

به نام خداوند بخشنده و بخشنده

استفاده از آنزیمها در تغذیه طیور

(استفاده عملی از ماتریکس ولیو مولتی آنزیمها و فیتازها)

نویسندگان:

دکتر کاوه جعفری خورشیدی

استادیار دانشگاه آزاد قائمشهر و متخصص تغذیه دام و طیور

(Kaveh.khorshidi@gmail.com)

دکتر محمد نقوی

(دامپزشک و مدیر عامل گروه تولیدی پارس دانه سوادکوه)

مهندس حسین کیهانی

(دانشجوی دکتری علوم طیور و مدیر عامل اتحادیه کارخانجات خوراک دام، طیور و آبزیان مازندران)

تابستان سال 1395 --- 2016 میلادی

کاربرد آنزیمها در تغذیه طیور

بیشترین هزینه در واحدهای پرورش طیور مربوط به خوراک می‌باشد که تا حدود 70 درصد از کل هزینه‌ها را شامل می‌شود. طیور به طور طبیعی برای کمک به هضم مواد مغذی خوراک، آنزیم تولید می‌کنند. با این حال طیور جهت شکستن کامل الیاف، آنزیمی در اختیار ندارند و برای کمک به هضم، نیاز به افزودن آنزیم با منشأ آگروژنوس در خوراک دارند. این متن اطلاعاتی در مورد آنزیمها و موارد استفاده آنها در تغذیه طیور را مورد بررسی قرار می‌دهد. آنزیمها کاتالیزوهای بیولوژیکی متشکل از اسیدهای آمینه همراه با ویتامین و مواد معدنی می‌باشند. آنها موجب انجام واکنش‌های شیمیایی می‌شوند بدون اینکه خودشان تغییر کنند. مزایای استفاده از آنزیم در جیره طیور نه تنها موجب ارتقای عملکرد پرنده و بهبود ضریب تبدیل غذایی می‌شود، بلکه مشکلات زیست محیطی ناشی از دفع فضولات پرنده را نیز کاهش می‌دهد. علاوه بر این بررسی‌ها نشان می‌دهد که آنزیمها ابزار بسیار مفیدی در مطالعه مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی به شمار می‌روند.

مقدمه:

استفاده از آنزیم‌های خوراکی در تغذیه طیور یکی از پیشرفت‌های عمده در پنجاه سال گذشته به شمار می‌رود. مدت زمانی طول کشید تا متخصصین تغذیه به این پیشرفت دست یابند اما تا سال 1980 خارج از تصور محققین بود. در واقع نظریه آنزیم‌های خوراکی ساده است. گیاهان حاوی برخی ترکیبات هستند که حیوانات نمی‌توانند آنها را هضم نموده و سبب ایجاد مانع در سیستم هضم می‌شوند، این امر اغلب به این دلیل است که حیوانات قادر به تولید آنزیم‌های ضروری برای تجزیه این ترکیبات نیستند. متخصصین تغذیه می‌توانند با شناسایی این ترکیبات غیرقابل هضم و آنزیم‌های خوراکی مناسب به حیوانات کمک کنند. این آنزیم‌ها از میکروارگانیسم‌هایی هستند که به دقت برای این کار انتخاب شده و تحت شرایط کنترل شده، رشد داده شده‌اند (والیس¹، 1996). صنعت طیور به آسانی آنزیم‌ها را به عنوان جزیی از جیره غذایی استاندارد به خصوص در جیره‌هایی بر پایه گندم و جو مورد پذیرش قرار داد. اما هنوز سوالات زیادی وجود دارد که به طور ناقص به آنها پاسخ داده شده است. به عنوان مثال، آنزیم‌ها چگونه کار می‌کنند؟ آیا نرخ رشد نشان دهنده تفاوت در پتانسیل آماده سازی آنزیم‌های مختلف است؟ ارتباط بین ویسکوزیته روده، عمل آنزیم و نرخ رشد چیست؟ و آیا آنزیم‌ها در تمام جیره‌های طیور ضروری هستند. این متن به بررسی اهداف ارائه برخی از اطلاعات در مورد آنزیم‌ها و استفاده آنها در تغذیه طیور و هم چنین کمک به پاسخگویی به برخی از سوالات رایج در مورد آنزیم‌ها می‌پردازد.

آنزیم‌ها:

آنزیم‌ها یکی از انواع مختلف پروتئین در سیستم‌های بیولوژیکی هستند. ویژگی اصلی آنها این است که نقش کاتالیزور را در واکنش‌ها ایفا نموده و خودشان در انتها بدون تغییر باقی می‌مانند. آنها در تمام مسیرهای آنابولیک و کاتابولیک هضم و متابولیسم بدن نقش دارند. آنزیم تمایل دارند کاتالیزورهای خیلی اختصاصی باشند که در یک یا حداکثر در گروه محدودی از ترکیبات شناخته شده سوبسترا عمل کنند. آنزیم‌ها ارگانیسم‌های زنده نیستند و نگرانی

¹ Wallis

در مورد زنده ماندن آنها در برابر عفونت نیست. آنها در دمای 85-80 درجه سانتی گراد برای مدت کوتاهی پایدار هستند. یکی دیگر از ویژگی‌های مهم آنزیم‌ها این است میزان واکنش کاتالستی آنها با افزایش غلظت سوبسترا، افزایش می‌یابد، تا نقطه‌ای که گفته می‌شود آنزیم اشباع شده است. بنابراین ما نیاز داریم که مقدار آنزیم را با میزان سوبسترا مطابقت دهیم (آساموویچ و مک کلیری¹، 1996). یک روش معمول برای نام گذاری آنزیم‌ها افزودن پسوند آز (ase) به نام سوبسترای اصلی می‌باشد. به عنوان مثال آنزیم‌های بتاگلوکاناز و پروتئاز به ترتیب واحدهای بتاگلوکان و پروتئین را می‌شکنند. به طور کلی آنزیم‌های گوارشی با دو عنوان آندوژنوس و آگزوژنوس طبقه‌بندی می‌شوند که به تولید آنها توسط بدن حیوان و خارج از آن اشاره دارد. به عنوان مثال، لپاز پانکراس که چربی یا لیپید داخل گلیسرول یا اسید چرب را می‌شکند. این آنزیم‌های اضافه شده به خوراک به عنوان مکمل آگزوژنوس می‌باشند (کلاسن²، 1996).

منابع آنزیم:

آنزیم‌ها توسط انسان‌ها بیش از 10 هزار سال در آماده‌سازی مواد غذایی بدون آگاهی از نقش آنزیم‌ها، مورد استفاده قرار می‌گرفت. بهره‌برداری صنعتی از آنزیم‌های میکروبی در کشورهای غربی از 100 سال پیش با کشف فرآیند تولید آلفا آمیلاز از قارچ *آسپرژیلوس*³ آغاز شد. آنزیم‌ها در هر موجود زنده، از حیوانات و گیاهان تکامل یافته تا تک سلولی‌های زنده، تولید می‌شود که برای فرآیند متابولیکی ضروری به شمار می‌روند. بسیاری از آنزیم‌های مورد استفاده در صنعت مواد غذایی و آشامیدنی از قارچ *آسپرژیلوس* هستند، اما همی سلولاز و سلولاز از قارچ *تریکودرما*⁴ مشتق شده‌اند. اخیراً رمزگذاری ژن‌های آنزیم‌های مختلف از جمله فیتاز، بتاگلوکاناز و زایلاناز شبیه‌سازی و در سیستم‌های مختلف تجاری بیان شدند (میکروارگانیزم‌ها و گیاهان). این امکان وجود دارد مقادیر زیادی از آنزیم‌های ارزان با انتخاب مستمر میکروب‌های مطلوب، رشد آنها در سیستم‌های تخمیر پیشرفته و با استخراج و تخلیص ساده آنزیمی، تولید شوند (والیس، 1996). میکروارگانیزم‌هایی که به طور کلی در تولید آنزیم دخیل هستند شامل باکتری‌ها (*باسیلوس سوبتیلیس*⁵، *باسیلوس لنتوس*⁶، *باسیلوس آنتوس*⁷، *باسیلوس آمیلولیکوئی فاسیننس*⁸ و *باسیلوس استیروترموفیلوس*⁹)، قارچ‌ها (*تریکودرما مالونگی* برای چیاتوم¹⁰، *آسپرژیلوس اوریزا*¹¹ و *آسپرژیلوس نیجر*¹²) و مخمرها (*ساکارومایسس سروسیسه*¹²) می‌باشند.

¹- Acamovic & McCleary

²- Classen

³- *Aspergillus*

⁴- *Trichoderma*.

