

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Krmení psa syrovou stravou v závislosti na výživě jeho
vlčích předků**

Bakalářská práce

Karolína Rosolová

Kynologie

prof. RNDr. Miroslav Barták, CSc.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Krmení psa syrovou stravou v závislosti na výživě jeho vlčích předků“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22.4.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. RNDr. Miroslavu Bartákovi, CSc. za vedení mé práce a jeho cenné rady a připomínky, které mi poskytl při zpracování této bakalářské práce.

Krmení psa syrovou stravou v závislosti na výživě jeho vlčích předků

Souhrn

Jako reakce na nepřeherné zásobování trhu s chovatelskými potřebami trendem „přirozenosti“ psích krmiv spolu s odkazováním na vlčí předky psa se práce zabývala porovnáváním výživy psa domácího dle výzkumy stanovených nutričních hodnot s potravou vlka obecného ve volné přírodě.

Úvodní část bakalářské práce se zabývala funkční anatomií *Canis lupus* Linnaeus, 1758 a *Canis lupus familiaris* (Linnaeus, 1758). Byla popsána funkce těch částí trávicí soustavy, které mají oba druhy společné nebo jen zanedbatelně odlišné a ke vlivu domestikace zde prakticky nedošlo, a těch které je vzájemně odlišují a neměly by tedy být přehlíženy při sestavování vhodné krmné dávky. Bylo zjištěno, že oba druhy mají téměř shodnou schopnost trávení potravy od dutiny ústní až po tlusté střevo. Není zde důkaz, který by naznačoval, že se *Canis lupus familiaris* v průběhu domestikace změnil z masožravce na všežravce. Stěžejním rozdílem byla poté především znásobená schopnost trávení škrobů, která se však objevila až s neolitickou revolucí.

V následujících dvou kapitolách byla práce zaměřena na vymezení přirozené potravy vlků žijících ve volné přírodě celého světa a na porovnání množství jejich přijatých živin s nutričními doporučeními stanovenými pro výrobce psích krmiv. Veškeré živiny zde byly systematicky rozděleny (organické/ anorganické) a u každého byl uveden zdroj přirozené potravy, ze kterého je možné tyto živiny získat pro psy v co nejpřirozenější podobě.

V konečné části literární rešerše byly uvedeny faktory, které je potřeba zohlednit pro sestavení individuální krmné dávky - míru prošlechtění kvůli potenciální podobnosti s vlčími předky a množství spotřebovatelné metabolizovatelné energie, tělesné proporce psa a volbu vhodné formy krmiva tak, aby byly naplněny všechny výše zmíněné nutriční potřeby. Nakonec byly uvedeny i rizika, která krmení syrovou stravou přináší, a jak je co nejlépe eliminovat.

Závěrem by bylo možné doporučit krmení syrovou stravou za jejího současného nezaměňování s potravou volně žijících vlků.

Klíčová slova: pes, vlk, přirozená strava, BARF, výživa psa

Feeding dog with raw food in dependence on his wolf ancestors' nutrition

Summary

In response to the abundant petshop market offer of "nature" dog food together with many references to the dog's wolf ancestors, this thesis dealt with comparing the research determined dog's nutrition with wolf food in the wild.

The introductory part of the bachelor thesis dealt with the physiology of *Canis lupus* Linnaeus, 1758 and *Canis lupus familiaris* (Linnaeus, 1758). The function of those parts of the digestive system that have both species in common or only slightly different, and which has not been affected a lot by domestication, was described. As well as those parts that differentiate them from each other and therefore should not be overlooked when compiling appropriate feed ration. It has been found that both species have almost the same ability to digest food all the way from the oral cavity to the large intestine. There is no evidence to suggest that *Canis lupus familiaris* changed from carnivore to omnivore during domestication process. The main difference was the multiplied ability to digest starches, which however showed up within the agricultural revolution.

In the following two chapters, the thesis focused on defining the natural food of worldwide wild wolves and on comparing the amount of their nutrients received with the nutritional recommendations set for dog food manufacturers. All nutrients were systematically divided (organic / inorganic) and the natural source, from which it is possible to gain these nutrients for dogs in the most natural form, for each component was given.

In the final part of the literature researches gave the factors that need to be taken for the compilation of individual feed rations - the breeding rate due to potential similarity to wolf ancestors and the amount of consumable metabolizable energy, body proportions of the dog and type of food to meet all the above nutritional needs. Finally considered the risks of feeding a raw diet and the best way to eliminate them.

In conclusion, it would be possible to recommend feeding a raw diet while not confusing it with the food of wild wolves.

Keywords: dog, wolf, natural food, BARF, dog nutrition

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Cíl práce.....	8
3 Literární rešerše.....	9
3.1 Faktor evoluce a domestikace na pozadí hledání „ideálního“ krmiva	9
3.1.1 Vlk a pes – společné charakteristiky trávicí soustavy.....	9
3.1.2 Čím se trávicí soustavy vlků a psů odlišují.....	14
3.2 Potrava <i>Canis lupus</i> ve volné přírodě.....	16
3.3 Množství potřebných živin stanovených pro <i>Canis lupus familiaris</i>	18
3.3.1 Voda a sušina	19
3.3.2 Dusíkaté látky (hrubý protein).....	20
3.3.3 Tuk	22
3.3.4 Sacharidy.....	24
3.3.5 Vitaminy.....	25
3.3.5.1 Vitaminy rozpustné v tucích	25
3.3.5.2 Vitaminy rozpustné ve vodě.....	27
3.3.6 Anorganické živiny	30
3.4 Sestavení individuální krmné dávky pro dospělého psa	32
3.4.1 Stanovení aktuální hmotnosti psa	33
3.4.2 Odhad procentuálního podílu tělesného tuku	33
3.4.3 Plemenná příslušnost	35
3.4.4 Odhad pohybové aktivity.....	36
3.4.5 Krmná dávka průmyslově nebo doma připravená	36
3.4.5.1 Syrová strava (BARF a jiné)	37
3.4.5.2 Minimalizace rizik syrové stravy	38
4 Závěr	40
5 Literatura.....	41

1 Úvod

Krmení psů syrovou stravou (nejčastěji tzv. BARFem) je v současné době diskutované téma ze stran veterinářů i chovatelů. Jejich názory bývají často velmi vyhraněné. Aktuálně se mnoho majitelů psů odklání od krmení psů průmyslově vyráběným krmivem a preferuje sestavení individuální krmné dávky v domácích podmínkách, což zároveň i odpovídá obdobnému trendu ve výživě lidské, i v zemědělství jako takovém.

Spolu s tím, jak se pes v dnešní době začíná chovat mnohem častěji jako společník člověka a nikoliv pouze pro pracovní využití, získává tak sociální místo jako jeho rodinný příslušník. A právě proto je mezi chovateli stále silnější vůle krmit svého psa co nejzdravěji a nejpřirozeněji. Literatura zabývající se doma připravovanými krmnými dávkami dostupná chovatelům často není psaná odbornými autory, jiné publikace jsou zase ovlivněny výrobci průmyslových krmiv a tato vyzdvihují.

Pro tyto účely majitelé čím dál častěji volí právě syrovou stravu, často se skrývající pod zkratkou „BARF“ (z anglického „Bones and Raw Food“, „Born Again Raw Feeders“ anebo také „Biologically Appropriate Raw Food“). Ta zahrnuje nejen syrové maso (svalovinu), ale také kosti a vnitřnosti v navzájem vyváženém poměru (částečně závislém na individuální schopnosti jedince trávit) spolu s vhodnými doplňky rostlinného původu (bylinky, ovoce, zelenina a obiloviny). Předpokladem tohoto přístupu v krmení je myšlenka, že strava psa by měla vycházet z přirozené stravy jeho přímého předka (vlka obecného) ve volné přírodě a napodobuje tak vlčí kořist a obsah jejího trávicího traktu. Zakladatelem „BARF“ směru byl v roce 1993 Ian Billinghurst, australský veterinární lékař (Billinghurst 1993).

Syrová strava je vždy složena z tzv. „masitých kostí“, vnitřností a dalších živočišných produktů, či ovoce a zeleniny. V malém množství se mohou používat i obiloviny. Živočišná část stravy je tvořena 70 – 80% podílem. Z toho 30 – 60 % tvoří masité kosti – tj. kosti obalené svalovinou přibližně v poměru 50 : 50, zbytek tvoří čistá svalovina a vnitřnosti, či mléčné výrobky a vejce. Rostlinná příloha tvoří zhruba 20 – 30% podíl na krmné dávce, zde se jedná o co nejpestřejší škálu zeleniny a ovoce. Zelenina a ovoce se podávají v syrovém stavu, nicméně je vhodné je rozemlít či namixovat pro lepší stravitelnost. Podávají-li se jako příloha například obiloviny či brambory, je naopak nutné je tepelně opracovat (Billinghurst 1993; Volhard & Brown 1995; Schultze 1999).

Výrobci průmyslově vyráběných krmiv rovněž reagují na aktuální situaci a přidávají do názvů a popisů svých výrobků slogany jako například „kompletní krmivo po vzoru přirozené stravy šelem“, „složení přibližuje lov ryb ve studených vodách amerických řek“ (granule Taste of the wild), „zachovávají si přirozenou chuť, vůni a výživové hodnoty“ (granule Yoggies), „spektrum pečlivě vybraných zdrojů masa divokého původu jako sob, kachna, bažant, krocan, jehněčí, divočák a losos odpovídá skladbě přirozeně ulovené kořisti“ (granule Carnilove) a další slovní spojení obsahující „čerstvé maso“, „přirozené složení“ a vyobrazování vlků na obalech s krmivy (Carnilove, Taste of the wild, Marp, Wolfsblut).

2 Cíl práce

Krmení psů syrovou stravou (tzv. BARFem) je v současné době diskutované téma ze stran veterinářů i chovatelů, názory bývají často velmi vyhraněné. Jelikož syrová strava má ve své podstatě vycházet z "přirozenosti psa", bylo cílem práce vrátit se k přirozenému původu psa - vlku a k jeho způsobu stravování. Současně bylo však nutné zohlednit evoluční změny, které proběhly vlivem domestikace. Zároveň byly zohledněny i výhody syrového oproti průmyslově vyráběnému krmivu.

