

Tras repasar en la primera parte (MG nº 184) los mecanismos de modulación de los metabolismos energético y proteico, así como las dos primeras alternativas que se pueden emplear, probióticos y acidificantes, a continuación estudiaremos el uso de diversos extractos de plantas y de anticuerpos específicos.

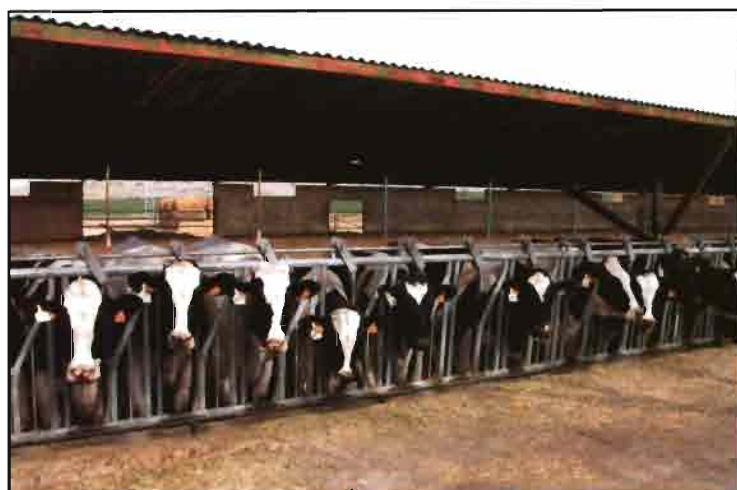
**VACUNO**

# Modificación de la fermentación ruminal

## Estrategias nutricionales en vacuno lechero (y II)

Sergio Calsamiglia, Lorena Castillejos y Marta Busquet.  
Dpt. de Ciencia Animal i dels Aliments. UAB.

Los extractos de plantas son metabolitos secundarios que pueden aportar alternativas al uso de antibióticos en la alimentación animal. Muchos de estos extractos tienen la capacidad de modificar la actividad microbiana, pero la evidencia científica sobre sus efectos en la fermentación ruminal es limitada. La actividad antimicrobiana de los extractos de plantas se atribuye al contenido de una serie de metabolitos secundarios que incluyen, entre otros, a las saponinas, taninos y aceites esenciales (principalmente terpenoides y fenilpropanoides). Sin embargo, la diversidad en su naturaleza y actividades hace que el mundo de los extractos de plantas sea extremadamente complejo. Bajo la definición de extractos de plantas hay muchos con efectos interesantes, sin efectos, e incluso con efectos negativos (Cardozo *et al.*, 2005; Busquet *et al.*, 2004; Castillejos *et al.*, 2005c). Desgraciadamente, cuando un conjunto de sustancias se clasifican bajo un mismo nombre hay margen para la confusión. En los últimos seis años, se han realizado una serie de trabajos experimentales en este área, y se ha generado suficiente información científica como para



empezar a definir sus actividades, efectos, dosis óptimas y mecanismos de acción.

### Saponinas y sarsaponinas

Las saponinas y sarsaponinas son los componentes principales de varios extractos de plantas, como la yucca, la quillaja, alfalfa y fenugreco, entre otros. El efecto del extracto de yucca sobre la fermentación ruminal es de los más estudiados.

El extracto de yucca contiene dos compuestos activos principales. La sarsaponina esterooidal puede secuestrar físicamente N amoniacal cuando su concentración ruminal es elevada y liberándolo cuando su

concentración se reduce. Sin embargo, Wu *et al.* (1994) determinaron que a dosis de 6-8 g/d la cantidad de N secuestrado por las sarsaponinas era pequeña (sólo 34 mg de N amoniacal a un 90% de saturación). En consecuencia, parece que el efecto principal del extracto de yucca sobre el N amoniacal se atribuye a la fracción saponina.

Las saponinas tienen actividad antiprotozoaria (Wallace *et al.*, 1994; Makkar y Becker, 1997; Wang *et al.*, 1998; Valdez *et al.*, 1986; Klita *et al.*, 1996; Hristov *et al.*, 1999). Las saponinas se unen al colesterol y otros esteroides de la membrana celular de los protozoos causando su inestabilidad, lisis y

