

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Srovnání kvality proteinu psích granulí na základě in vitro
stravitelnosti proteinu**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Adéla Kůrková

Obor studia: Zájmové chovy zvířat (PETIM)

Vedoucí práce: Ing. Vladimír Plachý, Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Srovnání kvality proteinu psích granulí na základě in vitro stravitelnosti proteinu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.4. 2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Vladimírovi Plachému, Ph.D. za čas, trpělivost a cenné rady, které mi věnoval v průběhu zpracování této práce. Současně svojí rodině za podporu a porozumění při mém studiu.

Srovnání kvality proteinu psích granulí na základě in vitro stravitelnosti proteinu

Souhrn

Cílem diplomové práce bylo provedení analýzy stravitelnosti proteinu in vitro metodou. Vyhodnocení bylo provedeno u 30 vzorků běžně dostupných suchých komerčních krmiv. Obsah základních živin v jednotlivých vzorcích byl stanoven pomocí Weendenské analýzy. Na základě zjištěných výsledků bylo možné dopočítat hodnoty bezdusíkatých látek výtažkových a množství metabolizovatelné energie pro jednotlivé vzorky. Následovalo stanovení obsahu jednotlivých aminokyselin kyselou a oxidativní hydrolýzou. Dále byla provedena in vitro metoda, na základě jejichž výsledků byla vyhodnocena stravitelnost hrubého proteinu a jednotlivých aminokyselin.

In vitro metoda měla za cíl simulovat trávení v žaludku pomocí hydrolýzy pepsinem a tenkém střevě prostřednictvím pankreatinu. Po inkubaci při 39 °C po dobu 4 hodin byly vzorky centrifugovány, čímž došlo k oddělení supernatantu a peletu. Supernatant by v danou chvíli měl obsahovat strávený protein, kdežto pelet naopak protein nestrávený. Supernatant byl následně využit pro stanovení stráveného hrubého proteinu pomocí metody dle Kjeldahla. Pelet byl poté hydrolyzován kyselou a oxidativní hydrolýzou pro stanovení obsahu aminokyselin. Výsledky in vitro metody stravitelnosti posloužily k zhodnocení využitelnosti dané metody v praxi.

Vyzkoušení nové in vitro metody stravitelnosti by mělo přispět k rozvoji možnosti analýz pro relativně rychlou a jednoduchou predikci stravitelnosti komerční stravy pro psy. Využití takovéto metody by do budoucna mohlo výrazně snížit potřebu in vivo pokusů s trávením u psů. Průmysl zabývající se výrobou krmiv často využívá širokou škálu zdrojů bílkovin, od bílkovin živočišného i rostlinného původu, přes bílkoviny z masových, kostních a sójových mouček. Dostupnost jednotlivých živin je tak ovlivněna jak kvalitou vstupních surovin, tak také metodou jejich zpracování. Dopad na stravitelnost samotnou má tedy nejen kvalita využitých zdrojů bílkovin, ale zejména nadměrná teplota používaná v rámci procesu výroby.

Z výsledků lze vyvodit, že i přes rozdílné hladiny proteinů mezi jednotlivými vzorky, je úroveň stravitelnosti stejná. Stravitelnost tak není nijak limitována rozdílným obsahem tuku, vlákniny a ani hrubého proteinu. Významné statistické rozdíly je tak možné pozorovat pouze mezi celkovým obsahem hrubého proteinu v rámci jednotlivými krmivy na základě obchodního označení vzorků. Zároveň u některých aminokyselin byla určena vysoká závislost stravitelnosti mezi konkrétními dvěma aminokyselinami. Lze tedy usoudit, že suchá komerční krmiva i přes extruzi probíhající při vysokých teplotách, jsou z pohledu bílkovin a jednotlivých aminokyselin snadno stravitelná. Rozdíl však může hrát jejich využitelnost v rámci organismu konkrétního jedince.

Klíčová slova: krmivo, pes, granule, in vitro, hrubý protein, stravitelnost

Comparison of protein quality of canine granules based on in vitro protein digestibility

Summary

The aim of the diploma thesis was to perform the analysis of protein digestibility by the in vitro method. The evaluation was performed on 30 samples of commonly available dry commercial feeds. The content of basic nutrients in individual samples was determined using Weenden's analysis. Based on the results, it was possible to calculate the values of nitrogen-free extractives and the amount of metabolizable energy for individual samples. This was followed by determination of the content of individual amino acids by acidic and oxidative hydrolysis. In addition, an in vitro method was performed, on the basis of which the digestibility of crude protein and individual amino acids were evaluated.

The in vitro method aimed to simulate digestion in the stomach using hydrolysis by pepsin and the small intestine by pancreatin. After incubation at 39 ° C for 4 hours, the samples were centrifuged to separate the supernatant and pellet. The supernatant should contain digested protein at the moment, while the pellet should contain undigested protein. The supernatant was then used to determine the digested crude protein using the Kjeldahl method. The pellet was then hydrolyzed by acidic and oxidative hydrolysis for the determined amino acid content. The results of the in vitro digestibility method were used to evaluate the applicability of the method in practice.

The testing of a new in vitro digestibility method should contribute to the development of analytical options for relatively fast and simple prediction of the digestibility of commercial dog food. The use of such a method could significantly reduce the need for in vivo digestive experiments of dogs in the future. The feed industry often uses a wide range of protein sources, from animal and vegetable proteins from meat, bone and soy meal proteins. The availability of individual nutrients is thus affected both by the quality of the input raw materials and by the method of their processing. The digestibility itself is therefore affected not only by the quality of the protein resources used, but especially the excessive temperature used in the production process.

From the results it can be concluded that despite the different protein levels between the individual samples, the level of digestibility is the same. Digestibility is not limited by the different content of fat, fiber or crude protein. Significant statistical differences can thus only be observed between the total crude protein content within each feed based on the trade name of the samples. At the same time, for some amino acids, a high dependence of digestibility between specific two amino acids was determined. It can therefore be concluded that dry commercial feeds, despite extrusion at high temperatures, are easily digestible from the point of view of proteins and individual amino acids. However, the difference can be played by their usability within the organism of a particular individual.

Keywords: feed, dog, granules, in vitro, crude protein, digestibility

Obsah

1	Úvod	9
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	10
3	Úvod do výživy psa	11
3.1	Původ a domestikace psa	11
3.2	Trávicí soustava psa	12
3.2.1	Trávení bílkovin	13
3.3	Základní živiny a jejich potřeba pro psa	14
3.3.1	Hrubý protein a bílkoviny	15
3.3.1.1	Metody pro stanovení hrubého proteinu	16
3.3.1.2	Aminokyseliny a jejich funkce	17
3.3.2	Tuky	21
3.3.3	Cukry	22
3.3.4	Minerální látky a stopové prvky	23
3.3.5	Vitamíny	24
3.3.6	Voda	28
3.3.7	Energie a její potřeba pro psy	29
3.4	Způsoby krmení psa	30
3.4.1	Průmyslová krmiva	31
3.4.2	Doma připravovaná krmiva	31
3.5	Požadavky na krmiva	32
3.5.1	Legislativní nároky na krmiva v České republice	32
3.5.2	Biologické nároky na krmiva	33
3.5.2.1	Stravitelnost	33
3.5.2.2	Vyváženost krmné dávky	35
3.5.2.3	Zdravotní nezávadnost	36
3.5.2.4	Chuťové a vizuální aspekty krmiva	36
3.5.2.5	Plnivost	37
3.6	Základní způsoby výroby suchých krmiv	37
3.6.1	Extruze	37
3.6.2	Pečené krmivo pro psy	38
3.6.3	Lisování za studena (peletování)	39
3.7	Další možnosti dělení krmiv	39
3.7.1	Dělení krmiv dle kvality	39
3.7.1.1	Jednotlivé složky krmiv	40
3.7.2	Dělení krmiv dle kategorie psů	41
3.7.2.1	Břeží a kojící feny	41

3.7.2.2	Štěňata a mladí psi	42
3.7.2.3	Stárnoucí psi.....	42
3.7.2.4	Aktivní psi.....	43
3.7.2.5	Plemena a velikost.....	43
3.7.2.6	Psi s nadváhou.....	43
3.8	Nežádoucí reakce na krmivo	44
3.8.1	Alergická reakce a potravní intolerance	44
3.8.2	Potravinová toxicita	45
3.8.3	Trávicí potíže	46
4	Metodika.....	47
4.1	Laboratorní analýzy.....	47
4.1.1	Stanovení vlhkosti a sušiny.....	47
4.1.2	Stanovení popela.....	48
4.1.3	Stanovení hrubého proteinu	48
4.1.4	Stanovení hrubého tuku	49
4.1.5	Stanovené hrubé vlákniny.....	49
4.1.6	Výpočet organické hmoty, BNLV a ME	50
4.1.7	Stanovení aminokyselin.....	51
4.1.8	Stanovení stravitelnosti aminokyselin a hrubého proteinu <i>in vitro</i>	52
5	Výsledky.....	53
5.1	Vyhodnocení Weendenské analýzy testovaných krmiv	54
5.2	Výsledky <i>in vitro</i> stravitelnosti.....	59
5.2.1	In vitro stravitelnost hrubého proteinu.....	59
5.2.2	In vitro stravitelnost aminokyselin	60
5.3	Statistické vyhodnocení stravitelnosti	62
6	Diskuze.....	66
7	Závěr	68
8	Literatura.....	69
9	Seznam použitých zkratk a symbolů	74

1 Úvod

Již řecký lékař Hippokrates tvrdil: „Necht' strava je tvůj lék.“ Toto tvrzení však neplatí jen pro nás lidi, ale taktéž pro naše domácí mazlíčky. Měli bychom tedy dbát nejen na to, co dáváme na vlastní talíř, ale taktéž na to, co servírujeme našim mazlíčkům. Psi se v průběhu let stali zcela závislými na člověku. Pro člověka to znamená nutnost převzetí velké odpovědnosti za svého psa, především v oblasti výživy. Dnes již víme, že velké množství nejruznějších onemocnění má přímý i nepřímý vztah s nedostatečnou či chybnou výživou. Následky „nevhodného“ stravování se však často objevují až po určité době. Proto není vždy úplně lehké stanovení souvislosti mezi výživou a aktuálním zdravotním stavem zvířete.

Je nutné brát v potaz, že doba strávená po boku lidí měla u psů dopad na určitou změnu a přizpůsobení se stravovacím návykům člověka. Minuly však již doby, kdy psi byli krmeni pouze zbytky od stolu. S novými poznatky z oblasti výživy a rozvojem nových technologií vzešla i snaha o nalezení toho nejvhodnějšího krmiva pro naše čtyřnohé parťáky. Jaká je ale nejvhodnější, nejzdravější nebo „nejpřirozenější“ metoda krmení? Jak se zorientovat v nespočetném množství průmyslových krmiv, které nabízí náš trh? Jsou všechny údaje uvedené na obalech krmiv pravdivé? To a spousta dalších otázek trápí nejednoho majitele psa. Nejdůležitější, co by měl mít na paměti každý, kdo chce psovi nabídnout to nejlepší, je však fakt, že každý pes je zcela individuální jedinec. Co to pro nás znamená? Krmivo, které zcela splňuje výživové požadavky jednoho psa, může být pro psa druhého zcela nedostačující. Plemeno, věk, velikost, březost u fen, kojící feny, gaučový povaleč, pracovní pse či vrcholový sportovec? To vše je potřeba brát v potaz při výběru vhodného krmiva.

Největší oblibě se těší průmyslově vyráběná kompletní krmiva. Jednoduchý způsob krmení, snadné skladování a kompletní pokrytí živinových potřeb psa. To vše často majitele psů vede k výběru tohoto typu krmiva. Spousta chovatelů si však neuvědomuje fakt, že zakoupení drahého a na první pohled skvěle se tvářícího krmiva, nemusí být vždy ta nejlepší volba. Lákavá reklamní nabídka či spot v televizi nám nezaručí kvalitní vstupní suroviny, vhodný způsob jejich zpracování ani nutriční vyváženost krmiva. Chceme-li vybrat to nejvhodnější krmivo přímo pro daného psa, je potřeba mít určité znalosti a dbát zvýšené pozornosti při výběru. Nevíme-li si rady či potřebujeme-li speciální dietu pro našeho mazlíčka, není od věci poradit se s veterinárním lékařem.

Počty u nás chovaných psů stále rostou a spolu s tím roste i poptávka po krmivech. To vede k rozvoji průmyslu a trhu specializujícího se na výrobu a distribuci krmiv. Výběr je proto stále větší a počty zoufalých majitelů, kteří touží nalézt to ideální krmivo, neubývají. Je potřeba si však uvědomit, že není možné nalézt krmivo, které by zcela splňovalo požadavky konkrétního jedince. Stejně tak ani není možné přesně stanovit hodnoty pro jednotlivé živiny, které daný jedinec potřebuje. Nejlepším ukazatelem nám proto zůstává zdraví, kondice a životní pohoda našich psů.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem diplomové práce je provedení analýzy stravitelnosti in vitro metodou u komerčně dostupných vzorků psích krmiv.

Hypotéza: Na základě in vitro stravitelnosti proteinu je možné kvalitativně vyhodnotit psí granule.

3 Úvod do výživy psa

Jednou z hlavních motivací pro majitele psa je udržet dobrou kondici a zdraví u svého svěřence. Tomu však předchází výběr vhodného krmiva, které bude tyto předpoklady splňovat. Stojíme-li před rozhodnutím, co představuje onu vhodnou výživu pro určité zvíře, je potřeba zohlednit některé významné faktory, jako například způsob života nebo věk psa. Odlišné způsoby života vyžadují rozdílné typy výživy, kdy se budou lišit podíly jednotlivých složek, ze kterých jsou krmiva sestavována. Taktéž každá životní etapa psa je spojena se specifickými požadavky na výživu. Například štěně má jiné nároky na výživu oproti dospělému jedinci nebo březí fena oproti feně, která kojí. V dané chvíli je potřeba výběru vyvážené výživy, která bude pro daného jedince co nejvíce vhodná a dostačující (Edney 1991).

3.1 Původ a domestikace psa

Podle stáří různých nálezů koster se předpokládá, že přetváření psovitých šelem na domácí rasy psů se mohlo uskutečnit před 60 tisíci lety současně na různých místech zeměkoule (Hartl & Petráček 1986). Za prapředka psovitých šelem (psů, šakalů, vlků a lišek) se považuje malý savec, podobný spíše lasičce či tchořovi – *Miacis*. *Miacis* byl ploskochodec s chrupem masožravce a malým mozkem. Zhruba před 35 milióny lety se z rodu *Miacis* vyvinuly různé pratytypy šelem, které jsou příbuzné pozdějším psovitým šelmám. Z těch se později vzešli předkové dnešních psů. Díky inteligenci, všestranné přizpůsobivosti a schopnosti sociální spolupráce v rámci smečky se divocí psi rychle rozšířili po celém světě (Taylor 1991).

Pes domácí (*Canis familiaris*) je potomkem prvního lidmi domestikovaného druhu – vlka (*Canis lupus*). Blízká příbuznost mezi vlkem a psem byla prokázána na základě analýzy mitochondriální DNA (mtDNA). Předpokládá se, že pes byl domestikován před více než 14 tisíci lety, tedy dříve, než proběhla domestikace jakéhokoliv jiného rostlinného či živočišného druhu (Vilà et al. 1997). Wayneova laboratoř provedla menší studii nukleární DNA vlka a psa, která ukázala, že obě zvířata se liší pouze o 1-2 % jejich genových sekvencí. Na rozdíl například od vlka a kojota, kteří se geneticky liší o 7,5 % (Cohn 1997). Divocí psi byli s největší pravděpodobností domestikováni v různých částech světa různým způsobem, jako například přibližování se k lidským obydlím a živení se odpadky nebo také lovem dospělých jedinců jakožto zdroje potravy za současného odebrání štěňat. Od těch dob se vyvinulo tisíce plemen, ať už umělým nebo přírodním výběrem (Taylor 1991). Jedna z hypotéz zabývající se domestikací psů poukazuje na specifické rysy, které měli psi, kteří podléhali lidskému výběru. Mezi dané rysy patří zvýšená pozornost k lidem, přijímání lidí jako sociálních partnerů, snížený strach a agresivita k člověku, ovlivnitelný temperament a ochota spolupracovat (Marshall-Pescini et al. 2017).

Vlivem domestikace se mezi psy a vlky utvořily jisté morfologické odlišnosti. Nejpozoruhodnější je, že lebky, zuby a mozky psů jsou menší, než je tomu u vlků. Dospělý pes se stejnou velikostí hlavy jako dospělý vlk má o 20 % menší mozek. A dospělý pes stejné váhy jako dospělý vlk má o 20 % menší hlavu (Cohn 1997). Ve srovnání s vlkem má pes slabší čelisti, méně objemný žaludek a delší střevo (Šterc & Štercová 2014a). U psů se také objevují některé fyzické rysy, které se u vlků nevyskytují jako například postavení ocasu, uší či odlišná struktura a délka srsti. Vlci se páří pouze jednou do roka, zatímco většina psů dvakrát (Cohn

1997). Další rozdíl se týká rostra, které je u psů obecně kratší a širší, než u vlků (Germonpré et al. 2012). Mezi další zásadní rozdíly patří změny v rámci trávicí soustavy, kdy psi jsou schopni prospívat na stravě bohaté na škrob (zásobní polysacharid rostlin), ve srovnání s vlčí stravou, která je postavena na bázi bílkovin. Hlavní roli zde hraje pankreatický enzym alfa-amyláza, která je kódována genem AMY2B. Tento gen má vliv na štěpení škrobu na maltózu v tenkém střevě. Bylo zjištěno, že psi mají vyšší počet kopií tohoto genu než vlci. Není však zcela jasné, zda tato změna souvisí s počátkem domestikace, nebo představuje sekundární posun související s rozvojem zemědělství (Arendt et al. 2016). Dnes se tedy vlci považují za skutečné masožravce, kteří konzumují pouze zanedbatelné množství rostlinné hmoty. Na rozdíl od psů, kteří se díky svým zažívacím a metabolickým vlastnostem zdají být více spojeni s všežravci (Bosch et al. 2014). Z hlediska zoologického zařazení i z hlediska stavby trávicího traktu je pes stále masožravec. Z hlediska výživy se dá považovat za všežravce, i když jeho schopnost zpracovávat rostlinné složky potravy je pořád menší než u pravých všežravců. Má vyšší nároky na zastoupení živočišných bílkovin v krmivu, proto je vhodnější ho označovat za fakultativního nebo mezokarnivorního masožravce (Šterc & Štercová 2014a).

Většina vlků se živí zejména skupinovým lovem kopytníků. Zde hraje významnou roli hojnost kořisti dle sezóny, ale také vytrvalost a úspěšnost lovců. Míra úspěšnosti se pohybuje pouze mezi 10-49 %. Volně se pohybující psi obvykle žijí v blízkosti lidských sídel a jejich strava se skládá převážně z lidského odpadu (50-88 %) a obilovin. Z toho také vyplývá adaptace pro trávení škrobu, která u vlků chybí (Marshall-Pescini et al. 2017).

Vlčí smečka se skládá z páru (který vytváří dlouhodobé pouto), jejich dospělých a subdospělých potomků a štěnat z posledního vrhu. Mohou se připojit i nepříbuzní jedinci. Všichni členové se podílejí na chovu mláďat (regurgitace potravy a obrana před predátory). Štěňata se začínají aktivně účastnit lovu až ve věku 7-8 měsíců, do té doby jsou závislí na ostatních členech smečky. Na rozdíl od vlků volně žijící psi často tvoří skupiny po 2-8 jedincích. Byly však hlášeny i stabilní smečky až po 27 jedincích. U samic se nejčastěji vyskytuje promiskuita a štěňata většinou vychovává jejich matka do věku 10-11 týdnů. Poté jedinci buďto zůstávají ve své rodné smečce, anebo od smečky odcházejí (Marshall-Pescini et al. 2017).

3.2 Trávicí soustava psa

Hlavní úlohou trávicího systému je degradace velkých komplexních složek v potravě na jednoduchou formu, která může být absorbována z trávicího traktu, cirkulovaná do tkání a poté využita pro záchovu, obnovu, růst nebo jako zásoba energie. Významnou roli zde hrají trávicí enzymy, které slouží jako organické katalyzátory produkované v těle, které regulují biochemické reakce v těle. Trávicí trakt psa může být popisován jako jednoduchá dutá trubice, která se skládá z jednotlivých částí, které jsou specifické svojí strukturou a funkcí (Edney 1991). Rozeznáváme tyto části trávicího ústrojí: ústní dutina, hltan, jícen, žaludek a střevo. Prací všech těchto částí je krmivo přeměňováno nejprve mechanicky a pak chemicky, a to do takové míry, že takto získané živiny mohou vstoupit do krve, která je poté rozvádí po celém těle (Bogdašev et al. 1952). K pohybu potravy v rámci střev napomáhají svalové kontrakce střevní stěny, takzvaná střevní peristaltika (Edney 1991).

Začátek trávicí trubice tvoří dutina ústní. Ta je ohraničená vpředu zuby a po stranách tvářemi. Dále se zde nachází tvrdé patro, které přechází v patro měkké čili příklopku, která dělí

ústní dutinu od hltanu. Na dně úst je jazyk (Bogdašev et al. 1952). Vzhled potravy, pach i chuť přispívají k produkci slin slinnými žlázami. Sliny jsou nepatrně kyselý sekret, jehož hlavní funkcí je zejména usnadnění polykání. Polykání je složitý akt reflektorického rázu (Edney 1991). Ve slinách psů se na rozdíl od všežravců nenachází enzym amyláza, která napomáhá při štěpení rostlinného škrobu (Šterc & Štercová 2014a). Chrup psů je uzpůsobený na trhání a hryzáni. Většina psů přijímá potravu bez žvýkání (Edney 1991). Psi mají úplný sekodontní chrup s velkými špičáky, které slouží k zabíjení kořisti, nápadně zvětšené trháky, mohutně vyvinuté žvýkací svaly, válcovitý kloub připojující dolní čelist k lebce, který umožňuje pohyb pouze nahoru a dolů, což napomáhá k vyvinutí velkého tlaku v čelistích a specializovaný trhákový komplex (čtvrté horní premoláry a první spodní stoličky), které plní funkci krájecí čepele při dělení kořisti (Berkovitz & Shellis 2018; Šterc & Štercová 2014a).

Z úst se potrava posouvá přes hltan do jícnu, relativně krátké trubice, která vede do žaludku. V jícnu nedochází k sekreci žádných enzymů, pouze hlenu, který slouží k lehčímu pohybu potravy (Edney 1991). Jeho stěna se skládá ze sliznice, tvořené mnohovrstevným plochým epitelem, dále z vrstvy svalové a pojivové (Bogdašev et al. 1952).

Následuje žaludek, který slouží jako rezervoár potravy, začíná zde trávení proteinů a dochází zde k regulaci tráveniny do tenkého střeva. Žaludek můžeme rozdělit do dvou částí. Tělo s velmi elastickými stěnami, kde dochází k sekreci hlenu, HCl, proteázy a hlavního enzymu – pepsinogenu, který je aktivován pomocí HCl na pepsin. Sekrece kyseliny, hlenu a enzymů závisí na množství a složení potravy v žaludku. Předsíň produkuje mukózu, dochází zde k promíchání potravy a tvoří se takzvaný chymus neboli trávenina (Edney 1991).

V tenkém střevě se do chymu dodává mnoho trávicích enzymů. Významnou roli zde hraje pankreas, a to jak v podobě exokrinní (trávicí enzymy), tak i endokrinní (hormony glukagon, inzulin atd.) žlázy (Edney 1991; Bogdašev et al. 1952). Povrch tenkého střeva je nerovný, sliznice tvoří nevelké výrůstky – klky. Uvnitř klku se rozvětňuje velký počet krevních cév, což tvoří z klků hlavní ústrojí vstřebávání. Další významnou žlázou ležící vně trávicího ústrojí jsou játra. Hlavní úkol jater, jakožto největší žlázy těla je tvorba žluče a některých hormonů (Bogdašev et al. 1952).

Na tenké střevo navazuje střevo tlusté. Většina obsahu přicházejícího do tlustého střeva je určena pro vyloučení v podobě výkalů. Tlusté střevo nemá klky, a proto je schopno vychytávat jen vodu a některé elektrolyty, nikoliv organické živiny. Bakterie sídlící v tlustém střevě jsou schopné částečně trávit některé zbytky proteinů a vlákniny. Produkty tohoto trávení dávají výkalům jejich charakteristický pach a barvu (Edney 1991). Nevstřebané části potravy se hromadí v konečníku, kde se tvoří výkaly. Vyloučení výkalů je proces reflexivní (Bogdašev et al. 1952). Slepé střevo je zakrnělé nebo úplně chybí (Šterc & Štercová 2014a).

3.2.1 Trávení bílkovin

Trávení bílkovin začíná až v žaludku pomocí pepsinu (organická sloučenina) produkovaného žaludeční sliznicí. Pepsin je spolu s dalšími trávicími enzymy součástí tzv. žaludeční šťávy. Další významnou anorganickou sloučeninou, která je součástí žaludeční šťávy a podílí se na trávení bílkovin, je kyselina chlorovodíková. Na tvorbě žaludeční šťávy mají podíl sekreční buňky žláz žaludeční sliznice. Sekreční buňky rozeznáváme trojího typu: krycí (parietální) buňky, které produkují HCl, hlavní (adenomorfní) buňky, které produkují proenzym

pepsinogen a mucinózní buňky produkující mucin. Kyselina chlorovodíková má v žaludku hned několik funkcí. Základní význam tkví v aktivaci proenzymu pepsinogenu na proteolytický enzym pepsin a zajišťování vhodného pH pro jeho činnost. Dále má bakteriocidní význam, redukuje vápník a železo, umožňuje resorpci některých vitamínů (B_1 , B_2 , C) a koaguluje bílkoviny (Kočárek 2005).

