

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Vliv výživy na střevní mikrobiotu psů

Bakalářská práce

Tereza Brožková

Chov zájmových zvířat - Kynologie

Ing. Mariana Vadroňová

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv výživy na střevní mikrobiotu psů" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26. 4. 2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala své vedoucí Ing. Marianě Vadroňové za pomoc a ochotu při zpracování bakalářské práce.

Vliv výživy na střevní mikrobiotu psů

Souhrn

Střevní mikrobiota psů je složitý ekosystém, jejíž dynamiku ovlivňuje široké spektrum faktorů jako je věk, plemeno nebo výživa, která hraje klíčovou roli. Tato bakalářská práce se zaměřuje na uvedenou problematiku prostřednictvím literární rešerše, která shrnuje nejnovější poznatky týkající se vlivu stravy na střevní mikrobiotu psů. V první části je popsána anatomie a fyziologie psího trávicího systému, kde je rozebrán proces trávení a funkce jednotlivých částí trávicího traktu, včetně role mikroorganismů osidlujících tento prostor. Druhá a hlavní část práce pak nabízí podrobný pohled na charakteristiku střevní mikrobioty psa, jejího složení a distribuci v trávicím traktu. V psí střevní mikrobiotě jsou zastoupeny miliony mikroorganismů, kterým dominují bakterie, dále houby a viry. Tato část je zaměřena na charakteristiku jednotlivých mikroorganismů osidlujících gastrointestinální trakt psa. Zvláštní pozornost je věnována nejzastoupenějším kmenům bakterií *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria*, *Actinobacteria* a *Fusobacteria*. V následující části literární rešerše je analyzován vliv různých typů stravy na gastrointestinální mikrobiotu psa. Konkrétně je popsána syrová, komerční, vegetariánská a veganská strava, přičemž jsou porovnávány jejich účinky na složení a aktivitu mikroorganismů v trávicím traktu psa. Výsledky studií zohledněné v této práci potvrzují význam výživové skladby psů na složení jeho střevní mikrobioty. Důležitým faktorem je zejména obsah proteinů, sacharidů a lipidů, který může ovlivnit množství a druhy bakterií ve střevech psa. Zmíněna je zde i nová alternativa hmyzího proteinu. Výživa psa zahrnuje i používání doplňků stravy jako jsou například mikro řasy, které mohou také ovlivnit složení střevní mikrobioty a následně tak i zdraví a trávení psa. Poslední část práce je věnována problematice onemocnění spojených s výživou psů, mezi něž patří obezita, podvýživa, exokrinní pankreatická nedostatečnost a chronické záněty střev. Zvláštní pozornost je věnována vlivu antibiotik a probiotik na střevní mikrobiotu psa a jejich potenciálním dopadům na její funkci.

Klíčová slova: pes, střevní mikrobiota, výživa, trávení, mikrobiom, bakterie

The influence of nutrition on the gut microbiota of dogs

Summary

The gut microbiota of dogs is a complex ecosystem influenced by a wide range of factors, such as age or breed with nutrition playing a key role. This bachelor's thesis focuses on the above mentioned issue through the literary research, summarizing the latest findings regarding the impact of diet on the gut microbiota of dogs. The first part of the thesis analyzes the anatomy and physiology of the canine digestive system, dissecting the digestion process and the functions of individual parts of the digestive tract, including the role of microorganisms inhabiting this space. The second and main part of the thesis provides a detailed insight into the characteristics of the canine gut microbiota, its composition, and distribution in the digestive tract. In the canine intestinal microbiota, millions of microorganisms are represented, dominated by bacteria, as well as fungi and viruses. This section focuses on characterizing the individual microorganisms inhabiting the dog's gastrointestinal tract. Special attention is given to the most represented bacterial phyla, including *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, and *Fusobacteria*. The following section of the literary research analyzes the influence of different types of diets on the gastrointestinal microbiota of dogs. Specifically, raw, commercial, vegetarian, and vegan diets are examined, comparing their effects on the composition and activity of microorganisms in the digestive tract of dogs. Results of studies considered in this thesis confirm the significance of the nutritional composition of a dog on the composition of its gut microbiota. An important factor is particularly the content of proteins, carbohydrates, and lipids, which can influence the quantity and types of bacteria in the dog's intestines. The individual components of food, specifically proteins, carbohydrates, and lipids, also contribute to the composition of the intestinal microbiota. Mentioned here is also a new alternative, insect protein, and its impact. Dog nutrition also includes the use of dietary supplements such as micro algae. Their use can lead to various changes in the microbiota, which can have important implications for the health and digestion of dogs. The final part of the thesis is dedicated to the issue of nutrition-related diseases in dogs, including obesity, malnutrition, exocrine pancreatic insufficiency, and chronic inflammatory bowel disease. Special attention is paid to the influence of antibiotics and probiotics on the gut microbiota of dogs and their potential impacts on its function.

Keywords: dog, gut microbiota, nutrition, digestion, microbiome, bacteria

Obsah

ÚVOD	- 8 -
CÍL PRÁCE	- 9 -
LITERÁRNÍ REŠERŠE	- 10 -
1.1 TRÁVICÍ SOUSTAVA	- 10 -
1.1.1 <i>Dutina ústní</i>	- 10 -
1.1.2 <i>Hltan</i>	- 12 -
1.1.3 <i>Jícen</i>	- 12 -
1.1.4 <i>Žaludek</i>	- 12 -
1.1.5 <i>Tenké střevo</i>	- 13 -
1.1.6 <i>Tlusté střevo</i>	- 13 -
1.1.7 <i>Přídavné orgány</i>	- 13 -
1.2 STŘEVNÍ MIKROBIOTA PSA DOMÁCÍHO	- 14 -
1.2.1 <i>Poruchy střevní mikrobioty</i>	- 14 -
1.2.2 <i>Složení střevní mikrobioty</i>	- 15 -
1.2.3 <i>Bakterie</i>	- 16 -
1.2.4 <i>Houby</i>	- 18 -
1.2.5 <i>Viry</i>	- 19 -
1.3 VÝŽIVA PSA A JEJÍ VLIV NA STŘEVNÍ MIKROBIOTU	- 19 -
1.3.1 <i>Vliv jednotlivých složek stravy</i>	- 19 -
1.3.2 <i>Typy potravy</i>	- 22 -
1.4 ONEMOCNĚNÍ SPOJENÉ S VÝŽIVOU	- 27 -
1.4.1 <i>Antibiotika</i>	- 28 -
1.4.2 <i>Probiotika a prebiotika</i>	- 29 -
ZÁVĚR	- 31 -
LITERATURA	- 32 -

Úvod

Trávicí soustava, známá také jako gastrointestinální trakt (GIT), je domovem pro tisíce mikroorganismů, které žijí ve společné symbióze s hostitelem. Tento symbiotický vztah, který se vyvíjel po dobu nejméně 500 milionů let, je klíčový pro nutriční, imunitní a fyziologické procesy u psů (Hooper et al. 2001; Ley et al. 2008). Mikroorganismy v trávicím traktu, známé jako střevní mikrobiota, ovlivňují celkovou zdravotní kondici psa. Zahrnují širokou škálu bakterií, virů, hub a dalších mikroorganismů, které se podílejí na trávení potravy, syntéze živin a ochraně hostitele před patogeny. Poruchy střevní mikrobioty jsou spojeny s různými zdravotními problémy, včetně zánětlivých onemocnění střev (Pilla & Suchodolski 2020).

Složení střevní mikrobioty se může výrazně lišit mezi jednotlivými psy, ale zároveň existují obecné charakteristiky v rámci vyšších fylogenetických kategorií. Moderní molekulární metody, zejména sekvenování genu 16S rRNA, umožňují podrobnější studium složení mikrobioty než tradiční kultivační metody. Bakterie jsou nejhojnějšími členy střevní mikrobioty a zahrnují kmeny jako *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Proteobacteria* a *Fusobacteria* (Pilla & Suchodolski 2021).

Kmeny bakterií *Firmicutes* a *Bacteroidetes* jsou převládající v tlustém střevě, zatímco *Actinobacteria* a *Proteobacteria* jsou více zastoupeny v tenkém střevě. Jednotlivé kmeny bakterií mají různé funkce, jako je fermentace vlákniny, syntéza vitamínů a ochrana před patogeny (Kau et al. 2011; Zeng et al. 2017).

Studie složení a funkce střevní mikrobioty je klíčová pro pochopení její role ve zdraví a onemocnění psů. Použití moderních molekulárních metod nám umožňuje hlouběji proniknout do této problematiky a objevovat nové souvislosti mezi střevní mikrobiotou a zdravím psů (Pilla & Suchodolski 2020).

Domestikace psa z vlka obecného před více než 15 tisíci lety změnila jeho stravovací preference, přestože základem potravy zůstává maso. Moderní doba přinesla rozmanitost potravin pro psy, od suchých granulí po syrovou stravu a dokonce i vegetariánské a veganské varianty. Studie citované v této bakalářské práci se zabývají vlivem těchto stravovacích režimů na střevní mikrobiotu a zdraví psa (Bosch et al. 2015).

Komerční krmiva dominují na trhu, ale syrová strava získává na popularitě, a to i přes riziko patogenů. Vegetariánská a veganská strava pro psy se stává stále častější volbou majitelů, kteří přejímají svou vlastní stravu na své domácí mazlíčky (Freeman et al. 2013).

Mezi nejběžnější poruchy výživy u psů patří obezita a podvýživa, které mohou mít vážné dopady na zdraví a celkovou kvalitu života zvířete. Obezita a nadváha postihují až 40% celkové populace psů a jsou často spojeny s nedostatečným pohybem a nadměrným příjmem potravy. Obezita může mít vliv na složení střevní mikrobioty psa a může vést k dysbióze, což je nerovnováha ve složení mikroorganismů ve střevě. Proces hubnutí u psů může také ovlivnit střevní mikrobiotu a její obnovu (Thomson et al. 2022).

Cílem této bakalářské práce je podrobněji prozkoumat vztah mezi výživou psa a jeho střevní mikrobiotou.

Cíl práce

Mikrobiota trávicího traktu je stále více uznávána jako metabolicky aktivní orgán, který je neoddělitelně spojený se zdravím domácích zvířat. Mikrobiota ovlivňuje mnoho aspektů zdraví hostitele, včetně fyziologie, anatomie, chování, reprodukce a kondice. Pochopení vlivu výživy na složení a funkci střevní mikrobioty může pomoci ke zlepšení zdraví psů. Cílem práce bude shrnutí aktuálních poznatků o vlivu výživy na mikrobiotu střev psa.

Literární rešerše

1.1 Trávicí soustava

Trávicí soustava je orgánová soustava, která se podílí na příjmu, zpracování a vstřebávání potravy, a nakonec vyloučení nestrávených zbytků potravy z těla ven (Bosch et al. 2015).

Trávicí soustavu psa domácího (*Canis lupus familiaris*) tvoří dutina ústní, hltan, jícn, žaludek, střeva a pomocné orgány. Mezi pomocné orgány patří zuby, jazyk, slinné žlázy, játra, žlučník, slinivka břišní a dutina nosní. Trávicí trakt psa je krátký a potrava jím projde většinou do 24 hodin od pozření (Evans & DeLahunta 2013).

1.1.1 Dutina ústní

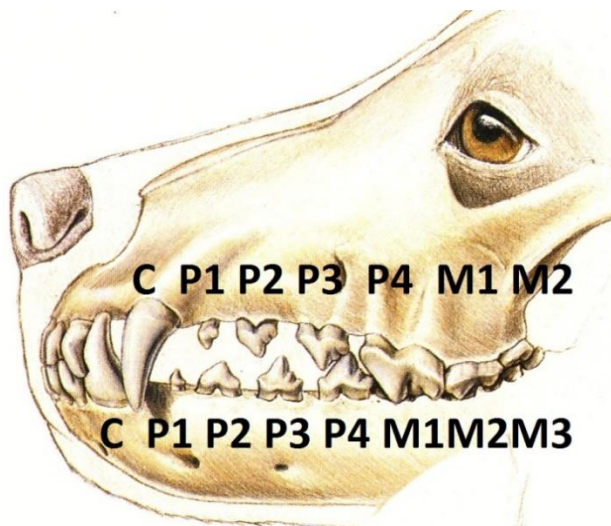
Z anatomického hlediska se ústa (*os. oris*) týkají pouze otvoru mezi pysky (*rima oris*) vedoucího do předsíně dutiny ústní. Dutina ústní se dále dělí na předsíň a vlastní dutinu ústní, kde jsou uloženy slinné žlázy, zuby a jazyk, což jsou struktury, které napomáhají trávení (Evans & DeLahunta 2013).

Ústní dutina je prvním místem v těle psa, kam se dostává přijatá potrava, která je zde pomocí zubů mechanicky rozmělněná na menší části a smíchána se slinami. Sliny psovi usnadňují polykání a průchod potravy hltanem (Schwarz & Saunders 2011).

1.1.1.1 Zuby

Zuby neboli dentice psa slouží jak k příjmu, tak k mechanickému rozmělnění a drcení potravy. U psa domácího můžeme charakterizovat čtyři typy zubů a to řezáky (*Dentes incisivi*, I), špičáky (*Dentes canini*, C), zuby třenové (*Dentes premolares*, P) a stoličky (*Dentes molares*, M). Řezáky a špičáky pes používá k ukousnutí nebo utrnutí potravy, většinou jde o odtržení masa od kosti. K uchopení sousta si pes dopomáhá pysky a jazykem. Za špičáky jsou uloženy zuby třenové, které slouží k porcování sousta, a stoličky, které společně s třenovými zuby potravu rozmělnějí. Mléčný chrup psa je tvořen 28 zuby, které jsou postupně nahrazovány trvalým chrupem, který čítá 42 zubů (Budras et al. 2010). Výměna zubů je závislá na typu plemene psa, kolem sedmého měsíce je však pes standardně vybaven úplným trvalým chrupem. Postavení zubů v dásni je zobrazeno na Obrázku 1. K označení počtu zubů nacházejících se na jedné polovině horní/dolní čelisti se používá zubní vzorec:

- mléčný chrup psa domácího: 3/3I, 1/1C, 3/3P, 0/0M,
- trvalý chrup psa domácího: 3/3I, 1/1C, 4/4P, 2/3M (Reece 2011).

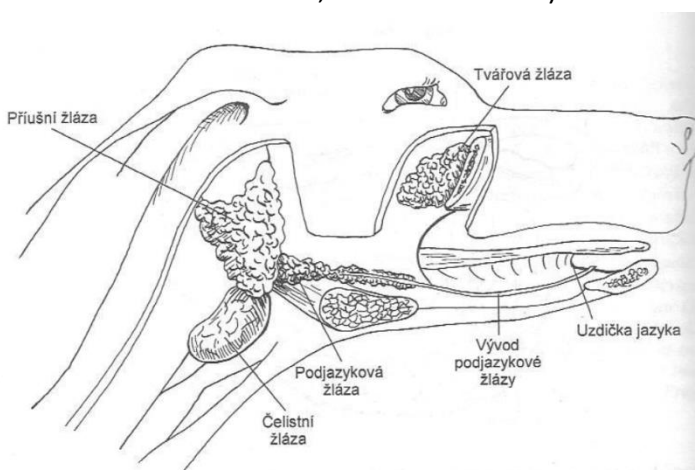


Obrázek 1: Zubní vzorec psa domácího, zdroj: veterinární klinika VetVill.