⁵- *Bacillus subtilis*

⁶- *Bacillus lentus*

⁷- *Bacillus amyloliquifaciens*

⁸- *Bacillus stearothermophils*

⁹- *Trichoderma longibrachiatum*

¹⁰- *Aspergillus oryzae*

¹¹- *Aspergillus niger*

¹²- *S. cerevisiae*

آنزیمها در تغذیه طیور:

استفاده از آنزیمها در تغذیه حیوانات از اهمیت زیادی برخوردار است. افزایش مداوم در قیمت اجزای خوراک، یک محدودیت عمده در اکثر کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود. در نتیجه مواد خوراکی ارزان‌تر و غیرمعارف مورد استفاده قرار می‌گیرند که حاوی درصد بیشتری از پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای (NSP)¹ همراه با نشاسته می‌باشند. NSP ها کربوهیدرات‌های پلیمری هستند که در ترکیب و ساختار از نشاسته متفاوت هستند (مورگان و همکاران²، 1995) و دارای ترکیبات شیمیایی به هم پیوسته‌ای هستند، بنابراین آنها به خوبی توسط طیور هضم نمی‌شوند (آنیسون³، 1993). بخشی از این NSP ها در آب محلول بوده و ترکیب ژل مانند چسبناکی را در روده تشکیل داده و به این ترتیب سبب کاهش عملکرد دستگاه گوارش می‌شوند (وارد⁴، 1995). عمدتاً آرابینوزایلان‌های محلول در آب و چسبناک که متعلق به گروه پنتوزان هستند، فرض می‌شوند که مسئول اصلی این عمل باشند. این پنتوزان‌ها تا حد زیادی مصرف آب توسط پرنده را افزایش می‌دهند و منجر به ایجاد مشکلات غیرقابل کنترل بستر ناشی از رطوبت و مدفوع چسبناک می‌شود. این حالت، شرایط بهداشتی و کیفیت لاشه را بدتر خواهد کرد (دان⁵، 1996). از سوی دیگر، بتاگلوکان به طور منفی مصرف مواد مغذی به خصوص پروتئین و نشاسته را تحت تأثیر قرار می‌دهد که سبب ایجاد شرایط بسیار چسبناک در روده کوچک جوجه‌ها خواهد شد (هاسلمن و آمان⁶، 1986). طیور آنزیمی برای هیدرولیز NSP های موجود در دیواره سلولی غلات، تولید نمی‌کنند و لذا به صورت هیدرولیز نشده باقی می‌مانند. در نتیجه سبب کاهش بازده خوراک می‌شود. تحقیقات نشان داده است با اعمال تغییراتی در جیره غذایی از جمله افزودن مکمل‌های آنزیمی در جیره، می‌توان بر اثرات منفی NSP ها غلبه نمود (کریسول⁷، 1994). آنزیم‌ها از طریق شکستن NSP ها، کاهش ویسکوزیته روده و سرانجام بهبود قابلیت هضم مواد مغذی، عملکرد دستگاه گوارش را بهبود می‌بخشند.

انواع آنزیم‌های موجود برای طیور:

برخی از آنزیم‌هایی که در طول چند سال گذشته استفاده شده و یا دارای پتانسیل برای استفاده در صنعت خوراک بودند شامل سلولاز (بتاگلوکاناز)، زایلاناز و آنزیم‌های وابسته، فیتاز، پروتئاز، لیپاز و گالاکتوسیداز می‌باشند (جدول 9-1). این کربوهیدرات‌های ضد مغذی، نامطلوب هستند چون، آنها هضم و جذب مواد مغذی جیره به خصوص چربی و پروتئین را کاهش می‌دهند. اخیراً علاقه قابل توجهی در استفاده از فیتاز به عنوان یک افزودنی خوراکی نشان داده شده است، چون نه تنها سبب افزایش قابلیت دسترسی فسفر در گیاهان می‌شود، بلکه باعث کاهش آلودگی محیط زیست نیز می‌گردد. در حال حاضر چند آنزیم دیگر در صنعت خوراک مورد بررسی قرار گرفته است که شامل پروتئاز، به

1- Non Starch Polysaccharides

2- Morgan et al

3- Annison

4- Ward

5- Dunn

6- Hasselman & Aman

7- Creswell

منظور افزایش هضم پروتئین، لیپاز، برای افزایش هضم چربی، بتاگلوکاناز، برای خنثی کردن فاکتورهای ضدتغذیه ای در مواد خوراکی غیر از غلات و آمیلاز، برای کمک به هضم نشاسته می‌باشند.

جدل (1)-آنزیم‌های مورد استفاده در خوراک طیور

آنزیم	سوبسترا
بتاگلوکاناز	یولاف
زایلاناز	گندم، چاودار، سیوس گندم و سیوس برنج
بتاگالاکتوسیداز	دانه حبوبات
فیتاز	خوراک های گیاهی
پروتئاز	پروتئین‌ها
لیپاز	لیپیدها
آمیلاز	نشاسته

منبع: ختاک و همکاران¹، 2006

مزایای آنزیم:

مزایای استفاده از آنزیم‌های خوراکی در تغذیه طیور شامل: کاهش ویسکوزیته مواد هضمی، افزایش هضم و جذب مواد مغذی به ویژه چربی و پروتئین، بهبود ارزش انرژی قابل متابولیسم ظاهری (AME²)، افزایش مصرف خوراک، افزایش وزن، کاهش چسبندگی منقار و مقعد، کاهش اندازه دستگاه گوارش، تغییر جمعیت میکروارگانیسم‌ها در دستگاه گوارش، کاهش مصرف آب، کاهش میزان آب مدفوع، کاهش تولید آمونیاک از مدفوع، کاهش میزان دفع نیتروژن و فسفر می‌باشند (وانگ و همکاران³، 2005، اودتالا و همکاران⁴، 2005 و صالح و همکاران⁵، 2003).

کاهش ویسکوزیته مواد هضمی:

آنزیم‌های افزوده شده به جیره طیور، به ویژه جیره‌های حاوی غلات که دارای مقادیر غنی از NSP هستند مانند گندم، جو و چاودار، سبب کاهش میزان ویسکوزیته در جیره و مواد هضمی خواهند شد. مورگان و همکاران (1995) نشان دادند که مکمل آنزیمی در جیره غذایی بر پایه گندم، به طور معنی‌داری باعث کاهش میزان ویسکوزیته مواد هضمی در قسمت‌های پیشین دستگاه گوارش شد. کاهش میزان ویسکوزیته مواد هضمی قسمت پیشین دستگاه گوارش، در درجه اول به علت کاهش وزن مولکولی از طریق هیدرولیز زایلان توسط زایلاناز درونی و تبدیل آن به ترکیبات کوچک‌تر حاصل شده و بنابراین سبب کاهش اثرات چسبندگی خوراک می‌گردد. ویسکوزیته مواد هضمی قسمت ابتدایی دستگاه گوارش، به طور مستقیم به وزن مولکولی آرایینوزایلان‌های گندم بستگی دارد (بدفورد و کلاسن⁶، 1993). به عنوان یک نتیجه می‌توان بیان نمود مکمل آنزیمی حاوی زایلاناز داخلی و بتاگلوکاناز، زنجیره طولانی

¹- Khattak et al

²-Apparent Metabolizable Energy

³-Wang et al

⁴-Odetallah et al

⁵-Saleh et al

⁶- Bedford & Classen

آرابینوزایلان و بتاگلوکان را به قطعات کوچک تر تقسیم نموده و در نتیجه سبب کاهش ویسکوزیته شان خواهد شد (گروپن و همکاران^۱، 1993). دان (1996) پی برد که ویسکوزیته بالا در محتویات دستگاه گوارش ناشی از وجود پنتوزان است که منجر به افزایش مصرف آب پرنده و در نتیجه مدفوع چسبناک می شود.