Proteolytický enzym pepsin je vylučován do žaludku v neaktivní formě – pepsinogenu. Aktivní forma vzniká odštěpením části polypeptidu pepsinogenové molekuly, k čemuž je zapotřebí HCl. Tvorba aktivního pepsinu probíhá přímo v dutině žaludku. Pepsin má proteolytický účinek, což spočívá ve schopnosti štěpení peptidických vazeb mezi určitými typy aminokyselin. Makromolekuly bílkovin se tak mění na menší molekuly – peptidy. Proti natrávení vlastní žaludeční sliznice a proti působení HCl je sliznice žaludku chráněna vrstvou mucinozního hlenu, která je neustále obnovována (Kočárek 2005). Doba trávení v žaludku se pohybuje v rozmezí dvou až osmi hodin v závislosti na druhu potravy (Bucksch 2018).

Na trávení bílkovin se podílejí také enzymy, které jsou obsaženy v pankreatické šťávě, která se vytváří ve slinivce břišní (pankreas). Z enzymů štěpících bílkoviny (proteolytických enzymů) jsou v pankreatické šťávě zastoupeny trypsin, chymotrypsin, karboxypeptidáza a elastáza. Trypsin a chymotrypsin slouží ke štěpení polypeptidů až na jednotlivé aminokyseliny. Karboxypeptidáza odštěpuje z peptidového řetězce jednu aminokyselinu za druhou. Elastáza štěpí polypeptidy elastických vláken, která odolávají působení trypsinu a chymotrypsinu (Kočárek 2005).

Ke konečnému trávení potravy dochází v tenkém střevě. Bílkoviny přichází do tenkého střeva natrávené žaludečním pepsinem a jsou dále tráveny pankreatickými proteolytickými enzymy na peptidy. Dochází zde k přeměně neaktivních forem některých enzymů na formy aktivní (např. trypsinogen na trypsin, chymotrypsinogen na chymotrypsin a proelastáza na elastázu). Jejich působením vznikají tri- a dipeptidy, které jsou dále tráveny peptidázami epitelu tenkého střeva až na aminokyseliny. Ty jsou pak následně aktivně nebo pasivně transportovány do krve (Kočárek 2005). Potrava v tenkém střevě zůstává po dobu maximálně dvou hodin. Naopak v tlustém střevě osmnáct až dvacet čtyři hodin. Celý proces trávení tak trvá dvacet čtyři až třicet šest hodin (Bucksch 2018).

V tlustém střevě dochází zejména k vstřebávání vody a elektrolytů. Díky činnosti mikroorganismů dochází také k fermentaci některých složek bílkovin, které unikly působení trávících šťáv. Při těchto pochodech vzniká určité množství plynu. Následuje posun obsahu do konečníku a defekace (Kočárek 2005).

3.3 Základní živiny a jejich potřeba pro psa

Složky potravy, které nazýváme živinami, mají tyto funkce:

- a) Jedná se o materiály, které poskytují energii, které poté organismus využívá pro pohyb, teplo a další ostatní formy energie
- b) Jedná se o materiály důležité pro růst, obnovu a reprodukci
- c) Látky nezbytné pro vznik a regulaci procesů zahrnutých v prvních dvou bodech (Edney 1991)

Dostatečný příjem živin je základem pro zdraví a aktivitu zvířat. V některých stádiích životního cyklu psa, jako je například růst, gravidita, laktace atd. existují větší nároky na živiny

v porovnání s nároky u dospělého jedince. Minimální množství jednotlivých živin, které musí jedinec přijímat každý den, označujeme jako minimální záchovná denní potřeba (MDP). National Research Council (NRC) Národní akademie věd USA vytvořilo seznam minimálních nutričních nároků pro psy. Je však nutné myslet na to, že hodnoty podle NRC jsou minimální. Příděly musí být vytvářeny individuálně s přihlédnutím například na fyzickou aktivitu jedince, plemeno, hmotnost, pohlaví, etapu vývoje atd. Významnou roli také hraje dosažitelnost živin z potravy. Proto je praktičtější využít hodnot NRC pro odvození hodnot takzvaného doporučeného denního přídělu (DDP). DDP zaručuje pokrytí potřeb všech zdravých jedinců v populaci (Edney 1991). Významnou roli hrají také esenciální živiny, které si organismus nedokáže sám syntetizovat. Musí je tedy přijímat v potravě, neboť jsou nezbytné pro správný průběh celé řady metabolických procesů. Uvádí se, že pes potřebuje celkem 40 esenciálních živin, které zahrnují jak minerální látky, tak vitamíny, esenciální aminokyseliny a esenciální mastné kyseliny (Šterc & Štercová 2014a).

Kromě amerických norem NRC, jejichž poslední aktualizovaná verze vyšla v roce 2006, která udává jak minimální a doporučenou denní potřebu včetně maximálních bezpečných limitů u vybraných živin, je dalším zdrojem informací například AAFCO (Association of American Feed Control Officials) v USA nebo FEDIAF (European Pet Food Industry Federation) v rámci Evropské unie. Údaje o potřebách živin a energie pro psy lze najít také v publikacích Waltham Centre for Pet Nutrition (Velká Británie) nebo Hill's Pet Nutrition Center (Topeka, Kansas, USA) (Šterc & Štercová 2014a).

3.3.1 Hrubý protein a bílkoviny

Dusíkaté látky, tedy hrubý protein, mají bílkovinou i nebílkovinou složku. Bílkovinná složka je tvořena jen aminokyselinami (rostlinné a živočišné bílkoviny obsahují 20 aminokyselin), anebo pevně vázaným neaminokyselinovým komponentem. Nebílkovinnou složku tvoří volné aminokyseliny a amidy. Aminokyseliny se dají rozdělit na esenciální, semiesenciální a neesenciální. Nenahraditelné aminokyseliny nedokáže zvíře samo syntetizovat, a tak jejich potřeba musí být plně kryta krmivem. Stravitelnost bílkovin je dána schopností zvířete štěpit bílkoviny ve svém trávicím traktu. Stravitelnost krmiva je také významně ovlivnitelná úpravou krmiva. Tepelná úprava krmiva živočišného původu vede k částečné denaturaci bílkovin, což vede ke snížení stravitelnosti až o 5-8 %. Naopak vhodnou tepelnou úpravou krmiv rostlinného původu se stravitelnost zvyšuje (Süvegová & Mertin 1994). Bílkoviny jsou důležité, protože poskytují aminokyseliny potřebné pro růst a obnovu tkání. Aminokyseliny mohou být též metabolizované k poskytnutí energie (Edney 1991).

Bílkoviny se nachází jak v živočišných, tak i v rostlinných krmivech. Většina živočišných bílkovin má však vyšší stravitelnost a příznivější zastoupení esenciálních aminokyselin než bílkoviny rostlinné. U rostlinných bílkovin snižuje stravitelnost přítomnost vlákniny a antinutričních látek, které omezují jejich trávení. V krmivech se bílkoviny stanovují jako dusíkaté látky nebo hrubý protein metodou podle Kjeldahla nebo Dumase. Výsledky však neukazují skutečný obsah bílkovin, ale pouze obsah dusíkatých látek. Nelze tedy určit kvalitu obsažených bílkovin. Pro objektivní posouzení kvality bílkovin by bylo potřeba provést analýzu aminokyselin nebo biologický pokus na zvířatech (Šterc & Štercová 2014a). Pro výrobce kompletních krmiv udávají standardy AAFCO (2008) minimální potřebné množství bílkovin

v sušině krmiva 18 % pro dospělé psy a 22 % pro psy rostoucí a v reprodukci. FEDIAF (2013) uvádí minimální doporučené množství hrubého proteinu sušině krmiva 18 % pro dospělé psy, 25 % pro rostoucí psy do 14 týdnů a pro psy v reprodukci a 20 % pro rostoucí psy nad 14 týdnů. Normy NRC (2006) uvádí doporučené denní množství proteinu pro dospělé psy $3,28 \text{ g/kg}^{0,75}$. Horní hranice pro bílkoviny není stanovena.

V rámci trávicího traktu je skupina enzymů, které nazýváme proteázy. Ty se podílejí na rozkladu bílkovin přijatých v potravě na jednotlivé aminokyseliny, které poté v těle slouží ke stavbě buně a tkání. Nadbytečné aminokyseliny se mění na močovinu a vyloučí se močí, zbytek se mění na glukózu, která slouží jako zdroj energie. Živočišné zdroje, jako například vejce, mléko, ryby, maso a drůbež, obsahují velké množství důležitých aminokyselin. Jako další zdroj bílkovin mohou sloužit luštěniny, obiloviny, ořechy a různá semínka (Frej 2006).

Nedostatek bílkovin bývá důsledkem nedostatečného energetického příjmu (kdy se bílkoviny štěpí a slouží jako zdroj energie), stresu, zranění, onemocnění zažívacího traktu a jater, krvácení a onemocnění ledvin. Nedostatek bílkovin se projevuje zejména úbytek svalové hmoty, snížením odolnosti vůči nemocem, otoky, chudokrevností a ztučněním jater (Frej 2006). U stravy obsahující příliš vysoký podíl proteinů není tělo schopné nadbytečné proteiny ukládat do zásoby. Je nutné je tedy odbourat, což vede ke vzniku amoniaku, který je toxický. Aby se amoniak mohl vyloučit ledvinami, musí se v játrech přeměnit na močovinu, která je méně škodlivá. Proto je důležité vyhýbat se velkému množství hrubého proteinu zejména u jedinců s omezenou funkcí jater a ledvin (Bucksch 2018). Některé starší studie naopak prohlašují, že nadbytek bílkovin je psy velice dobře tolerován. Studie vyvrací hypotézy, které tvrdí, že krmení stravou s vysokým obsahem bílkovin má významný nepříznivý účinek na funkci ledvin či jejich morfologii (Bovée 1991). Ve vyšším věku narůstají nároky na množství a kvalitu bílkovin (Šterc & Štercová 2014a). Zvýšená potřeba bílkovin u geriatrických psů však nesouvisí se snížením stravitelnosti, ale s poklesem syntézy bílkovin a zvýšeným obrátem bílkovin v těle (Larsen & Farcas 2014). Mnoho veterinářů dříve doporučovalo omezení bílkovin u starších psů, v domnění, že tím dochází k ochraně funkce ledvin. Nejnovější výzkum však prokázal, že omezení bílkovin je u zdravých starších psů zbytečné, a naopak i potenciálně škodlivé (Laflamme 2008).

V experimentálních pracích bylo dokázáno, že psi dávají přednost krmivu se středním obsahem proteinů (25 % ME) před vysokoproteinovým krmivem (48 % ME) (Tôrres et al. 2003).

3.3.1.1 Metody pro stanovení hrubého proteinu

Kjeldahlova metoda je nejčastěji používaná referenční metoda k zjišťování obsahu celkového dusíku (hrubého proteinu) v krmivech. Může za to její vysoká přesnost (míra přesnosti pod 2 %) s velmi malými odchylkami. Hlavní princip Kjeldahlovy metody spočívá v mineralizaci vzorků krmiva v koncentrované kyselině sírové, za použití síranu měďnatého jako katalyzátoru. Organická hmota se tak oxiduje na kyselinu uhličitou. Dusík, který se uvolní ve formě plynného amoniaku, reaguje s kyselinou sírovou a tvoří síran amonný. Jako vedlejší produkty vzniká voda, oxid uhličitý a další organické látky. Amoniak se ze síranu uvolní alkalizací a stanoví se titračně (Mihaljev et al. 2015).

Ke stanovení hrubého proteinu se využívá taktéž Dumasova metoda neboli metoda úplného spalování (míra přesnosti 2-4 %) a NIRS (Near InfraRed Spectrofotometer) pro rychlou on-line analýzu (přesnost mezi 3-6 %). U Dumasovy metody se spaluje vzorek krmiva při teplotě cca 900 °C v atmosféře bohaté na kyslík. Vzorek je spálen a organické prvky jsou oxidovány. Následně se provádí rozbor vzniklých plynů. NIRS je založeno na technologii blízkého infračerveného přenosu, kterými lze současně stanovit několik parametrů jako například vlhkost, bílkoviny a tuky. Monochromatické světlo (850 nm - 1050 nm) se přenáší přes vzorek. Neabsorbované světlo se dostává k detektoru, který měří množství daného světla a odesílá výsledky do digitálního procesoru, který následně vyhodnocuje výsledky (Mihaljev at al. 2015).

3.3.1.2 Aminokyseliny a jejich funkce

Aminokyseliny jsou alifatické nebo aromatické kyseliny obsahující nejméně jednu aminoskupinu ($-NH_2$). Obecný vzorec lze vyjádřit ve tvaru $R - CHNH_2 - COOH$, kde R je alifatický, aromatický či heterocyklický zbytek (Holeček 2006). Aminokyseliny jsou peptidovými vazbami spojeny ve vyšší strukturální jednotky. Oligopeptidy obsahují 2-9 aminokyselin, polypeptidy 10-99 aminokyselin a proteiny obsahují 100 a více aminokyselin. Některé aminokyseliny si umí organismus sám syntetizovat (neesenční). Esenciální si organismus nasyntetizovat nedokáže a musí je tak přijímat prostřednictvím stravy. V živém organismu dochází neustále k degradaci a resyntéze bílkovin. Tento proces se označuje jako proteinový obrat (Zlatohlávek et al. 2016). Aminokyseliny, které jsou přiváděny do tkání a buněk, se využívají několika způsoby: buď jsou zcela odbourány, nebo mohou být přeměněny na jiné, biologicky důležité látky (např. kreatin, koenzym A, hormony odvozené od aminokyselin, biogenní aminy), nebo se využívají pro tvorbu vlastních proteinů (Odstrčil & Odstrčilová 2006).

Aminokyselin, které jsou základní stavební součástí peptidů a bílkovin je pouze dvacet a jsou řazeny do polypeptidového řetězce bílkovin podle genetické informace obsažené v molekulách deoxyribonukleových kyselin. Označují se proto také jako standardní nebo proteinogenní aminokyseliny. Podle typu řetězce můžeme aminokyseliny rozdělit do čtyř skupin: aminokyseliny s nepolárním řetězcem -R (např. glycin, alanin, valin, leucin a další), aminokyseliny s neionizovanými, avšak polárními skupinami (např. serin, threonin, tyrosin, cystein, methionin a další), kyselé aminokyseliny (kyselina asparagová a glutamová) a aminokyseliny zásadité obsahující více než jednu bazickou skupinu (lysin, arginin a histidin) (Odstrčil & Odstrčilová 2006).

Za limitující aminokyselinu určité bílkoviny označujeme tu, které je ve vztahu k její potřebě v bílkovině obsaženo nejméně. Dané aminokyseliny limitují hodnotu (biologickou hodnotu) proteinu. Protože v různých proteinech potravy jsou limitující aminokyseliny rozdílné, je potřeba kombinovat různé potraviny tak, aby výsledkem byla příznivá kombinace aminokyselin (Kasper 2015). Nedostatek jednotlivých aminokyselin v dietě psa se projevuje nechutenstvím a následnou zápornou dusíkatou bilancí, kdy je větší výdej dusíku z těla, než je jeho příjem. Projevy: poruchy růstu, úbytek hmotnosti, zježená srst bez lesku, nechutenství, snížená odolnost proti nemocím, ochablost svalů, otoky a nakonec i smrt. Nadbytečné aminokyseliny, které organismus nedokáže zabudovat do svých tkání, se v těle neukládají.

Z části mohou být využívány jako zdroj energie, případně jsou přeměňovány na tuky a ukládány v tukových tkáních. Dusíkatý zbytek aminokyselin se pak v játrech přeměňuje na močovinu, která se odvádí z těla přes ledviny ve formě moče (Mudřík et al. 2007).

Nedostatek bílkovin nebo aminokyselin v potravě taktéž zhoršuje imunitní funkci a zvyšuje náchylnost zvířat k infekčním chorobám. Podvýživa snižuje koncentraci většiny aminokyselin v plazmě. Studie poukazuje na důležitou roli aminokyselin v imunitních reakcích jako je aktivace T lymfocytů, B lymfocytů, přirozených zabíječů (natural killer cells), makrofágů, genová exprese a proliferace lymfocytů, produkce protilátek, cytokinů a dalších cytotoxických látek. Doplněním specifických aminokyselin v potravě zvířat s podvýživou a infekčními chorobami se docílilo posílení imunitního systému, čímž byla snížena úmrtnost daných zvířat (Li et al. 2007). Absence jakékoliv esenciální aminokyseliny ve stravě zastaví syntézu esenciálních proteinů. Za těchto podmínek zvíře začne rozkládat vlastní tělesnou tkáň, aby byla poskytnuta požadovaná aminokyselina. Jedná se o stav vážně ohrožující zdraví (Grandjean et al. 2012).

Funkce jednotlivých aminokyselin:

- **Methionin** je aminokyselina obsahující síru, která je považovaná za obecný hydrofobní zbytek. Methionin se v bílkovinách podílí zejména na iniciaci translace a zároveň methioninové zbytky v proteinech mohou působit jako endogenní antioxidanty. Methionin se často přidává do komerčních psích krmiv, neboť se má za to, že je důležitý pro růst a vývoj a zároveň snižuje pH moči. Nedostatek methioninu je spojen se špatným růstem, vypadávání srsti a vznikem kožních lézí, které mohou vést až k nekróze postižené oblasti. Methionin je navíc substrátem pro syntézu cholinu (fosfatidylcholin a acetylcholin), který je nezbytný pro funkci nervů a metabolismus leukocytů. Zdrojem sirných aminokyselin jsou zejména ryby, vejce, pšeničný a kukuřičný lepek (Aledo 2019; Hirakawa & Baker 1985; Li et al. 2007).
- **Cystein** taktéž slouží, jako důležitý zdroj síry. Jedná se o prekurzor glutathionu. Glutathion pohlcuje volné radikály a další reaktivní formy kyslíku. Samotný cystein lze syntetizovat z methioninu (Odstrčil & Odstrčilová 2006; Li et al. 2007).
- **Alanin** je hlavním substrátem pro jaterní syntézu glukózy a významným energetickým substrátem pro leukocyty.
- **Arginin** zvyšuje sekreci inzulínu, růstového hormonu, prolaktinu, růstového faktoru I a hraje roli v relaxaci krevních cév. Inzulín a růstový hormon regulují metabolismus glukózy a aminokyselin v hlavních tkáních, včetně kosterního svalstva, tukové tkáně, jater a srdce. Arginin se taktéž podílí na přeměně amoniaku vznikajícího při rozkladu bílkovin na močovinu. Dobrým zdrojem je maso včetně orgánů. Nedostatek se projevuje nadměrným sliněním, svalovým třesem, zvracením, šedým zákalem až smrtí.
- **Kyselina asparágová a glutamová** hrají univerzální roli v metabolismu a funkci leukocytů.

- **Glycin** se podílí na syntéze mnoha fyziologicky důležitých molekul, včetně purinových nukleotidů. Navíc je silným antioxidantem, který zachycuje volné radikály.
- **Histidin** reguluje řadu biologických procesů, včetně adheze a migrace buněk, clearance imunitního komplexu a fagocytózy apoptotických buněk. Je také prekurzorem pro histamin. Zdrojem je maso a vysoká koncentrace je také v krvi.
- Nedostatek **lyzinu** omezuje syntézu proteinů (včetně cytokinů) a proliferaci lymfocytů. Jedná se často o první omezující aminokyselinu ve stravě, což znamená, že má nejvyšší riziko nedostatku v krmivu. Zdrojem je zejména svalová tkáň či sojový protein.
- **Fenylalanin** může regulovat syntézu leukocytů. Spolu s tyrosinem je důležitý pro výrobu pheomelaninu (žlutý a červený pigment) a eumelaninu (hnědý a černý pigment), které definují barvu srsti zvířete. Fenylalanin je nezbytný pro produkci hormonů štítné žlázy, správné fungování mozku a reprodukci. Za zdroj se považuje hovězí, vepřové a drůbeží maso včetně ryb.
- **Tyrosin**, jakožto produkt degradace fenylalaninu, je bezprostředním předchůdcem syntézy katecholaminových hormonů (epinefrin a norepinefrin), hormonů štítné žlázy (trijodtyronin a tyroxin) a dopaminu s melaninem. Zdrojem je například rýže.
- **Leucin, izoleucin a valin** tvoří třídu aminokyselin s rozvětveným řetězcem (BCAA). Významnou roli hrají při syntéze bílkovin a zpomalení jejich rozpadu ve svalech. Za zdroje lze považovat hovězí, jehněčí a drůbeží maso. Nedostatek daných aminokyselin může mít za následek úbytek hmotnosti, letargii, drsnost srsti, léze na tlapkách a nekoordinovanou chůzi.
- **Prolin** reguluje proliferaci buněk včetně lymfocytů.
- **Serin** se podílí na jaterní a ledvinové syntéze glukózy a glycinu.
- **Treonin** je hlavní složkou střevního mucinu a γ -globulinu v plazmě. Působí také jako prekurzor řady metabolicky aktivních látek včetně pyruvátu, který se podílí na výrobě energie. Zdrojem jsou ryby, drůbež, jehněčí, vepřové a hovězí maso.
- Mezi produkty katabolismu **tryptofanu** patří například serotonin nebo melatonin. Tryptofan také působí jako prekurzor syntézy niacinu u psů. Za zdroj se považuje drůbež, ryby a soja (Li et al. 2007; Grandjean et al. 2012).

Tabulka č. 1: Rozdělení nejdůležitějších aminokyselin (Süvegová & Mertin 1994)

Aminokyseliny		
Esenciální	Semiesenciální	Neesenciální
Arginin Histidin Izoleucin Leucin Lyzin Methionin Fenylalanin Treonin Tryptofan Valin	Cystin Tyrozin	Alanin Kyselina asparagová Kyselina glutamová Glycin Hydroxyprolin Prolin Serin

Tabulka č. 2a: Zastoupení aminokyselin v potravě (Odstrčil & Odstrčilová 2006)

Aminokyselina	Výskyt	Průměrný obsah v proteinech v %	Nejvyšší výskyt
Arginin	Ve všech bílkovinách	6,2 %	Olejní, arašídů až 11 %
Histidin	Běžné bílkoviny	2-3 %	Bílkoviny krevní plasmy až 6%
Izoleucin	Maso a obiloviny	4-5 %	Mléčné a vaječné bílkoviny až 7 %
Leucin	Běžné živočišné i rostlinné proteiny	7-10 %	Kukuřičné bílkoviny až 13 %
Lyzin	Více lyzinu obsahují živočišné bílkoviny	7-9 %	Ryby a korýši až 11 %
Methionin	Rostlinné a živočišné bílkoviny obsahují malé množství	2-4 %	
Fenylalanin	Běžné bílkoviny	3,5 %	
Threonin	Živočišné bílkoviny, pšeničná bílkovina	5 %	Maso, pivovarské kvasnice
Tryptofan	Všechny proteiny	1,1 %	Živočišné bílkoviny 1-2 %
Valin	Maso, obiloviny, vejce, mléko	6,9-8 %	Elastiny až 16 %
Cystein	V běžných proteinech	2,8 %	Keratiny až 17 %
Tyrozin	Doprovází fenylalanin, běžně v proteinech	3,5 %	
Alanin	Běžné proteiny	9 %	Želatina asi 9 %
Kyselina asparagová	Živočišné i rostlinné bílkoviny	5,5 %	Živočišné albuminy a globuliny 6-10 %

Tabulka č. 2b: Zastoupení aminokyselin v potravě (Odstrčil & Odstrčilová 2006)

Aminokyselina	Výskyt	Průměrný obsah v proteinech v %	Nejvyšší výskyt
Kyselina glutamová	Běžné bílkoviny	6,2 %	Nejvíce je zastoupena nervové tkáni
Glycin	Běžné proteiny kromě albuminů	7,5 %	Kolagen, želatina, až 30 %
Prolin	Většina bílkovin	4-7 %	Kasein, želatina až 12-13 %, gliadin pšeničného lepku 10 %
Serin	Běžné bílkoviny	7,1 %	

Tabulka č. 3: Minimální potřeba proteinu a základních esenciálních aminokyselin u psů podle AAFCO (2008) a FEDIAF (2013) v % sušiny krmiva a v g/1000 kcal ME (Šterc & Štercová 2014a)

	CP		Lyzin		Met-cys		Tryptofan	
	% suš.	g/1000 kcal	% suš.	g/1000 kcal	% suš.	g/1000 kcal	% suš.	g/1000 kcal
Dospělí psi AAFCO	18	51	0,63	1,80	0,43	1,23	0,16	0,46
Dospělí psi FEDIAF	18	45	0,42	1,05	0,62	1,55	0,17	0,43
Rostoucí psi AAFCO	22	63	0,77	2,20	0,53	1,51	0,2	0,57
Rostoucí psi FEDIAF	25 (20)	62,5 (50)	0,88 (0,70)	2,20 (1,75)	0,70 (0,53)	1,75 (1,33)	0,23 (0,21)	0,58 (0,53)

3.3.2 Tuky

Tuky slouží jako nejkonzentrovanejší zdroj energie. Zároveň dodávají chutnost a strukturu psí potravě. Chemicky se jedná o triglyceridy neboli kombinace tří mastných kyselin spojených s jednotkou glycerolu. Nasycené mastné kyseliny nemají dvojně vazby, zatímco nenasycené mají jednu i více dvojných vazeb. Takové kyseliny také nazýváme jako vyšší mastné kyseliny. Je poměrně těžké stanovit přesnou potřebu tuků v dietě pro psy. Důležité je však, aby byly obsaženy všechny esenciální mastné kyseliny a zároveň byly nositelem v tuku rozpustných vitamínů. Esenciální mastné kyseliny (např. kyselina linoleová nebo kyselina arachidonová) jsou důležité pro celkové zdraví zvířete, zejména pro stav kůže a srsti, činnosti ledvin a reprodukci (Edney 1991).

Enzym lipáza štěpí tuky na jednoduché mastné kyseliny (MK) za pomoci žlučových kyselin, které se tvoří v játrech. Tuk slouží jako zásobní zdroj energie, poskytuje mastné kyseliny, zabraňuje ztrátám tepla, slouží k přenosu vitamínů rozpustných v tucích (A, D, E, K), poskytuje ochranu orgánům, podílí se na tvorbě hormonů, je součástí buněčných membrán a mozkové tkáně (Frej 2006). Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA) patří mezi významné esenciální živiny. PUFA jsou součástí buněčných membrán a nervové tkáně. Esenciální je pro psa kyselina linolová a α -linolenová. Nedostatek způsobuje poruchy růstu, reprodukce a kožní problémy (Šterc & Štercová 2014a).

