

Pinedo, L.A., Berenchtein, B., Selem, A.S.M.A. Estudo dos processos bioquímicos da fermentação, degradação e absorção de nutrientes dos alimentos em ruminantes. PUBVET, Londrina, V. 2, N. 44, Art#431, Nov1, 2008.



PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/texto.php?id=431>>.

Estudo dos processos bioquímicos da fermentação, degradação e absorção de nutrientes dos alimentos em ruminantes

Lerner Arévalo Pinedo¹, Bernardo Berenchtein¹, Arm Salah Morsy Amine Selem¹

¹Alunos de Doutorado em Ciências do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo - CENA/USP. Piracicaba, SP, Brasil.

RESUMO: No Brasil, as gramíneas e leguminosas forrageiras possuem grande importância, pois se constituem a base da alimentação animal. O objetivo dessa revisão foi apresentar os principais aspectos relacionados com a bioquímica da fermentação ruminal e assim como a degradação e absorção dos nutrientes dos alimentos que acontece nos ruminantes. O rúmen é responsável por 90 a 100% da digestão dos carboidratos solúveis e ácidos orgânicos, entre 60 a 90% da celulose e hemicelulose, dependendo do grau de lignificação da forragem. Dentro do rúmen, os carboidratos são fragmentados em açúcares simples (hexoses) mediante a atividade das enzimas secretadas pelas bactérias celulolíticas (celulases). No caso das proteínas são digeridas em peptídeos (moléculas menores), aminoácidos livres e amônia e a extensão dessa digestão difere grandemente de acordo com a solubilidade da proteína presente na dieta. As gorduras, ou lipídeos da dieta, formados pelos triglicerídeos são hidrolisados no rúmen a glicerol e ácidos graxos pelos

Pinedo, L.A., Berenchtein, B., Selem, A.S.M.A. Estudo dos processos bioquímicos da fermentação, degradação e absorção de nutrientes dos alimentos em ruminantes. PUBVET, Londrina, V. 2, N. 44, Art#431, Nov1, 2008.

microrganismos. O glicerol é fermentado principalmente a ácido propiônico, embora em estágios transitórios, ácidos succínico e láctico também têm sido detectados. Os animais ruminantes suprem suas necessidades diárias de vitaminas do complexo B e K graças a síntese efetiva realizada pelas bactérias presentes no rúmen. Principalmente as vitaminas tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2) e ácido nicotínico geralmente são maiores no conteúdo ruminal no que nos próprios alimentos consumidos pelos animais.

Palavras-chave: Fermentação ruminal, degradação, alimentos, ruminantes.

Biochemistry process of fermentation, degradation and absorption of nutrients in ruminant diets

Abstract: In Brazil, the grasses and legumes forages have a great importance, therefore they consist the base of the animal feeding. The objective's of this study was to evaluate the main aspects of biochemistry of the ruminal fermentation, degradation and absorption of the nutrients of the feeds in ruminant diets. Rumen is responsible for 90 to 100% of the digestion of soluble carbohydrates and organic acids, enters 60 to 90% of cellulose and hemicelulose, depending of lignification degree of the forrage. Inside the rumen, the carbohydrates are fermented to simple sugars (hexoses) by the activity of enzymes secretion by the celulotic bacteria (celullases). While in the proteins they are digested in peptides (small molecules), free amino acids, ammonia and this digestion depends on the solubility from the protein in the diet. The fats or lipids in the diet, formed to triglycerides which hydrolyses in rumen to glycerol and fatty acids by the microorganisms. Glycerol is fermented mainly to propionic acid, just for a while, than succinic and lactic acids also has been detected. The ruminants supply its necessities daily vitamin's of the B complex and K because the synthesis accomplishes carried out through the bacteria in rumen. Mainly the vitamins thiamin (B1 vitamin), riboflavin (B2

Pinedo, L.A., Berenchtein, B., Selem, A.S.M.A. Estudo dos processos bioquímicos da fermentação, degradação e absorção de nutrientes dos alimentos em ruminantes. PUBVET, Londrina, V. 2, N. 44, Art#431, Nov1, 2008.

vitamin) and nicotinic acid are generally much more in the ruminal content than in feeds stuff which consumed by animals.