افزایش در قابلیت دسترسی انرژی:

یکی از دلایل اصلی تکمیل کردن جیره های غذایی طیور بر پایه گندم و جو با آنزیم، این است که میزان انرژی قابل دسترس در جیره افزایش یابد. افزایش قابلیت دسترسی کربوهیدرات ها برای مصرف انرژی، با افزایش انرژی قابل هضم مرتبط است (ون در کلیس و همکاران^۲، 1995). انرژی قابل متابولیسم ظاهری (AME) گندم به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفت و پی بردند مقدار آن به طور قابل توجهی در محدوده بین 9500-16640 کیلوژول بر کیلوگرم می باشد (وارد، 1995). مکمل های آنزیمی این محدوده (میزان AME) را با افزایش قابلیت هضم کربوهیدرات ها، کاهش ویسکوزیته روده و بهبود مصرف چربی، بهبود می بخشند (آلمیرال و همکاران^۳، 1995). بهبود در AME ناشی از مصرف مکمل آنزیمی به دلیل متغیر بودن NSP های گندم، متغیر است (کلاسن و همکاران، 1995). پیش بینی افزایش AME با استفاده از مکمل آنزیمی سخت است، چون مواد مغذی جیره از قبیل نسبت انرژی به پروتئین و عوامل دیگر نقش مهمی در فرمولاسیون خوراک طیور ایفا می کنند. میزان AME گندم با میزان NSP های محلول در آب ارتباط دارد، که به نوبه خود بر ویسکوزیته دستگاه گوارش تأثیر می گذارد (بدفورد و همکاران، 1991). متأسفانه آنالیز NSP ها فرآیندی طولانی هستند ولی در شرایط تجاری آزمایش سریع غلات مورد نیاز می باشد. بدون آزمایش شیمیایی و یا ویژگی های فیزیکی قابل تشخیص، می توان به سرعت میزان NSP گندم را پیش بینی نمود و یا بهبود مورد انتظار در اثر مصرف آنزیم را برآورد نمود. این بخشی از مشکلات برآورد دقیق میزان انرژی گندم یا جو در خوراک طیور می باشد و این کمبود با افزودن آنزیم جبران می شود.

بهبود در قابلیت هضم مواد مغذی:

آنزیم ها نشان دادند زمانی که به جیره طیور حاوی غلات مانند جو، ذرت، چاودار و گندم و هم چنین جیره حاوی حبوبات مانند باقلای مصری، اضافه می شوند سبب بهبود عملکرد و قابلیت هضم مواد مغذی می شوند (برنس و همکاران^۴، 1993). تأثیر مکمل آنزیمی بر روی قابلیت هضم ماده خشک در طیور و تک معده ای ها به نوع جیره و نوع حیوان بستگی دارد؛ محدوده افزایش قابلیت هضم ماده خشک در طیور از 0/9 تا 17 درصد می باشد (آنیسون و چوکت^۵، 1993). آنزیم هایی که در حال حاضر در جیره غذایی تک معده ای ها استفاده می شوند عمدتاً گلایکاناز بوده بوده که با تجزیه NSP به پلیمرهای کوچک تر، توانایی آنها را در ایجاد ویسکوزیته مواد هضمی، از بین برده و قابلیت هضم مواد مغذی را افزایش می دهند. اثرات گلایکاناز به طور کلی به جز بر روی چربی، غیر اختصاصی می باشد (اثر بیشتری بر روی چربی های اشباع نسبت به چربی غیر اشباع دارد). آنزیم دیگر مورد استفاده در خوراک طیور فیتاز است

¹- Gruppen et al

²- Van der Klis et al

³- Almirall et al

⁴- Brenes et al

⁵- Annison & Choct

که استفاده از فسفر فیتاته را افزایش می‌دهد. توانایی آنزیم فیتاز در بهبود هضم فسفر فیتاته و متعاقب آن کاهش دفع فسفر آلی در محیط زیست، توجهات عملی و تجاری را به سوی خود جلب کرده است. گزارش شده است که مصرف آنزیم فیتاز در طیور، سبب کاهش دفع فسفر به میزان 40 درصد در جوجه‌های گوشتی شد. هنگامی که فیتاز به جیره مرغان تخم گذار اضافه شد، افزایش تولید تخم‌مرغ، وزن تخم‌مرغ و خاکستر ساق پا، مورد توجه قرار گرفتند (سیمونس و ورستگ¹، 1991). اغلب اشاره شده است زمانی که گلایکاناز در جیره مورد استفاده قرار می‌گیرد سبب کاهش رطوبت مدفوع در طیور می‌شود. تکمیل سازی NSP غنی شده جیره با سه نوع مختلف گلایکاناز تجاری سبب بهبود عملکرد از طریق کاهش سطح رطوبت مدفوع از 10 تا 29 درصد می‌شود.

بهبود سلامتی:

مورگان و بدفورد (1995) گزارش نمودند با استفاده از آنزیم می‌توان از بروز مشکلات کوکسیدیوز جلوگیری کرد. پرندگان تغذیه شده با جیره غذایی بر پایه گندم، با و بدون گلایکاناز، پاسخ‌های بسیار متفاوت در مورد چالش کوکسیدیوز از خود نشان می‌دهند. رشد در تیمار شاهد 52/5 درصد، اما در تیمار حاوی آنزیم فقط 30/5 درصد کاهش یافته بود. افزایش نرخ عبور مواد هضمی و کاهش رطوبت مدفوع اغلب هنگامی که گلایکاناز به جیره طیور اضافه می‌شود مدّ نظر قرار می‌گیرد، چرا که ممکن است برای چرخه زندگی اُرگانسیم زیان‌آور باشد. دقت و انعطاف پذیری در کاهش هزینه فرمولاسیون خوراک بدین صورت اتفاق می‌افتد که آنزیم‌ها انعطاف‌پذیری بیشتری را در فرمولاسیون خوراک فراهم آورده و اجازه استفاده از طیف گسترده‌ای اجزای خوراک بدون به خطر انداختن عملکرد پرنده خواهند داد و از این رو انعطاف‌پذیری بزرگی را در کاهش هزینه فرمولاسیون خوراک را فراهم می‌سازند. ارزش غذایی دانه غلات برای طیور تا حد زیادی متفاوت است و روش مناسب و سریع برای ارزیابی آن در حال حاضر در دسترس کارخانجات خوراک دام نیست (روجل و همکاران²، 1987). این مشکل را می‌توان تا حد زیادی با استفاده از گلایکاناز که با رساندن AME گندم‌های مختلف به سطوح قابل مقایسه غلبه نمود (چوکت و همکاران³، 1995).

تأثیر بر محیط زیست:

آنزیم‌ها به خاطر این که محصولات طبیعی تخمیر هستند، برای استفاده در خوراک طیور مورد تأیید هستند و بنابراین هیچ خطری برای حیوان و مصرف‌کننده در بر نخواهد داشت. آنزیم نه تنها پرورش دهندگان دام و طیور را قادر به استفاده از خوراک‌های جدید خواهد نمود، بلکه ثابت نمودند که سازگار با محیط‌زیست بوده و آلودگی ناشی از محصولات دامی را نیز کاهش می‌دهند. هم‌چنین آنزیم‌ها به عنوان کمک به بهبود محصولات طیور، می‌توانند تأثیر مثبت بر محیط‌زیست داشته باشند. در مناطقی که تولید محصولات طیور بالا می‌باشد، دفع فسفر در اغلب موارد بالا بوده و سبب بروز مشکلات زیست‌محیطی مانند انباشت آب می‌شود. این امر به این خاطر اتفاق می‌افتد که اکثر فسفر موجود

1- Simons & Versteegh

2- Rogel *et al*

3- Choct *et al*

در خوراک‌های گیاهی به صورت فیتات ذخیره شده که برای طیور غیرقابل هضم می‌باشد. آنزیم فیتاز، فسفر موجود در خوراک، عناصری مانند کلسیم و منیزیم و هم‌چنین پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه باندشده با فسفر را آزاد می‌نماید. بنابراین با آزاد شدن فسفر باندشده با اجزای خوراک، فیتاز باعث کاهش مقدار فسفر معدنی مورد نیاز در جیره غذایی شده و فسفر قابل دسترس بیشتری برای پرنده فراهم می‌آورد و سبب کاهش دفع آن در محیط‌زیست خواهد شد.