muerte celular (Williams y Coleman, 1988; Francis *et al.*, 2002). Aunque se han observado efectos antimicrobianos (Wallace *et al.*, 1994), estos efectos son probablemente poco importantes. Los protozoos utilizan a las bacterias como su fuente principal de proteína. Cuando se produce una defaunación, se reduce el reciclado intra-rumen de N bacteriano, disminuye la concentración de N amoniacal (Grobner *et al.*, 1982; Wallace *et al.*, 1994; Sliwinski *et al.*, 2002; Ryan *et al.*, 1997) y aumenta el flujo de proteína microbiana (Makkar *et al.*, 1998). Sin embargo, estos efectos no se han observado siempre (Wilson *et al.*, 1998; Wu *et al.*, 1994; Klita *et al.*, 1996; Wang *et al.*, 1998). El efecto del extracto de yucca sobre la concentración total y el perfil de AGV es poco consistente. Mientras que algunos autores no observaron efectos (Hussain y Cheeke, 1995; Hristov *et al.*, 1999; Klita *et al.*, 1996; Wu *et al.*, 1994; Wang *et al.*, 1998; Cardozo *et al.*, 2004), otros observaron un aumento en la proporción molar de propiónico y, en algunos casos, una reducción de la proporción molar de acetato (Grobner *et al.*, 1982; Ryan *et al.*, 1997; Lila *et al.*, 2003). En cualquier caso, estos efectos sobre el metabolismo energético fueron pequeños y muy variables.

Las respuestas productivas también han sido muy variables. En la mayoría de los casos no se ha observado una mejora en la ingestión de MS en vacuno lechero (Wu *et al.*, 1994; Wilson *et al.*, 1998). La digestibilidad de nutrientes ha mejorado en algunos estudios (Goodall y Matsushima, 1980; Valdez *et al.*, 1986), pero no en otros (Wu *et al.*, 1994). Los estudios de producción son muy escasos, por lo que no es posible establecer conclusiones concretas en este sentido.

La variabilidad de los resultados se debe a la variabilidad en las dosis utilizadas (entre 40 y 5.800 mg/kg MS) y a la variabilidad en el contenido de saponinas de los extractos utilizados. Además, Cardozo *et al.* (2005) observaron que el pH del medio afectaba de forma drástica las respuestas.

## Aceites esenciales

Recientemente, los efectos de los aceites esenciales de los extractos de plantas han centrado el interés como posibles aditivos para la modulación de la fermentación ruminal. Los aceites esenciales son moléculas lipofílicas con actividad antimicrobiana frente a gram-positivas y gram-negativas debido a su capacidad de interactuar con las membranas citoplasmáticas bacterianas, provocando su inestabilidad y muerte celular (Sikema *et al.*, 1994; Ultee *et al.*, 1999; Griffin *et al.*, 1999; Dorman y Deans, 2000).

Oh *et al.* (1967 y 1968) fueron los primeros en observar que los aceites esenciales inhibían la fermentación microbiana ruminal. Borchers (1965) también observó que el timol (el principio activo del orégano) resultaba en la acumulación de aminoácidos y una reducción en la concentración de N amoniacal, lo que sugería que inhibía la desaminación. Broderick y Balthrop (1979) observaron resultados similares. Estos estudios sugirieron que el efecto principal de los aceites esenciales era sobre el metabolismo proteico.

Recientemente, se han publicado trabajos de investigación sobre los efectos de más de 25 extractos de plantas (*Achillea millefolium*, *Arnica chamissonis*, *Betula alba*, *Dactylis glomerata*, *Eucalyptus globules*, *Ginkgo biloba*, *Lavandula officinalis*, *Lespedeza capitata*, *Hiericum perforatum*, *Solidago virgaurea*, *Fagopyrum esculentum*, *Equisetum arvense*, *Salvia officinalis*, *Pimpinella anisum*, *Juniperus oxycedrus*, *Capsicum annuum*, *Cinnamomum cassia*, *Syzygium aromaticum*, *Anethum graveolens*, *Trigonella foenum graecum*, *Allium sativa*, *Zingiber officinale*, *Origanum vulgare*, *Melaleuca alternifolia*, y *Armoracia rusticana*) sobre la fermentación ruminal (Broudiscou *et al.*, 2000 y 2002; Mohammed *et al.*, 2004; Cardozo *et al.*, 2004 y 2005; Busquet *et al.*, 2004 y 2005a). Entre estos, *L. officinalis*, *S. virgaurea*, y *A. millefolium* estimularon la fermentación ruminal, y *E. arvense* y *S. officinalis* inhibieron la metanogénesis (Broudiscou *et al.*, 2000 y

2002). *A. rusticana* también inhibió la producción de metano (Mohammed *et al.*, 2004). *C. cassia*, *A. sativa*, y *S. aromaticum* modificaron la producción y el perfil de AGV y/o el metabolismo del N (Cardozo *et al.*, 2004 y 2005; Busquet *et al.*, 2004 y 2005a). Sin embargo, la utilización de extractos de plantas está sujeta a variaciones en el contenido de principios activos debido a la variedad de planta cultivada, las condiciones de cultivo y los métodos de procesamiento, entre otras. Por ejemplo, Sivropoulou *et al.* (1996) observaron que la concentración de timol y carvacrol (principios activos del orégano) oscilaba entre 0,44-31,8% y 0,43-79,6%, respectivamente (Cuadro I).