Normy NRC (2006) uvádějí, že doporučené denní množství tuku pro dospělé psy je $1,8 \text{ g/kg}^{0,75}$. Minimální doporučené množství tuku v sušině krmiva je podle AAFCO (2008) 5 % pro dospělé psy a 8 % pro rostoucí psy. Podle FEDIAF (2013) je to 5,5 % v sušině pro dospělé psy a 8,5 % pro rostoucí psy.

3.3.3 Cukry

Cukry neboli sacharidy tvoří primární zdroj energie pro organismus. Složité cukry se rozkládají na jednoduché, vstřebatelné v tenkém střevě. V játrech se přetváří na glukózu – okamžitý zdroj energie pro organismus. Zásobní glukóza se nazývá glykogen. Při potřebě energie se mění glykogen v játrech a svalech na glukózu. Nadbytečná glukóza se ukládá v podobě tuku. Sacharidy se dělí na monosacharidy (glukóza, fruktóza, galaktóza), disacharidy (laktóza, sacharóza, maltóza), oligosacharidy a polysacharidy (škroby). Sacharidy ovlivňují hladinu krevní glukózy (krevního cukru) (Frej 2006).

Mezi polysacharidy řadíme také vlákninu, která se nachází zejména v buněčných stěnách rostlinných buněk. Vlákninu není možné trávit běžnými trávicími enzymy, jako ostatní živiny. Jediný způsob štěpení je pomocí symbiotických bakterií v tlustém střevě. Jelikož psi mají krátké tlusté střevo a malou populaci celulytických bakterií, mohou vlákninu fermentovat pouze omezeně. Vlákninu lze rozdělit na rozpustnou (např. pektiny), která fermentuje v tlustém střevě za vzniku těkavých mastných kyselin, které následně slouží jako zdroj energie pro střevní buňky, a nerozpustnou (celulóza, hemicelulóza a lignin), která se u psa fermentuje jen velice omezeně. Podílí se však na formování výkalů a jejich zahuštění. Potřeba vlákniny není u psů stanovena. Nadbytek však prokazatelně snižuje stravitelnost a resorpci ostatních živin včetně vitamínů a minerálních látek. V suchých krmivech pro zdravé psy se obsah vlákniny pohybuje mezi 2-5 % v sušině krmiva (Šterc & Štercová 2014a).

Minimální potřeba sacharidů v dietě psa není známá. Je pravděpodobné, že psy můžou existovat bez sacharidů, jestliže krmná dávka obsahuje dostatek tuků a bílkovin, které kryjí metabolické požadavky na získání glukózy (Edney 1991). Romsos et al. (1981) zkoumal tento fakt u březích fen. Březí feny biglů byly krmeny dvěma rozdílnými způsoby. Jedna skupina byla krmena stravou, která obsahovala 44 % metabolizovatelné energie (ME) ze sacharidů a druhá naopak neobsahovala žádnou metabolizovatelnou energii ze sacharidů. Výsledkem je, že dieta neměla dopad na počet štěňat ve vrhu, avšak fenám krmeným bez sacharidů se narodilo pouze cca 63 % živých mláďat, kdežto fenám, které byly krmeny dietou se sacharidy, se narodilo 96 % živých štěňat. Růst mláďat nebyl ovlivněn složením stravy krmené feny. Dospělo se tedy k závěru, že březí feny vyžadují pro optimální reprodukční výkon dietní sacharidy.

Příliš velké množství sacharidů v potravě může způsobit trávicí problémy a zvýšenou plynatost. Taktéž tento fakt přispívá ke vzniku obezity a rozvoje diabetu. Nejvýznamnějším sacharidem v krmivech pro psy je škrob. Jeho stravitelnost v syrovém stavu je však omezená, je nutná tedy jeho tepelná úprava, aby mohl sloužit jako dostupný zdroj energie. Je zde i určitá potřeba vlákniny, která se netráví pomocí enzymů, ale k jejímu štěpení napomáhají symbiotické bakterie v tlustém střevě. V přiměřeném množství má příznivý vliv na střevní sliznici a obnovu jejich buněk. Vysoké dávky vlákniny mohou způsobit nadýmání a průjemy (Šterc & Štercová 2014a).

3.3.4 Minerální látky a stopové prvky

Minerální látky a stopové prvky jsou anorganické látky obsažené v potravě, které jsou nezbytné pro správné fungování organismu. Jako stopové prvky se označují látky, které neslouží jako zdroj energie. Minerály jsou v těle zastoupeny jako intracelulárně (v buňkách), jako například draslík a fosfor, tak v extracelulárním prostředí, jako například sodík a chloridy (Zlatohlávek et al. 2016).

Minerální látky a stopové prvky se dle zastoupení a důležitosti v organismu dělí na tzv. makroprvky a mikroprvky. Makroprvky jsou látky jako například vápník nebo fosfor, které hrají významnou roli při růstu a obnově tkání. Spolu s hořčíkem jsou spojeny s vývojem a údržbou kostí a zubů. Zároveň jsou nezbytné pro správné fungování svalového a nervového systému psů. Další významné makroprvky jsou například draslík a sodík, které jsou odpovědné za udržování rovnováhy elektrolytů, regulaci tělesných tekutin a transport živin v krvi. Jako mikroprvky se označují látky, které jsou potřebné v menším množství. Mezi mikroprvky patří například železo, měď nebo zinek (Kazimierska et al. 2020; Edney 1991). Například zinek hraje významnou roli v metabolických drahách, imunitních funkcích a v oblasti růstu zvířat (Wang et al. 2018).

Minerální látky – makroprvky

- Vápník a fosfor
- Draslík
- Sodík a chlór
- Hořčík

Stopové prvky – mikroprvky

- Železo
- Měď
- Mangan
- Zinek
- Jod
- Selen
- Kobalt
- A další

3.3.5 Vitamíny

Vitamíny lze rozdělit na dvě podskupiny: vitamíny rozpustné v tucích a vitamíny rozpustné ve vodě. Rozdíly jsou jak v chemickém složení, tak v rámci uskladnění uvnitř organismu. Vitamíny rozpustné v tucích bývají skladovány ve větším množství, než vitamíny rozpustné ve vodě a tím pádem je méně kritický jejich každodenní přísun (Edney 1991).

Vitamíny rozpustné v tucích

- Vitamín A
- Vitamín D
- Vitamín E
- Vitamín K

Vitamíny rozpustné ve vodě

- Thiamin
- Riboflavin
- Pantotenová kyselina
- Niacin
- Pyridoxin
- Biotin
- Kyselina listová
- Vitamín B12
- Cholin
- Kyselina askorbová

Tabulka č. 4a: Doporučené minimální hodnoty živin v krmných dávkách pro psa podle WCPN (Edney 1991)

Živina	Jednotky	Hodnoty	Poznámky
Bílkoviny	g	22	a
Tuky	g	5,5	b
Kyselina linolenová a arachidonová	g	1,1	b
Vápník	g	1,1	b
Fosfor	g	0,9	
Poměr Ca/P		1,0 : 0,8	
Sodík	g	0,2	
Draslík	g	0,5	
Hořčík	g	0,04	
Železo	mg	8,0	c
Měď	mg	0,7	c
Mangan	mg	0,5	c
Zinek	mg	5,0	c
Jód	mg	0,15	
Selen	g	10	
Vitamín A	m. j.	500	
Vitamín D	m. j.	50	

Tabulka č. 4b: Doporučené minimální hodnoty živin v krmných dávkách pro psa podle WCPN (Edney 1991)

Živina	Jednotky	Hodnoty	Poznámky
Vitamín E	mg	5,0	b
Vitamín K	g	8,0	d
Tiamin	g	0,1	
Riboflavin	mg	0,25	
Kyselina pantotenová	mg	1,1	
Niacin	mg	1,2	
Pyridoxin	mg	0,12	
Kyselina listová	g	22	d
Vitamín B12	g	2,7	
Cholin	mg	125	
Biotin	mg	-	d
Taurin	mg	-	c

Všechny hodnoty jsou udané na 400 kcal ME

- Hladiny bílkovin předpokládají vyváženost aminokyselinového profilu a přiměřenou stravitelnost.
- Obsah tuku vyjádřený orientačně. Klíčové živiny jsou esenciální mastné kyseliny, linolenová a arachidonová. Při vysokých hodnotách EMK je potřeba zvýšit vitamín E.
- Hodnoty předpokládají vysokou dostupnost.
- Metabolická potřeba těchto živin nebyla dokázána, jestliže byly zkrmované přírodní složky, a to z důvodu, že bakteriální syntéza ve střevech může krýt potřeby zvířete.

Tabulka č. 5a: Požadované minimální koncentrace dostupných živin v krmivu pro rostoucí psy (Edney 1991)

Živina	Na 1000 kcal ME	Suchá báze (3,67 kcal ME/g)
Bílkovina (a)		
Esenciální aminokyseliny		
Arginin	1,37 g	0,50 %
Histidin	0,49 g	0,18 %
Isoleucin	0,98 g	0,36 %
Leucin	1,59 g	0,58 %
Lysin	1,40 g	0,51 %
Methionin - cystin	1,06 g	0,39 %
Phenylalanin - tyrozin	1,95 g	0,72 %
Threonin	1,27 g	0,47 %
Tryptophan	0,41 g	0,15 %
Valin	1,05 g	0,39 %
Neesenciální aminokyseliny	17,07 g	6,26 %
Tuk	13,6 g	5,0 %
Kyselina linolová	2,7 g	1,0 %
Minerální látky		
Vápník	1,6 g	0,59 %
Fosfor	1,2 g	0,44 %
Draslík	1,2 g	0,44 %

Tabulka č. 5b: Požadované minimální koncentrace dostupných živin v krmivu pro rostoucí psy (Edney 1991)

Živina	Na 1000 kcal ME	Suchá báze (3,67 kcal ME/g)
Sodík	0,15 g	0,06 %
Chlór	0,23 g	0,09 %
Hořčík	0,11 g	0,04 %
Železo	8,7 mg	31,9 mg/kg
Měď	0,8 mg	2,9 mg/kg
Mangan	1,4 mg	5,1 mg/kg
Zinek (b)	9,7 mg	35,6 mg/kg
Jód	0,16 mg	0,59 mg/kg
Selen	0,03 mg	0,11 mg/kg
Vitamíny		
A	1011 m. j.	3710 m. j./kg
D	110 m. j.	404 m. j./kg
E (c)	6,1 m. j.	22 m. j./kg
K (d)	-	-
Thiamin (e)	0,27 mg	1,0 mg/kg
Riboflavin	0,68 mg	2,5 mg/kg
Kyselina pantotenová	2,7 mg	9,9 mg/kg
Niacin	3,0 mg	11,0 mg/kg
Pyridoxin	0,3 mg	1,1 mg/kg
Kyselina listová	0,054 mg	0,2 mg/kg
Biotin (d)	-	-
Vitamín B ₁₂	7 µg	26 µg/kg
Cholin	340 mg	1,25 g/kg

- Při použití potravin z přirozených zdrojů (stravitelnost bílkovin ± 70 %) bude zapotřebí zvýšit saturaci aminokyselinami o 40 nebo i více procent, než činí součet aminokyselin uvedených v tabulce v závislosti na použitých složkách a výrobním postupu.*
- V obchodních krmivech s přírodními složkami se zvýšeným obsahem vápníku a fytátu byly zaznamenány okrajové nedostatky v krmivech s méně než 90 mg na 1 kg.*
- Až pětinasobné zvýšení může být požadováno u krmiv s vysokým obsahem nenasycených mastných kyselin.*
- Psi se vyznačují metabolickými požadavky, avšak požadavek v krmivu nebyl prokázán, jestliže bylo použito krmivo z přírodních zdrojů.*
- Je třeba brát v úvahu průměry, aby se tak pokryly ztráty při zpracování a skladování.*

Tabulka č. 6a: Požadované minimální koncentrace dostupných živin v krmivu pro psy v reprodukci a dospělé psy (AAFCO 2008)

Živina	Na 1000 kcal ME	Minimum pro psy v reprodukci	Minimum pro dospělé psy (a)	Maximum
Hrubý protein	g	56,3	45,0	
Arginin	g	2,50	1,28	
Histidin	g	1,10	0,48	
Isoleucin	g	1,78	0,95	
Leucin	g	3,23	1,70	
Lysin	g	2,25	1,58	
Methionin	g	0,88	0,83	
Methionin - cystin	g	1,75	1,63	
Phenylalanin	g	2,08	1,13	
Phenylalanin - tyrozin	g	3,25	1,85	
Threonin	g	2,60	1,20	
Tryptophan	g	0,50	0,40	
Valin	g	1,70	1,23	
Hrubý tuk (b)	g	21,3	13,8	
Kyselina linolová	g	3,3	2,8	
Kyselina alfa-linolenová	g	0,2	ND (c)	
Minerály				
Vápník	g	3,0	1,25	4,5
Fosfor	g	2,5	1,00	4,0
Poměr Ca:P		1:1	1:1	2:1
Draslík	g	1,5	1,5	
Sodík	g	0,80	0,20	
Chlór	g	1,10	0,30	
Hořčík	g	0,10	0,15	
Železo (d)	mg	22	10	
Měď (e)	mg	3,1	1,83	
Mangan	mg	1,8	1,25	
Zinek	mg	25	20	
Jód	mg	0,25	0,25	2,75
Selen	mg	0,09	0,08	0,5
Vitamíny				
A	IU	1250	1250	62500
D	IU	125	125	750

Tabulka č. 6b: Požadované minimální koncentrace dostupných živin v krmivu pro psy v reprodukci a dospělé psy (AAFCO 2008)

Živina	Na 1000 kcal ME	Minimum pro psy v reprodukci	Minimum pro dospělé psy (a)	Maximum
E	IU	12,5	12,5	
Thiamin (f)	mg	0,56	0,56	
Riboflavin	mg	1,3	1,3	
Kyselina pantotenová	mg	3,0	3,0	
Niacin	mg	3,4	3,4	
Pyridoxin	mg	0,38	0,38	
Kyselina listová	mg	0,054	0,054	
Vitamín B ₁₂	mg	0,007	0,007	
Cholin	mg	340	340	

- a) Doporučené koncentrace pro udržení tělesné hmotnosti na průměrném kalorickém příjmu u psů s danou optimální hmotností.
- b) Ačkoliv skutečný požadavek na hrubý tuk jako takový nebyl stanoven, minimální koncentrace byla založena na uznání hrubého tuku jako zdroje esenciálních mastných kyselin jako nosičů vitaminů rozpustných v tucích, aby se zvýšila chutnost a dodala se přiměřená kalorická hustota.
- c) ND – neurčeno
- d) Průměrná zdánlivá stravitelnost železa spojená s doporučenými minimy je 20 %. Vzhledem k velmi špatné stravitelnosti by se při stanovení minimální koncentrace živin pro železo nemělo brát v úvahu železo ze zdrojů uhličitanu nebo oxidu, které se přidávají do stravy.
- e) Vzhledem ke špatné stravitelnosti by měď z oxidů, které se přidávají do stravy, neměla být při určování minimální koncentrace živin brána v úvahu.
- f) Zpracování může zničit 90 % thiaminu ve stravě.

3.3.6 Voda

Voda je pro organismus velice důležitá, neboť vykonává řadu pro život a zdraví velice důležitých funkcí. Při nedostatečném příjmu vody, dochází k narušení vodní rovnováhy v organismu. To může vést k poruchám v trávení, k zpomalenému vstřebávání látek a zadržování zplodin. Při nedostatku vody vylučují ledviny těžko rozpustné zplodiny, což může vést až k sebeotravám. Dále dochází k zhuštění krve, narušení tepelné regulace, horečkám a k zvýšenému rozpadu bílkovin a tuků. Ztráta 10 % vody vyvolává u zvířat pocit žízně, neklid, chvění a slabost. Při ztrátě 20–22 % vody, nastává smrt. Špinavá voda se může stát zdrojem různých onemocnění (Bogdašev et al. 1952).

Voda má v těle mnoho funkcí. Je výborným rozpouštědlem, tvoří základní složku krve, slouží jako transportní medium, přispívá k regulaci teploty a důležitou roli hraje o při trávení. Voda opouští tělo psa v podobě exspirovaného vzduchu, ve výkalech, v moči a částečně

i v potu. K výrazné ztrátě vody dochází při krvácení, zvracení, průjmech, ale také například při laktaci (Edney 1991).

3.3.7 Energie a její potřeba pro psy

Primární požadavek psa na potravu je zisk energie (Burger 1994). Energie se obvykle udává v kilokaloriích (kcal), kde 1 kalorie je definována jako množství tepla potřebné k zvýšení teploty 1 kg vody o 1 stupeň celsia. Energie se často vyjadřuje v kilojoulech (kJ), kdy 1 kcal se rovná 4,2 kJ. Organismus získává energii oxidací potravy, energie je poté uvolňována postupně. Příjem energie se posuzuje na třech úrovních: hrubá neboli brutto energie (BE), stravitelná energie (SE) a metabolizovatelná energie (ME). (Edney 1991).

- **Brutto energie (BE)** je všechna uvolněná energie při oxidaci potravy. Obvykle se měří při spálení v atmosféře čistého kyslíku kalorimetrem. Látka, která má vysokou brutto energii, však nemusí mít velký význam pro psa, jakmile není pes schopen ji strávit a absorbovat.
- Množství, které je strávené a absorbované se označuje jako **stravitelná energie (SE)** a je rovna BE mínus fekální ztráty energie.
- Energie, která je definitivně zpracována tkáněmi se označuje jako **metabolizovatelná (ME)** a je vypočítávána jako SE mínus ztráty energie močí (Edney 1991).

Na rozdíl od jednotlivých živin neexistuje žádný vhodný rozsah přijatelných příjmů energie. Řeší se však konkrétní energetická potřeba pro dané podmínky. Obsah metabolizované energie v potravě se nejlépe zjišťuje pomocí in vivo testování cílového druhu. U psů je však velmi těžké posoudit energetické potřeby díky širokému rozsahu tělesných hmotností jednotlivých plemen psů. Měl by být vyjádřen alometrický základ, ale přesná hodnota pro exponent je stále střetem různých debat. Je však potřeba si uvědomit, že energetická náročnost je závislá i na řadě faktorů, jako například náročnost činností vykonávaných jedincem, teplota prostředí nebo také například konkrétní životní fáze. Poptávka se nejvíce zvyšuje při laktaci (až čtyřnásobně) a v období růstu (až trojnásobně). Stará zvířata naopak vykazují pokles energetických požadavků (Burger 1994). Podle Waltham Centre for Pet Nutrition by měla být energie v krmné dávce u psů rozdělena tak, aby cca 30 % celkové ME pocházelo z bílkovin, 30-60 % z tuků a 10-40 % ze sacharidů (Šterc & Štercová 2014a).

Energetický obsah potravy závisí na koncentraci a typu bílkovin, tuků a cukrů. Energetické potřeby jsou obvykle průměry tělesné hmotnosti se zohledněním životní etapy, typu srsti, tělesné kondice, věku, teploty prostředí a aktivity (Burger 1994). Potřeba energie lze tedy vypočítat na základě tělesné hmotnosti v kilogramech, přesněji pomocí tzv. metabolické velikosti těla (hmotnost jedince v $kg^{0,75}$). Množství ME v krmivu lze vypočítat na základě obsažených energetických živin AAFCO (2008) uvádí následující rovnice:

$$ME \left(\frac{kcal}{kg} \right) = [(3,5 \times \text{hrubý protein}) + (8,5 \times \text{hrubý tuk}) + (3,5 \times \text{NFE})] \times 10$$

$$ME \left(\frac{kJ}{kg} \right) = [(14,65 \times \text{hrubý protein}) + (35,59 \times \text{hrubý tuk}) + (14,65 \times \text{NFE})] \times 10$$

NFE = Nitrogen – Free Extract, odpovídá našim bezdusíkatým látkám výtahovým

$$NFE = 100 - (\text{hrubý protein} + \text{hrubý tuk} + \text{hrubá vláknina} + \text{vlhkost} + \text{popel}), \text{vše v procentech}$$

Tabulka č. 7: Ukázka energetických požadavků psů při různých fyziologických stavech (kcal ME/den) (Süvegová & Mertin 1994)

Tělesná hmotnost (v kg)	Tělesná hmotnost (v librách)	Základní dávka dospělých zvířat	Pozdní březost	Vrchol laktace
2	4,4	184	276	552
5	11,0	412	618	1237
10	22,0	759	1138	2276
15	33,0	1084	1626	3251
20	44,0	1396	2094	4188
30	66,0	1995	2992	5984
40	88,0	2569	3854	7708
50	110,0	3127	4690	9380
60	132,0	3671	5506	11013

Tabulka č. 8: Energetické požadavky dospělých psů v kJ a kcal na den (Mudřík et al. 2007)

	Nízká aktivita (méně než 1 hod/den)	Střední aktivita (1-2 hod/den)	Vysoká aktivita (více než 3 hod/den)
Malá plemena	462 - 2604 kJ 110 - 620 kcal	525 - 2940 kJ 125 - 700 kcal	630 - 3528 kJ 150 - 840 kcal
Střední plemena	2604 - 5166 kJ 620 - 1230 kcal	2940 - 5889 kJ 700 - 1400 kcal	3528 - 7056 kJ 840 - 1680 kcal
Velká plemena	5166 kJ a více 1230 kcal a více	5880 kJ a více 1400 kcal a více	7056 kJ a více 1680 kcal a více

3.4 Způsoby krmení psa

V dnešní době existuje více možností, jak zajistit u psa plnohodnotnou výživu. Žádný ze způsobů krmení nelze označit jako jednoznačně nejlepší, neboť existuje nesmírná variabilita mezi jednotlivými psy a jejich potřebami. Základem však zůstává poznatek, že krmná dávka by se měla skládat ze surovin, které jsou pro psa vhodné, a zároveň by měla zajistit dostatečné množství energie a živin ve správném poměru a využitelné formě. Správně krmený pes by měl být v optimální kondici, přiměřeně aktivní (s přihlédnutím k temperamentu), bez trávicích a jiných zdravotních problémů. Jako ukazatel lze brát v potaz stav kůže, kvalita srsti a množství a konzistence vyloučených výkalů (Šterc & Štercová 2014b).

3 základní způsoby krmení psů:

- Krmení průmyslovými krmivými (suchými nebo vlhkými)
- Krmení doma připravovanou stravou (vařenou nebo syrovou)

- Kombinace průmyslových a doma připravovaných krmiv (Šterc & Štercová 2014b)

3.4.1 Průmyslová krmiva

Hotové průmyslové krmivo můžeme dnes koupit v podobě plnohodnotné potravy (krmivo, které obsahuje všechny potřebné výživové a stavební látky) anebo jako krmivo doplňkové (slouží pouze jako přídavek, který je nutný kombinovat s dalšími krmivy) (Bartenschlager 1996). Krmiva označovaná jako kompletní jsou sestavována tak, aby odpovídala požadavkům standardů AAFCO nebo FEDIAF. Přesto i krmivo splňující dané standardy může u některých jedinců způsobit deficit nebo naopak přebytek jednotlivých živin (Šterc & Štercová 2014b).

Krmení průmyslovými krmivy je jednoduché a nevyžaduje po majiteli rozsáhlejší znalosti z oblasti výživy. S krmivy je jednoduchá manipulace a jsou zde pouze malé nároky na skladování. Nevýhodou je zde nutnost brát v potaz živinové a surovinové složení tak, aby co nejlépe vyhovovalo potřebám konkrétního jedince. V této chvíli můžeme narazit na ne zcela transparentní složení, spornou kvalitu použitých surovin či obsah látek, které mohou způsobovat zdravotní riziko. Jedná se o nejčastěji využívaný způsob krmení psů (Šterc & Štercová 2014b). Laflamme et al. (2008) se zabýval využívanými způsoby krmení psů v USA a Austrálii. Výsledkem bylo zjištění, že více než 90 % je krmeno průmyslově vyráběnými krmivy v množství minimálně 50 % z jejich celkového příjmu. V rámci průmyslových krmiv převládala krmiva suchá.

Kompletní průmyslová krmiva je tedy možné rozdělit na krmiva suchá (10 až 12 % obsah vody, doporučeno do 12 %), krmiva vlhká nebo konzervy (60 až 87 % obsah vody, doporučeno do 80 %) a krmiva polovlhká (17 až 20 % obsahu vody) (Bucksch 2018).

Mezi nejvíce využívaná krmiva se řadí krmiva suchá (granule), která se vyrábí obvykle pomocí vlhké extruze. Tato krmiva bývají často lépe živinově vyvážená než krmiva vlhká. Mívají však nižší chutnost a vyšší podíl rostlinných složek (zejména obilovin) (Šterc & Štercová 2014b). Brazis et al. (2008) ve své studii poukazuje na fakt, že i suché krmivo pro psy balené v pytlích, může být vhodným substrátem pro roztoče. Upozorňuje tak podmínky prostředí a skladování suchých krmiv (zejména teplota a vlhkost), které mohou ovlivnit kontaminaci potravy různými roztoči.

Vlhká průmyslová krmiva, jako jsou konzervy, kapsičky, paštiky a různé mražené směsi, obsahují většinou více živočišných produktů. Bývají také chutnější. Nebývají však často zcela vyvážené, aby se daly považovat za kompletní krmivo (Šterc & Štercová 2014b). Konzervovaná krmiva se zpravidla skládají ze směsi masa a odpadů vznikajících při výrobě potravinových produktů. Dále částečně i z rostlinných bílkovin a obilnin jako je rýže, ječmen, oves, pšenice a kukuřice. Obsahují však i životně důležité vitamíny a minerální látky. Konzervované krmivo obvykle obsahuje asi 70 až 80 % vody (Bartenschlager 1996).

3.4.2 Doma připravovaná krmiva

U doma připravovaného krmiva známe přesné surovinové složení, využití suroviny bývají zpracovány šetrnějšími způsoby, než při průmyslové výrobě a obvykle zde bývá i vyšší zastoupení živočišných složek. Neobsahují žádné konzervanty, barviva ani další chemické látky. Výhodou bývá také větší chutnost. Nevýhodou je poté náročnější příprava, nároky na

skladování surovin a snadná nutriční nevyváženost. K nejčastějším problémům patří nedostatek či nesprávný poměr vápníku a fosforu. Suroviny mohou být podávány jak ve vařené, tak v syrové podobě (Šterc & Štercová 2014b).

