ۹ فقط در نمونه‌ی دارای کود کمتر مشاهده شده بود.

۵. فرمولاسیون خوراک با آمینواسیدهای قابل‌هضم و کمپلکس‌های آنزیمی

فرمولاسیون خوراک بر پایه‌ی آمینواسیدهای قابل‌هضم و مکمل آنزیمی، بیشتر از فرمولاسیون جیره‌های غذایی بر پایه‌ی مصرف آمینواسید کل، وزن گیری روزانه و تبدیل خوراک جوجه‌های در حال رشد را بهبود داده بود. استفاده از مقادیر قابلیت هضم ایلنومی در فرمولاسیون جیره، دقت فرمولاسیون و پیشگویی عملکرد حیوان را بهبود داده بود (**ویلیامز، ۱۹۹۵**). او نشان

داد که سنجش قابلیت هضم ایلئومی نماینده‌ی یک تراضی (سازش) خوب بین نیاز برای تعیین سریع و اقتصادی قابلیت هضم آمینواسیدهای موجود در خوراک و سنجش دسترسی آمینواسیدها برای سنتز (ساخت) بافت است. فرمولاسیون جیره‌های طیور بر اساس آمینواسیدهای قابل هضم و مکمل آنزیمی باید بر فرمولاسیونی که بر اساس آمینواسید کل است ارجحیت داشته باشد که به دلیل تفاوت‌های موجود در قابلیت هضم آمینواسیدهای ترکیبات مختلف است؛ به‌ویژه زمانی که ترکیبات، حاوی NPS باشند. به‌رحال، صنعت طیور در تغییر از فرمولاسیون آمینواسید کل به سمت فرمولاسیون آمینواسید قابل هضم کند عمل کرده است. این امر به دلیل نبود داده‌های پایه‌ای خوب در مورد قابلیت هضم آمینواسید و کمبود یا نبود داده‌ها در مورد نیاز به آمینواسیدهای قابل هضم است (پارسونز، ۱۹۹۹).

نتایج پژوهش‌ها در مورد مزایای اقتصادی استفاده از آمینواسیدهای قابل هضم برای فرموله کردن جیره‌های غذایی متفاوت هستند. روستانگو و همکارانش (۱۹۹۵) مزایای اقتصادی فرموله کردن جیره‌های حاوی آمینواسیدهای قابل هضم نسبت به جیره‌های حاوی آمینواسید کل را نشان داده‌اند اما این مزیت اقتصادی در مورد جیره‌هایی که حاوی آمینواسیدهای به شدت قابل هضم بودند مشاهده نشده بود. کاهش محتوای DM روده از طریق ارائه‌ی مکمل آنزیمی، تأثیر قابل توجهی روی حجم و ترکیب مدفوع داشت. زمانی که به جوجه‌های گوشتی، جیره‌ی بر پایه‌ی گندم یا گندم / جو دارای آنزیم یا بدون آنزیم داده شده بود، وزن مدفوع تازه به‌اندازه‌ی ۱۷-۲۸٪ کاهش یافته بود و خروجی DM توسط استفاده از آنزیم‌ها به‌اندازه‌ی ۱۵-۱۲٪ کاهش یافته بود (وایات و هارکر، ۱۹۹۵). در استفاده از آمینواسیدهای قابل هضم در جیره‌های غذایی حاوی گوشت و پودر استخوان با کیفیت بالا و پایین که به جوجه‌های گوشتی خورنده شده بودند، هیچ مزیت سازگاری نشان داده نشده است (وانگ و پارسونز، ۱۹۸۸). آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که روش استفاده‌شده برای سنجش قابلیت هضم واقعی آمینواسید ممکن است دسترسی زیستی (فراهمی زیستی) آمینواسید را بیشتر از حد تخمین زده باشد.

فرگوسن و همکارانش (۱۹۹۸) نشان دادند که وقتی CP غذایی به میزان ۲٪ در جوجه‌های گوشتی کاهش داده شده بود میزان نیتروژن کود بستر بیشتر از ۱۶٪ کاهش پیدا کرده بود و درعین حال سطوح مشابهی از آمینواسیدهای غذایی حفظ شده بود. بوقلمون‌ها محدودیت‌های مشابهی داشتند این موضوع نشان می‌دهد که نیازهای آمینواسیدی این پرندگان کاملاً درک نشده است بنابراین برآورده کردن نیازهای CP برای درک عملکرد کامل، مهم و ضروری است (پترسون، ۲۰۰۲).

