

En el presente trabajo se abordan algunos aspectos de la utilización de los aditivos microbianos (probióticos) en la alimentación de los animales rumiantes.

Concretamente, se describen los distintos tipos existentes y se analizan sus mecanismos de acción.

Aditivos microbianos para rumiantes: aspectos teóricos

P.J. Álvarez Nogal y M^a.D. Carro Travieso.
Dpto. de Producción Animal. Universidad de León.

Desde el uno de enero de 2006 ha quedado definitivamente prohibida la utilización en alimentación animal de aditivos antibióticos promotores del crecimiento, prohibición que obedece fundamentalmente al riesgo de crear resistencias cruzadas a los medicamentos utilizados para tratar las infecciones bacterianas en medicina humana o veterinaria. En cuanto dicha prohibición fue previsible, la comunidad científica acentuó la búsqueda y el desarrollo de alternativas a estos compuestos. Dentro de las alternativas que han recibido mayor atención en los últimos años destacan los probióticos, los ácidos orgánicos, los preparados enzimáticos y los extractos vegetales, si bien los probióticos son los más conocidos y los que cuentan actualmente con una mayor proyección comercial. La denominación de probióticos es la más popular para los aditivos microbianos, que en terminología inglesa responden indistintamente a los nombres *microbial feed additives* o *direct-fed microbials*. En el presente trabajo se analizarán diferentes aspectos de la utilización de probióticos en la alimentación de los animales rumiantes. Esta primera parte se centra en aspectos teóricos y en

ella se describen las clases e identidad de los probióticos para rumiantes y sus mecanismos de acción. En la segunda parte se tratarán aspectos aplicativos, como son entre otros el análisis de las respuestas observadas en los rumiantes que reciben aditivos microbianos y las perspectivas de futuro de éstos en el ámbito de la ganadería europea.

Clases de probióticos

Desde que se acuñó como tal, el término probiótico ha sido vinculado al ámbito intestinal del organismo receptor y así persiste salvo indicación expresa. Conforme a su primera acepción los probióticos son microorganismos vivos que vía oral, a modo de suplementos alimenticios, se hacen llegar al tracto digestivo a fin de conseguir el adecuado balance microbiano intestinal que garantice la pervivencia y supremacía de la microflora autóctona banal (Fuller, 1989). Esta microflora desempeña funciones metabólicas (digestión de residuos alimentarios no digeridos previamente, con la consiguiente liberación de energía; síntesis de vitaminas; degradación de compuestos tóxicos; absorción de iones

