

# کاربرد آنزیم‌ها در تغذیه دام و طیور

ویرایش دوم

مایکل آر. بدفورد؛ گری جی. پارتریج

ترجمه:

دکتر رضا ولی‌زاده

استاد دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر علیرضا ایوبی

طاهره عقیلی



## فهرست مطالب

پیشگفتار مترجمان	۱۳
پیشگفتار مؤلفان	۱۵
<b>فصل ۱. مقدمه: وضع موجود و پیشرفت‌های مورد نیاز</b>	۱۷
بالا بردن ارزش به کمک نوآوری	۱۷
چرا آنزیم‌ها در خوراک حیوانات استفاده می‌شوند؟	۱۷
چه نوع آنزیم‌هایی در تغذیه حیوانات استفاده می‌شوند؟	۱۸
کربوهیدرازها	۱۸
پروتئازها	۲۰
فیتازها	۲۰
توسعه بازار	۲۱
جهت‌دهی تقاضا	۲۳
جهت‌دهی قیمتی	۲۳
جوّ مقرراتی: کیفیت، سودمندی و سلامتی	۲۴
چه کسانی صاحبان آنزیم‌های خوراکی هستند؟	۲۵
روش استفاده از آنزیم‌ها در خوراک	۲۶
نگاه به آینده	۲۶
منابع	۲۷
<b>فصل ۲. زایلانازها و سلولازها به‌عنوان افزودنی‌های خوراک</b>	۲۹
مقدمه	۲۹
مواد اولیه	۳۱
ساختار عمومی سلولز و بتاگلوکان‌ها	۳۱
ساختار عمومی زایلان	۳۳
بتاگلوکان و زایلان در خوراک	۳۴

۳۶	آنزیم‌ها.....
۳۶	گروه‌های آنزیمی.....
۳۷	واحدهای متصل به کربوهیدرات.....
۳۹	سلولازها.....
۴۴	زایلانازها.....
۴۴	نگاه کلی.....
۵۱	تولید آنزیم.....
۵۱	کارخانه‌های سلولی.....
۵۵	فرایند تولید.....
۵۷	توسعه آنزیمی و روند پیش‌رو.....
۶۱	نتیجه‌گیری.....
۶۱	منابع.....

### فصل ۳. ماناناز، آلفاگالاکتوزیداز و پکتیناز..... ۷۱

۷۱	ماناناز.....
۷۱	مقدمه.....
۷۱	کاربرد صنعتی مانانازها.....
۷۲	مانانازها در حیوانات مزرعه.....
۷۳	سازوکار عمل.....
۷۵	مطالعات مربوط به جوجه‌های گوشتی.....
۸۰	مطالعات مربوط به بوقلمون.....
۸۳	مطالعات در مرغان تخم‌گذار.....
۸۴	مطالعات در خوک‌ها.....
۸۷	خلاصه.....
۸۷	آلفاگالاکتوزیداز.....
۸۷	مقدمه.....
۸۸	آلفاگالاکتوزیداز موجود در کنجاله سویا.....
۸۹	مطالعات انرژی قابل متابولیسم حقیقی.....
۹۰	مطالعات در جوجه‌های گوشتی.....
۹۱	مطالعات در خوک.....
۹۲	خلاصه.....
۹۳	پکتیناز.....

۹۳	مقدمه.....
۹۳	پکتیناز در حیوانات مزرعه‌ای.....
۹۴	مطالعات قابلیت هضم در شرایط آزمایشگاهی (برون‌تنی).....
۹۵	سنجش قابلیت هضم در شرایط درون‌تنی.....
۹۶	مطالعات مربوط به عملکرد حیوان.....
۹۷	خلاصه.....
۹۸	تشکر و سپاسگزاری.....
۹۸	منابع.....

