Protección de suplementos proteicos: uso de taninos

G. HERVAS. P. FRUTOS. A.R. MANTECÓN. ESTACIÓN AGRÍCOLA EXPERIMENTAL (CSIC). LEÓN.

Actualmente, una de las metas fundamentales de la nutrición proteica de los rumiantes es tratar de optimizar la utilización de la proteína de la dieta para maximizar el crecimiento del animal y la producción de leche por unidad de proteína consumida (Schwab, 1995). Esto implica, por una parte, suministrar una cantidad adecuada de proteína degradable en el rumen (PDR) para maximizar el desarrollo de la población microbiana ruminal y la degradación de la materia orgánica. Y por otra, suministrar la cantidad necesaria de proteína no degradable en el rumen (PNDR) que complemente a la proteína microbiana sintetizada en el rumen para proporcionar la relación más conveniente de energía/proteína (Van Straalen y Tamminga, 1990).

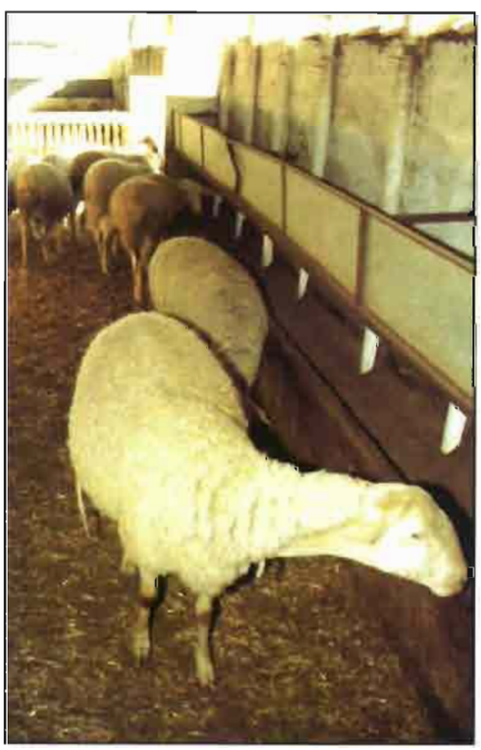
Parece claro que la situación actual (niveles cada vez más altos de producción de leche y carne, preocupación acerca de la pérdida de N y consiguiente contaminación del medio, etc.) está obligando a una mayor precisión en la formulación de las raciones para rumiantes.

Como es sabido, los animales de alta producción necesitan un aporte elevado de PNDR, al resultar la proteína microbiana sintetizada en el rumen claramente insuficiente para cubrir sus necesidades proteicas (AFRC, 1993).

Hasta hace unos años, los suplementos proteicos utilizados en alimentación animal podían ser tanto de origen animal como vegetal. Actualmente, sin embargo, los de origen animal están prohibidos, básicamente por su relación con el problema de la encefalopatía esponjiforme bovina (mal de las "vacas locas"), y sólo existe la posibilidad de utilizar los de origen vegetal, que se caracterizan por una mayor degradabilidad ruminal, lo que supone, en general, una menor eficiencia de utilización de la proteína de la dieta.

Existen numerosas razones para tratar de proteger la proteína de estos suplementos frente a la degradación ruminal (es decir, para reducir el ritmo y la magnitud de la degradación ruminal) y disponer de una amplia oferta de alimentos con un elevado contenido de proteína no degradable en el rumen (Schwab, 1995).

Entre estas razones se encuentran, por ejemplo, las siguientes: 1) La mayor parte de los pastos, henos y silos de buena calidad contienen una elevada cantidad de PDR, de modo que, si se quiere equilibrar la ración, sólo podrían ser suplementados con alimentos con un elevado contenido de PNDR. 2) El empleo de alimentos con un alto contenido de



PNDR podría permitir también el uso de suplementos de nitrógeno no proteico (NNP) y una menor dependencia de fuentes de proteína verdadera.

El principal reto al que se enfrenta cualquier tratamiento de protección de la proteína de la dieta es conseguir las condiciones de procesado ideales para, por un lado, aumentar el contenido de PNDR hasta un punto que justifique el coste del tratamiento, y por otro, minimizar posibles efectos adversos tales como la pérdida de aminoácidos o la disminución de la digestibilidad intestinal de la proteína protegida.

