

## REVIEW

## FIBRA ALIMENTAR E SUA IMPORTÂNCIA NA PRODUÇÃO DE COELHOS

Kassy Gomes da Silva<sup>1</sup>, Carla de Andrade<sup>1</sup>, Cristina Santos Sotomaior<sup>1\*</sup>

## RESUMO

Com a tendência do crescimento na produção de coelhos no Brasil, é importante discutir tópicos que auxiliarão no melhor entendimento desta espécie. Dentro da produção animal, a nutrição tem grande destaque, interferindo diretamente na produtividade e saúde do plantel. Dentre os itens nutricionais, a fibra alimentar destaca-se, especialmente para a saúde intestinal desta espécie, que tem sido ressaltada nos últimos anos. Portanto, este artigo de revisão busca destacar os principais pontos sobre anatomia e fisiologia do sistema gastrointestinal do coelho, informações sobre a fibra alimentar, como classificação, análise, fontes, modo de ação, além da importância na saúde e produção de coelhos.

**Palavras-chave:** Anatomia, nutrição, *Oryctolagus cuniculi*, saúde.

## INTRODUÇÃO

Com a expansão mundial da produção de coelhos, tanto para carne e derivados (SZENDRO *et al.*, 2012), quanto como animal de companhia (BROWER, 2006), torna-se necessário buscar informações que auxiliarão produtores, pesquisadores e profissionais relacionados à área agropecuária (médicos veterinários, zootecnistas, agrônomos, entre outros), a fim de promover a saúde, crescimento, produção e reprodução adequada destes animais.

De acordo com a FAO (2015), a produção mundial de carne de coelho foi de aproximadamente 1,8 bilhão de toneladas em 2013. No mesmo ano, a China apresentou a maior produção de carne (727.000 toneladas),

seguida da União Europeia (com aproximadamente 483.000 toneladas). O Brasil produziu 1.500 toneladas de carne no mesmo período, sendo a sua produção interna ainda pouco significativa. Porém, devido à falta de dados oficiais brasileiros atualizados, existe dificuldade em obter o panorama real da produção de coelhos no país (MACHADO, 2010). Por ser uma espécie de fácil manejo, rápido crescimento e possuir uma dieta adaptável, o coelho tem potencial para produção de carne em países em desenvolvimento (LEBAS *et al.*, 1997), como o Brasil, que deve aumentar sua produção nos próximos anos (MACHADO e FERREIRA, 2014). Assim, a aprendizagem de conhecimentos básicos sobre coelhos torna-se importante para a difusão da produção da espécie no Brasil.

Coelhos são mamíferos herbívoros monogástricos, pertencentes à ordem Lagomorpha, que exigem uma dieta com alto nível de fibra (14-20%) (SOHN e COUTO, 2012), pois possuem um sistema fermentador importante no ceco. Por ser uma presa na natureza, o coelho possui o trato gastrointestinal adaptado para rápida ingestão de grandes quantidades de vegetação e rápido trânsito gastrointestinal (JENKINS, 2001), o que leva à manutenção de um corpo ágil e leve, facilitando possível fuga. Por conta disso, ter conhecimento sobre anatomia e fisiologia básica da espécie é essencial, além de destacar componentes importantes da nutrição desta espécie, como as fibras. Com isso, este artigo busca revisar sobre anatomia e fisiologia digestória e sobre a importância da fibra na alimentação, produção e saúde de coelhos.

\*Artigo recebido em: 17/08/2015

Aceito para publicação em: 04/12/2015

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal – Escola de Ciências Agrárias e Medicina Veterinária – Pontifícia Universidade Católica do Paraná

\* Corresponding author: BR 376 Km 14, CEP 83010-500, São José dos Pinhais – PR, Brasil, cristina.sotomaior@pucpr.br

## DESENVOLVIMENTO

### ANATOMIA E O PROCESSO DIGESTÓRIO EM COELHOS

A dentição do coelho, durante a fase decídua, é formada por 16 dentes (aos pares: 2 incisivos superiores e 1 inferior; 3 pré-molares superiores e 2 inferiores) e, após 5 semanas de vida, por 28 dentes permanentes (ao pares: 2 incisivos superiores e 1 inferior; 3 pré-molares superiores e 2 inferiores; 3 molares superiores e 3 inferiores) (VELLA, 2012; VARGA, 2014). Por possuir dois pares de incisivos, o coelho é considerado duplicidentata e, pelos dentes terem crescimento contínuo, elondonte (VARGA, 2014). Anatomicamente, a dentição é dividida em dois conjuntos: o de dentes incisivos e o de molares e pré-molares (VELLA, 2012).

A mastigação do coelho, por sua vez, é dividida em três tipos segundo VARGA (2014): o primeiro tipo é a sequência que antecede a mastigação, sendo dividida em duas fases: fase de abertura da mandíbula e fase de fechamento da mandíbula. Durante esta sequência, os incisivos cortam os alimentos para reduzi-los em pedaços, que são transportados pela língua para os dentes posteriores. O movimento da mandíbula é predominantemente em plano sagital com pequenas movimentações para linha lateral. O segundo tipo de mastigação é a sequência de redução do alimento pelos movimentos mastigatórios, quando o alimento é moído entre os dentes e a bochecha. Durante esse período, a mastigação ocorre somente de um lado da boca de cada vez. A movimentação lateral é ampla e a mandíbula segue um movimento unidirecional, com uma fase de fechamento rápido e uma fase de fechamento lento, na qual o alimento é esmagado entre os dentes (VARGA, 2014). Normalmente, não há contato entre o conjunto de dentes molares e pré-molares durante essas fases (SCHWARTZ *et al.*, 1989). A força que é aplicada pelos dentes durante o esmagamento aumenta proporcionalmente em relação à dureza do alimento; porém, o ritmo básico de mastigação não é afetado pela textura da comida (YAMADA e YAMAMURA, 1996). O terceiro tipo consiste em uma série de movimentos mandibulares pré-deglutição que incluem duas fases de abertura, durante as quais o bolo alimentar é deglutido (VARGA, 2014).