3 Literární rešerše

3.1 Faktor evoluce a domestikace na pozadí hledání „ideálního“ krmiva

Pes domácí (*Canis lupus familiaris*) a vlk obecný (*Canis lupus*) jsou stejným druhem, mají společných 78 chromozomů. K domestikaci psa a tím k jeho oddělení od vlka došlo před cca 18 000 – 32 000 lety (Bradshaw 2006; Thalmann et al. 2013). Pozoruhodná rozmanitost plemen moderního psa z hlediska anatomie, fyziologie, chování a metabolických dějů vznikla ze společného předka všech psů před cca 10 miliony let (Vila et al. 1999). Řadí se mezi monogastry s jednoduchým a relativně krátkým gastrointestinálním traktem (Hynd 2019).

A je to právě vysoká diverzita psích plemen, která klade v současné době mnoho výzev pro výživáře psů v porovnání s výživáři jiných domestikovaných druhů zvířat, kde není fenotypová rozdílnost zdaleka tak patrná (například u hospodářských zvířat) (Hynd 2019). Některá plemena psů mohou být přirozeně více masožravá (plemena vzniklá křížením s vlkem, severská plemena, atd.) oproti plemenům více ovlivněným domestikací, kterým může více vyhovovat zastoupení rostlinných složek. Nicméně pes nemůže být nikdy považován za skutečného všežravce - jeho střevo je výrazně jednodušší a kratší než u pravých všežravců, má vyšší nároky na zastoupení živočišných proteinů v krmivu a v jeho slinách se nenachází škrob-štěpící enzym. Nejvýstižnější zařazení psa z hlediska výživy je „fakultativní masožravec“ (Batchelor et al. 2011). Vlk je stále s největší pravděpodobností masožravcem obligatorním (Paquet & Carbyn 2003). Přesto je dodnes pes často vyobrazován jako všežravec živící se mimo jiné masem, jak v laických tak dokonce i odborných zdrojích (Hynd 2019). Jako všežravci jsou psi dokonce označeni i v knize Iana Billinghursta (1993), zakladatele BARF stravování. Toto označování může být důvodem, proč jsou v současné době popularizovány i vegetariánské diety pro psy (fakultativní masožravce) a v extrémních případech i pro kočky (masožravce obligatorní), s tím jak se majitelé snaží jídelníček domácích zvířat více přiblížit svému životnímu stylu (a způsobu myšlení). Pro psa, na rozdíl od kočky, je sice možné ještě sestavit relativně nutričně vyvážený vegetariánský jídelníček, nicméně vzhledem k vysoké hladině antinutričních faktorů v rostlinné stravě je vhodné, aby tuto formu diety připravoval pouze profesionální výživář, tak aby byla pro psa dostatečně vyvážená a stravitelná. Vegetariánskou dietu není možné vhodně sestavit v domácích podmínkách bez dostatečných odborných znalostí problematiky (Brown 2009; Kanakubo et al. 2015).

3.1.1 Vlk a pes – společné charakteristiky trávicí soustavy

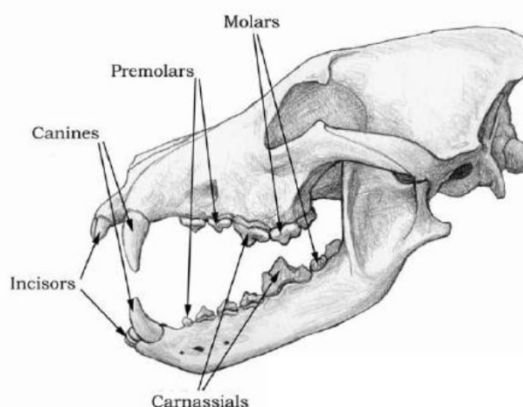
Pes domácí (*Canis lupus familiaris*) má velmi obdobný trávicí trakt jako vlk obecný (*Canis lupus*). Funkční anatomie chrupu a čelistí, slin a slepého střeva nebyla domestikací téměř ovlivněna (Palacká 2018).

Oba druhy mají velmi dobře vyvinutý sekodontní chrup (viz Obrázek 1), tj. zuby třenové jsou protáhlé ve směru těl čelistí a jsou opatřené několika hroty k drcení kostí. Trhákový komplex a špičáky jsou v zubním vzorci dominantní. Stoličky jsou bunodontní, tj. na třech plochách mají hrbolky způsobilé k rozměňování pojiv a vláknin

(Červený et al. 1999). Čelisti jsou uzpůsobeny pro co nejefektivnější trhání masa a drcení kostí. Vykonávají pouze pohyb nahoru – dolů, nikoliv do stran jako u býložravců. U psa vše zůstává ve stejné podobě, pouze čelisti a některé zuby jsou zmenšeny vlivem domestikčních změn. Psi, kteří druhotně zdivočeli, se obvykle namísto lovení kořisti živí sběrem odpadků (Bradshaw 2006).

Úloha typu zubů v zubním vzorci

Řezáky (*incisivi*) jsou 3 drobné zuby, pravidelně vyrovnané v nejpřednější části čelistí (v patrových výběžcích kosti řezákové - *ossis incisivi* - v horní čelisti a v bradovém úhlu - *angulus mentalis* - v čelisti dolní), patrné jako jedny z prvních, pokud vlk či pes otevře tlamu. Jsou charakteristické rovným ostrým okrajem, při bližším prozkoumání je patrný jeden hlavní hrbol a dva menší hrboly, které lemují zub z obou stran (Wang & Tedford 2008). Tyto rysy však nemusí být už příliš patrné u starších jedinců, jelikož se hrboly postupně zahlazují s tím, jak jsou zuby opotřebovávány věkem. Chrup je brachyodontní stejně jako je tomu u ostatních šelem, primátů a prasat – jejich růst je omezený (Červený et al. 1999; Wang & Tedford 2008).



Obrázek 1: Lebka s deatilem rozmístění zubů (Wang & Tedford 2008)

Špičáky (*canini*) jsou umístěny za řezáky. Jsou hlavní dominantou chrupu celé čeledi Canidae (psovití) a také je od nich vhodně odvozen název celé této rodiny psovitých. Má tvar dlouhého tesáku, je tak tedy uzpůsoben k tomu provést smrtící zákus kořisti. Na Obrázku 2 je patrný rozdíl velikosti špičáku u vlka a velkého knírače. Zmenšení špičáků odpovídá tomu, že velký knírač bude dle stavby svého chrupu pravděpodobně prospívat na mase, nicméně ale nepotřebuje již tak mohutné špičáky k usmrcení kořisti, jako jeho vlčí předek, neboť „kořist“ již usmrcenou podá psu chovatel domestikovanému psu částečně naporcovanou v jeho krmné dávce (Coppinger & Coppinger 2001). Nicméně i u psů jsou špičáky i tak značně dominantní. Dojde-li na vycenění zubů, tak špičáky značně maximalizují efekt zastrašujícího postroje jak u vlka, tak u psa domácího (Wang & Tedford 2008). Délka špičáků je rovněž rozdílná mezi pohlavími – špičáky samců jsou o 3 – 6 % větší, než špičáky samic (Gittleman & Valkenburgh 1997). Horní špičáky jsou umístěny v oblasti švu premaxilární a maxilární kosti v horní čelisti a technicky vzato tvoří nůžky spolu s dolními špičáky, které jsou mírně přesazeny dopředu vůči horním (Wang & Tedford 2008). Špičáky dále dopomáhají práci řezáků při otevírání tělesných dutin bezprostředně po tom, co je kořist usmrcena (Stahler et al. 2006).



Obrázek 2: Porovnání velikosti zubů vlčice o hmotnosti 40 kg (nalevo) vůči velikosti zubů psa plemene velký knírač o stejné hmotnosti (napravo) (Šebková 2008).

Třenové zuby (*premolars*) nalezneme kaudálně za špičáky, čtyři v horní i čtyři v dolní čelisti. Čtvrtý horní premolár je výjimečný, zapadá do sebe spolu s prvním dolním molárem a tvoří dohromady *de facto* gilatinu nazývanou jako tzv. „trhácový komplex“ (König & Liebich 2003). Jedná se o speciálně pro masožravce vyvinutý pár střížných nožů, jehož dominantní funkcí je krájení svaloviny a šlach zabité kořisti. Velmi silně vyvinutý trhácový komplex je specifický pro celý řád šelmy – Carnivora (Wilson & Reeder 2005). Je typickou a také nejrozvinutější adaptací předků masožravců, které jsou neustále předávány všem liniím potomků (Wang & Tedford 2008). Ostatní premoláry (tři v horní čelisti a čtyři v dolní) jsou tvořeny hlavním delším hrbolem a dále jedním nebo dvěma menšími vedlejšími hrbolky před a za hlavním hrbolem (König & Liebich 2003).

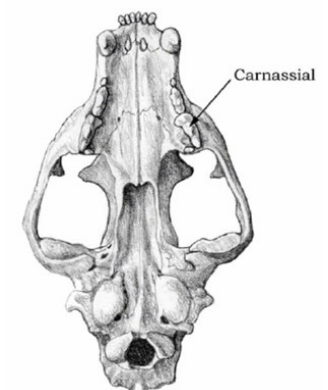
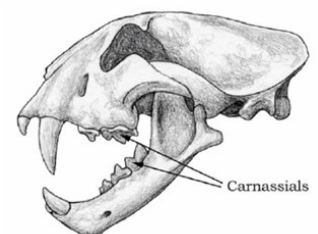
Stoličky (*molars*) jsou nejkaudálněji umístěné zuby v dutině ústní – v horní čelisti jsou to dva zuby, v dolní čelisti tři (König & Liebich 2003). Od ostatních typů zubů se liší zejména tím, že v mléčném chrupu nejsou vůbec zastoupeny a rostou až jako zuby trvalé (Červený et al. 1999). Kromě dolního trháku (první spodní molár) jsou tvořeny nízkou plochou s několika nepatrnými hrbolky, které jsou navzájem propojené na povrchu korunky (Wilson & Reeder 2005). Tyto drobné hrbolky na horních stoličkách se uzavírají navzájem s hrbolky na dolních stoličkách a tvoří tak společně funkci mlýnskému kamene (dvě horní a dvě dolní stoličky). Stoličky jsou vyvinuty poměrně dobře – ne natolik jako u medvědovitých, ale funkční jsou a umožňují tak flexibilitu masové stravy v kombinaci s rostlinnou hmotou i hmyzem (Wang & Tedford 2008).