Principales métodos utilizados

Los principales tratamientos utilizados para proteger la proteína de la dieta frente a la degradación ruminal se pueden agrupar en dos grandes grupos: físicos y químicos.

Entre los primeros, el calor es el procedimiento más comúnmente utilizado y su efecto puede ser beneficioso o contraproducente dependiendo de las temperaturas y tiempos empleados (Kaufmann y Lüpping, 1982; Broderick et al., 1991). El calor actúa sobre la proteína desnaturalizándola, lo que produce cambios en su estructura que la hacen menos sensible a las enzimas microbianas y también menos soluble. Tratamientos demasiado largos o un exceso de temperatura pueden reducir la digestibilidad post-ruminal de la proteína o la disponibilidad de algunos aminoácidos, dando lugar a las denominadas "proteínas sobreprotegidas".

En cuanto a los métodos químicos, éstos se basan en la adición de diversas sustancias, tales como: aldehídos, como el formaldehído (Crooker et al., 1983), azúcares reductores, como la dextrosa (Serrano et al., 1997), álcalis, como el hidróxido sódico (Waltz y Loerch, 1986), ácidos, como el acético y los lignosulfitos (Waltz y Loerch, 1986; Von Keyserlingk et al., 2000), alcoholes, como el etanol, el propanol y el isopropanol (Van der Aar et al., 1984) o taninos (Zimmer y Cordesse, 1996; Frutos et al., 2000; Hervás et al., 2000), que se unen a la proteína alimentaria y la protegen, de esta forma, frente a la degradación ruminal.

Estas uniones son dependientes del pH, de modo que resultan estables en un rango de pH entre 3,5 y 8, como es el caso del rumen, y se rompen posteriormente a pH más bajos, como es el del abomaso, o más altos, como es el del duodeno.

Entre estos métodos, el tratamiento con aldehídos es uno de los más estudiados, ya que se trata de un procedimiento comercial que ha sido bastante utilizado en Francia y en Holanda. Los resultados obtenidos en la práctica, no obstante, son muy variables. A modo de ejemplo, auto-

res como Thomas et al. (1979) o Kauffman y Lüpping (1982) señalan efectos positivos sobre el índice de conversión, la producción láctea, el ritmo de crecimiento y la fertilidad de bovinos alimentados con suplementos proteicos tratados con formaldehído, pero otros como Crooker et al. (1983) no encuentran ningún incremento en la producción láctea de vacas suplementadas con torta de soja tratada con dicho producto.

En algunos casos es recomendable la combinación de métodos físicos y químicos, ya que el efecto protector conseguido con la adición de determinados reactivos (por ejemplo azúcares) se puede ver potenciado por un tratamiento posterior con calor.

Empleo de taninos

Otro método químico de protección de la proteína frente a la degradación ruminal es mediante el uso de taninos. Durante mucho tiempo, los taninos se consideraron únicamente como "factores antinutritivos", es decir, con efectos necesariamente negativos en la nutrición de los herbívoros. Sin embargo, los trabajos más recientes ponen de manifiesto la existencia de efectos positivos, tales como la posibilidad de su empleo para reducir la degradación ruminal de la proteína de la dieta y aumentar así el aporte de aminoácidos susceptibles de ser absorbidos en el intestino (Aerts et al., 1999; Barry y McNabb, 1999; Foley et al., 1999; Frutos et al., 2000; Hervás et al., 2000).

Los taninos son sustancias vegetales caracterizadas químicamente como polifenoles, con un alto peso molecular y una elevada afinidad por las proteínas (Mangan, 1988; Mueller-Harvey y McAllan, 1992). Se dividen convencionalmente en dos grandes grupos: los taninos hidrolizables y los taninos condensados o proantocianidinas (McLeod, 1974), aunque cada grupo engloba sustancias muy diversas.

Los taninos hidrolizables, como su nombre indica, son fácilmente hidrolizables químicamente o por enzimas y están constituidos por un núcleo compuesto por un glúcido, cuyos grupos hidroxilo se encuentran esterificados con ácidos fenólicos. Los taninos condensados, por su parte, son polímeros no ramificados de hidroxiflavonoles y carecen del núcleo glucídico que caracteriza a los taninos hidrolizables.

Fundamentos

La elevada afinidad de los taninos por las proteínas se basa en que la molécula de tanino presenta un gran número de grupos fenólicos que proveen numerosos puntos para la formación de enlaces, mediante puentes de hidrógeno, con los grupos carboxilo de los péptidos (McLeod, 1974).