Key-words: Ruminal fermentation, degradation, feeds, ruminants.

Introdução

No Brasil, as pastagens representam a mais natural e econômica fonte de nutrientes para alimentação de ruminantes.

Considerando que os microrganismos do rúmen, desempenham papel importante na produção animal, através de suas atividades sobre os componentes da dieta dos animais ruminantes transformando as substâncias indigeríveis como celulose, hemicelulose e outros compostos em ácidos orgânicos, aminoácidos e vitaminas bem como substâncias que estimulam o crescimento e a produção de carne, leite, lã e couro (Oliveira et al., 2007).

Os ruminantes têm a capacidade de utilizar grande variedade de alimentos como fonte de nutrientes. O sucesso destes animais se deve a relação simbiótica do hospedeiro (animal) com microrganismos ruminais que possibilita a utilização da parede celular de vegetais e nitrogênio não protéico como fonte de nutrientes, compostos complexos e inutilizáveis para a maioria dos outros animais.

A relação simbiótica se dá da seguinte maneira, o animal fornece alimento e um ambiente (rúmen) para o crescimento dos microrganismos que por sua parte, supre o animal com ácidos resultantes da fermentação e com proteína microbiana.

A presente revisão tem como objetivo, apresentar os principais aspectos relacionados com a dinâmica da bioquímica da fermentação ruminal e assim como a degradação e absorção dos nutrientes dos alimentos que acontece nos ruminantes.

Fermentação ruminal

Os ruminantes apresentam como principal característica a presença de um estômago composto, formado por quatro compartimentos: rúmen, retículo, omaso e abomaso; nos quais a digestão fermentativa precede a digestão enzimática. A estrutura do aparelho digestivo dos ruminantes os capacita a aproveitar com maior eficiência os alimentos ricos em fibra, permitindo sua adaptação a variados ambientes ecológicos.

Em animais adultos, o rúmen tem um volume aproximadamente de 100 litros para bovinos e 10 litros para ovinos, ocupando uma grande proporção da cavidade corporal. (Hobson & Stewart, 1997).

O rúmen apresenta um ecossistema microbiano estável e ao mesmo tempo dinâmico. O ecossistema é estável porque o ruminante saudável não sofre a contaminação do ecossistema, apesar de entrada de milhões de microrganismos no rúmen diariamente, através dos alimentos, água e ar. Seu meio é anaeróbico, com temperatura em torno de 39-42°C, pH entre 6,0 e 7,0, e com presença permanente de substratos e de atividade fermentativa (Kozloski, 2002).

O alimento ingerido pelo animal proporciona um aporte constante de substratos que é retido por tempo e volume necessário para que os componentes da dieta sejam degradados e fermentados pelos microrganismos ruminais. A diferença no tempo de abandono do rúmen da fase líquida e das partículas possibilita uma fermentação eficaz. Muito dos produtos finais da fermentação são absorvidos diretamente na parede do rúmen na fase líquida, e as partículas de maiores tamanhos são retidas por mais tempo para que sofram a degradação.

A anaerobiose dentro do rúmen é um dos maiores obstáculos no ecossistema do rúmen, como também ajuda a conservar a energia que será usada pelo animal. As condições anaeróbicas do rúmen são mantidas por gases gerados durante a fermentação, gás carbônico, metano e traços de hidrogênio. O oxigênio que entra no rúmen é consumido por microrganismos facultativos presentes no rúmen, mantendo a condição anaeróbia.

Digestão dos carboidratos

O rúmen é responsável por 90 a 100% da digestão dos carboidratos solúveis e ácidos orgânicos, entre 60 a 90% da celulose e hemicelulose, dependendo do grau de lignificação da forragem. Dentro do rúmen, os carboidratos são fragmentados em açúcares simples (hexoses) mediante a atividade das enzimas secretadas pelas bactérias celulolíticas (celulases). Estes açúcares resultantes são utilizados intracelularmente pelos microrganismos para produzir energia e outros substratos necessários para sua manutenção e crescimento. Como resultado desta atividade metabólica são geradas grandes quantidades de CO₂, CH₄ e AGV.

