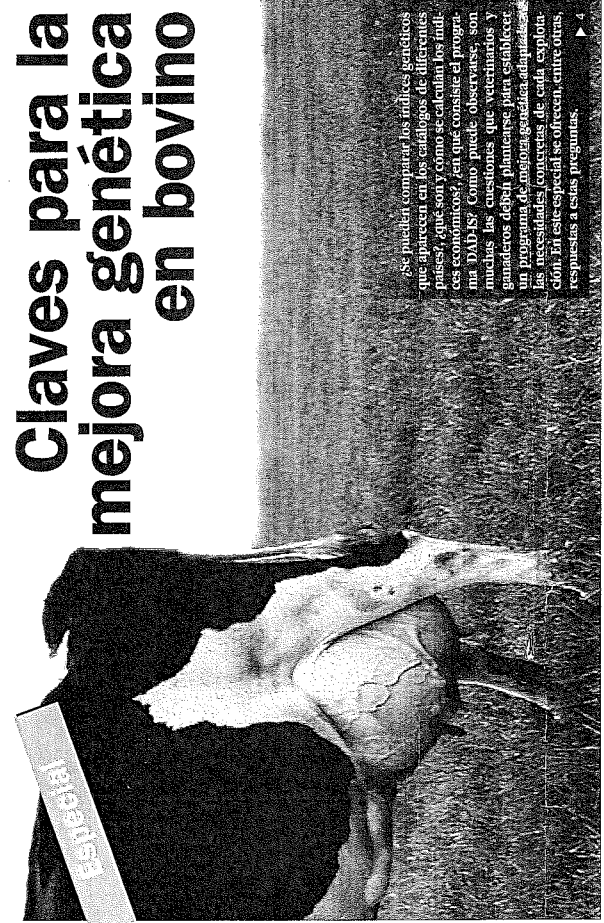



Sumario

- ▶ **3** Presente y futuro del ganado vacuno lechero
- ▶ **4** Especial Genética Bovina
 - Interbull
 - Índices económicos en vacuno de leche
 - Concebir y conservar el genoma bovino
 - Claves para la mejora genética rentable en ganado lechero
- ▶ **14** Análisis de índices reproductivos bovinos (I). Base económica
- ▶ **16** Paratuberculosis bovina (I)
- ▶ **18** Caída de las reses de lidia
- ▶ **22** Adenocarcinoma pulmonar ovino
- ▶ **24** Guía nutricional para el caballo enfermo
- ▶ **26** Cojeras en caballos (y II)
- ▶ **28** www.solomamitis.com
- ▶ **34** Inmunomarcaje
- ▶ **36** Aplicaciones de la genómica porcina
- ▶ **42** Asignación de recursos en animales de alta producción
- ▶ **46** Desear enzimas en nutrición
 - Activas enzimáticas en los rumiantes
 - Entrevista a M. D. Lindemann
 - Entrevista a Joaquín Brufau
 - Investigaciones
- ▶ **54** Aromatizantes y saborizantes
- ▶ **56** Nuevas tendencias en la formulación de piensos para porcino
- ▶ **Secciones**
 - Noticias 7, 9, 13, 20, 33, 39, 40, 41 y 45
 - Agenda 13, 17, 25 y 35
 - Novidades comerciales y efímeras 44



Claves para la mejora genética en bovino

Se pueden comparar los índices genéticos que aparecen en los catálogos de diferentes países, que son y como se calculan los índices económicos, en que consiste el programa DADIS? Como puede observarse, son muchas las cuestiones que veterinarios y ganaderos deben plantearse para establecer un programa de mejoragenética adecuada a las necesidades concretas de cada explotación. En este especial se ofrecen, entre otras, respuestas a estas preguntas. ▶ 4




lanza

BIO DECTIN

Página 20

Salmonella en porcino



A abordar la salmonelosis en relación a su implicación en la seguridad alimentaria implica el control de portadores subclínicos, pueden ser la fuente inicial de entrada de la infección al manido por no manifestar sintomatología aparente. ▶ 30

Enzimas en nutrición animal

DOSSIER



Nutrición

Aunque actualmente solo el 10% de los piensos incorporan enzimas, el empleo de estos aditivos tiene unas enormes perspectivas de futuro en alimentación animal. La venta de los extractos enzimáticos como complemento nutricional se ha multiplicado casi por 15 en los diez últimos años y la previsión es que su utilización se incrementará. ▶ 46

Grasas vegetales

con
denominación
de Origen Protegida



MAPA

Veterinarios

Aditivos enzimáticos en la alimentación de los rumiantes

En los 10 últimos años y a nivel mundial, la venta de los extractos enzimáticos para alimentación animal se ha multiplicado casi por 15, pasando de 12 millones de euros en 1990 a 175 millones en el año 2000. Esto da idea de las grandes perspectivas de futuro que ofrecen. Previsiblemente su utilización se incrementará aún más en los próximos años, teniendo en cuenta que, actualmente, sólo el 10% de los piensos incorporan estos aditivos.