1.1.1.2 Slinné žlázy

Slinné žlázy psa, na rozdíl od všežravců jako je například prase domácí, neobsahují žádné trávicí enzymy a slouží pouze k obalení pozřené potravy a jejímu posouvání dále do trávicího traktu (Contreras-Aguilar et al. 2017). Hlavní složkou slin je voda, která tvoří převážnou část složení. Dále obsahují enzymy, proteiny, elektrolyty, hlen, který zajišťuje lubrikaci, a minerální látky. V porovnání s člověkem jsou psí sliny více zásadité a pH psích slin se pohybuje kolem hodnoty 8,5 (Pasha et al. 2018).

Pes domácí má tři páry velkých slinných žláz – příušní (*glandula parotis*), podjazykovou (*glandula sublingualis*) a podčelistní (*glandula submandibularis*), a jeden pár malých slinných žláz – žlázu jařmovou (*glandula zygomatica*). Uložení jednotlivých žláz je zobrazeno na Obrázku 2. Slinné žlázy jsou spojeny s dutinou ústní a jejich sekrece je řízena autonomním nervovým systémem (Evans & DeLahunta 2013; Gomi et al. 2017).



Obrázek 2: Slinné žlázy psa (Reece 2011).

1.1.1.3 Jazyk

Jazyk je svalový orgán sloužící k manipulaci s přijatou potravou. Svalová vlákna jazyka jsou orientována ve třech směrech, což umožňuje jazyku efektivní pohyb. Na jeho povrchu se

nacházejí hrbolky zvané papily, které vytváří typický drsný povrch jazyka, a dělí se na mechanické a chemické. Nitkovité a kuželovité papily slouží k péči o srst a napomáhají pohybu potravy dále do krku. Chuťové pohárky, které zastávají chemickou funkci, se nacházejí v epitelu houbových, ohrazených a lístkovitých papil, a slouží k vnímání chuti (Kanazawa 1993).

1.1.2 Hltan

Po spolknutí sousto putuje dále do hltanu, který je součástí jak trávicí, tak dýchací soustavy. Centrum polykání se nachází v prodloužené míše. První fáze polykání je vědomá a označuje se jako ústní. Další dvě fáze, hlanová a jícnová, jsou fázemi reflexními. Hltan se dělí na tři části a to nosohltan, ústní část hltanu a hrtanovou část. Všechny části hltanu jsou zodpovědné za správný průchod potravy do jícnu. Na rozhraní hltanu a hrtanu se nachází hrtanová přiklopka (*epiglottis*), jejíž hlavní funkcí je uzavření hrtanu při polknutí, čímž zabrání vdechnutí sousta (Evans & DeLahunta 2013).

1.1.3 Jícen

Jícen u psa je dlouhý, trubicovitý, dobře roztažitelný orgán, který spojuje hltan s žaludkem. Jeho hlavní funkcí je posun potravy do žaludku, kde začíná samotné trávení potravy. Délka jícnu středního plemene psa je přibližně 30 cm a šířka 2 cm. Posun potravy a tekutin z jícnu do žaludku je zprostředkován peristaltickými pohyby, které zabraňují zpětnému návratu sousta. Jícen psa je anatomicky uzpůsoben tak, aby mohl přijímat velké kusy potravy (Černý 2002).

1.1.4 Žaludek

Žaludek psa domácího je jednoduchý, jednodukomorový svalový vak nacházející se v dutině břišní, a je rozdělen na pět částí. Přímo na jícen navazuje část zvaná česlo (*cardia*), následuje dno (*fundus*) a na něj navazující tělo (*corpus*), které spolu se dnem tvoří nejvíce roztažitelnou střední část žaludku. Za tělem žaludku nasedá vrátníková předsíň (*antrum pylori*) a dále navazuje poslední část, vrátník (*pylorus*), který přechází do první části tenkého střeva (Evans & DeLahunta 2013).

Žaludek plní zásobní a shromažďovací funkci, potrava se zde skladuje a míchá s enzymy, hlenem a žaludečními kyselinami. Většina potravy je v žaludku trávena po dobu maximálně 12 hodin (Chiba 2014). V žaludku dochází k počátku trávení potravy, a to především bílkovin a tuků (Evans & DeLahunta 2013).

Stěna žaludku je tvořena žlaznatým epitelem, který obsahuje tři typy žlázek (kardiální, fundální, pylorické) a tři typy buněk (hlavní, krycí, vedlejší). Žlázy kardiální obsahují buňky produkující hlen, který slouží k ochraně sliznice. Fundální žlázy obsahují všechny typy buněk a produkují hlen, lipázy (enzymy pro trávení tuků), pepsinogen (prekurzor trávicího enzymu pepsinu) a kyselinu chlorovodíkovou. Buňky žláz pylorických produkují hlen spolu

s peptidovým hormonem gastrinem (Bloom & Fawcett 1975). Gastrin hraje klíčovou roli ve stimulaci sekrece žaludeční a pankreatické šťávy, inzulinu a glukagonu (Giles et al. 1969).

1.1.5 Tenké střevo

Nejdelší částí trávicího traktu psa je tenké střevo, které se skládá ze tří částí. Na žaludek navazuje dvanáctník (*duodenum*), který přechází v nejdelší část lačník (*jejunum*), a poslední částí je kyčelník (*ileum*), (Zahariev et al. 2010; Hall 2013).

Tenké střevo je místo, kde je potrava jak mechanicky, tak chemicky trávena. Mechanické trávení je zajištěno pohyby střev, chemické trávení zprostředkovává pankreatická šťáva, která se do dvanáctníku dostává přes vývody slinivky břišní, dále střevní šťáva a žluč, která se tvoří v játrech, a do dvanáctníku se vlévá žlučovým vývodem. Trávení potravy probíhá u psa domácího primárně v tenkém střevě (Laganière et al. 1984; Hall 2013).

1.1.6 Tlusté střevo

Hlavní funkcí tlustého střeva je zpětné vstřebávání vody, žlučových solí a vitaminů, což je důležité pro udržení rovnováhy tekutin v těle. Tlusté střevo zároveň formuje výkaly tím, že zahušťuje trávený materiál a připravuje ho k vyloučení z těla, což umožňuje efektivní odstranění odpadních látek z organismu (Washabau 2013).

Tlusté střevo je relativně kratší než tenké střevo. Skládá se ze tří částí, ze slepého střeva (*caecum*), tračnicku (*colon*) a konečnicku (*rectum*), a je zakončeno řitním otvorem (*anus*). Na rozdíl od býložravců má pes slabě vyvinuté slepé střevo a fermentační procesy, které probíhají díky bakteriím, lze pozorovat v malém množství, zejména v tračnicku. V tlustém střevě dochází k trávení potravy pouze prostřednictvím mikrobiálního procesu, trávení pomocí enzymů zde neprobíhá. Mikroorganismy jsou následně vylučovány společně s výkaly (Evans & DeLahunta 2013; Washabau 2013).

1.1.7 Přídavné orgány

K přídavným orgánům trávicí soustavy patří slinné žlázy, slinivka břišní a játra, jejichž sekrety hrají klíčovou roli v chemickém trávení potravy. Slinné žlázy psa neobsahují trávicí enzym alfa-amylázu, který se vyskytuje u člověka nebo u prasat a zajišťuje trávení v dutině ústní. Slinivka břišní (*pankreas*) plní dvě hlavní funkce, endokrinní funkce zahrnuje produkci hormonů (inzulin a glukagon), zatímco exokrinní funkce spočívá v produkci trávicí šťávy (pankreatická šťáva), která se podílí na trávení. Sekrece pankreatické šťávy je u psa ovlivněna množstvím a intenzitou přijaté potravy, při hladovění je sekrece omezena. Slinivka břišní produkuje enzymy jako je trypsinogen, chymotrypsinogen, proelastáza a karboxypeptidázy A a B, které umožňují psovi trávení bílkovin, tuků a sacharidů. Kromě pankreatické šťávy se na trávení tuků podílí také žluč, která je produkována v játrech. Tuk je pomocí solí žlučových kyselin rozkládán na menší částice (Probst & Kneissl 2001; Evans & DeLahunta 2013).

1.2 Střevní mikrobiota psa domácího

Trávicí soustava neboli gastrointestinální trakt (GIT) psa obsahuje miliony mikroorganismů, které žijí v symbióze se svým hostitelem. Symbióza mezi hostitelem a mikroorganismy vznikala po dobu nejméně 500 miliónů let společné evoluce (Ley et al. 2008). Tato symbióza je velmi důležitá pro nutriční, vývojové, imunologické i fyziologické procesy, které probíhají v těle psa (Mackie et al. 1999; Hooper et al. 2001).

Mikroorganismy v trávicím traktu zásadně ovlivňují celkovou zdravotní stránku psa (Neish 2009). Pro tyto organismy se používá souhrnné označení „střevní mikrobiota“, která zahrnuje celou škálu mnoha druhů bakterií, virů, hub a dalších eukaryotických mikroorganismů (Pilla & Suchodolski 2021).

Jednotlivé mikroorganismy přispívají ke správnému fungování metabolismu hostitelského organismu, podílejí se na přeměně molekul a získávání energie z potravy, produkují enzymy, které tráví složité sacharidy, a poskytují nutriční metabolity erytrocytům (Guinane & Cotter 2013; Zeng et al. 2017). Střevní mikrobiota je rovněž vyžadována pro syntézu některých vitamínů a živin, jako jsou těkavé mastné kyseliny (Kau et al. 2011). Mikrobiota dále přímo či nepřímo ovlivňuje většinu fyziologických funkcí v těle a poskytuje hostiteli ochranu před patogeny (Pilla & Suchodolski 2021). Tomuto obrannému mechanismu se říká kolonizační rezistence a představuje schopnost střevní mikrobioty chránit organismus před invazí patogenů tím, že pro patogen vytvoří fyziologicky nevhodné prostředí (Kanauchi et al. 2005; Ducarmon et al. 2019).

Odhaduje se, že v gastrointestinálním traktu psa žije bilion ($10^{12} - 10^{14}$) mikrobiálních buněk, což je zhruba desetkrát více než je počet všech buněk v organismu hostitele (Suchodolski 2016).

1.2.1 Poruchy střevní mikrobioty

Nerovnováha ve střevní mikrobiotě (taxonomická či funkční) je spojena s mnohými zdravotními problémy jako jsou zánětlivá onemocnění střev (Inflammatory bowel disease, IBD), metabolické poruchy, podvýživa nebo syndrom dráždivého tračníku (Irritable bowel syndrome, IBS), což je onemocnění střev, které se projevuje chronickými průjmy nebo zácpou (Suchodolski et al. 2012; Das & Nair 2019).

Zánětlivé onemocnění střev je souhrnné označení pro několik onemocnění postihující trávicí trakt jak psů, tak lidí. Onemocnění spadající do této skupiny je například Crohnova choroba (autoimunitní chronické onemocnění trávicího traktu), ulcerózní kolitida (autoimunitní zánět trávicí trubice) nebo mikroskopická kolitida. Onemocnění se projevuje častým zvracením, průjmem (může být i s příměsí krve) a ztátou hmotnosti (Cerquetella 2010).

Některé nové studie naznačují spojitost dysbiózy s obezitou, neurologickými a metabolickými onemocněními, rakovinou a dalšími onemocněními. Nicméně zatím neexistují přímé důkazy, které by naznačily, že je dysbióza příčinou těchto onemocnění, může spíše představovat vedlejší účinek než hlavní příčinu (Pilla & Suchodolski 2021).

1.2.2 Složení střevní mikrobioty

Všechna zvířata mají podobné skupiny bakterií v rámci vyšší fylogenetické kategorie jako je kmen, čeleď nebo rod, ale na druhové úrovni se složení střevní mikrobioty podstatně liší. Obecně je pouze 5–20 % společných druhů bakterií. Každý pes má tedy svůj unikátní a stabilní mikrobiální ekosystém (Suchodolski et al. 2005).

Ještě donedávna se jako hlavní metoda pro identifikaci mikroorganismů osidlujících trávicí trakt psa používala kultivace. Dodnes je tato metoda při aplikaci na detekci specifických enteropatogenů, jako je například *Salmonella* spp., přínosná a přináší užitečné výsledky. Kultivační metoda ale není schopna detekovat většinu mikroorganismů, které se v gastrointestinálním traktu nacházejí. Jedním z důvodů je, že stále neexistuje dostatek informací o ideálních podmínkách pro růst mikroorganismů. Dalším problémem je fakt, že v gastrointestinálním traktu se vyskytují převážně anaerobní bakterie, které jsou náchylnější na poškození při manipulaci. Mnoho mikroorganismů také žije v mutualickém vztahu s jinými mikroorganismy nebo hostitelem, a proto není možné je pěstovat na kultivačních médiích (Suchodolski 2011). Z těchto důvodů je častěji používána nová molekulární metoda, díky které bylo v gastrointestinálním traktu psa objeveno mnoho nových mikrobiálních fylotypů (Wang et al. 1996). Jedná se o metodu sekvenování genu 16S rRNA (Suchodolski et al. 2008, Suau et al. 1999). Tento gen je nejběžněji používaným markerem pro studium mikrobiálního společenství, protože se nachází ve všech organismech, a cílová oblast genu 16S rRNA je konzervovaná a pomalu mutuje (Bodilis et al. 2012).

Pro klasifikaci střevní mikrobioty lze použít vzorky trusu nebo střevní tekutiny z dvanáctníku. Pro získání přesnějších výsledků Suchodolski et al. (2008) použili vzorky z různých segmentů střeva. Jedinou částí psího střeva, která je endoskopicky dostupná je právě dvanáctník, z toho důvodu bylo pro studii usmrceno šest zdravých psů a vzorky střevního tekutého a pevného obsahu byly odebrány postmortem. Díky této byli Suchodolski et al. (2008) a Ritchie et al. (2008) schopni sestavit knihovnu klonů genu 16S rRNA u psů a koček. Právě díky intenzivnímu využívání markeru 16S rRNA jsou k dispozici databáze ribosomální DNA, které slouží ke klasifikaci mikroorganismů (DeSantis et al. 2006).