عوامل مؤثر بر مزایای آنزیم:

میزان بهبود به دست آمده حاصل از افزودن آنزیم به جیره غذایی بستگی به عوامل بسیاری از جمله؛ نوع و مقدار غلات در جیره غذایی، سطوح عوامل ضدتغذیه‌ای در غلات، طیف و غلظت آنزیم مورد استفاده، نوع حیوان (طیور نسبت به سایر تک‌معدده‌ای‌ها تمایل بیشتری به پاسخ به تیمار آنزیمی دارند)، سن حیوان (حیوانات جوان‌تر در مقایسه با مسن‌تر، پاسخ بهتری نسبت به تیمار آنزیمی از خود نشان می‌دهند)، نوع میکروفلور روده و فیزیولوژی پرنده بستگی دارد (بدفورد، 1996). پرندگان مسن‌تر، به دلیل ظرفیت تخمیر بالا در میکروفلور روده، دارای توان بیشتری برای مقابله با اثرات منفی ویسکوزیته هستند (آلن و همکاران^۱، 1995). اگر چه اکثر آزمایشات تحقیقاتی در مورد استفاده از آنزیم، در جوجه‌های گوشتی انجام شده است، با این حال واکنش مرغ‌های تخم‌گذار به مکمل‌های آنزیمی خوراک به ثبت رسیده است. به طور معمول، به نظر می‌رسد افزودن آنزیم به خوراک مرغ‌های تخم‌گذار، اثر کمی بر روی توده تخم‌مرغ داشته ولی سبب بهبود بازده خوراک شده است (ووکیچ و همکاران^۲، 1993 و وایات و گودمن^۳، 1993). به نظر می‌رسد افزایش مصرف انرژی در مرغ‌های تخم‌گذار به علت تخمیر میکروبی NSP‌های محلول و متعاقب آن جذب بیشتر اسید چرب فرار باشد (چوکت و همکاران، 1995). بستر مرطوب ناشی از استفاده از گندم و جو تازه برداشت شده، سبب افزایش آلودگی پوسته تخم‌مرغ و تجمع گاز آمونیاک در انبارهای خوراک طیور شود. نشان داده شده است که افزودن آنزیم به جیره‌های بر پایه گندم و جو، سبب کاهش رطوبت محتویات مدفوع در مرغ‌های تخم‌گذار خواهد شد (مارکوآرت و همکاران^۴، 1994).

نتیجه‌گیری:

استفاده از آنزیم‌ها به عنوان افزودنی غذایی به سرعت گسترش یافته است. در دهه‌های گذشته، مطالعات گسترده‌ای به منظور بررسی اثر تغذیه‌ای آنزیم‌ها بر روی عملکرد طیور انجام شده است. فواید اقتصادی اجتماعی آنزیم‌ها به خوبی معین شده و آینده آنزیم‌های خوراکی روشن است. به هر حال برای این که آنزیم‌ها به پتانسیل کاملشان برای استفاده در صنعت برسند، نیازمند تحقیقات بیشتری خواهد بود. در نهایت استفاده از آنزیم اجازه خواهد تا در فرمولاسیون جیره غذایی، طیف وسیعی از اجزای خوراک مورد استفاده قرار گیرند. هر گونه پیشرفت در این زمینه باید در نهایت سبب بهبود رفاه جوجه، کاهش تولید ضایعات و حفاظت از منابع شود.

¹ - Allen et al

² - Vukic et al

³ - Wyatt & Goodman

⁴ - Marquardt et al

1. Acamovic, T. and B. McCleary. 1996. Enzyme Special Series, Optimising the response. Feed Mix 4: 14-19.
2. Allen, C.M., M. R. Bedford and K. J. McCracken. 1995. A synergistic response to enzyme and antibiotic supplementation of wheat-based diets for broilers. Proceedings, 10th European Symposium on Poultry Nutrition, 15-19 Oct, Antalya, Turkey. World's Poultry Science Association. pp. 369-370.
3. Almirall, M., M. Francesch, A. M. Perez-Venderell, J. Brufau, and E. Esteve-Garcia. 1995. The differences in intestinal viscosity produced by barley and β -glucanase alter digesta enzyme activities and ileal nutrient digestibilities more in broiler chicks than in cocks. Journal of Nutrition 125: 947-955.
4. Annison, G. 1993. The role of wheat non-starch polysaccharides in broiler nutrition. Australian Journal of Agricultural Research 44(3): 405-422.
5. Annison, G. and M. Choct. 1993. Enzymes in poultry diets in: Enzymes in Animal Nutrition. Proceedings Ist Symposium, Switzerland. Oct 13-16. pp: 61-63.
6. Bedford, M.R. 1996. The effect of enzymes on digestion. Journal of Applied Poultry Research 5: 370-378.
7. Bedford, M.R. and H. L. Classen. 1993. An in-vitro assay for prediction of broiler intestinal viscosity and growth when fed rye based diets in the presence of exogenous enzymes. Poultry Science 72: 137-143.
8. Brenes, A., W. Guenter., R.R. Marquardt and B. A. Rotter. 1993. Effect of β -glucanase/pentosanase enzyme supplementation on the performance of chickens and laying hens fed wheat, barley, naked oats and rye diets. Canadian Journal of Animal Science 73: 941-951.
9. Choct, M., R. J. Hughes., R. P. Trimble., K. Angkanaporn and G. Annison. 1995. Non-starch polysaccharide-degrading enzymes increase the performance of broiler chickens fed wheat of low apparent metabolizable energy. Journal of Nutrition 125: 485-492.
10. Classen, H. L. 1996. Successful application of enzymes relies on knowledge of the chemical reaction to be affected and conditions under which the reaction will occur. Feed Mix 4: 22-28.
11. Creswell, D.C. 1994. Upgrading the nutritional value of grains with the use of enzymes. Technical bulletin, American Soybean Association, 341 Orchard Road No.11-03 Liat Towers, Singapore.
12. Dunn, N. 1996. Combating the pentosans in cereals. World Poultry 12(1): 24-25.
13. Gruppen, H., F. J. M. Kormelink., and A. G. J. Voragen. 1993. Differences in efficacy of xylanases in the breakdown of wheat flour arabinoxylans due to their mode of action. In Wenk, C.; Boessinger, M., ed., Enzymes in animal nutrition. Kartause Ittingen, Thurgau, Switzerland. pp. 276-280.
14. Hasselman, K. and P. Aman. 1986. The effect of β -glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler chicks fed on barley of low or high viscosity. Animal Feed Science and Technology 15: 83-93.
15. Khattak, F. M., Pasha, T. N. Hayat, Z., and Mahmud, A. 2006. Enzymes in poultry nutrition, J. Anim. Pl. Sci. 16(1-2).
16. Marquardt, R.R., D. Boros., W. Guenter and G. Crow. 1994. The nutritive value of barley, rye, wheat and corn for young chicks as affected by use of a *Trichoderma reesei* enzyme preparation. Animal Feed Science and Technology 45: 363-378.
17. Morgan, A.J. and M. R. Bedford. 1995. Advances in the development and application of feed enzymes. Australian Poultry Science Symposium 7: 109-115.

18. Odetallah, N. H., J. J. Wang., J. D. Garlich and J. C. H. Shih. 2005. Versazyme Supplementation of Broiler Diets Improves Market Growth Performance. *Poultry Science* 84: 858–864.
19. Rogel, A.M., E.F., W. L. Bryden. and D. Balnave. 1987. The digestion of wheat starch in broiler chickens. *Australian Journal of Agricultural Research* 38: 639–649.
20. Saleh, F., A. Ohtsuka., T. Tanaka and K. Hayashi. 2003. Effect of enzymes of microbial origin on in vitro digestibilities of dry matter and crude protein in maize. *Journal of Poultry Science* 40: 274-281.
21. Simons, P.C.M. and H. A. J. Versteegh. 1991. Application of microbial phytase in poultry nutrition. *Poultry Science* 70: (Suppl. 1), 110.
22. Van der Klis, J.D., C. Schelle. and C. Kwakernaak. 1995. Wheat characteristics related to its feeding value and to the response of enzymes. *Proceedings 10th European Symposium on Poultry Nutrition, Antalya, Turkey. World's Poultry Science Association.* pp. 160–168.
23. Vukic Vranjes, M. and C. Wenk. 1993. Influence of dietary enzyme complex on broiler performance in diets with and without antibiotic supplementation. *Enzymes in animal nutrition. Kartause Ittingen, Thurgau, Switzerland.* pp. 152–155.
24. Wallis, I. 1996. *Enzymes in poultry Nutrition Technical Note, SAC.* West Mains road, Edinburgh.
25. Wang, Z. R., S. Y. Qiao., W. Q. Lu and D. F. Li. 2005. Effects of Enzyme Supplementation on Performance, Nutrient Digestibility, Gastrointestinal Morphology, and Volatile Fatty Acid Profiles in the Hindgut of Broilers Fed Wheat-based Diets. *Poultry Science* 84: 875–881.
26. Ward, N.E. 1995. With dietary modifications, wheat can be used for poultry. *Feedstuffs* 7 Aug, 14-16.
27. Wyatt, C.L. and T. Goodman. 1993. Utilisation of feed enzymes in laying hen rations. *Journal of Applied Poultry Research* 2: 68–74.

پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای از منظر بیوشیمی و تغذیه

تعریف و طبقه بندی پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای

پلی ساکاریدها، بیوپلیمرهای بسیار گسترده‌ای هستند که بخش اصلی مواد مغذی را در خوراکی‌های گیاهان تشکیل می‌دهند. کربوهیدرات‌ها شامل طبقه متنوعی از مواد مغذی است که از یک طرف قندهایی با قابلیت هضم آسان در روده کوچک تک‌معدده‌ای‌ها و از طرف دیگر الیاف جیره‌ای که توسط میکروب‌ها در روده بزرگ تخمیر می‌گردند، در بر می‌گیرد (باخ کنودسن و همکاران،¹ 2001). الیاف رژیم غذایی² (DF) امروزه به مواد خوراکی عمدتاً با منشأ گیاهی اطلاق می‌گردد که قابل تجزیه توسط آنزیم‌های مترشح‌ه از دستگاه گوارش انسان نبوده ولی ممکن است توسط فلور میکروبی دستگاه گوارش هضم گردد. انواع مواد گیاهی که ذیل تعریف DF قرار می‌گیرند، ممکن است بر اساس قابلیت انحلال در آب به دو گروه تقسیم شوند:

(الف) الیاف نامحلول رژیم غذایی³ (IDF) که شامل سلولز، برخی همی سلولز و لیگنین هستند.

(ب) الیاف قابل حل رژیم غذایی⁴ (SDF) که شامل بتاگلوکان‌ها، پکتین‌ها، صمغ‌ها، موسیلاژها و برخی از همی سلولازها را در بر می‌گیرد.

به ترکیبات تشکیل دهنده IDF و SDF (به جز لیگنین) در مجموع پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای (NSP) گفته می‌شود که پیش از این به آن DF گفته می‌شد. در تغذیه دام، پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای یا (NSP) که به اختصار پلی ساکارید نامیده می‌شوند، قابل تجزیه توسط آنزیم‌های مترشح‌ه از دستگاه گوارش نبوده و تقریباً به شکل کاملاً هضم نشده به کولون می‌رسند. هر کدام از گروه‌های تشکیل دهنده NSP دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مختلفی هستند که سبب ایجاد تأثیرات فیزیولوژیکی در روده و در مجموع روی حیوان می‌گردد. طبقه‌بندی شیمیایی الیاف رژیم غذایی یا DF در جدول (2) ارائه شده است.

پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای به مشتقات و انواعی از کربوهیدرات‌های رژیم غذایی (به جزء لیگنین) گفته می‌شود که ممکن است محلول یا نامحلول باشند و شامل مواد پکتیکی، همی سلولزها، سلولزها، صمغ‌ها (گوآر) و موسیلاژها باشند (ساتگیت،⁵ 1995؛ کومینگز،⁶ 1997). سلولز، همی سلولز و مواد پکتیکی حدود 90-80 درصد از NSP دیواره سلولی گیاهان را تشکیل می‌دهند (کومینگز، 1997). به لحاظ نظری، نشاسته مقاوم خارج از مفهوم NSP قرار دارد، اما عملاً به روش حذف نشاسته بستگی دارد. ساتگیت (1995)، NSP خوراکی‌های گیاهی را به دو نوع پلی ساکاریدهای ساختمانی و غیر ساختمانی تقسیم بندی نمود (جدول 3).

¹Bach Knudsen et al

²Dietary Fibre

³Insoluble dietary fibre

⁴Soluble dietary fibre

⁵ Southgate

⁶ Cummings

جدول (2) طبقه‌بندی الیاف رژیم غذایی (DF)

الیاف	زنجیره اصلی	زنجیره جانبی	شرح
پلی ساکاریدها سلولز	گلوکز	-	جزء اصلی ساختمان دیواره سلولی گیاه، نامحلول در قلیای تغلیظ شده، محلول در اسید تغلیظ شده
غیر سلولزی همی سلولز	زایلوز مانوز گالاکتوز گلوکز	آرابینوز گالاکتوز اسید گلوکورونیک اسید گلوکورونیک	پلی ساکاریدهای دیواره سلولی حاوی قندهایی با اتصالات پیرانوزی 4-1. دارای درجات مختلفی از شاخه ای شدن و میزان اسید یورونیک. قابل حل در قلیای رقیق
مواد پکتیکی¹	اسید گالاکتورونیک	رامنوز آرابینوز زایلوز فوکوز	اجزای اولیه دیواره سلولی و غشاء میانی. از نظر میزان متیل استر متغیر است. عموماً در آب حل شده و ژل تشکیل می‌دهد.
موسیلاژ²	گالاکتوز-مانوز گالاکتوز-مانوز آرابینوز-زایلوز اسید گالاکتورونیک-رامنوز	گالاکتوز	توسط سلول‌های ترشحی گیاه سنتز می‌گردد، آندوسپرم دانه را محافظت می‌کند، دارای کاربرد صنعتی است، هیدروفیل بوده و تثبیت کننده است (مثل گوآر ³).
صمغ‌ها⁴	گالاکتوز اسید گلوکورونیک-مانوز اسید گالاکتورونیک-رامنوز	زایلوز فوکوز گالاکتوز	توسط سلول‌های اختصاص یافته ای در محل صدمه به گیاه ترشح می‌شود. دارای کاربرد در غذا و دارو است (مثل صمغ کارایا ⁵).
پلی ساکاریدهای جلبک⁶	مانوز زایلوز اسید گلوکورونیک گلوکز	گالاکتوز	از جلبک و خزه دریایی مشتق شده است. میزان اسید یورونیک آن متغیر بوده و حاوی گروه های سولفات است. دارای کاربرد در غذا و دارو می‌باشد (مثل کاراگینان ⁷ و آگار ⁸).
لیگنین⁹	سیناپیل الکل کینفرل الکل پارا-کوماریل الکل	ساختار سه بعدی	جزء غیر کربوهیدراتی دیواره سلولی گیاه، حاصل از اتصالات عرضی پلیمر فینیل پروپان است. در اسید سولفوریک 72٪ نامحلول است. در برابر تجزیه میکروبی مقاوم است.

1- Pectic substances

2- Mucilages

3- Guar

4- Gums

5- karaya gum

6- Algal polysaccharides

7- Carrageenan

8- Agar

9- Lignin

جدول (3) انواع اصلی NSP در خوراک های گیاهی

منبع اصلی	گروه های اصلی	ترکیبات موجود	خلاصه ساختمان	پراکندگی در خوراک ها
مواد ساختمانی ¹ دیواره سلولی گیاهان	سلولز	-	بتا گلوکان های زنجیره بلند	تمام دیواره های سلولی
	پلی ساکاریدهای غیر سلولزی	مواد پکتیکی	گالاکتورونان ها	عمدتاً در میوه ها و سبزیجات
		همی سلولز ها	آرابینو گالاکتان ها	
			آرابینوزایلان ها	غلات
			گلو کورونو	غلات
			آرابینوزایلان ها	
پلی ساکاریدهای غیر ساختمانی ²			گلو کورونوزایلان ها	میوه ها / سبزیجات
			زایلو گلوکان ها	میوه ها / سبزیجات
			بتا گلوکان ها	غلات
			طیف وسیعی از هترو پلی ساکاریدها	دانه ها و میوه ها

معرفی مهم ترین ترکیبات NSP موجود در مواد خوراکی

1- سلولز: سلولز فراوان ترین ترکیب آلی در طبیعت بوده و در برگیرنده 50 درصد از کربن در گیاهان را به خود اختصاص داده است. سلولز هموپلیمر خطی حاصل از اتصال واحدهای بتا گلوکان با اتصال (4 → 1) β گلیکوزیدی است. دارای وزن مولکولی بالایی است و سلولزهایی با 10000-7000 واحد گلوکز را در مواد گیاهی می توان یافت. زنجیره های سلولزی به صورت دسته هایی با اتصالات هیدروژنی کنار هم قرار گرفته و گروه های هیدروکسیل (OH) متعدد هلیکس (مارپیچ) دو لایه ای شبیه ریبون به وجود می آورند. عقیده بر این است که سلولزها دارای ترکیب شیمیایی مشابهی هستند، مگر اینکه از نظر منبع و نامحلول بودن در آب و محلول های قلیایی با هم تفاوت داشته باشند.

2- پنتوزان ها (آرابینوزایلان ها و زایلان ها): ساختمان پنتوزان های موجود در غلات (آرابینوزایلان ها)، عمدتاً از دو پنتوز آرابینوز و زایلو ز تشکیل شده اند و ساختار مولکولی آنها دارای اسکلت خطی از بتا-زایلان است. ترکیبات فنولی پروتئین ها در زنجیره های جانبی آنها وجود دارد. وزن مولکولی آرابینوزایلان های غلات می تواند بسیار بالا باشد. اگر آرابینوزایلان های موجود در دانه غلات نامحلول هستند، اما آرابینوزایلان هایی که با دیواره سلولی باند نشده اند، می توانند محلول های شدیداً ویسکوز (غلظت) تشکیل داده و قادر هستند حدود 10 برابر وزن خود آب جذب کنند.