Esta variabilidad hace necesario que los trabajos de investigación y los productos comerciales especifiquen la concentración de principios activos de los extractos. Alternativamente, la investigación y

CUADRO I. Contenido en principios activos de los aceites esenciales de tres variedades distintas de orégano (Sivropoulou *et al.*, 1996).

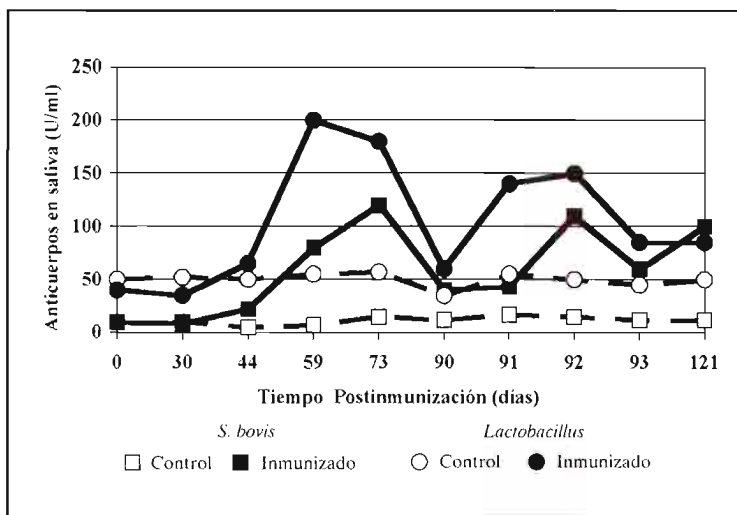
Componente	Composición del aceite esencial (%)		
	<i>O. comercial</i>	<i>O. vulgar ssp. hirtum</i>	<i>O. dictamnus</i>
$\gamma$ -terpineno	1,32	2,07	11,41
<i>p</i> -cimeno	40,15	8,76	13,49
Timol	31,80	2,45	0,44
Carvacrol	0,43	79,58	62,44

comercialización de productos puede realizarse con los principios activos para definir actividades, dosis y mecanismos de acción de forma inequívoca.

Recientemente, el uso de una mezcla comercial de aceites esenciales (MCAE) a base de timol, eugenol, vanillina y limoneno, resultó en cambios en el metabolismo proteico ruminal. Aparentemente, esta MCAE reduce la degradación de la proteína, aunque dichos efectos dependen de la fuente de proteína, el tipo de ración y el tiempo de adaptación (Molero *et al.*, 2004; Castillejos *et al.*, 2005ab; McIntosh *et al.*, 2003; Newbold *et al.*, 2004). Aunque la reducción de la degradación de la proteína *in situ* sugiere que la proteólisis se inhibió, los pequeños cambios observados no pueden justificar los cambios en la concentración de N amoniacal en el rumen

(McInstoh *et al.*, 2003; Newbold *et al.*, 2004), lo que sugiere que hay otros procesos involucrados. McInstoh *et al.* (2003) observaron que la MCAE reducía la actividad de un grupo de bacterias hiperproductoras de amoníaco (HAP: *Clostridium sticklandi* y *Peptostreptococcus anaerobiusi*). Estos cambios eran similares a los observados para la monensina, y pueden tener un impacto sobre la producción. Castillejos *et al.* (2005ab) observaron recientemente que esta MCAE

Figura 2.- Concentración de anticuerpos en saliva de animales control o inmunizados frente a *S. bovis* y *Lactobacillus*. (Shu *et al.*, 1999).



también afectaba al metabolismo energético incrementando la producción total de AGV y la proporción de acético.

Durante los últimos seis años, nuestro laboratorio ha estado involucrado en un gran proyecto cuyo objetivo principal era identificar los aceites esenciales y sus principios activos que pueden ser útiles para modificar la fermentación rumi-

nal. El criterio de selección fue la mejora en la eficacia energética (incremento de la proporción de propionato y reducción de la proporción de acetato y metano sin reducir la producción total de AGV); y mejorar la eficacia de la utilización de la proteína (reducción de la proteólisis, peptidólisis o desaminación). Una serie de estudios *in vitro* de corta duración permitieron identificar los extractos potencialmente útiles (Cardozo *et al.*, 2005; Busquet *et al.*, 2004; Castillejos *et al.*, 2005c). Los aceites seleccionados y sus principios activos se estudiaron en cultivos continuos de mayor duración (Cardozo *et al.*, 2004; Busquet *et al.*, 2004, 2005ab; Busquet *et al.*, 2005c; Castillejos *et al.*, 2005c; Cardozo, 2005). Los resultados indicaron que el extracto de ajo, el cinemaldehído (componente activo de la canela), timol (componente activo del aceite de timo y orégano), eugenol (componente activo del clavo), capsaicina (componente activo del pimiento) y el aceite de anís mejoraban la eficacia de utilización ruminal de la energía y la proteína, y se estudiaron en más profundidad. Sus efectos se presentan separadamente por principios activos.