Secundino López² y Francisco Javier Giráldez²

¹ Profesor Titular de Universidad
Departamento de Producción Animal
Universidad de León. 24071 León
Tel. 987 291 291. Fax 987 291 311.
e-mail: DP1SLP@unileon.es
Científico Agrícola del C.S.I.C.
Estación Agrícola Experimental (E.A.E.).
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Apartado de Correos 788. 24080 León

Introducción

Los aditivos enzimáticos son extractos que se obtienen a partir de cultivos microbianos y que se utilizan, en pequeñas dosis (0,01-1% de la ración), en la alimentación animal. Se emplean con la finalidad de que las enzimas que contienen actúen sobre alguno de los componentes químicos de los alimentos y mejoren la digestibilidad de la ración y, en consecuencia, el rendimiento productivo de los animales.

Los aditivos enzimáticos han sido ampliamente utilizados durante la última década en los piensos de aves (broilers) y de cerdos. Las enzimas contenidas en estos aditivos pueden hidrolizar moléculas del alimento que no pueden ser digeridas por las enzimas producidas por el propio animal. Este es el caso de algunos carbohidratos no estructurales que forman parte de la fracción fibra de los alimentos y que están presentes en algunos cereales, como las β -glucanas en la cebada o las arabinosilanas en el trigo. La adición de β -glucanasas y de xilanasas de origen microbiano a los piensos formulados con estas materias primas permite la digestión parcial de estos carbohidratos, mejorando considerablemente el valor nutritivo de las mismas.

Estos productos pueden mejorar el rendimiento productivo de los animales, pero la magnitud de la respuesta depende de numerosos factores, como el tipo y dosis de aditivo utilizado, estabilidad y actividad enzimática del preparado, el método de aplicación y la ración que recibe el animal.

En la alimentación de los monogástricos también se ha extendido la utilización de otras enzimas, como las fitasas, que hidrolizan los fitatos contenidos en los alimentos de origen vegetal, aumentando la disponibilidad del fósforo y reduciendo la excreción de este elemento mineral potencialmente contaminante. De esta forma la utilización de las fitasas tiene un doble beneficio: mejora el aporte de fósforo para el animal y contribuye a reducir los efectos adversos de las excre-

ciones de los animales sobre el medio ambiente.

Las enzimas también han sido utilizadas en las últimas décadas como aditivos para el ensilado de algunos forrajes. Las enzimas hidrolizan algunos polisacáridos liberando azúcares que al fermentar facilitan el proceso del ensilado, mejorando la calidad del forraje conservado.

Los extractos enzimáticos se han utilizado en menor medida como aditivos en la alimentación de los animales rumiantes. Al inicio de la década de los sesenta se realizaron los primeros ensayos experimentales, obteniéndose resultados muy prometedores. Sin embargo, los aditivos utilizados eran demasiado caros para poder ser utilizados en condiciones prácticas. Además, en muchos casos no fue posible conseguir que la adición de enzimas diese lugar a aumentos significativos de la productividad de los animales. Por este motivo, la mayoría de los productores se decantaron por el uso de otros aditivos, como los antibióticos, por ser más eficaces en cuanto a su efecto sobre el rendimiento productivo de los animales. No obstante, la reciente prohibición del uso de los antibióticos como aditivos en los piensos de los animales impuesta por la Unión Europea ha hecho que se replantee la utilización de los aditivos enzimáticos.

Para comprender las perspectivas de futuro de los extractos enzimáticos como aditivos en alimentación animal, puede ser de gran utilidad saber que en los 10 últimos años la venta de éstos a nivel mundial se ha multiplicado casi por 15, pasando de 12 millones de euros en 1990 a 175 millones en el año 2000. Previsiblemente su utilización se incrementará aún más en los próximos años, si tenemos en cuenta que en este momento únicamente el 10% de los piensos incorporan estos aditivos.