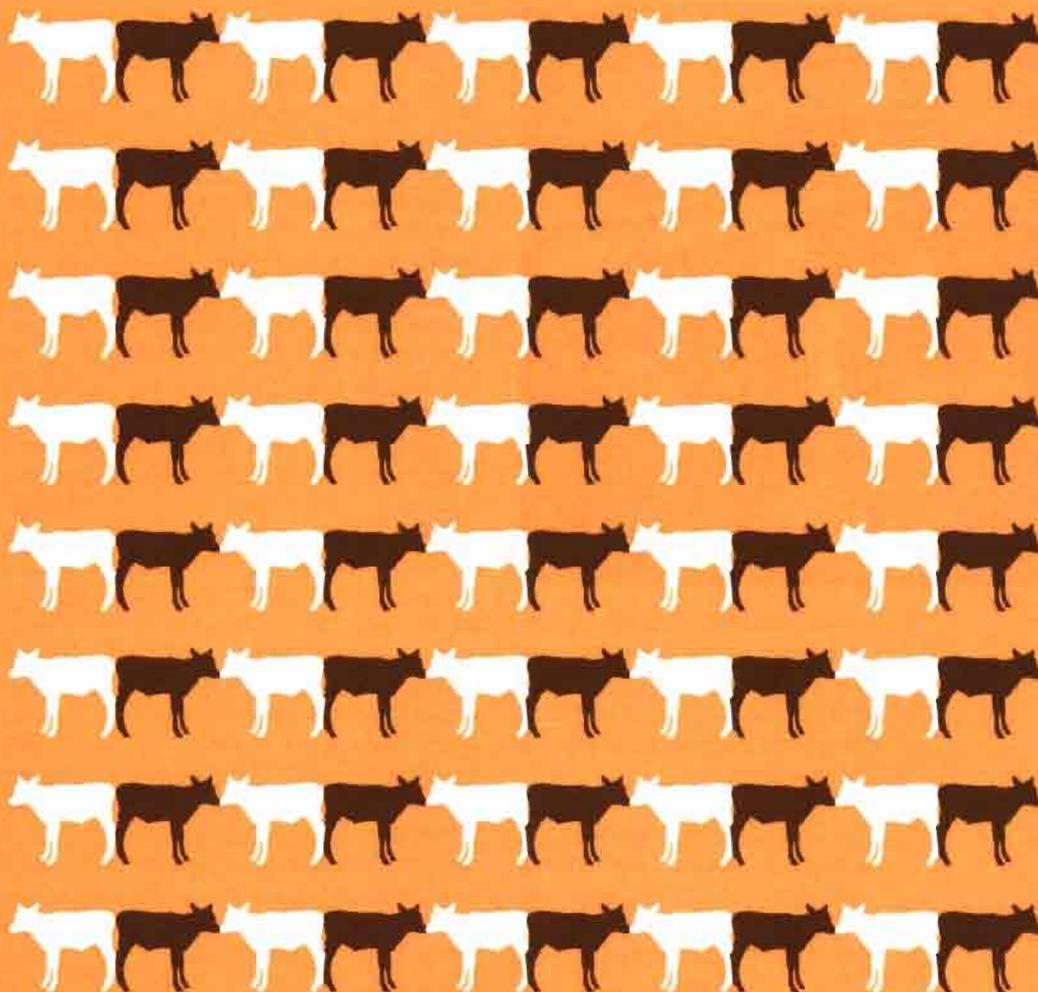
varios), tróficas (desarrollo de células linfoides en la mucosa intestinal con un efecto estimulador del sistema inmunológico como resultado) y protectoras (frena la colonización intestinal por parte de microorganismos exógenos y la proliferación excesiva de patógenos oportunistas que conviven con la flora banal), y gracias a ellas su mantenimiento en condiciones regulares ayuda a curar, paliar o prevenir disfunciones intestinales, infecciones gastrointestinales y enfermedades de base inmunológica, además de propiciar la liberación de enzimas y antibióticos que actúan a nivel intestinal (Mayo y Delgado, 2003). La búsqueda y consecución de todos estos efectos beneficiosos fundamenta la administración de probióticos tanto en la alimentación humana como en la de los animales domésticos. Obviamente, hasta este momento nos hemos referido a los probióticos intestinales.

La administración de probióticos intestinales encuentra su mayor justificación en animales aquejados o convalecientes de desórdenes intestinales, o que han sido tratados con antibióticos vía oral, o que se encuentren inmersos en situaciones estresantes

HIPRABOVIS-4 80 dosis

La vacuna frente al SRB de mayor alcance

Vacune hasta 80 terneros uno detrás de otro



Vacuna mixta, virus IBR/IPV, PI3, BVD y BRS, en suspensión inyectable. Composición: Virus IBR/IPV, PI3, BVD y BRS. Adyuvante idóneo. Indicaciones: Bovinos adultos: Prevención de la Rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR), Vulvovaginitis pustular infecciosa (IPV) y Enfermedad de las mucosas (BVD). Terneros: Prevención de la Rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR), Parainfluenza 3 (PI3), Enfermedad de las mucosas o Diarrea vírica bovina (BVD) y Neumonía por virus respiratorio sincitial bovino (BRS). Vía de administración: Intramuscular, en las tablas del cuello; o subcutánea, en la región de la papada. Posología: Bovidos: 3 ml/animal, independientemente de su peso y edad. Disolver la fracción liofilizada con la fracción líquida de la vacuna, asegurando una completa reconstitución de la misma, antes de proceder a su administración. Tiempo de espera: 0 días. Precauciones especiales: Administrar la vacuna cuando su fracción líquida esté a temperatura ambiente de unas +15 a +25 °C. *Agitar antes de usar. Reg. n.º 10.801. Prescripción veterinaria.



