

Autorka opracowania:

dr inż. Olga Lasek

Specjalistka żywienia zwierząt

Ekspertyza naukowa opracowana na podstawie wyników badań naukowych na temat ksylozy w żywieniu psów i kotów

Budowa ksylozy

Ksyloza to monosacharyd wchodzący w skład hemiceluloz. Wzór sumaryczny ksylozy to $C_5H_{10}O_5$, a zatem jest aldopentozą, ma cztery hydroksylowane atomy węgla i grupę aldehydową. Znajduje zastosowanie w przemyśle spożywczym jako środek do konserwowania owoców, produkcji lodów i wyrobów cukierniczych. Odczuwalność słodkiego smaku ksylozy u człowieka w porównaniu z cukrem stołowym jest około połowę słabszy. Przyjmując słodkość sacharozy = 1, dla ksylozy określono 0,4 w przeliczeniu na tą samą masę pobrania (Moskowitz, 1970). Ksyloza, znana jest również jako cukier drzewny. Została po raz pierwszy wyizolowana z drewna. Włókno surowe w karmie dla zwierząt domowych zawiera zwykle oprócz celulozy także węglowodany bogate w ksylozę, pochodzące ze składników roślinnych. Polimery ksylanowe zaliczają się do hemiceluloz. Ksyloza w składnikach roślinnych występuje głównie jako składnik arabinoksylianów. Są to niestrawne, liniowe łańcuchy ksylozy, do których przyłączona jest inna aldopentozą - arabinoza.

Metabolizm ksylozy u psów

Jelito psa skutecznie wchłania ksylozę (Annegers 1968, Cherbut i in. 1986). Około godzinę po doustnym podaniu ksylozy stężenie w surowicy u psów jest maksymalne (Nix i in., 1993; Rodríguez i in. 2009) w zależności od podanej dawki (Nix i in., 1993). Ksyloza przez psy wydalana jest z moczem i nie jest ponownie wchłaniana (Jolliffe i in., 1932). Ponad 50% ksylozy podanej doustnie lub dożylnie pojawia się w moczu psa (Hall i Batt, 1996; Streeter i in., 2002, Frias i in., 2012), prawdopodobnie wraz z jej metabolitami, co sugeruje, że pozostała część jest metabolizowana w organizmie. Ustalone szlaki metaboliczne sugerują, że wchłonięta ksyloza może zostać przekształcona w glukozę, między innymi za pomocą ksylitolu i fruktozo-6-fosforanu jako półproduktów. Zatem ksyloza może dostarczać energii ATP, choć znacznie mniej w porównaniu z glukozą. Znaczna część kalorii ze spożycia ksylozy jest tracona z moczem, podczas gdy metaboliczna przemiana aldopentozy w kierunku wytwarzania ATP jest stosunkowo nieefektywna. W celu rozpuszczenia i wydzielania bilirubiny z żółcią, wątroba psów i kotów sprzęga produkt degradacji hemu z glukozą lub ksylozą (Spivak i Carey 1985; Sommerer i in., 1988; Dawes I in., 1989). Prawdopodobnie proces ten stanowi szlak wydalania ksylozy. Zdolność psów do syntezy ksylozy w organizmie jest całkiem możliwa, gdyż obserwowano utratę ksylozy z dróg żółciowych u rosnących psów żywionych częściowo oczyszczoną, kompletną karmą pozbawioną (prawdopodobnie) ksylozy (Ontko i Phillips, 1958).

Ksyloza w karmach dla psów i kotów

Ksyloza pojawia się na liście składników karm dla psów i kotów. Co najmniej trzy marki mokrej karmy dla psów deklarują ksylozę jako składnik. Ksyloza może być stosowana jako aromat smakowy w mokrych karmach. Jako składnik węglowodanów złożonych, ksyloza może

występować zarówno w materiałach paszowych, jak i dodatkach do karmy dla zwierząt domowych (Beynen 2019b).

