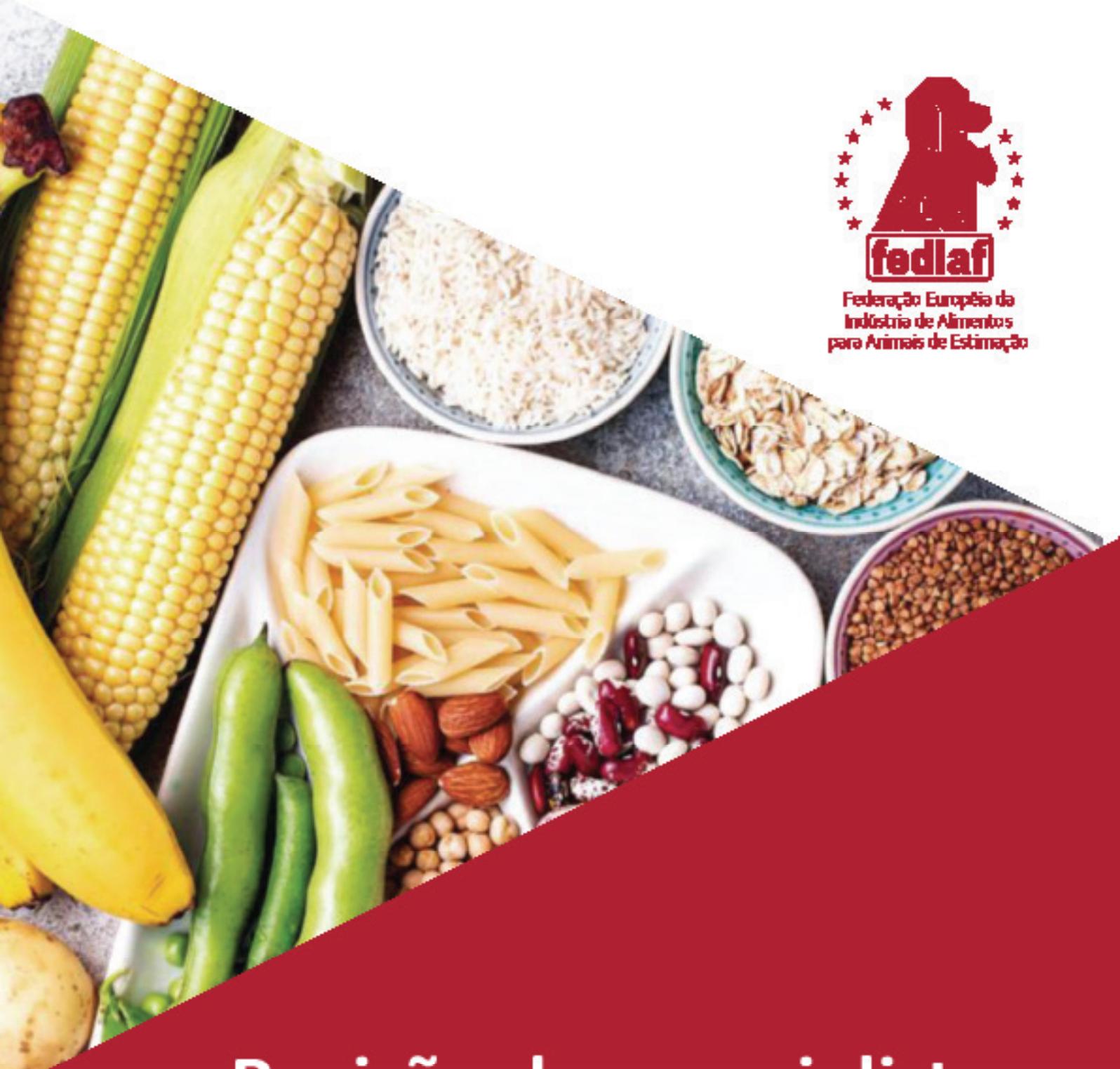




Federação Europeia da
Indústria de Alimentos
para Animais de Estimação



Revisão de especialistas sobre Carboidratos

Conselho Científico da FEDIAF

ÍNDICE

Carboidratos em Alimentos para Cães e Gatos	4
Definição	4
Estrutura dos carboidratos	5
Açúcares	5
Oligossacarídeos	5
Polissacarídeos	5
Classificação analítica, funcional e nutricional dos carboidratos	6
Análise de carboidratos: química vs. enzimática	6
Classificação funcional e nutricional de carboidratos	6
Fontes de carboidratos	8
Rotulagem de carboidratos em alimentos para animais de estimação.....	8
Os cães podem digerir o amido cozido?	8
E os gatos?	9
E as dietas com baixo teor de amido?	10
Referências	11

Aviso legal:

Este documento é uma revisão especializada do Conselho Consultivo Científico da FEDIAF. Está escrito em inglês e apenas a versão em inglês é oficial. As informações contidas neste documento podem ser traduzidas para outros idiomas, mas o Conselho Consultivo Científico e a FEDIAF não se responsabilizam por quaisquer erros ou omissões contidos nas traduções.