Características de los aditivos enzimáticos

Los aditivos enzimáticos más utilizados se obtienen en procesos de fermentación a partir de cultivos, a escala industrial, de diversos microorganismos. Los microorganismos más utilizados en la obtención de extractos enzimáticos han sido las bacterias *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *L. plantarum* y *Streptococcus faecium*, y los hongos y levaduras de las especies *Aspergillus oryzae*, *Trichoderma reesei*, *Trichoderma viridae*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Humicola insolens* y *Thermomyces anuginosus*. También se han utilizado otras especies del género *Aspergillus spp.* La mayoría de los aditivos enzimáticos utilizados en la actualidad en la alimentación de los rumiantes se obtienen de cultivos de *Trichoderma longibrachiatum*.

Los procesos de obtención de los aditivos enzimáticos han sido notablemente mejorados en los últimos años, por lo que en este momento es posible obtener preparados comerciales bien tipificados en los que se garantiza un mínimo de la actividad enzimática. Dicha actividad puede medirse en laboratorio mediante técnicas bioquímicas bien estandarizadas. No obstante, es importante advertir que el aislamiento y purificación de las enzimas a partir de los extractos microbianos son procesos demasiado caros y por ello los preparados

enzimáticos que se comercializan no son completamente puros sino que están compuestos por diversas enzimas con diferente actividad.

En los aditivos enzimáticos utilizados en la alimentación de los rumiantes predominan las actividades celulasa y xilanasas, es decir, capaces de hidrolizar los carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosas) que forman parte de la pared celular vegetal. Como estos carbohidratos forman parte de la fracción fibra de los alimentos, estas enzimas han sido denominadas genéricamente como enzimas fibrolíticas. Sin embargo, dependiendo fundamentalmente de la especie microbiana a partir de la que se obtienen estos aditivos pueden contener enzimas capaces de actuar sobre una amplia variedad de sustratos, además de carbohidratos estructurales (tabla 1).

Tabla 1.- Actividades enzimáticas en extractos obtenidos a partir de distintas especies de microorganismos.

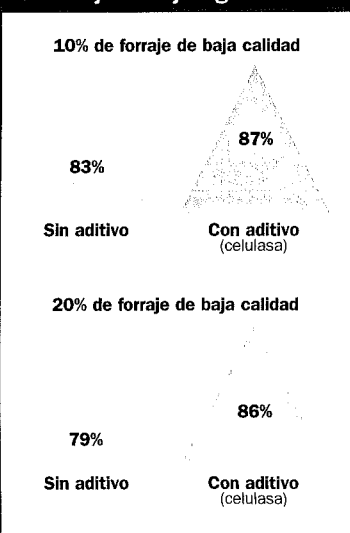
Microorganismo	Actividad enzimática
<i>Aspergillus spp.</i>	α -amilasa
	β -glucanasa
	Celulasa
	Fitasa
	Proteasa
<i>Bacillus subtilis</i>	α -amilasa
	Fitasa
<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	Xilanasas
	β -glucanasa
<i>Trichoderma viridae</i>	Proteasa
<i>Trichoderma reesei</i>	Celulasa
	α -galactosidasa
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	β -glucanasa
<i>Humicola insolens</i>	β -glucanasa

A la hora de elegir un aditivo enzimático debe tenerse en cuenta que una de las principales características de las enzimas es su alta especificidad por el sustrato sobre el que actúan. Así, si se trata de raciones con una elevada proporción de forraje y se desea mejorar la digestibilidad de éste deberán emplearse enzimas fibrolíticas, que actúan sobre los carbohidratos estructurales (fracción fibra de los alimentos). Por el contrario, si la ración tiene una elevada proporción de cereales y se pretende aumentar su digestibilidad, tendremos que utilizar enzimas amilasas.

La eficacia de estos aditivos aumenta cuando se aplican en forma de una disolución acuosa que se pulveriza sobre la ración que recibe el animal. Es mucho menor si el extracto seco se mezcla sin más con el alimento.

Es oportuno señalar que los microorganismos del rumen producen suficientes enzimas para degradar los carbohidratos estructurales y no estructurales de los alimentos. Por este motivo, en muchos casos lo importante no es que el aditivo enzimático sea capaz de hidrolizar estos carbohidratos, sino más bien que elimine las barreras que impiden el acceso de las enzimas ruminales a su sustrato. En este sentido, las amilasas hidrolizan directamente el almidón, pero en algunos casos lo que limita la degradación ruminal del almidón es la presencia de proteínas que limitan el acceso de las amilasas a los gránulos de almidón. Por ello, conviene que el aditivo enzimático contenga también proteasas, que hidrolizarán estas moléculas,

Figura 1. Efecto de la adición de enzimas (celulasa) sobre la digestibilidad de raciones para vacas lecheras en las que se incluyen distintas proporciones de un forraje de baja digestibilidad.



facilitando el acceso al almidón. De la misma forma, la degradación de los carbohidratos estructurales está limitada por la presencia de lignina que representa una barrera física que impide la unión entre las enzimas microbianas y los polisacáridos de la pared celular vegetal. Esta barrera física se puede debilitar notablemente mediante la acción de enzimas estereras, que rompen los enlaces que se establecen entre la lignina y las hemicelulosas en la pared celular vegetal.