Hyperkarnivor nebo hypokarnivor

Chrup jednotlivých druhů šelem se vyvíjel obdobně, koncept dentální adaptace je však v rámci jednotlivých druhů značně specifický dle funkční morfologie. Masožravce je tak možné dle paleontologů Miguela Crusafont-Pairó & Jaimeho Truyols-Santonja (1956) rozdělit na hyperkarnivory a hypokarnivory podle morfologie zubů jednotlivých druhů šelem.

V oblasti paleontologie obratlovců je známo, že zubní morfologie u savců má velmi silnou návaznost na jejich druh stravování. Úzká spojitost mezi tvary zubů a rozmanitostí potravy umožnila paleontologům řadu informací o tom, čím se zvířata v historii živila (Wang & Tedford 2008).

Hyperkarnivorní jsou šelmy, které mají u trháků prodlouženou nůžkovou část na úkor zubů, které zajišťují rozemílání (obvykle tedy na úkor stoliček). Nejextrémnějším příkladem hyperkarnivorních šelem jsou kočky, jejichž zuby v podstatě zahrnují pouze nůžkovou část – dominantně dva páry dlouhých trháků s velmi tenkou čepelí (viz Obrázek 3). Stoličky, umístěné kaudálně za trháky, mají silně redukovanou velikost. Díky této adaptaci jsou kočky také výhradními masožravci – má se tedy za to, že hyperkarnivorní chrup souvisí s potravní dietou, která zahrnuje téměř výhradně maso. V souvislosti s redukcí molárů, došlo také ke zkrácení rostrální části lebky u feliformních šelem. Hyperkarnivorní druhy



Obrázek 3: Hyperkarnivor – Leopardi lebka ze strany a zespodu (Wang & Tedford 2008)

přijímají přes 70 % živočišné potravy (Van Valkenburgh 2007).

Hypokarnivorní jsou šelmy, u kterých je zkrácena nůžková část trháků a prodloužena část zubů umístěna kraniálně za trhákovým komplexem (viz Obrázek 4). Nejextrémnějším příkladem hypokarnivorních šelem jsou medvědi, u kterých je nůžková část radikálně zredukována a hrbolky na stoličkách jsou extrémně rozšířené a přizpůsobené tak drcení. Hypokarnivoři mají možnost zpracovávat mnohem pestřejší stravu, která zahrnuje maso, hmyz, ovoce a kořínky. Panda velká (*Ailuropoda melanoleuca*), která patří dle genetických testů do čeledi medvědovití, je například potravně specializovaná pouze na bambus. Hypokarnivorní druhy přijímají méně než 30 % živočišné potravy (Van Valkenburgh 2007).



Obrázek 4: Hypokarnivor – Medvědí lebka (Wang & Tedford 2008)

Většina šelem (i *Canis lupus*) se nachází někde mezi těmito dvěma extrémy. Nemají zuby ani extrémně hyperkarnivorní, ani extrémně hypokarnivorní. Název je odvozen z latinského *meso* - prostřední. Mezokarnivorní druhy přijímají mezi 50 - 70 % živočišné potravy (Van Valkenburgh 2007).

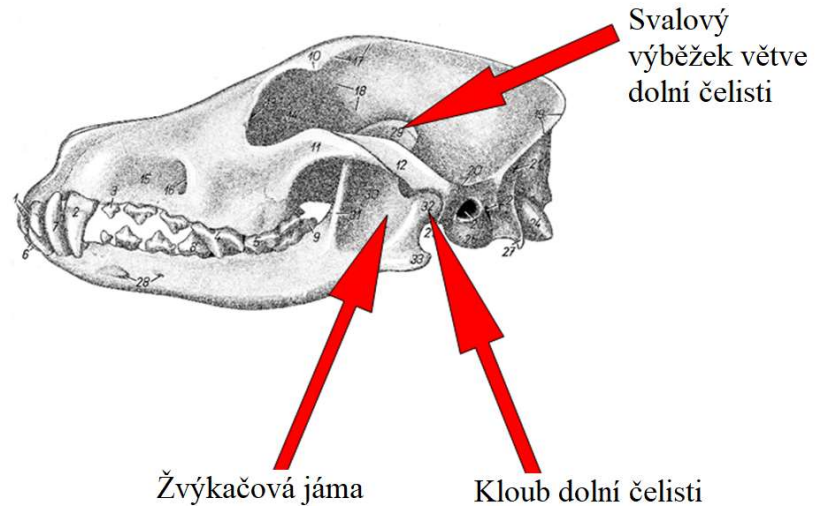
Čelisti, rostrum a hlavní svalové přitahovače při skusu

Čelistní kloub (*articulatio temporomandibularis*) propojuje větve dolní čelisti s jařmovým obloukem lebky. Jedná se o válcový typ kloubu lokalizovaný mezi kloubní hlavicí (krčkem spojena s kaudálním okrajem větve dolní čelisti) a kloubní jamkou (na jařmovém výběžku kosti spánkové). Dorzální část kloubní hlavice je válcovitá, nepravidelně krytá kloubní chrupavkou. Válcovitá kloubní jamka se nachází mezi dvěma příčnými výběžky umístěnými na ventrální ploše jařmového výběžku spánkové kosti (Popesko 1997; Budras et al. 2007). Je taktéž vystlána kloubní chrupavkou. Na mediální straně je úzká, dále se laterálně rozšiřuje. Je vhodně uzpůsobený pro drcení kořisti u obou zástupců druhu, jak u vlka, tak u psa. Umožňuje silné skousnutí – tj. přitažení dolní čelisti k čelisti horní. Pohyb dolní čelisti jako takový je svým uspořádáním omezen pouze na otevření (*extensi*) a zavření (*flexi*) v kloubu dolní čelisti (Červený et al. 1999).

Do kloubu je vložen meniskus (*discus articularis*), tenká ploténka z vazivové chrupavky, která dále umožňuje překusování mezi zuby třenovými a stoličkami zvláště na pravé či na levé straně zubního oblouku. Krouživý, tzv. „mlecí“ pohyb potřebný pro žvýkání sousta na stoličkách, který je obvyklý pro býložravce, zde není možný. Pohyb omezuje spojení levé a pravé části kosti dolní čelisti a absence kaudálního kloubního vazů. Kloub je vyztužen pouze vazem laterálním, který zesiluje kloubní pouzdro na laterální straně kloubu (Miller et al. 1979).

Svalový výběžek větve dolní čelisti (*processus coronoideus mandibulae*) zvýrazněný na Obrázku 5 je zcela obklopen masitým úponem svalu spánkového (*musculus temporalis*) (Miller et al. 1979). Větev dolní čelisti, ani prostor mezi čelními a temenními kostmi, ale nejsou zase natolik zesílené a masivní, aby byly schopny se vyrovnat se zátěží potřebnou pro drčení kostí, jak je tomu v jiných liniích masožravců (Wang & Tedford 2008).

Kloub dolní čelisti zvýrazněný na Obrázku 5 je přeneseně, dle biomechanického principu, osovým bodem rotace (O), pokud si dolní čelist při skusu uvědomíme zjednodušeně jako jednozvratnou páku poháněnou žvýkáčemi svaly (Throckmorton 2000).



Obrázek 5: Lebka psa (Popesko 1997)

Žvýkačová jáma (*fossa masseterica*) zvýrazněná na Obrázku 5 je celá vyplněna třemi částmi svalu žvýkače (*musculus masseter*). Spolu se svaly je umístěna rostrálně před bodem rotace (O) tak, aby *m. temporalis* i *m. masseter* mohly fungovat jako přitahovače dolní čelisti (Ström et al. 1988).

Spánkový sval (*m. temporalis*) se upíná na vrchní a přední okraj výběžku větve dolní čelisti. Podílí se na přitahování dolní čelisti k horní. Označuje se proto někdy také jako tzv. „chňapací sval“. Směr jeho působení je složeninou dvou pohybů, a to nahoru a vzad. Spojuje se s hlubokou částí žvýkače (König & Liebich 2003).

Žvýkač (*m. masseter*) je možné rozdělit podle jejich inervace až na šest vrstev (Tomo et al. 1993), ale tradičně se rozděluje podél šlašitých plotének na části tři (Ellenberger & Baum 1891). Funkce žvýkače je rovněž přitahovat dolní čelist k čelisti horní, směr jeho působení je však složeninou pohybů nahoru a vpřed. Povrchová část žvýkače je nejsilnější. Odstupuje od lícního hřebene (*crista facialis*) až ke středu jařmového oblouku (*arcus zygomaticus*), probíhá kaudoventrálně a upíná se na dolní čelist. Střední část žvýkače je tenká, upíná se na větev dolní čelisti a dále odstupuje z jařmového oblouku u kloubu dolní čelisti. Hluboká část žvýkače splývá se svalem spánkovým (*m. temporalis*) a dále odstupuje na vnitřní ploše jařmového oblouku (Ellenberger & Baum 1891; König & Liebich 2003).

Křídlový sval mediální (*m. pterygoideus medialis*) a laterální (*m. pterygoideus lateralis*) odstupují od lebky poblíž kosti křídlaté a upínají se na mediální okraj větví dolní čelisti. Podílí se částečně také na přitahování spodní čelisti, a dále i na jejích pohybech dopředu a do stran (Miller et al. 1979; König & Liebich 2003).

Princip smrtícího skusu

Síla způsobená kontrakcí spánkových svalů (F1) se sčítá se silou, kterou vyvíjí žvýkače (F2). Výsledná síla (F1+F2) přenášená na zuby se zvyšuje, čím blíže jsou zuby umístěny k ose rotace (O). Následkem toho je tedy síla, vyvíjená na hroty špičáků při skusu, vyšší u hyperkarnivorů, kteří mají zkrácené rostrum i zubní vzorec. Dle principu jednoduché páky bude na potravu umístěnou na zadních zubech (trháky) vyvinut větší tlak, než na potravu v přední části chrupu (řezáky) (Throckmorton 2000; Wang & Tedford 2008).