#### فصل ۴. آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین و نشاسته: بیوشیمی، آنزیم‌شناسی

۱۰۳	و خصوصیات مرتبط با استفاده از آن‌ها در تغذیه دام.....
۱۰۳	مقدمه.....
۱۰۴	نشاسته و آنزیم‌های تجزیه‌کننده نشاسته.....
۱۰۴	نشاسته.....
۱۰۵	آنزیم‌های تجزیه‌کننده نشاسته.....
۱۰۶	پروتئین و پروتئازها.....
۱۰۷	سودمندی اضافه کردن آنزیم‌ها جهت تجزیه نشاسته در خوک و طیور.....
۱۰۸	سودمندی استفاده از پروتئازها در خوک و طیور.....
۱۱۰	سازوکار عمل آمیلاز و پروتئاز خارج سلولی.....
۱۱۲	منابع.....

#### فصل ۵. فیتاز: بیوشیمی، آنزیم‌شناسی و ویژگی‌های مرتبط با تغذیه دام.....

۱۱۵	مقدمه.....
۱۱۶	طبقه‌بندی فیتازها.....
۱۱۹	فیتازها به‌عنوان افزودنی خوراک دام.....
۱۲۱	هیدرولیز فیتات در دستگاه گوارش.....
۱۲۱	فعالیت و مقاومت PH.....
۱۲۵	مقاومت پروتئولیتیکی.....
۱۲۷	اختصاصی بودن سوبسترا و محصول نهایی دفسفوریلایون فیتات.....
۱۳۰	جایگاه عمل دفسفوریلایون فیتات.....
۱۳۲	فعالیت ویژه.....
۱۳۳	مقاومت حرارتی.....

۱۳۴.....	فیتازهای با ویژگی مطلوب به منظور کاربردهای تغذیه‌ای
۱۳۴.....	ارزیابی‌ها برای یافتن فیتازهایی با ویژگی‌های مطلوب تر برای برنامه‌های تغذیه‌ای
۱۳۵.....	مهندسی فیتازها به منظور بهینه‌سازی خصوصیات کاتالیتیکی و مقاومتی آنها
۱۳۸.....	سیستم تولید فیتاز
۱۳۹.....	خلاصه و راهکارهای آینده
۱۴۰.....	منابع

### فصل ۶. تأثیر شرایط دستگاه گوارش، فراوری و ترکیبات خوراک

۱۴۹.....	بر پاسخ به آنزیم‌های پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای
۱۴۹.....	مقدمه
۱۵۰.....	تأثیر شرایط دستگاه گوارش بر اثرات آنزیم‌ها
۱۵۱.....	طیور
۱۶۰.....	خوک‌ها
۱۶۵.....	نتیجه‌گیری
۱۶۵.....	عامل ترکیبات خوراک
۱۶۵.....	اثرات ترکیبات تغییردهنده PH در دستگاه گوارش
۱۶۷.....	تغییر در غلات مؤثر در واکنش به آنزیم
۱۶۹.....	نتیجه‌گیری
۱۷۰.....	تأثیر فراوری بر اثرات آنزیم‌ها
۱۷۴.....	نتیجه‌گیری کلی
۱۷۴.....	منابع

### فصل ۷. فیتات و فیتاز

۱۸۳.....	مقدمه
۱۸۳.....	سوبسترا: فیتات
۱۸۵.....	غلظت فیتات در مواد خوراکی
۱۸۷.....	اهمیت زیست‌محیطی فیتات
۱۸۷.....	اهمیت تغذیه‌ای فیتات
۱۸۸.....	حذف فیتات
۱۹۰.....	تعیین غلظت فیتات
۱۹۰.....	آنزیم فیتاز
۱۹۰.....	منابع فیتاز