Nos ruminantes, os carboidratos compreendem entre 70 e 80% de sua dieta e são fundamentais para o atendimento das exigências de energia, síntese de proteína microbiana, manutenção e saúde do animal, além das exigências para produção. A fermentação dos carboidratos no rúmen dá origem à produção de ácidos graxos voláteis que representam a principal fonte de energia para ruminantes, atendendo até 80% de suas exigências diárias (Nussio et al., 2006).

Os carboidratos, quanto a sua utilização pelos animais, são classificados em fibrosos (celulose e a hemicelulose) e não-fibrosos (amido, açúcares e pectina), onde a primeira categoria é caracterizada pela digestão mais lenta enquanto as representantes da segunda categoria caracterizam-se pela rápida degradação no rúmen. Portanto, as fontes de energia, devido às suas diferenças em composição química, física e cinéticas de digestão, afetam diretamente o consumo de matéria seca, a digestão e a utilização dos nutrientes da dieta.

Em ruminantes, para manter os órgãos digestivos (rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado, e intestino grosso) além do fígado e rins podem levar até 40-50% da energia e 30-40% da proteína consumido em um dia.

Em dietas de forragem que é muito volumosa e apenas 40-60% é digestível, aumenta o peso do trato digestivo. Em contraste, dietas baseadas

em grãos resultam em pesos de órgão diminuídos, comparados com forragens, porque grãos são 80-100% digestível, e tem um tamanho de partícula muito menor que lhes permite ter uma taxa mais rápida de digestão e passagem pelo trato digestivo. O resultado é que grão é mais digestível que forragem, e isto diminui a exigência de manutenção de um animal, portanto deixando mais nutrientes para crescimento de músculo e engorda.

Os principais ácidos graxos voláteis (AGV) produzidos por microorganismos do rúmen são acetato, propionato, e butirato, e servem como os precursores principais para glicose e gordura em ruminantes. Em uma dieta a base de forragem, a proporção de AGV seria aproximadamente 65-70% acetato, 15- 25% propionato, e 5-10% butirato (Nussio et al., 2006). Dietas com altos teores de carboidratos prontamente fermentescível (amido) aumenta a proporção de propionato produzido por fermentação ruminal, e resulta em proporções de AGV de aproximadamente 50-60% acetato, 35-45% propionato, e 5-10% butirato. Esta maior proporção de propionato é extremamente importante a característica de carcaça. Schoonmaker et al. (2004), testando fonte e quantidade de energia sobre as características de carcaça de novilhos, concluíram que tanto a fonte quanto a quantia de energia afetaram a deposição de gordura, onde animais que recebiam dietas de alto concentrado ad libitum, apresentaram maior espessura de gordura subcutânea aos 316 dias de idade, quando comparados aos animais que recebiam dietas de alto volumoso, ou dietas de alto-concentrado de forma limitada.

Amido é o principal componente energético de grãos, então é o nutriente primário em dietas típicas para acabamento usadas para promover elevados níveis de produção. Assim, a utilização ótima deste amido é fundamental para aumentar a eficiência na produção de gado confinado.

O amido é um polissacarídeo não estrutural de elevado peso molecular e sintetizado pelas plantas superiores com função de reserva energia (Van Soest, 1994). Dois tipos de polímeros ocorrem no amido: a amilose com ligações α -1,4, e amilopectina com ligações de glicose α -1,4 e α -1,6, a proporção desses dois polissacarídeos varia entre espécies e variedade. Ao ser ingerido, pelo

ruminante, o grão contendo amido é aderido e colonizado por algumas bactérias ruminais que produzem endo e exo-enzima que hidrolisam as ligações α -1,4 e α -1,6 da amilose e da amilopectina.

Digestão da proteína

Os microrganismos existentes no rúmen possuem intensa atividade proteolítica. As proteínas são digeridas em peptídeos (moléculas menores), aminoácidos livres e amônia e a extensão dessa digestão difere grandemente de acordo com a solubilidade da proteína presente na dieta.