Bakteriální DNA bývá nejčastěji zpracována pomocí polymerázové řetězové reakce (polymerase chain reaction, PCR). Získaná DNA, která je extrahována ze střevního vzorku, je denaturována při teplotě kolem 95 °C, což rozruší vodíkové můstky, vlákna DNA se rozpojí a vznikne jednořetězcová DNA. Poté následuje fáze hybridizace neboli annealing, při teplotě mezi 50–60 °C. V této fázi dochází k párování primerů (krátkých oligonuklotidů), které jsou komplementární k hledanému úseku. Poslední fází je elongace (extenze), která probíhá při teplotě kolem 75 °C. Oligonukleotidy z hybridizační fáze slouží jako primer pro DNA polymerasu a začíná syntéza nového řetězce. (Mullis 1990; Hongoh et al. 2003; Suchodolski et al. 2004). Gen 16S rRNA je amplifikován, a za použití sekvenátoru je možné identifikovat přítomné bakterie (Suau et al. 1999; Suchodolski et al. 2008).

1.2.3 Bakterie

Bakterie je jednobuněčný prokaryotní organismus všudypřítomný v půdě, vodě, živých organismech, vzduchu i rostlinách. Je to jedna z nejstarších a nejrozšířenějších skupin mikroorganismů na světě. Bakterie žijící uvnitř i na povrchu těla se označují jako komenzální, žijí s hostitelem ve vztahu přínosném pro bakterie a pro hostitele neškodným. Bakterie žijící v gastrointestinálním traktu psa mají symbiotický vztah s hostitelem, který je prospěšný jak pro bakterie, tak pro hostitele. Existuje i mnoho druhů patogenních bakterií, které způsobují hostiteli infekce a nemoci. Tento vztah se označuje jako parazitismus (Krieg 1988; Pereira & Clemente 2021).

Bakterie dosahují velikosti 0,3–10 μ m, nejsou tedy viditelné okem, ale pouze mikroskopicky. Tři základní tvary bakteriálních buněk označujeme jako koky, pro které je typický kulovitý tvar, tyčinky, někdy označované jako bacily a spirály (spirochéty). Buňky bakterií mohou po dělení, které probíhá nepohlavně, zůstat spojené a vytvářejí různá uspořádání, která mohou být až řetězovitá.

V současné době je charakterizováno 25 kmenů bakterií. Symbiotické bakterie zajišťují ochranu před patogeny, štěpí celulózu, pektin a sacharidy nebo produkují vitaminy B a K. Výslednými produkty gastrointestinálních bakterií jsou těkavé mastné kyseliny, kyselina mléčná, alkohol, metan a oxid uhličitý, látky, které napomáhají snížení pH střev (McVey et al. 2013).

Bakterie mají v psí střevní mikrobiotě největší zastoupení, a to jak aerobní druhy, které se nacházejí převážně v tenkém střevě, tak striktně nebo fakultativně anaerobní druhy v tlustém střevě. Nejhojněji zastoupené bakterie, které tvoří až 99 % celé střevní mikrobioty, byly rozděleny do pěti hlavních kmenů *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria*, *Actinobacteria* a *Fusobacteria* (Pilla & Suchodolski 2021).

V tlustém střevě mají největší zastoupení kmeny *Firmicutes* a *Bacteroidetes*, které zde tvoří až 90 % celkové mikrobioty. Kmeny *Actinobacteria* a *Proteobacteria* pak osidlují zejména tenké střevo (Zeng et al. 2017).

Následující Tabulka 1 znázorňuje trvale přítomné kmeny bakterií, které se nacházejí u zdravých psů. Bakteriální kmeny jsou seřazeny dle databáze Greengenes (DeSantis et al. 2006).

Tabulka 1 Trvale přítomné bakterie ve střevech psa (Pilla & Suchodolski 2021)

Kmen	Třída	Třída	Rod
<i>Actinobacteria</i>	<i>Coriobacteriia</i>	<i>Coriobacteriaceae</i>	<i>Collinsella</i>
<i>Bacteroidetes</i>	<i>Bacteroidetes</i>	<i>Prevotellaceae</i>	<i>Prevotella</i>
		<i>Bacteroidaceae</i>	<i>Bacteroides</i>
<i>Firmicutes</i>	<i>Clostridia</i>	<i>Clostridiaceae</i>	<i>Clostridium</i>
		<i>Ruminococcaceae</i>	<i>Faecalibacterium prausnitzii</i>
		<i>Peptostreptococcaceae</i>	<i>Peptostreptococcus</i>
		<i>Lachnospiraceae</i>	<i>Blautia</i>
		<i>Veillonellaceae</i>	<i>Megamonas</i>
	<i>Bacilli</i>	<i>Streptococcaceae</i>	<i>Streptococcus</i>
		<i>Lactobacillaceae</i>	<i>Lactobacillus</i>
		<i>Turicibacteraceae</i>	<i>Turicibacter</i>
<i>Fusobacteria</i>	<i>Fusobacteriia</i>	<i>Fusobacteriaceae</i>	<i>Fusobacterium</i>
<i>Proteobacteria</i>	<i>Betaproteobacteria</i>	<i>Alcaligenaceae</i>	<i>Sutterella</i>
	<i>Gammaproteobacteria</i>	<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>E.coli</i>

1.2.3.1 Firmicutes

Kmen gram-pozitivních bakterií *Firmicutes* je početná skupina dělicí se do tři tříd (*Clostridia*, *Bacilli* a *Mollicutes*). Nacházejí se v různém prostředí a v nevhodných podmínkách vytvářejí odolné endospory. Střevní bakterie kmene *Firmicutes* jsou zodpovědné za fermentaci vlákniny a přispívají k homeostáze těla hostitele (Sun et al. 2023). Bakterie *Firmicutes* mají vliv na obezitu (Ley et al. 2006). Mezi důležité zástupce kmene *Firmicutes* patří třída *Bacilli*, do které spadá řád *Lactobacillales*. Bakterie tohoto řádu se vyskytují v mléčných výrobcích a tělu přispívají fermentací sacharidů. Při jejich nedostatku může docházet k onemocnění střev (Harper et al. 2022).

1.2.3.2 Bacteroidetes

Kmen gram-negativních bakterií *Bacteroidetes* se dělí na tři třídy (*Bacteroidetes*, *Flavobacteria* a *Sphingobacteria*). Kmen *Bacteroidetes* se nachází v půdě, vodě, půdě a v tělech živých organismů. Velké množství bakterií tohoto kmene se nachází v gastrointestinálním traktu psa a součástí kmene jsou také patogenní bakterie. *Bacteroidetes* pomáhají s metabolizováním sacharidů a peptidů a vytvářejí propionát a další fermentační produkty v těle hostitele (Flint & Duncan 2014).

1.2.3.3 Actinobacteria

Kmen gram-pozitivních bakterií, který se vyskytuje převážně v půdě. Podílejí se na rozkladu organických látek, jako je například celulóza. Bakterie kmene *Actinobacteria* přirozeně obývají trávicí trakt psů, do tohoto kmene spadají ale i patogenní bakterie. Zástupci

Actinobacteria se hojně využívají jako antibiotika (rod *Streptomyces*). Bakterie kmene *Actinobacteria* jsou významné pro produkci sekundárních metabolitů, které mají protirakovinové, protiplísňové a antibakteriální účinky. Přestože mají *Actinobacteria* v trávicím traktu nižší zastoupení než *Firmicutes* a *Bacteroidetes*, hrají klíčovou roli při udržování homeostázy hostitele. Mezi důležité zástupce patří rod *Bifidobacterium*, který je přirozenou součástí střevní mikrobioty a zajišťuje hostiteli ochranu před patogeny. Je také hojně využíván jako probiotikum při léčbě střevních onemocnění (Binda et al. 2018).

1.2.3.4 Proteobacteria

Proteobacteria je kmen gram-negativních bakterií vyznačující se lipopolysacharidy ve vnější membráně. Zástupci kmene *Proteobacteria* se nacházejí v půdě, sladké i slané vodě, živých organismech a u psa domácího také v trávicím traktu. *Proteobacteria* pomáhají udržovat ve střevě anaerobní prostředí, což napomáhá správné funkci gastrointestinální mikrobioty. Někteří zástupci kmene *Proteobacteria* jsou při zvýšeném množství patogenní. Jedná se například o bakterie *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella typhimurium* a *Yersenia enterocolitica*. Tyto bakterie jsou původci průjmových onemocnění, zánětů střev a metabolických poruch (Rizzatti et al. 2017; Moon et al. 2018).

1.2.3.5 Fusobacteria

Fusobacteria jsou anaerobní gram-negativní bakterie, žijící v symbióze ve střevech psů. Zástupci tohoto kmene mohou být prospěšní pro hostitelův metabolismus a imunitu. Přemnožení těchto bakterií může vést k dysbióze mikrobioty a onemocnění střev (Bennett & Eley 1993).

1.2.4 Houby

V těle savců můžeme najít kvasinky a plísně, které spadají do skupiny hub. Houby jsou z velké části heterotrofní, aerobní organismy neschopné fotosyntézy, tudíž žijí jako saprofágové nebo parazité. Kvasinky jsou jednobuněčné eukaryotní organismy, patřící do třídy vřeckovýtusných nebo stopkovýtrusných hub. Obvykle nezpůsobují hostiteli závažné problémy, ale u oslabených jedinců hrozí přemnožení patogenních kvasinek a tím vznik mykóz či mykotoxikóz (Hallen-Adams & Suhr 2016; Zhang et al. 2021).

Bylo prokázáno, že některé druhy hub osidlují gastrointestinální trakt psa. Studie Foster et al. (2012) hodnotila mikrobiotu 19 psů, z nichž 12 bylo zdravých a sedm trpělo průjmovým onemocněním. Celkem bylo identifikováno pět kmenů hub, přičemž největší zastoupení měly kmeny *Ascomycota* a *Basidiomycota*, dále pak *Chytridiomycota*, *Neocallimastigomycota* a *Microsporidia*. Celkem bylo v této studii určeno 219 rodů hub, které se nacházely v gastrointestinálním traktu zkoumaných psů. Mezi skladbou mikrobioty zdravých a nemocných psů nebyl pozorován žádný signifikantní rozdíl.

1.2.5 Viry

Viry jsou považovány za malé nebuněčné organismy, které jsou plně závislé na hostiteli. Organismus psa je osidlován přibližně 380 biliony virů, které se souhrnně označují jako savčí virom (Ma & Mei 2022). Zatímco eukaryotické viry se nacházejí v orgánech a tkáních savců, prokaryotické viry nalezneme v symbiotických bakteriálních společenstvích. Nejhojnější zastoupení v psím viromu má bakteriofág, vir infikující bakterie, který napomáhá homeostáze tím, že ovlivňuje složení a funkce bakteriální mikrobioty ve střevě (Brüssow & Hendrix 2002; Wang et al. 2023).

Wang et al. (2023) shromáždili vzorky trusu, které pocházely od 50 zdravých psů a psů trpících průjemovým onemocněním. Výsledky odhalily, že u zdravých psů 81,39 % virového zastoupení tvoří fágy, další viry na úrovni čeledi byly *Microviridae*, *Parvoviridae*, *Siphoviridae*, *Inoviridae*, *Podoviridae* a *Myoviridae*. Převládající rody virů byly *Protoparvovirus*, *Inovirus*, *Chlamydiamicrovirus*, *Lambdavirus*, *Dependoparvovirus*, *Lightbulbvirus*, *Kostyavirus*, *Punavirus*, *Lederbergvirus*, *Fibrovirus* a *Peduovirus*. Výsledky pro skupinu psů s průjemovým onemocněním byly odlišné. Výskyt patogenních virů byl u nemocné skupiny vyšší, konkrétně se jednalo o viry *Protoparvovirus*, *Dependoparvovirus*, *Kostyavirus* a *Punavirus*.

1.3 Výživa psa a její vliv na střevní mikrobiotu

Vliv na složení mikrobioty psa má mnoho faktorů, mezi které patří plemeno, věk, strava a životní podmínky jedince, a všechny tyto faktory jsou navzájem propojené (Kerr et al. 2013).

Pes byl domestikován z vlka obecného (*Canis lupus*) před více než 15 tisíci lety (Savolainen 2007; Vonholdt & Driscoll 2016) a některé studie uvádějí až před 17 tisíci lety. Zatímco vlk obecný je považován za skutečného masožravce, u psů došlo v rámci domestikčních změn k lepší adaptaci na potravu s vyšším obsahem škrobu, i když hlavní složkou potravy stále zůstává maso (Bosch et al. 2015).

1.3.1 Vliv jednotlivých složek stravy

Nelze s jistotou říci, jaké je přirozené chování psa při krmení. Pes se v moderní době stal závislý na člověku a jeho pravidelných dodávkách potravy. Divocí psi preferují lov střední až velké kořisti v početných smečkách, čímž se přibližují přirozenému chování vlků, ale značně se odlišují od psů chovaných v domácím prostředí (Avis 1999; National Research Council 2018).

Zatímco jiní masožravci, jako je například kočka domácí, vyžadují potravu v pravidelných menších dávkách několikrát denně, trávicí ústrojí psa je uzpůsobeno k přijímání velkého množství potravy 1–2 krát denně. Vlk obecný dokáže pozřít najednou až 10 kg masa a poté dva týdny hladovět, aniž by byl ohrožen na životě (Bosch et al. 2015; Li & Wu 2024).

FEDIAF (European Pet Food Industry), je orgán, který vydává nutriční směrnice, dle kterých se řídí výrobci krmiv pro domácí zvířata, jakou jsou psi, kočky, malí savci (králíci, morčata), ryby a želvy. Požadavky na výživu se nejen mezidruhově, ale i s ohledem na životní fázi, velikost jedince a aktivitu liší. Nevyvážená strava může způsobit zdravotní potíže, dysbiózu

střevní mikrobioty, dysfunkci jater a může zkrátit zvířeti život (National Research Council 2018).

1.3.1.1 Proteiny

Bílkoviny neboli proteiny, jsou složité makromolekuly, skládající se z jednoho nebo více dlouhých řetězců aminokyselin, tak zvaných polypeptidů. Za bílkovinu je označován peptid, který se skládá z více než 100 aminokyselin. V těle psů se vyskytují aminokyseliny neesenciální, které je tělo psa schopno samo syntetizovat a esenciální, které je potřeba tělu dodat v potravě. Mezi esenciální aminokyseliny, které je potřeba psovi dodávat patří arginin, histidin, izoleucin, leucin, lysin, methionin, phenylalanin, threonin, tryptofan a valin (Li & Wu 2023).

Bílkoviny hrají v těle organismů mnoho důležitých rolí. Jsou nezbytnou složkou potravy potřebnou pro strukturu, tvorbu a obnovu tkání, plní transportní a zásobní funkci a jsou primárním zdrojem energie.

Jaký vliv má potrava obsahující malé (18,99 % sušiny), střední (25,34 % sušiny) a velké množství (45,77 % sušiny) bílkovin na gastrointestinální mikrobiotu psů sledovali Ephraim et al. (2020) ve své studii na 30 psech plemene beagle po dobu 90 dnů. Jako zdroj bílkovin bylo použito kuřecí maso v sušině a sója.