**Extracto de ajo**

El extracto de ajo tiene un amplio espectro de actividad antimicrobiana (Reuter *et al.*, 1996). En estudios de fermentación *in vitro* con líquido ruminal se ha mostrado de forma constante y repetida que

tiene la capacidad de reducir la proporción molar de acetato y de AGV ramificados, y de aumentar las proporciones molares de propionato y butirato (Busquet *et al.* 2004, y 2005bc) sin afectar a la digestibilidad de nutrientes (Cuadro II).

Este perfil de fermentación es distinto al mostrado por la monensina (donde el butirato también se reduce), y es coherente con los cambios observados con los inhibidores de la metanogénesis (Chalupa *et al.*, 1980; Martin y Macy, 1985). El exceso de hidrógenos metabólicos generados por la inhibición directa de la metanogénesis debe incorporarse a otros productos finales de la fermentación como el propiónico y el butirato (Van Nevel y Demeyer, 1988). Con el objetivo de identificar los principios activos del extracto de ajo se estudiaron los efectos de cuatro de sus componentes (alicina, dialil sulfato, dialil disulfato y alil mercaptano) en condiciones *in vitro* (Busquet *et al.*, 2005c). El extracto de ajo resultó en los efectos esperados (reducción de acetato y aumento de propiónico y butirato). Los efectos del dialil disulfato y alil mercaptano fueron similares a los observados para el extracto de ajo, sugiriendo que estos componentes eran los principales responsables de sus efectos. Por el contrario, la alicina y dialil sulfato tuvieron efectos menores. El efecto del extracto de ajo y sus principios activos sobre el metabolismo del N fue variable. Mientras Cardozo *et al.* (2004) sugirien que el extracto de ajo afecta a la peptidólisis y la desaminación, Busquet *et al.* (2005bc) sugirien que el extracto de ajo tiene efectos menores sobre el metabolismo del N en el rumen. Busquet *et al.* (2005bc) sugirien que los efectos antimetanogénicos del extracto de ajo se debe al efecto directo sobre las bacterias *Archea*, al actuar sobre la estabilidad de membrana.

**Cinemaldehído**

Cardozo *et al.* (2004) fueron los primeros en sugerir que dosis bajas de extracto de canela afectaban al metabolismo proteico del rumen mediante la inhibición de la pepti-

**CUADRO II. Efecto de dos dosis de monensina, cinemaldehído y extracto de ajo sobre el perfil de AGV en el rumen (Busquet *et al.*, 2005b).**

	Tratamientos <sup>1</sup>							SEM <sup>2</sup>
	CTR	MO	MO10	CIN	CIN10	AJO	AJO10	
AGV totales, mM	87,4 <sup>b</sup>	89,7 <sup>b</sup>	104,4 <sup>a</sup>	85,7 <sup>b</sup>	88,0 <sup>b</sup>	93,8 <sup>ab</sup>	94,3 <sup>ab</sup>	3,28
Indiv., mol/100mol								
Acetato	61,2 <sup>a</sup>	60,2 <sup>ab</sup>	45,9 <sup>a</sup>	55,8 <sup>c</sup>	57,0 <sup>bc</sup>	58,5 <sup>abc</sup>	46,8 <sup>a</sup>	0,94
Propionato	20,5 <sup>d</sup>	22,4 <sup>cd</sup>	45,1 <sup>a</sup>	24,2 <sup>bc</sup>	21,6 <sup>cd</sup>	22,6 <sup>cd</sup>	27,4 <sup>b</sup>	1,24
Butirato	10,8 <sup>c</sup>	10,3 <sup>c</sup>	4,3 <sup>d</sup>	3,1 <sup>de</sup>	14,3 <sup>b</sup>	11,3 <sup>bc</sup>	19,4 <sup>a</sup>	1,47
Isobutirato	1,0 <sup>a</sup>	0,9 <sup>bc</sup>	0,6 <sup>d</sup>	0,9 <sup>b</sup>	1,1 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	0,7 <sup>cd</sup>	0,03
Isovalerato	1,8 <sup>a</sup>	1,6 <sup>ab</sup>	0,6 <sup>d</sup>	1,4 <sup>b</sup>	1,4 <sup>ab</sup>	1,6 <sup>ab</sup>	0,9 <sup>c</sup>	0,10
Valerato	4,5 <sup>b</sup>	4,4 <sup>b</sup>	3,3 <sup>b</sup>	4,5 <sup>b</sup>	4,3 <sup>b</sup>	4,8 <sup>b</sup>	4,9 <sup>a</sup>	0,18
AGV-R <sup>3</sup>	2,8 <sup>a</sup>	2,5 <sup>ab</sup>	1,2 <sup>c</sup>	2,3 <sup>b</sup>	2,5 <sup>ab</sup>	2,7 <sup>ab</sup>	1,6 <sup>c</sup>	0,14
Acetato: Propionato	3,0 <sup>a</sup>	2,7 <sup>ab</sup>	1,0 <sup>d</sup>	2,3 <sup>b</sup>	2,6 <sup>ab</sup>	2,6 <sup>ab</sup>	1,7 <sup>c</sup>	0,14