Mecanismos de acción de las enzimas

En animales rumiantes se ha observado que la adición de enzimas puede aumentar la digestibilidad de los alimentos (figura 1), aunque existen dudas sobre cómo actúan los aditivos enzimáticos para producir este efecto. En este sentido, se han sugerido varios mecanismos de acción posibles, ya que las enzimas podrían actuar a varios niveles:

A) Las enzimas podrían actuar inmediatamente después de ser aplicadas sobre el alimento, es decir, antes de ser consumido por el animal. Así:

1) Provocarían una "pre-digestión" de los alimentos, hidrolizando algunas moléculas para formar nutrientes sencillos que pueden ser directamente asimilados para el animal o fermentados por los microorganismos del rumen.

2) Romperían algunos enlaces químicos entre distintas moléculas y alterarían la estructura de la pared celular vegetal lo que facilitaría su degradación posterior por las enzimas microbianas presentes en el rumen.

B) La digestión de algunos nutrientes en el rumen no es completa porque los microorganismos del rumen no llegan a producir todas las enzimas necesarias en cantidades suficientes, porque las enzimas no pueden actuar sobre sus sustratos o porque las condiciones del rumen no son las óptimas para que la actividad de las enzimas sea máxima. Las enzimas podrían intervenir en los procesos de degradación e hidrólisis que tienen lugar en el rumen mediante diversos mecanismos:

1) Al llegar al rumen, las enzimas del aditivo actuarían directamente sobre su sustrato específico, hidrolizando las macromoléculas y liberando moléculas sencillas que pueden ser fermentadas intracelularmente por los microorganismos.

2) Actuando sinérgicamente con las enzimas producidas por los microorganismos del rumen, de forma que la actividad de las enzimas rumina-

se le potencia en presencia de las enzimas aportadas con el aditivo.

3) Aportando actividades enzimáticas "críticas", hidrolizando determinados compuestos y enlaces químicos que limitan el ataque de las enzimas producidas por los microorganismos del rumen.

4) Estimulando el crecimiento microbiano aumentando la concentración de microorganismos en el líquido ruminal. Se ha especulado sobre si los aditivos enzimáticos pueden aportar "factores intrínsecos" desconocidos que estimulen el crecimiento y la actividad de los microorganismos ruminales. Además, se ha sugerido que pueden contener agentes emulsionantes y surfactantes que pueden modificar la fermentación ruminal.

Los nuevos aditivos son bastante resistentes a la degradación ruminal y permanecen estables y activos durante un tiempo suficiente.

5) Facilitando la colonización y adherencia de los microorganismos a las partículas de alimento, lo que favorecería la degradación de los alimentos.

6) Actuando en situaciones en las que las enzimas ruminales no son activas. Las condiciones para que la actividad enzimática sea óptima son distintas en unas u otras enzimas. Cuando el pH ruminal desciende como consecuencia de una rápida fermentación de carbohidratos no estructurales, las celulosas y hemicelulosas de los microorganismos ruminales dejan de actuar, ya que su actividad se inhibe a medida que el pH desciende por debajo de seis. Sin embargo, algunas enzimas exógenas son todavía activas por debajo de ese pH. Por tanto, los aditivos enzimáticos pueden mejorar considerablemente la digestión de los carbohidratos estructurales cuando los animales consumen raciones ricas en cereales.

7) Provocan un aumento de la degradabilidad ruminal de la proteína, así como de la síntesis de proteína microbiana en el rumen al ser mayor la disponibilidad de energía (materia orgánica fermentable) y de nitrógeno para los microorganismos. Ambos efectos se contrarrestan de forma que no hay cambios en la cantidad de proteína digestible en el intestino.

8) En el caso de que las enzimas permanecieran activas, sus efectos se prolongarían una vez que la digesta llega al intestino. Así, podría mejorar la digestibilidad intestinal del almidón (mayor absorción intestinal de glucosa) y también sería posible la de fibra en el intestino, que en condiciones naturales sólo puede realizarse en el rumen. Por otra parte, se reduciría la viscosidad en el intestino, favoreciendo la absorción de nutrientes.

