

USO DE ENZIMAS FIBROLÍTICAS EN DIETAS DE VACAS LECHERAS (I)

Fernando Díaz-Royón Dairy Nutrition and Management Consultant, Brookings, South Dakota.

Álvaro García Dairy and Food Science Department, South Dakota State University.

Palabras clave: vacas lecheras, enzimas fibrolíticas, fibra.

Use of fibrolytic enzymes in dairy cows diets

Key words: dairy cows, fibrolytic enzymes, fiber.

Mounting feed costs and consumer concerns about the use of growth promoters and antibiotics in livestock production provide ample incentive to revisit and refine the use of enzyme additives in ruminant diets. These products can improve feed efficiency and reduce the cost of milk production. Feed additives with enzymatic fiber-degrading activity offer a potential to enhance forage digestion and feed efficiency, and income over feed costs (IOFC). Application of a blend of cellulase and xylanase enzyme products to forages (corn silage and alfalfa hay) prior to feeding of 55:45 forage to concentrate diets increased IOFC from \$0.32 to \$0.88 per cow daily.

Nota del editor:

Este artículo forma parte de una serie compuesta por 3 artículos que serán publicados en ediciones consecutivas.

Introducción

El elevado coste de la alimentación unido a la preocupación de los consumidores sobre el uso de promotores del crecimiento y antibióticos en la producción ganadera, han incentivado el uso de aditivos enzimáticos en dietas de rumiantes. Estos productos pueden mejorar la eficiencia alimentaria y reducir los costes de producción de leche (Holtshausen y col., 2011). Los aditivos alimentarios con capacidad fibrolítica presentan el potencial de mejorar la digestión del forraje y la eficiencia alimentaria (Chung y col., 2012), y los beneficios sobre el coste de alimentación (BSCA). La aplicación de una mezcla enzimática de celulasas y xilanasas en forrajes (ensilado de maíz y heno de alfalfa) incrementó los BSCA de 0.32 a 0.88 dólares por vaca y día (Schingoethe y col., 1999). El ganado vacuno lechero, al igual que otros rumiantes, pueden convertir forrajes y otros alimentos fibrosos en productos de elevada calidad nutritiva como leche y carne. Los forrajes son generalmente la fuente energética más barata para vacas lecheras. Sin embargo, la capacidad de convertir forrajes en leche

está limitada por la digestibilidad de las paredes celulares del forraje. En condiciones ideales de alimentación, la digestibilidad de las paredes celulares en el tracto digestivo suele ser menor de 65% (Van Soest 1994).

El uso de enzimas fibrolíticas podría permitir a los productores lecheros alimentar con dietas de mayor contenido en forraje sin comprometer el consumo energético o la producción láctea (Chung y col., 2012). Beauchemin y col. (2003) evaluaron los resultados de 20 estudios en vacas lecheras con 41 dietas que contenían enzimas fibrolíticas. El consumo de materia seca (MS) y la producción láctea incrementaron en promedio 1.0 ± 1.3 kg/día, y 1.1 ± 1.5 kg/día, respectivamente. Estos resultados demuestran la elevada variabilidad en dietas de vacas lecheras a la adición de enzimas fibrolíticas. Esta variabilidad puede ser debida a que la mayoría de los productos enzimáticos disponibles comercialmente evaluados como aditivos alimentarios en dietas de rumiantes son producidos para otras aplicaciones en la industria alimentaria, textil o química (Bhat y Hazlewood 2001).

El uso de aditivos enzimáticos en dietas de rumiantes ha disminuido debido a su elevado coste, respuesta variable, y la posibilidad de mejorar los rendimientos productivos con otras tecnologías emergentes. Sin embargo, los costes de producción elevados en el sector ganadero combinado con la disponibilidad de nuevas preparaciones enzimáticas han renovado el interés en el uso de enzimas en las dietas de rumiantes (Yang y col., 1999). El uso total de enzimas alimentarias en producción animal se ha cuadruplicado en la primera década del siglo XXI. Su uso en diferentes especies ha permanecido en niveles similares, siendo el sector avícola el más difundido, seguido del sector porcino, con el mercado de los rumiantes aún en su etapa inicial (Bedford and Partridge, 2011). Las enzimas alimentarias para rumiantes contienen, principalmente, celulasas y hemicelulasas y proceden de hongos (principalmente *Trichoderma longibrachiatum*, *Aspergillus niger*, *A. oryzae*) y bacterias (*Bacillus* spp.; Pendleton 2000).