A atividade de desaminação (separação do nitrogênio dos aminoácidos) pelas bactérias do rúmen ocorre pelo processo fermentativo com produção de amônia, dióxido de carbono e ácidos graxos voláteis de cadeia curta e não varia muito com o conteúdo de proteína da dieta. As bactérias utilizam a amônia disponível no conteúdo ruminai como principal fonte de nitrogênio para a síntese de proteína microbiana. Algumas espécies de bactérias utilizam diretamente os peptídeos e aminoácidos formados no rúmen. Mas, amônia é o principal constituinte de nitrogênio solúvel presente no fluido ruminai. Sua concentração depende: da quantidade e solubilidade da proteína da dieta; da quantidade de uréia que é reciclada no rúmen através da saliva; da difusão da uréia pela parede do rúmen e da taxa de absorção da amônia do rúmen.

A uréia é uma fonte de nitrogênio não solúvel rapidamente hidrolisado pelas bactérias do rúmen em amônia e dióxido de carbono numa velocidade quatro vezes superior a sua capacidade de incorporação à proteína microbiana pelos microorganismos, ficando dependente de diversos fatores para sua utilização quando a concentração de amônia exceder 5 a 8 mg/l 00 ml de líquido ruminai, como disponibilidade de carboidratos, minerais e outros. Assim, para incorporação do nitrogênio pelas bactérias há necessidade de uma fonte de energia disponível.

A adição de carboidratos na dieta promove diminuição na concentração de amônia no rúmen e a velocidade desse processo vai depender do tipo de fonte de energia utilizada. Carboidratos solúveis aumentam a velocidade com que a

amônia é utilizada pelos micróbios e, conseqüentemente, aumentam a síntese de proteína microbiana.

Digestão da gordura

As gorduras, ou lipídeos da dieta, formados pelos triglicerídeos são hidrolisados no rúmen a glicerol e ácidos graxos pelos microrganismos. O glicerol é fermentado principalmente a ácido propiônico, embora em estágios transitórios, ácidos succínico e láctico também têm sido detectados.

O fenômeno mais importante que acontece com os ácidos graxos derivados dos triglicerídeos é a biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados. Quando os ácidos graxos insaturados C 18 (oléico, linolêico e linolênico contendo uma, duas e três duplas ligações, respectivamente) são colocados no rúmen, grande quantidade é convertida em ácido graxo saturado C 18 (esteárico).

Os ruminantes não toleram altos níveis de gordura na dieta, tanto que a grande maioria das plantas, que são as principais fontes da alimentação desses animais, é pobre em lipídeos apresentando teor médio ao redor de 4% na matéria seca.

A suplementação da dieta com lipídeos pode promover efeitos negativos sobre a nutrição do animal com diminuição da ingestão alimentar e da digestibilidade dos nutrientes, devido a modificações na digestão e hidrogenação dos ácidos graxos no rúmen ou promover efeitos positivos com a redução da produção de metano com conseqüente melhoria na eficiência de utilização da energia pelo animal e na redução da liberação do gás metano ao meio ambiente. Ácidos graxos insaturados estão entre os compostos sugeridos como aditivos para eliminar a formação de metano e reduzir as perdas produzidas pela fermentação. Ionóforos adicionados aos alimentos interferem com o transporte de hidrogênio e provavelmente inibem a hidrólises de lipídeos no rúmen.

A administração pura de ácidos graxos insaturados em níveis mais elevados que ao redor de 6 % do total da dieta na matéria seca é tóxica para

os microrganismos ruminais. Em níveis toleráveis os ácidos graxos insaturados promovem queda na produção de gordura do leite. Dessa forma, há necessidade de se proteger os ácidos graxos da ação das bactérias no rúmen de forma que eles passem pelo rúmen em grande parte sem serem metabolizados. A proteção envolve o uso de complexos de ácidos graxos com sais de cálcio insolúveis. A gravidade específica e o tamanho das partículas são importantes na determinação do escape do rúmen.