Crédito da foto:

Capa: iStock / yulka3ice

Carboidratos em Alimentos para Cães e Gatos

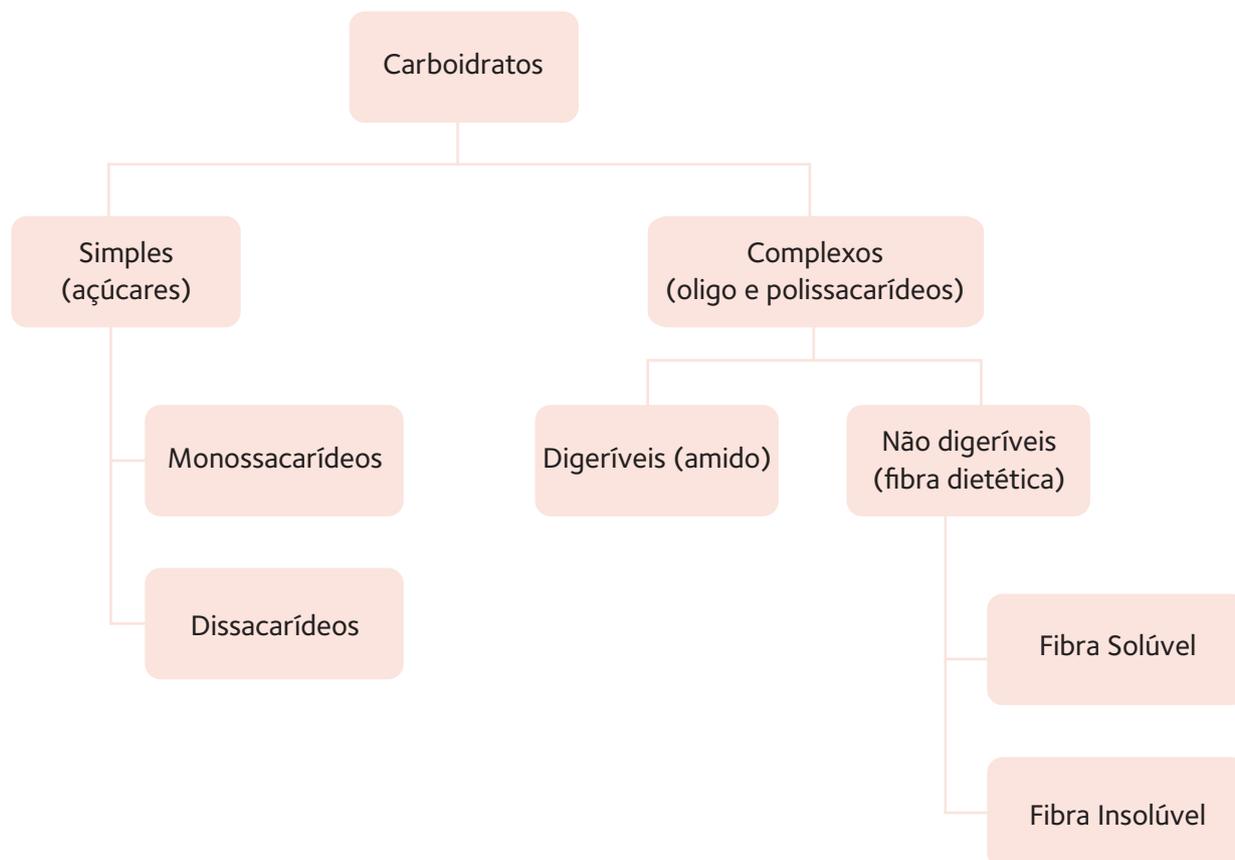
Definição

Os carboidratos são uma das três categorias de macronutrientes (junto com proteínas e gorduras) na dieta dos animais. São moléculas constituídas por apenas três elementos: carbono, hidrogênio e oxigênio. Eles são a principal fonte de energia e fornecem fibras, que podem ser benéficas para a saúde gastrointestinal.

