

Uma revisão de quitosana: polímero que melhora a eficiência do rebanho e a sustentabilidade do sistema de produção**A chitosan review: polymer that improves efficiency of the cattle and production system sustainability**

Recebimento dos originais: 01/11/2019

Aceitação para publicação: 30/12/2019

Girlene Cordeiro de Lima Santos

Mestranda em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba-UFPB, no Centro de Ciências Agrárias-CCA

Instituição: Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Centro de Ciências Agrárias-CCA

Endereço: 12 Rodovia, PB-079, Areia - PB, Brasil, CEP: 58397-000

E-mail: girlenecordeiros@gmail.com

Juliana Silva de Oliveira

Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Centro de Ciências Agrárias-CCA

Endereço: 12 Rodovia, PB-079, Areia - PB, Brasil, CEP: 58397-000

E-mail: oliveirajs@yahoo.com.br

Severino Gonzaga Neto

Doutor em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista

Instituição: Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Centro de Ciências Agrárias-CCA

Endereço: 12 Rodovia, PB-079, Areia - PB, Brasil, CEP: 58397-000

E-mail: sgonzaganeto@gmail.com

Ana Maria Cabral Duarte

Doutora pela Universidade Federal Rural de Pernambuco

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Unidade Acadêmica de Serra Talhada-UAST

Endereço: Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n, Bairro: José Tomé de Souza Ramos, Serra Talhada-PE, Brasil, CEP: 56909-535

E-mail: amdcabral@gmail.com

RESUMO

A quitosana é um polímero natural resultante da quitina usado como aditivo de modulação da fermentação do rúmen, que melhora a eficiência produtiva do rebanho, podendo ser utilizada como alternativa aos ionóforos. Nesta revisão, a importância da quitosana na atividade pecuária é destacada com ênfase na alimentação de animais ruminantes e de não ruminantes. A quitosana é a segunda substância orgânica mais abundante na natureza. É derivada do processo de desacetilação da quitina, principal componente do exoesqueleto de crustáceos, algas, insetos e parede celular de bactérias e fungos. Na alimentação de ruminantes a quitosana é usada com função antimicrobiana e modulador ruminal, desviando o metabolismo do animal para rotas energeticamente mais eficientes, contribuindo na redução de CH₄ e induzindo a produção de propianato. Na biohidrogenação *in vitro* aumenta a proporção de ácidos graxos, embora dependa da fonte de gordura. Em não ruminantes a quitosana é usada em substituição aos antibióticos como melhora na função intestinal. Logo, a quitosana promove o aumento da eficiência alimentar do rebanho.

Palavras-chave: aditivo, alimentação animal, antibiótico, pecuária, quitina.

ABSTRACT

Chitosan is a natural polymer resulting from chitin used as a ruminal fermentation modulation additive, which improves the production efficiency of the herd and can be used as an alternative to ionophores. In this review, the importance of chitosan in livestock activity is highlighted with emphasis on the feeding of ruminant and non-ruminant animals. Chitosan is the second most abundant organic substance in nature. It is derived from the deacetylation process of chitin, the main component of the crustacean, algae, insect and cell wall exoskeleton of bacteria and fungi. In ruminates feeding chitosan is used with antimicrobial function and ruminal modulator, diverting the metabolism of the animal to more energy-efficient routes, contributing to the reduction of CH₄ and inducing the production of propionate. In vitro biohydrogenation increases the proportion of fatty acids, although it depends on the fat source. In non-ruminates chitosan is used in place of antibiotics as an improvement in bowel function. Thus, chitosan promotes increased feed efficiency of the herd.

Keywords: additive, animal feed, antibiotic, livestock, chitin.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da população, a demanda de carne e de leite por meio de sistemas de produção sustentáveis com menor emissão de gases (i.e. metano), tem sido crescente, o que aumenta o desafio para setor agropecuário (GRIGOL et al., 2019). Por exemplo, a emissão de metano representa uma perda de 6 a 17% de energia digestível que equivale 10 a 20% da energia bruta em animais ruminantes. Além disso, o metano é um dos gases responsáveis pelo aquecimento global (SANTANA NETO et al., 2012).

Alguns fatores relacionados à alimentação animal podem contribuir para uma menor emissão de metano, como os tipos de sistemas de produção e o uso de aditivos na dieta, como os óleos, glicerol, saponinas, taninos e ionóforos (ARRIGONI et al., 2013).

A inclusão de aditivos na dieta (i.e. ionóforos) melhora o desempenho animal e reduz o impacto ao meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2019; MOURÃO et al., 2012). Por exemplo, os ionóforos são antibióticos que atuam nos microrganismos ruminais, reduzindo a quantidade de bactérias metanogênicas e celulolíticas, as quais produzem CO₂ e H₂ (SANTANA NETO et al., 2012). Os ionóforos agem inibindo as bactérias gram-positivas que geram ácido acético, lácteo, butírico e H₂ (GONÇALVES NETO e PEREIRA, 2010). O H₂ é usado pelas bactérias metanogênicas para produção de metano. Logo, os ionóforos reduzem a quantidade de CO₂ e CH₄ liberados no ambiente através do processo de eructação em ruminantes (STRADIOTTI JÚNIOR et al., 2004). Contudo, para um bom resultado, aditivos na dieta precisam ser bem geridos, uma vez que podem provocar intoxicação no animal (NOGUEIRA, FRANÇA e PEIXOTO, 2009; GONÇALVES NETO e PEREIRA, 2010; PEREIRA et al., 2015).