www.hipra.com

como las que representan, dentro de las pautas de explotación seguidas con algunos animales de granja, determinadas prácticas de manejo (destete, castración, descornado, transporte, etc.). Teniendo en cuenta, por otro lado, que los animales nacen privados de la flora bacteriana intestinal y que según se instale antes una (banal) u otra (patógena) la salud inicial de los neonatos evolucionará positiva o negativamente, los



primeros días de vida de los animales constituyen otro de los momentos en que la administración de probióticos intestinales resulta también aconsejable.

Sin embargo, en los animales de abasto la influencia de los probióticos intestinales sobrepasa la esfera curativo/preventiva, ya que se ha comprobado en diferentes especies animales que la incorporación de probióticos en el alimento se puede traducir en una elevación del rendimiento productivo. Así pues, el interés de los probióticos intestinales en producción animal radica también en su capacidad de actuación como verdaderos agentes estimulantes del crecimiento o mejoradores del índice de conversión.

La existencia de los preestómagos como uno de los rasgos idiosincrásicos de los rumiantes, hace que el horizonte de los probióticos deba ser ampliado extendiendo su radio de acción a los microor-

ganismos ruminales. Surge de esta manera el concepto de probiosis ruminal, entendido como la creación de condiciones propicias para el reforzamiento de la población microbiana del rumen, y aparecen en escena los probióticos ruminales o microorganismos vivos administrados con idéntica finalidad en beneficio del animal hospedador -de su salud y/o de su rendimiento productivo- como última meta. La probiosis ruminal no se basa en el empleo de bacterias, sino de hongos que curiosamente no son pobladores naturales del rumen. Es el caso de las levaduras (p.e. *Saccharomyces cerevisiae*) y de determinados hongos (p.e. *Aspergillus oryzae*). Un requisito indispensable es que las levaduras deben llegar con vida al rumen y conservarla al menos durante algún tiempo a pesar de lo inhóspito del hábitat ruminal, no siendo necesario que crezcan y se multipliquen pero sí que mantengan su actividad metabólica.

En la actualidad se dispone de 16 aditivos microbianos cuyo uso en la alimentación de los animales rumiantes está autorizado en la Unión Europea. A destacar que en todos los casos aparece como destinataria únicamente la especie bovina (terneros, vacuno de engorde y vacas lecheras), lo que induce a pensar que hasta ahora los pequeños rumiantes no parecen haber atraído el suficiente interés de los fabricantes de probióticos. Otro aspecto destacable es que nueve de estos aditivos disponen de autorización sin límite de tiempo y otros dos deberán renovar su autorización cuando finalice el período vigente en la actualidad. Por otro lado, todos los probióticos ruminales contienen la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, a excepción de uno autorizado específicamente para vacas lecheras y que es portador de la levadura *Kluyveromyces marxianus*. Los probióticos intestinales autorizados se basan en dos géneros bacterianos: *Bacillus* y *Enterococcus*.

Mecanismos de acción de los probióticos

Probióticos intestinales

El principal objetivo perseguido con la administración de estos aditivos es la consecución o restauración del equilibrio bacteriano intestinal, favoreciendo un rápido desarrollo de la flora banal y dificultando la colonización del epitelio intestinal por microorganismos patógenos. Algunos de los microorganismos presentes en los probióticos intestinales son moradores habituales del tracto digestivo (p.e. *Enterococcus*), de manera que apenas sufren problemas de adaptación y supervivencia cuando a través del alimento llegan al intestino; otros, como los pertenecientes al género *Bacillus*, no forman parte normalmente de la flora gastrointestinal (Anadón *et al.*, 2005). Una vez en el intestino los probióticos pueden ejercer diferentes acciones mediante los mecanismos de actuación propuestos por Newman y Jaques (1995) y descritos a continuación:

- Gracias a su actividad metabólica producen ácido láctico, provocando un descenso del pH intestinal que frena el crecimiento de las bacterias enteropatógenas y de rebote favorece la ocupación del intestino por esas otras beneficiosas para el animal hospedador.
- Compiten con éxito con los microorganismos patógenos por los nutrientes y los puntos de ocupación del epitelio intestinal, es decir, evitan la colonización entérica por bacterias patógenas y que éstas utilicen unos nutrientes puestos de este modo a disposición del organismo hospedador.
- En el curso de su metabolismo liberan metabolitos secundarios (peróxido de hidrógeno, amoníaco, ácidos grasos,...) y proteínas antibacterianas que inhiben el crecimiento de los microorganismos patógenos.
- Potencian la respuesta inmunitaria no específica,

DIYEST PLUS

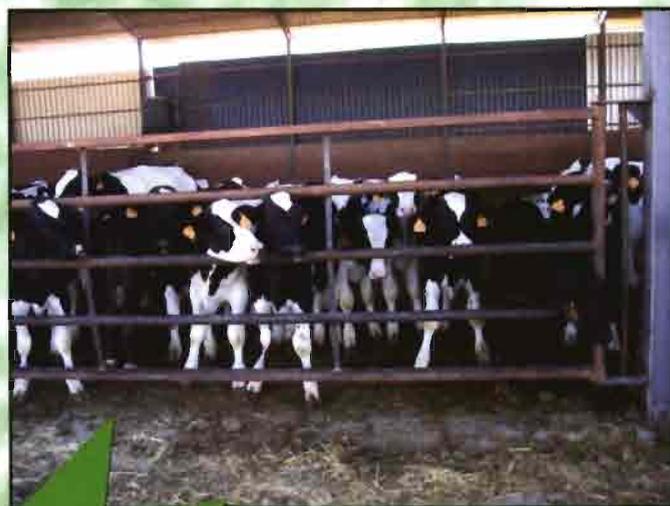
**PREBIÓTICO SUSTITUTO DE LA MONENSINA
FACTORES DE CRECIMIENTO Y REGULADORES
DEL PH DEL RUMEN**

Evita los timpanismos.

Mejora la ganancia de peso diaria.

Mejora el índice de conversión.

**COMO REGULADOR DEL RUMEN HACE
QUE NO SEA NECESARIO EL USO
DE BUFFER NI MONENSINA.**



**SOLUCIONES EFICACES
CON PRODUCTOS
ECOLÓGICOS**



**CERTIFICADO DE
CALIDAD ISO 9001**

Liptosa
Lípidos Toledo, S.A.

LÍPIDOS TOLEDO S.A.

C/ Bremen, 17 - Bajo Dcha. · 28028 Madrid · España
Tel.: +34 902 15 77 11 · Fax: +34 91 356 73 00
liptosa@liptosa.com