Modo de acción

La mejora en el rendimiento de los animales debido al uso de enzimas fibrolíticas ha sido atribuida al incremento en la digestión de los alimentos (Beauchemin y col., 2003; Packachoed y col., 2012). La aplicación de enzimas fibrolíticas mejoró la digestibilidad de la MS (4-12%) y de la fibra neutro detergente (7-40%) en vacas lecheras en lactación (Arriola y col., 2011; Gado y col., 2009; Rode y col., 1999). Tres factores pueden determinar por qué es complicado explicar los mecanismos por los cuales las enzimas fibrolíticas mejoran la digestión y la utilización de los alimentos en dietas de rumiantes (Colombato y col., 2003). En primer lugar los alimentos son muy complejos estructuralmente, con una variedad de polisacáridos, proteínas, lignina, y ácidos fenólicos que generalmente están asociados. Segundo, los aditivos enzimáticos son generalmente mezclas de enzimas con diferentes modos de acción y diferentes condiciones óptimas de funcionamiento. Finalmente, el líquido

ruminal es por naturaleza un ecosistema microbiano complejo que contiene cientos de especies microbianas y sus enzimas asociadas. Intentar identificar el modo de acción individual de enzimas en esas condiciones sería imposible.

Revisión científica

Los datos productivos evaluados en esta serie de tres artículos fueron obtenidos de 24 artículos científicos publicados entre 1999 y 2012 en los cuales se estudió el efecto de la adición de productos enzimáticos con actividad fibrolítica en los rendimientos productivos de vacas lecheras (Adesogan y col., 2007; Arriola y col., 2011; Bernard y col., 2010; Beauchemin y col., 1999; 2000; Bilik y col., 2009; Bowman y col., 2002; Chung y col., 2012; Dehghani y col., 2011; Dhiman y col., 2002; Elwakeel y col., 2007; Gado y col., 2009; Holtshausen y col., 2011; Knowlton y col., 2002; Kung y col., 2000; 2002; Lewis y col., 1999; Rode y col., 1999; Schingoethe y col.,

Tabla 1. Forma de aplicación de las enzimas en las dietas

| | | Fracción de la dieta a la cual las enzimas fueron aplicadas | | |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| | | Forraje | Racion completa mezclada | Concentrado |
| Forma de presentación | Polvo | | Dehghani y col. (2011) | Knowlton y col. (2002) |
| | | | Elwakeel y col. (2007) | Bilik y col. (2009) |
| | | | Gado y col. (2009) | |
| | Líquido | Dhiman y col. (2002) | Arriola y col. (2011) | Beauchemin y col. (2000) |
| | | Kung y col. (2000; Año 1) | Bernard y col. (2010) | Bowman y col. (2002) |
| | | Kung y col. (2000; Año 2) | Beauchemin y col. I. (1999) | Rode y col. (1999) |
| | | Kung y col. (2002) | Chung y col. (2012) | |
| | | Lewis y col. (1999; Estudio 1) | Holtshausen y col. (2011) | |
| | | Lewis y col. (1999; Estudio 2) | | |
| | | Schingoethe y col. (1999) | | |
| | | Zheng y col. (2000) | | |
| Adesogan y col. (2007) | Vicini y col. (2003; Trial 1) | Yang y col. (1999) | | |
| Sutton y col. (2003) | Vicini y col. (2003; Trial 2) | Yang y col. (2000) | | |

1999; Sutton y col., 2003; Vicini y col., 2003; Yang y col., 1999; 2000; Zheng y col., 2000). Esta revisión incluye 27 experimentos y 94 tratamientos llevados a cabo en centros de investigación y granjas lecheras comerciales. Todos estos estudios evaluaron enzimas fibrolíticas exógenas con actividad de celulasa y xilanasas excepto los estudios de Bernard y col. (2010) y Knowlton y col. (2002) los cuales fueron suplementados exclusivamente con celulasas. Además de celulasas y xilanasas, algunos complejos enzimáticos contenían esterasas de ácido ferúlico (Arriola y col., 2011; Dhiman y col., 2002), amilasas (Dehghani y col., 2011; Gado *et al.*, 2009), pectinasas (Beauchemin y col., 1999), o proteasas (Dehghani y col., 2011; Gado y col., 2009).

Forma de aplicación

Los productos enzimáticos fueron añadidos a las dietas al tiempo

de alimentar o unas horas antes. Esta revisión no contiene estudios en los que las enzimas fueron aplicadas a los forrajes durante el ensilado. La tabla 1 representa los diferentes métodos de añadir enzimas a las dietas utilizados en estos experimentos. Los productos enzimáticos fueron aplicados a diferentes porciones de la dieta, forrajes, concentrados o raciones completas mezcladas (RCM), en forma líquida (81.5%) o sólida (18.5%). Además, algunos estudios compararon diferentes métodos de suministrar enzimas en la dieta de las vacas lecheras. Adesogan y col. (2007) comparó los efectos de aplicar las enzimas fibrolíticas al concentrado, a los forrajes o a la RCM, mientras que Bowman y col. (2002) mezclaron las enzimas con diferentes porciones de la dieta (concentrado, suplemento o premezcla). Otros estudios evaluaron el producto enzimático rociado sobre la RCM o sobre el concentrado (Sutton y col., 2003; Yang y col., 2000).