۱۹۲.....	دفسفوریلایون آنزیمی فیتات در خوگ و طیور .....
۱۹۴.....	تعادل کلسیمی و فسفری فیتاز.....
۱۹۴.....	تعادل فسفر.....
۱۹۵.....	تعادل کلسیم.....
۱۹۶.....	آزادسازی فسفر و کلسیم.....
۱۹۷.....	اثر پروتئینی فیتات و فیتاز.....
۱۹۸.....	ارزیابی قابلیت هضم اسید آمینه‌ای فیتاز در جوجه گوشتی.....
۱۹۸.....	اثر فیتات بر قابلیت هضم پروتئین/اسید آمینه.....
۲۰۳.....	ارزیابی قابلیت هضم اسید آمینه‌ای فیتازهای میکروبی در خوگ.....
۲۰۸.....	عوامل مؤثر بر تشکیل کمپلکس پروتئین - فیتات.....
۲۱۰.....	تأثیر فیتاز بر انرژی.....
۲۱۲.....	عوامل مؤثر بر عملکرد فیتاز.....
۲۱۳.....	کلسیم.....
۲۱۵.....	فسفر.....
۲۱۶.....	فراوری خوراک.....
۲۱۷.....	سایر آنزیم‌ها.....
۲۱۸.....	منابع انرژی و چربی‌های اضافه‌شده.....
۲۱۹.....	نتیجه‌گیری.....
۲۲۰.....	منابع.....
۲۳۱.....	<b>فصل ۸. پیشرفت‌ها در استفاده از آنزیم در نشخوارکنندگان.....</b>
۲۳۱.....	مقدمه.....
۲۳۱.....	دلیل استفاده از آنزیم‌های خوراکی در تغذیه نشخوارکنندگان.....
۲۳۲.....	شیوه عمل پیشنهادشده.....
۲۳۴.....	پاسخ حیوانات به مکمل آنزیمی.....
۲۳۷.....	فرمولاسیون آنزیمی.....
۲۳۷.....	فعالیت‌های آنزیمی مربوط به هضم فیبر.....
۲۳۸.....	فعالیت‌های کلیدی موردنیاز در افزودنی‌های آنزیمی خوراک دام.....
۲۴۰.....	سایر فعالیت‌ها.....
۲۴۵.....	پیش‌بینی مزایای روش‌های تولید آنزیم در نشخوارکنندگان.....
۲۴۵.....	انتخاب افزودنی‌های آنزیمی پایه در بررسی‌های آزمایشگاهی.....
۲۴۶.....	استفاده از آنزیم‌ها در جیره نشخوارکنندگان.....

۲۴۸.....	فرمولاسیون جیره.....
۲۴۹.....	نتیجه‌گیری.....
۲۵۰.....	منابع.....
<b>فصل ۹. سایر کاربردهای آنزیم در صنعت خوراک دام.....</b>	
۲۵۵.....	مقدمه.....
۲۵۵.....	تولید اتانول زیستی و پیامدهای استفاده از آنزیم‌های برون‌زاد.....
۲۵۶.....	استفاده از آنزیم در فرایند تولید اتانول.....
۲۵۷.....	زیست‌فراهمی مواد مغذی در محصولات تولیدشده در فرایند تولید اتانول زیستی.....
۲۶۰.....	اثر آنزیم‌های برون‌زاد بر ارزش غذایی محصولات اتانول زیستی.....
۲۶۰.....	دگرگونی زیستی مایکوتوکسین‌ها.....
۲۶۲.....	مطالعات آزمایشگاهی.....
۲۶۳.....	مطالعات حیوانی (IN VIVO).....
۲۶۳.....	استراتژی‌های بالقوه دیگر.....
۲۶۳.....	تولید خوراک با ارزش غذایی بالا.....
۲۶۴.....	فیتات‌زدایی خوراک.....
۲۶۴.....	آماده‌سازی ترکیبات قبل از تولید خوراک.....
۲۶۵.....	آماده‌سازی سریع.....
۲۶۵.....	بهبود قابلیت هضم منابع پروتئینی مورد استفاده در صنعت دام.....
۲۶۷.....	سایر کاربردها.....
۲۶۸.....	منابع.....
<b>فصل ۱۰. مقاومت حرارتی آنزیم‌های خوراک و کاربرد عملی آن‌ها در کارخانه خوراک دام.....</b>	
۲۷۳.....	مقدمه: چالش‌های فراوری خوراک برای آنزیم‌ها.....
۲۷۴.....	عمل آوری.....
۲۷۵.....	تولید پلت.....
۲۷۶.....	کاربرد محصولات آنزیمی مایع.....
۲۷۷.....	کاربرد محصولات آنزیمی خشک.....
۲۸۰.....	بررسی افزودن آنزیم‌ها در کارخانه‌های تولید خوراک.....
۲۸۲.....	نتیجه‌گیری.....
۲۸۲.....	منابع.....

