

FISIOLOGIA DA DIGESTÃO DA PROTEÍNA EM BEZERROS DURANTE O PERÍODO PRÉ-RUMINANTE: REVISÃO DA LITERATURA¹

ALIOMAR G. SILVA² e ORIEL F. DE CAMPOS³

RESUMO - Foram revistas as informações da literatura sobre os principais aspectos fisiológicos da digestão da proteína em bezerros pré-ruminantes. Foram abordadas a ação da goteira esofageana, a digestão no abomaso e intestino delgado, a ação das diversas enzimas e componentes dos sucos digestivos envolvidos em cada um destes compartimentos, bem como o efeito do fluxo do conteúdo digestivo na digestão da proteína.

Termos para indexação: goteira esofageana, abomaso, intestino, enzimas, sucos digestivos.

PHYSIOLOGY OF THE PROTEIN DIGESTION IN PRERUMINANT CALVES: A REVIEW.

ABSTRACT - Literature data on the main physiological aspects of the protein digestion in nonruminant calves was reviewed. Emphasis was given on the esophageal groove action, abomasum and small intestine digestion, action of several enzymes, and gastric secretion components present in each of these compartments, as well as the digesta flow effect on protein digestion.

Index terms: esophageal groove action, abomasum, intestine, digestive physiology, digestive enzymes, gastric secretion.

INTRODUÇÃO

O sistema digestivo do bezerro passa por rápidas transformações durante os primeiros meses de vida. O bezerro, que nasce não-ruminante, pode tornar-se um ruminante funcional com cerca de seis semanas de idade. Razões econômicas têm determinado estudos visando diminuir ao máximo o período não-ruminante da vida do bezerro, bem como o desenvolvimento de sucedâneos que possam ser usados em substituição ao leite, na alimentação desses animais, durante esse período. O objetivo dessa revisão é resumir alguns aspectos fisiológicos da digestão da proteína que ocorrem durante o período em que o bezerro é um animal pré-ruminante.

Ação da goteira esofageana

O leite e os sucedâneos do leite na forma líquida são transferidos diretamente para o abomaso pela

ação da goteira esofageana. Esta ação é muito efetiva quando os animais consomem suas dietas líquidas em estado de "excitamento juvenil" (movimentos característicos da cabeça e da cauda que são observados quando o animal está faminto); porém, quando o animal bebe para saciar a sede, ou é forçado a consumir o alimento, os líquidos normalmente entram no rúmen (Ørskov et al. 1970). A alimentação através do uso de mamadeiras é mais efetiva do que através do uso de baldes para estimular o fechamento da goteira esofageana (Wise & Anderson 1939, Wadleigh & Mowat 1978, Wise et al. 1984). O fator raça também afeta o funcionamento da goteira esofageana (Wise et al. 1984). O soro de leite tem menor ação sobre a formação da goteira esofageana do que a proteína de leite, a farinha de soja ou a proteína concentrada de peixe (Guilhermet et al. 1973). Há evidências de que a proteína concentrada de peixe, caindo dentro do rúmen, pode causar timpanismo (Makdani et al. 1971).

Digestão no abomaso

Por causa da ação da goteira esofageana, a primeira atividade enzimática sobre a proteína da dieta ocorre no abomaso. As principais secreções

¹ Aceito para publicação em 12 de junho de 1986.

² Eng. - Agr., M.Sc., Ph.D., EMBRAPA/Departamento de Orientação e Apoio à Programação de Pesquisa, Caixa Postal 04.0315, CEP 70312 Brasília, DF.

³ Eng. - Agr., M.Sc., Ph.D., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, CEP 36155 Coronel Pacheco, MG.

do abomaso são o ácido clorídrico (HCl), a pró-pepsina e a pró-renina (Huber 1969).