Efectos sobre el consumo

La aplicación de enzimas fibrolíticas en dietas de vacas lecheras generalmente va acompañada con un aumento en el consumo de alimento. Esto puede ser atribuido a una mejora en la palatabilidad de la dieta debido a la liberación de azúcares procedentes de la mejora de la digestibilidad de la fibra y el consiguiente aumento en el consumo (Adesogan 2005).

Las enzimas fibrolíticas aumentaron el consumo de MS en un rango de 1.1- 3.2 kg/día en 4 de los 27 experimentos evaluados (14.8%; Tabla 2). Por el contrario, la aplicación de un producto enzimático con actividad endoglucanasa y xilanasas a una concentración elevada disminuyó el consumo en vacas al comienzo de la lactancia (Holtshausen y col., 2011; Tabla 2). No hay otros experimentos que hayan encontrado una disminu-

Table 2. Efectos de enzimas fibrolíticas en el consumo de materia seca

| Autor/s (año) | Tratamientos ¹ | Consumo MS (kg/d) |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Beauchemin y col. (2000) | Control | 20.5 ^a |
| | LE (1.22 L/t) | 22.0 ^b |
| | HE (3.67 L/t) | 21.6 ^b |
| Dehghani y col. (2011) | Control | 22.3 ^a |
| | Enz1 (2.5 g/kg) | 23.9 ^a |
| | Enz2 (5.0 g/kg) | 25.5 ^b |
| Gado y col. (2009) | Control | 16.1 ^a |
| | ZADO® (40 g/d) | 18.2 ^b |
| Holtshausen y col. (2011) | Control | 24.5 ^a |
| | LE (0.5 mL/kg) | 22.9 ^a |
| | HE (1.0 mL/kg) | 22.2 ^b |
| Lewis y coll. (1999; Estudio 2) | Control | 24.4 ^b |
| | LE (1.25 mL/kg) | 26.2 ^a |
| | ME (2.50 mL/kg) | 26.2 ^a |
| | HE (5.00 mL/kg) | 26.6 ^a |

a,b Medias con diferentes letras son diferentes (P < 0.05). 1 Control = sin aplicación de enzimas.

ción en el consumo lo que hace que los resultados de este estudio sean difíciles de explicar.

El consumo de MS no fue afectado cuando una mezcla de celulasas y xilanasas fue añadida a la RCM a una dosis de 2.5 g/kg de MS, sin embargo, el consumo de MS aumentó en un 14.3% cuando la dosis de inclusión se duplicó (Dehghani y col.; 2011). Por el contrario, en otros estudios el consumo aumentó independientemente de la dosis de enzima (Beauchemin y col., 2000; Lewis y col., 1999, Estudio 2).

Además, el efecto de la adición de enzimas fibrolíticas a dietas de vacas lecheras varió según el momento de la lactación. Lewis y col. (1999, Estudio 2) aumentaron

el consumo de MS en vacas en lactación temprana (semanas 7 a 9) pero no en lactación media (semanas 8 a 16). Esta diferencia observada en el consumo puede ser debido a los efectos de la digestibilidad ruminal de la fibra sobre el consumo de alimentos (Knowlton y col., 2002). En lactación temprana las vacas, generalmente, se encuentran en balance energético negativo por lo que el llenado del rumen, y no la demanda energética, regula el consumo. Por el contrario, las vacas en lactación tardía usualmente se encuentran en balance energético positivo, sugiriendo que la demanda energética, y no el llenado del rumen, regula el consumo de MS (Weiss y Pinos-Rodriguez, 2009). Por lo tanto, la ingesta en vacas en lactación tardía se ve menos afectada por el

aumento en la digestibilidad de la fibra porque el llenado del rumen no limita el consumo (Knowlton *et al.*, 2002).

Conclusiones

La adición de enzimas fibrolíticas a las dietas al tiempo de alimentar o unas horas antes ha generado resultados productivos variables en vacas lecheras. Las enzimas fibrolíticas aumentaron el consumo de MS en un rango de 1.1- 3.2 kg/día en 4 de los 27 experimentos evaluados. Esta inconsistencia en la respuesta puede ser debida a la diferencia en el contenido de forrajes en las dietas, la dosis de aplicación, la fracción de la dieta a la cual las enzimas fueron suministradas, y la combinación de enzimas utilizadas.