<sup>1</sup> CTR= control, MO= 1,25 mg/L, monensina, MO10= 12,5 mg/L, monensina, CIN= 31,2 mg/L, cinemaldehído, CIN10= 312,0 mg/L, cinemaldehído, AJO = 31,2 mg/L, extracto de ajo, AJO10 = 312,0 mg/L, extracto de ajo.

<sup>2</sup> SEM = error estándar de la media.

<sup>3</sup> AGV-ramificados, incluye isobutirato y isovalerato.

<sup>abcd</sup> Medias en la misma columna con letras distintas difieren (P < 0,05).

colisis, aunque no afectó al perfil de AGV. Sin embargo, Busquet *et al.* (2004), en un estudio *in vitro*, observaron que dosis mayores de extracto de canela y cinemaldehído redujeron la concentración total de AGV y N amoniacal. Además, mientras en extracto de canela aumentó la concentración de acetato sin afectar a propionato y butirato, el cinemaldehído aumentó la proporción de propionato y butírico sin afectar al acetato. Estos resultados sugieren que aunque el cinemaldehído es el principal componente activo del aceite de canela, otros componentes presentes en el aceite de canela también tienen efectos. En cualquier caso, se demostró que el cinemaldehído tenía efectos más favorables para modificar el perfil de fermentación.

Busquet *et al.* (2005a) estudiaron los efectos del cinemaldehído en cultivos continuos de flujo doble y observaron las mismas tendencias (Busquet *et al.*, 2005b). Este perfil de fermentación es coherente con los

inhibidores de la metanogénesis (Horton, 1980; Hino y Russell, 1985), lo que permite sugerir que el cinemaldehído es un inhibidor de este proceso. Los efectos del cinemaldehído sobre el metabolismo del N es más variable. Mientras algunos estudios observaron cambios (Cardozo *et al.*, 2004; Busquet *et al.*, 2004) otros no observaron efectos (Busquet *et al.*, 2005ab), aunque parte de estas incoherencias pueden atribuirse a las diferentes dosis utilizadas en los experimentos.

#### Timol

El timol es el principal componente activo del extracto de orégano, y ha sido el extracto de planta más estudiado en la modificación de la fermentación ruminal. Brochers (1965) fue el primero en incubar caseína en líquido ruminal en presencia de timol, y observó una acumulación de aminoácidos y una reducción del N amoniacal, lo que sugería que el timol era un inhibidor de la desaminación. Broderick y Balthrop (1979)

también concluyeron que el timol era un inhibidor de la desaminación. Más recientemente, Evans y Martin (2000) observaron que el timol afectaba al metabolismo energético de *Streptococcus bovis* y *Selenomonas ruminantium*, reduciendo la concentración de metano y lactato, aunque a dosis elevadas resultó en una inhibición general de la fermentación ruminal y la digestión de nutrientes. En un estudio dosis-respuesta *in vitro*, Castillejos (2005) observó que 50 mg/L de timol no tenían efectos sobre la fermentación ruminal, pero que a 500 mg/L sus efectos eran tóxicos para los microorganismos ruminales, resultando en una reducción en la concentración total de AGV y de N amoniacal y en la relación acetato:propionato. Resultados similares se observaron a las mismas concentraciones cuando el experimento se replicó en cultivos continuos de flujo doble durante 8 días de fermentación. Estos resultados indican que el timol tiene un fuerte efecto

**Levucell SC,**  
la vía natural que aumenta los resultados.

**AUTORIZACIÓN PERMANENTE**  
Europa E1711

Producción | Seguridad del rumen | Digestibilidad

**Levucell<sup>®</sup> SC**  
Levadura Específica Rumiantes\*

4 razones para elegir Levucell SC:

- la levadura específica para rumiantes\*
- menor riesgo de acidosis
- aumento de la producción de leche
- la solución natural para el animal y el medio ambiente

\* Autorizado en la Unión Europea para los alimentos de vacas de leche y bovinos de engorde

LALLEMAND BIO, SL | Tél : +34 932 413 380 | Email : animalheria@lallemand.com

www.lallemand.com | LALLEMAND

antimicrobiano, que a dosis óptimas puede ser útil, pero su margen de seguridad es relativamente estrecho (Castillejos *et al.*, 2005c).