Após a mastigação/deglutição, o bolo alimentar segue pelo esôfago em direção ao estômago, passando pela cárdia bem desenvolvida, o que evita o refluxo e impede a êmese no coelho (VARGA, 2014). O estômago possui uma fraca camada muscular e apresenta-se parcialmente repleto de conteúdo, o que implica em constante atividade do trato digestório (DE BLAS e WISEMAN, 2010; VARGA, 2014). A região do fundo gástrico é o local de armazenamento de cecotrófos após a cecotrofia (DE BLAS e WISEMAN, 2010), sendo que o pH permanece em torno de 3 durante esse processo (VARGA, 2014). O pH tem variação de 1 a 5, dependendo da região gástrica, do tempo de ingestão (pH pós-prandial varia de 1 a 2) e da idade do coelho (lactentes possuem pH de 5 a 6,5, para permitir a passagem das bactérias para o ceco) (DE BLAS e WISEMAN, 2010; VARGA, 2014). Cerca de 15% do volume do trato gastrointestinal é representado pelo estômago (BREWER e CRUISE, 1994) e o tempo de trânsito alimentar neste órgão é de aproximadamente 3 a 6 horas (VARGA, 2014).

Após deixar o estômago, o bolo alimentar atinge o duodeno, onde, na região proximal, desemboca o ducto biliar. O lobo pancreático direito é difuso e está situado no mesoduodeno do *loop* duodenal. O corpo e o lobo esquerdo são mais densos, sendo que este último está em contato com o estômago e o cólon transversal, estendendo-se até o baço (VARGA, 2014). O ducto pancreático acessório, que se comunica com ambos os lobos pancreáticos, chega ao duodeno na junção do *loop* transversal e ascendente (VARGA, 2014). Em comparação ao duodeno, o jejuno possui maior comprimento e aspecto em espiral. O final do íleo possui expansão esférica com paredes espessas, denominado de *sacculus rotundus*, que forma a junção entre íleo, ceco e cólon proximal. Este possui abundantes agregações de tecido linfóide e macrófagos na lâmina própria e submucosa. A válvula ileocólica controla movimentos da digesta do íleo para o *sacculus rotundus* e previne fluxo reverso para o intestino delgado. O duodeno e o jejuno possuem células secretoras de motilina, um hormônio polipeptídico que estimula o movimento suave da musculatura gastrointestinal na presença de gordura e, por sua vez, é inibido na presença de carboidrato. A motilidade diminui na porção final do intestino delgado, é ausente no ceco e reaparece no cólon e no reto (VARGA,

2014). O bicarbonato de sódio é secretado pelo pâncreas para o duodeno e, devido a sua ação tamponante, neutraliza a digesta ácida assim que esta deixa o estômago. O trânsito no intestino delgado é rápido, cerca de 10 a 20 minutos no jejuno, e 30 a 60 minutos no íleo. A digestão do alimento no estômago e posterior absorção de nutrientes no intestino delgado são similares aos outros monogástricos (DE BLAS e WISEMAN, 2010; VARGA, 2014).

O *sacculus rotundus* abre na *ampulla caecalis coli*, que forma a junção em T entre íleo, ceco e cólon proximal. As grandes partículas de fibras não digeríveis são separadas das pequenas partículas fermentáveis e do fluido. As grandes partículas são enviadas distalmente através do cólon, enquanto as pequenas partículas e o fluido seguem proximalmente para o ceco, onde a fermentação bacteriana ocorre. O ceco possui paredes finas e termina em um fundo cego, também chamado apêndice vermiforme, que é revestido, internamente, por tecido linfóide (VARGA, 2014). O pH cecal varia em torno de 6,0, dependendo da atividade microbiana e do padrão alimentar (FORTUN-LAMOTHE e GIDENNE, 2006). O cólon ascendente está dividido em quatro seções, sendo a primeira posterior à *ampulla caecalis coli*, com aproximadamente 10 cm de comprimento e três bandas planas de tecido muscular (denominadas “tênias”) separando linhas de haustras ou saculações. Pequenas protusões, com aspecto de “couve-flor” de aproximadamente 0,5 mm de diâmetro podem ser vistas na mucosa desta seção do cólon. Acredita-se que esta característica seja exclusiva dos lagomorfos, aumentando a área de absorção do cólon e ajudando na separação mecânica do conteúdo intestinal. A segunda seção do cólon ascendente tem aproximadamente 20 cm de comprimento e possui uma única tênia e uma pequena haustra. A terceira porção é denominada *fusus coli*, sendo uma área muscular altamente enervada e vascularizada de 4 cm de comprimento. Nesta porção, a mucosa é distinguida por dobras longitudinais proeminentes e contém numerosas células caliciformes. A próxima seção é indistinguível histologicamente do cólon transversal e descendente (VARGA, 2014).

Existem duas vertentes na nomenclatura do cólon: a primeira corresponde às quatro seções citadas anteriormente e a

divisão em cólon transversal e descendente. A segunda vertente o separa em cólon proximal, que inclui a primeira, segunda e terceira seção, e em cólon distal, que possui de 80 a 100 cm de comprimento e termina no reto. Esta seção possui paredes finas e a mucosa não possui especialização, contendo criptas curtas, com numerosas células caliciformes (VARGA, 2014).