Desde el punto de vista medioambiental es interesante subrayar que las enzimas exógenas podrían seguir actuando incluso una vez que las heces han sido evacuadas. Así, se ha observado que la tasa de descomposición de la materia fecal es mayor cuando se han utilizado aditivos enzimáticos.

En realidad no se conocen con exactitud los mecanismos de acción de los aditivos enzimáticos en los rumiantes y todos los efectos antes mencionados han sido sugeridos a partir de diversos datos experimentales que parecen apuntar en uno

u otro sentido. Muchos de estos efectos son un tanto controvertidos ya que surgen numerosas dudas sobre cómo es posible que las enzimas (moléculas proteicas) puedan escapar a la degradación microbiana del rumen y a la digestión por ácido clorhídrico y pepsina en el abomaso. Los nuevos aditivos son bastante resistentes a la degradación ruminal y permanecen estables y activos durante un tiempo suficiente. A pesar de la intensa actividad proteolítica del rumen se ha observado que las enzimas de los extractos microbianos utilizados son capaces de mantenerse activas durante al menos 6 a 12 horas tras llegar al rumen, por lo que en ese tiempo podrían llevar a cabo su actividad. Además se ha demostrado que la actividad xilanasas en el intestino delgado se incrementa notablemente en animales que han recibido aditivos enzimáticos; por lo que, aunque no se sabe cómo, se deduce que una parte de estas enzimas puede atravesar el rumen y el abomaso y permanecer estable y activa.

Respuesta productiva de los animales relacionada con el uso de aditivos enzimáticos

Las primeras pruebas prácticas en vacuno para evaluar la respuesta del animal a la inclusión de aditivos enzimáticos en la ración se realizaron en la década de los sesenta. En aquellas primeras pruebas, realizadas en vacuno de carne, se observó una respuesta muy positiva, ya que tanto las ganancias medias de peso como los índices de conversión del alimento mejoraron significativamente cuando los aditivos eran utilizados (tabla 2). Esta respuesta positiva fue consecuencia de un aumento en la digestibilidad de la materia seca y de la fibra de la ración. Es obligado mencionar que posteriormente se realizaron numerosos ensayos experimentales, en muchos de los cuales no se observaron incrementos en el rendimiento pro-

ductivo de los animales.

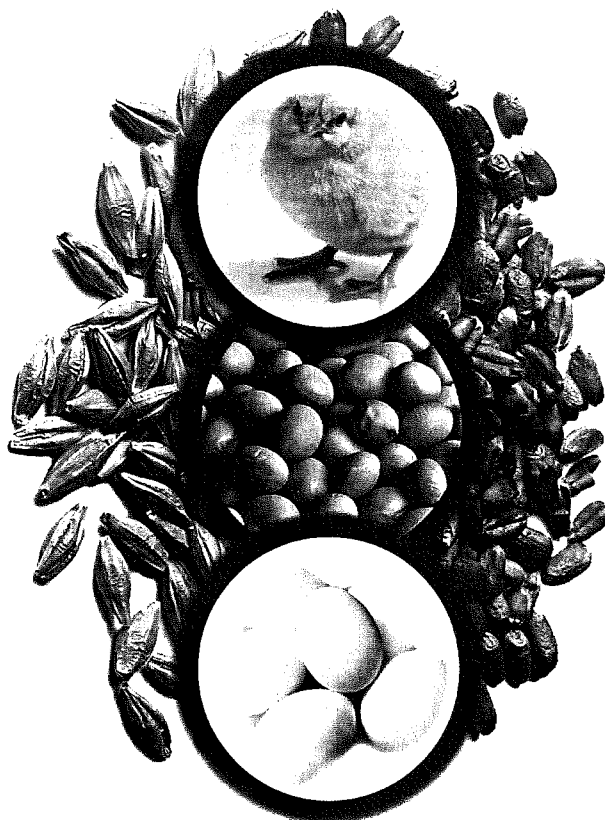
La respuesta productiva a la adición de enzimas también ha sido muy variable en el caso del vacuno de lechero. Al igual que en el vacuno de carne, en la bibliografía pueden encontrarse trabajos que ponen de manifiesto un efecto positivo sobre el rendimiento productivo (tabla 3), pero también otros en los que no se observa ningún efecto. Esta variabilidad en la respuesta productiva ha determinado, en gran medida que los aditivos enzimáticos apenas se hayan utilizado en la alimentación de los rumiantes. Son aditivos caros y a la vista de los resultados experimentales obtenidos, no parece que pueda garantizarse una mejora del rendimiento productivo que compense su coste.