A adição de quitosana, um aditivo natural, tem ganhado destaque como alternativa aos antibióticos ionóforos na alimentação animal, já que esse polímero possui ação análoga ao ionóforo (GOIRI, RODRIGUEZ, & OREGUI, 2009).

A quitosana foi descoberta pelo professor francês Henri Braconnot, em 1811. Porém, pesquisas com a sua utilização foram conduzidas apenas em 1970 (CUÉLLAR, 2002). A quitosana exibe diversas funcionalidades e formas de uso nas áreas da medicina, indústria farmacêutica, alimentícia, cosmética e na agricultura (CUÉLLAR, 2002; MUXIKA et al. 2017), uma vez que possui ótima adsorção e capacidade quelante (LORENA et al., 2017). É um copolímero biológico obtido da dessacetilação da quitina. A quitina, por sua vez, é um polissacarídeo presente na carapaça de crustáceos, exoesqueleto de insetos e na parede celular de fungos (LORENA et al., 2017). A quitina é a matéria biológica encontrada em maior quantidade na biosfera, perdendo apenas para a celulose (CAMPANA FILHO et al., 2017). A quitina e a quitosana são formados por N-acetil glucosamina e D-glucosamina unidas por monômeros de glicose (CUÉLLAR, 2002).

Atualmente, muitas pesquisas estão sendo conduzidas para avaliação do uso da quitosana em substituição aos ionóforos na dieta de animais (PAIVA et al., 2016). O efeito da quitosana com finalidade antimicrobiana foi validada em 1979 por Allan e Hardwiger (PEREIRA, 2017). Hoje há diversos estudos que comprovam o efeito modulador da quitosana na fermentação ruminal. Santos (2018) cita que a quitosana seleciona microrganismos benéficos, os quais vivem em interação simbiótica no rumem. Já Costa, Pereira e Alves (2017) afirmam que a adição de quitosana na dieta de bovinos favorece a saúde ruminal e melhora a conversão alimentar.

Nesta revisão, a importância da quitosana na atividade pecuária é destacada com ênfase na alimentação de animais ruminantes e de não ruminantes.

2 QUITOSANA: PROPRIEDADES E PROCESSO DE OBTENÇÃO

A quitosana é um polissacarídeo catiônico, resultante da quitina, o segundo polissacarídeo de maior abundância na natureza após a celulose, encontrado, sobretudo em exoesqueletos de crustáceos (LORENA et al., 2017; CAMPANA FILHO et al., 2017). As estruturas químicas da quitina e quitosana são compostas por copolímero de N-acetilglucosamina e D-glucosamina unidas por monômeros de glicose, sendo que essas ligações são do tipo β (1-4), igual como ocorre na celulose (CUÉLLAR, 2002; CAMPANA FILHO et al., 2017), o que difere a quitina e a quitosana é a quantidade de 2-acetamino-2-desoxi-D-glicopirranose (GlcNAc) e 2-amino-2-desoxi-D-glicopirranose (GlcN), que predominam em ambos respectivamente (RENNÓ et al., 2011).

A quitosana é biodegradável e biocompatível com ação sobre bactérias e fungos. Suas características e aplicabilidade depende do grau da descetilação e do seu peso molecular. Soluções com quitosana tem viscosidade afetada pelo grau de desacetilação, força aniônica, peso molecular, temperatura e pH. A quitosana comercializada possui uma maior quantidade de nitrogênio (6,89%), quando comparada a celulose sintética (1,25%) (RABEA et al., 2003).

Por causa de sua degradabilidade, a quitina não se acumula no meio ambiente, o que contribui na redução da poluição ambiental. O ciclo da quitina no ambiente utiliza algumas enzimas que podem ser encontradas em fluidos corpóreos dos animais, nas plantas e em microrganismos do solo. Os mecanismos de ação das enzimas do ciclo da quitina ocorrem da seguinte maneira: a quitina sofre ação da enzima quitinase lisozima formando quitina-oligossacarídeos que, por sua vez, através da enzima N-acetil- β -D-glicosaminidase formará N-acetil-D-glicosamina. A quitina pode formar quitosana pela ação da enzima quitina deacetilase e, posteriormente, por ação da quitonase que forma quitosana-oligossacarídeos e, finalmente, a D-glicosamina (MATSUI, 2007).

Na obtenção de quitosana há a execução de algumas etapas. Inicialmente é necessário separar o material grosseiro, que comumente se encontra junto às carapaças dos crustáceos (pedra, plásticos e etc.). No uso de crustáceos, o pré-tratamento constitui a moagem a fim de alcançar a granulometria desejada. Na prática da desmineralização é exercida a diminuição do teor de cinzas. Em seguida é feita a etapa de desproteinização que tem como finalidade diminuir o teor de nitrogênio proteico. Para isto, utiliza-se uma solução de hidróxido de sódio 5% p/v sob agitação, lavando em seguida até atingir pH neutro. Na desodorização, a matéria-prima já desproteinizada é submetida a agitação, adicionando-se solução de hipoclorito de sódio 0,36% v/v, com o intuito de reduzir o odor do material e os pigmentos. Posteriormente é feita a lavagem para remover o hipoclorito de sódio restante, até pH neutro. E finalmente, a quitina é submetida a uma temperatura de 80°C por 4 h até a secagem. Para obtenção da quitosana deve ser feita a desacetilação da quitina, usando solução de NaOH 45°Bé (42,3%) sob agitação e aquecimento durante 2 h. Após esse tempo, deve-se proceder a lavagem para remoção do reagente, o qual deve ser averiguado, medindo-se o pH. A próxima etapa é a adição de solução de 1% ácido acético, para obter a quitosana dissolvida, até pH 6,0. Na etapa seguinte a quitosana deve ser precipitada em soluções alcalinas até alcançar pH 12,5 e, em seguida, realizar a neutralização em ácido até atingir pH 7,0. E finalmente obter a quitosana purificada após a secagem em estufa e temperatura contínua. Segundo Lorena et al. (2017), a quitosana possui estado de acetilação de até 40%, sendo solúvel em ácido acético 1% (v/v). Por outro lado, a quitina tem nível de acetilação maior do que 40%, logo é insolúvel em solução de ácido acético 1% (v/v).