**فصل ۱۱. تجزیه و تحلیل آنزیم‌ها، اصول و مشکلات: تحولات در تجزیه و تحلیل آنزیم‌ها**..... ۲۸۵

مقدمه ..... ۲۸۵

اصول تجزیه و تحلیل فعالیت آنزیم‌های مورد استفاده در صنعت خوراک دام ..... ۲۸۶

مراحل قبل از سنجش برای جلوگیری از تکرارپذیری‌های تحلیلی ..... ۲۸۸

ملاحظات تحلیلی در مخلوط‌های ویتامین و مواد معدنی ..... ۲۸۹

تجزیه و تحلیل فعالیت‌های آنزیمی گیاهی ..... ۲۹۰

پیشرفت‌ها در اندازه‌گیری فیتاز خوراک ..... ۲۹۱

غلبه بر مشکل مهارکننده‌های زایلناز در تجزیه و تحلیل خوراک دام ..... ۲۹۳

منابع ..... ۲۹۴

**فصل ۱۲. تجزیه کامل (هلوآنالیز) اطلاعات مرتبط با سودمندی آنزیم‌های**

**برون تنی بر عملکرد دام‌های مزرعه**..... ۲۹۷

مقدمه ..... ۲۹۷

تجزیه کامل اطلاعات ..... ۲۹۹

جوجه‌های گوشتی ..... ۳۰۱

مرغ تخم‌گذار ..... ۳۰۷

خوک‌ها ..... ۳۰۸

نشخوارکنندگان ..... ۳۱۱

گاوهای گوشتی ..... ۳۱۶

گاوهای شیری ..... ۳۱۷

نظر کلی ..... ۳۲۳

استفاده و کاربردهای تجزیه هلوآنالیز ..... ۳۲۳

تحقیقات بیشتر ..... ۳۲۶

نتیجه‌گیری ..... ۳۲۶

منابع ..... ۳۲۷

**فصل ۱۳. آینده تغذیه آنزیم‌ها: آینده روشن یا میدان مین مقررات**..... ۳۲۹

مقدمه ..... ۳۲۹

بازارهای اولیه ..... ۳۳۰

تولیدات ..... ۳۳۰

جو مقرراتی ..... ۳۳۰

نیمه عمر ..... ۳۳۱

۳۳۱	..... تولیدات
۳۳۲	..... جوّ مقرّاتی
۳۳۳	..... سال ۲۰۰۰ تا کنون
۳۳۳	..... تولیدات
۳۳۴	..... جوّ مقرّاتی
۳۳۵	..... آینده
۳۳۵	..... تولیدات
۳۳۵	..... جوّ مقرّاتی
۳۳۹	..... نمایه

## پیشگفتار مترجمان

شناخت و طرز عمل آنزیم‌ها از یک سابقه نسبتاً طولانی برخوردار است و بیشتر در مباحث بیوشیمی و متابولیسم ارگانسیم‌های زنده به‌عنوان کاتالیزورهای فوق‌العاده مؤثر بیولوژیکی مورد مطالعه و تحقیق گسترده قرار گرفته است. امروزه مشخص شده است که آنزیم‌ها در غلظت‌های اندک و در شرایط دمایی، غلظت هیدروژن و مواد مغذی معین اجازه انجام واکنش‌هایی را در سلول‌ها می‌دهند که در شرایط دیگر یا انجام نمی‌شوند و یا به‌سادگی اتفاق نمی‌افتند. در دهه‌های اخیر، ضرورت و ارتباطات نزدیک بین آنزیم‌ها و برخی بیماری‌های متابولیکی رایج انسان و دام‌ها از یک طرف و امکان تولید تجاری این کاتالیزورهای مهم از طرف دیگر باعث شده است تا به جنبه‌های کاربردی، دارویی و تولید صنعتی این مواد توجه ویژه شود. مؤلفان اصلی کتاب در مقدمه خود اشاره کرده‌اند که بیشترین دلیل استفاده از آنزیم‌ها افزایش فراهمی مواد مغذی و بهبود کیفیت آن‌ها و جلوگیری از هدررفت مواد قابل‌استفاده دام و طیور است و توقیقات زیادی هم در این زمینه حاصل شده و در آینده نیز بدون‌شک این تأثیرگذاری بیشتر و نافذتر با هزینه به‌مراتب کمتر انجام خواهد شد.