Całe ziarna zbóż zawierają od 3 do 8% ksylozy, która jest oznaczana jako nierozpuszczalne i rozpuszczalne, niecelulozowe polisacharydach (Bach Knudsen 1997). Nie wiadomo, czy polisacharydy zbożowe zawierające ksylozę występujące w suchej karmie dla zwierząt domowych mają wpływ na psy i koty. Natomiast łuski babki płesznik, stanowiące około 20% całych nasion babki płesznik, zawierają 50% ksylozy, a oznaczana jest głównie jako arabinoksyłany. Jako funkcjonalny składnik karmy dla zwierząt domowych, babka płesznik jest zwykle kojarzona z oświadczeniem dotyczącym zdrowia jelit. Brakuje jednak wyników badań, które określają wpływ różnych dawek babki płesznik w karmie. Niektóre karmy dla zwierząt domowych zawierają ksylooligosacharydy (XOS) jako prebiotyki. Uważa się, że niestrawne łańcuchy XOS, składające się z 2 do 10 jednostek ksylozy, służą jako substraty stymulujące wzrost pożytecznych bakterii w jelitach psów i kotów. Jak dotąd nie ma wystarczających dowodów na to, że XOS jest znaczącym prebiotykiem w karmie dla zwierząt domowych.

Ksyloza w ziarnach zbóż

W paszach roślinnych ksyloza występuje głównie jako składnik arabinoksyłanów, czyli liniowych łańcuchów ksylozy z pojedynczymi resztami arabinozy jako głównymi grupami bocznymi (Choct 1997). Arabinoksyłany są odporne na amylazę trzustkową psów i kotów, dlatego nie są trawione w przewodzie pokarmowym psów i kotów. Arabinoksyłany zawarte w ścianach komórkowych roślin są nierozpuszczalne i podczas analizy podstawowej oznaczane są jako włókno surowe. Arabinoksyłany niezwiązane ze ścianami komórkowymi są rozpuszczalne oraz lepkie i żelujące. Po spożyciu zarówno nierozpuszczalne, jak i rozpuszczalne arabinoksyłany w nienaruszonej formie docierają do jelita grubego psów i kotów. Ogólnie przyjmuje się, że nierozpuszczalne arabinoksyłany nie ulegają fermentacji, w przeciwieństwie do ich rozpuszczalnych odpowiedników. Wydaje się jednak, że bakteryjny rozkład arabinoksyłanów w jelicie grubym zależy nie tylko od ich rozpuszczalności, ale także od ich źródła. Badania wykazały, że zarówno nierozpuszczalne, jak i rozpuszczalne arabinoksyłany pszenicy ulegają fermentacji w przewodzie pokarmowym świń (Bach Knudsen i Hansen 1991) i szczurów (Lu i in. 2000). Zasadniczo rozpuszczalne arabinoksyłany mogą zwiększać lepkość treści jelita cienkiego i tym samym utrudniać proces trawienia u psów. Pszenica i obłuszczonej jęczmień zawierają odpowiednio 1,0 i 0,7% ksylozy w postaci rozpuszczalnych arabinoksyłanów (Bach Knudsen, 1997). Zastąpienie 37% pszenicy jęczmieniem w suchej karmie, obniżyło zawartość rozpuszczalnej ksylozy związanej z arabinoksyłanami, doprowadziło do produkcji miękkiego i wilgotnego kału przez psy (Twomey i in., 2003). Jednakże badanie to obejmowało wielokrotne zmiany karmy, więc nie jest jasne, czy obniżenie rozpuszczalnych arabinoksyłanów doprowadziło do pogorszenia jakości kału, czy był to efekt ciągłej zmiany karmy.

Ksyloza w babce płesznik

Skład komponentowy karm dla psów i kotów często wykazują babkę płesznik, błonnik babki płesznik, całe nasiona lub łuski. W przypadku suchej karmy deklarowany poziom zawartości babki płesznik (łuski) wynosi zwykle < 0,3%. Psyllium jako składnik funkcjonalny karmy dla zwierząt domowych jest często łączone z oświadczeniem dotyczącym zdrowia jelit. Weterynaryjne diety na schorzenia przewodu pokarmowego mogą również zawierać babkę płesznik. Nasiona psyllium są małe, ważą ok 1,3 mg, a łuska stanowi około 20% (Madgulkar i in., 2014, Qaisrani i in., 2014). Łuski zawierają 90% węglowodanów, z których około cztery piąte są rozpuszczalne (Marlett i Fischer 2003). Rozpuszczalne i nierozpuszczalne frakcje tych polisacharydów zawierają odpowiednio około 66 i 3% ksylozy (Marlett i Fischer 2003). Ze względu na wysoką zawartość rozpuszczalnych arabinoksyłanów,

łuski babki płesznik mają bardzo dużą zdolność wiązania wody i dlatego znacznie pęcznieją w środowisku wodnym.