Základem krmné dávky by mělo být krmivo živočišného původu, které poskytuje zdroj bílkovin a tuků (zejména svalovina, vnitřnosti, ryby, vejce, mléčné výrobky atd.). Na doplnění se přidává rostlinný příkrm, který slouží zejména jako zdroj stravitelných sacharidů a vlákniny (vařené obiloviny, vařená či syrová zelenina). Podíl živočišné a rostlinné složky se může podle různých doporučení lišit. Nejčastěji se však pohybuje u dospělých psů v rozmezí 40-60 % surovin živočišného původu, u psů v zátěži, březích a kojících fen a rostoucích psů by mělo být zastoupení živočišných složek asi 60-70 % (Šterc & Štercová 2014b). Schäfer & Messika (2008) udávají, že denní dávka krmiva by měla obnášet něco mezi 2-3 % tělesné hmotnosti. Z toho 30 % zeleniny a 70 % masa a masitých kostí. Z těchto 70 % by měl zhruba 25-30 % připadat na maso a zbytek na masité kosti (na nichž zůstávají zbytky masa).

Stále populárnějšími jsou syrové diety. Asi nejznámějším typem syrových diet je BARF (Biologically Appropriate Raw Food, Bones and Raw Food) jehož zakladatelem je australský veterinář Ian Billinghurst. Extrémnějším modelem je tzv. prey model, zvaný také RMB (Raw Meaty Bones), který používá pouze části zvířecích těl s velmi malým až nulovým podílem rostlinných složek. Výhodou syrové stravy je zachování živin v nezměněné podobě (tedy biologicky plnohodnotné). Příprava je méně náročná než strava vařená. I přesto zde hrozí riziko deficitu zejména vápníku a dalších esenciálních látek. Rizikovou stránku představuje také zkrmování kostí a riziko bakteriální nebo parazitární infekce. Majitel psa, rozhodnutý krmit syrovou stravou by měl dodržovat následující opatření: používat syrové maso, které prošlo veterinární kontrolou, nekrmit syrovou zvěřinu, dodržovat přísnou hygienu při manipulaci s masem, rozmrazovat maso pozvolna nejlépe v chladničce, používat raději maso hluboce přemražené než maso čerstvé, rozmražené maso co nejrychleji spotřebovat a okamžitě odstraňovat veškeré zbytky masa z misek (Šterc & Štercová 2014b).

3.5 Požadavky na krmiva

3.5.1 Legislativní nároky na krmiva v České republice

Výroba krmiv pro domácí zvířata v rámci Evropské unie podléhá evropské a národní legislativě. Kontrolní činnost v rámci České republiky vykonává především Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ). Kompletní krmiva, která jsou určena pro každodenní dlouhodobé používání, musí svým složením živin odpovídat standardům FEDIAF. Za kompletní krmivo se podle AAFCO považuje takové, které na základě chemické analýzy odpovídá živinovým standardům a zároveň dané krmivo prošlo úspěšně krmným testem. Test probíhá po dobu 26 týdnů na minimálním počtu osmi zvířat. Test je úspěšný, ukončí-li ho úspěšně alespoň šest zvířat. Za ty se považují ta, která za danou dobu neprojeví žádné klinické příznaky nedostatku či nadbytku živin a u kterých se neukáží žádné významné odchylky v rámci hematologických a biochemických ukazatelích v krvi. Nesmí také dojít ke ztrátě více jak 15 % původní hmotnosti zvířete (Šterc & Štercová 2014b).

Zákon o krmivech (č. 91/1996 Sb.) zpracovává předpisy Evropského společenství a stanovuje některé požadavky pro výrobu, dovoz, používání, balení, označování, dopravu

a uvádění na trh krmiv, doplňkových látek a premixů. Stanovuje také pravomoc a působnost orgánu odborného dozoru nad dodržováním povinností stanovených tímto zákonem a předpisy Evropských společenství. Zákon se nevztahuje na krmiva, doplňkové látky a premixy, které jsou určené pro vývoz a jsou nezávadné, stejně, jako se nevztahuje na veterinární přípravky a léčiva. Na zákon o krmivech navazuje vyhláška č. 356/2008.

Zákon o krmivech dále stanovuje povinnost výrobce krmiv udávat na obale, jedná-li se o krmivo kompletní či doplňkové. U doplňkových krmiv musí být navíc uvedeno, co se musí přikrmovat, aby dávka byla kompletní. Zákon dále uvádí, že krmiva nesmí žádným způsobem poškozovat zdraví, pokud není uvedeno jinak, jsou v obvyklé prodejní jakosti a nezkažená, nepřekračují určitý stupeň nežádoucích nebo kritických látek, obsahují pouze povolené doplňkové látky a jsou označena takovým způsobem, aby mohl kupující rozpoznat jejich kvalitu a možnost použití (Bucksch 2018).

Průmyslově vyráběná krmiva se i přes všechny zákonné předpisy zčásti významně liší, ať již z pohledu jejich kvality, kvality použitých surovin, tak i metod jejich zpracování. Kvalitativní postupy pro jejich výrobu nejsou zákonem předepsány ani regulovány a tím pádem přísluší výrobcům. Výrobci tak mohou měnit druhy masa nebo ostatních přísad podle toho, co je na trhu výhodně k dostání. Mohou taktéž měnit recepty pro jeden a tentýž produkt. To znamená, že se složení produktu může časem změnit, aniž by formulace u něj zněla jinak. Především u citlivých psů to pak může vyvolat nejrůznější problémy, zejména různé projevy typické pro potravní intoleranci i přes to, že jejich majitelé krmí stále stejným výrobkem (Bucksch 2018).

3.5.2 Biologické nároky na krmiva

Při výrobě granulí se využívá takzvané extruze, jejímž hlavním cílem je zlepšení nutriční kvality různých surovin. V průběhu procesu dochází k želatinaci škrobu, denaturaci proteinů, inaktivaci termolabilních antinutričních faktorů, inaktivaci patogenních bakterií, a nakonec vytváření granulí požadovaného tvaru a textury (Alonso et al. 2000) Tato transformace ovlivňuje stravitelnost a chutnost jídla pro psy, což má v závěru vliv na zdraví zvířat (Monti et al. 2016).

3.5.2.1 Stravitelnost

Mnoho výrobců průmyslových krmiv se na obalech pyšní vysokou stravitelností svých produktů, avšak ve většině případů se toto tvrzení nezakládá na objektivním vyhodnocení. Stravitelnost živin se dá zjistit např. bilanční zkouškou. Je to však velmi náročné, a proto se to zcela běžně neprovádí. Během výrobního procesu prochází průmyslová krmiva razantním tepelným zpracováním, což napomáhá ke zvýšení stravitelnosti škrobu, který se vlivem vysokých teplot rozkládá na nižší sacharidy. Na druhou stranu však tepelné úpravy krmiva vedou ke snížení využitelnosti u některých dalších živin (např. vitamínů) (Morris et al. 2004).

Jaký vliv, mají vysoké teploty na stravitelnost proteinů, není úplně tak jasné. Vliv zde má jak celkové složení krmiva, tak i obsah vlhkosti, použitá teplota, tlak a také způsob zpracování. Tepelná úprava vede k denaturaci bílkovin a ke ztrátě jejich sekundární či terciální struktury. Tím se může zvýšit jejich biologická dostupnost. Může však také dojít k negativnímu ovlivnění využitelnosti některých aminokyselin vznikem chemických reakcí mezi živinami (Šterc & Štercová 2014b). Purushotham et al. (2007) uvádí, že celkově se považuje vliv tepelné

úpravy na stravitelnost bílkovin živočišného původu za spíše negativní. Naopak u některých rostlinných bílkovin dochází ke zlepšení jejich biologické dostupnosti díky inaktivaci nutričních faktorů (např. u luštěnin inhibitory trypsinu a chymotrypsinu).

Při špatném společném tepelném zpracování bílkovin a sacharidů vznikají tzv. Maillardovy produkty. Tyto produkty jsou nestravitelné, čímž se snižuje dostupnost některých aminokyselin. Jasně negativně působící látkou (působí karcinogenně) zde je akrylamid, který vzniká při společném zpracování bílkovin, tuků a cukrů za vysokých teplot (Zlatohlávek et al. 2016). Při Maillardově reakci redukující se cukr reaguje s volnou reaktivní aminoskupinou. Za nejvíce reaktivní aminokyselinu se považuje lysin. Pokud se lysin stane substrátem reakce, vzniknou modifikované deriváty lysinu, jako například fruktozalyzin, které mohou být částečně absorbovány, ale nemohou být tělem využity, čímž snižují biologicky dostupný obsah lysinu. Protože rychlost Maillardovy reakce závisí na teplotě, čase a tlaku během zpracování, lze očekávat, že větší množství blokování lysinu a vytvoření Maillardových reakčních produktů bude v lisovaných peletách nižší ve srovnání s extrudáty (Rooijen et al. 2014). Poměr zneprístupněného lysinu se zvyšoval se zvyšující se teplotou a snižující se vlhkostí u jednotlivě extrudovaných vzorků (Lankhorst et al. 2007).

Základním identifikátorem pro chovatele psů o správné stravitelnosti krmiva může být kontrola psích výkalů. Formované výkaly bez abnormálního zápachu značí, že potrava byla pro psa lehce stravitelná. Naopak neformované výkaly, časté vyprazdňování, nadýmání anebo průjmy svědčí spíše o těžko stravitelné potravě (Bartenschlager 1996).

Stravitelnost označuje skutečné množství krmiva, které tělo vstřebá a tím pádem i dále využije. Udává se v procentech a vypočítává se z rozdílu mezi živinami přijatými a živinami vyloučenými exkrementy. U vysoce stravitelného krmiva by se tak mělo exkrementy vylučovat relativně malé množství živin. Vhodné by zde však bylo spíše označení „zdánlivá stravitelnost“ neboť v exkrementech jsou také vylučovány střevní šťávy a buňky sliznic, které nepředstavují nestrávenou potravu (označujeme je za takzvané endogenní substance). Skutečná stravitelnost se pohybuje o něco výše (Bucksch 2018). S až 90 % stravitelností se tak můžeme setkat u krmiv nejvyšší kvality. U takto vysokých hodnot stravitelnosti už nezávisí jen na kvalitě vstupních surovin, ale také zejména na technologii zpracování (Dvořáková 2003).

Cílem zkoušek stravitelnosti je ověřit dostupnost živin určitého krmiva pro zvíře. U klasické metody dbáme na přesně odměřené množství krmiva, které musí být zkrmováno alespoň 6 psi po dobu minimálně 14 dnů. Během této doby jsou shromažďovány výkaly, které jsou následně analyzovány z hlediska obsahu živin. Průměrné denní množství živin absorbované organismem se vypočítává, jako rozdíl mezi příjmem živin v krmivu a odpadními produkty odcházejícími výkaly. Metabolické testy neboli bilanční zkoušky jsou rozšířené testy stravitelnosti, kdy se kromě výkalů shromažďuje také moč. Do výsledné kalkulace je poté potřeba ještě zahrnout další ztráty, jako například ztráty kůží a srstí. U mladých jedinců umožňují bilanční testy stanovit, jak velkém uchování bílkovin a minerálních látek v organismu dochází. Představuje taktéž vhodnou metodu pro stanovení kvality bílkovin v krmivu (Edney 1991).

Nechceme-li zjišťovat přesné množství spotřebovaného krmiva a množství vyloučených výkalů, můžeme koeficient stravitelnosti stanovit indikátorovou metodou. Při této metodě využíváme nestravitelnou látku – indikátor (např. oxid chromitý nebo oxid titaničitý), jehož procentuální obsah v krmné dávce a ve výkalech lze spočítat. Zjišťujeme, kolik výkalů

se vytvořilo z hmotnostní jednotky krmiva, jaký je poměr mezi množstvím krmiv spotřebovaných zvířetem a množstvím vyloučených výkalů. Ve výkalech se vylučuje veškerý přijatý indikátor včetně nestrávených živin. Látky, které označujeme jako indikátor a které přidáváme ke krmivu, musí být nestravitelné, nesmějí ovlivňovat trávení, zapojovat se do metabolických procesů, být produkovány v trávicím ústrojí, ničit nebo jinak ovlivňovat mikroorganismy, musí se jednat o látky neškodné pro zvíře a zároveň nesmí být zaměnitelné a musí se dát snadno identifikovat (Zeman et al. 2006).

Predikovat stravitelnost lze také s využitím metody *in vitro*, která je založena na měření účinku inkubace substrátu s enzymem v zařízení napodobující trávicí trakt zvířete. Využívají se směsice enzymů simulující trávení v různých částech trávicího traktu (Boisen 2000). Naopak metoda *in vivo* znamená v překladu v živých buňkách/organismech (Hüll et al. 2018).

Několik dalších studií se zaměřilo na vývoj nové metody *in vitro*, která by se dala použít v rámci hodnocení stravitelnosti komerčních diet pro psy. Nová metoda se skládá ze dvou inkubačních fází. První fáze trvá okolo 2 hodin a probíhá za pomoci pepsinu, žaludeční lipázy a HCl (žaludeční fáze). Druhá fáze trvá okolo 4 hodin a účastní se jí pankreatin se žlučovými solemi (střevní fáze). Výsledky stravitelnosti získané touto metodou *in vitro* (95,3 a 98,7 % pro etherový extrakt a škrob) byly velmi podobné výsledkům ze studie *in vivo* (průměrná stravitelnost extraktu v etheru byla 94,8 % a škrobu 99,1 %). Tato metoda se ukázala jako relativně jednoduchá a rychlá pro účely predikce stravitelnosti komerční stravy pro psy. Využití této metody může významně snížit potřebu pokusů s trávením *in vivo* u psů (Biagi et al. 2016).

Přesností laboratorních metod pro predikci zjevné stravitelnosti bílkovin a obsahu stravitelných bílkovin se zabývala další studie. Komerční suchá extrudovaná krmiva byla testována třemi různými metodikami: *in vitro* zkouškou stravitelnosti, metoda poklesu pH a pomocí technologie blízké infračervené spektroskopie (NIRS). *In vitro* zkouška měla za cíl nastavit inkubační podmínky stimulující procesy trávení v žaludku a tenkém střevě s působením pepsinu a pankreatinu. Metoda poklesu pH využívá multienzymový roztok, po jehož přidání se zaznamenávají změny pH. NIRS je spektroskopická metoda, která využívá blízkou infračervenou oblast z elektromagnetického spektra, která je schopna proniknout hluboko do zkoumaného vzorku. K určení přesnosti výsledku a přesnosti zjištěných vztahů byla použita lineární regrese mezi studovanými parametry. Výsledek ukázal, že všechny tři metody použité v této studii umožňují přesnou předpověď obsahu stravitelných bílkovin v krmivech pro psy. Nejpresnější se však ukázala metoda *in vitro*, která vykazovala nejvyšší přesnost hodnoty stravitelnosti surového proteinu (Hervera et al. 2009).

3.5.2.2 Vyváženost krmné dávky

Vyváženost živin v krmné dávce musí být vždy přizpůsobena na míru dle potřeb daného jedince a musí být zajištěna v časovém úseku týdnů i měsíců. Z biologického hlediska nemusí každé jednotlivé krmivo být připravováno tak, aby bylo kompletně vyvážené, neboť každý organismus má k dispozici určité zásobní kapacity. Je však důležité upozornit, že docílení požadovaného množství určitých živin jejich podáváním jednou týdně nebo jednou měsíčně není rozhodně dostačující a může být naopak spíše kontraproduktivní. Souvisí to s omezenou kapacitou trávicí soustavy pro vstřebávání některých živin. Jednorázové podávání velkého množství určitých živin může naopak brzdit nebo znesnadňovat vstřebávání jiných látek.

Zásobní kapacita endogenních orgánů a tkání se však i značně liší dle druhu živiny. Jako příklad je možné uvést makroprvky vápník a fosfor, ty by měly být zajištěny stále, pravidelně a nejlépe denně. Zatím co vitamín A nebo měď se mohou podávat psovi v odpovídajícím množství i jen jednou týdně (Bucksch 2018).

3.5.2.3 Zdravotní nezávadnost

Komerční krmivo pro domácí zvířata by mělo být bezpečné zejména pro dlouhodobé zkrmování. Z nedávných studií však vyplývá, že tomu tak být vždy nemusí. Výrobky pro zvířata v zájmovém chovu vyžadují nezávislé testování k ověření bezpečnosti a souladu s předepsanými normami. Opakované testování by mělo vést k trvalému zajištění bezpečnosti prodáváných produktů. Například příznaky působení některých toxických kovů se mohou projevit až po měsících či dokonce rocích. V takových případech je jednorázový průzkum kvality krmiva nedostatečný. Důležité jsou tedy dlouhodobé monitorovací programy, které se taktéž zaměřují na stanovení limitů a norem pro určité látky obsažené v krmivech (Dunham-Cheatham et al. 2019).

Nebezpečné jsou například vysoké koncentrace rtuti, které se vyskytují zejména u krmiv, kde hlavní složku krmiva tvoří ryby (Dunham-Cheatham et al. 2019). Známá je taktéž řada případů, kdy krmiva pro psy obsahovala toxické mykotoxiny (např. aflatoxiny), byla kontaminována veterinárními léčivy či obsahovala bakterie salmonely (Carrión & Thompson 2014).

3.5.2.4 Chuťové a vizuální aspekty krmiva

V rámci laboratorních výzkumů bylo prokázáno, že psi preferují hovězí, vepřové a jehněčí maso před masem kuřecím, koňským a játry. Převládá taktéž preference masa před cereální stravou. Dávají přednost masu z konzervy před masem čerstvým, mletému masu před masem nakrájeným na kostičky a vařenému masu před masem syrovým. Oblíbenější jsou konzervovaná nebo vlhká krmiva před krmivy suchými. Zdá se však, že i další řada faktorů doposud neznámým způsobem s některými chuťovými preferencemi domácích psů, jako například pohlaví, reprodukční stav, váha, plemeno či dokonce vztah k majiteli. Jedná se o poměrně složitou interakci mezi chutí, strukturou a čichovým vjemem zvířete. Předpokládá se však, že výběr stravy by mohl odrážet vnitřní potřeby zvířete a pomoci mu k dosažení vnitřní homeostázy (Alegria-Morán et al. 2019).

Průmysl zaměřující se na výrobu psích krmiv zahrnuje do krmiv nejrůznější chuťové přísady, a to jak přírodního, tak průmyslového původu. Často se také jedná o tukovou pokrývku, která v některých případech může narušit regulaci příjmu psů a vést k problémům s obezitou (German 2006). Hned několik studií prokázalo, že pokud je psům dána svoboda při výběru krmiv lišících se obsahem bílkovin, psi si vybírají krmivo obsahující mezi 25-30 % bílkovin, což značně převyšuje jejich minimální požadavky na obsah bílkovin. Výběr potravy je taktéž silně ovlivněn předchozími zkušenostmi jedince. Psi krmení stejnou stravou po dlouhou dobu často vykazují preferenci nové diety. Našli se však i tací, co odmítli nové krmivo. Tyto rozdíly se zdají být specifické pro konkrétní plemena (Watson 2011).

Barviva jsou přírodní nebo syntetické látky, které se přidávají do zvířecího krmiva, aby mu propůjčily určitou barvu (a tím zlepšily jeho atraktivitu) nebo zabránily odbarvení. Od jejich

používání se však postupně ustupuje, neboť psi jsou téměř barvoslepi a barevnost krmiva se ukázala jako nepodstatná v rámci preference krmiva. Od krmení dobarvenými krmivy postupně upouštějí i sami majitelé (Bucksch 2018).

3.5.2.5 Plnivost

V závislosti na typu vlákniny a na úrovni zařazení může vláknina zvýšit a udržet pocit sytosti a oddálit nástup hladu. Zahrnutí fermentovatelné vlákniny do psích diet může sloužit jako prevence proti nadváze nebo přímo ke zmírnění obezity (Bosch et al. 2009). Doporučuje se však dieta sestavená tak, aby obsahovala jak více vlákniny, tak i vyšší obsah bílkovin. Takováto dieta je více nasycující, než diety obsahující pouze vysoký obsah vlákniny nebo jen vysoký obsah bílkovin. Větší nasycení mělo u psů uklidňující účinek, což vedlo k snížení dobrovolného příjmu krmiva, mezi které řadíme například žebrání či takzvané úklidové chování (Weber et al. 2008).

3.6 Základní způsoby výroby suchých krmiv

3.6.1 Extruze

Úprava krmiv extruzí neboli vytlačováním se praktikuje již více než 60 let. Dnes se jedná o nejčastěji používaný proces pro výrobu suchých krmiv, které se následně zkrmují u široké škály živočišných druhů. Hlavní roli při výrobě hraje vhodný výběr vstupních surovin. Ty mají významný vliv na konečnou strukturu produktu, uniformitu, extrudovatelnost, nutriční kvalitu a ekonomickou výhodnost finálního produktu. Obecně se během extruzního vaření obilná zrna, proteinové složky a moučné materiály přemění na takzvané těsto. Škrobové složky želatinují, což má za následek podstatnou absorpci vlhkosti a zvýšenou viskozitu daného těsta. Významnou roli hraje taktéž velikost částic přidaných surovin. Je žádoucí, aby částice měly jednotnou velikost a hustotu, aby se předcházelo segregaci během míchání a transportu před samotným vytlačováním (Rokey et al. 2010).

Extrudér je složený ze zásobníku/podavače, předkondicionéru, vytlačovacího vaříče a sestavy matic/nožů. Každá část je navržena, aby plnila svoji funkci v procesu vaření a tvorby finálních produktů. Provozní podmínky lze upravit tak, aby se docílilo žádaných vlastností hotových výrobků. Zásobník neboli podavač umožňuje rovnoměrné dávkování surovin do předkondicionéru a následně do extrudéru. Předběžný kondicionér má na starosti vlhkost surovin, což zlepšuje stabilitu extrudéru a zvyšuje kvalitu konečného produktu. Vlhkost se rovnoměrně nanáší ve formě vody nebo páry. Cílem je dosáhnout obsahu vlhkosti okolo 10 až 25 %. V této části procesu je možné přidat čerstvé maso, oleje, příchutě, barviva a další kapalné přísady. Dále materiál vstupuje do válce extrudéru, kde dochází k hlavní transformaci materiálu (Rokey et al. 2010).

Počáteční část extrudéru funguje jako odměřovací zóna. Dále materiál postupuje do takzvané zpracovatelské zóny, kde dochází k míchání a zpracovávání těsta. V extrudéru dochází k nárůstu teploty zároveň se vstřikováním páry, což vede k zahájení procesu vaření. Extrudát má na konci této fáze tlak 34 až 37 atmosfér, teplotu 125 až 150 ° C a obsah vlhkosti 23 až 28 %. Vytlačovací komora je opatřena koncovou maticí, která omezuje tok produktu, což napomáhá k vyvinutí požadovaného tlaku a zároveň formuje opouštějící extrudát. Konečné

matrice mohou být jednoduché s předem stanoveným počtem kulatých otvorů o určité velikosti nebo mohou nabízet různé varianty kombinací tvarů a velikostí (Rokey et al. 2010).

Následuje proces sušení a chlazení, kdy dochází k snížení hladiny vlhkosti. V některých případech může proces sušení zahrnovat další tepelné zpracování produktu (např. vytvoření „opečené“ příchuti a vzhled finálního produktu). U suchých extrudovaných produktů by konečný obsah vlhkosti měl být okolo 10 %, aby se zabránilo růstu plísní a bakterií. Sušení probíhá nejčastěji v takzvaných horizontálních dopravníkových sušičkách za teploty vzduchu okolo 90 až 180 ° C. Rozdíly jsou způsobeny zejména obsahem vlhkosti, velikostí, tvarem a hustotou vstupního produktu. Teplota, čas, hloubka lože a rychlost proudění vzduchu jsou v sušičce řízeny tak, aby se docílilo rovnoměrného a úplného sušení. Následuje nanášení tukové vrstvy, popřípadě příchutí, jejichž hlavním cílem je zvýšit chutnost finálního produktu. Je dokázáno, že chutnost krmiva pro psy se po aplikaci tepelné energie snižuje. Na extrudované a vysušené krmivo lze ještě pomocí tzv. nástřiku nanést tuk obohacený o vitamíny. Tímto procesem se kompenzují ztráty vitamínů, které se vlivem tepla a tlaku v průběhu výroby zničily. Další možnou variantou je použití nadměrného množství vitamínů ke kompenzaci ztrát vzniklých během zpracování a skladování. Použít se také dají tepelně stabilní formy vitamínů (silikonové nebo želatinové zapouzdřené formy). Poté následuje chlazení v chladiči (Pacheco et al. 2018; Rokey et al. 2010).

Účinky extruze na nutriční kvalitu jsou nejednoznačné. Mezi příznivé účinky patří například destrukce antinutričních faktorů, želatinace škrobu, zvýšení množství rozpustné vlákniny a snížení oxidace lipidů. Na druhou stranu dochází k snižování nutričních hodnot bílkovin v závislosti na použitých vstupních surovinách, jejich složení a podmínkách procesu extruze. Dochází také ke ztrátě tepelně labilních vitamínů. Vhodné podmínky extruze (vysoký obsah vlhkosti, krátká doba extruze a nízká teplota) zlepšují výživovou kvalitu, zatímco vysoké teploty (200 ° C), nízký obsah vlhkosti (méně než 15 %) a nesprávné složení (např. vysoké množství vysoce reaktivních cukrů) můžou nepříznivě ovlivnit kvalitu daného produktu. Proto je nezbytná pečlivá kontrola všech parametrů v rámci procesu extruze (Singh et al. 2007).

3.6.2 Pečené krmivo pro psy

Většina psiho krmiva se vyrábí pomocí extruze, avšak před 100 lety bylo častější krmivo pečené. Pečené sušenkové pochoutky mají své místo na trhu i dnes. Pečení je označováno jako tradiční, pomalý a šetrný proces, který umožňuje zachování živin a chutnosti výsledného produktu. Proces výroby není zdaleka tak složitý. Jedná se o smíchání všech přísad spolu s vodou (obsah vlhkosti okolo 35 %), následně hnětením vzniká těsto, které se pokládá na rotační formovač. Těsto je lisováno pomocí formy do požadovaného tvaru. Následuje pečení při cca 200 ° C v tunelové peci po dobu cca 10 minut. Po 10 minutách pečení by krmivo mělo obsahovat okolo 10 % vlhkosti. Následuje vychladnutí a zabalení (Beynen 2020a).