3 USO DA QUITOSANA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Em ruminantes, os aditivos incorporados à dieta agem modificando o ambiente ruminal pela sua ação sobre microrganismos. Essa ação pode causar uma alteração nos padrões de fermentação do rúmen, gerando rotas mais energéticas, o que melhora o desempenho e reduz a emissão de gases que causam perdas de energia pelo animal e que são prejudiciais ao ambiente (OLIVEIRA et al., 2019).

A quitosana é usada como modulador da fermentação ruminal, potencializando a eficácia alimentar dos animais, logo que atua da mesma forma que ionóforos (GOIRI, OREGUI, GARCIA-RODRIGUEZ, 2009). Com a sua ação antimicrobiana, certificada em 1979 por Allan e Hardwiger, desde então tem sido aplicada na produção animal (PEREIRA, 2017; RENNÓ et al., 2011). Porém, a sua prioridade de uso aos antibióticos ionóforos ocorreu apenas a partir de 2008, nos Estados Unidos (PAIVA, 2015).

As pesquisas que tratam da ação da quitosana nos microrganismos ruminais são poucas, contudo, algumas suposições permitem fundamentar a sua ação no rúmen. Souza et al. (2011) observaram que a quitosana sofre degradação ao chegar no rúmen do bovino, onde há quebra de cadeias poliméricas, o que é aceitável já que a conformação química da quitosana é similar a conformação química da celulose. Santos (2018) afirma que a quitosana seleciona os microrganismos benéficos que atuam em interação com o animal. Após atingir a parede celular bacteriana, a quitosana age na membrana celular (TANTALA, THUMANU, & RACHTANAPUN, 2019). A intensidade da ação antimicrobiana da quitosana depende do ponto de desacetilação (VERLEE, MINCKE, & STEVENS, 2017). A sua atuação em bactérias do rúmen ocorre por meio de uma interação eletrostática com os elementos aniônicos da parede celular bacteriana. Porém, a sua ação não ocorre apenas nas bactérias gram-positivas, mas também nas gram-negativas, porém, as bactérias gram-positivas são mais susceptíveis.

A quitosana quando comparada ao sionóforos (i.e. monoesina) possui ação semelhante ou promove uma maior eficiência na utilização de energia no meio ruminal. Além disso, modificações na fermentação ruminal causada pela quitosana melhora a digestibilidade aparente total de nutrientes e da matéria seca (RENNÓ et al., 2011). Goiri, Rodriguez e Oregui (2009) afirmam que a quitosana propicia maior produção de propionato e menor de metano, e possibilita rotas energeticamente viáveis ao animal (GOIRI, OREGUI e RODRIGUEZ, 2010).

Aditivos alimentares, incluindo a quitosana, não afetam o consumo animal e a qualidade da produção, mas alteram a digestibilidade, conforme estudo de Vendramini et al. (2016). Nesta pesquisa, uma mistura de óleos essenciais, quitosana e monensina (ionóforo) (controle composto por dieta básica sem aditivos; 1 g dia⁻¹ de óleos essenciais na dieta; 150 mg kg⁻¹ de quitosana na dieta; e, 24 mg kg⁻¹ de monensina na dieta) foi analisada como agente de modificação da ingestão e da digestibilidade de

nutrientes, uso de nitrogênio, síntese de proteínas microbianas, fermentação ruminal e perfil sanguíneo de vacas holandesas de lactação intermediária e tardia. Os aditivos não modificaram o consumo de nutrientes, produção e composição do leite. Os animais alimentados com quitosana possuíram maior digestibilidade da matéria seca do que quando alimentados com óleos essenciais. Aqueles que ingeriram monensina ou quitosana tiveram maior digestibilidade da proteína bruta do que vacas com dietas adicionadas de óleos essenciais, mas animais consumindo aditivos tiveram similaridade na digestibilidade comparado aos animais alimentados sem aditivos. A excreção fecal de nitrogênio é menor para as vacas alimentadas com quitosana ou monensina do que as alimentadas com óleos essenciais, mas os aditivos não alteraram a excreção de nitrogênio em relação aos animais alimentados sem aditivo. As dietas não afetaram a síntese e a eficiência das proteínas microbianas. As vacas alimentadas com monensina exibiram menor razão de acetato do que as vacas alimentadas sem aditivos ou com óleos essenciais. O perfil sanguíneo também não foi alterado.