A forma básica dos carboidratos é o monossacarídeo. Os carboidratos incluem mono-, di-, oligo- e polissacarídeos. A forma como os monômeros estão ligados (ligações do tipo α ou β) tem implicações importantes em seus papéis nutricionais ou funcionais.

Estrutura Dos Carboidratos

As menores e mais simples formas de carboidratos são os açúcares (monossacarídeos e dissacarídeos). As maiores moléculas de carboidratos incluem os oligossacarídeos e polissacarídeos.



Açúcares

Monossacarídeos

A forma básica e típica de carboidrato é a glicose (C₆H₁₂O₆). Outros exemplos de monossacarídeos incluem frutose (também conhecido como açúcar de frutas) e galactose (um componente da lactose).

Dissacarídeos

Os oligossacarídeos são oligômeros compostos por 3 a 9 monossacarídeos, usualmente unidos por ligações tipo β . Como exemplos temos tem-se os frutooligosacarídeos, que são obtidos da hidrólise da inulina e estaquiose (frutose- [galactose]₂-glicose), que é um dos oligossacarídeos encontrados em muitas leguminosas.

Polissacarídeos

A maioria dos polissacarídeos é de origem vegetal, mas os tecidos animais podem conter pequenas quantidades de glicogênio.

Amidos

Os amidos são cadeias longas, lineares (amiloze) ou ramificadas (amilopectina) de moléculas de glicose unidas por ligações glicosídicas do tipo α . O amido é produzido em plantas para armazenamento de energia intracelular. Dependendo do comprimento da cadeia e do grau de ramificação, existe grande variedade de amidos naturais que são armazenados como grânulos semicristalinos. Sua forma também varia em tamanho e configuração entre os órgãos das plantas e entre as espécies de plantas.

As pessoas costumam usar incorretamente o termo 'Carboidratos' quando estão se referindo aos amidos.

Inulina

Muitas plantas armazenam energia na forma de inulina em vez de amido. As inulinas são polissacarídeos lineares compostos principalmente por moléculas de frutose (até vários milhares) e normalmente têm uma glicose terminal. Nas inulinas, os monômeros de frutose estão unidos por ligações glicosídicas do tipo β .

Gomas e mucilagens

Gomas que se dissolvem prontamente em água

Dissacarídeos

Na natureza, a maioria dos açúcares disponíveis são dissacarídeos, que são constituídos por dois monossacarídeos unidos. Os exemplos incluem sacarose (açúcar comum, uma molécula de glicose ligada a uma da frutose), lactose (açúcar do leite, glicose-galactose) e maltose (glicose-glicose).

e mucilagens que formam géis são grupos adicionais de polímeros de carboidratos complexos de plantas.

Polissacarídeos de parede celular vegetal

Outros polissacarídeos vegetais, frequentemente chamados de polissacarídeos não amiláceos, são constituintes da parede celular: celulosas, hemicelulosas, beta-glucanos e pectinas. Enquanto a celulose é um polímero linear composto por unidades de glicose, as hemicelulosas são ramificadas e contêm muitos monossacarídeos diferentes. Os beta-glucanos compreendem um grupo de polissacarídeos de glicose presentes (com as hemicelulosas) nas paredes celulares dos cereais. As ligninas também fazem parte da parede celular, embora sejam polímeros fenólicos ao invés de polissacarídeos. Em todas as paredes celulares, os monossacarídeos constitutivos dos polissacarídeos (exceto as pectinas), estão unidos por ligações glicosídicas do tipo β .

Glicogênio

O glicogênio é análogo do amido, pois funciona como armazenamento de energia nos tecidos animais, principalmente no fígado e nos músculos. O glicogênio é constituído por unidades de glicose e tem estrutura ramificada semelhante à da amilopectina. Como no amido, os monômeros de glicose são unidos por ligações glicosídicas do tipo α .