En la última década se ha llevado a cabo una amplia investigación con el objeto de confirmar los beneficios reales de la utilización de aditivos enzimáticos en la alimentación de los rumiantes. De esta investigación se puede concluir que los aditivos enzimáticos pueden mejorar, en mayor o menor medida, el rendimiento productivo de los



avizyme®

Soluciones enzimáticas rentables para la industria avícola



Avizyme 1100, 1200 y 1300 son productos únicos multienzimáticos para utilizar en dietas de avicultura basadas en cebada, trigo, triticale, centeno y avena.

Avizyme puede ser utilizado en la formulación de dos formas:

1. A mayores para una mejora de los resultados productivos del ave
2. Aumentando el valor nutritivo del cereal para mantener los resultados productivos del ave y reducir los costes de la ración

Estos productos Avizyme están apoyados por el servicio Avicheck™, que incluye una predicción de la calidad del cereal, permitiendo a los productores de piensos optimizar la dosis de Avizyme para la obtención de un mayor rendimiento económico.

Los beneficios económicos de Avizyme para la industria avícola incluyen:

- Mejora los resultados productivos del ave
- Reduce los costes de la ración
- Aumenta la uniformidad de las aves
- Mejora la calidad de la cama

Tabla 2. Efecto de la adición de enzimas fibrolíticas a diferentes dosis sobre la ganancia diaria de peso (GDP) y el índice de conversión (IC) de novillos en crecimiento (290 kg de peso vivo) alimentados con distintos tipos de forraje.

	Con enzimas fibrolíticas		
	Control	Dosis media	Dosis alta
Heno de alfalfa:			
■ GDP (kg/día)	1,03	1,34	1,12
■ IC (kg MS alimento/kg GDP)	9,9	8,5	9,5
Heno de gramíneas:			
■ GDP (kg/día)	1,21	1,24	1,64
■ IC (kg MS alimento/kg GDP)	7,3	6,3	5,9
Ensilado de cebada:			
■ GDP (kg/día)	1,12	1,02	1,11
■ IC (kg MS alimento/kg GDP)	7,1	7,6	7,0

Es un producto de:

finnfeeds
DANISCO CULTOR

Finfeeds International Ltd
C/Comunidad de Madrid
35 Bis Edif. Burgosal, Of. 56
28230 Las Rozas Madrid Spain
Tel 91 710 3310 Fax 91 636 1324
email info.finnfeeds@danisco.com

Distribuido por:

TROUW NUTRITION
a nutreco company

Trouw Nutrition
Ronda de Poniente, 9 Tres Cantos 28760 Madrid Spain
Tel 91 803 6744 Fax 91 803 4439

Tabla 3. Efecto de la adición de enzimas fibrolíticas a diferentes dosis, sobre los rendimientos productivos de vacas lecheras alimentadas con una ración con un 45% de alfalfa deshidratada.

	Control	Dosis baja de enzima	Dosis media de enzima
Materia seca ingerida (kg/día)	20,4	20,7	20,7
Producción de leche (kg/día)	23,7	24,6	25,6
Contenido graso de la leche (%)	3,79	3,70	3,78
kg leche/kg MSI	1,20	1,22	1,29
Degradabilidad ruminal de la fibra	30,7	34,9	36,9
Digestibilidad de la fibra	38,8	41,2	43,6
Degradabilidad ruminal de la proteína	50,0	52,3	60,3

animales, pero que la magnitud de la respuesta depende de numerosos factores, como el tipo y dosis de aditivo utilizado, estabilidad y actividad enzimática del preparado, el método de aplicación del aditivo y la ración que recibe el animal. Por estas razones, es necesario:

1) Que los aditivos estén bien tipificados en cuanto al tipo de enzimas que contienen y al nivel de actividad enzimática por unidad de peso de aditivo. De otra forma, no es posible reproducir los resultados experimentales en condiciones prácticas de explotación. Es preciso utilizar un aditivo específico para el tipo de alimento que reciban los animales. El hecho de que un determinado aditivo pueda ser muy efectivo con una determinada ración y no tener efecto alguno con otro alimento distinto (figura 2) está ampliamente documentado.