Zakomponování masa, vnitřností či dalších vedlejších produktů masného původu do sušenek probíhá tak, že se dané suroviny namelou, usuší při 60 ° C po dobu 15-16 hodin a následně se opět melou. Daný prášek se pak míchá s vodou. Danými prášky se pak dá například nahradit rafinovaná pšeničná mouka, čímž se sníží celkový obsah škrobu v sušenkách. Často se používají například játra, neboť jsou bohatým zdrojem bílkovin, vitamínů a minerálů.

Čerstvé maso se pak využívá například jako zdroj železa a vitamínů (např. riboflavin, niacin, B12 a další) (Virk et al. 2019).

Pečené krmivo pojímá méně vzduchu a má tak vyšší hustotu než krmivo extrudované. To umožňuje krmit psy menším objemem, ale ne nutně s nižší hmotností ve srovnání s extrudovaným krmivem. Výrobci se taktéž chlubí vyšší chutností a lepší stravitelností. Předpokládá se, že by daná úprava krmiva neměla způsobovat nadýmání ani přetočení žaludku, ale jedná se o vědecky nepodložené tvrzení vycházející z poznatků, že pečené krmivo nebobtná. Neexistují žádné publikované studie, které by se zabývaly porovnáním stravitelnosti pečeného a extrudovaného krmiva se stejným složením (Beynen 2020a).

3.6.3 Lisování za studena (peletování)

Lisované krmivo neboli kompaktní tyčinkovité pelety s hladkým povrchem jsou na trhu nejkratší dobu. Jedná se typ krmiva, jenž zaručuje, že při výrobě nebylo použito vysokých teplot, a že dané krmivo disponuje vysokou stravitelností. Výroba by měla spočívat v lisování za studena, což by mělo vést k zachování všech přírodních chutí a základních živin. Pelety stejně jako extrudovaná krmiva však obsahují jako jednu z hlavních přísad tepelně ošetřenou zvířecí moučku. Často také obsahují již předvařené zdroje škrobu, čímž se chce docílit lepší přístupnosti pro pankreatickou amylázu. Bylo zjištěno, že lisované krmivo obsahující 30-60 % nepředvařené kukuřice zapříčinilo vyvolání průjmů u testovaných psů. Taktéž by dané krmivo mělo snižovat nadýmání a riziko obrácení žaludku u psů. Zde se však jedná o nepodložená tvrzení (Beynen 2020b).

„Lisované za studena“ je ve své podstatě jen reklamní fráze, jejímž hlavním cílem je odlišit dané krmivo od krmiv extrudovaných. Proces výroby však zcela za studena neprobíhá. Během procesu lisování teplota na krátký čas stoupá na přibližně 80 ° C (extruze 130 ° C). Peletování zahrnuje proces zhutnění a vytlačování směsi přes matici, kde jsou poté následně řezány na požadovanou velikost. Během vytlačování je směs zvlhčená a zahřátá. Lisované a extrudované krmivo o stejném složení bylo podrobeno preferenčnímu testu u 30 psů. Poměr příjmu u lisovaného a extrudovaného krmiva byl 34:66, což naznačuje, že psi dávají větší přednost extrudovanému krmivu před lisovaným (Beynen 2020b).

3.7 Další možnosti dělení krmiv

3.7.1 Dělení krmiv dle kvality

Mezi všemi na trhu dostupnými průmyslovými krmivy jsou rozdíly jak ve složení, tak zejména v kvalitě použitých vstupních surovin. Kvalita a cena surovin následně ovlivňují i cenu výsledného produktu. Neznamena však, že vysoká cena krmiva značí vysokou kvalitu. Není proto vhodné používat cenu jakožto hlavní měřítko při výběru krmiva. U levného krmiva nelze vysokou kvalitu očekávat prakticky nikdy, ale ani drahé krmivo nemusí mít vždy kvalitní složení. Významnou roli zde hraje zejména značka a reklama, jaká se danému krmivu dostává. Poznat dostatečně kvalitní krmivo není vždy úplně jednoduché. Při výběru krmiva bychom se tedy měli v první řadě zaměřit na jeho složení. Majitel psa je tak odkázán důvěřovat informacím, které jsou uvedené na obalu (Šterc & Štercová 2014b).

Informace na obalu by se měly skládat ze dvou částí - základního a informačního panelu. Základní panel se nachází na přední straně obalu a informuje kupujícího o názvu a značce krmiva a o kategorii psů, pro které je dané krmivo určeno. Hlavním úkolem základního panelu je upoutat pozornost zákazníka, nikoliv umožnit posouzení kvality daného produktu. Označení krmiv, které se dnes využívá, jako například: premium, superpremium, ultra premium, holistic nebo natural nemají v současné době žádný legislativní význam. Jedná se tedy pouze o obchodní označení, stejně jako označení premium (např. Purina Pro Plan, Eukanuba nebo ANF), superpremium (např. Carnilove a Marp) nebo economy (JosiDog a Dogland). Takto se značí produkty s odlišnou volbou vstupních surovin a různě vysokými výrobními náklady. Neznamena to však, že by prémiové krmivo jednoho výrobce nemohlo mít lepší kvalitu než superprémiové krmivo od jiného výrobce. Proto je důležité věnovat pozornost zejména informačnímu panelu (Šterc & Štercová 2014b; Girginov 2007).

Informační panel se většinou nachází na zadní straně či na boku obalu. Tato část obsahuje informace požadované legislativou, jako například seznam použitých surovin, deklarovaný obsah živin a doporučené dávkování. Dále jsou zde uváděny informace o výrobcí a distributorovi, kteří by nám v případě zájmu měli poskytnout podrobnější informace o složení krmiva. Seznam surovin, které byly použity při výrobě, by měl zahrnovat všechny komponenty, které dané krmivo obsahuje v sestupném pořadí dle hmotnosti. Uváděny jsou buď jednotlivě (např. drůbež, jehněčí, rýže,...) nebo v kategoriích (např. oleje a tuky, cereálie atd.). Krmivo, kde na prvních místech v seznamu budou jednodruhové živočišné produkty, bude jistě kvalitnější než krmivo, které bude mít na prvních místech uvedené obiloviny nebo vedlejší živočišné produkty (Šterc & Štercová 2014b; Bucksch 2018). Dále by na informačním panelu mělo být uvedeno, jedná-li se o krmivo kompletní nebo doplňkové. V případě doplňkového krmiva musí být obsažena informace o tom, co se musí přikrmovat, aby dávka byla kompletní. Musí zde být uvedeno pro jaké použití je krmivo vhodné (např. krmivo pro psy v růstu). Návod na použití by měl obsahovat informace zejména o množství krmiva na den. Jedná se však jen o doporučené množství. Důležité je také datum expirace, číslo šarže, registrační číslo, obsažené aromatické látky, vitamíny a stopové prvky. (Bucksch 2018).

V rámci seznamu obsažených živin se udávají hodnoty v gramech na 100 gramů krmiva. Na daném seznamu nesmí chybět informace o množství hrubého proteinu, hrubého tuku, hrubé vlákniny, hrubé popeloviny a vody (vlhkost), přesahuje-li 14 %. Údaje o dalších živinách nejsou povinné. Těmi mohou být například cukr, škroby, určité aminokyseliny (lyzin, methionin, cystin atd.) a makroprvky jako je vápník, fosfor, sodík, draslík a hořčík (Bucksch 2018).

3.7.1.1 Jednotlivé složky krmiv

- **Maso a vedlejší živočišné produkty** – všechny tělesné části poražených teplokrevných zvířat, čerstvé nebo konzervované včetně všech produktů a derivátů vzniklých zpracováním teplokrevných poražených zvířat nebo jejich částí
- **Ryba a vedlejší produkty z ryb** – čerstvé nebo konzervované ryby nebo jejich části či vedlejší výrobky z jejich zpracování
- **Mléko a mléčné výrobky** – čerstvé nebo konzervované včetně vedlejších výrobků vzešlých z jejich zpracování

- **Večce a vaječné výrobky** – čerstvé nebo konzervované včetně vedlejších výrobků vzešlých z jejich zpracování
- **Obiloviny nebo cereálie** – všechny druhy obilovin, nezávisle na jejich úpravě, stejně jako všechny výrobky vzešlé ze zpracování mouky
- **Oleje a tuky** – jak živočišné, tak rostlinné
- **Zelenina** – všechny druhy čerstvé nebo konzervované zeleniny a luštěnin
- **Vedlejší produkty rostlinného původu** – vedlejší produkty vzešlé ze zpracování rostlinných výrobků, zejména obilovin, zeleniny, luštěnin a olejnin
- **Rostlinné bílkovinné extrakty** – výrobky rostlinného původu, jejichž bílkovina byla koncentrována pomocí vhodných procesů na minimálně 50 % hrubého proteinu v sušině
- **Pekárenské produkty** – všechny produkty pocházející z výroby pečiva
- **Doplňkové látky** – vitamíny a stopové prvky (nikoli hormony a antibiotika)
- **Minerální látky a aminokyseliny** – neřadí se mezi doplňkové látky
- **Konzervační látky** – látky chránící před zkažením, plísněmi, bakteriálním rozkladem, ztrátou barvy a poškozením při běžných skladovacích podmínkách
- **Antioxidanty** – ochrana před oxidací tuků
- **Barviva** – přírodní nebo syntetická, propůjčují barvu a zabraňují odbarvení (Bucksch 2018; Edney 1991)

3.7.2 Dělení krmiv dle kategorie psů

Potřeba živin se u psa počítá na kilogramy hmotnosti metabolické. Mění se však v závislosti na výkonu (potřeba kalorií) a aktivitě, plemenu, typu srsti, stáří (mladý jedinec v růst vs. senior), během březosti a kojení, popřípadě také u různých onemocnění (Bucksch 2018).

3.7.2.1 Březí a kojící feny

Obecně by březí a kojící feny měly být krmeny energeticky vydatným a vysoce stravitelným krmivem s vyváženým obsahem vitamínů a minerálů. V první polovině březosti se potřeba energie u feny téměř nezvyšuje. Obsah energie krmiva se doporučuje přizpůsobit až od 5. týdne březosti. Během posledního trimestru se zvyšuje příjem krmiva až o 1,25-1,5násobku původního příjmu. V tu dobu se doporučuje krmít několika malými jídlý denně. Feny s průměrně velkými vrhy by neměly přibrat více než 15-25 % jejich původní tělesné hmotnosti. Během březosti se zvyšují požadavky na příjem bílkovin až o 70 %. Nedostatek bílkovin během březosti může vést ke snížení porodní hmotnosti a zvýšení úmrtnosti u novorozeneých štěňat (Greco 2008).

Požadavky na tuky a esenciální mastné kyseliny (např. kyselina linolová či alfa-linoleová) se taktéž zvyšují jak během březosti, tak i v průběhu laktace. Nedostatek esenciálních mastných kyselin bývá spojován s předčasnými porody, špatným vývojem placenty a malou velikostí vrhu (Greco 2008). V posledním týdnu březosti se doporučuje obsah bílkovin ve výši minimálně 35 % sušiny krmiva. Pro zvýšení stravitelnosti, kvality a koncentrace energie má význam vysoký obsah tuku (10-25 % v sušině). Podíl sacharidů by se měl pohybovat přes 20 %

sušiny. Během posledních dnů březosti také stoupá potřeba vápníku a fosforu, a to až o 60 % (Bucksch 2018).

Během laktace se ještě více zvyšují požadavky na bílkoviny, a to zejména u velkých vrhů. Důležité je udržení dobré tělesné kondice feny, jinak hrozí snížení produkce mléka, což se následně odrazí minimálně na zpomalení růstu štěňat. Kojení je energeticky extrémně náročné. Energetické požadavky se tak mohou zvýšit až trojnásobně (v porovnání s bazálními požadavky). Během laktace exponenciálně roste potřeba vápníku, a to zejména u psů malých plemen, kde hrozí zvýšené riziko výskytu eklampsie (Greco 2008). Podíl živočišných bílkovin by měl činit minimálně 50 % a zdroj bílkovin by měl být vysoké biologické hodnoty. Od 5. týdne věku štěňat klesá u feny produkce mléka. V danou dobu začínají štěňata přijímat potravu samostatně. Ideálně by fena po porodu měla vážit o 5-10 % více, než před přípuštěním (Bucksch 2018).

3.7.2.2 Štěňata a mladí psi

V prvních týdnech života se štěňata vyživují výhradně mateřským mlékem. Od 4. týdne již můžeme začít přikrmovat (Bucksch 2018). U štěňat ve věku od 4 týdnů do 12 měsíců se tempo růstu dramaticky liší v závislosti na velikosti plemene. Například toy puld může být pohlavně a fyziologicky dospělý v 6-8 měsíci věku, kdežto německá doga dosahuje dané dospělosti až mezi 28-36 měsícem. Tyto rozdíly je potřeba brát v potaz při výběru vhodného krmiva i při přechodu na krmivo pro dospělé psy. Vzhledem k těmto rozdílům můžeme na trhu sehnat krmiva jak pro malá, střední, velká i obří plemena. Dieta pro malá štěňata je postavena na vyšším obsahu energie a bílkovin. U velkých a obřích plemen se dbá na nižší obsah kalorií s dostatečným množstvím bílkovin pro podporu správného růstu a vývoje. Překrmování štěňat těchto plemen vede k vyššímu výskytu osteoartróz a obezity. Ideální krmivo pro rostoucí štěňata by mělo obsahovat alespoň 25 % bílkovin (Greco 2008).

Greco (2008) také tvrdí, že optimální množství omega-3 a omega-6 mastných kyselin je nezbytné pro podporu imunitního systému, tak pro zdravou kůži a srst. Například kyselina linolová má významný vliv na růst a vývoj štěňat. Kyselina dokosaheptaenová je důležitá u štěňat do dvanáctého týdne věku pro zlepšení paměti, vidění (vývoj sítnice) a sluchu. Jedním z nejdůležitějších aspektů je však dostatečné množství vitamínů a minerálů zejména u velkých plemen. Koncentrace vápníku nesmí být nízké, ale ani vysoké (optimum 0,8-1,5 %). Nedostatek vápníku u štěňat německé dogy vedl ke snížení růstu a častějšímu výskytu patologických zlomenin, nadbytek naopak k různým vadám kostí a nerovnoměrnému růstu. Krmiva pro štěňata malých, velkých a obřích plemen obsahují specifický poměr vápníku a fosforu k řízení růstu a vývoje chrupavek a kostí. V období odstavu mohou být štěňata náchylnější na průjmy, doporučuje se tedy podávání probiotik pro obnovu a stabilizaci střevní mikroflóry.

3.7.2.3 Stárnoucí psi

Věk, kdy pes přechází z dospělosti do stádia psa stárnoucího/seniora je variabilní a zároveň subjektivní. Krmiva pro starší psy jsou často doporučována již od 5 let věku. Záleží zde však na plemeni, neboť existuje dobře známá korelace mezi velikostí plemene a průměrnou délkou života. Je dobré u všech starších psů provádět pravidelné a komplexní hodnocení fyzických, životních a výživových faktorů. Některé ze změn souvisejících se stárnutím přímo

ovlivňují trávení a asimilaci potravy. Důležité je tedy zjištění, zda je psí senior zdravý. Následně je dobré dbát na kvalitní a lehce stravitelné přísady z důvodu snížené schopnosti vstřebávání některých živin. Obecně lidé i zvířata tíhnou s přibývajícím věkem k ukládání tuku a úbytku svalstva. V krmivu se tak musí zobrazit snížená energetická potřeba (cca o 20 %) a to i vzhledem k snižující se tělesné aktivitě. Oproti mnoha tvrzením, nemají starší psi (se zdravými ledvinami) sníženou potřebu bílkovin (Larsen & Farcas 2014; Bucksch 2018).

U starších psů vzniká vysoká živinová potřeba zinku (přibližně dvojnásobek), většiny vitamínů, esenciálních mastných kyselin a antioxidantů. Zde je vhodné zvážit výběr vhodných doplňků stravy (Bucksch 2018). Ke zlepšení příznaků kognitivní dysfunkce se doporučují jak antioxidanty, tak omega-3 polynenasycené mastné kyseliny s dlouhým řetězcem (PUFA). Ty se ukázaly jako prospěšné pro vývoj mozku u stárnoucích psů (Larsen & Farcas 2014).

3.7.2.4 Aktivní psi

Za psy se zvýšenou aktivitou se považují ti, kteří jsou aktivní denně více než 3 hodiny. Do této kategorie spadají nejčastěji sportovní a pracovní psi, jako například psi saňoví, lovečtí, dostihový nebo ti, co běhají či jinak sportují se svými páníčky. Tito psi mají přirozeně vyšší energetickou spotřebu než psi, které můžeme označit za gaučové povaleče. Více energie do krmiva můžeme přidat navýšením sacharidů, ale rovněž i tuků. Musíme však brát v potaz nutnost navýšení i zbývajících životně důležitých živin. Psi, kteří podávají krátkodobé vysoké výkony (např. dostihový psi), potřebují přijímat energii nejlépe ze sacharidů, neboť ty mohou být jako zdroj energie využity rychleji. U psů, kde mluvíme spíše o vytrvalostních výkonech (saňový psi, lovečtí psi atd.), může být zvýšení energie dosaženo také navýšením dávky tuku. Zvýšená potřeba energie a živin je však potřebná pouze ve dny, kdy je pes více aktivní. V běžných dnech či mimo sezonu zůstává potřeba energie na normální úrovni. Zda pes dostává optimální krmivo z pohledu složení energie a živin je možné posoudit dle pravidelné kontroly hmotnosti a celkového zdravotního stavu včetně výkonnosti jedince (Bucksch 2018).

3.7.2.5 Plemena a velikost

V obchodech můžeme sehnat také krmiva pro psy různých plemen. Pro plemena psů s dlouhou srstí jsou vhodnější krmiva obsahující větší množství sirných aminokyselin. Velká plemena, jako například dogy, mohou mít problémy s vlhkým krmivem. To může u daných plemen způsobit měkký trus a nadýmání. V daném případě je lepší přejít na suché krmivo. Dále však existuje jen málo důkazů, že by pro konkrétní plemeno bylo nezbytně nutné nebo zvláště výhodné jakékoliv speciální krmivo. Vhodné je se spíše zaměřit na individuální nesnášenlivost či preference konkrétního psa. Nejlepším ukazatelem zůstává zdravé trávení, tj. bez průjmů, nadýmání a abnormalit v množství trusu (Bucksch 2018).

3.7.2.6 Psi s nadváhou

Psí obezita je běžná porucha výživy, která postihuje až 40 % populace psů v zájmovém chovu ve vyspělých zemích (Rohlf et al. 2010). Faktory, které přispívají k obezitě, jsou tři: genetické predispozice, reprodukční management a dietní/pohybové řízení ze strany člověka (Bland et al. 2009). Obezita může být příčinou různých doprovodných onemocnění, jako

například artróza, onemocnění srdce a oběhového systému, cukrovka atd. O obezitě mluvíme, přesáhne-li ideální hmotnost o více jak 20 % (od 10 % mluvíme o počínající nadváze). Nejčastější příčinou obezity je nadměrný příjem energie z krmiva a pamlsků. Vinu za rostoucí váhu může mít však i například hormonální onemocnění (Bucksch 2018).

Jedním z možných řešení je tzv. redukční dieta. Ta je postavena na principu snížení příjmu kalorií při dostatečném zásobování všemi ostatními životně důležitými živinami. Důležité je zajištění dostatečného příjmu bílkovin, pro udržení svalové hmoty. Významnou roli hraje také dostatek pohybu a dalších aktivit. Pohyb je však nutné navyšovat postupně. Vhodné je sestavit si výživový plán a zaznamenávat každodenní množství přijatých kalorií psem. Cílem je denně přijaté množství energie redukovat pomalu a postupně, neboť rychlý úbytek hmotnosti není taktéž pro zdraví vhodný. Míra úspěšného úbytku hmotnosti se u psů pohybuje kolem 0,5-2 % týdenního úbytku tělesné hmotnosti (Bucksch 2018; Linder & Parker 2016).

3.8 Nežádoucí reakce na krmivo

3.8.1 Alergická reakce a potravní intolerance

Nežádoucí reakce na krmiva jsou způsobeny zejména individuální nesnášenlivostí vůči běžně tolerovaným potravinám. Nežádoucí reakce vzniká na základě imunologického mechanismu se označuje jako potravní alergie, neimunologická forma se nazývá potravní intolerance. Potravní alergie zprostředkovaná IgE je nejběžnější a nejnebezpečnějším typem nežádoucí reakce na potravu. Vyvolává respirační, gastrointestinální, kožní a kardiovaskulární příznaky, ale může vést až k život ohrožujícím reakcím v podobě anafylaktického šoku. Potravní intolerance jsou způsobeny především enzymatickými defekty v trávicím systému (Ortolani & Pastorello 2006).

U potravních alergií (taktéž přecitlivělost na potraviny) bývá hlavním problémem svědění, které je většinou rezistentní na kortikoidy. Ve 20-30 % případů mají psi současně atopickou/bleší alergickou dermatitidu. Spolehlivou diagnózu lze stanovit pouze pomocí dietních pokusů s eliminací a provokací. Provokační testování je nezbytné pro identifikaci konkrétní příčinné složky (složek) potravin. Terapie spočívá ve vyhýbání se problematickým potravním komponentám. Alergie se vyskytují jak v rámci obou pohlaví, tak i u všech psích plemen v jakémkoliv věku (4 měsíce až 14 let). Přesto jsou plemena, u kterých je vyšší riziko výskytu, jako například boxeři, kokršpanělové, kolie, dalmatini, němečtí ovčáci, knírači nebo retrívři. První příznaky se nejčastěji objevují před dosažením jednoho roku věku. Mezi nejčastější psí alergeny patří hovězí (36 %), mléčné výrobky (28 %), pšenice (15 %), jehněčí a skopové (6,6 %), vejce (10 %), kuřecí (9,6 %), sója (6 %), vepřové (4 %), králíci (1 %) a ryby (1 %) (Verlinden et al. 2006).

Potravní intolerance se popisuje jako abnormální reakce na potravinu nebo přísadu, která připomíná alergickou reakci. Daná reakce ale nezahrnuje imunitní mechanismy. Nespecifická citlivost na stravu, potravní toxicita (otrava), anafylaktická reakce na potraviny, farmakologické a metabolické reakce na potraviny, dysbioza (narušená mikrobiota) a dysmotilita, to vše jsou formy potravní intolerance (Verlinden et al. 2006; Craig 2018). Reakce v rámci potravní intolerance jsou různé, obvykle závislé na dávce bez ohledu na věk zvířete. První známky se mohou objevit několik hodin či dní po konzumaci potraviny a mohou

trvat hodiny i dny. Neexistují žádné specifické diagnostické testy, a tak identifikace nežádoucí potravy může být velice náročná, a to zejména vezmeme-li v potaz, že se může jednat i o celou skupinu potravin. Řadíme sem například nesnášenlivost sacharidů (např. intolerance laktózy – průjemy a nadýmání a kaseinu u dospělých psů) (Craig 2018).

Diagnostika nežádoucí reakce na krmivo není tak obtížná. Problémem však zůstává rozpoznání nežádoucí reakce na krmivo, od ostatních onemocnění s podobnými příznaky (atopie, alergie na bleší kousnutí, svrab, bakteriální a kvasinkové dermatitidy atd.) Pokud jsou všechny ostatní možné varianty vyloučeny, nastává správný čas nasadit tzv. eliminační dietu s následným provokačním testem. Eliminační dieta spočívá v tom, že je psovi podáno nové krmivo obsahující zdroj proteinů a sacharidů, se kterým se zvíře v minulosti nasetkalo po dobu minimálně 12 týdnů. Většinou se jedná o krmiva s vybranými méně běžnými zdroji bílkovin a sacharidů nebo se také jedná o diety, kdy jsou bílkoviny a sacharidy rozštěpeny do menších molekulových velikostí, které nevyvolávají nežádoucí reakci (hypoalergenní diety, diety s hydrolyzovanými proteiny). Dieta se dodržuje po dobu minimálně 12 týdnů bez možnosti dokrmovat zvíře čímkoliv dalším (např. pamlsky). Pokud u psa dojde během 12ti týdnů ke zmírnění nebo dokonce odeznění příznaků, přistupuje se k tzv. provokačnímu testu. V rámci tohoto testu se opět zvíře začne krmit původním krmivem. Pokud dojde k opětovnému objevení příznaků, jedná se jistě o potravní alergii. Následně se doporučuje návrat k eliminační dietě a testování jednotlivých možných alergenů k odhalení toho vyvolávajícího (Kennis 2005).

3.8.2 Potravinová toxicita

Toxiny pocházející z rostlin, přebytku živin, z kovů, ze specifických potravin, taktéž máme toxiny zapojené do procesu výroby potravin a toxiny produkované během skladování v důsledku mikrobiálního znehodnocení, to vše může vést k potravinové toxicitě (otravě). Po požití životaschopných bakteriálních buněk vnímavým psem může vést ke vzniku potravinové infekce. To obvykle trvá 12-24 hodin po požití kontaminované potravy. Příklady patogenních bakterií zahrnují druhy *Salmonella*, *Escherichia coli* a *Campylobacter*. Zdraví psi jsou poměrně rezistentní vůči patogenním účinkům těchto bakterií. Intoxikace potravinami je výsledkem požití potravy, která již obsahuje mikrobiální toxin. Klinické příznaky se mohou objevit rychle, někdy i do hodiny po požití. Psi patří mezi druh citlivější na účinky aflatoxinu a mykotoxinu, které jsou produkovány druhy z rodu *Aspergillus*. Běžnými kontaminanty mykotoxiny jsou zejména kukuřice, pšenice a další obiloviny, které mohou být součástí komerčních krmiv. U psů mohou způsobit anorexii, zvracení či krvavý průjem (Craig 2018).