## Eugenol

El eugenol es un compuesto fenólico con actividad antimicrobiana frente a gram-positivos y negativos, y es el componente activo principal del clavo (85% de eugenol; Davidson y Naidu, 2000). En un estudio de cultivo continuo, una dosis baja de extracto de clavo (2,2 mg/L) resultó en una reducción en la proporción molar de acetato y de AGV-ramificados, y en un aumento en la proporción molar de propionato (Busquet *et al.*, 2005a). El extracto de clavo aumentó la concentración de N peptídico y redujo numéricamente la concentración de N aminoácidos, sugiriendo que

la ración 60:40 forraje:concentrado, el eugenol redujo la concentración de N amoniacal y AGV-ramificados, lo que sugiere una inhibición de la desaminación de aminoácidos. Los efectos sobre el metabolismo energético fueron más variables, aunque con las mismas tendencias positivas antes observadas.

## Cinmaldehído y eugenol

Recientemente se ha comercializado un producto a base de cinmaldehído y eugenol para vacuno lechero. La combinación tiene como objetivo mejorar el metabolismo energético (principalmente debido al cinmaldehído) y proteico (fundamentalmente debido al eugenol). Su administración a vacas lecheras resulta en las respuestas esperadas, con una reducción en la concentración ruminal de N amoniacal, ace-

A forma de resumen, muchos aceites esenciales y componentes activos tienen una actividad antimicrobiana reconocida. En la mayor parte de los casos, dosis por encima de 500 mg/L tienen efectos negativos (Cardozo *et al.*, 2005; Busquet *et al.*, 2004; Castillejos, 2005). Pero a dosis moderadas, algunos aceites esenciales y sus principios activos pueden mejorar la eficiencia de utilización de energía y proteína en el rumen, mejorando el rendimiento productivo de los animales. Entre ellos, el extracto de ajo (aunque su manejo en condiciones prácticas y a las dosis óptimas es difícil), el cinmaldehído y el eugenol parecen ser opciones viables para modular la fermentación ruminal y mejorar la eficacia productiva. Sin embargo, es necesario confirmar dichos efectos en estudios de lactación.

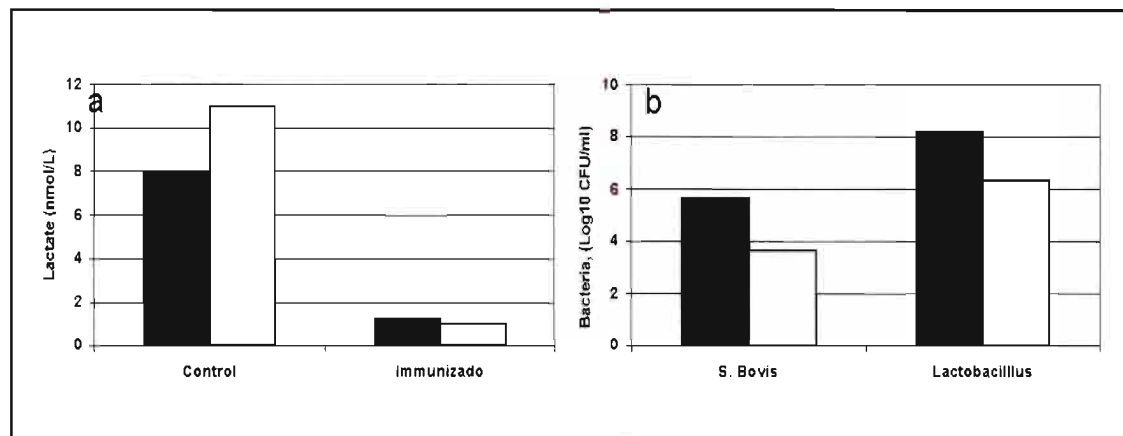


Figura 3.

a) Concentración de D-Lactato (■) y L-Lactato (□) en vacas control vs. inmunizadas frente a *S. bovis* y *Lactobacillus*;

b) Contaje de *S. bovis* y *Lactobacillus* en control (■) y vacas inmunizadas (□) 92 días después de la inmunización (Shu *et al.*, 1999).