Zdroje bílkovin rozlišujeme na rostlinné a živočišné, přičemž živočišné bývají považovány za kompletní, obsahují všechny potřebné aminokyseliny. Naproti tomu rostlinné zdroje bílkovin jsou většinou nekompletní (Lim et al. 2021). Za zdroj bílkovin považujeme maso, mléčné produkty (jogurty, tvaroh, sýr), ryby a mořské plody, vejce, obiloviny a rostlinné zdroje (obiloviny, luštěniny, tempeh, seitan, tofu), (Hoffman & Falvo 2004).

Výsledky studie Ephraim et al. (2020) ukázaly rozdíly v počtu střevních bakterií u jednotlivých krmiv. Celkem 39 taxonomických jednotek bakterií bylo ovlivněno množstvím bílkovin v přijaté potravě. Psi krmení vysoce proteinovou dietou měli nižší zastoupení bakterií rodu *Prevotella*, *Ruminococcus*, *Collinsella*, *Phascolarctobacterium* a *Faecalibacterium*. Oproti tomu relativní četnost rodů z čeledí *Erysipelotrichaceae*, *Peptostreptococcaceae*, *Paraprevotellaceae* a *Clostridiaceae* byla vyšší u psů krmených stravou s vysokým obsahem bílkovin. Kromě charakteristiky střevní mikrobioty hodnotila studie také dopad na zdraví. Potrava obsahující vysoké množství bílkovin zvyšuje množství metabolitů, které jsou ve velkém množství spojeny s dysfunkcí ledvin a záněty střev.

Relativně novým trendem ve výživě jak lidí, tak psů je hmyzí protein, který má být do budoucna udržitelným zdrojem potravy bohatým na bílkoviny a sloužit jako alternativa pro bílkoviny živočišného původu. Mezi výhody hmyzího proteinu patří mimo velkého poměru bílkovinné složky také lepší nutriční profil, jednodušší chov a nižší náklady v porovnání s chovem hospodářských zvířat (Kovitvadhi et al. 2019; Hermans et al. 2021).

Studie Areerat et al. (2023) zkoumala vliv hmyzí stravy na střevní mikrobiotu psů. Zdrojem proteinu byl cvrček domácí (*Acheta domestica*) a kukly bource morušového (*Bombyx mori*). Dominujícími kmeny ve složení střevní mikrobioty psů krmených hmyzím proteinem byly *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Fusobacteria* a *Proteobacteria*. Složení na úrovni kmene se tedy shodovalo se psy krmenými kontrolní dietou neobsahující hmyzí protein.

Rozdíl mezi dietami je zřetelný u rodu *Lactobacillus*, jehož výskyt byl výrazně vyšší u psů krmených stravou obsahující hmyzí protein. Další nárůst byl pozorován u rodu *Collinsella* a *Bifidobacterium* a naopak rod *Turicibacter* nebo *Prevotella* se vyskytovaly spíše u psů krmených dietou neobsahující hmyzí protein. Změny ve střevní mikrobiotě může ovlivňovat chitin, který je součástí těl členovců a řadí se mezi nestrávitelnou vlákninu.

1.3.1.2 Sacharidy

Sacharidy neboli cukry, jsou chemické látky patřící mezi hlavní energetické zdroje pro psa. Sacharidy se dělí podle počtu uhlíků v molekule na nejjednodušší monosacharidy (jedna cukerná jednotka), oligosacharidy (2–10 cukerných jednotek) a polysacharidy (více než 10 cukerných jednotek), (Nelson & Cox 2000).

V těle sehrávají sacharidy klíčovou roli. Slouží jako hlavní zdroj energie, pomáhají regulovat hladinu glukózy a inzulínu v krvi, podílejí se na metabolismu cholesterolu a triglyceridů a podporují fermentační procesy. Ve střevním traktu jsou sacharidy rozkládány na glukózu, která je pak využívána jako zdroj energie a podílí se na syntéze tuků. Přebytečná glukóza je ukládána v játrech a svalové tkáni pro pozdější použití (Rankovic et al. 2019).

Pokud je pes krmen stravou, která není bohatá na sacharidy nebo je neobsahuje, je schopný získat glukózu z glukogenních aminokyselin glukoneogenezí v játrech. Glukoneogeneze je proces získávání glukózy z látek nesacharidové povahy. Bylo ale prokázáno, že sacharidy mají na psí organismus pozitivní účinky a je vhodné, aby krmiva tyto látky obsahovala. Sacharidy jsou důležité převážně v období březosti a laktace (Romsos et al. 1981; Damgaard et al. 2003). Sacharidy mohou hrát důležitou roli při léčbě gastrointestinálních onemocnění, obezity nebo cukrovky (Flickinger & Fahey 2002).

Sacharidy jsou nejčastěji rostlinného původu, nacházejí se v ovoci a zelenině, obilovinách, luštěninách, bylinách nebo bramborách. Existují ale i sacharidy živočišného původu jako je disacharid laktóza neboli mléčný cukr, který se vyskytuje v mléce savců (Rankovic et al. 2019).

Jednou z domestikačních změn u psů je adaptace na potravu bohatou na polysacharid škrob. Psi dokážou škrob trávit daleko účinněji než jejich předek vlk obecný díky větší sekreci pankreatické amylázy (Axelsson et al. 2013).

Mezi sacharidy se řadí také vláknina, která je zpracovávána v tlustém střevě procesem fermentace. Pes má na rozdíl od býložravců omezené možnosti trávení vlákniny. Vláknina se dělí na dva typy – rozpustná a nerozpustná. Vláknina rozpustná je důležitým zdrojem potravy pro střevní mikrobiotu, nerozpustná vláknina napomáhá lepšímu procesu trávení a regulaci vyměšování (Field et al. 1999).

Sandri et al. (2020) zkoumali vliv škrobu pocházejícího z různých zdrojů na střevní mikrobiotu psa. Psi byli náhodně rozděleni do tří skupin, přičemž každá skupina dostávala jiný typ diety. Krmiva byla založena na syrovém mase, u první diety byla zdrojem škrobu rýže a těstoviny, u druhé diety pouze rýže a třetí dieta obsahovala škrob z brambor. Rozbor střevní mikrobioty ukázal, že variace přidaného škrobu mají vliv na zastoupení mikroorganismů ve střevě psa. U všech typů diet bylo nejvyšší zastoupení bakterií kmene *Firmicutes*, *Bacteroidetes*

a *Fusobacteria*. Nižší zastoupení pak měly kmeny *Actinobacteria* a *Proteobacteria*. Odhaleny byly značné rozdíly na úrovni čeledi a rodu. Ve stravě obsahující syrové maso a brambory dominovaly čeledi *Paraprevotellaceae*, *Prevotellaceae* a *Veillonellaceae* a rody *Prevotella* a *Megamonas*. Bakterie rodu *Megamonas* byly zvýšeny také u diety obsahující syrové maso a rýži. Rod *Megamonas* bývá asociován se změnou potravy (Garcia-Mazcorro et al. 2012). Tudíž změna mikrobioty mohla být ovlivně jak složením stravy, tak změnami ve stravovacích návycích.

1.3.1.3 Lipidy

Lipidy jsou přírodní látky nerozpustné ve vodě, které zahrnují řadu složek, jako jsou oleje, vosky, ale také odvozené lipidy, mezi které patří lipofilní vitaminy a hormony. Jedná se především o estery mastných kyselin a alkoholů. Funkce lipidů v těle je nepostradatelná, například fosfolipidy tvoří složku buněčné membrány (lipidovou dvojvrstvu). Mezi další významné funkce lipidů patří izolace a ochrana vnitřních orgánů, rozpouštění vitamínů (A, D, E, K) a transport látek v těle (Xenoulis & Steiner 2010).

Lipidy představují ve stravě psa důležitý zdroj energie, jedná se o kaloricky nejhodnotnější látky, které jsou dobře stravitelné. Esenciální mastné kyseliny, které si pes nedokáže sám vytvořit, ale jsou nezbytné pro metabolismus, jsou omega-3 a omega-6, polynenasycené mastné kyseliny. Je tedy potřeba je pravidelně dodávat psovi v potravě (Burron et al. 2021).

Dle FEDIAF by krmiva pro psy měla obsahovat minimálně 5,5 % tuků. Krmiva obsahující vysoké množství tuku mohou při nesprávném dávkování a aktivitě vést k obezitě, srdečním onemocněním nebo rakovině (Duan et al. 2018).

1.3.2 Typy potravy

V moderní době se setkáváme s širokou škálou psích krmiv, včetně suchých granulí, konzervované mokré stravy, vařené nebo syrové stravy, veterinárních diet, a dokonce i vegetariánské a veganské stravy pro psy (Freeman et al. 2013; Dominiquez-Oliva et al. 2023).

1.3.2.1 Komerční strava

Pro suchou potravu existuje několik názvů, granule, extrudované psí krmivo, komerční krmivo, a všechny tyto názvy označují to samé. V rámci suchého krmiva pro psy existuje několik metod přípravy – krmivo lisované za studena, krmivo lisované za tepla, pečené, vzduchem sušené a mrazem sušené krmivo. Práškové komponenty termicky extrudovaných krmiv jsou smíchány s vodou a za vysoké teploty a tlaku lisovány a poté tvarovány do finální podoby. Nevýhodou této metody je vysoká teplota, která ničí patogeny, ale také minerální látky a vitaminy. U krmiv připravovaných při nižších teplotách se sacharidy nerozkládají v takovém množství jako u krmiv lisovaných za tepla a psi s citlivým zažíváním mohou trpět průjmovými onemocněními (Tran et al. 2008). Složení suché psí stravy je velmi variabilní a pokrývá celé spektrum individuálních potřeb psa. Existují krmiva bezobilná, různé veterinární

diety (např. monoproteinová krmiva), krmiva bez lepku, hypoalergní nebo holistická, která psovi poskytují komplexní vyváženou stravu. Komerční krmivo pokrývá přibližně 95 % krmiv pro psy na trhu. Ve většině případů se jedná o potravu s vysokým obsahem sacharidů (Pilla & Suchodolski 2021).

Studie Mori et al. (2019) zkoumala dopad čtyř komerčních krmiv na mikrobiotu střev psů. Jednalo se o:

- dietní krmivo K1 pro snížení hmotnosti (vysoké množství bílkovin a vlákniny, nízké množství tuku a cukru),
- krmivo s nízkým obsahem tuku K2 (vysoký obsah sacharidů, střední množství bílkovin, nízký obsah vlákniny a tuku),
- krmivo podporující funkci ledvin K3 (vysoké množství tuku a sacharidů, nízký obsah vlákniny a bílkovin),
- hypoalergenní dietní krmivo K4 (hydrolyzovaný protein, vysoký obsah tuku, nízký obsah vlákniny).

Diety byly testovány na šesti zdravých psech plemene beagle. Výsledky ukázaly zásadní rozdíly v rámci kmene *Actinobacteria*, který se podílí na rozkladu organických látek, produkci látek pro metabolismus a na udržování rovnováhy mikrobioty, nejhojnější zastoupení tohoto kmene měla hypoalergenní dieta (K4), a naopak nejnižší zastoupení kmene *Actinobacteria* se nacházelo u diety pro snížení hmotnosti (K1). Stejně výsledky byly potvrzeny u kmene *Coriobacteriia*, který se podílí na metabolismu různých látek. Opačné výsledky byly pozorovány u kmene *Fusobacterium*, kdy největší zastoupení měla dieta pro snížení hmotnosti (K1), a nejnižší zastoupení toho kmene měla dieta hypoalergenní (K4). Kmen *Proteobacteria* měl největší zastoupení u diety s nízkým obsahem tuku (K2) a dále u diety pro snížení hmotnosti (K1). U kmene *Firmicutes* byly pozorovány rozdíly v rámci čeledí a rodů. Zatímco čeleď *Streptococcaceae* se vyskytovala více u diety hypoalergenní (K4), čeleď *Ruminococcaceae* dominovala u diety s nízkým obsahem tuku (K2) a diety pro snížení hmotnosti (K1).

1.3.2.2 Syrová strava

Syrová strava je známá také pod pojmem BARF (Bones and Raw Food). Jedná se o nejpřirozenější cestu, jak krmit psa a tento přístup v krmení se stává velkým trendem. BARF má imitovat přirozené stravování masožravce, konkrétně vlka obecného, ze kterého byl pes domestikován (Novosádová 2011).

BARF je strava, která je z největší části tvořena syrovým masem a zahrnuje kosterní svalstvo, vnitřní orgány i kosti (Freeman et al. 2013). Přibližně 60–70 % z celkové krmné dávky pokrývá maso, zbylých 30–40 % je tvořeno širokou škálou potravin jako je zelená zelenina, která imituje obsah žaludku býložravé kořisti, dále vejce, mléko, pivovarské kvasnice, jogurt, obiloviny a luštěniny. Jednoduché sacharidy jsou většinou u BARF diety vyloučeny (Freeman & Michel 2001).

Schmidt et al. (2018) ve své studii porovnávali střevní mikrobiotu psů krmených komerčním krmivem (19 jedinců) a syrovou stravou (27 jedinců). Komerční strava zahrnovala

suché krmivo, konzervy a kombinaci suché a mokré potraviny. Syrová strava byla složena z různých druhů masa, jako je kuřecí, jehněčí, hovězí, koňské a kozí, dále z vnitřností a kostí v kombinaci se zeleninou, vejci, oleji a doplňky stravy. Mezi jednotlivými dietami byl rozdíl v poměru bílkovin, tuků, sacharidů a vlákniny. Syrová strava obsahovala více bílkovin a tuků, naopak komerční strava byla bohatší na sacharidy a vlákninu. DNA byla získána ze vzorků trusu. Výsledky ukázaly zvýšený počet bakterií řádu *Lactobacillales*, čeledi *Enterobacteriaceae* a rodů *Fusobacterium*, *Clostridium* a *Enterococcus*. Čeleď *Clostridiaceae* byla početnější u psů krmených komerčním krmivem. Podávání syrové stravy vedlo k vyššímu výskytu bakterií kmenu *Proteobacteria* a *Fusobacteria*, a naopak nižší zastoupení *Firmicutes* než u psů krmených komerční stravou. Celkem bylo identifikováno 34 bakteriálních taxonů, které se od sebe lišily v závislosti na typu diety.

Kromě složení střevní mikrobioty sledovali Schmidt et al. také index dysbiózy, který byl významně vyšší u psů krmených syrovou stravou. Bakterie *Clostridium perfringens*, *Streptococcus* a *E. coli* byly početnější u této skupiny psů. *Faecalibacterium* se vyskytovali více u psů krmených komerční dietou.

Syrová strava může pro psy představovat hrozbu v podobě patogenů, i když riziko není velké a lze ho ovlivnit používáním kvalitních surovin, skladováním, manipulací a dodržováním hygienických opatření (Glówny et al. 2024). Nejvíce obávaný patogen je *Salmonella* spp., která není vždy zneškodněna zmrazením a nejčastěji se objevuje v kuřecím masu. Dalšími patogeny objevujícími se v syrové stravě jsou *Escherichia coli*, *Clostridium*, *Campylobacter jejuni*, *Toxoplasma gondii*, *Echinococcus multilocularis*, *Campylobacter* a *Listeria* (Freeman et al. 2013).