از آنجایی که غالب آنزیم‌ها اختصاصی هستند و به شرایط کاملاً کنترل‌شده‌ای جهت تولید نیاز دارند، باوجود گذشت چندین دهه از تولید صنعتی آن‌ها همچنان از هزینه تولید بالایی برخوردارند. بدیهی است که استفاده تجاری از آن‌ها نیز نیازمند دانش و تخصص لازم و شناخت ماهیت عمل و اثرات آن‌ها می‌باشد. بیشتر آنزیم‌های تولیدی در تغذیه تک‌معه‌ای‌ها به کار رفته‌اند، هرچند استفاده از آن‌ها در تغذیه سایر دام‌ها و حیوانات نیز با سرعت زیاد در حال گسترش است.

پیچیدگی تولید و عمل آنزیم‌ها در سطح صنعتی و تغذیه دام و طیور و نو بودن زمینه فعالیت باعث شده است که کتاب‌های علمی اندکی در مقایسه با دانش منتشرشده برای سایر مواد مغذی در دنیا نوشته شود. این کتاب در نوع خود از کتاب‌های کم‌نظیر در زمینه کاربرد آنزیم‌ها در تغذیه دام و طیور است و بیشتر به جنبه‌های کاربردی و مقرراتی مرتبط با مصرف این مواد پرداخته است. کتاب حاضر مجموعه‌ای ارزشمند، هم از حیث محتوای علمی و دانش پایه‌ای آنزیم‌ها و هم از نظر توجه به جنبه‌های کاربردی اثری ارزشمند

برای تمامی متخصصان، کارشناسان، دانشجویان و نیز متصدیان علوم زیستی اعم از کشاورزی، علوم دامی، دام‌پزشکی، زیست‌شناسی، پزشکی، بیوشیمی، داروسازی و... است. امید که مترجمان توانسته باشند با ترجمه این اثر، کمبود منابع فارسی را در زمینه کاربرد آنزیم‌ها در صنعت دام و طیور کشور تا اندازه‌ای مرتفع کرده باشند.

ترجمه و چاپ این کتاب بدون حمایت مالی، اداری، سیستمی و خدماتی دانشگاه فردوسی مشهد امکان‌پذیر نبود. بنابراین بر خود فرض می‌دانیم که از تمامی همکاران ارجمند در گروه علوم دامی، معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی، معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه، مدیریت و کارشناسان حوزه نشر دانشگاه فردوسی مشهد صمیمانه تقدیر و تشکر نماییم.

## پیشگفتار مؤلفان

از زمان انتشار اولین چاپ این کتاب در سال ۲۰۰۱ تاکنون پیشرفت‌های قابل توجهی در صنعت آنزیم‌های خوراکی، چون وضعیت بازار تجاری و درک ما از نحوه عمل آنزیم‌ها صورت گرفته است. با توجه به چنین تغییرات سریعی لازم شد تا بیشتر درباره مطالب ارائه شده در اولین چاپ کتاب تجدیدنظر شود. در چاپ اول، به اصول و مبانی بازار آنزیم‌ها و دانش مرتبط اشاره شده بود، اما در این چاپ بیشتر به گزارش‌های کاربردی پرداخته شده است. عمده توجه به گسترش سریع استفاده از آنزیم‌های فیتاز و پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای (NSP)<sup>۱</sup> معطوف شده است. ارزش اقتصادی کنونی بازار آنزیم‌ها نسبت به اوایل دهه ۲۰۰۰ تقریباً ۴ برابر رشد پیدا کرده است، اما گونه‌های آنزیم‌های مورد استفاده تقریباً مشابه باقی مانده است. بیشترین فروش آنزیم‌ها در حوزه پرورش طیور و سپس خوک بوده و بازار مصرف آنزیم‌ها در نشخوارکنندگان محدود باقی مانده است. کاربرد آنزیم‌ها در تغذیه آبزیان و حیوانات خانگی هنوز متداول نشده است. ورود فیتاز در تغذیه طیور و خوک نسبتاً بالا است، اما استفاده از آنزیم‌های پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای (NSP) پتانسیل رشد قابل توجهی به‌ویژه در خوک دارد. بیشتر پیشرفت‌هایی که در بازار آنزیم‌ها صورت گرفته است، مربوط به کاهش هزینه مصرف آنزیم‌های خوراکی بوده و در چاپ اول این کتاب نیز پیش‌بینی شده بود. هرچند این پیش‌بینی در تغییر معنی دار قیمت مواد خوراکی انجام نشده بود، اما تغییر قیمت این مواد باعث شد تا بسیاری از کارخانجات خوراک دام به دنبال روش‌هایی باشند تا بتوانند با استفاده از آنزیم‌ها مواد خام ارزان‌تری را در جیره‌ها به کار ببرند و مصرف موادی چون ذرت، سویا و فسفات معدنی را که از اواخر سال ۲۰۰۷ افزایش قیمت قابل توجه یافتند، کاهش دهند.