Las uniones tanino-proteína son, consecuentemente, como ya se ha mencionado que sucede de modo general en los tratamientos químicos, dependientes del pH. Tanto los taninos hidrolizables como los condensados forman complejos tanino-proteína que resultan estables en rangos de pH comprendidos entre aproximadamente 3,5 y 8 **(figura 1).** Estos complejos, estables por tanto a pH ruminal, se disocian posteriormente debido al pH del abomaso (2,5-3) y del duodeno (aproximadamente 8) (McLeod, 1974; Mueller-Harvey y McAllan, 1992). El nivel de afinidad entre los taninos y las proteínas es variable y depende fundamentalmente de su peso molecular y del grado de polimerización (Hagerman y Butler, 1991).

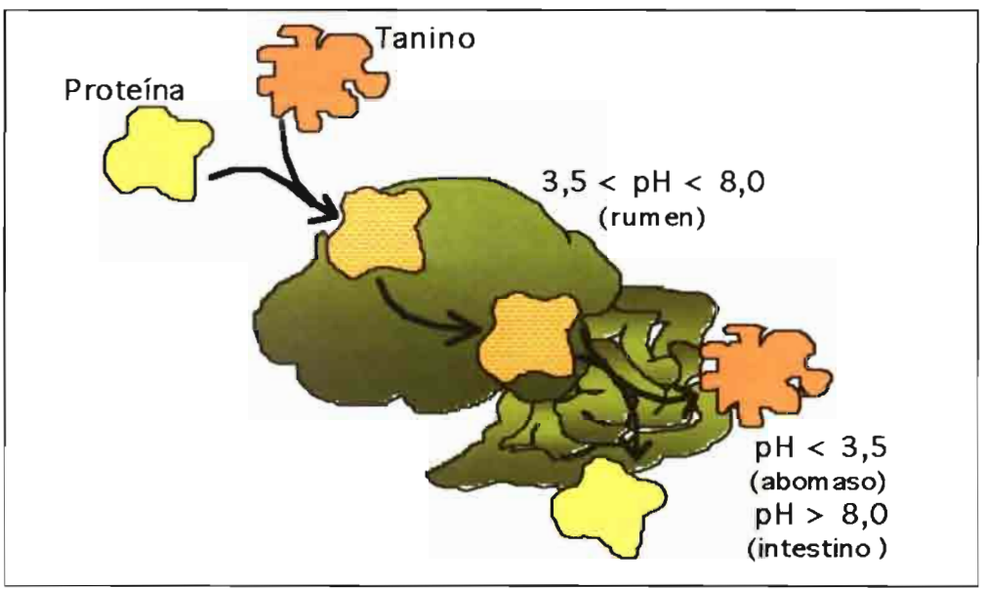


Fig. 1.- Comportamiento pH dependiente de los complejos tanino-proteína.

Los principales mecanismos que explican la reducción de la degradación ruminal debida al efecto de los taninos son la interferencia de estos compuestos con los microorganismos del rumen (ya que la adhesión microbiana a los alimentos es esencial para el desarrollo de la compleja población microbiana que se requiere para la fermentación ruminal) y la inhibición que pueden causar en la actividad enzimática (Bae et al., 1993) y en el crecimiento de muchas cepas de bacterias ruminales (Nelson et al., 1997).

Tratamientos experimentales

En la Estación Agrícola Experimental del CSIC (León) se han llevado a cabo diversos trabajos de investigación sobre el tratamiento con taninos, utilizando torta de soja como alimento base y quebracho comercial (Roy Wilson Dickson Ltd., Reino Unido) y ácido tánico (Panreac., España) como modelo de los taninos condensados e hidrolizables, respectivamente (Frutos et al., 2000; Hervás et al., 2000).

El tratamiento de la torta de soja se realizó mediante la pulverización con soluciones de agua destilada con diferentes dosis de quebracho o ácido tánico, según el caso. Las dosis fueron de 0, 1, 5, 10, 15 y 25 g del reactivo por cada 100 g de MS (es decir, 0, 1, 4,7, 9, 13 y 20%). Ahora bien, es preciso señalar que las dosis no eran directamente comparables, ya que el quebracho es un producto comercial con una pureza de taninos condensados de aproximadamente el 76%.