## FISIOLOGIA DO CECO E A CECOTROFIA

A cecotrofia é o processo fisiológico de ingestão dos cecotrófos (também chamados de fezes macias), diretamente do ânus. Este processo está intimamente ligado à dupla função do cólon proximal. De acordo com Fortun-Lamothe e Gidenne (2006), se o conteúdo do ceco chega ao cólon proximal no início da manhã, ele passa por algumas mudanças bioquímicas. A parede do cólon secreta muco, que gradualmente envolve os “pellets” formados por contrações da própria parede. Esses pellets são agrupados longos chamados de cecotrófos. Em outros períodos do dia, o conteúdo proveniente do ceco sofre com sucessivas contrações da parede do cólon, que atuam em direções diferentes: a primeira distalmente e a outra de volta ao ceco (FORTUN-LAMOTHE e GIDENNE, 2006; VARGA, 2014).

A maior parte da fração líquida, como produtos solúveis e pequenas partículas, retorna ao ceco ao chegar à *ampulla caecalis coli* (BJÖRNHAG, 1972). O conteúdo que retorna ao ceco passa por fermentação bacteriana, na qual há produção de ácidos graxos voláteis (AGV) e síntese de vitaminas e proteínas (VARGA, 2014). A parte sólida, com grandes partículas (>0,3 mm de comprimento), formam fezes sólidas e secas (DE BLAS e WISEMAN, 2010). Durante a fase de formação das fezes, a água é secretada no cólon proximal. A fração não digerida é movida rapidamente pelo cólon proximal até o *fusus coli*, sendo em seguida excretada pelo ânus (VARGA, 2014). Assim, há a produção de cecotrófos, ricos em proteínas (metade de origem bacteriana) e vitaminas hidrossolúveis (Complexo B e vitamina C), que são ingeridos diretamente do ânus, além de fezes, que são excretadas (FORTUN-LAMOTHE e GIDENNE, 2006; VARGA, 2014). O consumo de cecotrófos é estimulado por mecanorreceptores presentes no reto, pela percepção do odor característico dos

cecotrófos e por concentrações sanguíneas de diversos metabólitos e hormônios (FEKETE, 1989), como a adrenalina e a motilina (Varga, 2014). Além disso, o nível de inclusão de fibras e proteína na dieta influencia este consumo, sendo a cecotrofia maior para animais consumindo dietas com maior inclusão de fibra e cecotrofia menor em animais consumindo dietas com maior inclusão proteica (VARGA, 2014). Ainda de acordo com Fortun-Lamothe e Gidenne (2006), cerca de três quartos do conteúdo estomacal no início da manhã é representado por cecotrófos. Varga (2014) afirma que os cecotrófos são produzidos 4 a 8 horas após a alimentação, durante um período de silêncio e sem perturbações, que ocorre durante o dia para os coelhos selvagens e durante a noite ou no início da manhã para coelhos domésticos ou de laboratório.

O *fusus coli* possui um papel importante na motilidade do cólon, por ser o responsável pelo início das ondas peristálticas que variam em natureza e direção, de acordo com a fase de excreção das fezes. Ele é altamente enervado e é controlado especialmente pela aldosterona e pelas prostaglandinas. Durante a fase de produção das fezes secas, os níveis de aldosterona são altos, mas eles diminuem durante a fase de produção de cecotrófos. As prostaglandinas inibem a motilidade do cólon proximal e estimulam o cólon distal, auxiliando na eliminação dos cecotrófos (PAIRET *et al.*, 1986).

Três tipos de contrações ocorrem no cólon proximal segundo VARGA (2014): atividade haustral, segmentar e onda progressiva monofásica. Atividade haustral resulta de contrações repetitivas com alta frequência das paredes da haustra, o que dura aproximadamente três segundos. Atividade segmentar é resultado de constrições profundas de baixa frequência, que se movem aboralmente e duram aproximadamente 14 segundos. O terceiro tipo é uma onda progressiva monofásica de contrações peristálticas, que dura aproximadamente 5 segundos durante a formação das fezes, e 1,5 segundos durante a formação dos cecotrófos (EHRLEIN *et al.*, 1982). Expulsão dos cecotrófos coincide com a diminuição da motilidade do ceco e do cólon proximal e com o aumento da motilidade do cólon distal. O trânsito dos cecotrófos pelo cólon é de 1,5 a

2,5 vezes mais rápido do que das fezes (RUCKESBUSH e FIORAMONTI, 1976).