Em vacas leiteiras, a quitosana é usada para alterar a fermentação ruminal em período de lactação, aumentando o propianato sem alterar as concentrações de acetato, NH_3 e o pH ruminal, o que reduz a necessidade de uso de antibióticos ionóforos, conforme estudo realizado por Paiva et al. (2016). Nesse estudo foram avaliados os efeitos do aumento da quitosana (controle: sem quitosana; 75 mg kg^{-1} peso corporal; 150 mg kg^{-1} peso corporal; e, 225 mg kg^{-1} peso corporal) na fermentação ruminal, síntese de proteína microbiana, produção e composição do leite, parâmetros sanguíneos e digestibilidade dos nutrientes em vacas holandesas fistuladas. A quitosana não modificou o consumo de matéria seca, mas aumentou a digestão da proteína bruta. Houve aumento de propianato em detrimento ao sisovalerato, isobutirato, butirato e acetato: propianato. As concentrações de ureia, enzima hepática e glicose no sangue foram semelhantes. O balanço de nitrogênio não foi afetado, porém houve aumento de nitrogênio no leite quando a quitosana foi usada na dieta. A proteína microbiana não foi afetada, mas lactose foi incrementada, juntamente com a produção de leite e de proteína, o que induz o uso da quitosana na dieta de vacas com aptidão leiteira de ruminantes em substituição aos ionóforos.

Além do efeito na digestibilidade, a quitosana reduz a biohidrogenação *in vitro* e aumenta a proporção de ácidos graxos, mas depende da fonte de gordura do concentrado. A biohidrogenação é o processo em que os óleos, fontes de ácidos graxos poli-insaturados, que têm efeito mais tóxico na microbiota ruminal, são transformados pelos microrganismos em ácidos graxos saturados. Goiri et al. (2010) confirmam essa afirmativa, identificando que a quitosana, um agente antimicrobiano natural, modifica os intermediários da biohidrogenação de duas fontes de gordura. Para isso, esses autores submeteram os animais a dietas de feno de capim e uma mistura de concentrado (10:90) formulada utilizando farinha de girassol ou de colza como fonte de ácido gorduroso, ambos com e sem quitosana.

A suplementação de quitosana aumentou as proporções de C18: 1 c9, C18: 1 c11 e t10c12 CLA apenas quando a farinha de colza foi usada como fonte de gordura na mistura de concentrado. A quitosana foi muito eficaz em inibir a biohidrogenação *in vitro*, aumentando as proporções C18:1 t11 e CLA total e diminuindo a proporção de ácidos graxos saturados, independente da fonte de gordura (girassol ou colza). Com o uso da quitosana houve aumento dos intermediários da biohidrogenação quando a farinha de canola foi usada como fonte de gordura na dieta.

A adição de quitosana na dieta permite uma menor excreção de nitrogênio nas fezes devido proporcionar melhor digestibilidade dos nutrientes consumidos, o que logo induz a um menor consumo de matéria seca (GANDRA et al., 2016). Esses autores estudaram as sínteses de proteína microbiana, digestão de nutrientes e metabólitos sanguíneos em novilhas Jersey com dietas a base de soja crua integral e quitosana (controle; quitosana: 2,0 g kg⁻¹ na matéria seca; soja crua integral: 163,0 g kg⁻¹ na matéria seca da dieta); e, quitosana + soja integral bruta. A quitosana diminuiu a ingestão da fibra em detergente neutro da matéria seca, mas aumentou a sua digestibilidade total. Um maior balanço energético foi verificado quando a dieta a base de soja crua integral foi utilizada, sendo que nenhuma das dietas interferiu na eficiência de energia. A dieta de quitosana + soja integral bruta promoveu maior quantidade de nitrogênio retido quando comparado com a dieta controle e de quitosana, porém não mostrou diferença das dietas à base soja crua integral. Na dieta a base de quitosana foi possível observar uma redução do nitrogênio microbiano e da proteína bruta nas novilhas. A soja bruta integral e a quitosana elevou a quantidade de colesterol HDL (low density lipo protein) no sangue, diminuiu a excreção de nitrogênio na urina e, não alterou a ingestão dos nutrientes e a digestão.

Em estudo conduzido por Del Valle et al. (2017), o efeito da quitosana e de óleo de soja na dieta foi avaliado em vacas leiteiras Holstein (quitosana: 0 e 4g/kg na matéria seca; e, óleo de soja: 0 e 33g/kg na matéria seca). Apenas a dieta sem óleo promoveu redução da ingestão pela ação da quitosana. A digestibilidade da proteína bruta na matéria seca foi elevada independentemente do uso de gordura, mas, da mesma maneira que quitosana, o óleo causou um aumento de colesterol sérico total. Níveis mais elevados de ureia plasmática foram observados na dieta com quitosana do que na dieta controle, e maiores níveis de propionato e menores de acetato molar do rumem foram encontrados na dieta com óleo de soja. Nas dietas contendo óleo, a quitosana reduziu a produção de leite e a eficiência do nitrogênio na conversão alimentar. Enquanto o óleo de soja reduziu os níveis de ácidos graxos de cadeia curta e média no leite, a quitosana em dietas com o óleo de soja não mostrou efeito na quantidade de ácidos graxos de cadeia longa no leite, porém, a quitosana proporcionou maiores níveis de ácidos graxos poli-insaturados no leite, melhor eficiência energética e maiores quantidades de nitrogênio quando usada em dietas livre. Para dietas de gordura livre a quitosana proporcionou o aumento de ácidos graxos

insaturados no leite e aumentou a eficiência alimentar, sendo que quando associada ao óleo de soja mostrou resultados negativos no desempenho animal. Desta forma a quitosana é um aditivo eficiente nas dietas de vacas leiteiras sem a utilização de gorduras.