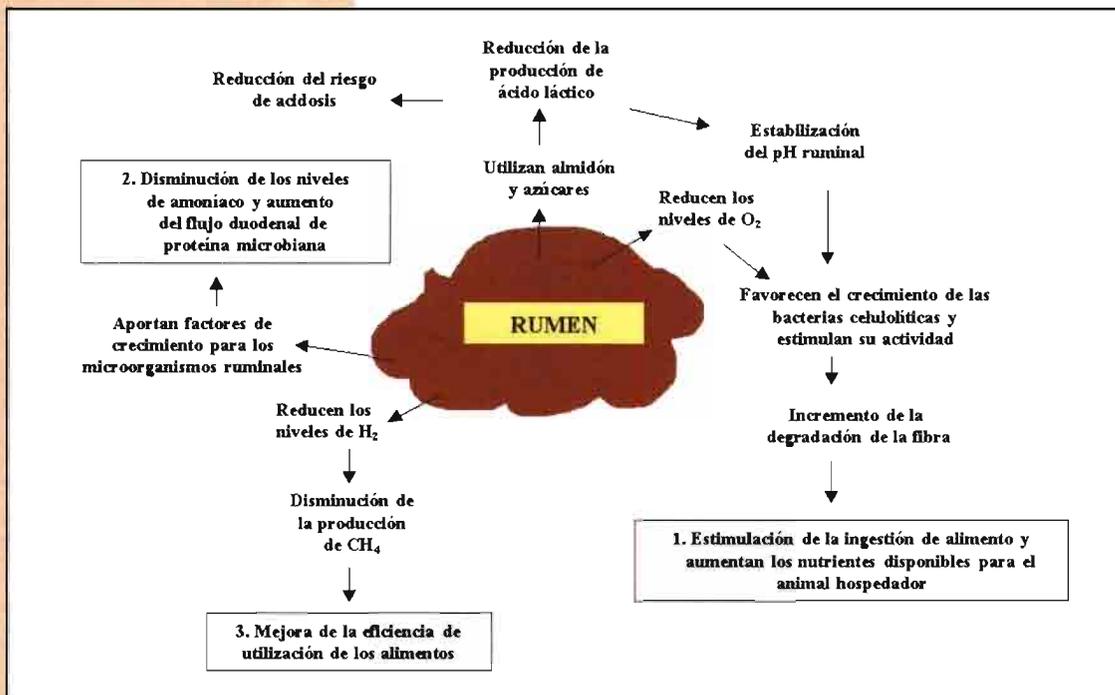


Figura 1.
Mecanismos de acción
de los cultivos de levaduras
en los animales rumiantes.

incrementando la actividad de los macrófagos y los niveles de inmunoglobulinas, sobre todo de los niveles de IgA (Schiffrin *et al.*, 1995), encargada de proteger la mucosa intestinal de las agresiones microbianas y rebajar así las infecciones intestinales.

Aunque los cultivos de levaduras se asocian con los probióticos ruminales, algunos también pueden operar como probióticos intestinales. Así, se ha observado que la pared externa de algunas levaduras tiene capacidad de adsorción sobre *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium* (Gadek, 1999), dos de las bacterias patógenas más frecuentemente implicadas en las alteraciones entéricas. Ese poder de adsorción se ejerce asimismo sobre las micotoxinas presentes en los alimentos, reduciéndose la absorción intestinal de las mismas y el consiguiente riesgo de intoxicación. Se atribuye también a las levaduras una acción estimulante de la respuesta inmunitaria inespecífica en el organismo animal en línea con lo señalado anteriormente al respecto, y se cita a uno de los componentes de la membrana celular, los glucanos, como factores responsables. En ellos radica además una gran capacidad de absorción de agua que dota a las levaduras de un eficaz efecto antidia-

reico. Finalmente, las levaduras producen enzimas (proteasas) habilitadas para inactivar ciertas toxinas bacterianas (Corthier *et al.*, 1986).

En resumen, el resultado global de los efectos señalados es que los animales que reciben probióticos intestinales presentan un mejor estado de salud susceptible de traducirse en un aumento de los índices productivos, al reducir la mortalidad y/o morbilidad y aumentar el bienestar de los animales.

Probióticos ruminales

De las dos modalidades actuales de probióticos ruminales destacan por su interés los cultivos de levaduras.

Los mecanismos de acción de los cultivos de levaduras en animales con un rumen desarrollado y funcional son completamente diferentes de los ejercidos por los probióticos intestinales. En primer lugar hay que señalar que del total de levaduras que ingresan en el rumen siendo viables, se estima que un 30-40% presentan signos de autólisis (Lyons, 1987), de modo que será el 60-70% restante el responsable de las acciones venideras, posibles gracias a la actividad metabólica reanudada por las levaduras supervivientes y que mantienen por un espacio aproximado de 48 horas (Kung *et al.* 1997). Debido a

que durante este tiempo es improbable la capacidad de estos microorganismos en el rumen, se requiere una administración diaria y continua de cultivos de levaduras.