3- بتا گلوکان ها: بتا گلوکان در اکثر غلات و به خصوص دانه جو و یولاف یافت می شود. ساختمان خطی آنها حاوی اتصالات (3 → 1) β و (4 → 1) β است. بتا گلوکان های دانه جو تقریباً (4 → 1) β 70 درصد و (3 → 1) β

¹ Structural materials

² Non-structural polysaccharides

30 درصد هستند، طوری که هر قسمت با دو یا سه اتصال (4 → 1) توسط یک اتصال (3 → 1) جدا می‌شود. وزن مولکولی بتاگلوکان‌های محلول در آب 200000-300000 می‌باشد که از اتصال 1850-1200 مونومر ساخته شده‌اند. به رغم برخی شباهت‌ها در اتصالات ساختمان بتاگلوکان و سلولز، شباهت خصوصیات فیزیکی آنها بسیار ناچیز است.

4- مواد پکتیکی: واژه پلی ساکاریدهای پکتیکی به گالاکتورونال‌ها یا به صورت عام به رامنوگالاکتورونال‌ها گفته می‌شود که زنجیره آلفا دی گالاکتورونال (با اتصال 4 → 1) در فواصلی با جایگزین شدن قطعه‌ای از آلفال رامنوز (با اتصال 2 → 1) قطع می‌شود. سایر قندهایی که به زنجیره جانبی متصل می‌شوند شامل دی گالاکتوز، ال آرابینوز، دی زایلوز و تا حدی ال فوکوز و دی گلوکورونیک اسید است. پلیمرهای پکتیکی پیچیده‌ای نظیر گالاکتان‌ها، آرابینان‌ها، زایلوگلوکان‌ها و گالاکتومانان‌ها هم در زنجیره جانبی یافت می‌شوند. وزن ملکولی پکتین‌ها 300000-30000 می‌باشد. پلی ساکاریدهای پکتیکی در دیواره سلولی ساقه‌ها و برگ غلات هم یافت می‌شوند.

5- مانان‌ها: در دیواره سلولی بعضی از گیاهان، ممکن است بخش اصلی هگزوزان‌های غیر سلولزی را گلوکومانان و گالاکتومانان تشکیل دهد. گلوکومانان‌ها از اتصال عرضی (4 → 1) β بین گلوکز و مانان به وجود می‌آیند، در حالی که گالاکتومانان‌ها از ساختار مانان با اتصال (4 → 1) β تشکیل شده و واحدهای انفرادی آلفاگالاکتوز با اتصال (6 → 1) جایگزین می‌گردد. میزان گالاکتومانان در دانه غلات ناچیز است.

6- آرابینان‌ها و گالاکتان‌ها: آرابینان‌ها پلیمرهای حاصل از اتصال آلفا ال آرابینوز با اتصال (5 → 1) هستند، در حالی که گالاکتان‌ها، پلیمرهای حاصل از اتصال بتا دی گالاکتوز با اتصال (4 → 1) می‌باشند. گالاکتان‌ها علاوه بر اتصالات (4 → 1) β ، تقریباً دارای 4 درصد اتصال (6 → 1) β هستند. آرابینوگالاکتان‌ها در دو نوع مجزا وجود دارند:

1- نوع I یا تیپ I: در دانه لگوم‌ها وجود داشته و فراوان است. آنها پلیمرهایی با ساختار (4 → 1) β گالاکتان هستند که با زنجیره‌های جانبی آرابینوز جایگزین شده‌اند.

2- نوع II یا تیپ II: به آنهایی گفته می‌شود که با اتصال (6 و 3 → 1) β به قطعه گالاکتوز متصل می‌گردند.

7- زایلوگلوکان‌ها: زایلوگلوکان‌ها گروه غیرمرسوم دیگری از NSP‌ها هستند که در برنج یافت می‌شود. ساختار زایلوگلوکان‌ها از اتصال گلوکانی (4 → 1) β با واحدهای انفرادی آلفا-زایلوز است. خواص فیزیکوشیمیایی و فعالیت‌های تغذیه‌ای این NSP در حال بررسی است.

کمیت و کیفیت NSP در بعضی از مواد خوراکی

میزان NSP در مواد خوراکی مختلف و حتی درون خوراک‌های مشابه بر اساس واریته (رقم) و موقعیت جغرافیایی محل رویش متفاوت است. ساختار اصلی NSP در خوراک خاص تحت تأثیر عوامل محیطی و واریته گیاه قرار نمی‌گیرد. NSP موجود در دانه غلات عمدتاً از آرابینوزایلان‌ها (پنتوزان)، بتاگلوکان‌ها و سلولز تشکیل شده است. صرفاً مقدار اندکی از پلی ساکاریدهای پکتیکی در ساقه و برگ غلات یافت می‌شود. به استثنای برنج، هیچ مدرکی

مبنی بر وجود آنها در بافت‌های مادری غلات وجود ندارد. میزان NSP در ذرت و سورگوم ناچیز است، در حالی که گندم، چاودار و تریتیکاله حاوی مقادیر بالایی از NSP محلول و نامحلول هستند، در حالی که در جو و یولاف بتاگلوکان‌ها مهم‌ترین NSP محلول به شمار می‌روند. مقدار زیادی از فرآورده‌های فرعی غلات تولید می‌شود که این فرآورده‌ها حاوی سطوح بالایی از اجزای دیواره سلولی هستند و بنابراین سرشار از NSP بوده و کیفیت و ارزش غذایی پایینی دارند. انواع و سطوح NSP در غلات و فرآورده‌های جانبی آن در جدول (4) نشان داده شده است.

اثرات ضد تغذیه‌ای NSP محلول

NSP طیف وسیعی از ترکیبات با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مختلف است. اثرات تغذیه‌ای آنها در حیوانات تک معده‌ای متفاوت و در مواردی شدید است. به طور کلی اصلی‌ترین اثرات زیان آور NSP به طبیعت ویسکوز (چسبناک) این پلی ساکاریدها، اثرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی آنها روی دستگاه گوارش و مداخله در فعالیت فلور میکروبی دستگاه گوارش مرتبط است.

1- ویسکوزیته

ویسکوزیته NSP به قابلیت انحلال و وزن مولکولی آنها بستگی دارد. قابلیت انحلال NSP نیز خود تابع ساختار شیمیایی NSP و ارتباط آن با سایر بخش‌های دیواره سلولی است. بنابراین، ویسکوزیته مختص ترکیب قندها یا نوع اتصالات موجود در NSP نیست. علاوه بر این ارزش غذایی خوراک را افزایش می‌دهد.

2- تغییر فیزیولوژی دستگاه گوارش

NSP محلول نه تنها با افزایش ویسکوزیته دستگاه گوارش به عنوان سدّی برای هضم و جذب مواد مغذی ایجاد می‌کند، بلکه با تغییر در ترشح داخلی آب، پروتئین‌ها و الکترولیت‌ها و لیپیدها سبب تغییر عملکرد دستگاه گوارش نیز می‌گردد. محققین ثابت کردند که مصرف طولانی مدت NSP سبب تغییراتی در سیستم گوارشی موش‌ها برای سازگاری با آنها می‌گردد. تغییرات ایجاد شده در دستگاه گوارش شامل بزرگ شدن اندام‌های گوارشی، افزایش ترشح شیرابه‌های گوارشی همراه با کاهش هضم مواد مغذی بوده است. برخی انواع NSP می‌توانند به نمک‌های صفراوی، لیپیدها و کلسترول باند شوند. این خاصیت NSP ممکن است روی متابولیسم لیپیدها در روده تأثیر بگذارد. علاوه بر این، NSP ویسکوز می‌تواند سبب افزایش ترشح اسیدهای صفراوی شده و لذا مقدار زیادی از این اسیدها از طریق مدفوع، از دست می‌روند. بدین ترتیب میزان سنتز اسیدهای صفراوی از کلسترول در کبد افزایش می‌یابد. تداوم تخلیه اسیدهای صفراوی و لیپیدها و اتلاف این اسیدها و استروئول‌های طبیعی نهایتاً ممکن است بر جذب لیپیدها و کلسترول از روده تأثیر داشته باشد. این اثرات به تغییرات اساسی در پویایی هضم و جذب از دستگاه گوارش منجر شده و کارایی جذب مواد مغذی توسط حیوان کاهش می‌یابد.