Mezi toxiny odvozené z rostlin patří například kyselina šťavelová. Ačkoliv je daná kyselina běžným konečným produktem metabolismu savců, může její nadbytek způsobit tvorbu kalcium-oxalátových kamenů v močových cestách (Syme 2012). Kyselina fytová je hlavní skladovací formou fosforu v obilovinách, luštěninách, olejnatých semenech a ořechách. Má příznivé účinky na kalcifikaci, tvorbu ledvinových kamenů, snižuje hladinu glukózy a lipidů v krvi. Ve velkém množství však brání psům vstřebávat zinek ve střevech (Gupta et al. 2015; Craig 2018).

Toxicita kovů je založena na zjištění toxických hladin v potravinách, které odpovídají zvýšeným hladinám v tkáních pacienta. Mluvíme zejména o olovu, zinku, kadmiu a arsenu (Craig 2018). Dále přímo některé specifické potraviny mohou mít nežádoucí účinky při

zkrmování u psů. Mezi takovéto potraviny patří například cibule, česnek, pórek, pažitka, chmel, čokoláda, makadamové ořechy, hrozny a rozinky (Cortinovic & Caloni 2016). Mezi toxiny z výroby potravin patří nejrůznější přísady, které se přidávají do krmiv například pro úpravu konzistence, vzhledu, vůně nebo chuti. Jako příklad je možné uvést kyselinu benzoovou či propylenglykol (Craig 2018).

Mezi farmakologické reakce se řadí nežádoucí reakce na biologicky aktivní chemické látky v potravinách (jak přírodní, tak přidané syntetické). Patří sem například histamin, který se vyskytuje ve stárnoucích nebo zralých rybách a mase. U psů způsobuje slinění, zvracení a průjem do 30 minut po požití. Dále je možné sem zařadit methylxanthiny – theobromin a kofein. Ty mohou být u psů toxické zejména pro centrální nervový a kardiovaskulární systém. Theobromin se vyskytuje v kakaových semenech a v produktech, jako je například čokoláda. Kofein naopak v čaji, kávě, ale i v mnoha nealkoholických nápojích. Problémy může způsobovat také xylitol, jakožto umělé sladidlo, antibakteriální látka a látka zvýrazňující chuť a vůni v mnoha lidských potravinách a výrobcích (Cortinovic & Caloni 2016).

Podle Bucksche (2018) mezi hlavní příznaky otravy patří zejména zvracení. Dle druhu otravy se může přidat také slinění, průjmy, srdečně-oběhové problémy, dýchací potíže, třes, horečka, křeče, bolesti v oblasti břicha a apatie. Při podezření na otravu je potřeba co nejdříve vyhledat veterinárního lékaře.

3.8.3 Trávicí potíže

Průjem nebo měkký trus, zvracení, zácpa, nutkání ke stolici, sáňkování, flatulence nebo také zvýšená frekvence kálení (více jak třikrát denně) mohou mít různé příčiny. Jak již zmíněna potravinová nesnášenlivost (alergie či potravní intolerance), tak i například parazité, infekce, otravy, cizí tělesa, nádory v trávicím traktu a přidavných žlázách. Chceme-li tomuto předějit, je vhodné se vyhýbat se zejména nekvalitnímu krmivu (vysoké množství nekvalitních jatečných odpadů, sójového šrotu nebo luštěnin) a dbát na dostatečný obsah vlákniny, která váže vodu a tím napomáhá k formování trusu. Při onemocnění trávicího traktu se taktéž doporučuje volit spíše lehkou stravu a krmit vícero malými porcemi rozdělenými v průběhu celého dne (Bucksch 2018).

Důležité je rozpoznání vybiórovosti od nechutenství. Při nechutenství se pes pokouší o příjem potravy, ale z nějakého důvodu mu to není umožněno (problémy se zuby, dásněmi, polykáním, cizí těleso atd.). Nadýmání v důsledku bakteriálního kvašení živin v tlustém střevě je velmi často způsobeno individuální citlivostí a zde je nutné dbát zejména na vyšší stravitelnost krmiv. Problémem může být také požírání trusu zejména u ovčákových psů s onemocněním slinivky břišní či požírání trávy (neexistuje žádné uspokojuvité vysvětlení tohoto chování). Zvracení může mít mnoho příčin, jako například obranná reakce při požití cizího tělesa, u rychle bobtnajícího krmiva, příliš studeného krmiva či u zkažené potravy. Zácpu může způsobit krmení kostmi nebo krmivem, které obsahuje extrémní množství vlákniny (Bucksch 2018).

4 Metodika

Pro účely zkoumání bylo vybráno 30 vzorků psích granulí. Vzorky se lišily dle kategorie psů, pro které byly granule určeny, tak i na základě stanovené kvality. Dle kategorie psů bylo 27 vzorků určených pro dospělé psy, 2 vzorky pro mladé psy a 1 vzorek pro psí seniory. Kvalita se pohybovala v rozmezí od premium (12), supermedium (3), medium high (2), medium low (7) po economy (6).

Na katedře mikrobiologie, výživy a dietetiky, České zemědělské univerzity v Praze byly provedeny chemické analýzy daných granulí pomocí takzvané Weendenské analýzy, na základě které, byl stanoven obsah základních živin. Pomocí analyzátoru aminokyseliny byl zjištěn obsah jednotlivých aminokyselin. Zjištění podílu jednotlivých aminokyselin proběhlo pomocí kyselé a oxidativní hydrolyzy. Následně byla stanovena *in vitro* stravitelnost konkrétních aminokyselin a hrubého proteinu.

4.1 Laboratorní analýzy

Weendenský systém zahrnuje stanovení základních parametrů krmiv. Pomocí daného systému byl stanoven obsah sušiny (vlhkosti), popela, hrubého proteinu, hrubého tuku a hrubé vlákniny. Součástí Weendenské analýzy byl i výpočet bezdusíkatých látek výtažkových (BNLV) a výpočet organické hmoty. Prostřednictvím kyselé a oxidativní hydrolyzy došlo ke stanovení obsahu konkrétních aminokyselin, kdy pozornost byla věnována i jednotlivým sirným aminokyselinám. Následovalo stanovení *in vitro* stravitelnosti aminokyselin a hrubého proteinu. Před analýzou byly jednotlivé vzorky granulí rozmixovány do sypké konzistence.

4.1.1 Stanovení vlhkosti a sušiny

Za sušinu je považován zbytek granulí (konkrétního vzorku) po vysušení. Sušina je tedy označení pro veškeré organické a anorganické živiny, kromě vody, které granule obsahují. Součet obsahu sušiny a vody se musí rovnat 100 %. Sušina se stanovuje jako hmotnostní úbytek vzorku po jeho vysušení při 103 ± 2 °C.

Vlastní postup:

1. Navážení 5 g od každého vzorku do předem zvážených, vysušených a označených hliníkových nádob.
2. Umístění do sušárny nastavené na 103 ± 2 °C po dobu 4 hodin.
3. Po vysušení umístění hliníkových nádob se vzorky do exsikátoru. Zde se nechávají vzorky zcela vychladnout.
4. Vážení vzorků v hliníkových nádobách.
5. Výpočet vlhkosti na základě rozdílné hmotnosti vzorků před a po vysušení.
6. Výpočet obsahu sušiny v jednotlivých vzorcích dle vzorce:

$$\% \text{ suš.} = \text{hmotnost vysušeného krmiva} / \text{navážka krmiva}$$
$$\% \text{ suš.} = 100 - \text{vlhkost v \%}$$

4.1.2 Stanovení popela

Za popel se považují všechny anorganické látky obsažené v krmivu. Po zjištění obsahu popela a celkového obsahu sušiny je možné dopočítat obsah organické hmoty krmiva. Popel se stanovuje jako zbytek vzorku krmiva po zpopelnění v muflové peci. Ke zpopelnění dochází při teplotě 550 °C. Výsledek nám dá informaci o obsahu minerálních látek jakožto celku, nikoliv o koncentraci jednotlivých prvků.

Vlastní postup:

1. Navážení 5 g od každého vzorku do předem vysušených a označených spalovacích kelímků.
2. Umístění vzorků do muflové pece, u které nastavíme teplotu na 550 °C po dobu 3 hodin.
3. Po spálení přesunutí vzorků do exikátoru, kde se nechají zcela vychladnout.
4. Vážení vzorků ve spalovacích kelímcích.
5. Výpočet obsahu popelovin v jednotlivých vzorcích dle vzorce:

$$\% \text{ pop.} = \frac{a - b}{\text{navážka}} \times 100$$

Kde: a – hmotnost spalovacího kelímku se spáleným popelem, b – hmotnost prázdného vysušeného spalovacího kelímku

4.1.3 Stanovení hrubého proteinu

Stanovením hrubého proteinu není možné zjistit obsah bílkovin v granulích. Jedná se totiž o všechny látky v granulích, které obsahují dusík (tzn. obsah bílkovin a látek nebílkovinného charakteru obsahujících dusík – amidy, aminy, alkaloidy, dusitany, dusičnany, ale i volné aminokyseliny). Množství dusíkatých látek se stanovuje jako obsah dusíku ve vzorcích vynásobený faktorem 6,25. Vycházíme zde z předpokladu, že bílkoviny obsahují 16 % dusíku. V rámci Weendenské analýzy se stanovuje koncentrace dusíkatých látek takzvanou metodou dle Kjehldala. Principem je mineralizace pomocí horké kyseliny sírové, za vzniku síranu amonného. Ze síranu amonného je poté pomocí hydroxidu sodného vytěsňen amoniak. Následuje alkalimetrická titrace – predestilování do kyseliny sírové. Poté se titruje pomocí hydroxidu sodného nebo kyseliny sírové, kdy jsou patrné barevné změny acidobazického indikátoru. Celý proces stanovení hrubého proteinu tak zahrnuje tři důležité fáze – mineralizaci, destilaci a titraci. Proces destilace a titrace probíhá pomocí přístroje Kjeltec 2400 (Foss).

Vlastní postup:

1. Navážení 0,5 g od každého vzorku a umístění do skleněných tub.
2. Ke každému vzorku do tuby následuje přidání Kjeltabs tablety, 10 ml koncentrované (98 %) kyseliny sírové a 10 ml katalyzátoru v podobě peroxidu vodíku.
3. Připravené skleněné tuby vkládáme do spalovacího hnízda vyhřátého na 420 °C, kde vzorky „vaříme“ po dobu 45 minut. Zde probíhá tzv. mineralizace.

4. Po spálení a vyndání vzorků z hnízda je necháme vychladnout.
5. K vychladlým vzorkům následuje přidání 10 ml destilované vody.
6. Postupné vkládání vzorků do Kjeltce přístroje, který automaticky provede následující dvě fáze – destilaci a titraci.

4.1.4 Stanovení hrubého tuku

Pro stanovení tuku se užívá takzvané Soxhletovy metody. Ta využívá charakteristické vlastnosti tuku, a to rozpustnosti v nepolárních rozpouštědlech. Stanovení probíhá v Soxhletově extrakčním přístroji. Jako rozpouštědlo se aplikuje buď petrolether nebo dietylexer. Hlavním principem této metody je extrahování (opakované promývání) rozpouštědlem. Extrahovaný tuk se zachytává do extrakční baňky, ze které následně dochází k odpaření rozpouštědla. V baňce tak zůstává jen samotný vyextrahovaný tuk. Ke stanovení byl využit přístroj SER146 (VELP).

Vlastní postup:

1. Zvážení a popsání skleněných vysušených extrakčních baněk.
2. Navážení 5 g každého vzorku do extrakční patrony. Patrony následně uzavíráme pomocí vaty.
3. Nasazení extrakčních patron do přístroje pomocí magnetu.
4. Odměření rozpouštědla do extrakčních baněk (první stanovení v daný den odměřujeme 70 ml rozpouštědla, pro každé další měření v rámci dne 50 ml rozpouštědla).
5. Umístění extrakčních baněk na hnízdo pod konkrétní vzorky a uzavření přístroje. Následují 3 fáze extrahování.
6. Po ukončení extrakce následuje umístění extrakčních baněk s vyextrahovaným tukem do sušárny vyhřáté na 103 ± 2 °C na dobu alespoň 1 hodiny.
7. Po uplynutí času následuje vyjmutí ze sušárny a chladnutí v exikátoru.
8. Vážení extrakčních baněk s tukem.
9. Výpočet obsahu tuku v jednotlivých vzorcích prostřednictvím vzorce:

$$\% \text{ tuku} = \frac{a - b}{\text{navážka}} \times 100$$

Kde: a – hmotnost extrakční baňky s vysušeným extrahovaným tukem, b – hmotnost prázdné vysušené extrakční baňky

4.1.5 Stanovené hrubé vlákniny

Za hrubou vlákninu považujeme směs celulózy, hemicelulózy, ligninu a pektinu. Dané sacharidy se nachází v buněčných stěnách rostlin. Ve výživě psů se využívají při potřebě mechanického nasycení a současného snížení energetické hodnoty krmiva. Zároveň podporuje peristaltiku v trávicím traktu. Obsah hrubé vlákniny se stanovuje takzvanou Henneberg-Stohmanovou metodou. Využívá se přístroje Fiberanalyzer 200/200 (Ankom). Krmiva nejdříve prochází kyselou hydrolýzou, kde se každý vzorek vaří po dobu 45 minut v roztoku kyseliny

sírové. Následuje alkalická hydrolýza, kdy vzorky prochází varem v roztoku hydroxidu draselného po dobu 45 minut. Následně se od zbytků odečítá obsah popela.

Vlastní postup:

1. Vysušení, popsání a zvážení filtračních sáčků.
2. Navážení 1 g každého vzorku do filtračních sáčků. Uzavření sáčků svařením.
3. Naskládání sáčků do karuselu. Vložení karuselu do přístroje ANKOM.
4. Přilítí kyseliny sírové, uzavření přístroje, zapnutí zahřívání a promíchávání.
5. Vaření po dobu 45 minut na 100 °C.
6. Vypuštění kyseliny sírové a vypnutí zahřívání. Vzorky je pak nutné promýt alespoň třikrát v horké destilované vodě. Jednotlivé promývání vždy po dobu alespoň 5 minut.
7. Přilítí hydroxidu draselného, uzavření přístroje, zapnutí zahřívání a promíchávání.
8. Vaření po dobu 45 minut na 100 °C.
9. Vypuštění hydroxidu draselného a vypnutí zahřívání. Vzorky je pak opět nutné promýt alespoň třikrát v horké destilované vodě. Jednotlivé promývání vždy po dobu alespoň 5 minut.
10. Následuje vyjmutí sáčků z přístroje a ponechání 2 – 3 minuty v acetonu.
11. Osušení sáčků na savé podložce. Vložení osušených sáčků do sušárny přehřáté na 103 ± 2 °C po dobu alespoň 3 hodin.
12. Vyndání sáčků ze sušárny do exsikátoru. Zde se nechají do úplného vychladnutí.
13. Vážení filtračních sáčků.
14. Vysušení, popsání a zvážení spalovacích kelímků.
15. Umístění zvážených filtračních sáčků do zvážených spalovacích kelímků.
16. Umístění spalovacích kelímků do muflové pece vyhřáté na 550 °C po dobu 4 hodin.
17. Umístění spálených spalovacích kelímků do exsikátoru. Zde se nechají do úplného vychladnutí.
18. Vážení spalovacích kelímků s filtračními sáčky.
19. Výpočet obsahu hrubé vlákniny v jednotlivých vzorcích pomocí vzorce:

$$\% \text{ hrubé vlákniny} = \frac{(a - b) \times 100}{\text{navážka}}$$

Kde: a – hmotnost filtračního sáčku s vysušeným nehydrolyzovaným zbytkem po odečtení hmotnosti prázdného vysušeného filtračního sáčku, b – hmotnost spalovacího kelímku s popelem po odečtení hmotnosti prázdného spalovacího kelímku

4.1.6 Výpočet organické hmoty, BNLV a ME

Množství **organické hmoty** je možné stanovit na základě znalosti obsahu anorganických látek (popela) podle vzorce:

$$OH = \text{sušina} - \text{popel}$$

Zbylé sacharidy (bez vlákniny) v krmivu označujeme jako **bezdušikaté látky výtažkové** (BNLV). Patří sem zejména nestrukturální sacharidy: škrob, cukry a glykogen. BNLV je možné spočítat pomocí vzorce:

$$BNLV (g \cdot kg^{-1}) = a - b - c - d - e$$

Kde: a – sušina (%), b – popeloviny (%), c – CF (%), d – hrubý tuk (%), e – CP (%)

Za **metabolizovatelnou energii** (ME) se považuje energie krmiva, která byla psem přijata a následně využita. Jedná se tedy o energii, která nebyla vyloučena ve výkalech, v moči a v plynech. Podle FEDIAF (2013) je možné dopočítat ME pomocí vzorce:

$$ME (kcal) = (3,5 \times g \text{ NL}) + (8,5 \times g \text{ T}) + (3,5 \times g \text{ BNLV})$$

4.1.7 Stanovení aminokyselin

Jednotlivé aminokyseliny jsou ve vzorcích krmiva v podobě peptidů a bílkovin, kde jsou vzájemně vázány pomocí peptidových vazeb. Narušení vazeb a uvolnění aminokyselin probíhá pomocí hydrolyzy. Při kyselé hydrolyze se vzorky hydrolyzují za varu spolu se zředěnou kyselinou chlorovodíkovou po dobu 12 – 70 hodin při teplotě 100 až 110 °C. Při kyselé hydrolyze dochází k rozkladu tryptofanu a sírných aminokyselin, asparagin se hydrolyzuje na asparagovou kyselinu a glutamin na glutamovou kyselinu za uvolnění amoniaku ve formě amonné soli. Pro stanovení methioninu a cysteinu je nutné požit kyselé hydrolyzy s předchozí oxidací (před hydrolyzou oxidovány na kyselinu cysteovou a na methioninsulfon). Oxidace se provádí při 0 °C pomocí směsi kyseliny mravenčí a peroxidu vodíku. Nadbytečné oxidační činidlo se rozkládá za pomoci dvojsíranu sodného. Následuje taktéž hydrolyza zředěnou kyselinou chlorovodíkovou.

Hydrolyzáty byly po vychlazení přefiltrovány a doplněny destilovanou vodou do objemu 200 ml. Z tohoto množství bylo odebráno 25 ml, které bylo následně odpařeno při 90 - 100 °C v rotační vakuové odparce do sirupovité konzistence. Zbylý odparek byl třikrát promyt destilovanou vodou, kdy po každém promytí následovalo odpařování. Odparek vzniklý po třech promytích destilovanou vodou byl následně pomocí ředicího pufru převeden do 25 ml odměrné baňky. Následoval přesný rozbor aminokyselin pomocí Automatického analyzátoru aminokyselin AAA 400 (Lugos), který využívá chromatografické metody.

Vlastní postup:

1. Navážení 0,3 g od každého vzorku.
2. Následná kyselá hydrolyza za přidání 6M kyseliny chlorovodíkové. Hydrolyza probíhá za varu po dobu 24 hodin při teplotě 110 °C. (Pro stanovení sírných aminokyselin musí předcházet oxidace při 2 °C po dobu 16 hodin pomocí směsi kyseliny mravenčí a peroxidu vodíku).
3. Filtrování, doplnění destilovanou vodou a následné odpařování při 90 – 100 °C na rotační odparce.
4. Odparek třikrát doplněn 10 ml destilované vody a následně znovu odpařen.
5. Převedení odparku pomocí ředicího pufru do odměrné baňky.

6. Stanovení aminokyselin pomocí Automatického analyzátoru aminokyselin AAA 400 pomocí chromatografie.

4.1.8 Stanovení stravitelnosti aminokyselin a hrubého proteinu *in vitro*

Stravitelnost bílkovin v komerčních krmivech může být negativně ovlivněna využíváním špatných zdrojů bílkovin a nadměrnou tepelnou úpravou při procesu extruze. Hledá se proto vhodná *in vitro* metoda, která by byla jednoduchá, rychlá a přesná v predikci stravitelnosti komerční stravy pro psy a zároveň by snížila potřebu *in vivo* pokusů s trávením u psů. Daná *in vitro* metoda modifikovaná dle Biagi et al. (2016) se skládá ze dvou inkubačních fází. První fáze inkubace trvá 4 hodiny a simuluje trávení v žaludku pomocí pepsinu, žaludeční lipázy a kyseliny chlorovodíkové. Druhá fáze inkubace trvá taktéž 4 hodiny a simuluje trávení v tenkém střevě prostřednictvím pankreatické šťávy a žlučových solí. Po inkubaci vždy následuje stanovení nestráveného hrubého proteinu a jednotlivých aminokyselin stejným způsobem, jako u předcházejících analýz. Stanovení probíhá ze supernatantu (tekutá část), který by měl obsahovat strávený protein a z pelet (pevná část), které by měly obsahovat nestrávený protein. Před výpočtem stravitelného hrubého proteinu je nutné odpočítat hrubý protein, který obsahovaly použité enzymy.

Vlastní postup:

1. Navážení 0,5 g od každého vzorku.
2. Hydrolýza v roztoku pepsinu, (1 litr 0,075N HCl + 2 g pepsinu s průměrnou aktivitou 1200 U na mg navážky) kdy na 0,5 g navážky vzorku přijde 10 ml roztoku pepsinu. Následuje inkubace při 39 °C po dobu 4 hodin.
3. Upravení pH roztoku (na 7,5 1M NaOH) přidáním 7,5 ml 0,2M NaOH.
4. Přidání 1 ml 1M NaHCO₃, který obsahuje 10 mg pankreatinu (na 100 ml roztoku 1 g pankreatinu). Následuje inkubace při 39 °C po dobu 4 hodin.
5. Odstředění vychladlých vzorků pomocí odstředivky při 3000 g po dobu 10 minut – oddělení supernatantu a pelet.
6. Použití supernatantu ke stanovení obsahu stráveného hrubého proteinu metodou dle Kjehldala.
7. Zhydrolyzování peletu a následné stanovení obsahu nestrávených aminokyselin pomocí odpařování.
8. Výpočet stravitelnosti hrubého proteinu a stravitelnosti jednotlivých aminokyselin pomocí vzorců:

$$\begin{aligned} & \text{Stravitelný hrubý protein (\%)} \\ & = \frac{\text{NL (\%)} \text{ stráveného hrubého proteinu} \times 100}{\text{celkové NL (\%)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Strávená aminokyselina (\%)} \\ & = \frac{(\text{aminokyselina celková} - \text{aminokyselina nestrávená}) \times 100}{\text{celková aminokyselina}} \end{aligned}$$

5 Výsledky

V této kapitole jsou popsány výsledky laboratorních analýz u 30 vzorků psích granulí. Výsledky jsou seřazeny dle kvality na základě obchodního označení u jednotlivých vzorků (viz. tabulka 1.). Výsledky Weendenské analýzy, dalších dopočítaných hodnot včetně ME a výsledky stravitelnosti *in vitro* nám mohou prozradit rozdíly mezi vzorky v rámci daného kvalitativního označení.

Tabulka č. 9: Obchodní označení vzorků

Obchodní označení vzorku	Kategorie psů
Economy 1	Adult dog
Economy 2	Adult dog
Economy 3	Adult dog
Economy 4	Adult dog
Economy 5	Adult dog
Economy 6	Adult dog
Medium low 1	Adult dog
Medium low 2	Adult dog
Medium low 3	Adult dog
Medium low 4	Adult dog
Medium low 5	Adult dog
Medium low 6	Adult dog
Medium low 7	Adult dog
Medium high 1	Adult dog
Medium high 2	Adult dog
Supermedium 1	Adult dog
Supermedium 2	Adult dog
Supermedium 3	Adult dog
Premium 1	Adult dog
Premium 2	Adult dog
Premium 3	Adult dog
Premium 4	Adult dog
Premium 5	Junior dog
Premium 6	Adult dog
Premium 7	Adult dog
Premium 8	Adult dog
Premium 9	Junior dog
Premium 10	Senior dog
Premium 11	Adult dog
Premium 12	Adult dog

5.1 Vyhodnocení Weendenské analýzy testovaných krmiv

Tabulka č. 10: Stanovení základních živin pomocí Weendenské analýzy (uvedené hodnoty pro sušinu v % v původní hmotě, ostatní hodnoty v % sušiny)

Vzorek	Sušina	Popeloviny	Hrubý protein	Hrubý tuk	Hrubá vláknina
Economy 1	90,1	6,6	19,6	4,8	4,0
Economy 2	89,6	5,8	18,2	4,3	3,6
Economy 3	89,0	7,1	19,6	5,1	4,7
Economy 4	89,6	7,0	19,2	6,2	3,4
Economy 5	90,9	6,5	21,5	4,0	2,3
Economy 6	91,2	6,4	21,3	4,5	2,7
Medium low 1	91,5	9,0	23,7	6,2	3,5
Medium low 2	91,6	8,0	20,7	7,7	2,1
Medium low 3	90,1	6,2	21,1	6,1	2,9
Medium low 4	91,2	7,9	21,0	5,9	1,7
Medium low 5	91,9	8,1	20,6	6,8	3,4
Medium low 6	90,3	8,0	22,3	6,8	2,9
Medium low 7	89,8	7,0	20,0	7,1	3,6
Medium high 1	89,8	7,0	23,0	12,1	2,3
Medium high 2	92,2	8,7	30,9	9,7	2,7
Supermedium 1	91,5	6,7	31,7	12,6	4,4
Supermedium 2	93,2	7,1	32,2	12,5	4,0
Supermedium 3	92,5	6,7	31,3	13,0	3,8
Premium 1	92,3	5,2	27,3	10,7	2,7
Premium 2	93,4	8,1	28,6	12,4	2,9
Premium 3	94,4	6,6	28,9	15,1	1,6
Premium 4	92,7	8,2	27,9	6,9	1,9
Premium 5	93,4	6,6	34,6	11,9	1,6
Premium 6	91,4	6,6	26,1	14,2	1,4
Premium 7	93,3	5,8	33,3	19,4	1,0
Premium 8	91,9	6,6	28,3	10,4	1,5
Premium 9	93,3	7,2	35,7	12,3	2,0
Premium 10	92,8	6,1	27,0	7,9	2,5
Premium 11	90,9	7,4	29,5	10,5	3,3
Premium 12	91,6	5,1	22,5	7,9	4,2

Vlhkost suchých extrudovaných krmiv by se měla pohybovat v rozmezí 10 – 12 %, což odpovídá 88 – 90 % sušiny v původní hmotě. Většina zejména prémiových krmiv tuto hranici mírně převyšují. Minimální množství hrubého proteinu pro dospělé psy dle FEDIAF (2013) je 18 % a pro rostoucí psy 20 – 25 %. Vzorek Economy 2 se tak blíží ke hranici minimálního množství. Premium 9 a Premium 5 (oba vzorky junior dog) danou minimální hranici výrazně převyšují. Minimální množství tuku podle FEDIAF (2013) je stanoveno pro dospělé psy na

5,5 % a pro rostoucí psy 8,5 %. Zde je možné vidět nedostatek u všech krmiv kvality Economy pro dospělé psy, kromě Economy 4. Vzorčky pro rostoucí psy disponují dostatečným množstvím tuku. Minimální množství vlákniny není přesně stanoveno, ale udává se potřeba v rozmezí 2 - 5 %. Dle tohoto je možné poukázat na výrazné nedostatky vlákniny zejména u řady Premium.