زمانی که ترکیب آمینواسیدهای غذایی به مقدار زیادی با نیازهای پرندگان برای بقا، رشد و تولید گوشت و تخم‌مرغ تطابق داشتند، آمینواسیدهای کمتری در مدفوع دفع شده بودند. تغییرپذیری در قابلیت هضم آمینواسید در بین پروتئین‌های حیوانی مختلف و نمونه‌های برخی خوراک‌ها می‌تواند خیلی زیاد باشد. پارسونز (۱۹۹۹) به این نتیجه دست یافت که سه تا از کمبودهای آمینواسیدی یعنی کمبود سیستئین، تریپتوفان و ترئونین برای هر دو خوراک حیوانی مشابه بودند. سیستئین و تریپتوفان نسبت به بقیه کمبود بیشتری داشتند و سیستئین در ضایعات (فرآورده‌های فرعی) خوراک، محدودکننده‌تر از تریپتوفان بود اما تریپتوفان در گوشت و پودر استخوان اولین عامل محدودکننده بود. او همچنین گزارش کرده است که نوع سیستم فرآوری و دمای فرآوری به‌طور معنی‌داری قابلیت هضم آمینواسید پودر پر، گوشت و پودر استخوان و پودر ضایعات (فرآورده‌های فرعی) طیور را تحت تأثیر قرار داده بود. برجسته‌ترین اثرات، برای گوشت و پودر استخوان مشاهده شده بودند. در جیره‌های بر پایه‌ی SBM، غلظت لایزینی که افزایش وزن بدن (BWG) جوجه‌های گوشتی را به حداکثر رسانده بود کمتر یا مساوی غلظت لایزینی بود که توسط نسبت‌های ذرت و SBM موردنیاز برای مواجهه با محدودیت‌های CP غذایی به‌دست‌آمده بود (استرلینگ و همکارانش، ۲۰۰۵).

رویکرد دیگری که توسط بیکر و هان (۱۹۹۴) پیشنهاد شده بود، انتقال یک "پروتئین ایده آل" است که به‌موجب آن، بخش پروتئینی جیره‌ها، نیازهای پرنده برای هر آمینواسید را بدون هیچ کم و کاستی برآورده می‌کند. ویجتن و همکارانش (۲۰۰۴) به این نتیجه دست یافتند که افزایش وزن و بازده تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی نر بیشتر از چیزی که از مطالعات نیاز به لایزین منفرد در متون توقع می‌رفت، به سطوح پروتئین ایده آل غذایی پاسخ داده بودند. جدول ۱۲ نیاز به لایزین و سایر آمینواسیدهای تخمین زده‌شده برای بوقلمون‌ها و جوجه‌ها و خوک‌ها را نشان می‌دهد. آزمایش‌هایی که برای بررسی اثرات

دست‌کاری‌های خوراک روی بهبود عملکرد رشد و ترکیب کل بدن جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌های با پروتئین پایین و مکمل آمینواسیدهای متبلور انجام شده‌اند (برگن دال و همکارانش، ۲۰۰۲) برای حمایت از عملکرد رشد که مساوی با جیره‌های کنترل با پروتئین بالا باشد، شکست خورده بودند. به‌منظور کسب منفعت از افزایش قابلیت هضم که در نتیجه‌ی استفاده از آنزیم‌ها حاصل می‌شود، فرمولاسیون خوراک باید بر اساس مقادیر آمینواسید قابل‌هضم باشد نه آمینواسیدهای ظاهری (پوچال و مسکارل، ۱۹۹۹). سطوح پروتئین کل نیز باید متناسب با آن کاهش پیدا کند یا به‌منظور به حداکثر رساندن پتانسیل مکمل آنزیمی، باید از پروتئین قابل‌هضم استفاده شود.

جدول ۱۲. نسبت‌های تخمین زده‌شده‌ی پروتئین ایده آل مرحله‌ی آغاز برای بوقلمون‌های ماده (نسبت‌های جوجه و خوک برای مقایسه)^a (فایرمن و بولینگ، ۱۹۹۷).

خوک	جوجه	آمینواسید ^b
۱۰۰	۱۰۰	لایزین
۶۰	۷۲	SAA
۶۵	۶۷	ترئونین
۶۸	۷۷	والین
-	۱۰۵	آرژنین
۳۲	۳۱	هیستیدین
۶۰	۶۷	ایزولوسین
۱۱۱	۱۰۰	لوسین
۶۵	۱۰۵	فنیل آلانین + تیروزین
۱۸	۱۶	تریپتوفان

^a به‌صورت درصد نیاز لایزین بیان شده است

^b تخمین‌های مبتنی بر پژوهش قبلی که با جیره‌های غذایی کم پروتئین بوقلمون و تخمین‌هایی برای سایر گونه‌ها انجام شده بود.