3- مداخله در فعالیت فلور میکروبی دستگاه گوارش

NSP محلول سبب افزایش زمان ماندگاری مواد هضمی در روده شده که ممکن است سبب کاهش فشار اکسیژن شده و محیط را برای گسترش فلور میکروبی بی‌هوازی فراهم سازد. مشخص نیست که آیا تغییر ناگهانی اکولوژی دستگاه گوارش برای کارایی مصرف مواد مغذی زیان آور است یا خیر؟ به هر حال، واضح است که تکثیر برخی از

آرگانوسم‌های بی‌هوازی می‌توانند سبب تولید سموم و از هم گسیختگی املاح صفراوی و اختلال در هضم چربی‌ها شده و بازده مصرف مواد مغذی به دلیل فعالیت میکروبی روی کربوهیدرات‌های قابل هضم از جمله نشاسته و گلوکز و تولید اسیدهای چرب فرار با اختلال مواجه می‌گردد.

جدول (4) انواع و سطوح مختلف NSP موجود در برخی از دانه و فرآورده‌های جانبی غلات (بر اساس درصد وزن خشک)

غله	آرایینوزایلان	بتاگلوکان	سلولز	مانان‌ها	گالاکتان‌ها	اسیدیورونیک	کل
گندم ¹							
محلول	1/8	0/4	-	ناچیز	0/2	ناچیز	2/4
نامحلول	6/3	0/4	2	ناچیز	0/1	0/2	9
جو ¹							
محلول	0/8	3/6	3/9	ناچیز	0/1	ناچیز	4/5
نامحلول	7/1	0/7	-	0/2	0/1	0/2	12/2
تریکیاله ²							
محلول	1/3	0/2	2/5	0/02	0/1	0/1	1/7
نامحلول	9/5	1/5	-	0/6	0/4	0/1	14/6
سورگوم ²							
محلول	0/1	0/1	2/2	ناچیز	ناچیز	ناچیز	0/2
نامحلول	2	0/1	-	0/1	0/15	ناچیز	4/6
ذرت ²							
محلول	0/1	ناچیز	2	ناچیز	ناچیز	ناچیز	0/1
نامحلول	5/1	-	-	0/2	0/6	ناچیز	8
سبوس برنج (بدون چربی) ²							
محلول	0/2	ناچیز	-	ناچیز	0/2	ناچیز	0/5
نامحلول	8/3	-	11/2	0/4	1	0/4	21/3

1-منبع: Englyst (1989) 2-منبع: Choct et al (داده‌های منتشر نشده)

اثرات فیزیکی ویسکوزیته روی هضم و جذب، صرف نظر از منبع NSP، ظاهراً مشابه است. عموماً بالابودن ویسکوزیته سبب کاهش نرخ انتشار سوبستراها و آنزیم‌های گوارشی و کاهش اثر متقابل آنها در سطح مخاطی می‌گردد. NSP محلول با گلیکوکالیکس مرز مسواکی جدار روده تداخل داشته و سبب ضخیم شدن لایه آب راکد و چسبیده به جدار مخاط شده، لذا کارایی جذب مواد مغذی از طریق سلول‌های جدار روده کاهش می‌یابد. درک این واقعیت که خاصیت ویسکوز بودن NSP عامل اصلی اثرات ضد تغذیه‌ای NSP در جیره غذایی تک‌معه‌ای‌هاست، سبب استفاده گسترده از آنزیم‌ها در جیره غذایی تک‌معه‌ای‌ها شده است.

منابع مورد استفاده:

1. Bach Knudsen, K. E., Jørgensen, H., Intestinal degradation of dietary carbohydrates – from birth to maturity. In: Digestive physiology of pigs. Lindberg J. E., Ogle B. (eds.), CABI publishing, Wallingford, 2001, pp. 109-120.
2. Choct, M. 1997. Feed Non-Starch Polysaccharides: Chemical Structures and Nutritional Significance, Feed Milling International, June Issue pp.13-26.
3. Cummings, J. H., Bowel habit and constipation. In: The Large Intestine in Nutrition and Disease. Institut Danone ed., Bruxelles, 1997, 87–101.
4. Englyst, H. 1989. Classification and measurement of plant polysaccharides Anim. Feed Sci. Technol. 23:27.
5. Southgate, D. A. T., The diet as a source of dietary fiber, European Journal of Clinical Nutrition, 1995, 49 (Suppl. 3), S22-S26.

ماتریکس ویلوی¹ تعدادی از آنزیمها (الف) مولتی آنزیمها

جدول (5) - ماتریکس ویلوی مواد مغذی مولتی آنزیم آپسازایم (Apsazyme) در جیره‌های تنظیم شده برای جوجه‌های گوشتی بر پایه (ذرت-سویا) یا (گندم-سویا)، (ساخت کشور اسپانیا) - شرکت Apsa Specialist

جیره پایه گندم-سویا		جیره پایه ذرت-سویا		مواد مغذی
درصد مواد مغذی جایگزین شده	125 گرم در تن	درصد مواد مغذی جایگزین شده	125 گرم در تن	
0/015	120	0/019	150	لیزین قابل هضم (درصد)
0/001	8	0/011	85	متیونین قابل هضم (درصد)
0/01	80	0/026	210	سیستین قابل هضم (درصد)
0/011	88	0/038	300	متیونین+سیستین قابل هضم (درصد)
0/016	128	0/024	190	ترئونین قابل هضم (درصد)
0/004	32	0/015	120	تریپتوفان قابل هضم (درصد)
0/029	232	0/045	360	گلیسین+سرین قابل هضم (درصد)
0/021	168	0/013	100	آرژنین قابل هضم (درصد)
0/016	128	0/018	140	والین قابل هضم (درصد)
0/012	96	0/018	144	ایزولوسین قابل هضم (درصد)
0/374	2990	0/374	2990	پروتئین خام (درصد)
80-100	-800000	55	440000	انرژی متابولیسمی (Kcal/kg)
	640000			

جدول (6) - ماتریکس ویلوی مواد مغذی به ازای هر کیلوگرم Endo-power B، (ساخت کشور کره) -

شرکت Easy Bio System, Inc

500000	انرژی قابل متابولیسم (Kcal/kg)
2000	پروتئین خام (درصد)
80	لیزین (درصد)

(ب) آنزیمهای فیتاز

جدول (7) - آنالیز تقریبی و مقدار مواد مغذی آزاد شده توسط آنزیم فیتاز Meri-phyze5000 در جیره‌های مرغ گوشتی و مرغ تخم‌گذار*، (ساخت کشور انگلستان) - شرکت Meriden Animal Health

مرغ تخم‌گذار		مرغ گوشتی		مواد مغذی و انرژی متابولیسمی
مقدار مواد مغذی آزاد شده (بر اساس مقدار 60 گرم در تن)	آنالیز تقریبی	مقدار مواد مغذی آزاد شده (بر اساس مقدار 60 گرم در تن)	آنالیز تقریبی	
31/8	530000	53	530000	انرژی قابل متابولیسم (Kcal/kg)
0/1	1916	0/1	1150	فسفر قابل دسترس** (درصد)
0/1	1666	0/1	1000	کلسیم (درصد)
0/135	2250	0/225	2250	پروتئین خام (درصد)
0/0072	120	0/012	120	لیزین قابل هضم (درصد)
0/0006	10	0/001	10	متیونین (درصد)
0/0018	30	0/003	30	سیستئین (درصد)
0/0078	130	0/013	130	ترئونین (درصد)
0/0018	30	0/003	30	تریپتوفان (درصد)
0/0072	120	0/012	120	ایزولوسین (درصد)

* مقدار توصیه مصرف این آنزیم در مرغ گوشتی 100 گرم و در مرغ تخم‌گذار و مادر 60 گرم در تن می‌باشد. لذا مقدار مواد مغذی آزاد شده توسط آنزیم Meri-phyze5000 بر اساس مقدار مصرف توصیه شده محاسبه و اعلام گردید.