Sandri et al. (2016) zkoumali rozdíl ve složení střevní mikrobioty u osmi psů plemene boxer. Psi byli rozděleni do dvou skupin, jedna skupina byla krmena syrovou stravou a druhá skupina komerčním krmivem stejné značky. Po 14 dnech se typy skupinám vyměnily. Všichni psi byli po dobu experimentu chováni ve stejných podmínkách, aby nedošlo k znatelnému ovlivnění střevní mikrobioty jinými vlivy. Psům byla každý den odebírána krev a dvakrát denně sebrány vzorky trusu, které sloužily jako zdroj DNA. Podávaná strava měla vliv na hladinu glukózy v krvi. Ze vzorků trusu byl zjištěn vyšší výskyt kmenů *Proteobacteria*, *Actinobacteria* a *Fusobacteria* u psů krmených syrovou stravou. Nárůst byl pozorován také u čeledi *Streptococcaceae*, *Clostridiaceae* a *Enterobacteriaceae*. Naopak psi krmeni komerční stravou měli signifikantně vyšší zastoupení mikroorganismů čeledi *Lactobacillaceae* a *Prevotellaceae*. Četnost rodů *Clostridium*, *Escherichia* a *Lactococcus* byla vyšší u psů krmených syrovou stravou.

1.3.2.3 Vegetariánská a veganská strava

Za poslední desetiletí rapidně vzrostl počet vegetariánsky a vegansky stravujících se lidí. Vedou k tomu jak zdravotní, tak morální a etické důvody. Vegetariánská strava spočívá ve vyřazení veškerého masa, včetně drůbežího a rybího, a dalších masných výrobků. Veganská strava je striktnější, a jsou z ní vyřazeny veškeré živočišné produkty jako například vejce či mléko (Appleby & Key 2016; Dodd et al. 2019). Pokud je jídelníček z rostlinné stravy sestaven

správně, všechny nutriční potřeby organismu jsou pokryté a vegetariánská ani veganská strava nemá negativní dopad na konzumenta (Messina & Reed 2001; Craig & Mangels 2009).

Ze stejných morálních důvodů a pod vlivem antropomorfismu (lidské vlastnosti, chování nebo emoce přisuzujeme ne-lidským bytostem, objektům nebo jevům) si mnoho majitelů psů a koček přeje své domácí mazlíčky krmit stejným typem stravy, a díky tomu, že roste poptávka po rostlinné stravě, roste i nabídka na trhu.

Po teoretické stránce, stejně jako u lidí, je možné sestavit vegetariánskou krmnou dávku pro psa tak, aby obsahovala všechny potřebné živiny. Je důležité zaměřit se na konkrétní proteiny a aminokyseliny jako je taurin, karnitin, methyonin, lysin a tryptofan, vitaminy A, B3, B9, B12, vápník, železo, zinek, měď a některé tuky pro správné fungování psího organismu (Knight & Leitsberger 2016).

Hlavním odpovědným orgánem za kvalitu krmiv na americkém trhu, odkud pochází většina rostlinných krmiv, je The National Research Council (NRC), který poskytuje nutriční požadavky pro psy a kočky. Na základě těchto požadavků jsou tvořeny nutriční profily asociací AAFCO (Association of American Feed Control Official's). V Evropě jsou profily zaštitěny organizací FEDIAF, která spolupracuje s AAFCO (Baldwin et al. 2010).

Na kvalitu rostlinných krmiv je vedeno několik studií. Kanakubo et al. (2015) zkoumali 24 rostlinných krmiv pro psy a kočky. Studie byla zaměřena na koncentraci hrubého proteinu a aminokyselin. Ze zkoumaných krmiv 25 % nesplňovalo minimální požadavky na koncentrace těchto složek.

Podobné výsledky uvedla starší studie vedena Kienzle & Engelhard (2001), která zkoumala 14 diet pro psy a kočky. Výsledkem byl nedostatek bílkovin, vápníku, fosforu, sodíku, vitamínu A a B12 a taurinu. Krmiva, která se volně vyskytují na trhu, tedy nesplňují nutriční požadavky pro psy a není vhodné je psům podávat jako kompletní stravu a je potřeba je doplnit o potřebné živiny. Rostlinnou stravu je ale možné dále vyvíjet a doplnit o potřebné složky potravy (Baldwin et al. 2010).

Roberts et al. (2023) ve své studii zkoumala stravitelnost vařené veganské potravy pro psy. Ve svém výzkumu použila 12 psů rasy beagle, kteří byli chováni ve stejných podmínkách. Psi byli rozděleni do tří skupin a každá skupina byla krmena jiným typem stravy, jedna dieta obsahovala kuřecí maso (CT), další dvě byly na rostlinné bázi (BC, BR). Složení CT – Life Protection Formula Chicken and Brown Rice, Blue Buffalo, Wilton, kuřecí maso, ječmen, hnědá rýže, ovesné vločky, hrách a další složky. Složení BC – The Cowbell, Bramble Inc., New York, NY, hrachový protein, čočka, batáty, mrkev, jablka a další složky. Složení BR – The Roost, Bramble Inc., hrachový protein, hnědá rýže, brambory, fazole, mrkev, dýně, borůvky a další složky.

Psům byly odebrány vzorky trusu, ze kterých byla získána DNA. Výsledky ukázaly rozdíly v rámci pěti hlavních kmenů bakterií *Actinobacteria*, *Bacteroidota*, *Firmicutes*, *Fusobacteriota* a *Proteobacteria*. Psi krmení veganskou stravou měli vyšší relativní zastoupení kmenů *Bacteroidota*, *Fusobacteriota* a *Proteobacteria*, a naopak nižší zastoupení bakterií kmenu *Firmicutes*.

Studie Hankel et al. (2020) porovnávala čtyři receptury. Základní receptura byla vegetariánská, založená na pšenici a rýži. Ostatní diety byly doplněny o pševou moučku a každá z receptur obohacena o žitnou mouku, fermentovanou žitnou mouku nebo kukuřičnou mouku. Střevní mikrobiota dominovala kmeny *Firmicutes* a *Bacteroidetes*. Četnost kmenu *Firmicutes* se zvýšila po přidání pševé moučky a kukuřičné mouky. U diety obsahující žitnou mouku naopak vzrostl počet bakterií kmene *Bacteroidetes*.

1.3.2.4 Doplnky stravy

Kromě probiotik existují na trhu i různé doplňky psí stravy, které podporují správné fungování střevní mikrobioty. Mezi ně patří například bromelin (*bromelain*), enzym, který se vyskytuje přirozeně v čerstvém ananasu. Dále houževnatec jedlý (*Lentinula edodes*), známý také jako houba shiitake nebo kvercetin (*Quercetin*), který se nachází ve velkém množství ovoce a zeleniny. Již v minulosti byl prokázán pozitivní vliv těchto látek na lidský organismus (Shora et al. 2020; Atuahene et al. 2024).

Nutraceutikum obsahující tyto tři komponenty testovali Atuahene et al. (2024) v nedávné studii na 30 zdravých psech plemene americký stafordširský teriér, kteří byli rozděleni náhodně do dvou skupin. Psi byli po dobu experimentu krmeni stejnou stravou značky Royal Canin a byli drženi ve stejných podmínkách. Výsledky po 35 dnech experimentu ukázaly zvýšený počet mikroorganismů rodu *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* a *Pediococcus* u psů, kterým byl podáván doplněk stravy. Uvedené rody bakterií mají protizánětlivé účinky a bývají spojovány s vyváženou a zdravou střevní mikrobiotou.

Velmi častým doplňkem psích krmiv jsou pro své bioaktivní vlastnosti řasy, například kelpa, spirulina, chlorela a další. Jedná se o zdroj jódu důležitý pro správné fungování štítné žlázy a imunitního systému (Satyaraj et al. 2021). Řasy napomáhají také s redukcí zubního plaku a zabraňují tak tvorbě zubního kamene (Gawor & Jank 2023).

Cabrera et al. (2023) ve své studii uvádí vliv tří mikro řas (*Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis oceanica* a *Tetrademus obliquus*) na psí organismus. Mikro řasy jsou jednobuněčné fotosyntetické organismy obsahující velké množství proteinů, lipidů, peptidů, minerálů a dalších tělu prospěšných látek. Díky svému antioxidačnímu účinku zájem o tento doplněk stravy roste (Lauritano et al. 2016). Na experiment bylo použito 12 psů plemene beagle, krmených stejným krmivem značky SilverDog. Řasy byly testovány individuálně. Výsledky ukázaly zvýšené množství bakterií rodů *Turicibacter* a *Peptococcus*, které bývají spojovány se zdravou a funkční střevní mikrobiotou. Dalšími rody, u kterých se zvýšil výskyt, byly například *Bacteroides* a *Prevotella*. U třídy *Clostridia* byl také zaznamenán zvýšený výskyt počtu mikroorganismů. Přítomnost mikro řas neměla žádný negativní dopad na příjem či stravitelnost potravy.

Novější studie vedena Scarsella et al. (2020) testovala rozdíly nejen ve složení střevní mikrobioty psů krmených syrovou, komerční a domácí stravou, ale také novou metodu identifikace mikroorganismů pomocí krevních vzorků. Přestože dříve byla krev považována za sterilní, bylo publikováno několik studií na téma krevní mikrobiom u člověka, které dokazují přítomnost mikroorganismů v krvi. Jedná se primárně o bakterie střevní mikrobioty, ale

najdeme zde i mikroorganismy s dutiny ústní nebo kůže, které difundovaly do krve (Païssé et al. 2016). Tato studie je prvním důkazem existence bakterií v krvi psů. Pokus byl uskutečněn na 36 psech různých plemen, kteří byli rozděleni do tří skupin podle typu přijímané potravy. Komerční strava byla založena na kuřecím mase, rýži a řepných řízcích, syrová strava se skládala ze směsi masa, drobů a kostí, která tvořila 90 % krmné dávky a 10 % zeleniny. Domácí strava obsahovala syrové maso, vařenou rýži, zeleninu a minerální doplňky. Psům byly odebrány vzorky krve a trusu pro porovnání diverzity mikrobioty. Množství bakterií nacházejících se v krvi bylo nižší než u vzorku trusu, ale počet taxonů byl vyšší, v mnohých taxonech se oba typy vzorků shodovaly.

U obou typů vzorků dominovaly kmeny *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Fusobacteria* a *Proteobacteria*. Kmeny *Proteobacteria* a *Actinobacteria* se vyskytovaly hojněji ve vzorcích krve. V krvi byly detekovány čtyři další kmeny bakterií oproti vzoru trusu.

Ve vzorku trusu dominovaly u psů krmných syrovou stravou čeledi *Clostridiaceae*, *Coriobacteriaceae* a *Fusobacteriaceae*. Na rodové úrovni byl markantní rozdíl ve výskytu bakterie *Clostridium*, která také převládala u psů krmných syrovou stravou. Vzorky krve ukázaly vyšší počet bakterií čeledí *Fusobacteriaceae*, *Ruminococcaceae* a *Sphingomonadaceae* u psů krmných syrovou stravou. Studie prokázala přítomnost gastrointestinálních mikroorganismů v krvi, nicméně vzorky trusu jsou pro charakteristiku střevní mikrobioty jedince přesnější.

1.4 Onemocnění spojené s výživou

U psů se velmi často setkáváme s problémy spojené s výživou a to obezitou nebo podvýživou. Obezita a nadváha jsou nejčastější poruchy výživy, trpí jí až 40 % celkové populace psů (Thomson et al. 2022). Typickým projevem je nahromadění nadměrného tuku v těle. Obezita je výsledkem nadměrného příjmu potravy, nedostatečného pohybu nebo může být spojena s jiným onemocněním jako například hypotyreóza. Na kondiční stav může mít vliv řada faktorů jak je genetika, věk, kastrace, plemeno nebo mentální stav zvířete. (Burton & Foster 1985; Sloth 1992; Rochlitz 2007; Khera et al. 2019). Důsledkem obezity může být zhoršená kvalita života, vyšší riziko onemocnění, například cukrovka nebo kardiovaskulární onemocnění (Marshall et al. 2017).

Obezita má mimo jiné dopad také na střevní mikrobiotu psa. Thomson et al. (2022) ve své studii porovnali 10 obézních psů (skóre tělesné kondice 8–9) a 10 štíhlých psů (skóre tělesné kondice 5). Všem psům byly odebrány vzorky trusu, které sloužily jako zdroj DNA, a pomocí metody PCR byla zkoumána střevní mikrobiota. U obou skupin psů byly nejvíce zastoupené kmeny bakterií *Firmicutes* a *Bacteroidetes* a dále pak *Fusobacteria*, *Proteobacteria*, a *Actinobacteria*. Obézní psi měli oproti druhé skupině vyšší počet bakterií *Firmicutes* na úkor *Bacteroidetes* a naopak štíhlí psi měli větší množství *Bacteroidetes*, *Deferribacteres* a *Tenericutes*. U obézních psů značně převyšovaly počty druhů *Peptoclostridium*, *Streptococcus*, *Clostridium sensu stricto* a *Escherichia*.

Studie Kieler et al. (2017) se zabývala změnou ve střevní mikrobiotě obézních psů během procesu hubnutí. Pokusu se zúčastnilo 18 psů a trval 12 týdnů. Psi byli rozděleni do dvou skupin podle fyzické aktivity, krmeni byli stejnou dietní stravou (Royal Canin Satiety Support). Šest psů bylo v průběhu pokusu vyřazeno kvůli zdravotním problémům. U všech testovaných psů dominovaly ve střevní mikrobiotě kmeny *Fusobacterium* a *Bacteroidetes*. Během prvního týdne došlo k výraznému poklesu rodu *Megamonas* a neznámého rodu kmene *Ruminococcaceae*. Nebyly pozorovány žádné rozdíly mezi psy, kteří podstoupili fyzickou aktivitu a psy, kterým byla podávána pouze dietní strava.

Xu et al. (2017) ve svém pokusu hodnotila střevní mikrobiotu obézních a štíhlých psů v závislosti na množství proteinu v potravě. Nebyly pozorovány žádné zásadní rozdíly mezi mikrobiotou obou kondičních typů psů. U psů krmených potravou s vysokým obsahem bílkovin byl pozorován nárůst bakterií produkujících butyrát, tedy bakterie skupiny *Clostridiae*. Mikrobiota štíhlých psů byl více stabilní než u obézních psů.

Podvýživa u psa je způsobena nedostatečnou výživou nebo je často spojena s jiným onemocněním (Gayanayake 2022). Jedním takovým onemocněním je například exokrinní pankreatická nedostatečnost (Exocrine pancreatic insufficiency, EPI), která se vyznačuje nízkou syntézou a sekrecí pankreatických enzymů. U psů trpících exokrinní pankreatickou nedostatečností se vyskytuje bakteriální dysbióza tenkého střeva (Simpson et al. 1990). Psi postižení tímto onemocněním měli hojněji zastoupené bakteriální čeledi *Lactobacillaceae* a *Streptococcaceae* a naopak nižší počet *Ruminococcaceae* a *Lachnospiraceae* (Isaiah et al. 2017).