CLASSIFICAÇÃO ANALÍTICA, FUNCIONAL E NUTRICIONAL DOS CARBOIDRATOS

Análise de Carboidratos: química vs enzimática

Na década de 1860, Henneberg e Stohmann desenvolveram o sistema de análise proximal para alimentos.¹ Eles introduziram método químico-gravimétrico com digestão ácida e alcalina fracas. Foi em Weende (Alemanha), e o método pretendia discriminar os componentes digeríveis (carboidratos intracelulares) dos não digeríveis (carboidratos da parede celular) em alimentos para animais monogástricos. A fração supostamente indigerível foi então chamada de 'fibra bruta', enquanto a supostamente digerível, calculada por diferença, é conhecida como 'extrativos não nitrogenados', uma denominação pouco precisa. Além disso, já se sabe há muito tempo que o resíduo denominado 'fibra bruta' subestima (em até quatro vezes) o teor de polissacarídeos da parede celular dos alimentos e rações. Essa imprecisão é mais provável de ocorrer para monogástricos não herbívoros do que em herbívoros. O motivo desta discrepância é

que uma fração, e infelizmente, uma fração inconsistente, das hemiceluloses e ligninas são solubilizadas durante o processo analítico de Weende.

Muitas melhorias foram sugeridas ao longo do tempo, mas elas nunca contornaram as limitações iniciais do método Weende. Na década de 1960, os métodos de detergente levaram a melhorias consideráveis na determinação do teor de fibra e, portanto, na previsão do valor do alimento. A partir do final dos anos 1970, os métodos enzimático-gravimétricos se tornaram o padrão para a medição da fibra alimentar (total) (FAT). Esses métodos são baseados na ação de uma mistura de enzimas que simula a digestão intestinal por enzimas pancreáticas. Além disso, eles também distinguem frações de fibra solúvel de insolúvel.

Classificação funcional e nutricional dos carboidratos

Carboidratos como fonte de energia

A glicose é a fonte de energia mais importante nas células animais e a principal para alguns tecidos como o cérebro. O corpo obtém glicose a partir de açúcares ou polissacarídeos (amido) da dieta, dos estoques endógenos (glicogênio) ou por síntese endógena (gliconeogênese, especialmente de aminoácidos).

Os amidos são o principal carboidrato incluído nos alimentos para animais de estimação. Gatos e cães têm enzimas intestinais (sacarase, etc.) e pancreáticas (amilase) que clivam os dissacarídeos e as ligações glicosídicas do tipo α , respectivamente. Cães e gatos adultos têm atividade de lactase muito baixa e, portanto, não podem digerir a lactose adequadamente. No geral, cães e gatos podem utilizar açúcares e α -polissacarídeos da dieta, como glicogênio e amido, desde que tenham sido cozidos. Os monossacarídeos são absorvidos e, com algumas

diferenças entre cães e gatos (veja a seguir 'E os gatos?'), tornam-se disponíveis para o metabolismo e armazenamento de energia. Os carboidratos digestíveis da dieta fornecem aproximadamente 3,5 a 4 kcal de energia metabolizável (EM) por grama. Tanto no cão como no gato, a atividade da amilase salivar está ausente. A atividade da amilase pancreática no quimo intestinal do gato é menor do que no cão.² O amido cozido é altamente digerível no trato digestivo de cães (digestibilidade do amido ≈ 100 por cento)^{3,4} e gatos (digestibilidade do amido ≥ 94 por cento com uma ingestão de $\approx 6\text{g} \cdot \text{kg de PC}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$).⁵

No entanto, as contribuições relativas da digestão enzimática no intestino delgado e da fermentação no intestino grosso podem variar amplamente, dependendo da fonte de amido e de seu processamento. De fato, a digestão e a absorção podem correr rapidamente, embora, por razões estruturais, nem todos

os amidos ou frações de amido sejam digeridos na mesma velocidade. Quando o amido não é digerido, é denominado 'amido resistente'. O amido resistente chega ao cólon, onde pode ser fermentado pela microbiota. Para qualquer alimento em particular, a importância da fração 'resistente' pode variar entre as espécies animais, dependendo do comprimento e do tempo de trânsito intestinal. Normalmente, o cozimento (especialmente na extrusão) aumenta drasticamente a fração de amido rapidamente digerida e reduz a fração resistente. Isso foi notadamente demonstrado em gatos, nos quais o amido de milho cozido foi quase totalmente digerido. A digestibilidade pré-cecal no intestino delgado foi de aproximadamente 70%, com cerca de 30% do amido fermentado no cólon.⁶ No mesmo experimento, a digestibilidade pré-cecal do amido de milho cru foi de cerca de 45% e a digestibilidade geral de 70%.⁶

Nota: Se a digestibilidade e disponibilidade se referem apenas ao que ocorre no intestino delgado, 'carboidratos digeríveis', 'carboidratos disponíveis' e 'carboidratos glicêmicos' são termos mais ou menos equivalentes para nomear carboidratos que são fontes de glicose e energia.