Degradação e absorção das vitaminas

Os animais ruminantes suprem suas necessidades diárias de vitaminas do complexo B e K graças a síntese efetiva realizada pelas bactérias presentes no rúmen. Principalmente as vitaminas tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2) e ácido nicotínico geralmente são maiores no conteúdo ruminai no que nos próprios alimentos consumidos pelos animais. A maior parte da tiamina encontra-se dissolvida no líquido ruminai, assim como cerca de 40% da biotina, ácido pantotênico e piridoxina (vitamina B6) e podem, dessa forma, serem absorvidas pelas paredes do rúmen. Já as vitaminas riboflavina, ácido nicotínico, ácido fólico e vitamina B 12 encontram-se dentro da célula microbiana e pouca absorção ocorre no rúmen. Portanto, sinais característicos da deficiência dessas vitaminas nos ruminantes adultos são praticamente inexistentes a menos que haja deficiência de certos elementos minerais necessários para a síntese de algumas vitaminas.

Na carência de enxofre as bactérias não podem sintetizar as vitaminas tiamina e biotina e o cobalto é necessário para a síntese de cianocobalamina ou vitamina B12 que não é encontrada nas plantas. Neste caso, ruminantes jovens com carência de cobalto podem apresentar sintomas da deficiência de vitamina B12, tais como redução do apetite e crescimento lento. Devido a necessidade desse elemento pelos microrganismos do rúmen, o requerimento de cobalto é mais alto em animais ruminantes do que em não ruminantes (Baker, 1999).

Pinedo, L.A., Berenchtein, B., Selem, A.S.M.A. Estudo dos processos bioquímicos da fermentação, degradação e absorção de nutrientes dos alimentos em ruminantes. PUBVET, Londrina, V. 2, N. 44, Art#431, Nov1, 2008.

Considerações finais

O rúmen contém uma complexa mistura de partículas alimentares e de microrganismos compostas de: bactérias, protozoários ciliados e flagelados, fungos, micoplasmas e bacteriófagos, os quais estabelecem entre si diversas interações. As bactérias e os protozoários ciliados representam, a maior parte das condições, os componentes mais importantes da população microbiana.

A nutrição animal é um vasto campo para o desenvolvimento de pesquisas, e ainda temos muito a pesquisar com os animais, visando otimizar seu desempenho, diminuir as perdas energéticas no sistema como um todo e produzir alimentos mais saudáveis e palatáveis ao consumidor.

O entendimento da natureza química dos processos vitais é de fundamental importância quando se pretende obter os melhores desempenhos possíveis do animal, principalmente no caso dos ruminantes, onde temos um complexo sistema bioquímico de digestão dos alimentos.

Referências bibliográficas

- Bueno, I. C. S. Cinética digestiva e síntese microbiana ruminal em ovinos alimentados com feno de três quantidades distintas. Tese de Doutorado, CENA/USP. Piracicaba, SP. p. 72. 2002.
- Hobson, P.N.; Stewart, C.S. The rumen microbial ecosystem. 2.ed. London: Blackie Academic & Professional. 1997, 719p.
- Kamra, D.N. Rumen microbial ecosystem. Current Science, v.89, n.1, p.124-134, 2005.
- Kozloski, G.V. Bioquímica dos ruminantes. 1 ed. Santa Maria: UFSM. 2002, 140p.
- Lana, R.P. Nutrição e alimentação animal. 1. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2005, 343p.
- Nussio, L.G.; Campos, F.P.; Lima, M. L. M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal : Funep, p. 151-182, 2006.
- Oliveira, J. S.; Zanine, A. M.; Santos, E. M. Diversidade microbiana no ecossistema ruminal. Revista electrónica de veterinaria. v.8, n.6. 2007.
- Schoonmaker, J. P.; Cecava, M. J.;Faukner, D. B.; Fluharty, F. L.; Zerby, H. N.; Loerch, S. C. Effect of source of energy and rate of growth on performance, carcass characteristics, ruminal fermentation, and serum glucose and insulin of early-weaned steers. J. Anim. Sci. 81: 843-855. 2003.
- Towne, G.; Nagajara, T.G. Omasal ciliated protozoa in cattle, bison and sheep. Applied Environment Microbiology, v.56, p.409-412, 1990.
- Van Soest, P. J. Nutritional Ecology of the Ruminant. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.