Além dos benefícios no desempenho do ruminante, a adição de quitosana na dieta animal promove redução da emissão de metano para a atmosfera pelo processo de eructação. Henry et al. (2015) examinaram o efeito da quitosana na digestibilidade de nutrientes e na emissão de metano através da fermentação *in vitro* de novilhas para cortes. Os animais receberam dietas com alto (85%) e baixo (36%) concentrado, e doses de quitosana de 0,0; 0,5 ou 1% nas dietas. As novilhas que receberam a dieta com baixo concentrado produziram 130g de $\text{CH}_4\text{dia}^{-1}$, enquanto as que receberam dietas com alto concentrado produziram 45g de $\text{CH}_4\text{dia}^{-1}$. A produção de CH_4 *in vitro* não teve alteração pela quitosana na dieta com alto concentrado, mas na dieta com baixo concentrado a produção de CH_4 aumentou conforme o incremento de quitosana. A adição de 1% de quitosana na dieta com baixo concentrado aperfeiçoou a digestibilidade aparente dos nutrientes. A emissão entérica de CH_4 não foi alterada por nenhuma dieta contendo quitosana. As novilhas que receberam as dietas com 36% de concentrado produziram 2,6 vezes a mais de CH_4 ao dia do que as novilhas que receberam dieta com 85% de concentrado.

O efeito da quitosana sobre a mitigação de CH_4 pode ser influenciada de acordo suas características; uma delas é o seu peso molecular como afirmado por Rabea et al. (2003). Kirwan et al. (2018) mostraram que a produção de ácido butírico, amônia e metano em bovinos foram aumentados com a utilização de quitosana de crustáceos com baixo peso molecular. O estudo foi conduzido *in vitro* para avaliação do peso molecular, fonte de quitosana e nível de suplementação na produção de amônia e metano (CO: controle com zero quitosana; C1 quitosana com peso molecular < 5.000 kDa; C2 quitosana com peso molecular 10.000 kDa; C3 quitosana com peso molecular 20.000 kDa; C4 quitosana com peso molecular 3.500 kDa; em níveis de 500 mg L^{-1} , 1.000 mg L^{-1} e 1.500 mg L^{-1} . A dieta base foi composta por 40:60 de silagem de gramínea: concentrado. A concentração de amônia foi aumentada pelo nível de quitosana ofertada, porém não mostrou efeito nas demais variáveis. O ácido butírico foi aumentado quando se usou a dieta com C4. Nos tratamentos C2, C3 e C4 houve maior produção de amônia no rumem quando comparada com o controle. Níveis superiores de CH_4 ao dia foram superiores em C4 em relação aos C1, C2 e C3.

Zhang et al. (2014) avaliaram o efeito *in vitro* de níveis de quitosana de 0; 0,3%; 0,6%; 1,2% e 2,4% nos substratos de forragem e concentrado 60:40, sobre a emissão de CH_4 , CO_2 e N_2O . Durante as primeiras 12 h, com o aumento dos níveis de quitosana, houve redução linear da emissão de CH_4 , assim como durante entre as 13 e 24 h, indicando que a adição de quitosana na dieta é capaz de reduzir a

quantidade de CH₄. Durante a incubação, as concentrações CO₂ e N₂O também não apresentaram variações.

4 USO DA QUITOSANA NA ALIMENTAÇÃO DE NÃO RUMINANTES

Igualmente em animais ruminantes, a suplementação de quitosana nas dietas de animais não ruminantes pode ser utilizada como alternativa ao antibiótico com melhoria na função intestinal. Nuengjamnong e Angkanaporn (2017) forneceram quitosana na dieta de frangos de corte para analisar o efeito nas propriedades sanguíneas e intestinais (controle: frangos alimentados com dieta comercial à base de milho e farelo de soja; dieta suplementada de 200 ppm de amoxicilina; dieta com quitosana: 1 g kg⁻¹; e, dietas com quitosana: 2 g kg⁻¹). 2 g kg⁻¹ de quitosana na dieta melhoraram a taxa de conversão alimentar, durante os períodos de 22 a 39 dias e 1 a 39 dias. Esse nível de quitosana também aumentou a razão entre a altura da vilosidade e a cripta, por causa da diminuição da cripta. A suplementação de 1 e 2 g kg⁻¹ de quitosana na dieta tendeu a reduzir o nitrogênio amoniacal. A maioria dos parâmetros sanguíneos não foi afetada pela presença da quitosana na dieta, com exceção do número de glóbulos brancos. Não houve efeitos nos parâmetros hematológicos (relação heterófilo: linfócito e coeficiente de digestibilidade aparente). Os níveis de quitosana acresceram o número de *Bacillus* spp. enquanto diminuiu o número de *Escherichia coli*.

Em frangos de corte a quitosana adicionada na dieta pode reduzir os efeitos de intoxicação por nitrato de prata (AgNO₃) (DORIANE et al., 2017). Estes autores avaliaram o poder quelante da quitosana sobre o AgNO₃, desempenho, crescimento, parâmetros bioquímicos, hematológicos e histopatológicos do rim, e do fígado em frangos de corte. Nesse experimento foram usados 192 pintinhos de um dia de idade da linhagem (Cobb 500) submetidos a: dieta basal sem suplemento; dieta suplementada com 10mg de AgNO₃ quelatado com quitosana por kg de ração; e, dieta suplementada com 10mg de AgNO₃ não quelatado por kg de ração. Os parâmetros hematológicos e de crescimento não foram afetados pela capacidade quelante de quitosana em AgNO₃, porém ocorreu aumento da concentração sérica de colesterol e triglicerídeos, e redução da concentração sérica de creatinina alanina aminotransferase, e albumina. A toxicidade na estrutura histológica no rim e no fígado foi corrigida e prevenida pela quitosana com AgNO₃ quelatado.