Fibra dietética

Os carboidratos não digeríveis ('indisponíveis', 'não glicêmicos') são frequentemente chamados de 'fibra dietética'. É grupo heterogêneo de substâncias definidas como polissacarídeos (10 ou mais unidades monoméricas) que não são hidrolisadas pelas enzimas endógenas no intestino delgado de animais monogástricos. A fibra dietética geralmente inclui os polímeros de carboidratos comestíveis que ocorrem naturalmente nos alimentos, incluindo polissacarídeos da parede celular das plantas, ligninas, inulina, gomas e mucilagens. Os oligossacarídeos resistentes à digestão também são considerados fibra alimentar.

As fibras dietéticas são normalmente classificadas de acordo com sua fermentabilidade (rapidamente fermentável, lentamente fermentável ou não fermentável) ou sua solubilidade (solúvel vs. insolúvel). Esses atributos não são necessariamente correlacionados, embora as fibras solúveis tendam a ser mais fermentáveis. Outras características importantes da fibra incluem a capacidade de retenção de água, aumentos de volume do alimento e viscosidade. Todas essas características modificam os efeitos da fibra alimentar nos cães e gatos.

Como outros animais monogástricos, cães e gatos não possuem enzimas para quebrar as ligações β -glicosídicas. Apenas os microrganismos produzem as β -glicosidasas que permitem, no cólon, a hidrólise dos polissacarídeos do tipo β . Esta é a primeira etapa de um processo fermentativo, que é o modo como os microrganismos obtêm energia dos substratos disponíveis. Os ácidos graxos de cadeia curta estão entre os produtos finais da fermentação. Estes podem ser absorvidos no cólon e fornecer alguma energia ao cão ou gato, mas com eficiência relativamente baixa em comparação com a glicose. A fermentação do cólon é um processo mais lento do que a digestão do intestino delgado e, portanto, nem todos os substratos potencialmente fermentáveis são completamente fermentados devido ao tempo de permanência relativamente curto no cólon. Os carboidratos fermentados (polissacarídeos do tipo β , oligossacarídeos ou amido resistente) fornecem entre 1 e 2 kcal/g (kcal ME)⁷; e isso é considerado insignificante para cães e gatos.

Dependendo de sua solubilidade e fermentabilidade, a fibra alimentar pode apresentar benefícios para a saúde de cães e gatos relacionados à saúde intestinal e saciedade. Fibras solúveis, que se dissolvem em água, podem em alguns casos aumentar a viscosidade no trato gastrointestinal. Isso poderia atrasar o esvaziamento gástrico e modificar a resposta glicêmica pós-prandial. Algumas fontes podem ser fermentadas no cólon, o que resulta no aumento da produção de ácidos graxos de cadeia curta. Alguns oligossacarídeos da fibra solúvel têm efeitos prebióticos, pois induzem especificamente o crescimento e a atividade de microrganismos benéficos (como as Bifidobactérias).

As fibras insolúveis, que não se dissolvem em água, podem ser metabolicamente inertes, embora uma pequena fração possa ser fermentada lentamente no intestino grosso. Sua baixa densidade e alta porosidade, combinadas com sua capacidade de retenção de água resultam em maior volume de fezes. Isso pode resultar em defecação mais fácil e consistência de fezes mais adequada. A fibra insolúvel geralmente não é fonte de energia para cães e gatos e, portanto, não contribui para o ganho de peso. É por isso que é usada em dietas para controle de peso, especialmente formuladas para propiciar aumentos de volume alimentar e potencialmente melhorar a saciedade.

Fontes de carboidratos

As principais fontes de amido são os cereais, tubérculos e leguminosas. Esses ingredientes também fornecem fibra. A fibra solúvel pode ser encontrada em diferentes quantidades nos cereais, frutas e legumes, enquanto a fibra insolúvel pode ser encontrada

em alta concentração em grãos inteiros e cascas de frutas.

A fibra também pode ser fornecida por meio de fontes de purificadas como celulose ou casca de psyllium.