No ceco, a fermentação tem início quando o conteúdo que chega neste local é misturado à água e nutrientes, que facilitarão a ação dos micro-organismos presentes. Além disso, a atividade enzimática acarretará em menores níveis de amônia e à degradação de ureia, proteína e celulose (CARABAÑO *et al.*, 2010). Ainda no ceco, proteínas ligadas à parede das plantas também são degradadas formando amônia, que é metabolizada em aminoácidos pelos micro-organismos (VARGA, 2014). Segundo FRAGA (1998), produtos da descamação intestinal e enzimas digestórias agem como fonte de nitrogênio para a síntese proteica. Íons solúveis, como a ureia, são transferidos por osmose pela parede do ceco para serem metabolizados (FRAGA, 1998). Mucopolissacarídeos secretados por células caliciformes da mucosa são importante fonte de carboidratos para fermentação cecal, sendo fermentados por *Bacteroides* spp. (CHEEKE, 1987). Estas bactérias gram-negativas não patogênicas são predominantes na microbiota cecal de coelhos saudáveis. Uma grande variedade de bactérias gram-positivas e gram-negativas em formato de bacilos, cocos, filamentos, bacilococcus e espiroquetas também são encontradas como componentes da microbiota cecal de coelhos saudáveis (CARABAÑO e PIQUER, 2010). Espécies como *Bifidobacterium*, *Endophorus*, *Clostridium*, *Dtreptococcus* e *Acuformis* também têm sido encontradas (CHEEKE, 1987). Mais de 74 cepas de bactérias têm sido isoladas da mucosa cecal, sendo que muitas não foram identificadas. Normalmente, não são encontrados *Lactobacillus* e *E. coli* spp., porém ambas são descritas na microbiota de animais alimentados com dieta rica em carboidratos e deficiente em fibras (STRAW, 1988).

Os micro-organismos que compõem a microbiota cecal produzem AGV que são absorvidos pelo epitélio como fonte de energia para o coelho. Ácido acético representa de 60-70% dos AGV presentes, seguido por 15-20% de ácido butírico e 10-15% de ácido propiônico, podendo variar de acordo com a quantidade de fibra presente na dieta (CLAUSS *et al.*, 1989). O apêndice, além de conter tecido linfoide, secreta fluido alcalino rico em íons de bicarbonato que tampona os AGV (VARGA, 2014). Dependendo dos grupos carboxila, amino e hidroxila presentes

nas fibras, as fibras também podem atuar como agente tamponante (GIDENNE *et al.*, 1998). Os micro-organismos que fazem parte da microbiota cecal são afetados pelo horário do dia, idade do animal e dieta. O pH mostra-se mais alcalino pela manhã e mais ácido à tarde (BREWER e CRUSIE, 1994). Tipo e disponibilidade do substrato, motilidade intestinal e energia afetam a atividade microbiana do ceco, porém este último aparenta ser o principal fator limitante para que essa atividade seja ótima (FRAGA, 1998).

A composição de micro-organismos na microbiota intestinal pode não ser similar entre animais de localidades ou plantéis diferentes. Esse fato dificulta a interpretação adequada de estudos com diferentes tipos de fibras, pois quaisquer diferenças nos resultados para animais de diferentes locais que utilizaram as mesmas dietas podem ser devido às diferentes interações entre os micro-organismos e entre estes e os diferentes componentes da dieta (GARCÍA *et al.*, 2009).

## FIBRAS

### CLASSIFICAÇÃO DAS FIBRAS

As fibras dietéticas ou fibras alimentares são definidas como componentes das plantas, que são resistentes à digestão por enzimas endógenas e absorção pelo intestino delgado dos mamíferos, e que podem ser parcialmente ou totalmente fermentadas no intestino grosso (DE BLAS e WISEMAN, 2010). Nesta definição, estão incluídos os constituintes de parede celular das plantas, amido resistente à digestão, oligossacarídeos, frutanas, proteínas ligadas à parede celular, que são importantes fontes de energia para animais monogástricos (DE VRIES e RADER, 2005).

Existem dois grupos de fibras dietéticas, variando de acordo com as propriedades físicas, localização na planta e estrutura química. O primeiro grupo, representando os componentes da parede celular, está dividido em dois subgrupos: os polissacarídeos não-amiláceos solúveis em água (exemplos: algumas pectinas, arabinosilanas e parte das  $\beta$ -glucanas) e os polímeros insolúveis em água (lignina, celulose, hemicelulose e algumas pectinas). O segundo grupo, representado por componentes citoplasmáticos, é composto pelos oligossacarídeos, frutanas e amido resistente (DE BLAS e WISEMAN, 2010).

Outra classificação para as fibras é baseada em sua solubilidade em água, dividindo-se em fibras solúveis e fibras insolúveis. Mertens (2003) definiu, para herbívoros, fibra insolúvel sendo a matéria orgânica não digerível ou lentamente digerível dos alimentos, que preenche o trato gastrointestinal. Nessa definição, está incluída a lignina (não digerível) e a maioria das hemiceluloses e celuloses, que são lentamente digeridas e fermentadas. Essa designação exclui polissacarídeos da parede celular, que são rapidamente fermentadas (pectinas) e os componentes solúveis que não preenchem o trato gastrointestinal (frutanas). Fibra solúvel abrange os polissacarídeos não amiláceos e fibras não solúveis em detergente neutro, incluindo pectinas,  $\beta$ -glucanas, frutanas e gomas (HALL, 2003).

### ANÁLISE DOS TIPOS DE FIBRAS

O método utilizado para análise da fibra dietética total (FDT) é baseado nos procedimentos 985.29 e 991.43 dos métodos enzimático-gravimétricos da Associação Oficial de Análises Químicas (AOAC, 2000), nos quais as diferentes substâncias não-fibrosas são solubilizadas com enzimas e o peso dos resíduos fibrosos são mensurados após esses tratamentos (ELLEUCH *et al.*, 2011).

Para quantificação de fibra insolúvel, o método de determinação usado é o da fibra em detergente neutro (FDN), que é um método enzimático-gravimétrico simples, rápido e de baixo custo (MERTENS, 2003). Dentre os diversos procedimentos e adaptações disponíveis, o protocolo mais recomendado é onde a FDN é obtida através de tratamentos com alfa-amilase e sulfito de sódio, e o resultado obtido é livre de cinzas (TROCINO *et al.*, 2013). Para coelhos, o grau de lignificação e o tamanho de partícula da fibra insolúvel também são importantes para a fisiologia do trato gastrointestinal (NICODEMUS *et al.*, 2006), sendo o primeiro avaliado pelo método 937.18 da AOAC (2000), que identifica a lignina em detergente ácido (LDA), e o tamanho de partícula mensurado através do método de peneiramento úmido descrito por García *et al.* (2002).