Os reflexos colinérgicos estimulam a secreção de HCl por ação direta sobre as células parietais ou indiretamente facilitando a secreção de gastrina. A gastrina aumenta o efeito dos reflexos colinérgicos sobre as células parietais (Debas et al. 1974). A secreção de HCl é, provavelmente, muito pequena na época do nascimento, mas aumenta rapidamente com a idade (Thivend et al. 1980). A presença de leite no abomaso estimula a produção de HCl (Ash 1964). Em ovinos o desenvolvimento das células parietais do abomaso é grande durante os três primeiros dias de vida (Roy & Stobo 1975). O pH do conteúdo abomasal varia de 5,0 a 8,0 antes de o bezerro receber sua primeira refeição, mas cai para 3,0 até o segundo dia de vida (Thivend et al. 1980). A origem e o processamento da proteína afetam, de maneira acentuada, a secreção de HCl. A secreção de ácido diminui quando a proteína do leite é substituída por proteína de soja e aumenta com proteína de peixe (Roy & Stobo 1975, Williams et al. 1976). O conteúdo do tubo digestível foi mais ácido, uma a três horas após a alimentação, em bezerras recebendo leite em pó desnatado moderadamente pré-aquecido (LMA), do que naqueles recebendo leite em pó desnatado severamente pré-aquecido (LSA). Maior acidez gástrica também foi observada em bezerras recebendo LMA (Williams et al. 1976, Tagari & Roy 1969, Ternouth et al. 1974). A farinha de soja mostrou ser um estimulante menos efetivo da secreção ácida do que a proteína concentrada de peixe ou LMA (Williams et al. 1976). Este fato não pode ser explicado pela maior diferença na relação proteína digerida - proteína não digerida encontrada ao nível do duodeno (Ternouth et al. 1975), porém poderia ser consequência de diferentes produtos da degradação das proteínas (Williams et al. 1976). Não existe, contudo, evidência direta de que fatores da dieta estimulem a produção e liberação de gastrina em ruminantes (Hill 1968).

As células secretoras de pró-pepsina parecem responder, primariamente, a uma estimulação neural colinérgica direta, muito embora a gastrina também esteja implicada no processo (Gregory 1974). O precursor da pepsina é transformado

na enzima ativa de duas maneiras. Primeiramente, a ativação da enzima é iniciada quando a secreção de HCl abaixa o pH para valores menores que 5,0. Em seguida, pequenas quantidades de pepsina agem autocataliticamente, resultando na separação de diversos peptídeos da molécula de pró-pepsina. A molécula resultante é a enzima ativa que tem pH ótimo, que varia entre 1,8 e 3,5 (Sanford 1982).

Ação coaguladora é observada na mucosa do abomaso de feto de ruminantes (Kirton et al. 1971). A maior parte dessa ação é devida à renina, que tem atividade proteolítica menor que a pepsina (Thivend et al. 1980). A atividade da renina diminui de acordo com o aumento da idade, enquanto a atividade da pepsina tende a crescer ligeiramente (Thivend et al. 1980, Henschel et al. 1961 a,b). Na época da desmama, a atividade da renina diminui, ao passo que a atividade da pepsina permanece aproximadamente constante (Thivend et al. 1980) ou aumenta ligeiramente (Guilloteau et al. 1983). Esses efeitos são parcialmente reversíveis. Assim, quando os animais recebem novamente alimento líquido contendo caseína, a atividade da renina aumenta, sem, contudo, atingir os níveis observados antes da desmama, ao passo que a atividade da pepsina não é afetada (Garnot et al. 1977). A pepsina é predominante após a desmama, mas alguma renina ainda é encontrada nessa época (Thivend et al. 1980).

As secreções gástricas variam com a idade e com a quantidade de leite ingerida. A quantidade de suco gástrico produzido aumenta até a quinta ou sétima semana de vida, e então diminui até a trigésima segunda semana (Henschel et al. 1961a, b). A quantidade de ácido secretado no abomaso de bezerras pré-ruminantes duplica entre 7 e 24 dias de idade e triplica entre 24 e 63 dias; contudo, as quantidades de Na^+ , K^+ e Cl^- não aumentam significativamente (Roy & Stobo 1975). Apesar disto, bezerras pré-ruminantes, canulados com cânula gástrica, mostraram grande variedade cíclica na secreção ácida entre a segunda e a trigésima segunda semana, bem como na liberação de Na^+ , K^+ e Cl^- , sem mostrar grandes variações com a idade (Thivend et al. 1980).

O conteúdo abomasal, imediatamente antes de uma refeição, tem um pH variando de 1,0 a 2,0 e consiste de um fluido claro, ligeiramente viscoso,

contendo pequenos coágulos de leite. Durante a alimentação, o leite coagula rapidamente assim que atinge o abomaso (Hill 1968). A acidez do conteúdo abomasal diminui (pH 6,0) imediatamente após a alimentação (Mylrea 1966 a), mas com o aumento da secreção de HCl, o pH diminui lentamente durante cerca de cinco horas, até atingir os valores observados antes de o animal receber o alimento (Porter 1969). Nesse momento, a maior parte do soro do leite já deixou o abomaso, e o pH do conteúdo abomasal é suficientemente baixo para permitir a dissolução do coágulo de caseína pela pepsina (Mylrea 1966 a, Thernouth et al. 1974).