El principal efecto de los cultivos de levaduras es una estimulación del crecimiento de la población microbiana ruminal, aumentando no sólo su número sino también su actividad metabólica (Harrison *et al.*, 1988; Frumholtz *et al.*, 1989; Singla *et al.*, 2000). Este efecto es el resultado de varias acciones desarrolladas por las levaduras (Figura 1). Una de estas acciones es la de liberar nutrientes específicos para los microorganismos ruminales, si bien la identidad de dichos nutrientes no se conoce con certeza y son varias las hipótesis barajadas. Algunos autores (Rossi *et al.*, 1995; Newbold *et al.*, 1996) señalan al ácido málico producido por las levaduras en el curso de su metabolismo como el impulsor del crecimiento de dos bacterias ruminales: *Selenomonas ruminantium* y *Megasphaera elsdenii*. Ambas bacterias presentan la capacidad de utilizar ácido láctico para su metabolismo, por lo que su proliferación puede reducir las concentraciones de dicho ácido en el rumen y prevenir así los problemas de acidosis que suelen producirse en los animales recibiendo raciones ricas en hidratos de carbono rápidamente fermentables (p.e. granos de cereales).

Chaucheryas *et al.* (1995, 1996) indican que los aminoácidos y vitaminas del grupo B sintetizados por las levaduras y liberados al medio ruminal son los responsables del aumento del ritmo de crecimiento de bacterias como *M. elsdenii* y de hongos como *Neocallimastix frontales*. Este último se caracteriza por presentar una elevada actividad celulolítica, acción que podría contribuir a la mejora de la digestión de los componentes fibrosos de la ración que se ha observado en numerosos estudios (Frumholtz *et al.*, 1989; Carro *et al.*, 1992a).

La última hipótesis propuesta cronológicamente hablando gira alrededor de unos péptidos de cadena corta y bajo peso molecular resultantes del metabolismo de determinadas cepas de *S. cerevisiae*, los cuales ejercen no como meros nutrientes (se sintetizan en cantidades mucho más bajas de las necesarias para dicho fin) sino como factores de crecimiento capaces de alterar positivamente los patrones de crecimiento de la flora ruminal (Dawson y Girard, 1997). Las bacterias celulolíticas (*Ruminococcus albus*, *R. flavefaciens*, *Fibrobacter succinogenes*) parecen ser las más beneficiadas y un aumento de su ritmo de crecimiento y/o actividad daría lugar a un mayor ritmo de digestión de la fibra de los alimentos, una evacuación del contenido ruminal más rápida y finalmente una elevación del nivel de ingestión de la ración (Dawson, 2000). Asimismo, estas acciones se traducirían en una mejora de la digestibilidad de la fibra y un aumento en la producción de ácidos grasos volátiles (Frumholtz *et al.*, 1989; Carro *et al.*, 1992a).

Newbold *et al.* (1996) indican que la capacidad de las levaduras para atrapar el oxígeno existente en el rumen es otro de los mecanismos por los que las levaduras pueden estimular el crecimiento de los microorganismos ruminales. El oxígeno llega al rumen en pequeñas cantidades (a través de los alimentos o con el aire tragado), pero aún así dificulta el crecimiento de las bacterias anaerobias estrictas, entre las cuales se encuentran las bacterias celulolíticas. De hecho, en cultivos *in vitro* se ha comprobado que una cepa de *S. cerevisiae* desprovista de esta capacidad para captar oxígeno no provocaba una estimulación del crecimiento de estas bacterias ruminales (Newbold *et al.*, 1993). Otro grupo cuyo crecimiento se ve potenciado es el de las bacterias capaces de convertir el hidrógeno molecular del rumen en acetato, lo cual ocasiona una reducción de la formación de metano

(Carro *et al.*, 1992a; Chaucheryas *et al.*, 1995). El metano es uno de los productos finales de la fermentación ruminal y constituye una pérdida energética para el animal, por lo que su reducción aumenta la eficiencia de utilización de los alimentos. Además, el metano contribuye al efecto invernadero, y el producido por los animales se estima que puede representar entre el 15 y el 20% de la producción global (Cicerone y Oremland, 1988).