Smrtící skus všech masožravců je téměř vždy prováděn špičáky. Skousnutí kočičích čelistí by bylo vždy efektivnějším využitím síly než skousnutí psích či vlčích čelistí (za předpokladu, že všechny ostatní proměnné kromě vzdálenosti špičáků od pantu - osy rotace - zůstávají stejné), nicméně je potřeba zohlednit také fakt, že oba druhy mají odlišný způsob lovu (Throckmorton 2000; Wang & Tedford 2008). Pokud vlci loví větší kořist, loví ji ve smečce, kde bývají typicky dva až tři vlci, kteří se přímo podílejí na strhnutí a zabítí kořisti. Ti zasahují obvykle krk u mláďat a menších jedinců (zpravidla samic), na mohutnější jedince útočí zezadu (Stahler et al. 2006). Kočkovité šelmy často zabíjejí kořist pouhým jedním pronikavým skusem do oblasti hlavy nebo krku, psovití koušou obecně mělčeji, opakovaně a tam, kam se zrovna naskytne příležitost (Biknevicius & Van Valkenburgh 1996). Zuby psovitých jsou uzpůsobeny adekvátně vůči jejich možnostem lovu a také přesně v souladu s jejich stravováním. To je důvodem, proč se psovití vyvíjejí skrze velmi dlouhé časové periody při zachování de facto stále obdobného složení chrupu a současně za značného rozšíření těchto druhů. Kočkovité šelmy tedy potřebují pro život co nejsilnější a nejefektivnější smrtící zákus, psovití nikoliv. Psovití, na rozdíl od kočkovitých, jsou ve způsobu stravování o mnoho flexibilnější. Jejich typ chrupu je velmi konzervativní, zuby nebývají příliš redukovány a zároveň však nejsou stoličky specializovány pro rostlinnou potravu. Díky tomu mají oproti kočkovitým zachováno dlouhé *rostrum*, což jim mimo potravu zajišťuje zvětšenou oblast nosních dutin a pravděpodobně tak značně zlepšuje olfaktorické funkce. Tudiž jsou psovití mnohem více orientováni pachově, než vizuálně. Prodloužení *rostra* můžeme mimo to také najít u savců, kteří se živí mravenci nebo termity. Ti mají ale rostrum a jazyk prodloužené z toho důvodu, aby této potravu dosahovali v zúžených prostorech. V souvislosti s tím existují i některé důkazy o částečné hmyzožravosti vlčích předchůdců (Wang & Tedford 2008).

Sliny masožravce

Sliny neobsahují enzym - amylázu, nemohou tedy v dutině ústní štěpit škroby, jak je tomu u všežravců. U člověka jako zástupce všežravců je za produkci amylázy ve slinách zodpovědný gen AMY1 (Mocharla et al. 1990). Funkce slin u psů i vlků tak spočívá pouze v proslinění sousta, v jeho následném snazším polknutí a v usnadnění průchodu sousta skrze jícn (Swenson & Reece 1993).

3.1.2 Čím se trávicí soustavy vlků a psů odlišují

Odchytky trávicí soustavy domestikovaného psa domácího (*Canis lupus familiaris*) ve srovnání s jeho předkem (*Canis lupus*) jsou dvojího typu – rozdílů způsobené druhem potravu a rozdílů způsobené procesem domestikace (Palacká 2018).

Rozdíly v trávicí soustavě přímo ovlivněné formou přijatého krmiva

Žaludek obou šelem je jednoduchý. Fyziologie žaludku psa je odlišná od vlka pouze v závislosti na jeho potravě, tudíž u psa závisí na člověku, který mu potravu poskytuje. U vlků obsahují vylučované žaludeční šťávy značné množství kyseliny chlorovodíkové. Dokážou štěpit odolná sousta masa, šlach, kostí atd. Žaludek psa však může tuto schopnost ztratit v závislosti na podávaném krmivu. Žaludek psů živených průmyslově vyráběnou krmnou směsí (granulemi či vlhkým konzervovaným krmivem) anebo vařenou doma připravenou směsí takové množství kyseliny chlorovodíkové neprodukuje. Tento stav však není trvalý, chovatel může pozvolně ovlivňovat zvyšování produkce žaludeční kyseliny za pomoci postupné změny krmné dávky na syrovou. Množství vylučované kyseliny chlorovodíkové je přímo závislé na podílu syrové stravy v krmné dávce. Oproti vlkům může být také žaludek menších rozměrů (v závislosti na plemeni) (Bradshaw 2006).

Rozdíly v trávicí soustavě relativně neovlivnitelné, způsobené domestikací psa

Poměr délky těla vlka k délce jeho střeva je přibližně 1 : 4, v průběhu domestikace se délka střeva psa prodloužila na poměr 1 : 5–6 (Suvegová & Mertin 1994). Pro porovnání u kočky domácí (*Felis catus*) jako obligatorního masožravce je poměr obdobný 1 : 4, u všežravce jako je například prase domácí (*Sus scrofa domesticus*) už je poměr délky těla k délce střeva 1 : 14 a u doma chovaných býložravců se pohybuje mezi 1 : 10 až 1 : 27. Poměr délky tenkého a tlustého střeva je u psa i kočky podobný, u psa domácího 85 : 15, u kočky domácí 83 : 17 (Swenson & Reece 1993).

Tenké střevo má tři části – dvanáctník, lačník a kyčelník (Adams 1986). Princip fungování tenkého střeva je stejný u psů i u vlků - v tenkém střevě je dokončeno trávení veškerých složitějších živin na jednoduché složky a jejich vstřebání do krve a lymfy. Trávicí šťávy psů však oproti vlkům obsahují podstatně větší množství amylázy, díky čemuž je pes schopen štěpit sacharidy v krmivu a následně tak efektivně absorbovat glukózu (Arendt et al. 2016).

Za zvýšenou produkci amylázy je zodpovědný gen (označován AMY2B) sloužící k její tvorbě ve slinivce břišní (Simpson et al. 1984; Mocharla et al. 1990; Arendt et al. 2014). Vlci mají na jednom chromozomu jednu kopii tohoto genu, psi průměrně 8 kopií genu (může se pohybovat v rozmezí od dvou až do patnácti kopií) (Axelsson et al. 2013). Obdobně neobvyklá je i diferenciací počtu kopií AMY1 u člověka, jehož adaptace na škrob probíhala paralelně s domestikací psa. Počet kopií genu slinné amylázy u lidí se ztrojnásobil v porovnání se šimpanzy (Bank et al. 1992; Perry et al. 2007).

Schopnost trávit škrob a další rostlinné složky se ukázala jako výhodná v raném počátku domestikace – předci psů dokázali lépe využívat zbytky lidské potravy, a tak se postupně adaptovali na škrobovitou potravu (Coppinger & Coppinger 2001). Rozklad škrobu u psa domácího probíhá ve třech etapách. V první fázi dochází k rozštěpení škrobu na maltózu a další oligosacharidy za pomoci alfa-amylázy (Arendt et al. 2014). Oligosacharidy jsou následně disacharidázami hydrolyzovány na monosacharidy (Mocharla et al. 1990; Axelsson et al. 2013). A nakonec jsou glukóza a galaktóza transportovány přes kartáčový lem díky sodíko-glukózovému kotransportéru (SGLT1) (Batchelor et al. 2011; Axelsson et al. 2013).

Tlusté střevo má rovněž tři části – slepé střevo, tračník a konečník (Budras et al. 2007). Slepé střevo je u vlka i psa malé, zakrnělé a nijak neslouží k trávení rostlinné potravy jako je tomu u býložravců. Masožravci nemají zvláštní uspořádání vzestupného tračníku, konečník je navazující pánevní částí sestupného tračníku a končí řitním otvorem (Hrudka et al. 1962; Miller et al. 1979; Hynd 2019). V tlustém střevě probíhá pouze mikrobiální fermentace (Banta et al. 1979).

3.2 Potrava *Canis lupus* ve volné přírodě

Vlci jsou oportunističtí predátoři (Salvador & Abad 1987; Carbyn 1988; Szepanski et al. 1999). To znamená, že vybírají při lovu kořist, která se vyskytuje nejhojněji, a jsou schopni svou stravu pohotově měnit na základě aktuální dostupnosti kořisti (Glasser 1982). Přirozená potrava vlka obecného je tedy značně širokospektrální a její složení je velmi variabilní. Závisí jak na biotických, tak i na abiotických faktorech, kterými jsou například velikost kořisti, hustota populace kořisti, zranitelnost či obranná strategie kořisti, hustota populace vlků a počasí (Ewer 1973; Stahler et al. 2006). Výsledná kombinace těchto faktorů stanovuje predátorovi pravděpodobnost setkání se s kořistí, riziko zranění při lovu a potencionální výtěžnost kořisti v případě úspěšného lovu (Janeiro-Otero et al. 2020). Každá lokalita výskytu vlků je specifická a poskytuje jiné možnosti obživy. Vlci jsou velmi přizpůsobiví úspěšnosti lovu i podmínkám prostředí (Ewer 1973).

V průběhu historie byli vlci formováni převážně jako predátoři velkých býložravců, ale jsou schopni lovit kořist v rozmezí jednoho až tisíce kilogramů živé váhy a přežívat i na odpadcích (Peterson & Ciucci 2003). Menší kořist obvykle suplementuje jídelníček v situacích, kdy kopytníci nejsou snadno dostupní (Scott & Shackleton 1982). V roce 2005 byl například po dobu deseti týdnů zaznamenáván osaměle se pohybující vlk na území Yellowstonekého národního parku, jehož GPS pozice v obojku byla aktualizována každých třicet minut, přičemž v žádné lokalitě, ve které se zdržel, nebylo evidované žádné usmrcené zvíře. Tento vlk byl schopný přežívat pouze na mršinách v rozmezích stáří dvou týdnů až čtyř měsíců, na nichž již byly k dispozici obvykle jen kosti a kůže (Stahler et al. 2006).