A fibra solúvel é quantificada como fibra solúvel dietética, de acordo com o procedimento enzimático-gravimétrico de Prosky (PROSKY *et al.*, 1992; AOAC, 2000),

em que carboidratos são solubilizados em um tamponante fosfatado, alfa-glucanas são hidrolisadas por aminoglicosidades, fibra insolúvel é separada por filtração, e fibra solúvel é precipitada com solução de etanol do extrato solvente e mensurado após correção de proteínas e cinzas. Outra forma de mensuração foi descrita por Hall *et al.* (1999), como fibra solúvel em detergente neutro (FSDN), que é obtida gravimetricamente pela diferença entre o peso de 80% do resíduo insolúvel em etanol e aquele obtido do amido e FDN após correção para proteína e cinzas. Além de ambos os métodos, a fibra solúvel também pode ser obtida pela subtração do valor da FDN pelo valor da FDT (VAN SOEST *et al.*, 1991), sendo este o mais utilizado em estudos do papel da fibra em coelhos em crescimento (TROCINO *et al.*, 2013).

### **FONTES DE FIBRAS**

A fração insolúvel da fibra de determinado alimento é composta pela quantidade de celulose, hemicelulose e lignina, enquanto a fração solúvel dependerá da quantidade de pectinas e beta-glucanas (MERTENS, 2003). Infelizmente, poucos são os trabalhos com coelhos que diferenciam as porções de fibra solúvel e insolúvel do alimento ou da dieta, sendo que alguns o fazem parcialmente e, muitas vezes, as metodologias são diferentes. Na literatura, a polpa de beterraba apresentou maior composição em fibra solúvel, quando comparada com a casca de girassol e a palha de trigo, que por sua vez, apresentam mais fibra insolúvel em sua composição (ABAD *et al.*, 2013).

Em uma tabela apresentada por Villamide, Maertens e De Blas (2010), a composição e o valor nutricional de 55 matérias-primas foram apresentados, sendo a fibra solúvel presente em maior fração (>100g/kg) no melaço de beterraba, melaço de cana, tremoço, farelo de soja, farelo de girassol, farelo de alfafa, casca de soja, folhas de oliveira, e em valores acima de 200g/kg na casca de cacau, polpa de beterraba, palha de linho e polpa cítrica. Nessa mesma tabela, a quantidade de fibra insolúvel foi maior que 500g/kg na palha de arroz, bagaço de uva, farelo de semente de uva, casca de soja, casca de girassol e palha de trigo.

### **IMPORTÂNCIA DA FIBRA NA SAÚDE DOS COELHOS**

As fibras demonstram vantagens na saúde do indivíduo, especialmente pelas funções fisiológicas que desempenham no organismo. Nos coelhos, a fibra insolúvel mostra-se importante por estimular a motilidade intestinal, providenciar distração que prevenirá o tédio e problemas comportamentais (como mastigação de pelos), promover a saúde dental, estimular o apetite e a ingestão de cecotrófos (VARGA, 2014). A fibra solúvel, por sua vez, servirá de substrato para a microbiota do ceco, manterá o pH ideal no ceco e a produção adequada de ácidos graxos voláteis, além de prevenir a proliferação de bactérias patogênicas no ceco e manter a consistência adequada (firme) dos cecotrófos (VARGA, 2014). A fibra solúvel também parece ser capaz de aumentar a viscosidade no trato gastrintestinal através da formação de gel, propriedade que ainda necessita ser estudada em detalhes (GARCÍA *et al.*, 2009).

Celulose, lignina e outros componentes das gramíneas possuem uma importante função abrasiva que ajuda a manter a saúde dental do coelho (VARGA, 2014). O tempo de ingestão também está relacionado com esta função, já que a duração do ciclo da mastigação é mais importante do que a dureza do alimento. A ingestão de fibra insolúvel aumenta a taxa de passagem do conteúdo gastrintestinal, o que leva ao aumento do consumo (VARGA, 2014), podendo ocorrer adequado desgaste dental, já que haverão mais ciclos mastigatórios.

As razões pelas quais a fibra alimentar é um fator importante na prevenção de patologias digestórias ainda não são claras (DE BLAS, 2013). Sabe-se que fornecer uma dieta com baixo nível de fibra implicará na diminuição da disponibilização do substrato para a microbiota fibrolítica, além de diminuir peristaltismo intestinal, o que poderia levar à alteração no equilíbrio da microbiota (DE BLAS, 2013). O aumento do nível de fibra diminui o pH do ceco e aumenta a concentração de AGV, o que poderia explicar o papel da fibra no controle de patógenos (DE BLAS, 2013).

O uso de fibra altamente lignificada causa deterioração das vilosidades intestinais, por isso, a substituição parcial da fibra insolúvel por fibra solúvel pode diminuir esse efeito e aumentar a resposta imune e a eficiência da digestão, principalmente em coelhos jovens, que apresentam o sistema

digestório imaturo (DE BLAS, 2013). Além disso, a fibra tem efeito diluidor no amido ingerido, o que evita o fluxo excessivo no íleo e pode promover o crescimento de patógenos (DE BLAS, 2013).