Desde un punto de vista práctico, un buen adi-

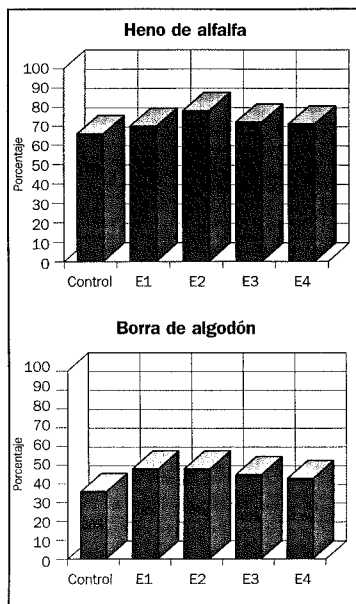


Figura 2. Efecto de la adición de cuatro tipos de aditivos enzimáticos comerciales (E1, E2, E3, E4) sobre la digestibilidad in vitro de forrajes de distinto valor nutritivo.

tivo enzimático debería contener un complejo de enzimas capaces de actuar sobre un amplio espectro de sustratos, de manera que tuviera efectos positivos sobre distintos tipos de alimentos.

2) Definir con precisión la dosis óptima de aditivo enzimático. Dosis muy bajas van a ser insuficientes para inducir la respuesta deseada y hay resultados que sugieren que la respuesta del animal puede no ser positiva cuando dichos aditivos se usan en exceso. En cualquier caso, a menos que den lugar a un aumento significativo de la productividad, no se justifica el uso de dosis alta de aditivo dado su elevado coste. Debido a la

necesaria complementariedad entre la actividad enzimática del aditivo y el tipo de nutrientes contenidos en cada alimento, hay que tener en cuenta el nivel adecuado de enzima que va a ser distinto según el tipo de alimento que consuma el animal.

Desde el punto de vista medioambiental es interesante subrayar que las enzimas exógenas podrían seguir actuando incluso una vez que las heces han sido evacuadas.

3) Aplicar el aditivo de forma adecuada. En este sentido, se ha demostrado que la efectividad del tratamiento es mayor cuando se aplica directamente sobre el alimento y mucho menor cuando se administra directamente en el rumen. Asimismo, los aditivos enzimáticos son más eficaces cuando se aplican en forma de una disolución acuosa que se pulveriza sobre la ración que recibe el animal. La eficacia es mucho menor si el extracto seco se mezcla sin más con el alimento. Cuando se rocía una disolución acuosa sobre un alimento seco, al cabo de unas pocas horas se forma un complejo entre la enzima y las moléculas del alimento que es estable durante algunas semanas. Este complejo permite la liberación lenta de la enzima y mejora su estabilidad en el aparato digestivo del animal, lo que aumenta la eficiencia del tratamiento.

4) Considerar la interacción entre la ración que consumen los animales y el efecto del aditivo enzimático. Por ejemplo, parece demostrado que las enzimas fibrolíticas pueden mejorar la digestibilidad de alimentos fibrosos en situaciones en las que se produce una ligera acidosis ruminal, como cuando el animal consume raciones ricas en cereales. De igual modo, el tratamiento con aditivos enzimáticos es más eficiente cuando se aplica sobre forrajes secos con bajo contenido en hume-

dad que cuando se utilizan sobre forrajes acuosos como ensilados o forrajes verdes.

Conclusión

La adición de enzimas fibrolíticas en las raciones de los rumiantes contribuye a incrementar la digestibilidad de los alimentos, sobre todo de los forrajes. Este efecto hace que pueda mejorarse la eficiencia de utilización de digestiva de las raciones comúnmente utilizadas y permite utilizar algunas materias primas que habitualmente no se incluyen en las raciones debido a su baja digestibilidad. De esta forma, los aditivos enzimáticos pueden mejorar considerablemente el rendimiento productivo de los rumiantes.

Hasta el momento presente la utilización de los aditivos enzimáticos en la alimentación de los rumiantes ha sido muy reducida, como consecuencia de su elevado coste y de la falta de resultados experimentales que confirmen de forma definitiva su eficacia. Es preciso dilucidar cuál es el mecanismo de acción de las enzimas e identificar los factores que condicionan su efecto. De este modo se podrán establecer las normas de aplicación que permitan reproducir los beneficios de su uso en condiciones prácticas de alimentación.