** میزان فسفر بر اساس DCP محاسبه شده است.

جدول (8)-ماتریکس ولیو استاندارد برای تنظیم جیره‌هایی با حداقل قیمت برای طیور برای تمام انواع

Natuphos 5000 FTU/g و Natuphos 10000 FTU/g، (ساخت کشور آلمان)-شرکت BASF chemical company

Natuphos 10000 FTU/g		Natuphos 5000 FTU/g		مواد مغذی و انرژی متابولیسمی
مرغ تخم گذار	جوجه گوشتی، بو قلمون و اردک	مرغ تخم گذار	جوجه گوشتی، بو قلمون و اردک	
3833	2300	1916	115	فسفر قابل دسترس از DCP (درصد) (با قابلیت هضم فسفر 70 درصد)
3333	2000	1666	1000	فسفر قابل دسترس از MCP (درصد) (با قابلیت هضم فسفر 80 درصد)
3333	2000	1666	1000	کلسیم (درصد)
240	240	120	120	لیزین (درصد)
20	20	10	10	متیونین (درصد)
60	60	30	30	سیستئین (درصد)
260	260	130	130	ترئونین (درصد)
60	60	30	30	تریپتوفان (درصد)
240	240	120	120	ایزولوسین (درصد)
4500	4500	2250	2250	پروتئین خام (درصد)
1060000	1060000	530000	530000	انرژی قابل متابولیسم (Kcal/kg)

جدول (9)-ماتریکس ولیو ارائه شده برای Nutrase P، (ساخت کشور بلژیک)-شرکت Nutrex

مرغان تخم گذار	جوجه‌های گوشتی و بو قلمون ها	مواد مغذی
8	8	رطوبت
1667	1000	قابلیت دسترسی فسفر (درصد)
1250	750	کلسیم (درصد)
120	120	لیزین قابل هضم (درصد)
10	10	متیونین قابل هضم (درصد)
130	130	ترئونین قابل هضم (درصد)
30	30	تریپتوفان قابل هضم (درصد)

جدول (10)-ماتریکس ولیو فیتاز (Phyzyme XP (500 FTU/kg)، (ساخت کشور انگلستان)-شرکت DANISCO (مقدار مصرف 0/02 درصد معادل 200 گرم در تن)

میزان آزاد شدن فسفر قابل دسترس	0/12 درصد
میزان کاهش انرژی متابولسمی	65 کیلو کالری در هر کیلوگرم
میزان کاهش اسیدهای آمینه	1/2-3/8 درصد

جدول (11)-ماتریکس ولیو مواد مغذی برای فیتاز[®] phyta feed در سطوح مختلف مصرف (هر 100 گرم از این آنزیم معادل 500 FTU/kg feed می باشد)، (ساخت کشور اسپانیا)-شرکت Apsa Specialist

سطح مصرف [®] phyta feed (گرم در تن)				مواد مغذی
200	150	100	50	
782	942	1200	1674	فسفر قابل دسترس (درصد)
860	1036	1320	1841	کلسیم (درصد)
180	220	280	386	سدیم (درصد)
270000	327000	415000	578/780	انرژی قابل متابولسم (Kcal/kg)
175	210	270	374	ترئونین قابل هضم (درصد)
200	240	300	425	متیونین+سیستئین قابل هضم (درصد)
90	107	140	193	لیزین قابل هضم (درصد)
2200	2642	3371	4700	پروتئین (درصد)

جدول (12)-مقدار مواد مغذی تأمین شده با مصرف 500 FTU/kg از آنزیمهای Phyta feed، Phyzyme، Ronozyme و Natuphos

آنزیم فیتاز				مواد مغذی
Natuphos (500 FTU/kg)	Ronozyme (500 FTU/kg)	Phyzyme (500) (FTU/kg)	Phyta feed (500 FTU/kg)	
0/10	0/067	0/12	0/12	فسفر قابل دسترس (درصد)
0/10	0/067	0/11	0/132	کلسیم (درصد)
-	-	-	0/028	سدیم (درصد)
26-53	26	36-60	42	انرژی قابل متابولسم (Kcal/kg)
0/225	0/140	0/200	0/337	پروتئین (درصد)
0/013	0/010	0/010	0/027	ترئونین قابل هضم (درصد)
0/003 / 0/004	0/006	0/011 / 0/016	0/03 / 0/03	سیستئین/متیونین+سیستئین قابل هضم (درصد)
0/012	0/010	0/015	0/014	لیزین قابل هضم (درصد)

جدول (13)-ماتریکس ولیو مواد مغذی برای فیتاز Phyta Feed در سطوح مختلف مصرف (افزودن 60 گرم از این آنزیم معادل 300 FTU/kg feed اعلام گردید)

میزان مصرف Phyta feed در جیره (گرم در تن)			
100	80	60	مواد مغذی
1430	1660	2000	فسفر قابل دسترس (درصد)
1570	1825	2220	کلسیم (درصد)
330	388	467	سدیم (درصد)
490000	575000	691700	انرژی قابل متابولیسم (Kcal/kg)
320	375	450	ترئونین قابل هضم (درصد)
360	425	500	متیونین+سیستئین قابل هضم (درصد)
160	188	233	لیزین قابل هضم (درصد)
4010	4680	5620	پروتئین (درصد)

جدول (14)-ماتریکس ولیو مواد مغذی برای فیتاز Vemozyme F5000, F10000NTP برای جوجه‌های گوشتی و مرغ تخم‌گذار، (ساخت کشور بلغارستان)-شرکت Vemo 99 Ltd

فیتاز Vemozyme F10000NTP		فیتاز Vemozyme F5000		مواد مغذی
مرغ تخم‌گذار (30 گرم در تن)	مرغ گوشتی (50 گرم در تن)	مرغ تخم‌گذار (50 گرم در تن)	مرغ گوشتی (100 گرم در تن)	
3990	2540	1880	1100	فسفر کل (درصد)
3570	2260	1690	980	فسفر قابل دسترس (درصد)
3260	2200	1590	900	کلسیم قابل دسترس (درصد)
270	240	120	120	لیزین قابل دسترس (درصد)
50	40	10	10	متیونین قابل دسترس (درصد)
60	60	30	30	سیستئین قابل دسترس (درصد)
260	260	130	130	ترئونین قابل دسترس (درصد)
60	60	30	30	تریپتوفان قابل دسترس (درصد)

جدول (15)-ماتریکس ولیو فیتاز مواد مغذی Quantum 5000 برای مصرف در جیره غذایی جوجه های گوشتی،
بو قلمون ها و اردک، (ساخت کشور انگلستان)-شرکت AB Vista Feed Ingredient

سطح مصرف Quantum 5000			
مواد مغذی	500 FTU/kg (100 گرم در تن)	750 FTU/kg (150 گرم در تن)	1000 FTU/kg (200 گرم در تن)
فسفر قابل دسترس (درصد)	1300	1020	845
کلسیم (درصد)	1430	1122	930
سدیم (درصد)	300	233	195
لیزین قابل هضم (درصد)	150	120	100
متیونین قابل هضم (درصد)	33	26	22
سیستئین قابل هضم (درصد)	297	234	194
متیونین+سیستئین قابل هضم (درصد)	330	260	216
ترئونین قابل هضم (درصد)	290	228	189
تریپتوفان قابل هضم (درصد)	170	133	110
گلیسین+سرین قابل هضم (درصد)	490	387	320
آرژنین قابل هضم (درصد)	110	87	75
والین قابل هضم (درصد)	200	157	130
ایزولوسین قابل هضم (درصد)	220	173	145
پروتئین خام (درصد)	3650	2867	2380
انرژی قابل متابولیسم (Kcal/kg)	450140	353333	295000

جدول (16)-ماتریکس ولیو فیتاز مواد مغذی Quantum 5000 برای مصرف در جیره غذایی مرغ تخم گذار و مرغ مادر (ساخت کشور انگلستان)-شرکت AB Vista Feed Ingredient

سطح مصرف Quantum 5000			
مواد مغذی	500 FTU/kg (100 گرم در تن)	750 FTU/kg (150 گرم در تن)	1000 FTU/kg (200 گرم در تن)
فسفر قابل دسترس (درصد)	2167	1800	1560
کلسیم (درصد)	2383	1980	1700
سدیم (درصد)	500	412	360
لیزین قابل هضم (درصد)	250	212	180
متیونین قابل هضم (درصد)	55	45	40
سیستئین قابل هضم (درصد)	495	409	356
متیونین+سیستئین قابل هضم (درصد)	550	454	396
ترئونین قابل هضم (درصد)	483	400	348
تریپتوفان قابل هضم (درصد)	283	236	204
گلیسین+سرین قابل هضم (درصد)	817	680	588
آرژنین قابل هضم (درصد)	183	152	132
والین قابل هضم (درصد)	333	278	240
ایزولوسین قابل هضم (درصد)	367	305	264
پروتئین خام (درصد)	6083	5062	4350
انرژی قابل متابولیسم (Kcal/kg)	750000	625000	540000

الهی چنان کن سر انجام کار، تو خشنود باشی و ما سر فراز
الهی چنان کن سر انجام کار، تو خشنود باشی و ما سر فراز

با آرزوی توفیق روز افزون برای تمامی دوستان فعال

در عرصه علوم دامی و دامپزشکی کشور و تولید کنندگان این صنعت بزرگ

با ارادات و احترام

دکتر کاوه جعفری خورشیدی، دکتر محمد نقوی، دکتر حسین کیهانی