

UDS

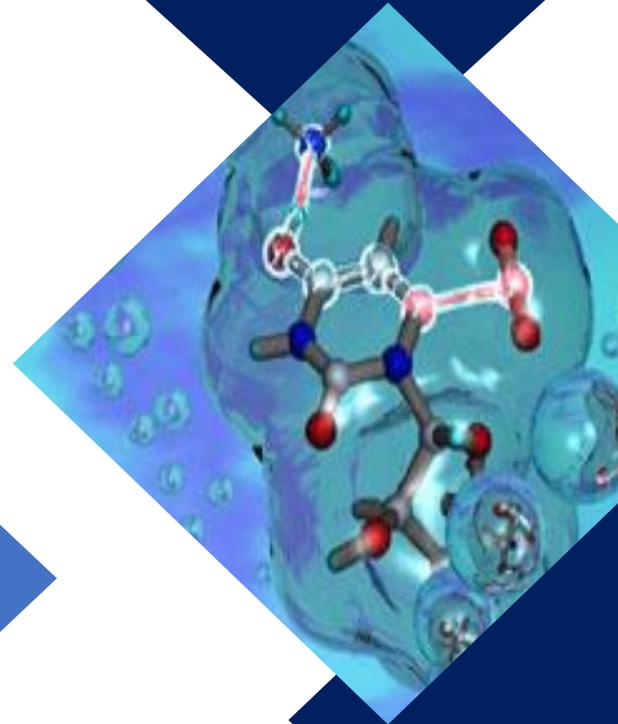


UNIVERSIDAD DEL SURESTE

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



ASPECTOS BÁSICOS DEL METABOLISMO RUMINAL DEL NITRÓGENO



HECHO POR:

SOFIA HERRAN SILVA

TUTOR:

JOSE MIGUEL CULEBRO RICARDI

Resumen

En los rumiantes, la mayor parte de los componentes orgánicos de la dieta son degradados y fermentados en el retículo-rumen, lugar en el que se desarrolla una amplia población microbiana, con predominio de bacterias, pero con participación también de protozoos y hongos. Los productos finales de la fermentación consisten fundamentalmente en ácidos grasos volátiles, metano, dióxido de carbono y amoníaco. Una parte del amoníaco es reutilizada por los microorganismos ruminales para la síntesis de su propia proteína celular y otra parte es absorbida, mayoritariamente en el rumen, pasando por circulación entero-hepática a hígado, donde es transformado en urea. Ésta es en parte eliminada por orina y en parte reciclada de nuevo al aparato digestivo, por difusión o a través de saliva. Los lípidos de la dieta, en su mayor parte triglicéridos y galactolípidos, son hidrolizados a glicerol, galactosa y ácidos grasos. Los primeros son fermentados, en tanto que los ácidos grasos pasan sin fermentar a omaso, si bien los insaturados son masivamente hidrogenados en el rumen. A partir de estos procesos de degradación los microorganismos obtienen energía en forma de ATP, que utilizan para sus funciones de mantenimiento y crecimiento celular.

Considerando ambos aspectos, se puede concluir que la fermentación ruminal permite sacar el mayor beneficio de las dietas de elevado contenido en pared celular y bajo contenido en proteína verdadera, esto es, en condiciones de bajo nivel de producción, en tanto que ofrece desventajas, tanto desde el punto de vista del metabolismo energético como proteico, cuando se utilizan dietas de elevada concentración energética y proteica para atender a niveles de producción elevados. La contribución de la proteína microbiana al flujo total de nitrógeno que llega a duodeno varía con las características de la dieta, fundamentalmente con su contenido en proteína no degradable, pero generalmente representa más del 50% del total. Por consiguiente, en estas fases del ciclo biológico de menores demandas, es suficiente con atender a las necesidades en nitrógeno de los microorganismos del rumen para que queden satisfechas las necesidades en proteína de la oveja. Para cubrir las necesidades en nitrógeno de los microorganismos del rumen, una dieta convencional con un contenido energético entre 8 y 10 MJ EM/kg MS (e.g. dietas constituidas por un heno de gramíneas de calidad media o por una mezcla de concentrado y paja en proporciones 30/70), debería contener entre un 9 y 11 % de proteína bruta, si se asume una degradabilidad de dicha proteína del 80%.

Aún teniendo en cuenta el aporte de proteína no degradable con la cebada, quedarían por cubrir un 30, 21, 18 y 8% de las necesidades en el primer caso y un 41, 34, 29 y 26 % en el segundo, a los pesos indicados. Para llegar a satisfacer el total de las necesidades es necesario incluir en el concentrado un suplemento proteico en sustitución de la cebada. Las estimaciones se han hecho siguiendo las recomendaciones del AFRC (1993), asumiendo una eficiencia de síntesis de proteína microbiana de 10 u 11 g/MJ EM fermentable en rumen. Como en el caso de los corderos, la proteína microbiana cubriría la mayor parte de las necesidades totales en PM (un 54 y un 59%, según se considere una eficiencia de síntesis

microbiana de 10 u 11 g/MJ EM fermentable, tanto en ovejas amamantado uno como dos corderos). Aun teniendo en cuenta el aporte de proteína no degradable con el heno y la cebada, quedarían por cubrir un 23 y un 17 % de las necesidades totales. Si se utiliza torta de soja como suplemento proteico para cubrir el déficit de PM, debería de incluirse en el concentrado en proporciones del 35 % si la degradabilidad de la proteína de la soja fuese del 70%, y en proporciones del 25% si su degradabilidad fuese del 60%, en ambos casos asumiendo la máxima eficiencia de síntesis microbiana. El perfil aminoacídico de la proteína microbiana es muy similar al de las proteínas de la leche y tejidos y, por consiguiente, de elevado valor biológico. No obstante, existe una gran variabilidad individual, encontrándose en la bibliografía valores de contenido en lisina que varían entre un 4,9 y un 9,5%, y de metionina entre un 1,1 y un 4,9%.