Por otra parte, al ser microorganismos vivos, las levaduras necesitan sustratos para su metabolismo y por ello captan del medio ruminal azúcares y almidón. De esta forma, estos sustratos no pueden ser empleados por los microorganismos ruminales productores de ácido láctico (p.e. *Streptococcus bovis* y *Lactobacillus plantarum*) y ello contribuye a la reducción observada en los niveles de este ácido en el rumen. Este hecho, junto con la capacidad amortiguadora que presentan las paredes de algunas levaduras, contribuye a estabilizar el pH ruminal, que se mantiene así en niveles más adecuados para una fermentación óptima.

La estimulación del crecimiento microbiano producida por los cultivos de levaduras tiene también consecuencias sobre el metabolismo nitrogenado. En primer lugar, posibilita un aumento en el ritmo de captación del amoníaco por los microorganismos ruminales, lo que se traduce en un descenso de los niveles del mismo y en una reducción de la síntesis de urea y de los riesgos inherentes a una elevada concentración de la misma en el organismo animal. En segundo lugar, propicia una mayor síntesis de proteína microbiana, que puede suponer a su vez un mayor flujo de ésta al intestino delgado (Williams y Newbold, 1990; Erasmus *et al.*, 1992), si bien no ha podido ser comprobado dicho extremo con la regularidad deseada (Carro *et al.*, 1992b; Newbold, 1995). Las mismas dudas existen con el perfil de aminoácidos de la proteína que llega al duo-

FECINOR®

Enterococcus faecium el probiótico de eficacia inmediata

- Rápida colonización
- Mejora el confort intestinal
- Mejora la absorción de nutrientes
- Incrementa la productividad
- Registrado en UE



NOREL & NATURE
N U T R I C I O N

NOREL, S.A. Jesús Aprendiz, 19, 1º A y B • 28007 Madrid (SPAIN)
Tel. +34 91 501 40 41 • Fax +34 91 501 46 44 • www.norelnature.com



deno, que para algunos autores (Putnam *et al.*, 1997) llega enriquecida en metionina y lisina, los dos principales aminoácidos limitantes de la síntesis de leche en el organismo de la vaca lechera.

Una valoración global de las acciones descritas permite deducir que los cultivos de levaduras basan el incremento de la producción animal que promueven en dos pilares: la prevención de problemas de salud (en el ámbito digestivo sobre todo) y la mejor utilización de los alimentos, sin que por el momento sea posible decantarse por uno u otro como el más influyente (Van Eys y Den Hartog, 2003).

A pesar de que los mecanismos de acción de los cultivos de levaduras que se han descrito anteriormente han sido demostrados en numerosos estudios, también es cierto que en otros no se ha observado efecto alguno de estos aditivos sobre los parámetros ruminales o la degradabilidad de la ración. La amplia variabilidad existente entre las respuestas observadas en diferentes trabajos experimentales se ilustra en el **cuadro I**, en el que se muestran los resultados obtenidos en pruebas realizadas con distintos tipos de animales. Si bien todos los estudios que se muestran fueron realizados con *S. cerevisiae*, las cepas utilizadas fueron diferentes y ésta puede ser una de las causas de variación en las respuestas, ya que como se ha comentado anteriormente las distintas cepas difieren en su eficacia. Otro factor de variación lo constituye la cantidad de aditivo microbiano administrada, con diferencias también entre pruebas. Pero uno de los factores más influyentes es la composición de la ración, en particular la relación forraje:concentrado. A pesar de la importancia de este factor, son pocos los experimentos realizados para analizar su efecto, aunque en algunos se ha observado que las respuestas tienden a ser