Leblebiciier e Aydoğan (2018) avaliaram os efeitos de mananoligossacarídeos e oligossacarídeo de quitosana nos parâmetros sanguíneos e desempenho de crescimento em frangos de corte. 120 frangos de um dia de idade da linhagem (Ross 308) foram submetidos, durante 42 dias, a: controle (dieta base); MOS (dieta base +100 ppm de mananoligossacarídeos); e, COS (dieta base + 100 ppm de oligossacarídeo quitosana). Neste experimento foi avaliado as concentrações plasmáticas de cobre (Cu)

e zinco (Zn) e os níveis de glicose, triglicerídeos, colesterol total, albumina e proteína bruta. O peso corporal aumentou 5,03% por causa da adição de quitosana na dieta. Alguns parâmetros sanguíneos, e o rendimento de carcaça, consumo, taxa de conversão alimentar e ganho de peso não mostraram efeitos significativos para os grupos COS e MOS. Quando se utilizou COS e MOS na dieta foi observado aumento do nível sérico de Cu. Logo, as dietas de COS e MOS melhoraram os níveis séricos de Cu em frangos de corte.

Da mesma forma que a quitosana melhora o desempenho de frangos de corte, o uso na alimentação de suíno pode aumentar a eficiência alimentar e o desempenho. Em suínos desmamados, a quitosana adicionada à dieta reduz os índices de diarreia, melhora a inflamação intestinal, e torna mais eficaz a resposta imune de células que modulam a produção de citocinas que atuam nos processos inflamatórios (XIAO et al. 2017). Xu et al. (2018) analisaram o efeito da quitosana como antioxidante e sua ação no desempenho e parâmetros séricos de 60 leitões resultante do cruzamento entre Duroc x Landrace x Yorkshire, e desmamados aos 28 dias de idade. Os leitões foram alimentados com dietas à base de farinha de milho e soja, sendo que os grupos de leitões receberam durante duas semanas as seguintes dietas: (dieta base controle) sem adição de quitosana; e, 250, 500, 1000 e 2000 mg kg⁻¹ de quitosana. O consumo diário de ração e o ganho diário foram aumentados nas dietas com quitosana. Na 2ª semana os leitões que consumiram quitosana exibiram menor quantidade de fezes em comparação aos que receberam a dieta controle. A ação antioxidante total e as atividades de glutationaperoxidase, catalase e superóxido dismutase foram elevadas, e o malondialdeído foi reduzido com a adição de quitosana na dieta. Houve aumento dos níveis séricos de interleucina (IL-1 β) e (IL-2) e a imunoglobulina (IgG). Assim, o uso de quitosana causou melhoria na resposta imune e na função antioxidante dos leitões. A quitosana proporciona maior absorção de radicais livres e antioxidantes, aumenta as funções imunológicas e o desempenho de crescimento de leitões desmamados.

Rabea et al. (2003) citam que o peso molecular é uma das características que influenciam na aplicabilidade da quitosana. A quitosana de baixo peso molecular em dietas de leitões melhora a inflamação intestinal e o desempenho da barreira intestinal, logo o rendimento e crescimento de leitões (HU et al., 2018). Esses autores avaliaram o efeito da quitosana de baixo peso molecular no sistema antioxidante, expressão de citocinas, morfologia intestinal, função de barreira e desempenho do crescimento de leitões. Para isto, 40 animais desmamados e oriundos do cruzamento Duroc x Landrace x Yorkshire com um ano de idade foram alimentados com: dieta controle (dieta base); e, dieta base + 50mgkg⁻¹ de quitosana de baixo peso molecular (20 a 30 kDa). Houve aumento do consumo de ração e da proteína de barreira intestinal quando a dieta com quitosana foi adicionada à dieta. A razão de ganho/alimentação, presença de diarreia e capacidade antioxidante não foi significativa. A dieta

contendo quitosana apresentou redução na interleucina (IL-1 β) e do fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) em relação à dieta controle. Portanto, leitões apresentam melhor desempenho de crescimento, alívio da inflamação do intestino e melhor função da barreira intestinal com adição de 50 mg kg⁻¹ de quitosana na dieta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta revisão foram sistematizados conhecimentos sobre o uso da quitosana na alimentação de animais ruminantes e de não ruminantes para melhoria do desempenho animal e sustentabilidade da atividade pecuária. Por ser um polímero natural originário do processo de desacetilação da quitina, é altamente biodegradável. Tem habilidade de adsorção e capacidade quelante, o que contribui para a sua aplicabilidade em várias áreas de atuação. Na produção animal possui ação antimicrobiana, que acarreta em mudança na permeabilidade celular de bactérias, sobretudo nas gram-positivas, reduzindo a presença de microrganismos indesejáveis.