su efectos sobre el metabolismo nitrogenado se centraba en la inhibición de la peptidólisis. En un estudio de dosis-respuesta, Busquet *et al.* (2004) confirmaron que el extracto de clavo afectó tanto al metabolismo proteico como al energético, reduciendo la concentración de AGV totales y del N amoniacal, aumentando la proporción molar de propionato y butirato y reduciendo la de acetato. El eugenol tuvo efectos parecidos, excepto con el acetato, que su proporción no se vio afectada por el tratamiento. Este perfil de fermentación indica que, a dosis óptimas, la eficacia de uso de la energía mejoró. El beneficio potencial del eugenol sobre la fermentación ruminal fue estudiado en más profundidad por Castillejos (2005). Los datos demostraron que en una

tato y relación acetato:propionato, y un aumento en la proporción molar de propiónico (Bach *et al.*, 2005). En un trabajo preliminar, la administración de cinmaldehído resultó en una reducción de la ingestión de MS del concentrado (administrado en la sala de ordeño) pero la producción de leche aumentó en 1 L/d, aunque las diferencias no fueron significativas. Estos datos sugieren que el cinmaldehído respondió a los cambios esperados en el perfil de fermentación y se correspondió con un aumento no significativo de la producción, pero su utilización en condiciones comerciales requiriere su encapsulación para evitar efectos negativos por palatabilidad reducida (Busquet *et al.*, 2003).

## Anticuerpos específicos frente a microorganismos ruminales

Una nueva aproximación a la modificación de la fermentación ruminal es el uso de anticuerpos frente a grupos bacterianos específicos del rumen (Shu *et al.*, 1999), mediante vacunación. La administración del antígeno genera anticuerpos que alcanzan el rumen mediante la saliva, neutralizando dicha población. Bajo estos principios, desarrollaron una vacuna frente a cepas de *S. bovis* y *Lactobacillus*, dos grupos involucrados directamente en la producción de láctico en rumen. El objetivo era controlar el riesgo de acidosis. La vacuna se administró intramuscularmente y consistió en una primera vacunación y dosis de recuerdo cada 2-4 semanas. El nivel de inmunoglobulinas aumentó de forma sustancial tanto en sangre como en saliva, y alcanzó el máximo a partir de la cuarta dosis recordatoria (Figura 2).

La concentración de ácido láctico y el contaje de células de *S. bovis* y *Lactobacillus* se redujeron sustancialmente en los animales inmunizados (Figura 3). Estudios posteriores confirmaron los efectos en ganado de engorde (Shu *et al.*, 2000a) y en ovejas (Shu *et al.*,

# Rumalata®

El almidón en la dieta  
ya no es un problema

¡Los beneficios son evidentes!

¿Acidosis, timpanismos,  
bajo rendimiento?

Rumalata  
es la solución inteligente



**nn**

**NOREL & NATURE**

N U T R I C I O N

**25**  
**nn**  
ANIVERSARIO  
1986-2011

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](http://www.norelnature.com)

**Hemos estudiado la mejora en la eficacia energética y de utilización de proteína, de los aceites esenciales**

2000b). El mismo principio puede aplicarse mediante la utilización de anticuerpos monoclonales. Dahlen *et al.* (2004) utilizaron huevos de gallinas inmunizadas frente a *S. bovis* y *Fusobacterium necrophorum* para reducir la incidencia de acidosis y abscesos hepáticos. Los resultados relacionados con la reducción de la concentración de ácido láctico, contaje de bacterias y control del pH ruminal demostraron que esta estrategia podría ofrecer una alternativa futura de interés (DiLorenzo *et al.*, 2005a y 2005b). Además, esta estrategia abre la puerta al desarrollo de nuevos anticuerpos para modular con precisión la fermentación ruminal. Es posible, a partir de estos datos, especular

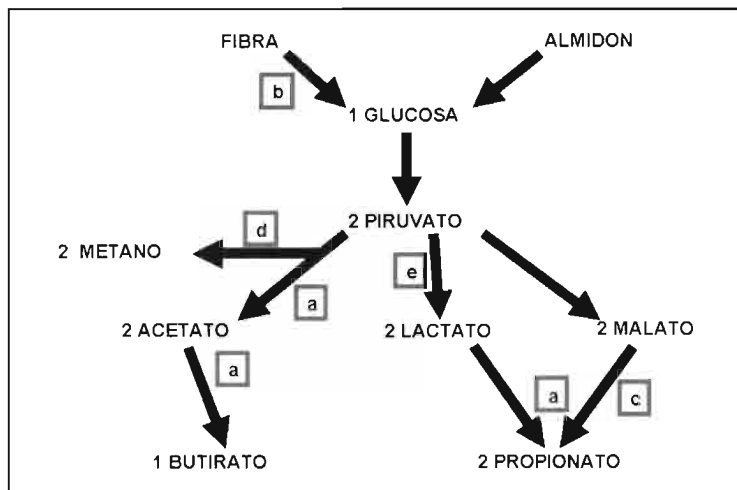


Figura 4.- Objetivos de los aditivos en el metabolismo energético ruminal (a = monensina; b = aditivos microbianos; c = ácidos orgánicos; d = extractos de planta; e = inmunización/anticuerpos).

sobre la posibilidad de modificar el metabolismo energético, proteico y de los ácidos grasos.