Con el ritmo de desarrollo actual, es previsible que la investigación en este campo lleve a que, en un futuro cercano, estas sustancias sean ampliamente utilizadas en el cebo de terneros y en la alimentación de las vacas lecheras, especialmente cuando se ejecute la prohibición del uso de los antibióticos y otros aditivos químicos en nutrición animal. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Beauchemin, K.A., D.P. Morgavi, T.A. McAllister, W.Z. Yang y L.M. Rode (2001). The use of enzymes in ruminant diets. In Recent Advances in Animal Nutrition- 2001 (eds. P.C. Garnsworthy y J. Wiseman), pp. 297-322. Nottingham University Press, Nottingham.
- McAllister, T.A., A.N. Hristov, K.A. Beauchemin, L.M. Rode y K.-J. Cheng (2001). Enzymes in ruminant diets. En Enzymes in Farm Animal Nutrition (eds. M. Bedford y G. Partridge), pp. 272-298. CAB Publishing, Wallingford.

Tabla de las principales enzimas

Empresa	Nombre comercial	Tipo de enzima	Especies de destino	Observaciones (nº registro, presentación...)
NORDOS ESPAÑA 918 07 54 20 (productos de FINNFEEDS DANISCO CULTOR)	Avizyme 1100	Xilanasas, β -glucanasa	Pollos	Nº registro CE 40. Polvo. Permite incluir hasta un 60% de cebada.
	Avizyme 1110	β -glucanasa	Pollos	Nº registro CE 32. Líquido. Permite incluir hasta un 60% de cebada.
	Avizyme 1200	Xilanasas, β -glucanasa, proteasa	Pollos, ponedoras	Nº registro CE 41. Polvo. Dietas con predominio de trigo. Permite incluir hasta un 30% de cebada.
	Avizyme 1210	Xilanasas, β -glucanasa	Pollos	Nº registro CE 60. Líquido. Dietas con predominio de trigo. Permite incluir hasta un 30% de cebada.
	Avizyme 1300	Xilanasas, proteasa	Pollos, pavos	Nº registro CE 37. Polvo. Dietas con un mínimo de un 20% de trigo.
	Avizyme 1310	Xilanasas	Pollos	Nº registro CE 33. Líquido. Dietas con un mínimo de un 20% de trigo.
	Avizyme 1500	Xilanasas, β -glucanasa, proteasa, amilasa	Pollos	Nº registro CE 59. Polvo. Para dietas con maíz sorgo y soja. Permite incluir un máximo de un 20% de trigo.
	Avizyme 2100	Xilanasas, β -glucanasa	Ponedoras	Nº registro CE 35. Polvo. Permite incluir hasta un 60% de cebada.
	Avizyme 2300	Xilanasas	Ponedoras	Nº registro CE 33. Polvo. Dietas con predominio de trigo. Permite incluir hasta un 20% de cebada.
	Porzyme tp-100	Xilanasas, β -glucanasa, amilasa	Lechones	Nº registro CE 47. Polvo. Dietas con maíz, arroz, trigo o sorgo.
	Porzyme 8100	β -glucanasa, xilanasas, amilasa	Lechones	Nº registro CE 44. Polvo. Para cebada o avena.
	Porzyme 8110	β -glucanasa	Lechones	Nº registro CE 32. Líquido. Para cebada o avena.
	Porzyme 8300	Xilanasas, proteasa	Lechones	Nº registro CE 38. Polvo. Para dietas con trigo, centeno o triticale.
	Porzyme 8310	Xilanasas	Lechones	Nº registro CE 33. Líquido. Para dietas con trigo, centeno o triticale.
	Porzyme 9100	β -glucanasa, xilanasas	Cerdos cebo	Nº registro CE 39. Polvo. Para cebada o avena.
Porzyme 9110	β -glucanasa	Cerdos cebo	Nº registro CE 32. Líquido. Para cebada o avena.	
Porzyme 9300	Xilanasas	Cerdos cebo	Nº registro CE 33. Polvo. Para dietas con trigo, centeno o triticale o dietas con maíz, arroz o sorgo.	
Porzyme 9310	Xilanasas	Cerdos cebo	Nº registro CE 33. Polvo. Para dietas con trigo, centeno o triticale o dietas con maíz, arroz o sorgo.	
Química Farmacéutica Bayer 93 495 65 00	Bay-ferm porcino	α -amilasa, β -glucanasa, celulasa, lipasa, xilanasas, proteasa	Porcino	Nº Registro: CE 53
	Bay-ferm avicultura-trigo	α -amilasa, β -glucanasa, celulasa, proteasa, xilanasas, lipasa	Aves	Nº Registro: CE 53
	Bay-ferm avicultura-cebada	β -glucanasa, celulasa, proteasa, α -amilasa, lipasa		Nº Registro: CE 55