más altas al aumentar la proporción de concentrado en la ración (Carro *et al.*, 1992a; Moloney *et al.*, 1994). Sin embargo, no ocurre así de manera sistemática, y en algunos casos se observó que los cultivos de levaduras producían modificaciones favorables de la fermentación ruminal en animales que recibían raciones con un contenido medio/alto en forraje (Kumar *et al.*, 1994, 1997). Por ello parece que otros factores de la ración, como el tipo de forraje o el contenido en proteína de la misma, también podrían estar implicados.

En lo que se refiere al mecanismo de acción de otros cultivos fúngicos, es en esencia coincidente con el de los cultivos de levaduras, excepto en lo relativo a la captación del oxígeno disuelto en el líquido ruminal, que no parece manifestarse en *A. oryzae* (Newbold, 2003). Este mismo autor señala un segundo aspecto diferenciador, que consiste en la diversidad de polisacaridasas y esterasas presentes en los extractos de *A. oryzae*, gracias a las cuales la degradación de los componentes fibrosos de los alimentos se ve acentuada y que avalan la eficacia de estos extractos como un medio para incrementar la digestión de los forrajes.

En resumen, los cultivos fúngicos, y especialmente los de levaduras, cuando son administrados de forma continua como aditivos alimentarios, parecen ocasionar una estimulación del crecimiento y/o actividad metabólica de los microorganismos ruminales, estimulación que puede dar lugar a aumentos tanto en la degradación de la fibra de la ración como en la ingestión de alimento, y contribuir asimismo a la estabilización del pH ruminal. Sin embargo, hay que señalar que estas respuestas no se han observado de manera sistemática en todos los estudios llevados a cabo, apreciándose una gran variabilidad en los resultados obtenidos en la que parecen ser numerosos los factores implicados.

CUADRO I. Respuestas observadas en algunos parámetros ruminales (pH, concentración de ácidos grasos volátiles -AGV- y amoníaco) y la degradabilidad de la ración (DEG) tras la administración de cultivos de *Saccharomyces cerevisiae* a diferentes tipos de animales y a fermentadores.

Referencia	Tipo de animal	FC ²	Parámetros ¹			
			pH	AGV	Amoníaco	DEG
Carro <i>et al.</i> (1992b)	Vacuno lechero	50:50	-	-	-	↑
Yoon <i>et al.</i> (1996)	Vacuno lechero	50:50	-	-	-	↑
Williams <i>et al.</i> (1991)	Vacuno de cebo	50:50	↑	-	↑	ND
Mutsuangwa <i>et al.</i> (1992)	Vacuno de cebo	70:30	↓	↑	-	-
Kumar <i>et al.</i> (1994)	Vacuno de cebo	50:50	↑	↑	↑	↓
Moloney <i>et al.</i> (1994)	Vacuno de cebo	62:38	-	-	-	↓
		20:80	-	↑	↓	-
Kamra <i>et al.</i> (2002)	Vacuno de cebo	35:65	↑	-	↑	-
Corona <i>et al.</i> (1999)	Ovino	67:33	↓	-	-	-
Arcos-García <i>et al.</i> (2000)	Ovino	65:35	-	↑	-	-
Giger-Reverdin <i>et al.</i> (2004)	Caprino	50:50	-	-	-	ND
Kumar <i>et al.</i> (1997)	Búfalos	82:18	↑	↑	↓	↑
Carro <i>et al.</i> (1992a)	Fermentadores	70:30	↑	↑	-	↑
		50:50	-	-	-	-
		30:70	-	-	-	-

↑ : ausencia de efecto, ↓ : aumento respecto al control, ↓ : disminución respecto al control, ND: parámetro no determinado.

Todos los efectos indicados fueron estadísticamente significativos (P<0,05).

¹FC: relación forraje:concentrado en la ración.