Vlci jsou mezokranivoři. Tedy se jako predátoři živí převážně masem, ale nejsou na jeho příjmu stoprocentně závislí jako šelmy kočkovité (Peterson & Ciucci 2003; Van Valkenburgh 2007). Typ potravy je nejčastěji zaznamenáván přímo za pomoci leteckého a pozemního sledování a nepřímo analýzou pozůstatků kořisti ve vlčím trusu (Peterson & Ciucci 2003). Dle Newsome et al. (2016) je vhodné zde rozlišit deset základních potravních kategorií, které byly z 91 % stanoveny z vlčího trusu a z 9 % z žaludečního obsahu z celkových 94 607 vzorků. Osm kategorií je přirozeného původu a zbylé dvě vznikly až v závislosti na vzniku lidské civilizace (tzv. antropogenní zdroje). Co se týče čistě přírodních zdrojů vlčí potravy, jedná se o:

- 1) velké divoce žijící kopytníky o hmotnosti přesahující 240 kg;
- 2) středně velké kopytníky hmotnosti 23 – 130 kg;
- 3) středně velké savce (4 – 21 kg);
- 4) drobné savce (0,1 – 2 kg);
- 5) hlodavce (přibližně kolem 0,1 kg živé váhy);

- 6) ptáky;
- 7) ostatní divoká zvířata (například větší masožravce a ryby);
- 8) a ovoce.

Antropogenní zdroje potravy tvoří zbylé dvě skupiny vlčího jídelníčku:

- 9) domácí zvířata
- 10) a odpad z domácností (Newsome et al. 2016).

Ve většině oblastí silně převažují jako hlavní složka výživy vlka velcí (více v severní Americe), případně středně velcí (více v Evropě) kopytníci (23 - 650 kg) (Newsome et al. 2016). Jedná se o cca 50 - 90 %, statisticky nejvíce v oblasti Arizony a Nového Mexika (Reed et al. 2006; Carrera et al. 2008; Merkle et al. 2009). Je-li kořistí vlka větší kopytník, vlci jako první otevírají jeho tělesné dutiny, aby z něj získali vnitřnosti (srdce, plíce, játra, střeva, slezinu a ledviny) kvůli jejich vysokému obsahu vitamínů B, A, minerálů a mastných kyselin, které potřebují pro udržení metabolismu, k růstu i reprodukci (Peterson & Ciucci 2003; Stahler et al. 2006). Dále pokračují masivními stehenními svaly. Teprve v další vlně obírají zbývající mezižeberní tkáň, kosti nohou a kůži. Zvládnou si poradit i s šlachami, kostmi a chrupavkami. Zůstávají po nich zejména velké nerozkousatelné části silnějších kostí, části kůže a navzdory všeobecnému povědomí i obsah bachoru (Stahler et al. 2006).

Středně velcí savci (4 – 21 kg) tvoří obvykle cca 5–20% zastoupení v jídelníčku, na východním pobřeží Kanady (provincie Ontario a Québec) však dokonce až 50 % potravy vlků (Newsome et al. 2016). Zde se jedná zejména o bobra kanadského (*Castor canadensis* Kuhl, 1820). Tito savci slouží zřejmě jako alternativní zdroj potravy vzhledem k průběžně sledovanému nízkému počtu losů a jelenů v této lokalitě (Pimlott 1967; Voigt et al. 1976; Messier & Crete 1985; Potvin et al. 1988; Forbes & Theberge 1996; Tremblay et al. 2001).

Čím je kořist drobnější, tím je vyšší poměr nestravitelných tkání (Gable et al. 2017). Drobní savci (0,1 – 2 kg) jsou celosvětově konzumováni vlky v jen přibližně 2 – 15 % případů (Newsome et al. 2016). Pro vlky osidlující Pákistán a Čínu jsou drobní savci významnějším zdrojem energie, činí přibližně 20 – 30 % jejich příjmu a v Číně jsou téměř jediným zdrojem potravy mimo lidskou civilizaci a s ní spojená hospodářská zvířata (Liu & Jiang 2003; Anwar et al. 2012; Shabbir et al. 2013).

Hlodavci (hmotnost cca 0,1 kg) jsou zastoupeni obvykle v ještě nižší míře (zpravidla cca 1-10 %). Jedinou výjimkou jsou opět vlci osidlující oblast Pákistánu, kde bývají hlodavci naopak dominantním zdrojem potravy, byly nalezeny až u 55 % vzorků (Anwar et al. 2012; Shabbir et al. 2013; Newsome et al. 2016). V Asii je všeobecně nižší hojnost divokých kopytníků než v Severní Americe a Evropě (Ripple et al. 2015).

Ryby nejsou příliš častou kořistí vlků v celosvětovém měřítku, mají význam zejména sezónně (období tření lososů) a lokálně v pobřežních ekosystémech (Mech 1981). Anadromní ryby jsou vhodnou kořistí – jsou značně omezené prostorem, relativně snadno se loví a jejich výskyt je více méně předem předvídatelný (Willson & Halupka 1995). V jihovýchodní části Aljašky jsou ryby a jiné mořské zdroje potravy k dispozici v delších časových intervalech než mláďata kopytníků a přestávají tak být sezónním zdrojem (Szepanski et al. 1999). Ryby mají zároveň vyšší stravitelnost, což je také předpokládaným důvodem toho, proč v trusu vlků nemusí být snadno detekovatelné (Carnes 2004).

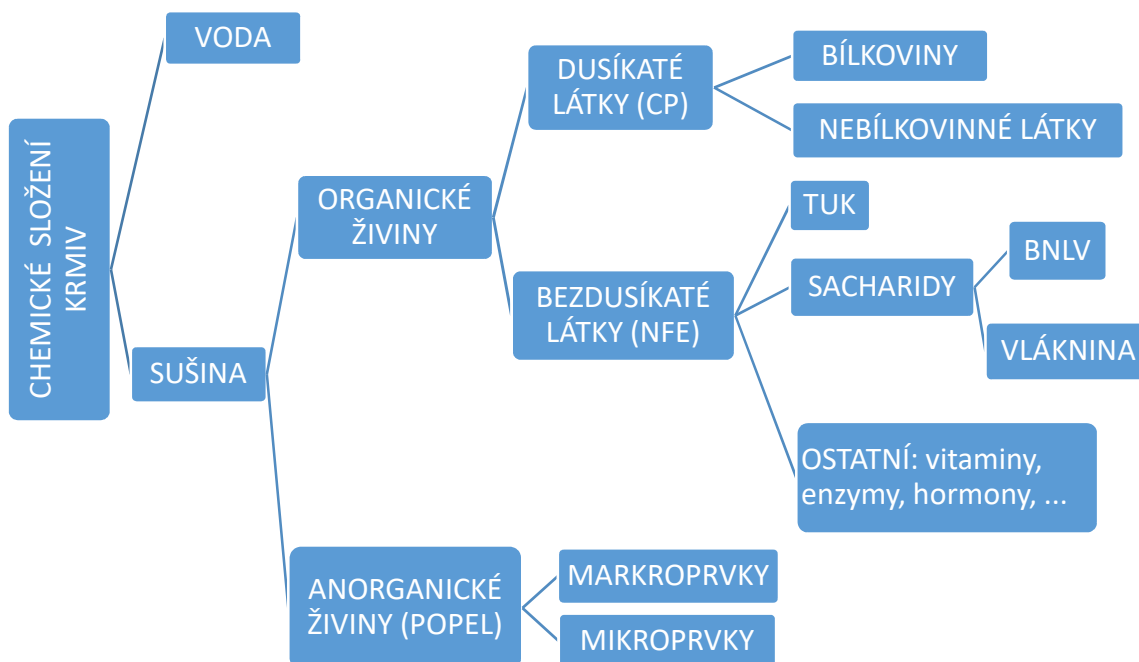
Hospodářská zvířata jsou nejčastějším zdrojem potravy pro vlky v oblastech Íránu (přes 90 %) (Hosseini-Zavarei et al. 2013; Tourani et al. 2014). V dalších částech světa jsou zdrojem potravy z 0 – 75 % v závislosti na osídlení dané oblasti lidmi (Newsome et al. 2016). Několik lokálních studií potvrdilo, že je-li dostatek volně žijící divoké zvěře optimální velikosti, vlci nemají tendence lovit hospodářská zvířata (Jedrzejewski et al. 2000; Mech & Peterson 2003; Andersone & Ozolis 2004; Gula 2004).

Zvýšený přísun rostlinné složky potravy je zaznamenán v letních měsících, což naznačuje, že vlci tento typ potravy přijímají záměrně a mohl by jim tak sloužit jako přidaný zdroj vitamínů a pomoc při likvidaci střevních parazitů (Mech 1981). Bobuloviny (většinou borůvky *Vaccinium* spp., případně i maliny *Rubus* spp.) zahrnují obvykle cca 10 % potravy v letních měsících, v určitých lokalitách až 30 % (Messier & Crete 1985; Tremblay et al. 2001). Semínka bobulovin nejsou strávena (Gable et al. 2017). Celkově jsou bobuloviny hůře stravitelné v porovnání s živou kořistí, nicméně v letním období mohou být i vyhledávaným zdrojem potravy vzhledem k minimálnímu nutnému energetickému výdeji na jejich získání (Litvaitis & Mautz 1976; Tremblay et al. 2001).

3.3 Množství potřebných živin stanovených pro *Canis lupus familiaris*

Průmyslově vyráběná krmiva jsou vyráběna v několika kategoriích kvality, nicméně legislativa nijak nestanovuje podmínky, které by jednotlivé kategorie (economy, premium, superpremium, holistic, ultra premium apod.) musely splňovat, jedná se zde spíše o obchodní označení. Jsou často doporučována pro svou nutriční vyváženost oproti doma připraveným krmným dávkám, pro jejichž sestavení je vhodné mít odborné znalosti (Šterc & Štercová 2014). Potenciální „nevyváženost“ je jedním z nejčastěji obávaných a zmiňovaných rizik domácí vařené či syrové krmné dávky. Průmyslová krmiva deklarovaná jako tzv. „kompletní krmné směsi“ musí odpovídat nutričním standardům AAFCO (Association of American Feed Control Officials) nebo standardům FEDIAF (European Pet Food Industry Federation). Nicméně oba tyto standardy jsou formulovány pouze z hlediska minimální doporučené hodnoty živin. Jen u několika vybraných druhů živin jsou uvedeny rovněž hodnoty maximální, a i tak bývá rozmezí mezi minimální a maximální hodnotou poměrně široké. Požadavky standardu tak může splňovat jak krmivo, které výrazně překračuje minimální uvedené hodnoty, tak i krmivo určené pro stejnou kategorii psů od jiného výrobce, které se obsahem živin pohybuje jen těsně nad touto hranicí. „Vyvážené“ krmivo tak může stejně jako doma připravovaná krmná dávka vyvolat deficit či přebytek jednotlivých živin (Morris & Rogers 1994). Druhým problémem je široká diverzita psích plemen a jejich kříženců, kde „vyváženost“ krmiva nemusí být vhodná pro každého jedince (Šterc & Štercová 2014).