آنزیم‌ها به‌منظور بهبود هضم و جذب مواد مغذی (اینیور، ۱۹۹۰؛ اسویک، ۱۹۹۱) و کاهش آلودگی، به جیره‌های طیور و خوک اضافه شده بودند (اسویک، ۱۹۹۱).

انتظار نمی‌رود که هیچ توصیه‌ی واحدی بتواند تحت تمامی شرایط، برای فرمولاسیون خوراک جوجه‌های گوشتی، مرغ‌های تخم‌گذار، جوجه مرغ‌ها و بوقلمون‌ها مناسب باشد. مشکل اصلی در مواجهه با فرمولاسیون‌های خوراک، تبدیل مصارف بهینه و مقدار آمینواسیدها و مکمل آنزیمی به صورت غلظت‌های غذایی است. در صورتی که بتوان مصرف خوراک توسط طیور را به‌دقت پیشگویی کرد این مشکل حل خواهد شد. پیشگویی آمینواسیدهای محدودکننده‌ی اولیه، ثانویه، ثالث و سایر آمینواسیدهای محدودکننده تحت شرایط محیطی و تغذیه‌ای مختلف، پیش‌نیازی برای محاسبه‌ی غلظت‌های غذایی بهینه‌ی مواد مغذی موجود در خوراک برای طیور خواهد بود.

۶. نتایج

مشخص شده است که افزودن مکمل آمینواسیدهای سنتتیک، میزان دفع نیتروژن را تا ۴۰٪ (کرومول و کافی، ۱۹۹۵؛ کرسول و اسویک، ۲۰۰۱) و در جیره‌های مرغ تخم‌گذار حداکثر تا ۵۰٪ کاهش می‌دهد (ملوزگی و همکارانش، ۲۰۰۱). آنزیم‌ها، عوامل ضد تغذیه‌ای را تخریب می‌کنند و قابلیت هضم عوامل غذایی غیرقابل‌هضم را افزایش می‌دهند. طبق گفته‌ی کر (۱۹۹۵)، افزودن مکمل آمینواسیدهای سنتتیک به جیره‌های طیور و خوک می‌تواند منجر به کاهش ۸.۵٪ در دفع نیتروژن به ازای هر ۱٪ کاهش در CP غذایی شود. کاهش در دفع نیتروژن منجر به کاهش نشر بخار آمونیاک از خوک‌هایی که در مرحله‌ی رشد یا مرحله‌ی پایان قرار دارند، می‌شود (ساتون و همکارانش، ۱۹۹۸). قابلیت هضم ممکن است در مدفوع سنجیده شود که به مواد مغذی اجازه می‌دهد تا از روده‌ی بزرگ یا از بخش دیستال ایلئوم عبور کنند. هر دو روش باعث کاهش سطوح آمینواسید و

پروتئین در فرمولاسیون‌های خوراک می‌شوند. کاهش سطوح نیتروژن در فرمولاسیون‌های خوراک منجر به کاهش دفع نیتروژن و نشر بخار آمونیاک از کود (فضولات) طیور خواهد شد.

جیره‌های غذایی طیور که حاوی جو، چاودار، گندم، تریتیکیال و جو دو سر هستند معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند اما افزودن (گنجاندن) این ترکیبات به شکل خام باعث افزایش ویسکوزیته‌ی روده می‌شود. به منظور بهبود قابلیت هضم بخش‌های NSP خوراک و به‌موجب آن بهبود پرورش (تولید) طیور، ممکن است همراه با ترکیبات خوراک، از مکمل آنزیمی نیز استفاده شود. معمول‌ترین آنزیم‌های استفاده‌شده کربوهیدرازها (بتا گلوکاناز، زایلاناز، همی سلولاز، پنتیناز، آلفا گالاکتوزیداز و اینولیناز) و فیتاز هستند اما پروتئازها و لیپازها نیز به‌منظور افزایش قابلیت هضم خوراک مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

پژوهش‌های اخیر در تولید طیور روی استفاده از الیگوساکاریدها تمرکز دارند. الیگوساکاریدها از ۳-۱۰ واحد مونوساکارید ساخته شده‌اند و مشخص شده است که در تخمیر در روده‌ی بزرگ نقش ایفا می‌کنند. برای استفاده از مکمل آنزیمی به منظور بهبود استفاده از الیگوساکاریدها در جیره‌های غذایی طیور، تحقیقات بیشتری مورد نیاز است.

تقدیر و تشکر

منابع