Tabulka č. 11: Dopočítané hodnoty (v % v sušině)

Vzorek	Organická hmota (OH)	BNLV
Economy 1	93,4	65,0
Economy 2	94,2	68,1
Economy 3	92,9	63,5
Economy 4	93,0	64,3
Economy 5	93,5	65,7
Economy 6	93,6	65,2
Medium low 1	91,0	57,6
Medium low 2	92,0	61,5
Medium low 3	93,8	63,8
Medium low 4	92,1	63,7
Medium low 5	91,9	61,0
Medium low 6	92,0	60,0
Medium low 7	93,0	62,2
Medium high 1	93,1	55,7
Medium high 2	91,3	47,9
Supermedium 1	93,3	44,6
Supermedium 2	92,9	44,1
Supermedium 3	93,3	45,2
Premium 1	94,8	54,2
Premium 2	92,0	48,0
Premium 3	93,4	47,8
Premium 4	91,8	55,1
Premium 5	93,4	45,3
Premium 6	93,4	51,8
Premium 7	94,2	40,5
Premium 8	93,4	53,2
Premium 9	92,9	43,0
Premium 10	93,9	56,5
Premium 11	92,6	49,4
Premium 12	94,9	60,4

Hodnota BNLV (bezdušičaté látky výtažkové) poukazuje na množství zejména sacharidů, bez započítání již stanovené vlákniny. Zvýšené hodnoty poukazují na vyšší využití rostlinného materiálu pro výrobu krmiv, neboť živočišné materiály obsahují minimum těchto látek. Vyšší % BNLV je tak možné pozorovat u krmiv kvality Economy a Medium low. Vyšších hodnot však dosahuje i například vzorek Premium 12.

Tabulka č. 12: Metabolizovatelná energie (kcal/kg) v sušině

Vzorek	ME (kcal/kg)
Economy 1	3371,4
Economy 2	3384,2
Economy 3	3339,6
Economy 4	3445,8
Economy 5	3391,4
Economy 6	3409,1
Medium low 1	3369,8
Medium low 2	3533,7
Medium low 3	3487,3
Medium low 4	3459,0
Medium low 5	3437,4
Medium low 6	3460,9
Medium low 7	3484,9
Medium high 1	3779,8
Medium high 2	3584,8
Supermedium 1	3737,1
Supermedium 2	3734,5
Supermedium 3	3781,9
Premium 1	3757,0
Premium 2	3738,3
Premium 3	3968,3
Premium 4	3488,8
Premium 5	3807,3
Premium 6	3930,5
Premium 7	4228,8
Premium 8	3737,5
Premium 9	3793,5
Premium 10	3592,6
Premium 11	3649,9
Premium 12	3568,2

V rámci metabolizovatelné energie krmiva je možné pozorovat drobné rozdíly napříč jednotlivými kategoriemi kvality. Nejvyšších hodnot v průměru dosahují krmiva s označením Premium. Nejnižších hodnot pak krmiva s označením Economy. Metabolizovaná energie tak určitým způsobem odpovídá kvalitativnímu označení komerčních krmiv.

Tabulka 13a: Celkový obsah aminokyselin (hodnoty v g na kg vzorku)

Vzorek	THR	VAL	ILE	LEU	TYR	PHE
Economy 1	5,8	8,0	5,5	11,6	4,1	6,9
Economy 2	3,3	5,6	4,2	8,0	3,0	4,7
Economy 3	4,0	6,7	4,6	9,2	3,4	5,1
Economy 4	5,2	7,5	5,3	11,1	4,0	5,9
Economy 5	6,4	9,9	6,6	13,3	4,6	7,8
Economy 6	6,5	9,6	6,4	13,3	4,9	7,5
Medium low 1	5,8	9,5	6,2	13,3	4,8	7,4
Medium low 2	5,4	7,8	5,4	11,4	3,9	6,2
Medium low 3	6,3	9,5	6,3	13,1	4,6	6,6
Medium low 4	6,0	8,8	5,9	12,6	4,4	7,1
Medium low 5	5,8	8,6	5,9	12,5	4,2	6,8
Medium low 6	6,4	9,2	5,9	13,6	4,4	7,9
Medium low 7	5,5	8,0	5,6	12,0	4,1	7,0
Medium high 1	4,9	8,3	5,6	10,4	3,9	6,4
Medium high 2	10,0	15,2	9,5	19,6	6,8	11,2
Supermedium 1	10,4	15,1	10,1	17,6	6,9	11,6
Supermedium 2	11,1	15,5	11,2	19,3	8,6	13,4
Supermedium 3	10,2	15,2	10,4	17,7	7,7	12,3
Premium 1	7,1	12,3	8,3	14,5	5,3	9,1
Premium 2	7,3	13,0	8,8	15,7	5,6	9,8
Premium 3	10,2	16,9	11,6	20,9	7,1	12,0
Premium 4	8,8	14,9	10,2	22,1	7,8	12,1
Premium 5	11,0	18,1	12,1	20,9	7,3	13,1
Premium 6	8,1	12,5	8,4	15,2	5,1	9,1
Premium 7	11,4	17,8	11,9	21,3	8,0	14,0
Premium 8	8,7	12,9	8,8	16,1	5,5	10,0
Premium 9	12,0	18,1	12,4	21,2	7,7	14,7
Premium 10	8,1	12,1	8,4	15,7	5,3	9,7
Premium 11	8,9	13,4	8,8	16,8	5,5	10,8
Premium 12	7,2	10,4	7,2	14,5	4,8	8,1

Tabulka 13b: Celkový obsah aminokyselin (hodnoty v g na kg vzorku)

Vzorek	HIS	LYS	ARG	CYS	MET
Economy 1	5,4	6,8	9,6	4,0	3,4
Economy 2	2,9	4,8	7,0	3,1	3,4
Economy 3	3,0	5,3	8,0	3,7	3,5
Economy 4	4,5	6,4	9,4	5,1	3,3
Economy 5	5,5	7,7	11,6	4,0	2,6
Economy 6	5,5	7,7	11,5	3,9	2,7
Medium low 1	5,1	9,0	11,7	3,5	4,2
Medium low 2	4,8	7,1	9,9	4,5	4,7
Medium low 3	4,7	6,9	9,6	3,8	2,9
Medium low 4	5,8	8,2	11,3	2,6	2,6
Medium low 5	5,8	7,7	10,8	2,6	2,6
Medium low 6	6,3	9,1	11,4	3,2	3,6
Medium low 7	5,7	7,7	10,3	2,9	3,3
Medium high 1	3,6	6,5	9,3	3,8	3,6
Medium high 2	7,4	11,3	16,9	6,4	4,6
Supermedium 1	8,0	12,7	15,8	6,7	4,7
Supermedium 2	10,4	16,7	18,1	4,1	5,3
Supermedium 3	8,5	13,3	16,1	5,5	4,4
Premium 1	4,1	7,9	12,9	5,9	4,0
Premium 2	5,5	10,8	14,7	5,3	4,4
Premium 3	6,1	12,7	18,8	6,3	5,2
Premium 4	6,5	12,5	18,3	4,5	4,8
Premium 5	5,9	11,6	19,6	8,9	5,3
Premium 6	4,9	8,6	13,9	5,7	4,0
Premium 7	7,1	11,3	18,9	8,5	5,0
Premium 8	7,0	9,5	14,3	6,3	3,6
Premium 9	8,7	12,4	19,5	8,4	4,0
Premium 10	6,6	8,9	13,4	5,1	3,1
Premium 11	6,9	10,3	15,1	4,8	3,2
Premium 12	6,2	8,4	11,5	4,5	3,8

5.2 Výsledky *in vitro* stravitelnosti

5.2.1 In vitro stravitelnost hrubého proteinu

Tabulka č. 14: Průměrná in vitro stravitelnost hrubého proteinu v sušině (hodnoty v %)

Vzorek	Průměrná stravitelnost hrubého proteinu
Economy 1	94,5
Economy 2	93,7
Economy 3	87,9
Economy 4	90,8
Economy 5	88,7
Economy 6	100,0
Medium low 1	88,1
Medium low 2	89,2
Medium low 3	100,0
Medium low 4	91,4
Medium low 5	92,3
Medium low 6	89,6
Medium low 7	94,5
Medium high 1	86,1
Medium high 2	94,7
Supermedium 1	97,1
Supermedium 2	86,3
Supermedium 3	95,6
Premium 1	87,3
Premium 2	87,5
Premium 3	100,0
Premium 4	92,5
Premium 5	93,3
Premium 6	75,9
Premium 7	89,0
Premium 8	91,6
Premium 9	92,3
Premium 10	93,0
Premium 11	80,0
Premium 12	97,1

Jsem si vědoma vyšších hodnot průměrné stravitelnosti hrubého proteinu. Cílem práce však nebylo stanovení in vitro stravitelnosti hrubého proteinu, nýbrž kvalitativní vyhodnocení a srovnání psích granulí po provedení analýzy stravitelnosti in vitro metodou.

5.2.2 In vitro stravitelnost aminokyselin

Tabulka č. 15a: In vitro stravitelnost esenciálních aminokyselin (%)

Vzorek	THR	VAL	ILE	LEU	TYR	PHE
Economy 1	64,2	67,9	70,5	70,4	64,4	69,8
Economy 2	43,3	56,2	62,2	61,6	54,0	58,7
Economy 3	51,0	56,9	60,7	62,9	60,7	62,9
Economy 4	49,5	59,2	58,8	61,3	49,0	52,6
Economy 5	54,6	62,3	54,8	60,9	45,2	53,5
Economy 6	72,6	74,4	73,0	75,4	71,7	74,7
Medium low 1	56,4	68,1	67,0	68,1	58,7	62,5
Medium low 2	43,3	49,3	50,3	57,2	39,5	46,6
Medium low 3	76,8	78,9	79,1	79,6	74,5	75,7
Medium low 4	48,0	58,2	59,1	52,8	48,8	55,0
Medium low 5	53,3	55,3	55,5	57,6	38,1	47,2
Medium low 6	47,2	45,4	47,8	53,9	46,7	49,8
Medium low 7	60,2	64,1	65,8	65,5	61,2	67,0
Medium high 1	51,9	57,4	58,3	61,6	51,9	56,4
Medium high 2	65,1	66,2	67,5	72,6	67,8	66,2
Supermedium 1	67,0	66,3	66,7	68,5	66,9	70,2
Supermedium 2	61,9	61,5	62,1	64,7	65,2	67,0
Supermedium 3	71,1	70,1	70,7	70,0	71,8	73,2
Premium 1	39,1	49,4	54,8	62,7	99,2	54,7
Premium 2	45,7	57,9	60,0	69,4	51,4	57,8
Premium 3	78,8	82,2	82,2	82,3	77,6	80,0
Premium 4	65,0	72,1	71,7	75,8	65,6	70,2
Premium 5	68,1	69,0	70,3	76,9	65,9	71,0
Premium 6	48,2	53,7	54,2	63,7	44,6	52,5
Premium 7	58,1	64,0	64,2	86,1	59,3	66,4
Premium 8	73,7	74,6	74,3	76,5	71,1	76,9
Premium 9	72,7	76,4	75,8	76,6	70,9	77,8
Premium 10	60,1	63,7	65,5	64,6	59,4	65,7
Premium 11	63,7	67,1	69,5	69,5	62,7	68,6
Premium 12	57,8	58,6	59,5	61,5	54,8	59,9

Tabulka č. 15b: In vitro stravitelnost esenciálních aminokyselin (%)

Vzorek	HIS	LYS	ARG	CYS	MET
Economy 1	67,1	71,0	65,1	56,2	63,9
Economy 2	46,3	58,7	63,3	66,2	67,0
Economy 3	54,1	63,7	62,5	57,9	63,5
Economy 4	50,5	57,6	51,4	73,6	59,8
Economy 5	55,1	57,5	47,3	54,3	52,5
Economy 6	75,6	74,8	68,9	60,0	62,1
Medium low 1	58,3	67,0	64,5	62,9	65,7
Medium low 2	46,4	53,2	48,4	73,0	69,2
Medium low 3	78,2	77,2	70,4	56,7	62,8
Medium low 4	54,8	57,4	50,8	49,3	50,5
Medium low 5	57,5	57,1	48,5	37,7	47,4
Medium low 6	53,9	52,2	46,4	42,6	60,0
Medium low 7	68,6	68,3	62,4	44,7	26,5
Medium high 1	55,2	59,3	56,3	58,9	62,4
Medium high 2	71,1	69,9	67,2	52,5	69,8
Supermedium 1	73,6	78,6	68,7	57,4	55,3
Supermedium 2	69,4	76,4	66,6	39,8	62,4
Supermedium 3	75,1	79,5	72,0	55,9	52,9
Premium 1	45,8	56,6	51,8	52,4	68,7
Premium 2	53,4	63,7	55,1	75,2	77,1
Premium 3	78,1	82,6	79,4	55,6	75,8
Premium 4	66,8	72,8	72,2	52,4	65,6
Premium 5	70,2	71,7	72,6	61,1	75,0
Premium 6	51,5	59,1	53,9	49,6	55,5
Premium 7	70,5	70,8	62,3	72,6	74,8
Premium 8	82,5	78,4	74,5	39,3	51,4
Premium 9	79,3	76,4	73,2	27,8	50,5
Premium 10	73,4	68,2	61,8	41,2	60,3
Premium 11	71,4	69,8	65,6	21,7	27,6
Premium 12	66,7	64,8	56,5	34,2	64,7

5.3 Statistické vyhodnocení stravitelnosti

Tabulka č. 16a: Statistické vyhodnocení celkového množství hrubého proteinu (% - NL) v sušině a celkového množství jednotlivých aminokyselin (g/kg)

	NL celkové			THR celkové			VAL celkové		
	průměr±sš	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± sš	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± sš	minimální hodnota	maximální hodnota
E	25,5±0,48	18,2	35,7	7,3±0,49	3,3	12,0	11,2±0,61	5,6	18,1
MH	21,3±2,79	21,1	21,5	6,4±1,80	6,3	6,4	9,7±2,43	9,5	9,8
ML	26,5±0,47	19,2	33,3	8,1±0,14	5,2	11,3	12,7±0,27	7,5	17,8
P	24,3±1,03	19,6	34,6	6,9±0,47	4,9	11,0	10,8±0,74	7,8	18,1
SM	31,7±0,22	31,3	32,2	10,6±0,22	10,2	11,1	15,3±0,10	15,1	15,5
Celkem	25,9±0,94	18,2	35,7	7,8±0,42	3,3	12,0	11,9±0,66	5,6	18,1
	ILE celkové			LEU celkové			TYR celkové		
	průměr±sš	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± sš	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± sš	minimální hodnota	maximální hodnota
E	7,5±0,36	4,1	12,4	14,4±0,80	8,0	21,2	5,1±0,27	3,0	7,7
MH	6,5±1,38	6,3	6,6	13,2±3,24	13,1	13,3	4,6±1,05	4,6	4,6
ML	8,6±0,12	5,3	11,9	16,2±0,30	11,1	21,3	5,6±0,12	3,9	8,0
P	7,3±0,50	5,4	12,1	14,5±0,85	10,4	22,1	5,1±0,34	3,8	7,8
SM	10,6±0,27	10,1	11,2	18,2±0,46	17,6	19,3	7,7±0,38	6,9	8,6
Celkem	8,1±0,44	4,1	12,4	15,3±0,69	8,0	22,1	5,6±0,28	3,0	8,6
	PHE celkové			HIS celkové			LYS celkové		
	průměr±sš	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± sš	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± sš	minimální hodnota	maximální hodnota
E	8,7±0,48	4,7	14,7	5,8±0,46	2,9	8,6	8,5±0,45	4,8	12,4
MH	7,2±1,67	6,6	7,8	5,1±1,36	4,7	5,5	7,3±1,70	6,9	7,7
ML	9,8±0,21	5,9	13,9	5,8±0,22	4,5	7,1	9,7±0,32	6,4	12,7
P	8,5±0,58	6,1	13,1	5,5±0,32	3,6	6,9	8,6±0,48	6,5	12,5
SM	12,4±0,43	11,6	13,4	8,9±0,59	8,0	10,4	14,2±1,00	12,7	16,6
Celkem	9,3±0,50	4,7	14,7	6,2±0,29	2,9	10,4	9,7±0,49	4,8	16,6

Tabulka č. 16b: Statistické vyhodnocení celkového množství jednotlivých aminokyselin (g/kg)

	ARG celkové			CYS celkové			MET celkové		
	průměr±s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota
E	12,8±0,70	7,0	19,5	5,1±0,24	2,6	8,4	3,6±0,15	2,6	4,6
MH	10,6±2,69	9,6	11,6	3,9±0,94	3,8	4,0	2,8±0,38	2,6	2,9
ML	14,4±0,31	9,4	18,9	5,6±0,26	3,2	8,4	4,1±0,30	3,1	5,2
P	12,6±0,80	9,3	19,6	4,5±0,44	2,6	8,9	3,8±0,21	2,6	5,3
SM	16,7±0,59	15,8	18,1	5,4±0,60	4,1	6,7	4,8±0,23	4,3	5,3
Celkem	13,4±0,66	7,0	19,6	4,9±0,30	2,6	8,9	3,8±0,15	2,6	5,3

Tabulka (č. 16) pro možné porovnání celkového množství hrubého proteinu a celkového množství jednotlivých aminokyselin v rámci skupin dle obchodního označení kvality jednotlivých krmiv. Největší množství celkového hrubého proteinu bylo potvrzeno pro krmiv s označením Supermedium. Nejmenší množství naopak u krmiv označených kvalitou Medium high. V rámci limitujících aminokyselin bylo nejmenší množství lysinu taktéž pro krmiva kvality Medium high a pro methioni opět v rámci krmiv s označením Medium high.

Tabulka č. 17a: Statistické vyhodnocení průměrné stravitelnosti hrubého proteinu (NL - %) v sušině a stravitelnosti jednotlivých aminokyselin (%)

	Stravitelnost NL			THR stravitelnost			VAL stravitelnost		
	průměr±s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota
E	92,1±2,47	87,9	94,7	59,9±4,00	43,3	73,7	64,3±2,64	55,3	76,4
MH	97,6±3,04	88,7	106,6	65,7±4,64	54,6	76,8	70,6±3,13	62,2	78,9
ML	89,4±2,39	75,9	100,3	55,4±4,24	45,7	78,8	60,9±4,34	45,4	82,2
P	91,7±1,87	80,0	106,0	57,5±3,32	39,1	72,6	62,9±2,70	49,3	74,4
SM	93,0±2,78	86,3	97,1	66,7±2,17	61,9	71,1	66,0±2,03	61,5	70,1
Celkem	92,8±1,13	75,9	106,6	61,0±1,95	39,1	78,8	64,9±1,61	45,4	82,2
	ILE stravitelnost			LEU stravitelnost			TYR stravitelnost		
	průměr±s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota
E	66,0±2,62	55,5	75,7	67,9±2,26	57,6	76,6	60,4±3,71	38,1	71,1
MH	67,0±3,25	54,8	79,1	70,2±3,87	60,9	79,6	59,8±5,61	45,1	74,5
ML	61,8±4,10	47,8	82,2	68,8±3,62	53,9	86,1	55,4±4,94	44,6	77,6
P	64,1±2,40	50,3	73,0	66,4±2,23	52,8	76,9	62,0±3,89	39,5	99,2
SM	66,5±2,01	62,1	70,7	67,7±1,28	64,7	70,0	68,0±1,61	65,2	71,8
Celkem	65,1±1,51	47,8	82,2	68,2±1,50	52,8	86,1	61,1±2,30	38,1	99,2

Tabulka č. 17b: Statistické vyhodnocení stravitelnosti jednotlivých aminokyselin (%)

	PHE stravitelnost			HIS stravitelnost			LYS stravitelnost		
	průměr±s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota
E	64,9±3,31	47,2	77,8	65,1±4,12	46,3	82,4	67,4±2,78	57,1	78,4
MH	64,6±3,46	53,5	75,7	66,6±5,62	55,1	78,2	67,4±3,73	57,5	77,2
ML	60,7±4,19	49,8	80,0	61,6±3,97	50,5	78,1	64,9±3,50	52,2	82,6
P	63,0±2,52	46,6	74,7	62,2±3,19	45,8	75,6	65,6±2,12	53,2	74,8
SM	70,1±1,45	67,0	73,2	72,7±1,41	69,4	75,1	78,2±0,75	76,4	79,5
Celkem	64,7±1,71	46,6	80,0	65,7±2,00	45,8	82,4	68,7±1,57	52,2	82,6
	ARG stravitelnost			CYS stravitelnost			MET stravitelnost		
	průměr±s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota	průměr ± s \bar{x}	minimální hodnota	maximální hodnota
E	63,2±3,20	48,5	74,5	46,9±2,70	27,8	66,2	58,2±1,85	47,3	69,8
MH	58,9±3,88	47,3	70,4	55,5±2,24	54,3	56,7	57,6±2,61	52,5	62,8
ML	58,6±3,63	46,4	79,4	58,6±4,72	41,2	75,2	66,2±5,54	55,5	77,1
P	61,3±2,58	48,4	72,6	52,2±4,58	21,6	73,0	58,5±3,99	26,5	77,1
SM	69,1±1,27	66,6	71,9	51,0±4,61	39,8	57,4	56,9±2,33	52,9	62,4
Celkem	62,2±1,69	46,4	79,4	52,8±2,38	21,6	75,2	59,5±2,15	26,5	77,1

Nejvyšší průměrné stravitelnosti hrubého proteinu dosáhla krmiva s označením Medium high. Nejnížší naopak krmiva Medium low. Průměrná stravitelnost limitujících aminokyselin dosahovala u lysinu nejvyšších hodnot u krmiv označených jako Premium a u methioninu v rámci krmiv skupiny Medium low. Nejnížší průměrné hodnot stravitelnosti lysinu byly zjištěny u krmiv Medium low a u methioninu u krmiv označených jako Supermedium.

Tabulka č.18a: Výsledky regresní rovnice – silná lineární závislost stravitelnosti aminokyselin mezi sebou

Závislost stravitelnosti	Koeficient determinace r^2
VAL:ILE	0,935
ARG:PHE	0,9256
THR:HIS	0,9072
ILE:PHE	0,9049
THR:VAL	0,8672
ILE:ARG	0,8623
VAL:PHE	0,8343
THR:PHE	0,8227
THR:ILE	0,8058
THR:ARG	0,8024
PHE:HIS	0,8022
VAL:ARG	0,7931

Tabulka č.18b: Výsledky regresní rovnice – silná lineární závislost stravitelnosti aminokyselin s lysinem

Závislost stravitelnosti LYS	Koeficient determinace r^2
LYS:PHE	0,9123
LYS:ARG	0,9119
LYS:THR	0,8411
LYS:HIS	0,831
LYS:ILE	0,8138
LYS:VAL	0,7885

Tabulka č.18c: Výsledky regresní rovnice – velmi slabá lineární závislost stravitelnosti aminokyselin mezi sebou

Závislost stravitelnosti	Koeficient determinace r^2
LYS:MET	0
MET:ILE	0
PHE:MET	0,0003
VAL:MET	0,001
ARG:MET	0,0029
LEU:CYS	0,0094
THR:MET	0,011
CYS:TYR	0,0166
CYS:VAL	0,0167
TYR:MET	0,017
ILE:CYS	0,0182
CYS:ARG	0,0266
MET:HIS	0,0272
LYS:CYS	0,0318
CYS:PHE	0,0403

Tabulka č.19: Anova – Tukeyův HSD test celkového obsahu hrubého proteinu

	ML	MH	P	E	SM
ML		0,133656	0,000176	0,890954	0,000292
MH	0,133656		0,851025	0,040822	0,380982
P	0,000176	0,851025		0,000142	0,635540
E	0,890954	0,040822	0,000142		0,000166
SM	0,000292	0,380982	0,635540	0,000166	

Nejvýznamější statistický rozdíl v obsahu hrubého proteinu je mezi krmivý Economy a Premium (hladina α 0,000142), Supermedium a Economy (hladina α 0,000166) a mezi Medium low a Premium (hladina α 0,000176).

6 Diskuze

Dvořáková (2003) uvádí, že stravitelnost průmyslových krmiv nejvyšší kvality může dosahovat až 90 %. Cílem této práce bylo pomocí *in vitro* metody analyzovat stravitelnost proteinů a jednotlivých aminokyselin u 30 vzorků komerčních suchých krmiv pro psy. Následovalo kvalitativní vyhodnocení jejich stravitelnost.

Pro počáteční vyhodnocení rozdílů konkrétních živin bylo využito Weendenské analýzy. Ta se ukázala jako vhodná pro srovnání jednotlivých živin krmiva včetně energetické hodnoty. Stanovena byla metabolizovatelná energie neboli energie krmiva přijatá organismem, která nebyla vyloučena výkaly, močí ani plyny. V rámci dané analýzy byla stanovena sušina, popel, hrubý protein, tuk a hrubá vláknina. Následoval výpočet BNLV a organické hmoty. Pomocí kyselá a oxidativní hydrolyzy byl stanoven obsah jednotlivých aminokyselin.