Schematický přehled živin dle chemického složení je uveden na Obrázku 6. Hodnoty uvedené v následujících podkapitolách vychází zejména ze standardu FEDIAF (2013).



Obrázek 6: Přehledné schéma rozdělení živin, vlastní zdroj

3.3.1 Voda a sušina

Voda je mnohdy podceňovaná ale nepochybně nejdůležitější složkou živin. Nedostatek vody způsobuje smrt mnohem rychleji než nedostatek potravy. Tělo dokáže bez vody vydržet maximálně několik dní, bez potravy i několik týdnů. Voda je životně důležitá pro fungování všech živých buněk těla a je tak nezbytná pro zajištění životních funkcí organismu (Mudřík et al. 2007).

Tělo dospělého psa obsahuje přibližně 60 % vody, tělo štěněte či mladšího psa dokonce přes 60 % vody. Kapacita pro dlouhodobější skladování vody v těle je značně omezená (Gaebler & Choitz 1964). Za normálních podmínek je obsah tělesné vody pozoruhodně konstantní. Pes vodu získává třemi možnými cestami:

- 1) v tekuté formě (pitím),
 - štěně ve vývinu či neaktivní dospělý pes dobrovolně přijímají 2-3× více vody než sušiny (Mudřík et al. 2007);
 - pes v těžké námaze, v horkém prostředí, či v laktaci přijímá dobrovolně minimálně 4× více vody než sušiny, obvykle i více (National Research Council 2006);
- 2) z krmiva (granule × vlhká či syrová krmiva),
- 3) a důsledkem oxidace vodíku v průběhu metabolických dějů (tzv. metabolická voda), kdy:
 - oxidace 100 g proteinu poskytne cca 40 g metabolické vody,
 - oxidace 100 g sacharidů poskytne cca 55 g metabolické vody,
 - oxidace 100 g tuku poskytne cca 107 g metabolické vody (National Research Council 2006).

Ve vztahu k přijaté energii obecně platí: přijetím 100 kcal metabolizovatelné energie pes přijme zhruba 10 – 16 g metabolické vody. Metabolická voda není nahraditelná jiným zdrojem příjmu, je zodpovědná za anabolické a katabolické funkce v buňkách (National Research Council 2006).

Potřeba vody v tekuté formě je závislá na příjmu vody z krmiva. Granulované krmivo obsahuje minimum vody oproti syrové, doma vařené nebo konzervované stravě, je ho tedy potřeba vodou značně doplňovat. Obecně je denní příjem vody u psa splněn neomezeným přístupem k misce s vodou nebo poskytnutím vody alespoň 3× denně (National Research Council 2006). Poměr vody a sušiny v krmné dávce by měl odpovídat poměru 2-3 : 1 u štěňat, rostoucích a neaktivních psů (Mudřík et al. 2007).

Sušina jsou veškeré živiny, které zůstanou v krmivu, pokud bychom z něj odstranili veškerou vodu vysušením. Užíváme ji v procentech při porovnání obsahu živin v psích krmivech, kombinujeme-li krmiva s rozdílným obsahem vody – vlhká, polosuchá a suchá. Vyjadřuje nutriční kvalitu (výživovou hodnotu) krmiva. Můžeme ji rozdělit dle původu na organickou a anorganickou. Pro psa je orientační denní potřebou sušiny 25 – 30 g/ kg živé hmotnosti (Mudřík et al. 2007). Poměr nejdůležitějších živin: bílkovin, tuků a sacharidů prokázán ve stravě volně žijících vlků byl 54: 45: 1 z celkové energie, zatímco v experimentu provedeném se psy se jednalo o poměr 30: 63: 7 (Hewson-Hughes et al. 2013; Buff et al. 2014; Bosch et al. 2015).

3.3.2 Dusíkaté látky (hrubý protein)

Pro běžné použití v praxi se prostřednictvím dusíkatých látek (tzv. hrubých bílkovin) obecně stanovuje potřeba bílkovin pro daný organismus. Detailní přehled o bílkovinách a jejich složení následně zjišťujeme dle obsahu jednotlivých aminokyselin (zejména esenciálních) (Mudřík et al. 2007).

Denní potřebu stravitelných dusíkatých látek (SNL) v gramech vypočítáme dle rovnice pro přibližný výpočet:

$$SNL(g) = H^{0,75} \times 4,3 \text{ až } 5,0$$

$H^{0,75}$ je metabolická hmotnost psa (tj. živá hmotnost v kilogramech umocněná na 0,75), který není v pracovní zátěži (Allison & Wannemacher 1957; Kienzle & Rainbird 1991; Suvegová & Mertin 1994). U zvířat v růstu násobíme nejvyšší hodnotou - 5,0 (Suvegová & Mertin 1994).

Podrobněji se lze dopočítat potřeby SNL dle množství dusíku vylučovaného ze zásob uložených v těle. Jedná se o dusík vylučovaný nejvíce sekrecí moči (180 – 200 mg/ kg metabolické hmotnosti psa), poté ve výkalech (50 – 60 mg/ kg metabolické hmotnosti psa) a přes kůži, tj. skrze přirozeně se odlupující epitel (10 – 20 mg/ kg metabolické hmotnosti psa) (Suvegová & Mertin 1994; Mudřík et al. 2007) a případně dalších tkání u jedinců, u kterých dochází k potřebě nahrazování poškozených tkání. V období výměny srsti je třeba zároveň počítat se ztrátou dusíku ve výši 90 – 140 mg / den v závislosti na délce srsti (Mudřík et al. 2007). V období laktace je dále nezbytné zohlednit množství bílkovin vyloučených mlékem (70 %) a zvýšit jak celkový příjem bílkovin, tak i jejich kvalitu a stravitelnost (Kienzle et al. 1985).

Využití dusíku se pohybuje kolem 70 %, absolutně minimální potřeba vychází z regresní rovnice $SNL (g) = H^{0,75} \times 2,07$ až 2,5, ale bílkovinné rezervy se začínají ukládat v játrech a svalstvu až při vyšším příjmu a tělo by tak neodolávalo zátěží v podobě infekcí, parazitóz, stresu aj. (Allison & Wannemacher 1957).

Průměrné množství dusíkatých látek nalezených u volně žijících vlků činí 135 g na 1000 kcal metabolizovatelné energie, což je dle National Research Council (2006) více než pětinasobek doporučeného množství pro dospělé psy a více než dvojnásobek pro rostoucí psy (Bosch et al. 2015).

Nebílkovinné látky

Jedná se o ostatní látky přítomné v krmivu – amidy, aminy, alkaloidy, aminocukry, nukleové kyseliny, volné aminokyseliny, dusičnany, dusitany a močovinu. Monogastriká zvířata nevyužijí nebílkovinné látky, byly by pro ně pouze metabolickou zátěží vzhledem k tomu, že nemají bachorovou mikroflóru (Swenson & Reece 1993).

Bílkoviny

Bílkoviny jsou hlavním stavebním kamenem živých organismů, jak rostlinných, tak živočišných buněk. Jsou součástí buněčných membrán a dalších buněčných struktur, enzymů, hormonů, hemoglobinu, svalových vláken a zejména jsou součástí prepisování DNA. Metabolická přeměna daná buněčným mechanismem DNA ovlivňuje veškeré důležité pochody v těle psa, stejně jako v těle ostatních zvířat. RNA, transkribovaná v jádře z DNA, přenáší genetickou informaci z jádra buňky a přeměňuje nukleové báze na specifické bílkoviny (translace, proteosyntéza) (Mudřík et al. 2007).

Bílkoviny jsou sestaveny z navzájem propojených aminokyselin navázaných do dlouhých molekulárních řetězců. Aminokyseliny jsou schopné se navzájem propojovat v různém pořadí a utvářet tak nespočet kombinací (přirozených druhů bílkovin), které mají každá své ojedinelé vlastnosti. Z hlediska výživy má význam zejména dvacet nejvýznamnějších aminokyselin. Jejich přísun je podmínkou pro správný chod buněk při vytváření funkčních bílkovin na základě genetických informací. Bílkoviny, které jsou součástí těla, jsou zásobárnou aminokyselin právě pro potřeby okamžité tvorby bílkovin nezbytných pro životní projevy zvířete. V těle jako zásobárně probíhají neustále anaboličké (tvorba bílkovin z aminokyselin) a kataboličké (rozklad bílkovin na aminokyseliny) reakce, bílkoviny tedy neustále opakovaně vznikají a znovu se rozkládají téměř souběžně, aby aminokyseliny byly neustále k dispozici. Příjem bílkovin v potravě potom tuto zásobárnu pravidelně doplňuje (Suvegová & Mertin 1994; Mudřík et al. 2007).

Aminokyseliny dále rozdělujeme na esenciální a neesenciální. Esenciální neboli nepostradatelné aminokyseliny si organismus není schopen sám syntetizovat, případně pokud dokáže, pak v nedostatečném množství. Proto musí být esenciální aminokyseliny součástí krmiv (Mudřík et al. 2007). Neesenciální neboli postradatelné aminokyseliny mohou být syntetizovány v organismu z jiných zdrojů dusíku, zejména z jiných aminokyselin, jsou-li ty zastoupeny v krmivu v dostatečném množství (Milner 1979).

Denní potřeba aminokyselin vůči 1000 kcal metabolizovatelné energie u psů je 1,05 – 2,2 g lyzinu, 1,3 – 2,05 g argininu, 0,58 – 0,98 g histidinu, 1,15 – 1,63 g izoleucinu, 2,05 – 3,23 g leucinu, 1,55 – 1,75 g metioninu spolu s cysteinem, 2,23 – 3,25 g fenylalaninu spolu

s tyrozinem, 1,3 – 2,03 g treoninu, 0,43 – 0,58 g tryptofanu a 1,48 – 1,7 g valinu (FEDIAF 2013).