A quitosana não afeta o consumo animal e a qualidade da produção, mas alteram a digestibilidade. Em ruminantes, quando adicionada à dieta gera rotas mais energéticas, o que melhora o desempenho e reduz a emissão de gases que causam perdas de energia pelo animal e que são nocivos ao ambiente. É usada como modulador da fermentação ruminal, potencializando a eficácia alimentar. Não alteram o consumo de nutrientes, e a produção e composição do leite. O perfil sanguíneo também não é alterado. A quitosana reduz a biohidrogenação *in vitro* e aumenta a proporção de ácidos graxos, mas depende da fonte de gordura do concentrado. A adição de quitosana na dieta permite uma menor excreção de nitrogênio nas fezes. Além disso, promove redução da emissão de metano para a atmosfera pelo processo de eructação. Mas o efeito da quitosana na emissão de CH₄ pode ser influenciado pelas suas características, como peso molecular, fonte de quitosana e nível de suplementação. Em animais não ruminantes, a suplementação de quitosana nas dietas pode ser feita como alternativa a antibióticos com avanço na função intestinal. A maioria dos parâmetros sanguíneos, e rendimento de carcaça, consumo, taxa de conversão alimentar e ganho de peso não são afetados devido a sua adição. Em frangos de corte, a quitosana reduz os efeitos de intoxicação por nitrato de prata. Em suínos há aumento do consumo de ração e de proteína quando é adicionada à dieta.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES - Código Financeiro 001) pela bolsa de estudo da primeira autora.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, S. M. B; LADCHUMANANANDASIVAM, R.; NASCIMENTO, R. M. Extração e caracterização de quitina e quitosana e a sua Utilização na fabricação de nanofibras. In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 10, Campina Grande, PB. **Anais...**, Campina Grande, PB, 2010.
- ARAÚJO A. P. C. de. Efeito de diferentes concentrações de quitosana na dieta de novilhos nelore. 2011. 90 f. Dissertação (Pós-graduação em Nutrição e Produção Animal) -Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade de São Paulo. Pirassununga, 2011.
<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10135/tde-22082012-183813/pt-br.php>
- ARRIGONI, M. et al. Níveis elevados de concentrado na dieta de bovinos em confinamento. **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, n. 4, p. 539-551, 2013.
- CAMPANA FILHO, S. P. et al. extração, estruturas e propriedades de α - e β -quitina. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 644–650, 2007.
<https://pdfs.semanticscholar.org/1f44/83a6850a9acc435842ad41618d3a3f39bebb.pdf>
- COSTA, B. H. L.; PEREIRA, D. C; ALVES, J. L. R. Quitosana e seu uso na nutrição de bovinos. In: Simpósio em Produção Sustentável e Saúde Animal, 2, Umuarama, PR. **Anais...**, Umuarama, PR, 2017.
- CUÉLLAR, M. A. B. Quitina-Quitosana: Los poliméros del futuro. M. Ed. (1st ed.). Santiago de Cali: Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, 2002.
- DEL VALLE, T. A. et al. Dietary chitosan improves nitrogen use and feed conversion in diets for mid-lactation dairy cows. **Livestock Science**, v. 201, p. 22–29, 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.04.003>
- DORIANE, Y. M. D. et al. Chelating effect of silver nitrate by chitosan on its toxicity and growth performance in broiler chickens. **Journal of Advanced Veterinary and Animal Research**, v. 4, n. 2, p. 187–193, 2017.
<https://doi.org/10.5455/javar.2017.d210>
- GANDRA, J. R. et al. Nutrient digestion, microbial protein synthesis, and blood metabolites of Jersey heifers fed chitosan and whole raw soybeans. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 3, p. 130–137, 2016.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-92902016000300007>
- GOIRI, I. et al. Ruminal biohydrogenation of unsaturated fatty acids in vitro as affected by chitosan. **Animal Feed Science and Technology**, v. 159, n. 1-2, p. 35-40, 2010.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.05.007>

GOIRI, I.; GARCIA-RODRIGUEZ, A.; OREGUI, L. M. Effect of chitosan on mixed ruminal microorganism fermentation using the rumen simulation technique (Rusitec). **Animal Feed Science and Technology**, v. 152, n. 1–2, p. 92–102, 2009.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.04.005>

GOIRI, I.; OREGUI, L. M.; GARCIA-RODRIGUEZ, A. Use of chitosans to modulate ruminal fermentation of a 50: 50 forage-to-concentrate diet in sheep. **Journal of animal science**, v. 88, n. 2, p. 749-755, 2010.

<https://doi.org/10.2527/jas.2009-2377>

GOIRI, I.; OREGUI, L. M.; GARCIA-RODRIGUEZ, A. Dose–response effects of chitosans on in vitro rumen digestion and fermentation of mixtures differing in forage-to-concentrate ratios. **Animal Feed Science and Technology**, v. 151, p. 215-227, 2009.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.01.016>

GONÇALVES NETO, J.; SANTOS, M. dos. Uso da própolis na nutrição de ruminantes. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 4, n. 5, Art. 740, 2010.

<http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v5i1.44>

GRIGOL, N. S. et al. Bovinocultura de corte e SAN: percepção de sustentabilidade de agentes da cadeia. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 26, n. 65, p. 1–11, 2019.

<https://doi.org/10.20396/san.v26i0.8653853>

HENRY, D. D. et al. Effects of chitosan on nutrient digestibility, methane emissions, and in vitro fermentation in beef cattle. **Journal of animal science**, v. 93, n. 7, p. 3539–3550, 2015.

<https://doi.org/10.2527/jas.2014-8844>

HU, S. et al. Effects of low-molecular-weight chitosan on the growth performance, intestinal morphology, barrier function, cytokine expression and antioxidant system of weaned piglets. **BMC Veterinary Research**, v. 14, n. 1, p. 1–7, 2018.

<https://doi.org/10.1186/s12917-018-1543-8>

KIRWAN, S. et al. Effects of chitosan source, molecular weight and supplementation level on in vitro (RUSITEC) ammonia and methane production. **Journal of Animal Science**, v. 96, p. 424–424, 2018.