**Integrando los efectos de aditivos ruminales: sinergias y oportunidades**

Parece obvio que un aditivo universal que modifique la fermentación ruminal para optimizar la eficiencia de utilización de la energía y la proteína no existe, en parte porque sus efectos dependen del pH y del tipo de ración (Yoon y Stern, 1995; Carro *et al.*, 1992; Castillejos *et al.*, 2005a; Castillejos, 2005; Cardozo *et al.*, 2005). Ello es razonable si asumimos que ni las poblaciones microbianas en dichas condiciones (dietas forrajeras vs. dietas concentradas, pH alto vs pH bajo...), ni los objetivos de la manipulación (vacuno de leche vs vacuno de carne) son iguales.

En base a los mecanismos de acción de los aditivos sobre el metabolismo energético y proteico en el rumen, es posible identificar posibles sinergias. En el lado de la energía, los ionóforos pueden clasificarse como inhibidores de la producción de acetato, butirato y lactato, y productores de propionato (Figura 4a). El mecanismo de acción de los aditivos microbianos es distinto; en general, e independientemente de su mecanismo de acción, todos ellos incrementan la degradación de la fibra (Figura 4b), estimulando la ingestión de alimentos y el aporte de energía, mejorando la producción sin mejorar la eficiencia de utilización de nutrientes. Los ácidos orgánicos, al contrario, parecen tener un mecanismo de acción diferente, al estimular el crecimiento de bacterias utilizadoras de ácido láctico. Como resultado, el pH ruminal aumenta y se reduce el riesgo de acidosis (Figura 4c). El mayor pH ruminal puede estabilizar la fermentación y mejorar la degradación de nutrientes y la producción. Los extractos de plantas en general, y los aceites esenciales en particular, no se pueden clasificar en un mecanismo de acción único. Sin embargo, algunos parecen mejorar la eficiencia de uso de nutrientes por inhibición de la metanogénesis (como el extracto de ajo y cinemaldehído).

En estas condiciones, los hidrógenos metabólicos no utilizados para la producción de metano deben desviarse a otros aceptores finales, como el propionato y butirato. A través de este mecanismo, la eficiencia de utilización de la energía mejora debido a la reducción de las pérdidas de metano (Figura 4d). Finalmente, el uso de anticuerpos policlonales puede permitir controlar procesos concretos, y en la actualidad permite reducir la producción de ácido láctico y el riesgo de acidosis (figura 4e). Este mecanismo de acción es complementario a la actividad de los ácidos orgánicos que estimulan la utilización de ácido láctico y pueden ayudar a incrementar el pH ruminal y el control de la acidosis.

En el metabolismo proteico, la degradación de proteína

puede modularse en varias reacciones metabólicas. Tradicionalmente, la degradación de la proteína se ha reducido a través del tratamiento físico o químico de los alimentos. Sin embargo, la monensina mejora la utilización de la proteína mediante la inhibición de la desaminación. La defaunación puede mejorar la eficiencia de utilización del N a través de la reducción del reciclaje de N bacteriano en el rumen. En este sentido, las saponinas juegan un papel importante. Algunos extractos de plantas también han demostrado un fuerte efecto inhibitorio de la peptidólisis y la desaminación (Wallace *et al.*, 2002; Newbold *et al.*, 2004; Cardozo *et al.*, 2004). La selección y combinación de varios de estos aditivos puede permitir aprovechar sinergias y modular la fermentación ruminal para optimizar la utilización de energía y proteína.

**Conclusiones**

Esta revisión debe permitir seleccionar, en base a los mecanismos de acción, qué aditivos pueden tener actividades sinérgicas en favor de una mejora en la utilización de nutrientes en el rumen. Pero el aditivo mágico no existe, ya que dependerá de las condiciones de fermentación y de los objetivos particulares en cada caso. Para ello, es esencial definir dichos objetivos con claridad y seleccionar los aditivos que nos permitan alcanzar los objetivos. Finalmente, cualquier efecto sobre la fermentación ruminal sólo se justifica si se traduce en mejoras productivas y el precio es razonable como para hacer su uso rentable. Desgraciadamente, el número de trabajos en los que se estudian los efectos productivos es aún limitado, por lo que a veces se hace difícil tomar decisiones. En este sentido, es esencial desarrollar más trabajos experimentales en condiciones productivas. ●

*Referencias bibliográficas en la redacción a disposición de los lectores interesados*

*Ponencia presentada en el XXI Curso de especialización FEDNA. Noviembre 2005.*