Kvalita bílkovin

Kvalitu bílkovin můžeme určit dle zastoupení jednotlivých aminokyselin (především esenciálních) a jejich vzájemného poměru v dané bílkovině. Je možné ji stanovit za pomoci metody chemické (stanovení obsahu a zastoupení aminokyselin) nebo biologickými pokusy prováděnými přímo na zvířatech (měření spotřeby bílkovin ku tvoření přírůstku hmotnosti zvířete). Druhá metoda je přesnější. Živočišné bílkoviny mají oproti bílkovinám rostlinného původu vhodnější skladbu aminokyselin, vyšší zastoupení esenciálních aminokyselin i vyšší stravitelnost (Mudřík et al. 2007). Poměr živočišných a rostlinných bílkovin v kompletním krmivu pro zdravé psy by měl splňovat alespoň poměr 2 : 1 ve prospěch bílkovin živočišných. Zdroje rostlinné bílkoviny tedy trpí méně vhodným poměrem aminokyselin, mohou obsahovat určitý podíl vlákniny a dokonce i antinutričních látek snižujících stravitelnost (Palacká 2018).

Nedostatek bílkovin

Nedostatek bílkovin v organismu psa může být způsoben nedostatkem jednotlivých aminokyselin v bílkovinách, nesprávným poměrem jednotlivých aminokyselin, anebo také celkovým nedostatkem bílkovin v krmivu (Palacká 2018). Příznaky jsou ztráta tělesné kondice, ztráta hmotnosti či zpomalení růstu, zježená srst bez lesku, snížená imunita a zvýšená náchylnost k infekcím, svalová vyčerpanost, tělesné ztráty v netukových částech těla, snižování syntézy a přeměny bílkovin, otoky a v konečném stadiu následuje smrt (Mudřík et al. 2007; Palacká 2018). Nedostatek jednotlivých aminokyselin se kromě toho také projevuje nechutenstvím a zápornou dusíkovou bilancí, tj. vyšším výdejem dusíku z těla oproti jeho příjmu (Rose & Rice 1939).

Nadbytek bílkovin

Aminokyseliny, které již organismus nedokáže dále zabudovávat do tkání, se v těle neukládají. Mohou být zčásti využívány jako zdroje energie (glukoneogeneze) a mohou být i přeměňovány na tuk a v této podobě následně ukládány do tkání. Zbytkový dusík se v játrech přemění na močovinu, a poté je vyloučen přes ledviny z těla močí (Mudřík et al. 2007; Palacká 2018).

3.3.3 Tuk

Tuky jsou druhou nejvýznamnější živinou v krmné dávce hned po bílkovinách. Tuk má význam v tepelných a izolačních funkcích, ve strukturálním složení buněk (zejména buněčných membrán) a z nutričního hlediska je nosičem vitaminů rozpustných v tucích (Elvehjem 1947), zdrojem nezbytných (esenciálních) mastných kyselin a je nejkoncentrovanějším zdrojem energie (1 gram tuku obsahuje dvakrát tolik energie než 1 gram sacharidů či bílkovin) (Ontko et al. 1957; Crampton 1964). Velmi důležitá je i chuťová přitažlivost tuků, což může být důležitým aspektem u psů, kteří špatně přijímají potravu nebo mají z jakéhokoliv důvodu vysoký úbytek na váze. V takových případech je vhodné sestavit zvířeti dietu s vyšším podílem tuků a zvýšit tak značně podíl chutnosti krmiva (Mudřík et al. 2007). V neposlední řadě je tuk významný pro vývoj nervové tkáně, tudíž může

mít nepřímo vliv i na cvičitelnost psa. Významné je zejména období poslední třetiny březosti a první měsíce života mláďat (Mead 1980; Holman et al. 1982).

Zdravý dospělý pes potřebuje cca 10 – 20 % tuků z celkového množství sušiny v krmivu. Psi ve vysoké pracovní zátěži přes 20 %. Stejně tak severská plemena (Palacká 2018). Průměrné množství tuku u volně žijících vlků činí 50 g na 1000 kcal metabolizovatelné energie (Bosch et al. 2015). National Research Council (2006) udává doporučené množství pro dospělé psy více než třikrát nižší.

Tuky jsou tvořeny spojením dvou složek – jednak trojsytného alkoholu glycerolu (systematickým názvem propan - 1, 2, 3 - triol) a jednak mastnými kyselinami, které se na glycerol váží. Může se jednat o tři stejné i o dvě až tři různé mastné kyseliny v různých kombinacích. Navázáním (esterifikací) tak spolu s glycerolem tvoří různé estery – triacylglyceroly (obecný vzorec: $\text{RCOO-CH}_2\text{CH(-OOCR')CH}_2\text{-OOCR''}$). Mastné kyseliny jsou tak tou složkou, která definuje odlišné vlastnosti každého tuku (rostlinného i živočišného) (Mudřík et al. 2007).

Mastné kyseliny můžeme rozdělit na nasycené a nenasycené. Nasycené mastné kyseliny jsou charakteristické propojením jednotlivých uhlíků v uhlíkovém řetězci pouze skrze jednoduché vazby. Vysoký podíl nasycených mastných kyselin najdeme například v hovězím loji, nebo o něco méně ve vepřovém sádle. Jedná se o tzv. tuky pevné (tuhé). Nenasycené mastné kyseliny mají v molekule alespoň jednu dvojnou vazbu. Pokud je dvojitých vazeb v molekule více, nazýváme je dokonce jako polynenasycené. Jedná se o tzv. kapalné tuky (oleje) – z rostlinných například řepkový, slunečnicový, olivový, lněný, ale také živočišný rybí tuk (Mudřík et al. 2007).

Obecně jsou nasycené mastné kyseliny vnímány jako „škodlivé“ a nenasycené jako „zdravé“. Problematika je však značně komplexnější, nasycené mastné kyseliny je vhodné nahrazovat spíše nenasycenými, avšak i zvýšený obsah nenasycených mastných kyselin v krmivu může mít negativní projevy. Mezi nevýhody nenasycených mastných kyselin patří nestabilita, a tím jejich snadná oxidovatelnost, žluknutí a tak následné samoznehodnocení spolu se znehodnocením dalších živin. Nenasycené mastné kyseliny je tak vhodné spojovat s dostatečným příjmem vitamínu E, který působí v jejich prospěch jako přirozená ochrana před oxidací. Antioxidanty jsou schopné tuky stabilizovat. Oxidované krmivo je rozpoznatelné charakteristickou vůní burských oříšků, jeho podání může způsobit závažné trávicí potíže (Palacká 2018).

Mastné kyseliny jsou významné pro záchovu životních funkcí, zejména funkci ledvin a reprodukčních orgánů, syntézu některých hormonů a tvoří nepostradatelnou součást buněčných membrán (Siedler & Schweigert 1954). Pro psí organismus jsou zásadní a esenciální tři nenasycené mastné kyseliny – linolová, linolenová a arachidonová (Hansen & Wiese 1951; Wiese et al. 1966). Ostatní mastné kyseliny je pes schopen si syntetizovat, a to konkrétně ze sacharidů (Mudřík et al. 2007). Z kyseliny linolové je také případně za určitých okolností schopen si syntetizovat jak kyselinou linolenovou, tak kyselinou arachidonovou (Mudřík et al. 2007). Mezi příznaky nedostatku esenciálních mastných kyselin patří vypadávání srsti, tvorba lupů a ztráta lesku srsti, dále pokračují i závažnější potíže jako ztučnění jater, anémie a zhoršení plodnosti (Hansen et al. 1948; Hansen et al. 1954).

3.3.4 Sacharidy

Obsah celkových sacharidů v krmivech se zpravidla nestanovuje. Stanovit můžeme vlákninu, a zbytek (bezdušikáté látky výtazkové – BNLV) už se pouze dopočítá, jelikož sama o sobě se BNLV u zvířat běžně nenormuje. Krmivo by však nemělo obsahovat více než 50 % sacharidů. Jejich zdrojem jsou rostlinná krmiva (zejména obiloviny a hlízy brambor) (Palacká 2018).

Sacharidy jsou zdrojem energie, především pohotové. Nedostatek sacharidů se psů ani koček příliš netýká, k nedostatku sacharidů jsou zvláště kočky velmi tolerantní. Při úplném vyloučení sacharidů by mohlo teoreticky docházet k hypoglykémii, letargii a poruchám reprodukce (Mudřík et al. 2007). Pro dokonalou funkci organismu všech zvířat je zapotřebí glukóza ($C_6H_{12}O_6$). Většina zvířat je však schopna si ji syntetizovat za předpokladu, že je v krmivu dostatečné množství prekurzorů glukózy (glukogenních aminokyselin a glycerolu). Glukogenními aminokyselinami jsou všechny neesenciální aminokyseliny a i některé esenciální, pro ty ale platí, že jejich přeměna na sacharidy je již nevratná (Mudřík et al. 2007). Proces glukoneogeneze probíhá v játrech. Metabolické zpracování sacharidů je však pro tělo snazší a játra a ledviny nejsou tolik zatěžovány vytvářením glukózy. Sacharidy je o to vhodnější zařadit do krmné dávky, byť to není nezbytné, v době březosti a laktace, neboť spotřeba glukózy při té příležitosti stoupá a sacharidy tak napomáhají syntéze mléčného cukru. Pro březí a kojící feny je doporučeno 23 % sacharidů v krmné dávce (Mudřík et al. 2007; Palacká 2018). Významným zdrojem energie je u psů sportovců (Palacká 2018).

Sacharidy jsou levným plnidlem a případně i ochucovadlem průmyslově zpracovaných krmiv, v nadměrném množství často způsobují plynatost. Jedinci mohou být také neschopni sacharidy trávit a může u nich docházet k dietetickým poruchám (Palacká 2018). V těle se mohou ukládat pouze v omezeném množství (glykogen ve svalech a v játrech), proto jsou nevyužitelné sacharidy přeměňovány na tuk a volné mastné kyseliny (Mudřík et al. 2007).