Rotulagem de carboidratos em pet food

De acordo com a legislação da UE, os seguintes nutrientes (fornecidos como porcentagens, ou seja, gramas de nutrientes por 100 gramas de alimento) devem ser declarados nos Níveis de Garantia de alimentos para cães e gatos:

- Proteína (ou Proteína Bruta)
- Teor de gordura (ou Extrato etéreo ou Óleos e gorduras brutos)
- Fibra bruta
- Matéria mineral (ou cinzas ou matéria inorgânica)
- Teor de umidade (não obrigatório para alimentos secos; se não estiver listado no alimento convencional, o teor de umidade é inferior a 14%)

Não há nenhuma medida de carboidratos digestíveis (açúcares e amido) descrita no rótulo. Para se obter estimativa dos carboidratos digestíveis no alimento para animais de estimação (principalmente amido), esta pode ser calculada por diferença. Esta estimativa é chamada de 'extrativos não nitrogenados' (ENN).

- $\% \text{ ENN} = 100 - (\text{Proteína bruta} + \text{Extrato etéreo} + \text{Fibra bruta} + \text{Matéria mineral} + \text{Umidade})$

A análise de fibra bruta subestima amplamente o conteúdo real de fibra alimentar e não fornece nenhuma informação sobre propriedades físico-químicas ou biológicas. Como consequência, o ENN geralmente superestima o conteúdo de carboidratos digestíveis.

Desta forma,, a 'fibra bruta' não fornece informações precisas sobre as propriedades funcionais e nutricionais dos carboidratos. Como os alimentos para animais de estimação geralmente contêm muito poucos ou nenhum açúcar, seria preferível se determinar o teor de amido, o que é fácil de ser feito, e calcular o teor de fibra alimentar (polissacarídeos não amiláceos) por diferença.

Também é possível se determinar o conteúdo de fibra alimentar e calcular o amido por diferença. No entanto, o conteúdo de fibra analisado pode variar, dependendo da definição e/ ou do método usado para quantificá-la.⁸

Os cães podem digerir o amido cozido?

Apesar da percepção de alguns de que os cães deviam comer o mesmo alimento que os lobos, estudos mostraram que os cães podem digerir o amido cozido. Um estudo do genoma de cães e lobos mostrou que os cães têm maior número de cópias de genes que lhes permitem digerir o amido cozido.⁹ O estudo analisou genomas de 14 raças diferentes de cães e os comparou com genomas de lobos e indicou que os cães têm uma capacidade aumentada de digerir amidos e quebrá-los em açúcares como

fonte de energia disponível. Esta mudança evolutiva ocorreu nos últimos 10.000 anos, com o cultivo das plantações e a domesticação de cães, resultando em humanos¹⁰ e cães capazes de maior consumo de amido. No entanto, foram mostradas diferenças entre os cães quanto à sua capacidade de resposta ao consumo de amido resistente (que foi determinado in vitro, por 'resistência' à digestão por α -amilase pancreática e amiloglicosidase).¹¹ Isso pode refletir as diferenças na capacidade de digerir carboidratos,

que podem ser resultantes de processos evolutivos distintos, devido à variações na pressão alimentar. Na verdade, foi demonstrado que o número de cópias do gene que codifica a amilase pancreática é menor em cães árticos e australianos, que evoluíram em áreas onde a agricultura se desenvolveu

posteriormente.¹² Quase 70 por cento da variação no número de cópias do gene dependeria apenas da raça, o restante dependeria dos indivíduos. De fato, dentro de uma mesma raça este pode variar entre 2 e 10, e em uma outra, entre 12 e 21.^{12,13}

E os gatos?

Os gatos são carnívoros estritos e, em seu habitat natural, como caçadores solitários, consomem pequenas presas animais. Eles evoluíram numa dieta rica em proteínas, com quantidades moderadas de gordura e pouco carboidrato.

Nem os gatos nem os cães têm necessidade absoluta de carboidratos; eles precisam de glicose, mas como carnívoros são capazes de sintetizar glicose de novo, a partir de aminoácidos. No entanto, os gatos são capazes de utilizar carboidratos como fonte de energia, desde que os carboidratos sejam processados adequadamente.⁵ Eles têm amilase pancreática e, mesmo que a atividade da amilase seja bastante moderada em comparação com outras espécies, os gatos podem receber dietas com quantidades variáveis de carboidratos, incluindo amido, com digestibilidade aparente no trato digestório total variando entre 94 por cento e 100 por cento,¹⁴ em dietas contendo 35% de ingredientes amiláceos. Os gatos são carnívoros e sua dieta natural é composta principalmente por proteínas e gorduras como fontes de energia. A síntese endógena de glicose (gliconeogênese) a partir de aminoácidos é bastante ativa. As atividades das enzimas que poderiam limitar a taxa de gliconeogênese é maior em gatos do que em cães.¹⁵ Os gatos não têm glicoquinase hepática, a enzima responsável pela captação de glicose em caso de aumento da glicose no sangue. No entanto, os gatos podem usar glicose porque têm hexoquinase.