Uma doença comum em coelhos é a enteropatia epizootica do coelho (ERE), que surgiu entre 1996 e 1997, levando à alta mortalidade (30 a 80%) dos animais (LICOIS *et al.*, 2006), principalmente no período de engorda (DE BLAS, 2012). Uma vez que a doença ainda está presente em granjas e fazendas europeias, pesquisas em busca da etiologia e tratamentos têm sido feitas na última década (DE BLAS, 2012). De acordo com Licois, Coudert e Marlier (2006), a doença não foi detectada fora da União Europeia, com exceção de relatos no norte da África. Os sintomas incluem perda de peso, distensão abdominal, líquido nos intestinos e compactação cecal (LICOIS *et al.*, 2006; DE BLAS, 2012). A etiologia ainda não foi definida, porém *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens* têm sido apontados como possíveis micro-organismo causadores da doença (LICOIS *et al.*, 2006). Já Bärnerl *et al.* (2014) relatam que a doença pode ser causada pelo crescimento de diversos patógenos. No intuito de controlar a enteropatia epizootica do coelho (ERE), mesmo com a etiologia ainda indefinida, pesquisas relatam a diminuição da mortalidade em plantéis afetados pela doença com a utilização de fibra solúvel na dieta de animais em crescimento (GÓMEZ-CONDE *et al.*, 2009; PASCUAL *et al.*, 2014). Porém, estudos ainda são necessários para que seja possível a determinação dos mecanismos que atuam na manutenção da saúde desses animais.

## IMPORTÂNCIA DA FIBRA NA PRODUÇÃO DE COELHOS

A celulose e a lignina, encontradas na porção insolúvel da fibra, possuem papel importante na redução da incidência de diarreia em coelhos em crescimento (GIDENNE, 2003), por serem frações pouco digeridas que levam à redução da digestibilidade e à redução do tempo de retenção da digesta em todo o trato gastrointestinal (GIDENNE e PEREZ, 1994). Isto poderia limitar a possibilidade de adesão e/ou desenvolvimento de micro-organismos patogênicos (FORTUN-LAMOTHE e BOULLIER, 2007).

O nível adequado de fibra na dieta é essencial para manter a saúde do coelho,

porém, aumento na inclusão de fibra pode não melhorar o ganho de peso e a conversão alimentar de coelhos em crescimento (GIDENNE, 2003). Assim, diversos estudos (CHAO e LI, 2008; GÓMEZ-CONDE *et al.*, 2009; GIDENNE, 2015) buscam determinar o nível adequado de fibra para a alimentação de coelhos em crescimento, a fim de manter ou melhorar o desempenho dos mesmos.

Chao e Li (2008) concluíram que dietas com 190g/kg de fibra em detergente ácido (FDA) proporcionaram melhora no desempenho dos coelhos até os dois meses de idade, comparado aos animais alimentados com as demais dietas (130g/kg, 160 g/kg, 220 g/kg e 250 g/kg). Gómez-Conde *et al.* (2009) observaram que a alteração de 79 para 131g/kg de fibra solúvel reduziu a mortalidade de 14,4 para 5,26% de coelhos durante o período de engorda (25-60 dias), sendo essa redução atribuída à melhora da saúde intestinal. Em sua revisão sobre fibra alimentar na nutrição de coelhos em crescimento e recomendações para manter a saúde do trato digestório, Gidenne (2015) recomendou nível de FDA superior a 19% de toda a dieta peletizada, além de 5% de lignina e uma proporção de 1:3 de fibra digerível (hemiceluloses e pectinas) e FDA.

Em relação à fase de reprodução, Rebollar *et al.* (2011) descreveram que coelhas alimentadas com alto nível de fibra na dieta (475 g FDA/kg) durante a fase de cria (11 a 17 semanas de vida) e primeira gestação, mostraram menor mobilização de lipídios na parturição, explicando a tendência de altos índices de fertilidade no 11º dia pós-parto. Uma das hipóteses dos autores é que a alta ingestão de fibra promove enchimento contínuo do trato gastrointestinal, facilitando o consumo durante a fase de gestação, na qual a coelha passa por diminuição do espaço por conta do crescimento dos fetos. Ao consumir mais alimento, a mobilização de lipídios será inferior comparada à da fêmea com a dieta controle, disponibilizando essa reserva para outras atividades, como fertilidade no pós-parto.

## DIETARY FIBER AND ITS IMPORTANCE IN RABBIT PRODUCTION

### ABSTRACT

Due to recent tendency of increased rabbit production in Brazil, nutrition has become a major focus, directly interfering with productivity and health of the animals. Among the nutritional factors, dietary fiber stands out, especially for gut health, which has been emphasized in recent years. Therefore, this review seeks to highlight the main points of anatomy and physiology of the rabbit gastrointestinal system, information on dietary fiber, such as classification, analysis, sources, mode of action and the importance in rabbit health and production.