Dwa opublikowane badania na psach dotyczyły działania babki płesznik w diecie na przewod pokarmowy, ale zastosowano w nich wysokie, niepraktyczne dawki. Dodatek 6% babki płesznik w suchej karmie przyspieszał opróżnianie żołądka i pasaż treściwy jelitowej (Roussel i in., 1996). Sucha karma zawierająca 2 lub 4% zmielonych nasion babki płesznik zwiększała objętość i wilgotność kału psów (Tortola i in., 2009). Bakterie kałowe psów jedynie w umiarkowanym stopniu fermentowały rozpuszczalne włókno łusek babki płesznik (gumę psyllium) (Sunvold i in., 1995), co potwierdza obserwacje in vivo u innych gatunków. Około 80% rozpuszczalnych arabinoksylanów w łuskach babki płesznik nie jest rozkładane przez bakterie jelitowe ludzi i szczurów i trafia do kału w postaci substancji żelowej (Marlett i Fischer 2003, Marlett i Fischer 2002). Te rozpuszczalne arabinoksylany mogą mieć rodzaj rozgałęzień, które czynią je odpornymi na rozkład przez bakterie jelitowe. Za wspomniany powyżej wzrost wilgotności kału wywołany babką płesznik wydają się odpowiadać dwa efekty. Fermentowalna część rozpuszczalnych arabinoksylanów zwiększa stężenie produktów fermentacji w okrężnicy, co powoduje wzrost wody osmotycznej. Część niefermentująca dociera do kału w stanie nienaruszonym, ale przemieszcza się wraz ze związaną wodą.

Ksylooligosacharydy (XOS)

Enzymatyczna hydroliza ksylianów z roślinnych produktów ubocznych daje ksylooligosacharydy (XOS), składające się z 2 do 10 jednostek ksylozy. Jako funkcjonalny składnik karmy dla zwierząt domowych, XOS jest prebiotykiem, niestrawnym węglowodanem, który zawiera specyficzny substrat do wzrostu pożytecznych bakterii w okrężnicy, takich jak pałeczki kwasu mlekowego i bifidobakterie. Nie przeprowadzono zbyt wielu badań potwierdzających działanie XOS jako prebiotyku. W badaniu na małą skalę przeprowadzonym na psach 0,3% XOS w diecie spowodowało wzrost liczby pałeczek kwasu mlekowego w kale (Cheng i in., 2009), ale u kotów zaobserwowano spadek liczby bifidobakterii (Lourenco i in., 2016). Stwierdzono, że u psów długotrwałe karmienie suchą karmą zawierającą 1% XOS jest bezpieczne (Gao i in., 2017).

Ksylitol

Oczyszczona ksyloza jest materiałem wyjściowym do produkcji ksylitolu, substytutu cukru. Uwodornienie ksylozy, podczas produkcji przemysłowej lub metabolizmu, oznacza, że aldopentoza przekształca się w ksylitol, polialkohol składający się z pięciu hydroksylowanych atomów węgla. W dużych dawkach ksylitol może powodować ostre zatrucie u psów, ale przypuszcza się, że może to dotyczyć tylko osobników nadwrażliwych. Na rynku dostępna jest karma dla kotów składająca się z wymieszanych, chrupiących i miękkich krokietów, która zawiera ksylitol wraz z glicerolem (źródło 4). Być może dodaje się ksylitol jako środek utrzymujący wilgoć, wspomagając tym samym działanie glicerolu (Beynen 2019a). Co najmniej jedna weterynaryjna karma dentystyczna dla psów zawiera ksylitol jako inhibitor bakterii płytki nazębnej (źródło 4).

U psów maksymalne stężenie ksylitolu w surowicy występowało około 20 minut po podaniu doustnym ksylitolu (Kuzuya i in., 1969). Po podaniu dożylnym prawie 20% pojawiało się w moczu (Asano i in., 1977). Biochemicznie ksylitol wchodzi do metabolizmu komórkowego i przekształca się w glukozę, podobnie jak jego prekursor, ksyloza. Ksylitol dodaje się do niektórych produktów piekarniczych jako zamiennik cukru oraz do pasty do zębów jako inhibitor wzrostu bakterii płytki nazębnej. Zastosowanie ksylitolu w bezcukrowych gumach do żucia łączy w sobie obie właściwości. Dodatek 0,005% ksylitolu do wody pitnej dla kotów zmniejsza powstawanie płytki nazębnej (Clarke 2006). U psów wielokrotnie obserwowano ostre zatrucie ksylitolem po przypadkowym spożyciu dużej ilości gumy do żucia, muffinek zawierającej ksylitol lub słodzika w proszku (Dunayer 2004, Dunayer i