تحقیقات در زمینه نحوه عمل آنزیم‌های خوراکی پیوسته ادامه یافته است. این موضوع، به‌خصوص در رابطه با فیتازها صادق است. به این صورت که منافع ارزشمند کاربرد این آنزیم فقط آزادسازی فسفر نیست، بلکه موجب تخریب اسیدفایتیک هم می‌شود که در منابع علمی به‌عنوان یک ماده ضدتغذیه‌ای گزارش

---

1. Non-Starch Polysaccharide

شده است. به همین ترتیب، درک بهتر از عمل آنزیم‌های خوراکی و ارتباط آن با فیزیولوژی دستگاه گوارش تأثیر مثبتی بر مصرف آنزیم‌های خوراکی داشته است. در عین حال، در عمل عوامل زیادی در عکس‌العمل دام‌ها به مصرف آنزیم‌های خوراکی تأثیرگذارند و باید مورد توجه قرار گیرند تا استفاده از این مواد از جنبه‌های سلیقه‌ای و موردی بر پایه‌های علمی استوار شود که به‌عنوان یک معضل در چاپ اول به آن اشاره شده بود. روشن است که هنوز هم باید در خصوص استفاده مطلوب‌تر از آنزیم‌ها راه زیادی را طی کرد. کاربرد بیش از یک آنزیم در جیره مورد بحث و گفت‌وگو قرار گرفته است، اما درباره اینکه آیا این آنزیم‌ها اثرات همسو و افزایشی دارند یا ممکن است مختل‌کننده فعالیت و اثرات مثبت یکدیگر باشند، باید بیشتر تحقیق شود. تنظیم جیره‌هایی با قیمت معقول و اقتصادی همراه با آنزیم‌ها از مهم‌ترین اموری هستند که باید در دهه آینده مورد توجه قرار گیرند.

## مقدمه: وضع موجود و پیشرفت‌های مورد نیاز

آ. بارلنا

### بالا بردن ارزش به کمک نوآوری

مصرف آنزیم‌ها به مصرف‌کنندگان برای دسترسی به خوراک سالم، باکیفیت و قابل دسترس کمک می‌کند. از اواخر دهه ۱۹۸۰ مصرف آنزیم‌ها نقش مهمی در کمک به بهبود عملکرد تولید گوشت و تخم مرغ با تغییر نحوه مصرف مواد غذایی داشته است. آنزیم‌ها با هدف قراردادن مواد ضد تغذیه‌ای در جیره غذایی، به دام‌ها اجازه می‌دهند تا مواد غذایی بیشتری را جذب کنند و عملکرد تولید خود را افزایش دهند. آنزیم‌ها همچنین به تولیدکنندگان خوراک اجازه می‌دهند تا در نوع مواد خام استفاده شده در جیره نویسی انعطاف بیشتری داشته باشند. علاوه بر این، مصرف آنزیم‌ها نقشی کلیدی در محیط زیست از طریق کاهش تولید فضولات حیوانی دارد.