**Keywords:** Anatomy, nutrition, *Oryctolagus cuniculi*, health.

## REFERÊNCIAS

- ABAD, R.; IBÁÑEZ, M. A.; CARABAÑO, R.; GARCÍA, J. Quantification of soluble fibre in feedstuffs for rabbit and evaluation of the interference between the determinations of soluble fibre and intestinal mucin. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 182, p. 61-70, 2013.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.04.001>
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 17. Arlington, 2000.
- BÄRUERL, C.; COLLADO, C.; ZÚÑIGA, M.; BLAS, E.; MARTÍNEZ, G. P. Changes in cecal microbiota and mucosal gene expression revealed new aspects of epizootic rabbit enteropathy. **Plos one**, San Francisco, v. 9, n. 8, p. 1-12, 2014. Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0105707>>. Acesso em: 29 jun. 2015.
- BJÖRNHAG, G. Separation and delay of contents in the rabbit colon. **Swedish Journal of Agricultural Research**, Oslo, v. 2, p. 125-136, 1972.
- BREWER, N. R.; CRUISE, L. J. Physiology. In: MANNING, P. J.; RINGLER, D. H.; NEWCOMER, C. E. **The biology of the laboratory rabbit**. 2. ed. New York: Academic Press, 1994. p. 63-70.
- BROWER, M. Practioner's guide to pocket pet and rabbit. **Theriogenology**, Stoneham, v. 66, p. 618-623, 2006.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.04.015>
- CARABAÑO, R.; PIQUER, J.; MENOYO, D.; BADIOLA, I. The digestive system of the rabbit. In: DE BLAS, C.; WISEMAN, J. **Nutrition of the rabbit**. Oxfordshire: CABI Publishing, 2010. p. 1-18.  
<http://dx.doi.org/10.1079/9781845936693.0001>
- CHAO, H. Y.; LI, F. C. Effect of level of fibre on performance and digestion traits in growing rabbits. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 144, p. 279-291, 2008.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.10.007>
- CHEEKE, P. R. **Rabbit feeding and nutrition**. Orlando: Academic Press, 1987. 376p.
- CLAUSS, W.; HOFFMANN, B.; ACHAFER, H.; HORNICKE, H. Ion transport and electrophysiology in rabbit cecum. **American Journal of Physiology**. Maryland, v. 256, p. 1090-1099, 1989.
- DE BLAS, C.; WISEMAN, J. **Nutrition of the rabbit**. 2. ed. Oxfordshire: CABI Publishing, 2010. 325p.  
<http://dx.doi.org/10.1079/9781845936693.0000>
- DE BLAS, J. C. Nutritional impact on health and performance in intensively reared rabbits. **Animal**, Cambridge, v. 7, n. 1, p. 102-11, 2013.  
<http://dx.doi.org/10.1017/S1751731112000213>
- DE VRIES, J. W.; RADER, J. I. Historical perspective as a guide for identifying and developing applicable methods for dietary fibre. **Journal of the AOAC International**, Rockville, v. 88, p. 1349-1366, 2005.
- EHRLEIN, H. J.; REICH, H.; SCHWINGER, M. Colonic motility and transit of digesta during hard and soft feces formation in the rabbit. **Journal of Physiology**, London, v. 338, p. 75-86, 1983.



<http://dx.doi.org/10.1113/jphysiol.1983.sp014661>

ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications: A review. **Food Chemistry**, Barking, v. 124, p. 411- 421, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.077>

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Faostat** –Production: livestock primary: rabbit meal, 2013. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QL/E>>. Acesso em: 29 jun. 2015.

FEKETE, S. Recent findings and future perspectives of digestive physiology in rabbits: a review. **Acta Veterinaria Hungarica**, Budapest, v. 37, p. 265–279, 1989.

FORTUN-LAMOTHE, L.; BOULLIER, S. A review on the interactions between gut microflora and digestive mucosal immunity. Possible ways to improve the health of rabbits. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 107, p. 1-18, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2006.09.005>

FORTUN-LAMOTHE, L.; GIDENNE, T. Recent advances in the digestive physiology of the growing rabbit. In: MAERTENS, L. **Recent Advances in Rabbit Sciences**. Merebeck: Ilvo, 2006. cap. 4.1, p. 201-210.

FRAGA, M. J. Protein requirements. In: DE BLAS, C.; WISEMAN, J. **The nutrition of the rabbit**. Wallingford: CABI Publishing, 1998. p. 133-143.

GARCÍA, J.; GIDENNE, T.; FALCAO-E-CUNHA, L.; DE BLAS, C. Identification of the main factors that influence caecal fermentation traits in growing rabbits. **Animal Research**, Le Ulis, v. 51, p. 165-173, 2002. <http://dx.doi.org/10.1051/animres:2002011>

GARCÍA, J.; GÓMEZ-CONDE, M.; PÉREZ DE ROZAS, A.; BADIOLA, I.; VILLAMIDE, M. J.; DE BLAS, C.; CARABAÑO, R. Role of type of fibre on intestinal microbiota and performance in rabbits. In: *Giornate di*

Coniglicoltura ASIC, **Proceedings...** Forlì: ASIC, 2009.

GIDENNE, T.; CARABAÑO, R.; GARCÍA, J.; DE BLAS, C. Fibre digestion. In: DE BLAS, C.; WISEMAN, J. **Nutrition of the rabbit**. 2. ed. Oxfordshire: CABI Publishing, 2010. p. 66-82. <http://dx.doi.org/10.1079/9781845936693.0066>

GIDENNE, T. Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. **Animal**, Cambridge, v. 9, n. 2, p. 227-242, 2015. <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731114002729>

GIDENNE, T. Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention: respective role of low-digested and digestible fibre. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 81, p. 105-117, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00301-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00301-9)

GIDENNE, T.; PEREZ, J. M. Apports de lignines *et* alimentation du lapin em croissance. I. Conséquences sur la digestion et le transit. **Annales de Zootechnie**, Le Ulis, v. 43, p. 313-322, 1994.

GÓMEZ-CONDE, M. S.; ROZAS, A. P.; BADIOLA, I.; PÉREZ-ALBA, L.; BLAS, C.; CARABAÑO, R.; GARCÍA, J. Effect of neutral detergent soluble fibre on digestion, intestinal microbiota and performance in twenty five day old weaned rabbits. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 125, p. 192-198, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2009.04.010>

HALL, M. B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 3226-3232, 2003.