1.4.1 Antibiotika

Antibiotika jsou látky, které se aplikují při léčení nemocí bakteriálního původu. Zabraňují množení mikroorganismů nebo je usmrcují (Lietman 1986). Opakovaným nebo dlouhodobým podáváním může vzniknout bakteriální rezistence, tedy odolnost bakterie vůči antibiotikům (Frieri et al. 2017; Liu et al. 2022). Jedním z nejpoužívanějších antibiotik u psů je amoxicillin. Jedná se o penicilinové antibiotikum účinné proti širokému spektru organismů. Amoxicillin je využíván proti gram-pozitivním i gram-negativním bakteriím (Guardabassi 2004; Werner et al. 2020).

Studie Espinosa-Gongora et al. (2020) se zaměřila na změnu střevní mikrobioty 42 psů po podání amoxicillinu a amoxicillin/kyseliny klavulanové. Psům byly odebrány vzorky trusu a pomocí metody PCR bylo vyhodnoceno složení střevní mikrobioty. Oba typy antibiotik vedly ke změně složení mikrobioty a snížení diverzity. Ke snížení četnosti po podání obou typů antibiotik došlo u rodů *Clostridium* a *Turicibacter*. U bakteriálních rodů *Dialister*, *Oscillospira* a *Roseburia* došlo ke změně pouze po podání amoxicilin/kyseliny klavulanové. Mimo složení mikrobioty zkoumala Espinosa-Gongora et al. také rezistenci *Escherichia coli* na podaná antibiotika. Pro tento výzkum byla použita metoda kultivace na agaru. Výsledkem byl nárůst počtu *E.coli* v průběhu léčby oběma typy antibiotik. Toto zjištění dokazuje rezistenci bakterií vůči antibiotikům.

Jednou z nemocí postihující střeva psů jsou idiopatické střevní záněty (Inflammatory Bowel Disease, IBD). Jedná se o autoimunitní onemocnění projevující se zánětem trávicího traktu. Samotné onemocnění je spojeno s dysbiózou střevní mikrobioty a je léčeno antibiotiky. Typický je pokles mikroorganismů z čeledi *Clostridiaceae* a zvýšený počet zástupců kmene *Proteobacteria*, jako je například *Escherichia coli* (Suchodolski et al. 2012; Honneffer 2014). Bhang et al. (2021) ve své studii porovnával dvě skupiny psů trpících idiopatickými střevními záněty. Jedna skupina byla léčena antibiotiky a druhá byla bez léčby. Výsledky neukazovaly žádné zásadní rozdíly ve střevní mikrobiotě obou skupin psů po podání antibiotik a rozdíl je způsobem nejspíše věkem psů, kdy mladí psi mají bohatší osídlení střev mikroorganismy.

1.4.2 Probiotika a prebiotika

Probiotika jsou živé mikroorganismy sloužící ke zlepšení zdravotního stavu hostitele. Slouží jako doplněk stravy, který přispívá k vyrovnané a fungující střevní mikrobiotě. Napomáhají při zažívacích problémech, ale mohou mít také imunostimulační účinky nebo mohou tlumit alergické reakce (Stavrou 2016; Yoo & Kim 2016).

Probiotika jsou většinou podávána společně s prebiotiky. Jedná se o nestravitelnou složku potravy, která napomáhá růstu a aktivitě mikroorganismů osidlující trávicí trakt. Slouží tedy jako zdroj potravy pro probiotika. Prebiotika jsou schopna stimulovat růst endogenních bakterií, zvýšit jejich výskyt a tím ovlivnit složení mikrobioty (Gibson & Roberfroid 1995; Swanson & Fahey 2006). Prebiotika jsou nestravitelné části sacharidů, bílkoviny, aminokyseliny, tuky a polyfenoly, převážně se jedná o laktulózu, inulin, oligosacharidy, fruktoacharidy a galaktooligosacharidy (Manning & Gibson 2004; Gibson 2010; Pinna & Biagi 2016). Prospěšná kombinace probiotika s prebiotiky se nazývá symbiotikum (Schrezenmeir & de Vrese 2001).

Xu et al. (2019) ve svém experimentu zkoumali vliv probiotik na střevní mikrobiotu 40 psů trpících průjemovým onemocněním. Psi byli náhodně rozděleni do dvou skupin, přičemž jedna ze skupin dostávala s krmivem probiotika značky Probio-Fit[®]. Jedná se o směs tří probiotických kmenů *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum* a *Bifidobacterium animalis subsp. lactis*. Po 60 dnech podávání probiotik se u většiny psů s průjemovým onemocněním zlepšil klinický stav a u žádného psa z této skupiny nedošlo ke zhoršení stavu. Výsledkem bylo zlepšení a obohacení střevní mikrobioty u psů, kteří podstoupili léčbu probiotiky, například u rodů *Lactobacillus* a *Bifidobacterium*, a zároveň snížení počtu patogenních bakterií jako je *Clostridium perfringens*, *Stenotrophomonas maltophilia* nebo *Streptococcus gallolyticus*. Z experimentu lze usoudit, že probiotika mají pozitivní dopad na střevní mikrobiotu psa a lze je použít jako léčbu dysbiózy.

Lactobacilli, které se běžně vyskytují v těle psů krátce po narození, se používají jako probiotika při léčbě dysbiózy. Jaký vliv mají tato probiotika na mikrobiální stav zdravých psů zkoumali Marelli et al. (2020). 40 psů plemene boxer bylo rozděleno do dvou skupin, krmivo jedné skupiny bylo obohaceno o probiotika obsahující mikroorganismy druhu *Lactobacillus*

acidophilus. Po 28 dnech experimentu byl zřetelný rozdíl v hojnosti bakterie *Escherichia Coli* a došlo k celkovému zlepšení střevní mikrobioty u psů, kterým byla podávána probiotika.

Závěr

Výživa je hlavní faktor, který ovlivňuje složení mikrobioty střev psa. Mezi další faktory patří například plemeno, věk nebo životní podmínky zvířete. Složení střevní mikrobioty se výrazně liší mezi jednotlivými psy; každý jedinec má svůj individuální a stabilní mikrobiální ekosystém, který zahrnuje miliony mikroorganismů, jako jsou bakterie, viry nebo houby.

V rámci této práce byl popsán vliv hlavních typů psích diet (komerční, syrová, rostlinná), jednotlivých složek potravy (proteiny, sacharidy, lipidy), doplňků stravy a léčiv na střevní mikrobiotu psa. Výsledky studií naznačují, že složení stravy psa, zejména rozdílný obsah bílkovin, sacharidů a lipidů může mít výrazný vliv na složení jeho střevní mikrobioty. Například dieta s různým množstvím bílkovin může ovlivnit množství a druhy bakterií ve střevech, což může mít důsledky pro zdraví psa, jako jsou záněty střev a problémy s ledvinami.

U všech typů potravy bylo nejhojněji zastoupených pět základních kmenů bakterií: *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria*, *Actinobacteria* a *Fusobacteria*. Relativní zastoupení mikroorganismů těchto kmenů se v rámci podávané potravy mírně lišilo. Psi krmeni syrovou měli oproti psům krměným komerční stravou honějšší zastoupení kmenů *Proteobacteria*, *Fusobacteria* a *Actinobacteria* a naopak nižší počet bakterií kmene *Firmicutes*. Hrozbou syrové stravy je častější výskyt patogenních mikroorganismů. Jednalo se nejčastěji o bakterie *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Campylobacter jejuni*, *Toxoplasma gondii*, *Echinococcus multilocularis* nebo *Streptococcus*.

Onemocnění trávicího traktu je nejčastěji řešeno podáním antibiotik, která zabraňují množení patogenu nebo jej usmrcují a díky tomu diverzita střevního mikrobiomu značně klesá. K obnovení mikrobioty se používají jako doplněk stravy probiotika, která mají pozitivní vliv na fungování střevní mikrobioty, jedním z nejčastějších probiotik je rod *Lactobacillus*.

Negativní vliv na střevní mikrobiotu mají nevhodné stravovací návyky psa. U obézních a podvyživených psů dochází často k dysbióze střevní mikrobioty a to může vést k závažným onemocněním.

Vzhledem k individualitě střevní mikrobioty nelze s jistotou říci, které krmivo je pro psa nejlepší, nicméně je vhodné stravu přizpůsobit zátěži a věku a dbát na správné zacházení s masem, aby se co nejvíce omezila infekce patogeny. Vhodné je podávání probiotik, u kterých byly zjištěny pouze pozitivní dopady na střevní mikrobiotu.

Literatura

- Appleby PN, Key TJ. 2016. The long-term health of vegetarians and vegans. *Proceedings of the Nutrition Society* **75**:287-293. Available at https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0029665115004334/type/journal_article
- Areerat S, Chundang P, Lekcharoensuk C, Patumcharoenpol P, Kovitvadhi A. 2023. Insect-based diets (house crickets and mulberry silkworm pupae): A comparison of their effects on canine gut microbiota. *Veterinary World*:1627-1635. Available at <https://www.veterinaryworld.org/Vol.16/August-2023/7.html>
- Atuahene D, Zuniga-Chaves I, Martello E, Stefanon B, Suen G, Balouei F, Meineri G. 2024. The Canine Gut Health: The Impact of a New Feed Supplement on Microbiota Composition. *Animals* **14**. Available at <https://www.mdpi.com/2076-2615/14/8/1189>
- Avis SP. 1999. Dog Pack Attack: Hunting Humans. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* **20**:243-246. Available at <http://journals.lww.com/00000433-199909000-00005>
- Axelsson E, Ratnakumar A, Arendt M-L, Maqbool K, Webster MT, Perloski M, Liberg O, Arnemo JM, Hedhammar Å, Lindblad-Toh K. 2013. The genomic signature of dog domestication reveals adaptation to a starch-rich diet. *Nature* **495**:360-364. Available at <https://www.nature.com/articles/nature11837>
- Baldwin K, Bartges J, Buffington T, Freeman LM, Grabow M, Legred J, Ostwald D. 2010. AAHA Nutritional Assessment Guidelines for Dogs and Cats. *Journal of the American Animal Hospital Association* **46**:285-296. Available at <https://meridian.allenpress.com/jaaha/article/46/4/285/176638/AAHA-Nutritional-Assessment-Guidelines-for-Dogs>
- Bennett KW, Eley A. 1993. Fusobacteria: New taxonomy and related diseases. *Journal of Medical Microbiology* **39**:246-254. Available at <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/jmm/10.1099/00222615->
- Bhang E, Rao A, Robinson A. 2021. A potential age-dependent effect of antibiotics on the gut microbiome in dogs with inflammatory bowel disease. *Undergraduate Journal of Experimental Microbiology and Immunology* **7**.
- Binda C, Lopetuso LR, Rizzatti G, Gibiino G, Cennamo V, Gasbarrini A. 2018. Actinobacteria: A relevant minority for the maintenance of gut homeostasis. *Digestive and Liver Disease* **50**:421-428. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S159086581830210X>
- Bloom W, Fawcett DW. 1975. *A textbook of Histology*. W. B. Saunders. Philadelphia.

- Bodilis J, Nsigue-Meilo S, Besaury L, Quillet L, Kao KC. 2012. Variable Copy Number, Intra-Genomic Heterogeneities and Lateral Transfers of the 16S rRNA Gene in *Pseudomonas*. *PLoS ONE* 7. Available at <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0035647>
- Bosch G, Hagen-Plantinga EA, Hendriks WH. 2015. Dietary nutrient profiles of wild wolves: insights for optimal dog nutrition? *British Journal of Nutrition* **113**: 40-54.
- Brüssow H, Hendrix RW. 2002. Phage Genomics. *Cell* **108**:13-16. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0092867401006377>
- Budras K, McCarthy PH, Fricke W, Richter R, Horowitz A, Berg R. 2010. *Anatomy of the Dog: An Illustrated Text, 5th Revised Edition*. Schluetersche.
- Burron S, Richards T, Patterson K, Grant C, Akhtar N, Trevizan L, Pearson W, Shoveller AK. 2021. Safety of Dietary Camelina Oil Supplementation in Healthy, Adult Dogs. *Animals* 11. Available at <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/9/2603>
- Burton BT, Foster WR. 1985. Health Implications of Obesity: An NIH Consensus Development Conference. *Journal of the American Dietetic Association* **85**:1117-1121. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002822321037688>
- Cabrita ARJ, Guilherme-Fernandes J, Spínola M, Maia MRG, Yergaliyev T, Camarinha-Silva A, Fonseca AJM. 2023. Effects of microalgae as dietary supplement on palatability, digestibility, fecal metabolites, and microbiota in healthy dogs. *Frontiers in Veterinary Science* 10. Available at <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2023.1245790/full>
- Cerquetella M. 2010. Inflammatory bowel disease in the dog: Differences and similarities with humans. *World Journal of Gastroenterology* 16. Available at <http://www.wjgnet.com/1007-9327/full/v16/i9/1050.htm>
- Contreras-Aguilar MD, Tecles F, Martínez-Subiela S, Escribano D, Bernal LJ, Cerón JJ. 2017. Detection and measurement of alpha-amylase in canine saliva and changes after an experimentally induced sympathetic activation. *BMC Veterinary Research* 13. Available at <http://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-017-1191-4>
- Craig WJ, Mangels AR. 2009. Position of the American Dietetic Association: Vegetarian Diets. *Journal of the American Dietetic Association* **109**:1266-1282. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002822309007007>
- Černý H. 2002. *Veterinární anatomie pro studium a praxi*. Noviko, Brno.
- Damgaard BM, Børsting CF, Ingvarsten KL, Fink R. 2003. Effects of Carbohydrate-free Diets on the Performance of Lactating Mink (*Mustela vison*) and the Growth Performance of Suckling Kits. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science* **53**:127-135. Available at <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09064700310012890>