Para conocer la degradabilidad ruminal de las tortas de soja tratadas se utilizó la técnica de las bolsas de nailon y las incubaciones se realizaron en tres ovejas fistuladas en el rumen. La digestibilidad intestinal de la proteína protegida no degradada en el rumen, se determinó mediante la técnica in vitro descrita por Calsamiglia y Stern (1995).

Según los resultados, el tratamiento de la torta de soja con taninos, tanto hidrolizables (ácido tánico) como condensados (quebracho), redujo significativamente ($P<0,05$) la degradación ruminal de la proteína. Esta reducción se debió, principalmente, a un menor ritmo de degradación y, también, a una disminución de la fracción inmediatamente degradable de la proteína, por la formación de complejos tanino-proteína insolubles. El efecto fue significativo incluso en el tratamiento con la dosis más baja de taninos (1%), tal y como puede observarse en la **figura 2.**

En cuanto a la digestibilidad intestinal de la proteína protegida que atraviesa el rumen sin ser degradada, no se observó

ningún efecto negativo hasta la dosis del 13% cuando se trató con ácido tánico y la del 20% en el tratamiento con quebracho, lo cual indica que, si bien es cierto que determinados taninos pueden inducir un efecto depresivo sobre la actividad intestinal de las enzimas tripsina y amilasa (Silanikove et al., 1994) y que algunos complejos formados entre los taninos y las proteínas podrían ser resistentes al ataque de proteasas (Van Soest, 1994), el efecto de estos compuestos depende intensamente de la dosis.

Por lo tanto, se puede aceptar que, en la alimentación del ganado ovino, el tratamiento con quebracho o con ácido tánico de la torta de soja puede reducir la degradación ruminal de la proteína sin afectar negativamente a su digestibilidad intestinal.

Conscientes de que la aplicación práctica de estos resultados presentaba aún demasiadas incógnitas, se realizaron otra serie de experimentos para continuar profundizando en este tema.

Uno de los inconvenientes del uso de taninos como aditivos químicos para proteger los alimentos ricos en proteína sería la posibilidad de su degradación por microorganismos resistentes. Si esto sucediera, es decir, si la población microbiana se adaptara al consumo de taninos y llegara a degradarlos, los alimentos tratados con estos compuestos serían tan vulnerables a la degradación ruminal como los no tratados.

El primer experimento se realizó con quebracho (tanino condensado) y de acuerdo con lo observado (Frutos et al., 2000), la administración de este compuesto en el rumen de ovejas durante 60 días no incrementó la capacidad de los microorganismos para degradar los taninos condensados utilizados para proteger la torta de soja. Los resultados eran esperables, ya que la mayoría de los investigadores apoya la teoría de que las proantocianidinas, o taninos condensados, no pueden ser degradados en el rumen por los microorganismos (Terril et al., 1994).

En el caso de los taninos hidrolizables (por ejemplo el ácido tánico), la validación del tratamiento a este nivel aún no está realizada pero es importante considerar que este tipo de taninos son más fácilmente degradables en el rumen (Singh et al., 2001) y su efecto protector podría ser invalidado por la adaptación de los microorganismos a su presencia. Se trata de un tema, por lo tanto, que requiere mucha más investigación.

Otro de los inconvenientes del uso de taninos es que su aplicación práctica podría entrar en contradicción, aparentemente, con la idea generalizada de que los taninos son tóxicos para los animales. Es cierto que existen diversos trabajos en los que se describen intoxicaciones del ganado por el consumo de taninos, principalmente hidrolizables (Spier et al., 1987), pero es importante destacar que todos los casos descritos se produjeron en circunstancias muy adversas, cuando los animales presentaban una condición corporal muy baja y se enfrentaban a la escasez o ausencia total de otros recursos vegetales.