A proteína do leite coagula no abomaso pela ação da renina e pepsina, que separa o leite em coágulos de proteína e soro. O soro aparece no duodeno dentro de cinco minutos após o bezerro ser alimentado, mas a caseína coagulada é lentamente degradada e seus produtos são subsequentemente liberados dentro do duodeno (Mylrea 1966 a). A pepsina tem somente um terço da capacidade coaguladora da renina em pH neutro, porém mais de 20 vezes a atividade proteolítica em pH baixos (Raymond et al. 1973). O pH ótimo para coagulação pela renina é de 6,5, enquanto o pH ótimo para atividade proteolítica é de 4,0 para renina e de 2,0 para pepsina (Tagari & Roy 1969). Existe pequena diferença, para a digestão do leite "in vitro", entre os resultados obtidos com renina ou pepsina (Henschel et al. 1961 b). Ambas as enzimas tem seqüência semelhante de aminoácidos (Kotts & Jenness 1976), mas diferem drasticamente em suas atividades com ribonuclease como substrato. A pepsina torna inativa a ribonuclease, mas a renina, não (Bang-Jensen et al. 1964).

O desenvolvimento de um coágulo de boa consistência após a ingestão de leite ou sucedâneo do leite parece ser fisiologicamente útil à digestão das proteínas e gorduras através do aumento do tempo de permanência do alimento no abomaso (Frantzen et al. s.n.t., Roy & Stobo 1975, Tagari & Roy 1969, Thivend et al. 1979). O coágulo libera os nutrientes mais lentamente dentro do intestino delgado e facilita a ação das enzimas digestivas. Um coágulo de boa consistência evita que uma quantidade excessiva de proteína não digerida atinja o intestino delgado (Roy & Stobo 1975, Thivend et al. 1979), o que é particular-

mente importante em bezerros com menos de três a quatro semanas de idade que não têm o sistema digestivo totalmente desenvolvido (Thivend et al. 1979), mas não em bezerros mais velhos (Lister & Emmons 1976). Uma boa coagulação também influenciaria na digestão das gorduras, já que pequenos glóbulos de gordura permanecem inseridos nos coágulos (Hill et al. 1970, Ternouth et al. 1980), o que permite maior oportunidade para a ação das esterases pré-gástricas sobre as gorduras (Radostits & Bell 1970, Ternouth et al. 1980).

O menor desenvolvimento observado em bezerros recebendo sucedâneo do leite, em que a proteína do leite foi substituída por proteínas vegetais, tem sido, entre outros fatores, atribuído à inadequada coagulação no abomaso (Radostits & Bell 1970, Roy et al. 1977). Outros trabalhos de pesquisa, contudo, têm sugerido que a formação de coágulos no abomaso não é importante para o crescimento normal e para a saúde dos bezerros (Owen & Brown 1958, Netke et al. 1962). Assim, a coagulação da caseína poderia ter uma função fisiológica benéfica em bezerros recebendo leite integral, porém a coagulação não teria utilidade em sucedâneos contendo uma mistura de leite desnatado em pó e uma proteína de qualidade inferior. Neste caso, a coagulação resultaria num padrão de absorção de aminoácidos essenciais diferente do desejado (Jenkins & Emmons 1982).

Os fatores que aumentariam a formação dos coágulos são: maior acidez do leite desnatado (pH variando de 5,6 a 6,6), maior concentração de renina, menores temperaturas no tratamento do leite desnatado antes da transformação em leite em pó, e maior temperatura de coagulação (37° vs 30°C) (Emmons & Lister 1976). A farinha de colza desengordurada (4% do peso do leite desnatado reconstituído e tratada a baixa temperatura) tem pequeno efeito na consistência do coágulo; entretanto, soro em pó (4%) e proteína de peixe concentrada (2%) diminuem a consistência do coágulo do leite desnatado reconstituído em aproximadamente 30%. A farinha de soja (4%) e a proteína isolada de soja (2%) reduzem marcadamente a consistência do coágulo; por outro lado, a adição de CaCl₂ (0,1% a 0,4%) restaura a consistência do coágulo, porém não restaura a firmeza do coágulo do leite desnatado em pó severamente