- Das B, Nair GB. 2019. Homeostasis and dysbiosis of the gut microbiome in health and disease. *Journal of Biosciences* 44. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s12038-019-9926-y>
- DeSantis TZ, Hugenholtz P, Larsen N, Rojas M, Brodie EL, Keller K, Huber T, Dalevi D, Hu P, Andersen GL. 2006. Greengenes, a Chimera-Checked 16S rRNA Gene Database and Workbench Compatible with ARB. *Applied and Environmental Microbiology* **72**:5069-5072. Available at <https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.03006-05>
- Dodd SAS, Cave NJ, Adolphe JL, Shoveller AK, Verbrugghe A, Suchodolski JS. 2019. Plant-based (vegan) diets for pets: A survey of pet owner attitudes and feeding practices. *PLOS ONE* 14. Available at <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0210806>
- Domínguez-Oliva A, Mota-Rojas D, Semendric I, Whittaker AL. 2023. The Impact of Vegan Diets on Indicators of Health in Dogs and Cats: A Systematic Review. *Veterinary Sciences* 10. Available at <https://www.mdpi.com/2306-7381/10/1/52>
- Duan Y, Zeng L, Zheng C, Song B, Li F, Kong X, Xu K. 2018. Inflammatory Links Between High Fat Diets and Diseases. *Frontiers in Immunology* 9. Available at <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fimmu.2018.02649/full>
- Ducarmon QR, Zwitter RD, Hornung BVH, van Schaik W, Young VB, Kuijper EJ. 2019. Gut Microbiota and Colonization Resistance against Bacterial Enteric Infection. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* **83**: 7-19.
- Ephraim E, Cochrane C-Y, Jewell DE. 2020. Varying Protein Levels Influence Metabolomics and the Gut Microbiome in Healthy Adult Dogs. *Toxins* 12. Available at <https://www.mdpi.com/2072-6651/12/8/517>
- Espinosa-Gongora C et al. 2020. Impact of oral amoxicillin and amoxicillin/clavulanic acid treatment on bacterial diversity and β -lactam resistance in the canine faecal microbiota. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* **75**:351-361. Available at <https://academic.oup.com/jac/article/75/2/351/5645151>
- Evans HE, DeLahunta A. 2013. *Miller's anatomy of the dog* 4th ed.. Elsevier, St. Louis, Missouri.
- Field CJ, McBurney MI, Massimino S, Hayek MG, Sunvold GD. 1999. The fermentable fiber content of the diet alters the function and composition of canine gut associated lymphoid tissue. *Veterinary Immunology and Immunopathology* **72**:325-341. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165242799001488>
- Flickinger EA, Fahey G.C. 2002. Pet food and feed applications of inulin, oligofructose and other oligosaccharides. *British Journal of Nutrition* **87**:297-300. Available at <http://www.ingentaselect.com/rpsv/cgi-bin/cgi?ini=xref&body=linker&reqdoi=10.1079/BJNBJN/2002552>

- Flint HJ, Duncan SH. 2014. Bacteroides and Prevotella. 203-208 in Encyclopedia of Food Microbiology. Elsevier. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123847300000318>
- Foster ML, Dowd SE, Stephenson C, Steiner JM, Suchodolski JS. 2013. Characterization of the Fungal Microbiome (Mycobiome) in Fecal Samples from Dogs. Veterinary Medicine International **2013**:1-8. Available at <http://www.hindawi.com/journals/vmi/2013/658373/>
- Freeman LM, Chandler ML, Hamper BA, Weeth LP. 2013. Current knowledge about the risks and benefits of raw meat-based diets for dogs and cats. Journal of the American Veterinary Medical Association **243**:1549-1558. Available at <https://avmajournals.avma.org/view/journals/javma/243/11/javma.243.11.1549.xml>
- Freeman LM, Michel KE. 2001. Evaluation of raw food diets for dogs. Journal of the American Veterinary Medical Association **218**:705-709. Available at <https://avmajournals.avma.org/view/journals/javma/218/5/javma.2001.218.705.xml>
- Frieri M, Kumar K, Boutin A. 2017. Antibiotic resistance. Journal of Infection and Public Health **10**:369-378. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1876034116301277>
- Gajanayake I. 2022. Malnutrition in dogs and cats. Companion Animal **27**:2-7. Available at <http://www.magonlinelibrary.com/doi/10.12968/coan.2022.0019>
- Garcia-Mazcorro JF, Dowd SE, Poulsen J, Steiner JM, Suchodolski JS. 2012. Abundance and short-term temporal variability of fecal microbiota in healthy dogs. MicrobiologyOpen **1**:340-347. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mbo3.36>
- Gawor J, Jank M. 2023. Ascophyllum nodosum as a nutrient supporting oral health in dogs and cats: a review. Polish Journal of Veterinary Sciences:511-511. Available at <https://journals.pan.pl/dlibra/publication/145053/edition/128558/content>
- Gibson GR et al. 2010. Dietary prebiotics: current status and new definition. Food Science & Technology Bulletin: Functional Foods **7**:1-19. Available at <http://www.atypon-link.com/IFIS/doi/abs/10.1616/1476-2137.15880>
- Gibson GR, Roberfroid MB. 1995. Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics. The Journal of Nutrition **125**:1401-1412. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022316623035514>
- Giles GR, Mason MC, Humphries C, Clark CG. 1969. Action of gastrin on the lower oesophageal sphincter in man. Gut **10**:730-734.
- Główny D, Sowińska N, Cieślak A, Gogulski M, Konieczny K, Szumacher-Strabel M. 2024. Raw diets for dogs and cats: Potential health benefits and threats. Polish Journal of Veterinary

- Sciences:151-159. Available at <https://journals.pan.pl/dlibra/publication/149344/edition/130586/content>
- Główny D, Sowińska N, Cieślak A, Gogulski M, Konieczny K, Szumacher-Strabel M. Raw diets for dogs and cats: Potential health benefits and threats. *Polish Journal of Veterinary Sciences*:151-159. Available at <https://journals.pan.pl/dlibra/publication/149344/edition/130586/content>
- Gomi H, Osawa H, Uno R, Yasui T, Hosaka M, Torii S, Tsukise A. 2017. Canine Salivary Glands: Analysis of Rab and SNARE Protein Expression and SNARE Complex Formation With Diverse Tissue Properties. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry* **65**:637-653. Available at <http://journals.sagepub.com/doi/10.1369/0022155417732527>
- Grønvold A-MR, L'Abée-Lund TM, Sørum H, Skancke E, Yannarell AC, Mackie RI. 2010. Changes in fecal microbiota of healthy dogs administered amoxicillin. *FEMS Microbiology Ecology* **71**:313-326. Available at <https://academic.oup.com/femsec/article-lookup/doi/10.1111/j.1574-6941.2009.00808.x>
- Guardabassi L. 2004. Pet animals as reservoirs of antimicrobial-resistant bacteria: Review. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* **54**:321-332. Available at <https://academic.oup.com/jac/article-lookup/doi/10.1093/jac/dkh332>
- Guinane CM, Cotter PD. 2013. Role of the gut microbiota in health and chronic gastrointestinal disease: understanding a hidden metabolic organ. *Therapeutic Advances in Gastroenterology* **6**:295-308. Available at <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1756283X13482996>
- Hall EJ. Small Intestine. 2013.. 651-728 in *Canine and Feline Gastroenterology*. Elsevier.
- Hallen-Adams HE, Suhr MJ. 2016. Fungi in the healthy human gastrointestinal tract. *Virulence* **8**:352-358. Available at <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21505594.2016.1247140>
- Hankel J, Abd El-Wahab A, Grone R, Keller B, Galvez E, Strowig T, Visscher C. 2020. Faecal Microbiota of Dogs Offered a Vegetarian Diet with or without the Supplementation of Feather Meal and either Cornmeal, Rye or Fermented Rye: A Preliminary Study. *Microorganisms* **8**. Available at <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/9/1363>
- Harper AR, Dobson RCJ, Morris VK, Moggré G-J. 2022. Fermentation of plant-based dairy alternatives by lactic acid bacteria. *Microbial Biotechnology* **15**:1404-1421. Available at <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1751-7915.14008>
- Hermans WJH, Senden JM, Churchward-Venne TA, Paulussen KJM, Fuchs CJ, Smeets JSJ, van Loon JJA, Verdijk LB, van Loon LJC. 2021. Insects are a viable protein source for human consumption: from insect protein digestion to postprandial muscle protein synthesis in vivo in humans: a double-blind randomized trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* **114**:934-944. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S000291652200418X>

- Hoffman JR, Falvo MJ. 2004. Protein - Which is Best? *J Sports Sci Med.* **1**:118-30.
- Hongoh Y, Yuzawa H, Ohkuma M, Kudo T. 2003. Evaluation of primers and PCR conditions for the analysis of 16S rRNA genes from a natural environment. *FEMS Microbiology Letters* **221**:299-304. Available at [https://academic.oup.com/femsle/article-lookup/doi/10.1016/S0378-1097\(03\)00218-0](https://academic.oup.com/femsle/article-lookup/doi/10.1016/S0378-1097(03)00218-0)
- Honneffer JB. 2014. Microbiota alterations in acute and chronic gastrointestinal inflammation of cats and dogs. *World Journal of Gastroenterology* **20**. Available at <http://www.wjgnet.com/1007-9327/full/v20/i44/16489.htm>
- Hooper LV, Wong MH, Thelin A, Hansson L, Falk PG, Gordon JI. 2001. Molecular Analysis of Commensal Host-Microbial Relationships in the Intestine. *Science* **291**:881-884. Available at <https://www.science.org/doi/10.1126/science.291.5505.881>
- Chiba IL. 2014. *Animal Nutrition Handbook, Third revision.* Animal Sciences. Auburn University. Available at <https://agriculture.auburn.edu/wp-content/uploads/2021/12/Animal-Nutrition-Handbook-2014-3rd-Rev-Chiba.pdf>
- Isaiah A, Parambeth JC, Steiner JM, Lidbury JA, Suchodolski JS. 2017. The fecal microbiome of dogs with exocrine pancreatic insufficiency. *Anaerobe* **45**:50-58. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1075996417300318>
- Kanakubo K, Fascetti AJ, Larsen JA. 2015. Assessment of protein and amino acid concentrations and labeling adequacy of commercial vegetarian diets formulated for dogs and cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **247**:385-392. Available at <https://avmajournals.avma.org/view/journals/javma/247/4/javma.247.4.385.xml>
- Kanauchi O, Matsumoto Y, Matsumura M, Fukuoka M, Bamba T. 2005. The Beneficial Effects of Microflora, Especially Obligate Anaerobes, and Their Products on the Colonic Environment in Inflammatory Bowel Disease. *Current Pharmaceutical Design* **11**:1047-1053
- Kanazawa H. 1993. Fine Structure of the Canine Taste Bud with Special Reference to Gustatory Cell Functions. *Archives of Histology and Cytology* **56**:533-548. Available at http://www.jstage.jst.go.jp/article/aohc1988/56/5/56_5_533/_article
- Kau AL, Ahern PP, Griffin NW, Goodman AL, Gordon JI. 2011. Human nutrition, the gut microbiome and the immune system. *Nature* **474**:327-336. Available at <https://www.nature.com/articles/nature10213>
- Kerr KR, Beloshapka AN, Swanson KS. 2013. 2011 AND 2012 EARLY CAREERS ACHIEVEMENT AWARDS: Use of genomic biology to study companion animal intestinal microbiota. *Journal of Animal Science* **91**:2504-2511. Available at <https://academic.oup.com/jas/article/91/6/2504/4717040>

- Khera AV et al. 2019. Polygenic Prediction of Weight and Obesity Trajectories from Birth to Adulthood. *Cell* **177**:587-596.e9. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0092867419302909>
- Kieler IN, Shamzir Kamal S, Vitger AD, Nielsen DS, Lauridsen C, Bjornvad CR. 2017. Gut microbiota composition may relate to weight loss rate in obese pet dogs. *Veterinary Medicine and Small Animal Clinical Science* **3**:252-262. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/vms3.80>
- Kienzle E, Engelhard RA. 2001. Field study on the nutrition of vegetarian dogs and cats in Europe. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian* **23**: 81–81.
- Kovitvadhi A, Chundang P, Thongprajukaew K, Tirawattanawanich C, Srikachar S, Chotimanothum B. 2019. Potential of Insect Meals as Protein Sources for Meat-Type Ducks Based on In Vitro Digestibility. *Animals* **9**. Available at <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/4/155>
- Krieg NR. 1988. Bacterial classification: an overview. *Canadian Journal of Microbiology* **34**:536-540. Available at <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/m88-091>
- Laganière S, Berteloot A, Maestracci D. 1984. Digestive and absorptive functions along dog small intestine: comparative distributions in relation to biochemical and morphological parameters. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* **79**:463-472. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0300962984905474>
- Lauritano C, Andersen JH, Hansen E, Albrigtsen M, Escalera L, Esposito F, Helland K, Hanssen KØ, Romano G, Ianora A. 2016. Bioactivity Screening of Microalgae for Antioxidant, Anti-Inflammatory, Anticancer, Anti-Diabetes, and Antibacterial Activities. *Frontiers in Marine Science* **3**. Available at <http://journal.frontiersin.org/Article/10.3389/fmars.2016.00068/abstract>
- Ley RE, Lozupone CA, Hamady M, Knight R, Gordon JI. 2008. Worlds within worlds: evolution of the vertebrate gut microbiota. *Nature Reviews Microbiology* **6**:776-788. Available at <https://www.nature.com/articles/nrmicro1978>
- Ley RE, Turnbaugh PJ, Klein S, Gordon JI. 2006. Human gut microbes associated with obesity. *Nature* **444**:1022-1023. Available at <https://www.nature.com/articles/4441022a>
- Li P, Wu G. 2023. Amino acid nutrition and metabolism in domestic cats and dogs. *Journal of Animal Science and Biotechnology* **14**. Available at <https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-022-00827-8>
- Li P, Wu G. 2024. Characteristics of Nutrition and Metabolism in Dogs and Cats. 55-98 in *Nutrition and Metabolism of Dogs and Cats*. Springer Nature Switzerland, Cham. Available at https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-54192-6_4
- Lietman PS. 1986. What is an antibiotic? *The Journal of Pediatrics* **108**:824-829. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022347686807521>

- Lim MT, Pan BJ, Toh DWK, Sutanto CN, Kim JE. 2021. Animal Protein versus Plant Protein in Supporting Lean Mass and Muscle Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients* **13**. Available at <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/2/661>
- Liu Y, Liu B, Liu Ch, Hu Y, Liu Ch, Li X, Li X, Zhang X, Irwin DM, Wu Z, Chen Z, Jin Q, Zhang S. 2021. Differences in the gut microbiomes of dogs and wolves: roles of antibiotics and starch. *BMC Veterinary Research* **17**. Available at <https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-021-02815-y>
- Liu Y, Wang W, Guo M, Xu Z, Yang Y, Yu L, Li Y, Hu L, Ye Y, Li J. 2022. The Analysis of Drug-Resistant Bacteria from Different Regions of Anhui in 2021. *Infection and Drug Resistance* **15**:7537-7553. Available at <https://www.dovepress.com/the-analysis-of-drug-resistant-bacteria-from-different-regions-of-anhu-peer-reviewed-fulltext-article-IDR>
- Ma Z (S), Mei J. 2022. Stochastic neutral drifts seem prevalent in driving human virome assembly: Neutral, near-neutral and non-neutral theoretic analyses. *Computational and Structural Biotechnology Journal* **20**:2029-2041. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2001037022001027>
- Mackie RI, Sghir A, Gaskins HR. 1999. Developmental microbial ecology of the neonatal gastrointestinal tract. *The American Journal of Clinical Nutrition* **69**:1035S-1045S. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002916522044045>
- Manning TS, Gibson GR. 2004. Prebiotics. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology* **18**:287-298. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1521691803001331>
- Marelli SP, Fusi E, Giardini A, Martino PA, Polli M, Bruni N, Rizzi R. 2020. Effects of probiotic *Lactobacillus acidophilus* D2/CSL (CECT 4529) on the nutritional and health status of boxer dogs. *Veterinary Record* **187**. Available at <https://bvajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1136/vr.105434>
- Maria APJ, Ayane L, Putarov TC, Loureiro BA, Neto BP, Casagrande MF, Gomes MOS, Glória MBA, Carciofi AC. 2017. The effect of age and carbohydrate and protein sources on digestibility, fecal microbiota, fermentation products, fecal IgA, and immunological blood parameters in dogs^{1,2}. *Journal of Animal Science* **95**:2452-2466. Available at <https://academic.oup.com/jas/article/95/6/2452/4702405>
- Marshall WG, Bockstahler BA, Hulse DA, Carmichael S. 2017. A review of osteoarthritis and obesity: current understanding of the relationship and benefit of obesity treatment and prevention in the dog. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* **22**:339-345. Available at <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.3415/VCOT-08-08-0069>