Samotná stravitelnost byla zjišťována pomocí *in vitro* metody dle Biagi et al. (2016). Daná metoda se ukázala jako vhodná pro stanovení stravitelnosti a potvrdila vysokou stravitelnost hrubého proteinu a jednotlivých aminokyselin. V rámci analýz byly stanoveny různé hladiny hrubého proteinu a aminokyselin. Přesto však byla stravitelnost v rámci krmiv stejná. Zřetel byl brán i na limitující živiny, které zhoršují celkovou stravitelnost krmiva, jako je tuk, vláknina a hrubý protein. Ani zde odlišné množství daných živin nemělo významný dopad na danou stravitelnost. Jako další možnost stanovení stravitelnosti jednotlivých aminokyselin by mohlo být využito takzvaného zkráceného stanovení lysinu. V rámci dané metody by stačilo laboratorně stanovit obsah stráveného lysinu v jednotlivých vzorcích. Dopočítání stravitelnosti ostatních aminokyselin by bylo možné pomocí regresních rovnic. Daná metoda by byla časově méně náročná oproti *in vitro* metodě. Nedošlo by však k zjištění závislosti na základě laboratorní analýza, ale na základě statistického vyhodnocení pravděpodobné stravitelnosti.

V rámci regresních rovnic sestavených ze zjištěných laboratorních výsledků lze úroveň trávení jednotlivých aminokyselin považovat za velmi dobrou. Lze tak soudit na základě vysokých hodnot koeficientu determinace (r^2). Koeficient determinace nás informuje o tom, do jaké míry se budou aminokyseliny trávit v podobné míře. Srovnávají se tak jednotlivé aminokyseliny mezi sebou. Většina zjištěných hodnot dosahovala silné míry závislosti stravitelnosti mezi aminokyselinami. Síla koeficientu determinace tedy ukazuje sílu predikce dané hodnoty stravitelnosti (x) v závislosti na parametru, ze kterého se stravitelnost počítá (y). Nejvyšší míry závislosti stravitelnosti dosáhly VAL:ILE (0,935), ARG:PHE (0,9256) a THR:HIS (0,9072). Kromě všech esenciálních aminokyselin byla pozornost věnována zvlášť také limitující aminokyselině – lysinu. Stravitelnosti lysinu v podobné míře nejvíce odpovídá LYS:PHE (0,9123), LYS:ARG (0,9119) a LYS:THR (0,8411).

Na základě analýzy rozptylu (ANOVA) pomocí Tukeyova HSD testu významného statistického rozdílu v rámci stravitelnosti jednotlivých aminokyselin dosáhl pouze CYS (Premium) s VAL (Premium) s hladinou $\alpha = 0,04282$, CYS (Premium) s ILE (Premium) s hladinou $\alpha = 0,01528$, CYS (Premium) s LEU (Premium) s hladinou $\alpha = 0,000084$, CYS (Premium) s PHE (Premium) s hladinou $\alpha = 0,01575$, CYS (Premium) s HIS (Premium) s hladinou $\alpha = 0,00818$, CYS (Premium) s LYS (Premium) s hladinou $\alpha = 0,00081$ a CYS (Premium) s LYS (Supermedium) s hladinou $\alpha = 0,00968$.

Dále bylo pomocí analýzy rozptylu prostřednictvím Tukeyova HSD testu stanoven významný statistický rozdíl v obsahu celkového hrubého proteinu na základě obchodního označení kvality krmiv (viz. tabulka č.19). Nejvýznamnějšího statistického rozdílu bylo mezi krmivy Premium a Economy (hladina $\alpha = 0,000142$), Supermedium a Economy (hladina $\alpha = 0,000166$) a Premium a Medium Low (hladina $\alpha = 0,000176$). Zde analýza rozptylu potvrdila významné rozdíly v obsahu hrubého proteinu napříč jednotlivými kategoriemi. To však neovlivnilo výsledky analýzy rozptylu stravitelnosti jednotlivých aminokyselin. To opět potvrzuje fakt, že ani různé hladiny proteinů neměly vliv na stravitelnost jak hrubého proteinu, tak na stravitelnost jednotlivých aminokyselin.

V rámci analýzy stravitelnosti hrubého proteinu bylo dosaženo vysokých hodnot v podstatě u všech zkoumaných vzorků. Důležitou roli zde nehraje pouze kvalita vstupních surovin, ale zejména technologie zpracování, zvláště teplota, čas, tlak a vlhkost v rámci jednotlivých kroků výroby granulí. Při špatně zvolené teplotě v rámci zpracování bílkovin a sacharidů může dojít ke vzniku tzv. Maillardových nestravitelných produktů a blokování lysinu. Rooijen et al. (2014) tvrdí, že Maillardových nestravitelných produktů bude v lisovaných peletách méně ve srovnání s extrudáty. Přesto však záleží na technologii výroby. Lisované pelety se prezentují vysokou stravitelností díky výrobě tzv. za studena. Přesto však v rámci procesu výroby dochází k zvýšení teploty, a zároveň se jako jedna ze vstupních surovin používá tepelně ošetřená zvířecí moučka. Proces tak neprobíhá vyloženě za studena, teploty se mohou pohybovat mezi 60 - 80 °C, a jedná se tak pouze o reklamní tah na majitele psů. Pravdou však zůstává fakt, že při extruzi se využívá daleko vyšších teplot, což predikuje větší riziko vzniku nestravitelných produktů.

Existuje více možností, jak zhodnotit kvalitu proteinů v extrudovaných krmivech pro psy. Nejlépe tak lze posuzovat na základě stravitelnosti. Stravitelnost lze zkoumat jak *in vivo*, tak i *in vitro* metodami. V současné době je snaha o rozvoj *in vitro* metod, které umožňují posuzování stravitelnosti bez nutnosti testování na živých zvířatech. Tjernsbekk et al. (2016) využil pro posouzení dostupnosti proteinů a aminokyselin z extrudovaného psího krmiva jako model norka amerického (*Neovison vison*). Norci se nakonec ukázali, jako vhodná varianta, která poskytuje cenné informace v rámci hodnocení kvality bílkovin. Hlavním faktem je zde podobnost trávicího traktu norka s malými plemeny psů. Výsledné hodnoty stravitelnosti u norků by mohly být v budoucnu využity v rámci predikce tzv. zdánlivé stravitelnosti u psů. Otázkou však zůstává etická stránka věci, kdy je preferována snaha o úplné vyhnutí se testování stravitelnosti na živých zvířatech.

Tran et al. (2008) zdůrazňuje, že účinky extruze na proteinovou složku krmiva mohou být jak prospěšné, tak škodlivé. Tepelná úprava během extruzního vaření může inaktivovat nutričně aktivní faktory na bázi bílkovin a tím zabránit jejich aktivitě. Naopak denaturace bílkovin způsobuje náchylnost k trávicím enzymům a tím zlepšit stravitelnost daných bílkovin. Citlivý na teplotu je zejména lysin, který tak může sloužit jako prediktor stravitelnosti a indikátor poškození proteinu během extruze. Další výzkum by se měl zaměřit na účinky extruze na lysin a další důležité aminokyseliny, jako je arginin, tryptofan, cystein a histidin. Význam by mělo taktéž porovnání výsledků rozdílných *in vitro* metod pro sjednocení metodiky a ověření jejich účinnosti v procesu stravitelnosti.

7 Závěr

Proces domestikace významně přispěl ke změnám v rámci trávicí soustavy u psů. Psi se dnes považují za všežravce. Neznamená to však, že je můžeme krmit vším, co nám zůstane od stolu. S rozvojem poznatků ohledně živinových a energetických potřeb a s rozvojem moderních technologií výroby krmiva vzrůstají také požadavky na kvalitní, kompletní a dobře stravitelná krmiva pro psy. Nejsnadnějším a nejpřístupnějším způsobem krmení se tak staly průmyslově vyráběná kompletní krmiva. Cílem dané práce bylo zanalyzovat stravitelnost *in vitro* komerčně dostupných vzorků psích krmiv a zároveň srovnat kvalitu stráveného proteinu. Přes různé hladiny proteinů u jednotlivých vzorků byla výsledná stravitelnost stejná. Stravitelnost hrubého proteinu i aminokyselin dosahovala vysokých hodnot a potvrdila tak vysokou stravitelnost granulí bez ovlivnění stravitelnosti rozdílnými hladinami tuku, vlákniny a samotného hrubého proteinu. Tyto živiny bývají pro stravitelnost limitující.

V rámci analýz byla zjištěna vysoká stravitelnost hrubého proteinu v jednotlivých vzorcích, a to i přes to, že byl zjištěn statisticky významný rozdíl v celkovém obsahu hrubého proteinu napříč jednotlivými kategoriemi krmiva. Následovalo stanovení stravitelnosti pro jednotlivé esenciální aminokyseliny. Zde nebyly výsledky statisticky významné, přesto se pomocí regresních rovnic podařilo stanovit závislost stravitelnosti mezi jednotlivými aminokyselinami. Významných hodnot závislosti stravitelnosti bylo zjištěno i v rámci limitující aminokyseliny lysinu. Výsledný koeficient determinace svými vysokými hodnotami poukazuje na velmi dobrou úroveň trávení aminokyselin. Regresní rovnice se tak ukázaly jako vhodná metoda dopočítání stravitelnosti aminokyselin ve chvíli, kdy by z důvodu šetření času nemohly být stanoveny všechny esenciální aminokyseliny laboratorní analýzou *in vitro* stravitelností. Dá se konstatovat, že byla potvrzena hypotéza o možnosti testování kvality proteinu psích krmiv *in vitro* metodami minimálně v tom smyslu, že byly popsány vztahy se silnou závislostí v případě většiny stravitelností esenciálních aminokyselin.

Daná *in vitro* metoda se přesto ukázala jako vhodná pro stanovení stravitelnosti proteinu. Potvrzení tohoto faktu by bylo nejlepší srovnání výsledků *in vitro* a *in vivo* stravitelnosti. Dnes se již ovšem apeluje na rozvoj metod, kdy nemusí být využíváno živých zvířat zejména z důvodu etické stránky věci. V rámci *in vivo* metody by ani nebylo možné stanovit stravitelnost u tak velkého množství vzorků komerčně dostupných krmiv, jako při analýze v laboratorních podmínkách, nicméně pro zpřesnění a efektivitu *in vitro* metod je kombinace s testováním *in vivo* nedocenitelná. Další možností posouzení zvolené *in vitro* metody by bylo porovnání s dalšími odlišnými *in vitro* metodami. Metody se odlišují zejména časem a teplotou inkubace v jednotlivých fázích trávení, tak v obsahu použitých trávicích enzymů. To vše může mít významný vliv na celkové výsledky stravitelnosti. Za nevýhodu dané metody lze považovat přehodnocení skutečné stravitelnosti z důvodu eliminace vedlejších vlivů působících na organismus jedince. Přesto lze poskytnuté informace o stravitelnosti považovat za relativně přesné.

Výživa psů i přesto zůstává ne zcela zmapovaným odvětvím. Za největší komplikace lze považovat především velkou rozmanitost psích plemen a odlišnosti v živinových potřebách v rámci jednotlivých skupin psů a zvyšující se výskyt gastrointestinálních poruch spojených s přešlechtěním. Vysoká stravitelnost kompletního krmiva však může předcházet vznikům nejrůznějších zdravotních obtíží.

8 Literatura

- AAFCO (Association of American Feed Control Officials). 2008. Official Publication, Oxford.
- Aledo JC. 2019. Methionine in proteins: The Cinderella of the proteinogenic amino acids. *Protein science* **28**:1785-1796.
- Alegría-Morán RA, Guzmán-Pino SA, Egana JI, Munoz C, Figuerona J. 2019. Food Preferences in Dogs: Effect of Dietary Composition and Intrinsic Variables on Diet Selection. *Animals (Basel)* **9**:1-12.
- Alonso R, Grant G, Dewey P, Marzo F. 2000. Nutritional Assessment in Vitro a in Vivo of Raw and Extruded Peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48**:2286-2290.
- Arendt M, Cairns KM, Ballard JWO, Savolainen P, Axelsson E. 2016. Diet adaptation in dog reflects spread of prehistoric agriculture. *Heredity (Official journal of the Genetics Society)* **117**:301-306.
- Bartenschlager E. 1996. Správna výživa psov. Slovo, Bratislava.
- Berkovitz B, Shellis P. 2018. The Teeth of Mammalian Vertebrates. Academic Press, Amsterdam and New York.
- Beynen AC. 2020a. Baked dog food. *Bonny Canteen* **1**:1-7.
- Beynen AC. 2020b. Pressed dog food. *Bonny Canteen* **1**:16-22.
- Biagi G, Cipollini I, Grandi M, Pinna C, Vecchiato CG, Zaghini G. 2016. A new *in vitro* method to evaluate digestibility of commercial diets for dogs. *Italian Journal of Animal Science* **15**:617-625.
- Biagi G, Cipollini I, Grandi M, Pinna C, Vecchiato CG, Zaghini G. 2016. A new *in vitro* method to evaluate digestibility of commercial diets for dogs. *Italian Journal of Animal Science* **15**:617-625.
- Bland IM, Guthrie-Jones A, Taylor RD, Hill J. 2009. Dog obesity: Owner attitudes and behaviour. *Preventive Veterinary Medicine* **92**:333-340.
- Bogdašev NF, Gurevič IJ, Titkov AD, Vilnēr AM, Lokk AP, Kuzmin VV, Fjodorov AI, Bočarov IA, Zacharov VS, Gubarevič JG, Protasov AI, Gusev VF, Melnikov AD. 1952. Příručka pro veterinární pomocníky. Brázda, Praha.
- Boisen S. 2000. In vitro digestibility methods: history and specific approaches. *Feed evaluation: principles and practice*. Wageningen Pers, Wageningen.
- Bosch G, Hagen-Plantinga EA, Hendriks WH. 2014. Dietary nutrient profiles of wild wolves: insights for optimal dog nutrition? *British Journal of Nutrition* **113**:840-854.
- Bosch G, Verbrugghe A, Hesta M, Holst JJ, Poel AFB, Janssens GPJ, Hendriks WH. 2009. The effects of dietary fibre type on satiety-related hormones and voluntary food intake in dogs. *British Journal of Nutrition* **102**:318-325.
- Bovée KC. 1991. Influence of Dietary Protein on Renal Function in Dogs. *The Journal of Nutrition* **121**:128-139.

- Brazis P, Serra M, Sellés A, Dethioux F, Biourge V, Puigdemont A. 2008. Evaluation of storage mite contamination of commercial dry dog food. *Veterinary Dermatology* **19**:209-214.
- Bucksch M. 2018. Jak správně krmit psa. Praktické rady a tipy na základě nejnovějších poznatků. Grada Publishing, Praha.
- Burger IH. 1994. Energy Needs of Companion Animals: Matching Food Intakes to Requirements Throughout the Life Cycle. *The Journal of Nutrition* **124**:2584S-2593S.
- Carrión PA, Thompson LJ. 2014. Food Safety Management. A practical guide for the food industry. Academic Press, St. Louis.
- Cohn J. 1997. How wild wolves became domestic dogs. *BioScience* **47**:725-728.
- Cortinovis C, Caloni F. 2016. Household Food Items Toxic to Dogs and Cats. *Frontiers in Veterinary Science* **3**:1-7.
- Craig JM. 2018. Food intolerance in dogs and cats. *Journal of small animal practice* **60**:77-85.
- Česko. Vyhláška č. 356 ze dne 1. října 2008 kterou se provádí zákon č. 91/1996 Sb., o krmivech. In Sbíрка zákonů České republiky. 2008. částka 116. s. 5522-5720. Dostupné také z <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/>.
- Česko. Zákon č. 91 ze dne 15. března 1996 o krmivech. In: Sbíрка zákonů České republiky. 2010. částka 31. s. 1064-1071. Dostupné také z <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/>.
- Dunham-Cheatham SM, Klingler K, Peacock M, Teglas MB, Gustin MS. 2019. What is in commercial cat and dog food? The case for mercury and ingredient testing. *Science of The Total Environment* **684**:276-280.
- Dvořáková Z. 2003. Moderní výživa psa. Golftime, Praha.
- Edney A. 1991. Výživa psa a kočky – Výživa psa a mačky: příručka pro veterinární lékaře a studenty – Waltham (World authority on pet care and nutrition). Canis, Praha.
- FEDIAF (The European Pet Food Industry Federation) Guidelines for Complete and Complementary Pet Food for Cat and Dogs. 2013. European Pet Food Industry Federation, Brussels.
- Frej D. 2006. Dietní sestra – diety ve zdraví a nemoci. Triton, Praha.
- German AJ. 2006. The growing problem of obesity in dogs and cats. *The Journal of Nutrition* **136**:1940-1946.
- Germonpré M, Lázničková-Galetová M, Sablin MV. 2012. Palaeolithic dog skulls at the Gravettian Předmostí site, the Czech Republic. *Journal of Archaeological Science* **39**:184-202.
- Girginov D. 2007. Evaluation and use of dog foods. *Trakia Journal of Sciences* **5**:51-55.
- Grandjean D, Butterwick R, Merrill R, Buckley C, Morris P, Charlton Ch, Stevenson A. 2012. WALTHAM: Pocket book of essential nutrition for cats and dogs. Beyond Design Solutions, London.
- Greco DS. 2008. Nutritional supplements for pregnant and lactating bitches. *Theriogenology* **70**:393-396.

- Gupta RK, Gangoliya SS, Singh NK. 2015. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *Journal of Food Science and Technology* **52**:676-684.
- Hartl K, Petráček J. 1986. *Člověk a pes. Naše vojsko, Praha.*
- Hervera M, Baucells MD, González G, Pérez E, Castrillo C. 2009. Prediction of digestible protein content of dry extruded do food: comparison of methods. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **93**:366-372.
- Hirakawa DA, Baker DH. 1985. Sulfur amino acid nutrition of the growing puppy: Determination of dietary requirements for methionine and cystine. *Nutrition Research* **5**:631-642.
- Holeček M. 2006. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin. Grada Publishing, a.s., Praha.*
- Hüll K, Morstein J, Trauner D. 2018. In Vivo Photopharmacology. *Chemical reviews* **118**:10710-10747.
- Kasper H. 2015. *Výživa v medicíně a dietetika. Grada Publishing, Praha.*
- Kazimierska K, Biel W, Witkowicz R. 2020. Mineral Composition of Cereal and Cereal-Free Dry Dog Foods versus Nutritional Guidelines. *Molecules* **25**:1-24.
- Kennis RA. 2005. Food Allergies: Update of Pathogenesis, Diagnoses and Management. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice* **36**:175-184.
- Kočárek P. 2005. *Fyziologie živočichů. Universitas Ostraviensis, Ostrava.*
- Laflamme DP, Abood SK, Fascetti AJ, Fleeman LM, Freeman LM, Michel KE, Bauer C, Kemp BLE, Van Doren JR, Wolloughby KN. 2008. Pet feeding practices of dog and cat owners in the United States and Australia. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **232**:687-694.
- Laflamme DP. 2008. Pet Food Safety: Dietary Protein. *Topics in Companion Animal Medicine* **23**:154-157.
- Lankhorst C, Tran QD, Havenaar R, Hendriks WH, Poel AFB. 2007. The effect of extrusion on the nutritional value of canine diets as assessed by *in vitro* indicators. *Animal Feed Science and Technology* **138**:285-297.
- Larsen JA, Farcas A. 2014. Nutrition of Aging Dogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* **44**:741-759.
- Li P, Yin YL, Li D, Kim SW, Wu G. 2007. Amino acids and immune function. *British Journal of Nutrition* **98**:237-252.
- Linder DE, Parker VJ. 2016. Dietary Aspects of Weight Management in Cats and Dogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* **46**:869-882.
- Marshall-Pescini S, Cafazzo S, Virányi Z, Range F. 2017. Integrating social ecology in explanations of wolf-dog behavioral differences. *Current Opinion in Behavioral Sciences* **16**:80-86.

- Mihaljev ŽA, Jakšić SM, Prica NB, Čupić ŽN, Živkov-Baloš MM. 2015. Comparison of the Kjeldahl method, Dumas method and NIR method for total nitrogen determination in meat and meat products. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* **21**:365-370.
- Monti M, Gibson M, Loureiro BA, Sá FC, Putarov TC, Villaverde C, Alavi S, Carciofi AC. 2016. Influence of dietary fiber on macrostructure and processing traits of extruded dog foods. *Animal Feed Science and Technology* **220**:93-102.
- Morris A, Barnett A, Burrows OJ. 2004. Effect of Processing on Nutrient Content of Foods. *CAJANUS* **37**:160-164.
- Mudřík Z, Podsedníček M, Hučko B. 2007. *Základy výživy a krmení psa*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- NRC (National Research Council, Nutrient Requirements of Dogs and Cats). 2006. The National Academies Press, Washington, DC.
- Odstrčil J, Odstrčilová M. 2006. *Chemie potravin*. Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, Brno.
- Ortolani C, Pastorello EA. 2006. Food allergies and food intolerances. **20**:467-483.
- Pacheco PDG, Putarov TC, Baller MA, Peres FM, Loureiro BA, Carciofi AC. 2018. Thermal energy application on extrusion and nutritional characteristics of dog foods. *Animal Feed Science and Technology* **243**:52-63.
- Purushotham B, Radhakrishna PM, Sherigara BS. 2007. Effects of steam conditioning and extrusion temperature on some anti-nutritional factors of soyabean (*Glycine max*) for pet food applications. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences* **2**:1-5.
- Rohlf VI, Toukhsati S, Coleman GJ, Bennett PC. 2010. Dog Obesity: Can Dog Caregivers (Owners) Feeding and Exercise Intentions and Behaviors Be Predicted From Attitudes? *Journal of Applied Animal Welfare Science* **13**:213-236.
- Rokey GJ, Plattner B, Souza EM. 2010. Feed extrusion process description. *Revista Brasileira de Zootecnia* **39**:510-518.
- 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.
- Rooijen C, Bosch G, Wierenga PA, Hendriks WH, Poel AFB. 2014. The effect of steam pelleting of a dry dog food on the Maillard reaction. *Animal Feed Science and Technology* **198**:238-247.
- Schäfer SL, Messika BR. 2008. *Barf – Zdravá výživa pro psa*. Grada Publishing, Praha.
- Singh S, Gamlath S, Wakeling L. 2007. Nutritional aspects of food extrusion: a review. *International Journal of Food Science + Technology* **42**:916-929.
- Süvegová K, Mertin D. 1994. *Potreba živín a výživná hodnota krmív pre psov (The Nutrient Requirements and Nutrient Value of Feeds for Dogs)*. Výzkumný ústav živočišnej výroby Nitra, Nitra.
- Syme HM. 2012. Stones in cats and dogs: What can be learnt from them? *Arab Journal of Urology* **10**:230-239.

- Šterc J, Štercová E. 2014a. Výživa a potřeba živin u psů. *Veterinářství* **64**:583-589.
- Šterc J, Štercová E. 2014b. Výživa a možnosti krmení psů. *Veterinářství* **64**:590-598.
- Taylor D. 1991. Velká kniha o psech. Gemini, spol. s. r. o., Bratislava.
- Tjernsbekk MT, Tauson AH, Matthiesen CF, Ahlstrom O. 2016. Protein and amino acid bioavailability of extruded dog food with protein meals of different quality using growing mink (*Neovison vison*) as a model. *Journal of Animal Science* **94**:3796-3804.
- Tôrrres CL, Hickenbottom SJ, Rogers Q. 2003. Palatability Affects the Percentage of Metabolizable Energy as Protein Selected by Adult Beagles. *The Journal of Nutrition* **133**:3516-3522.
- Tran QD, Hendriks WH, Poel AFB. 2008. Eddects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **88**:1487-1493.
- Verlinden A, Hesta M, Millet S, Janssens GPJ. 2006. Food Allergy in Dogs and Cats: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **46**:259-273.
- Vilà C, Savolainen P, Maldonado JE, Amorim IR, Rice JE, Honeycutt RL, Crandall KA, Lundeberg J, Wayne RK. 1997. Multiple and Ancient Origins of the Domestic Dog. *Science* **276**:1687-1689.
- Virk KS, Malav OP, Chatli MK, Mehta N, Kumar P, Wagh RV. 2019. Development of Calcium Fortified Biscuits Incorporated with Chicken Slaughter House Byproducts and Evaluation of Their Palatability in Dogs. *Indian Journal of Animal Nutrition* **36**:77-82.
- Wang J, Niu Y, Zhang Ch, Chen Y. 2018. A micro-plate colorimetric assay for rapid determination of trace zinc in animal feed, pet food and drinking water by ion masking and statistical partitioning correction. *Food Chemistry* **245**:337-345.
- Watson T. 2011. And they called it puppy...food preferences and behaviours. *Vet Times* **2011**:1-9.
- Weber M, Bissot T, Servet E, Sergheraert R, Biourge V, German AJ. 2008. A High-Protein, High-Fiber Diet Designed for Weight Loss Improves Satiety in Dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine* **21**:1203-1208.
- Zeman L, Veselý P, Ryant P, Skládanka J, Zelenka J, Suchý P, Straková E, Doležal P, Mrkvicová E, Kopřiva A, Procházková J. 2006. Výživa a krmení hospodářských zvířat. Profi Press, Praha.
- Zlatohlávek L, Pejšová H, Svačina Š. 2016. Klinická dietologie a výživa. Current Media, Praha.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

AAFCO	Asociace amerických úředníků pro kontrolu krmiv
ARG	Arginin
BARF	Biologicky vhodná syrová strava - dieta
BCAA	Aminokyseliny s rozvětveným řetězcem
BE	Brutto energie
BNLV	Bezdušikáté látky výtažkové
CF	Hrubá vláknina
CP	Hrubý protein
CYS	Cystein
DDP	Doporučený denní příděl
E	Economy
EMK	Esenciální mastné kyseliny
FEDIAF	Evropská federace výrobců krmiv pro domácí zvířata
HCl	Kyselina chlorovodíková
HIS	Histidin
ILE	Isoleucin
LEU	Leucin
LYS	Lysin
MDP	Minimální zachovná denní potřeba
ME	Metabolizovatelná energie
MET	Methionin
MH	Medium high
ML	Medium low
NFE	Bezdušikátý extrakt
NIRS	Near InfraRed Spectrofotometer (blízká infračervená spektroskopie)
NL	Dusíkaté látky (hrubý protein)
NRC	Národní rada pro výzkum
OH	Organická hmota
P	Premium
PHE	Fenylalanin
PUFA	Polynenasycené mastné kyseliny
RMB	Syrové masité kosti – dieta
SE	Stravitelná energie
SM	Supermedium
THR	Threonin
TYR	Tyrosin
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
VAL	Valin