Embora os gatos, assim como os cães, não tenham necessidade de amido e carboidratos, eles são capazes de utilizá-los como fonte de energia, desde que sejam adequadamente processados e presentes em quantidades moderadas.

Foi sugerido que níveis elevados de carboidratos na dieta pudessem alterar o metabolismo energético e reduzir a sensibilidade à insulina¹⁶, mas isso não foi confirmado. Muitos estudos foram conduzidos a respeito do impacto dos carboidratos da dieta sobre os biomarcadores de risco de doenças e não se encontrou associação clara entre ingestão de carboidratos e risco de diabetes mellitus em gatos. A dieta pode aumentar o risco desta doença principalmente devido à sua associação com a obesidade, mas não por sua composição nutricional.^{17,18}

Estudos epidemiológicos descobriram que os alimentos secos (que provavelmente contêm mais carboidratos digestíveis do que os úmidos e também podem ter densidade energética maior) não afetam o risco de diabetes¹⁹, ou estão associados a um menor risco²⁰. No entanto, um estudo demonstrou que dietas secas foram associadas a maior risco de diabetes em gatos magros, mas não em obesos.²¹ Isso justificaria pesquisas adicionais, especialmente em relação ao efeito específico do conteúdo de carboidratos digeríveis, que varia muito em alimentos secos (de 10% a mais de 40% da energia, ou seja, de 20 a 50% da matéria seca). A quantidade e/ou a fonte do ingrediente podem afetar as respostas metabólicas.²²

Com base nas evidências publicadas atualmente, parece que uma condição de vida sedentária, viver em ambientes fechados, castração e consumir alimentos ricos em gordura e energia foram identificados como fatores de risco para obesidade, e não o conteúdo de carboidratos da dieta.

E as dietas com baixo teor de amido?

O amido é geralmente mais elevado em dietas secas em comparação com dietas úmidas, devido à sua importância no processo de extrusão. No entanto, alguns alimentos úmidos podem ter teores de amido comparáveis aos de alimentos secos. Por que ele é incluído, se não é um nutriente essencial? O principal motivo é que o amido é uma fonte de energia disponível; normalmente pode representar 40-50% da energia em dietas secas para cães e 15-40% naquelas para gatos.

Reduzir o conteúdo de amido das dietas requer o aumento da proteína ou gordura (ou ambas) para se fornecer energia. As dietas ricas em proteínas e/ou

gorduras podem ser completas e balanceadas. Elas podem ser bem toleradas em alguns animais de estimação, mas seu uso generalizado como dieta de manutenção para animais saudáveis é questionável. Na verdade, as dietas ricas em gordura são reconhecidas por predispor ao excesso de peso, pelo menos em animais castrados, como foi demonstrado em gatos.^{23,24} Dietas ricas em gordura também induzem um menor grau de saciedade. O uso de dietas ricas em proteínas traz preocupações éticas, econômicas e ambientais, visto que principalmente a proteína de origem animal é um recurso escasso e a alta ingestão proteica resulta em aumento da excreção de nitrogênio.

Para outros tópicos de alimentação e nutrição de animais de estimação, visite www.fediaf.org