HALL, M. B.; HOOVER, W. H.; JENNINGS, J. P.; MILLER WEBSTER, T. K. A method for partitioning neutral detergent soluble carbohydrates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 79, p. 2079-2086, 1999. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199912\)79:15<2079::AID-JSFA502>3.0.CO;2-Z](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199912)79:15<2079::AID-JSFA502>3.0.CO;2-Z)

- JENKINS, J. R. Rabbit Behavior. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, Maryland Heights, v. 4, n. 3, p. 669–679, 2001.
- LICOIS, D.; COUDERT, P.; MARLIER, D. Epizootic rabbit enteropathy. In: MAERTENS, L. **Recent Advances in Rabbit Sciences**. Merebeck: Ilvo, 2006. p. 163-170.
- MACHADO, L. C.; FERREIRA, W. M. Opinião: Organização e estratégias da cunicultura brasileira- buscando soluções. **Revista Brasileira de Cunicultura**, v. 6, n. 1, 2014.
- MACHADO, L. C. Opinião: Panorama da Cunicultura Brasileira. **Revista Brasileira de Cunicultura**, v. 2, n. 1, 2012.
- MERTENS, D. R. Challenges in measuring insoluble dietary fiber. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 3233-3249, 2003.
- NICODEMUS, N.; GARCÍA, J.; CARABAÑO, R.; DE BLAS, J. C. Effect of a reduction of dietary particle size by substituting a mixture of fibrous by-products for lucerne hay on performance and digestion of growing rabbits and lactating does. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 100, p. 242-250, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.09.004>
- PAIRET, M.; BOUYSSOU, T.; RUCKESBUSCH, Y. Colonic formation of soft feces in rabbits: a role for endogenous prostaglandins (Abstract). **American Journal of Physiology**. Maryland, v. 250 p. 302–308, 1986.
- PASCUAL, M.; SOLER, M. D.; CERVERA, C.; PLA, M.; PASCUAL, J. J.; BLAS, E. Feeding programmes based on highly-digestible fibre weaning diets: effects on health, growth performance and carcass and meat quality in rabbit. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 169, p. 88-95, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2014.07.007>
- PROSKY, L.; ASP, G. N.; SCHEWEIZER, T. F.; DEVRIES, J. W.; FURDA, I. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: collaborative study. **Journal of the AOAC International**, Rockville, v. 75, p. 360-367, 1992.
- REBOLLAR, P. G.; PEREDA, N.; SCHWARZ, B. F.; MILLÁN, P.; LORENZO, P. L.; NICODEMUS, N. Effect of feed restriction or feeding high-fibre diet during the rearing period on body composition, serum parameters and productive performance of rabbit does. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 163, p. 67-76, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.10.005>
- RUCKESBUSCH, Y.; FIORAMONTI, J. The fusus coli of the rabbit as a pacemaker area. **Experientia**, Basel, v. 32, p. 1023–1024, 1976. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01933949>
- SCHWARTZ, G.; ENOMOTO, S.; VALIQUETTE, C.; LUND, J. P. Mastication in the rabbit: a description of movement and muscle activity. **Journal of Neurophysiology**, Bethesda, v. 62, p. 273-287, 1989.
- SOHN, J.; COUTO, M. A. Anatomy, physiology and behavior. In: SUCKOW, M. A ; STEVENS, K. A.; WILSON, R. P. **The laboratory rabbit, guinea pig, hamster and other rodents**. 1. ed. San Diego: Elsevier, 2012. 1268p. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-380920-9.00008-0>
- STRAW, T. E. Bacteria of the rabbit gut and their role in the health of the rabbit. **The Journal of Applied Rabbit Research**, Oregon, v. 11, p. 142-146, 1988.
- SZENDRO, Z.; SZENDRO, K.; DALLE ZOTTE, A. Management of reproduction on small, medium and large rabbit farms: a review. **Asian-Australian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 25, n. 5, p. 738-748, 2012. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2012.12015>
- TROCINO, A.; GARCÍA, J.; CARABAÑO, R.; XICCATO, G. A meta-analysis on the role of soluble fibre in diets for growing rabbits. **World Rabbit Science**, Valência, v. 21, p. 1-15, 2013. <http://dx.doi.org/10.4995/wrs.2013.1285>
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch

polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3583-3597, 1991.  
[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

VARGA, M. **Textbook of Rabbit Medicine**. 2. ed. New York: Elsevier, 2014. 494p.

VELLA, D.; DONNORELLY, T. M. Basic anatomy, physiology and husbandry. *In*: QUESENBERRY, K.; CARPENTER, J. **Ferrets, rabbits and rodents: Clinical Medicine and Surgery**. 3. ed. Missouri: Elsevier, 2012. p. 157-173.  
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-4160-6621-7.00012-9>

VILLAMIDE, M. J.; MAERTENS, L.; DE BLAS, C. Feed evaluation. *In*: DE BLAS, C.; WISEMAN, J. **Nutrition of the rabbit**. 2. ed. Oxfordshire: CABI Publishing, 2010. 325p.  
<http://dx.doi.org/10.1079/9781845936693.0151>

YAMADA, Y.; YAMAMURA, K. Possible factors which may affect phase durations in the natural chewing rhythm. **Brain Research**, Amsterdam, v. 706, p. 237-242, 1996.  
[http://dx.doi.org/10.1016/0006-8993\(95\)01061-0](http://dx.doi.org/10.1016/0006-8993(95)01061-0)