Gwaltney-Brant 2006b). Z doświadczenia amerykańskiego ośrodka kontroli zatruc zwierząt (Dunayer 2006a) wynika, że psy z kliniczną hipoglikemią spożywały > 0,1 g ksylitolu/kg masy ciała, a psy z niewydolnością wątroby > 0,5 g/kg. Być może zatrucia te dotyczyły psów z nadreaktywnością na ksylitol. Ksylitol podawano również dożylnie psom laboratoryjnym w pojedynczych dawkach we wspomnianym zakresie toksycznym. Powodował on hiperinsulinemię i hipoglikemię, ale nie zgłaszano objawów klinicznych u psów (Kuzuya i in., 1969; Asano I in., 1977; Kuzuya i in., 1966).

Podsumowanie

Ksyloza jest monosacharydem naturalnie występującym w wielu produktach roślinnych. Wchłaniana jest w jelitach ale w około 50% wydalana wraz z moczem. W organizmie ksyloza może być metabolizowana do glukozy lub stanowić bezpośrednie źródło do wytwarzania energii ATP. W karmach dla psów jej głównym źródłem są ziarna zbóż, nasiona babki płesznik. W produktach tych występują głównie w formie arabinoksylianów w połączeniu z arabinozą i stanowią źródło włókna, a zatem wykazują klasyczny efekt prebiotyczny – wpływają na funkcjonowanie przewodu pokarmowego i mikrobiom. Pomimo tego, że ksyloza oczyszczona jest wykorzystywana do produkcji ksylitolu, czyli toksycznej substancji prawdopodobnie dla nadwrażliwych psów, nie należy mylić tych substancji. Nie wykazano dotychczas negatywnego działania ksylozy zawartej w karmie na zdrowie psów, dlatego również jej dodatek do karmy uznaje się za bezpieczny.

Literature

Annegers JH. Absorption of glucose, galactose, and xylose in the dog. Proc Soc Exp Biol Med 1968; 127: 1071-1074.

Asano T, Greenberg BZ, Wittmers RV, Goetz FC. Xylitol, a partial homologue of α -Dglucopyranose: potent stimulator of insulin release in dogs. Endocrinology 1977; 100: 339-345.

Bach Knudsen KE. Carbohydrate and lignin contents of plants materials used in animal feeding. Anim Feed Sci Technol 1997; 67: 319-338.

Bach Knudsen KE, Hansen I. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions. 1. Digestibility and bulking properties of polysaccharides and other major constituents. Br J Nutr 1991; 65: 217-232.

Beynen AC. Glycerol in semi-moist petfoods. Petfood Magazine 2019a; Nr 1: 24-25.

Beynen AC. Xylose in petfood. Petfood Magazine 2019b; Nr 4: 28-29.

Cheng D, Ding L, Liu D. Effects of oligosaccharides on intestinal flora, diarrhea and fecal quality in Tibetan Mastiff puppies. Chinese J Anim Nutr 2009; 21: 763-768.

Cherbut C, Meirieu O, Ruckebusch Y. Effect of diet on intestinal xylose absorption in dogs. Dig Dis 1986; 31: 385-391.

Choct M. Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. Feed Milling Int 1997; June: 13-26.

Clarke DE. Drinking water additive decreases plaque and calculus accumulation in cats. J Vet Dent 2006; 23: 79-82.

Dawes LG, Nahrwold DL, Rege RV. Supersaturation of canine gallbladder bile with calcium bilirubinate during formation of pigment gallstones. Am J Surg 1989; 157: 82-88.

Dunayer EK. Hypoglycemia following canine ingestion of xylitol-containing gum. *Vet Hum Toxicol* 2004; 46: 87-88.

Dunayer EK, Gwaltney-Brant SM. Acute hepatic failure and coagulopathy associated with xylitol ingestion in eight dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2006a; 229: 1113-1117.

Dunayer EK. New findings on the effects of xylitol ingestion in dogs. *Vet Med* 2006b; December: 791-796.

Frias R, Steiner JM, Williams DA, Sankari S, Westermarck E. Urinary recovery of orally administered chromium 51-labeled EDTA, lactulose, rhamnose, D-xylose, 3-O-methyl-D-glucose, and sucrose in adult male Beagles. *Am J Vet Res* 2012; 73: 654-658.

Gao Y, Wang Y, Li Y, Han R, Li C, Xiao L, Cho S, Ma Y, Fang C, Lee AW. Repeated sub-chronic oral toxicity study of xylooligosaccharides (XOS) in dogs. *Regul Toxicol Pharmacol* 2017; 86: 379-385.