Referências

1. Henneberg W, Stohmann F. Über das Erhaltungsfutter volljährigen Rindviehs. *J. Landwirtsch.* 1859; 3: 485-551.
2. Kienzle E. Carbohydrate metabolism of the cat 1. Activity of amylase in the gastrointestinal tract of the cat 1. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.* 1993 Jan 8;69(1-5):92-101.
3. Murray SM, Fahey Jr GC, Merchen NR, Sunvold GD, Reinhart GA. Evaluation of selected high-starch flours as ingredients in canine diets. *Journal of animal science.* 1999 Aug 1;77(8):2180-6.
4. Carciofi AC, Takakura FS, De-Oliveira LD, Teshima E, Jeremias JT, Brunetto MA, Prada F. Effects of six carbohydrate sources on dog diet digestibility and post-prandial glucose and insulin response. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.* 2008 Jun;92(3):326-36.
5. De-Oliveira LD, Carciofi AC, Oliveira MC, Vasconcellos RS, Bazolli RS, Pereira GT, Prada F. Effects of six carbohydrate sources on diet digestibility and postprandial glucose and insulin responses in cats. *Journal of Animal Science.* 2008 Sep 1;86(9):2237-46.
6. Kienzle E. Carbohydrate metabolism of the cat 2. Digestion of starch 1. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.* 1993 Jan 8;69(1-5):102-14.
7. Livesey G. The energy values of dietary fibre and sugar alcohols for man. *Nutrition Research Reviews.* 1992 Jan;5(1):61-84.
8. Dietary Fibre. https://ec.europa.eu/jrc/en/health-knowledge-gateway/promotion-prevention/nutrition/fibre#_Tocch2 2018.
9. Axelsson E, Ratnakumar A, Arendt ML, Maqbool K, Webster MT, Perloski M, Liberg O, Arnemo JM, Hedhammar Å, Lindblad-Toh K. The genomic signature of dog domestication reveals adaptation to a starch-rich diet. *Nature.* 2013 Mar;495(7441):360.
10. Perry GH, Dominy NJ, Claw KG, Lee AS, Fiegler H, Redon R, Werner J, Villanea FA, Mountain JL, Misra R, Carter NP. Diet and the evolution of human amylase gene copy number variation. *Nature genetics.* 2007 Oct;39(10):1256.
11. Goudez R, Weber M, Biourge V, Nguyen P. Influence of different levels and sources of resistant starch on faecal quality of dogs of various body sizes. *British Journal of Nutrition.* 2011 Oct;106(S1):S211-5.
12. Arendt M, Cairns KM, Ballard JW, Savolainen P, Axelsson E. Diet adaptation in dog reflects spread of prehistoric agriculture. *Heredity.* 2016 Nov;117(5):301.
13. Arendt M, Fall T, Lindblad-Toh K, Axelsson E. Amylase activity is associated with AMY 2B copy numbers in dog: implications for dog domestication, diet and diabetes. *Animal genetics.* 2014 Oct;45(5):716-22.
14. Morris JG, Trudell J, Pencovic T. Carbohydrate digestion by the domestic cat (*Felis catus*). *British journal of nutrition.* 1977 May;37(3):365-73.
15. Washizu T, Tanaka A, Sako T, Washizu M, Arai T. Comparison of the activities of enzymes related to glycolysis and gluconeogenesis in the liver of dogs and cats. *Research in veterinary science.* 1999 Oct 1;67(2):205-6.
16. Farrow HA, Rand JS, Morton JM, O'Leary CA, Sunvold GD. Effect of dietary carbohydrate, fat, and protein on postprandial glycemia and energy intake in cats. *Journal of veterinary internal medicine.* 2013 Sep;27(5):1121-35.
17. Hoenig M. Carbohydrate metabolism and pathogenesis of diabetes mellitus in dogs and cats. *Progress in molecular biology and translational science* 2014 Jan; 121(1):377-412. Academic Press.
18. Verbrugghe A, Hesta M. Cats and carbohydrates: the carnivore fantasy?. *Veterinary sciences.* 2017 Dec;4(4):55.

19. Slingerland LI, Fazilova VV, Plantinga EA, Kooistra HS, Beynen AC. Indoor confinement and physical inactivity rather than the proportion of dry food are risk factors in the development of feline type 2 diabetes mellitus. *The Veterinary Journal*. 2009 Feb 1;179(2):247-53.
20. Sallander M, Eliasson J, Hedhammar Å. Prevalence and risk factors for the development of diabetes mellitus in Swedish cats. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2012 Dec;54(1):61.
21. Öhlund M, Egenvall A, Fall T, Hansson-Hamlin H, Röcklinsberg H, Holst BS. Environmental risk factors for diabetes mellitus in cats. *Journal of veterinary internal medicine*. 2017 Jan;31(1):29-35.
22. Hewson-Hughes AK, Gilham MS, Upton S, Colyer A, Butterwick R, Miller AT. The effect of dietary starch level on postprandial glucose and insulin concentrations in cats and dogs. *British Journal of Nutrition*. 2011 Oct;106(S1):S105-9.
23. Nguyen PG, Dumon HJ, Siliart BS, Martin LJ, Sergheraert R, Biourge VC. Effects of dietary fat and energy on body weight and composition after gonadectomy in cats. *American journal of veterinary research*. 2004 Dec 1;65(12):1708-13.
24. Backus RC, Cave NJ, Keisler DH. Gonadectomy and high dietary fat but not high dietary carbohydrate induce gains in body weight and fat of domestic cats. *British Journal of Nutrition*. 2007 Sep;98(3):641-50.



The European
Pet Food Industry