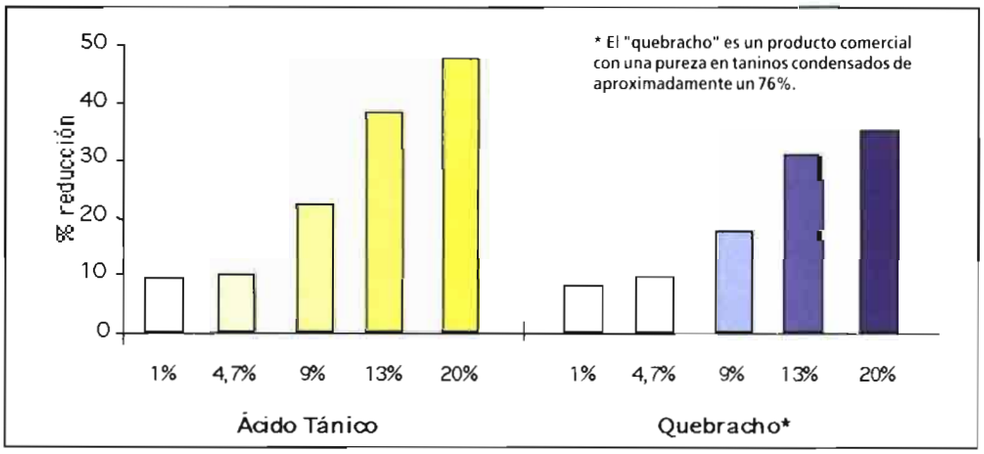


Figura 2.- Porcentaje de reducción de la degradabilidad ruminal de la proteína de la torta de soja en los tratamientos experimentales.

En condiciones prácticas, los suplementos proteicos tratados con taninos serían alimentos complementarios de los suplementos proteicos no tratados y, por lo tanto, entrarían a formar parte de la dieta en la proporción mínima necesaria para ajustar el aporte de PNDR en la dieta.

En consecuencia, el consumo de taninos sería lo suficientemente bajo para no resultar tóxico para los animales, ni afectar negativamente a la respuesta productiva. Así lo comprobamos, por una parte, en un experimento (Raso et al., 2001) en el que 16 corderos fueron alimentados, en condiciones prácticas de cebo, con un pienso que contenía torta de soja tratada con taninos hidrolizables (20 g/kg MS del pienso). Por otra parte, realizamos un experimento específico de toxicidad y comprobamos que dosis de 1,5 g de quebracho/kg de PV (muy superiores a las que podrían llegar a utilizarse para proteger suplementos proteicos) no resultaban tóxicas para el ganado ovino.

Evidentemente, además de los trabajos mencionados en este artículo, existen numerosas publicaciones en las cuales se constata el efecto potencialmente beneficioso de los taninos (así como el efecto negativo de su consumo en cantidades elevadas).

A modo de ejemplo, se han señalado efectos positivos en la retención de nitrógeno en corderos alimentados con *Lotus corniculatus*, que contienen taninos condensados en concentraciones moderadas (Barry y Manley, 1984; Waghorn y Shelton, 1997), mayores retenciones de nitrógeno en corderos alimentados con torta de soja tratada con taninos hidrolizables (Driedger y Hartfield, 1972), mejoras en la producción de lana en ovejas alimentadas con *Lotus corniculatus*, debido a una mayor disponibilidad de aminoácidos azufrados en el intestino (Min et al., 1998) y un aumento significativo en la producción de leche durante las etapas finales de la lactación, en ovino, así como incrementos significativos en la concentración de lactosa y de proteína de la leche (Wang et al., 1996) debido al consumo de estos compuestos.

Puesto que la mayor parte de los trabajos citados se refieren a forrajes que contienen taninos de modo natural, es preciso tener en cuenta que el efecto de los concentrados proteicos tratados con taninos podría no ser exactamente el mismo (Foley et al., 1999).

Un aspecto muy importante que no puede olvidarse es que la mayoría de estos estudios se han realizado con ganado ovino y su extrapolación a otras especies (por ejemplo, vacuno) no debe hacerse nunca sin investigar previamente el efecto específico de los taninos en dichas especies, ya que la respuesta puede ser muy variada.

Aunque queda mucho camino por recorrer en el campo del uso de los taninos como aditivos químicos para proteger la proteína de la dieta frente a la degradación ruminal, parece claro que se trata de un método prometedor, con amplias posibilidades de contribuir a mejorar la oferta de alimentos que aporten una cantidad interesante de PNDR en la dieta.

Su aplicación práctica se enfrentará al reto, como ya se mencionó en la introducción, de conseguir las condiciones de procesado ideales para disminuir la degradación de la proteína hasta un punto que justifique el coste del tratamiento, sin afectar negativamente a la digestibilidad intestinal de la proteína protegida. ■