<https://doi.org/10.1093/jas/sky404.929>

LEBLEBICIER, Ö. D. Y.; AYDOĞAN, İ. The effects of mannan oligosaccharide and chitosan oligosaccharide on performance and blood parameters of broilers. **Journal of Poultry Research**, v. 15, n. 1, p. 18–22, 2018.

<http://www.turkishpoultryscience.com/tr/download/article-file/512235>

LORENA, O. F. et al. Quitosana: da química básica à bioengenharia. *Química e Sociedade. Química Nova na Escola*, v. 39, n. 4, p. 312-320, 2017.

http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc39_4/03-QS-45-16.pdf

MATSUI, M. Correlações entre estrutura química, super-estrutura macromolecular e morfologia das blendas e redes poliméricas à base de quitina e poliuretano. 2016. 119f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/16198>

MOURÃO, R. de C. et al. Aditivos alimentares para vacas leiteiras. *Nutritime*, v. 9, n. 5, p. 2011–2040, 2012.

https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/Nutritime%20-%20artigo%20179_.pdf

MUXIKA, A. et al. Chitosan as a bioactive polymer: Processing, properties and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 105, p. 1358–1368, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.087>

NOGUEIRA, V. A.; FRANÇA, T. N.; PEIXOTO, P. V. Intoxicação por antibióticos ionóforos em animais. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 29, n. 3, p. 191–197, 2009.

<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-736X2009000300001>

OLIVEIRA, O. A. M. et al. Utilização de aditivos modificadores da fermentação ruminal em bovinos de corte. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 12, n. 1, p. 287-311, 2019.

<https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n1p287-311>

PAIVA, P. G de. et al. Effects of chitosan on ruminal fermentation, nutrient digestibility, and milk yield and composition of dairy cows. *Animal Production Science*, v. 57, n. 2, p. 301–307, 2016.

<https://www.publish.csiro.au/AN/AN15329>

PAIVA, W. de S.; SOUZA NETO, F. E. de; LIMA BATISTA, A. C. de L. Avaliação da atividade antibacteriana da quitosana fúngica. *Ciências Biológicas e da Saúde. PerspectivasOnline*, v. 13, n. 4, p. 37-43, 2014.

<https://doi.org/10.25242/88684132014495>

PEREIRA, F. M. **Uso de quitosana em dietas para cordeiros confinados**. 2017. Tese (Doutorado em zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2017.

<https://pesquisa.bvsalud.org/bvs-vet/resource/pt/vtt-207157>

PEREIRA, M. U. et al. Ocorrência de resíduos de ionóforos poliéteres em leite UHT comercializado na região metropolitana do Rio de Janeiro. *Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia*, v. 3, n. 3, p. 70–77, 2015.

<https://doi.org/10.3395/2317-269x.00279>

RABEA, E. I. et al. Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. **Biomacromolecules**, v. 4, n. 6, p. 1457-1465, 2003.

<https://doi.org/10.1021/bm034130m>

RENNÓ, F. P. et al. Utilização de quitosana na alimentação de ruminantes. In: SANTOS, M. V. et al. (Org.). **Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal**. Pirassununga: 5D, 2011. p. 117–137.

<http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/44347>

SANTANA NETO, J. A. et al. Características da fermentação ruminal de ovinas em pastejo-revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 10, p. 1-21, 2012.

http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/Ij2kLOwaV7Mnbmi_2013-6-24-15-9-27.pdf

SANTOS, M. V. dos. Microbiota ruminal de novilhos mantidos a pasto, suplementados com quitosana e digestibilidade in vitro de diferentes dietas para ruminantes. 2018. 51 f. Dissertação (Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2018.

<http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/1042/1/MarianaViegasdosSantos.pdf>

SOUZA, N. G. D. de; BRANDÃO, H. de M.; OLIVEIRA, L. F. C de. Análise térmica da degradação de quitosana utilizada em rúmen bovino. Sociedade Brasileira de Química. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 34, Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis, SC, 2011.

STRADIOTTI JÚNIOR, D. et al. Ação do extrato de própolis sobre a fermentação in vitro de diferentes alimentos pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 4, p. 1093–1099, 2004.

<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000400030>

TANTALA, J.; THUMANU, K.; RACHTANAPUN, C. An assessment of antibacterial mode of action of chitosan on *Listeria innocua* cells using real-time HATR-FTIR spectroscopy. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.032>

VENDRAMINI, T. H. A. et al. Effects of a blend of essential oils, chitosan or monensin on nutrient intake and digestibility of lactating dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 214, p. 12-21, 2016.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.01.015>

VERLEE, A.; MINCKE, S.; STEVENS, C. V. Recent developments in antibacterial and antifungal chitosan and its derivatives. **Carbohydrate Polymers**, v.164, p. 268-283, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.02.001>

XIAO, D. et al. Effects of chitosan on intestinal inflammation in weaned pigs challenged by enterotoxigenic *Escherichia coli*. **PLoS ONE**, v. 9, n. 8, 2017.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104192>

XU, Y. Q. et al. Effects of chitosan addition on growth performance, diarrhoea, anti-oxidative function and serum immune parameters of weaned piglets. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 1, p. 142, 2018.

<http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v48i1.16>

ZHANG, J. et al. Effect of chitosan on greenhouse gas emission by artificial rumen of dairy cows. **Acta Ecologiae Animalis Domastici**, v. 2, p. 2011–2012, 2014.

<https://doi.org/10.1093/femsec/fiv160>