Hall EJ, Batt RM. Urinary excretion by dogs of intravenously administered simple sugars. *Res Vet Sci* 1996; 60: 280-282.

Jolliffe N, Shannon JA, Smith HW. The excretion of urine in the dog. III. The use of nonmetabolized sugars in the measurement of the glomerular filtrate. *Am J Physiol* 1932; 100: 301-312.

Kuzuya T, Kanazawa Y, Kosaka K. Plasma insulin response to intravenously administered xylitol in dogs. *Metabolism* 1966; 15: 1149-1152.

Kuzuya T, Kanazawa Y, Kosaka K. Stimulation of insulin secretion by xylitol in dogs. *Endocrinol* 1969; 84: 200-207.

Lourenco M, Debevere S, Bourgeois H, Ran M, Hesta M. Faecal microbiome in healthy cats: effect of XOS supplementation. In: *Proceedings of the Waltham International Nutritional Sciences Symposium, Chicago 2016*, P33.

Lu ZX, Gibson PR, Muir JG, Fielding M, O'Dea K. Arabinoxylan fiber from a by-product of wheat flour processing behaves physiologically like a soluble, fermentable fiber in the large bowel of rats. *J Nutr* 2000; 130: 1984-1990.

Madgulkar AR, Rao MRP, Warriar D. Characterization of psyllium (*Plantago ovate*) polysaccharide and its uses. *Polysaccharides* 2014. DOI 10.1007/978-3-319-03751-6_49-1

Marlett JA, Fischer MH. A poorly fermented gel from psyllium seed husk increases excreta moisture and bile acid excretion in rats. *J Nutr* 2002; 132: 2638-2643.

Marlett JA, Fischer MH. The active fraction of psyllium seed husk. *Proc Nutr Soc* 2003; 62: 207- 209.

Moskowitz HR. Ratio scales of sugar sweetness. *Percept Psycho* 1970; 5: 315-320.

Nix BE, Leib MS, Zajac A, Zarakas K. The effect of dose and concentration on D-xylose absorption in healthy, immature dogs. *Vet Clin Pathol* 1993; 22: 10-16.

Ontko JA, Phillips PH. Reproduction and lactation studies with bitches fed semipurified diets. *J Nutr* 1958; 65: 2211-2218.

Rodríguez H, Berghoff N, Suchodolski JS, Steiner JM. Kinetic analysis of 5 sugar probes in dog serum after orogastric administration. *Can J Vet Res* 2009; 73: 217-223.

Roussel AJ, Keele S, Willard MD, Laflamme DP. Type and amount of fiber affects gastric emptying and small intestinal transit time in dogs. *Dig Dis Sci* 1996; 41: 1882.

Sunvold GD, Fahey Jr GC, Merchen NR, Reinhart GA. In vitro fermentation of selected fibrous substrates by dog and cat fecal inoculum: influence of diet composition on substrate organic matter disappearance and short-chain fatty acid production. *J Anim Sci* 1995; 73: 1110-1122.

Spivak W, Carey MC. Reverse-phase h.p.l.c. separation, quantification and preparation of bilirubin and its conjugates from native bile. *Biochem J* 1985; 225: 787-805.

Sommerer U, Gordon ER, Goresky CA. Microsomal specificity underlying the differing hepatic formation of bilirubin glucuronide and glucose conjugates by rat and dog. *Hepatology* 1988; 8: 116-124.

Streeter EM, Zsombor-Murray E, Moore KE, Rush JE, Steiner JM, Rozanski EA, Michel KE, Williams DA, Freeman LM. Intestinal permeability and absorption in dogs with traumatic injury. *J Vet Intern Med* 2002; 16: 669-673.

Tortola L, Brunetto MA, Zaine L, Vasconcellos RS, De Camargo Oliveira MC, Nogueira SP, Carciofi AC. The use of psyllium to control constipation in dogs. *Ciência Rural, Santa Maria* 2009; 39: 2638- 2641.

Twomey LN, Pluske JR, Rowe JB, Choct M, Brown W, McConnell MF, Pethick DW. The effects of increasing levels of soluble non-starch polysaccharides and inclusion of feed enzymes in dog diets on faecal quality and digestibility. *Anim Feed Sci Technol* 2003; 108: 71-82.

Qaisrani TB, Butt MS, Hussain S, Ibrahim M. Characterization and utilization of psyllium husk for the preparation of dietetic cookies. *Int J Modern Agricul* 2014; 3: 81-91.