### چرا آنزیم‌ها در خوراک حیوانات استفاده می‌شوند؟

همه حیوانات از آنزیم‌ها برای هضم غذا استفاده می‌کنند. این آنزیم‌ها می‌توانند توسط خود حیوانات و یا توسط میکروب‌های موجود در لوله گوارش تولید شوند. فرایند هضم در حیوانات ۱۰۰ درصد مؤثر نیست. به عنوان مثال، خوک‌ها و طیور نمی‌توانند ۱۵ تا ۲۵ درصد از غذای مصرفی را هضم کنند. این وضعیت یا به علت وجود فاکتورهای ضد تغذیه‌ای غیر قابل هضمی است که در هضم غذا اختلال ایجاد می‌کند و یا ممکن است به دلیل کمبود آنزیم‌های خاص حیوان که بعضی مواد غذایی را تجزیه می‌کنند، باشد.

در سیستم تولیدی بسیاری از حیوانات، بیشترین هزینه به تغذیه مربوط است و سودمندی حیوانات مزرعه به هزینه نسبی و ارزش مواد غذایی موجود در خوراک بستگی دارد. اگر خوراک‌ها به‌طور مؤثر توسط حیوانات هضم نشوند، می‌توانند برای تولیدکننده و محیط‌زیست هزینه‌بر باشند. افزودن آنزیم‌ها به خوراک، سبب بهبود ارزش غذایی خوراک و افزایش کارآمدی هضم می‌شود. مصرف آنزیم‌ها سبب شکستن بعضی فاکتورهای ضدتغذیه‌ای (به‌عنوان مثال فیبر و فسفات) بسیاری از خوراک‌ها می‌شود. فاکتورهای ضدتغذیه‌ای به‌عنوان یک مانع در قابلیت هضم، سبب کاهش تولید گوشت و تخم‌مرغ، بازده پایین خوراک و همچنین بی‌نظمی در قابلیت هضم می‌شوند. آنزیم‌ها جهت افزایش قابلیت دسترسی به نشاسته، پروتئین‌ها، آمینواسیدها و مواد معدنی مانند فسفات و کلسیم موجود در ترکیبات غذایی استفاده می‌شوند. علاوه‌براین، آنزیم‌ها می‌توانند به‌عنوان مکمل آنزیمی در تغذیه حیوانات جوان استفاده شوند؛ زیرا در سیستم هضمی نابالغ ممکن است تولید آنزیم کافی نباشد. آنزیم‌ها ترکیبات پروتئینی هستند که ممکن است هضم یا دفع شوند و یا در گوشت و تخم‌مرغ باقی بمانند.

#### فواید آنزیم‌های خوراکی عبارت‌اند از:

- بهبود بازده و کاهش هزینه از طریق شکستن ترکیبات ضدتغذیه‌ای که باعث افزایش قابلیت هضم خوراک و در نتیجه افزایش تولید حیوانات به‌ازای هر کیلوگرم خوراک مصرفی می‌شود.
- کاهش آلودگی محیط‌زیست به‌دلیل بهبود قابلیت هضم و جذب مواد غذایی، کاهش حجم کود تولیدشده و دفع کمتر فسفات و نیتروژن.
- افزایش سازگاری از طریق کاهش تنوع تغذیه‌ای در ترکیبات خوراک که علاوه‌بر بهبود سازگاری، سبب افزایش یکنواختی رشد و تولید در حیوانات می‌شود.
- کمک به سلامت لوله گوارش، به‌واسطه بهبود قابلیت هضم مواد غذایی و کاهش دسترسی به مواد غذایی که سبب رشد باکتری‌های بیماری‌زا می‌شود.

### چه نوع آنزیم‌هایی در تغذیه حیوانات استفاده می‌شوند؟

آنزیم‌ها براساس ترکیباتی که بر آنها اثر می‌گذارند، تقسیم‌بندی می‌شوند. در تغذیه حیوانات آنزیم‌هایی به‌کار می‌روند که سبب شکستن فیبر، پروتئین‌ها، نشاسته و فیتات می‌شوند.

#### کربوهیدرات‌ها

کربوهیدرات‌ها سبب شکستن کربوهیدرات‌ها به قندهای ساده‌تر می‌شوند. در تغذیه حیوانات، کربوهیدرات‌ها به دو نوع کربوهیدرات نشاسته‌ای و غیرنشاسته‌ای تقسیم می‌شوند.