- McVey DS, Kennedy M, Chengappa MM. 2013. *Veterinary Microbiology*, 3rd Edition. Wiley-Blackwell. Hoboken, New Jersey, USA
- Messina V, Reed MA. 2001. Considerations in Planning Vegan Diets. *Journal of the American Dietetic Association* **101**:661-669. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002822301001675>
- Moon CD, Young W, Maclean PH, Cookson AL, Bermingham EN. 2018. Metagenomic insights into the roles of Proteobacteria in the gastrointestinal microbiomes of healthy dogs and cats. *MicrobiologyOpen* **7**. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mbo3.677>
- Mori A, Goto A, Kibe R, Oda H, Katoka Y, Sako T. 2019. Comparison of the effects of four commercially available prescription diet regimens on the fecal microbiome in healthy dogs. *Journal of Veterinary Medical Science* **81**:1783-1790. Available at https://www.jstage.jst.go.jp/article/jvms/81/12/81_19-0055/_article
- National Research Council. 2018. *NRC Nutritional requirements of adult dogs*. National Academy Press, Washington DC. Available from <https://animalnutrition.org>
- Neish AS. 2009. Microbes in Gastrointestinal Health and Disease. *Gastroenterology* **136**:65-80. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016508508019781>
- Nelson DL, Cox MM. 2001. *Lehninger Biochemie*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Novosádová K. 2011. *BARF: krmení psa přirozenou stravou*. Plot, Praha.
- Païssé S, Valle C, Servant F, Courtney M, Burcelin R, Amar J, Lelouvier B. 2016. Comprehensive description of blood microbiome from healthy donors assessed by 16 S targeted metagenomic sequencing. *Transfusion* **56**:1138-1147. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/trf.13477>
- Pasha S, Inui T, Chapple I, Harris S, Holcombe L, Grant MM. 2018. The Saliva Proteome of Dogs: Variations Within and Between Breeds and Between Species. *PROTEOMICS* **18**.
- Pereira AM, Clemente A. 2021. Dogs' Microbiome From Tip to Toe. *Topics in Companion Animal Medicine* **45**. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1938973621000775>
- Pilla R, Suchodolski JS. 2020. The Role of the Canine Gut Microbiome and Metabolome in Health and Gastrointestinal Disease. *Frontiers in Veterinary Science* **6**. Available at <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2019.00498/full>
- Pilla R, Suchodolski JS. 2021. The Gut Microbiome of Dogs and Cats, and the Influence of Diet. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* **51**:605-621. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195561621000127>

- Pinna C, Biagi G. 2016. The Utilisation of Prebiotics and Synbiotics in Dogs. *Italian Journal of Animal Science* 13. Available at <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.4081/ijas.2014.3107>
- Probst A, Kneissl S. 2001. COMPUTED TOMOGRAPHIC ANATOMY OF THE CANINE PANCREAS. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 42:226-230. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1740-8261.2001.tb00929.x>
- Rankovic A, Adolphe JL, Verbrugghe A. 2019. Role of carbohydrates in the health of dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 255:546-554. Available at <https://avmajournals.avma.org/view/journals/javma/255/5/javma.255.5.546.xml>
- Reece WO. 2011. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Grada, Praha.
- Ritchie LE, Steiner Jörg M, Suchodolski JS. 2008. Assessment of microbial diversity along the feline intestinal tract using 16S rRNA gene analysis. *FEMS Microbiology Ecology* 66:590-598. Available at <https://academic.oup.com/femsec/article-lookup/doi/10.1111/j.1574-6941.2008.00609.x>
- Rizzatti G, Lopetuso LR, Gibiino G, Binda C, Gasbarrini A. 2017. Proteobacteria: A Common Factor in Human Diseases. *BioMed Research International* 2017:1-7. Available at <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2017/9351507/>
- Roberts LJ, Oba PM, Swanson KS. 2023. Apparent total tract macronutrient digestibility of mildly cooked human-grade vegan dog foods and their effects on the blood metabolites and fecal characteristics, microbiota, and metabolites of adult dogs. *Journal of Animal Science* 101. Available at <https://academic.oup.com/jas/article/doi/10.1093/jas/skad093/7086640>
- Rochlitz I. 2007. *The Welfare Of Cats*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Romsos DR, Palmer HJ, Muiruri KL, Bennink MR. 1981. Influence of a Low Carbohydrate Diet on Performance of Pregnant and Lactating Dogs. *The Journal of Nutrition* 111:678-689. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022316623238006>
- Sandri M, Dal Monego S, Conte G, Sgorlon S, Stefanon B. 2016. Raw meat based diet influences faecal microbiome and end products of fermentation in healthy dogs. *BMC Veterinary Research* 13. Available at <http://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-017-0981-z>
- Sandri M, Sgorlon S, Scarsella E, Stefanon B. 2020. Effect of different starch sources in a raw meat-based diet on fecal microbiome in dogs housed in a shelter. *Animal Nutrition* 6:353-361. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405654520300366>
- Satyaraj E, Reynolds A, Engler R, Labuda J, Sun P. 2021. Supplementation of Diets With Spirulina Influences Immune and Gut Function in Dogs. *Frontiers in Nutrition* 8. Available at <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2021.667072/full>

- Savolainen P. 2007. Domestication of dogs. 21-37 in *The behavioural biology of dogs*. CABI, UK. Available at <http://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/9781845931872.0021>
- Scarsella E, Sandri M, Monego SD, Licastro D, Stefanon B. 2020. Blood Microbiome: A New Marker of Gut Microbial Population in Dogs? *Veterinary Sciences* 7. Available at <https://www.mdpi.com/2306-7381/7/4/198>
- Shora HA. 2020. Effects of Quadruple Therapy: Zinc, Quercetin, Bromelain and Vitamin C on the Clinical Outcomes of Patients Infected with COVID-19. *Research International Journal of Endocrinology and Diabetes* 02:018-021. Available at <https://msdpublications.com/uploads/article/RIJED-01-1005.pdf>
- Schmidt M, Unterer S, Suchodolski JS, Honneffer JB, Guard BC, Lidbury JA, Steiner JM, Fritz J, Kölle P, Loor JJ. 2018. The fecal microbiome and metabolome differs between dogs fed Bones and Raw Food (BARF) diets and dogs fed commercial diets. *PLOS ONE* 13. Available at <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0201279>
- Schmidt M, Unterer S, Suchodolski JS, Honneffer JB, Guard BC, Lidbury JA, Steiner JM, Fritz J, Kölle P, Loor JJ. 2018. The fecal microbiome and metabolome differs between dogs fed Bones and Raw Food (BARF) diets and dogs fed commercial diets. *PLOS ONE* 13. Available at <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0201279>
- Schrezenmeir J, de Vrese M. 2001. Probiotics, prebiotics, and synbiotics—approaching a definition. *The American Journal of Clinical Nutrition* 73:361s-364s. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002916523064985>
- Schwarz T, Saunders J. 2011. *Veterinary Computed Tomography*. Wiley.
- Simpson KW, Batt RM, Jones D, Morton DB. 1990. Effects of exocrine pancreatic insufficiency and replacement therapy on the bacterial flora of the duodenum in dogs. *American Journal of Veterinary Research* 51:203-206. Available at <https://avmajournals.avma.org/view/journals/ajvr/51/2/ajvr.1990.51.02.203.xml>
- Sloth C. 1992. Practical management of obesity in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice* 33:178-182. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1748-5827.1992.tb01111.x>
- Stavrou G. 2016. Gut microbiome, surgical complications and probiotics. *Annals of Gastroenterology* DOI: 10.20524/aog.2016.0086. Available at <http://www.annalsgastro.gr/files/journals/1/earlyview/2016/ev-09-2016-10-AG2722-0086.pdf>
- Suau A, Bonnet R, Sutren M, Godon J-J, Gibson GR, Collins MD, Doré J. 1999. Direct Analysis of Genes Encoding 16S rRNA from Complex Communities Reveals Many Novel Molecular Species within the Human Gut. *Applied and Environmental Microbiology* 65:4799-4807. Available at <https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.65.11.4799-4807.1999>

- Suchodolski JS, Camacho J, Steiner Jörg M. 2008. Analysis of bacterial diversity in the canine duodenum, jejunum, ileum, and colon by comparative 16S rRNA gene analysis. *FEMS Microbiology Ecology* **66**:567-578. Available at <https://academic.oup.com/femsec/article-lookup/doi/10.1111/j.1574-6941.2008.00521.x>
- Suchodolski JS, Dowd SE, Wilke V, Steiner JM, Jergens AE, Hoshino Y. 2012. 16S rRNA Gene Pyrosequencing Reveals Bacterial Dysbiosis in the Duodenum of Dogs with Idiopathic Inflammatory Bowel Disease. *PLoS ONE* **7**. Available at <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0039333>
- Suchodolski JS, Dowd SE, Wilke V, Steiner JM, Jergens AE, Hoshino Y. 2012. 16S rRNA Gene Pyrosequencing Reveals Bacterial Dysbiosis in the Duodenum of Dogs with Idiopathic Inflammatory Bowel Disease. *PLoS ONE* **7**. Available at <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0039333>
- Suchodolski JS, Ruaux CG, Steiner JM, Fetz K, Williams DA. 2004. Application of Molecular Fingerprinting for Qualitative Assessment of Small-Intestinal Bacterial Diversity in Dogs. *Journal of Clinical Microbiology* **42**:4702-4708. Available at <https://journals.asm.org/doi/10.1128/JCM.42.10.4702-4708.2004>
- Suchodolski JS, Ruaux CG, Steiner JM, Fetz K, Williams DA. 2005. Assessment of the qualitative variation in bacterial microflora among compartments of the intestinal tract of dogs by use of a molecular fingerprinting technique. *American Journal of Veterinary Research* **66**:1556-1562. Available at <https://avmajournals.avma.org/view/journals/ajvr/66/9/ajvr.2005.66.1556.xml>
- Suchodolski JS. 2011. Intestinal Microbiota of Dogs and Cats: a Bigger World than We Thought. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* **41**:261-272. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195561610001713>
- Sun Y, Zhang S, Nie Q, He H, Tan H, Geng F, Ji H, Hu J, Nie S. 2023. Gut firmicutes: Relationship with dietary fiber and role in host homeostasis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **63**:12073-12088. Available at <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2022.2098249>
- Swanson KS, Fahey GC. 2006. Prebiotic Impacts on Companion Animals. 213-236 in *Prebiotics: Development & Application*. John Wiley & Sons, Chichester, UK. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470023150.ch10>
- Thomson P, Santibáñez R, Rodríguez-Salas C, Flores-Yañez C, Garrido D. 2022. Differences in the composition and predicted functions of the intestinal microbiome of obese and normal weight adult dogs. *PeerJ* **10**. Available at <https://peerj.com/articles/12695>
- Tran QD, Hendriks WH, van der Poel AFB. 2008. Effects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **88**:1487-1493. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.3247>

- Vonholdt BM, Driscoll CA. 2016. Origins of the dog: Genetic insights into dog domestication. 22-41 in *The Domestic Dog*. Cambridge University Press. Available at https://www.cambridge.org/core/product/identifier/CBO9781139161800A042/type/book_part
- Wang H, Li Z, Li C, Ma Y, Sun Q, Zhang H, Niu G, Wei J, Yao H, Ma Z. 2023. Viral Metagenomic Analysis of the Fecal Samples in Domestic Dogs (*Canis lupus familiaris*). *Viruses* 15. Available at <https://www.mdpi.com/1999-4915/15/3/685>
- Wang RF, Cao WW, Cerniglia CE. 1996. PCR detection and quantitation of predominant anaerobic bacteria in human and animal fecal samples. *Applied and Environmental Microbiology* 62:1242-1247. Available at <https://journals.asm.org/doi/10.1128/aem.62.4.1242-1247.1996>
- Washabau RJ. 2013. Large Intestine 729-777 in *Canine and Feline Gastroenterology*. Elsevier. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781416036616000584>
- Werner M, Suchodolski JS, Straubinger RK, Wolf G, Steiner JM, Lidbury JA, Neurerer F, Hartmann K, Unterer S. 2020. Effect of amoxicillin-clavulanic acid on clinical scores, intestinal microbiome, and amoxicillin-resistant *Escherichia coli* in dogs with uncomplicated acute diarrhea. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 34:1166-1176. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jvim.15775>
- Xenoulis PG, Steiner JM. 2010. Lipid metabolism and hyperlipidemia in dogs. *The Veterinary Journal* 183:12-21. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S109002330800364X>
- Xu H, Zhao F, Hou Q, Huang W, Liu Y, Zhang H, Sun Z. 2019. Metagenomic analysis revealed beneficial effects of probiotics in improving the composition and function of the gut microbiota in dogs with diarrhoea. *Food & Function* 10:2618-2629. Available at <https://xlink.rsc.org/?DOI=C9FO00087A>
- Xu J, Verbrugghe A, Lourenço M, Cools A, Liu DJX, de Wiele T, Marzorati M, Eeckhaut V, Immerseel F, Vanhaecke L, Campos M, Hesta M. 2017. The response of canine faecal microbiota to increased dietary protein is influenced by body condition. *BMC Veterinary Research* 13. Available at <https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-017-1276-0>
- Yoo J, Kim S. 2016. Probiotics and Prebiotics: Present Status and Future Perspectives on Metabolic Disorders. *Nutrients* 8. Available at <http://www.mdpi.com/2072-6643/8/3/173>
- Zahariev P, Sapundzhiev E, Pupaki D, Rashev P, Palov A, Todorov T. 2010. Morphological Characteristics of the Canine and Feline Stomach Mucosa. *Anatomia, Histologia, Embryologia* 39:563-568. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0264.2010.01029.x>

Zeng MY, Inohara N, Nuñez G. 2017. Mechanisms of inflammation-driven bacterial dysbiosis in the gut. *Mucosal Immunology* **10**:18-26. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1933021922006183>

Zhang L, Zhan H, Xu W, Yan S, Ng SC. 2021. The role of gut mycobiome in health and diseases. *Therapeutic Advances in Gastroenterology* **14**. Available at <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/17562848211047130>