Como se ha comentado previamente, el crecimiento microbiano y, por consiguiente, el flujo de proteína microbiana al duodeno, depende de la disponibilidad de energía fermentable en el rumen, siempre que estén cubiertas las necesidades en nitrógeno disponible. Existen, no obstante, diversos factores adicionales que pueden modificar la relación entre el flujo de proteína microbiana a duodeno y la disponibilidad de energía en rumen. Entre ellos cabe destacar, la tasa de renovación del contenido ruminal y la sincronización entre la liberación de energía y proteína del alimento. Estos y otros factores que afectan a la síntesis microbiana en el rumen han sido analizados en numerosas revisiones. Las materias nitrogenadas no proteicas son rápidamente degradadas a amoníaco, mientras que la degradación de las proteínas se desarrolla más lentamente. En el caso de las bacterias el proceso exige un contacto íntimo entre la proteína y la célula bacteriana, dado que las proteasas están ligadas a la superficie externa de su pared celular [Kopečný y Wallace, 1982]. Este contacto se realiza mediante la adsorción de las proteínas solubles a la pared de las bacterias o por adhesión de las bacterias a las proteínas insolubles. En el caso de los protozoos, las partículas de alimento son ingeridas por fagocitosis y sometidas a la acción de sus enzimas digestivos. Dada la gran variedad tanto de bacterias proteolíticas existentes en el rumen como de actividad proteasa que intervienen en el proceso, y teniendo en cuenta que cada especie bacteriana interviene no sólo en la degradación proteica sino también en otros muchos procesos de fermentación, no parece hoy en día factible el control de la proteólisis mediante la eliminación de alguna población microbiana en concreto, o la inhibición de alguna actividad proteasa específica [Broderick et al., 1991].

La actividad proteolítica está íntimamente relacionada con la concentración de microorganismos en el rumen y, por consiguiente, con la disponibilidad de energía y nitrógeno y los distintos factores que afectan al crecimiento microbiano. Así, concentraciones bajas de amoníaco pueden limitar la actividad proteolítica en el rumen, debido fundamentalmente a una reducción concomitante de la actividad microbiana en general. Por otra parte, concentraciones elevadas de amoníaco pueden provocar un descenso de la actividad proteolítica, tal vez por algún mecanismo de retro inhibición [Erfle et al., 1977]. Como ya se ha comentado, las enzimas bacterianas actúan en medio acuoso,

por lo que una mayor solubilidad permite una mayor accesibilidad de las proteasas y, en general, las proteínas más solubles son más susceptibles a la degradación ruminal. Es por ello que numerosos autores han utilizado el valor de solubilidad de las fuentes de proteína en diferentes tampones minerales como un índice de su degradabilidad en rumen.

El ritmo de degradación y la cantidad total de proteína del alimento potencialmente degradable en el rumen, dependen de la accesibilidad y características de la proteína y de la actividad proteolítica del contenido ruminal. Independientemente de que la solubilidad pueda facilitar el acceso de los enzimas proteolíticos al sustrato, la degradabilidad de las proteínas depende en gran medida de su estructura. Así, la ovoalbúmina es muy soluble, pero presenta una elevada resistencia a la degradación ruminal, achacada a su peculiar estructura primaria [Cotta y Hespell, 1986], caracterizada por presentar un resto de prolina y un aminoácido acetilado en los extremos. No obstante, la estructura terciaria y la existencia de enlaces cruzados en la molécula de proteína es lo que en mayor medida condiciona su susceptibilidad a la degradación. Las proteínas con un elevado contenido en puentes disulfuro (como albúminas e inmunoglobulinas), o enlaces covalentes (como en el caso de la elastina), o aquéllas que presentan un elevado entrecruzamiento debido a la acción de tratamientos químicos, se degradan más lentamente que otras con menor grado de estructuración. La importancia de la presencia de puentes disulfuro sobre la susceptibilidad a la degradación microbiana de las proteínas ha sido ampliamente documentada. Así, Fahmy et al. (1991) achacan la menor degradabilidad ruminal de la proteína del maíz (zeína), respecto a las del trigo (gliadina), al mayor contenido en puentes disulfuro de la primera. La relación entre la presencia de puente disulfuro en la estructura terciaria y degradación microbiana de un determinado sustrato ha sido puesta claramente en evidencia por Wallace (1983). Los resultados obtenidos por este autor, que se presentan en la tabla 1, muestran que la lactoalbúmina, la albúmina de suero bovino y la gammaglobulina, con un elevado contenido en puentes disulfuro, se degradan mucho más lentamente que la caseína, menos soluble, pero con un contenido en puentes disulfuro prácticamente nulo. Cuando los enlaces disulfuro fueron rotos mediante oxidación con peróxido, el ritmo de degradación de las cuatro proteínas se igualó, debido a un claro incremento de la degradabilidad de las primeras. Además de su riqueza en puentes disulfuro, la gammaglobulina presenta una fracción glucídica en su estructura que contribuiría también a la baja degradabilidad de esta proteína. Como ya se ha comentado, la proteólisis viene precedida de la adsorción de la proteína soluble a la célula bacteriana o adhesión de las bacterias a las partículas insolubles de alimento. Por ello, la protección de las proteínas del alimento por estructuras fibrosas o amilósicas puede dificultar su accesibilidad a las enzimas proteolíticas y por consiguiente su degradación. La mayor parte de la proteína que llega al duodeno es de origen microbiano, y alcanza a cubrir la totalidad o la mayor parte de las necesidades del animal cuando el nivel de producción es bajo o moderado.