Můžeme je rozdělit na:

- 1) monosacharidy (jednoduché sacharidy) – glukóza, fruktóza (tzv. ovocný cukr);
- 2) oligosacharidy (tvořené alespoň dvěma nebo několika málo monosacharidy) – sacharóza (řepný či třtinový cukr), laktóza (mléčný cukr) a
- 3) polysacharidy (tvořeny řetězci monosacharidů) – škrob, celulóza (Mudřík et al. 2007).

Vláknina

U monogastrů má hlavní příznivý dietetický účinek v podpoře peristaltiky a čištění sliznice trávicího traktu, jedná se o tzv. balastní látky, které jsou endogenně nestravitelné. Trávicím traktem prochází v téměř nezměněné formě, působí tak proti průjmu i zácpě. Působení vlákniny závisí na fyziologické velikosti trávicího traktu daného druhu, u psů je dietetický význam relativně důležitý, i přestože je délka trávicí trubice poměrně krátká. Dále upravuje dobu průchodu tráveniny trávicím traktem a je jedním z podpůrných prostředků při léčbě diabetes mellitus (Mudřík et al. 2007).

Vláknina je pouze rostlinného původu. Obsahuje celulózu, hemicelulózu, organické kyseliny, lignin, pektiny a další látky, tedy přestože ji řadíme k sacharidům, obsahuje i látky, které nejsou sacharidové povahy. Je považována za tzv. lignosacharidový komplex

(Mudřík et al. 2007). Dělí se na vlákninu rozpustnou a nerozpustnou. Rozpustná vláknina je v tlustém střevě rychle fermentována a je zdrojem energie pro střevní buňky, nerozpustná vláknina se podílí na formování výkalů, zahušťuje je a stimuluje pohyb střev (Palacká 2018).

Optimální požadované množství vlákniny je kolem 3 %. Pro aktivního psa můžeme přísun vlákniny lehce snížit. Běžně se může pohybovat v rozmezí 2 – 5 %. Naopak extrémně zvýšené množství vlákniny je vhodné pouze ve speciálních veterinárních dietách (např. 12 %), jinak zvýšený příjem vlákniny nad 5 % zvyšuje u psa zejména množství vyloučeného odpadu, dále může docházet ke snížení stravitelnosti či využitelnosti ostatních živin (minerálních látek), k plynatosti a průjmům. Lehké zvýšení přísunu vlákniny (3 – 5 %) může být pomocníkem při řešení obezity, vzhledem k tomu, že zvýšením obsahu balastních látek dojde k mechanickému zaplnění trávicího traktu („mechanickému nasycení“) a tak k vyvolání pocitu sytosti (krmiva „senior & light“) (Palacká 2018).

3.3.5 Vitaminy

Nízkomolekulární organické sloučeniny, které organismus přijímá v potravě v menším množství. Nejsou kalorické, nejsou zdrojem energie ani stavebními látkami. Udržují homeostázu organismu jako katalyzátory metabolismu a jsou vhodné jako prevence napomáhající zvyšování obranyschopnosti organismu. Dělí se na vitamíny rozpustné v tucích (A, D, E, K) a vitamíny rozpustné ve vodě (B, C) (Palacká 2018).

3.3.5.1 Vitaminy rozpustné v tucích

Obecně nedostatek jakéhokoliv z vitaminů této skupiny může způsobovat záněty očí. Nadbytek v těle není vylučitelný močí, je ukládán do tuků a může být tak pro psy škodlivý (hypervitaminóza A,D) (Palacká 2018).

Vitamin D (kalciferol)

Minimální množství vitamínu D je stanoveno FEDIAF (2013) na 3,45 µg, maximální množství na 14,2 µg. Jedná se o jediný vitamin, jehož horní hranice je zastřešena i legislativně - v Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1831/2003: o doplňkových látkách používaných ve výživě zvířat 2003. Legislativní omezení se však vztahuje pouze na výrobky, do kterých byl vitamin přidán dodatečně jako aditivum. Potřeby vitamínu D jsou značně závislé na přijatém množství vápníku a fosforu, na jejich vzájemném poměru a současně na fázi vývoje jedince, jeho pohlaví a plemenu (National Research Council 2006).

Přestože je vitamin D řazen mezi vitamíny, může být ovšem také definován jako prekurzor hormonu, který se syntetizuje z 7-dehydrocholesterolu v momentech, kdy je kůže vystavena ultrafialovému záření. V játrech a ledvinách se následně transformuje přímo už na aktivní metabolit (National Research Council 2006). Vystavení slunečnímu záření může teoreticky zmírnit následky nedostatku vitamínu D ve stravě u většiny savců, u psů však nebyl efekt vystavení slunečnímu záření shledán příliš efektivní (Weidner & Verbrugghe 2017).

Jako hlavní příznak nedostatku vitamínu D je zpravidla uváděna křivice (u psů v období růstu) a osteomalacie (u dospělých psů) (Mudřík et al. 2007; Palacká 2018). Příznaky nedostatku vitamínu D jsou však často matoucí vzhledem k souvisejícím příznakům nedostatku vápníku a fosforu či k příznakům celkové disbalance těchto dvou prvků. Campbell

a Douglas (1965) zjistili, že pokud jsou štěňata krmena v poměru Ca: P = 1,67 namísto doporučených 1,2 bez dodávání doplňkového vitamínu D, nedochází u nich k projevům křivice ani osteoporózy. Štěňata krmená opačným poměrem, tedy s převládajícím množstvím fosforu nad vápníkem, rovněž nesuplementovaná vitamínem D, kde Ca: P \approx 0,65, měla příznaky křivice komplikované osteoporózou. Později, když jim byla denní dávka upravena přidáním 2,5 μ g vitamínu D na kilogram živé hmotnosti, osteoporóza byla stále patrná, avšak příznaky křivice již byly velmi mírné.

Mezi příznaky nadbytku řadíme zvápenatění parenchymatických tkání, deformace zubů a čelistí, až úhyn psa. Vhodným zdrojem je mléko, ryby a rybí tuk (Suvegová & Mertin 1994).

Vitamin A (retinol)

FEDIAF (2013) v souladu s National Research Council (2006) udává minimální množství vitamínu A pro dospělého psa 455 μ g na 1000 kcal metabolizovatelné energie, u psů v růstu je to 375 μ g. Maximální množství je stanoveno až na 30,3 mg na 1000 kcal metabolizovatelné energie, není však zastropováno legislativně. Maximální doporučení odpovídá 80 % ze stanovené udržovací hranice normální homeostázy vitamínu A v organismu psa, 45 % příjmu, který byl podáván psům nepřetržitě po dobu jednoho roku bez jakýchkoliv nežádoucích účinků zaznamenaných pomocí výpočetní tomografie (CT) na jejich kostech a zároveň porovnání s efekty příjmu vitamínu A u jiných živočichů (Hathcock et al. 1990; Goldy et al. 1996; Cline et al. 1997). Je stejné pro dospělé psy i pro psy v růstu. Nebylo prokázáno, že by maximální dávka pro psy v růstu měla být odlišná (Schweigert et al. 1990; Schweigert et al. 1991; Schweigert & Bok 2000; Morris et al. 2012).

Mezi zaznamenané příznaky při nedostatečném příjmu vitamínu A se řadí chorobné nechutenství a s ní spojená ztráta hmotnosti, ataxie, xeroftalmie (vysychání spojivky a rohovky oka), konjunktivitida (zánět spojivek), neprůhlednost rohovky, vředovitost, léze na kůži, metaplázie bronchiálního epitelu, pneumonitida a poruchy obranyschopnosti organismu. U mladých psů také docházelo k vadné přestavbě kostí projevující se přerůstáním a stenózou neurálních otvorů, které způsobovaly tlak na nervy osmého kraniálního nervu a závažné labyrintitidy (záněty vnitřního ucha), které mohly následně vést k hluchotě. K podobným poškozením mohlo dojít i na zrakovém (nervus opticus) či trojklaném nervu (nervus trigeminus), byly-li nedostatky dlouhodobé. V určitých případech se objevovaly také příznaky podobné lidskému akné či ichtyóze (National Research Council 2006).

Nadbytečný příjem vitamínu A (hypervitaminóza) se projevuje nejprve taktéž chorobným nechutenstvím, u štěňat se zprudka zpomaluje růst. Kostí rostou pomaleji do délky i do šířky (Hedhammar et al. 1974). Později se objevuje hyperestézie kůže (zintenzivnění vnímání somatosenzitivních podnětů), extrémní citlivost, letargie, vyčerpanost, neschopnost stát (bez přítomnosti jakýchkoliv fraktur končetin), bolest kloubů a tuk na játrech. U plodů způsobuje rozštěp patra (National Research Council 2006). Psi jsou však pravděpodobně druhem, který má sníženou citlivost na přebytek vitamínu A v porovnání s jinými savci (Cline et al. 1997). Psi se od ostatních druhů liší výskytem vysokého procenta esterů retinylu v krevní plazmě a vylučováním značného množství vitamínu A močí (Schweigert & Bok 2000). Pes vyloučí denně 15 až 63 % přijatého vitamínu A močí (Schweigert et al. 1991).

Přirozeným zdrojem vitamínu A v syrové stravě může být například rybí tuk, mléko, vejce, játra a kukuřice (Suvegová & Mertin 1994). U oleje z tresčích jater je však třeba zároveň dát pozor i na obsah vitamínu D, kterého obsahuje značně variabilní množství, a tím může (je-li v nadměrné dávce) zasahovat do vstřebávání vitamínu A. V experimentu se štěňaty, kterým byl zkrmován karoten v podobě mrkvi či játrového oleje, se ukázala stejně dobrá využitelnost a ukládání vitamínu A v játrech (Bradfield & Smith 1938).

Vitamin E (tokoferol)

Minimální množství vitamínu E, které by měl přijmout normální dospělý zdravý pes je stanoven FEDIAF (2013) na 6 mg na 1000 kcal metabolizovatelné energie. U rostoucích psů 8,4 mg. Potřeba vitamínu E v organismu závisí také na příjmu polynenasycených mastných kyselin (PUFA) a dalších antioxidantů. Čím vyšší je příjem polynenasycených mastných kyselin, tím vyšší může být potřeba vitamínu E (Hall 1996; Hendriks et al. 2002; Hall et al. 2003).

Přebytek v organismu nebývá spojen s výskytem nežádoucích onemocnění. Zároveň však k jeho nedostatku obvykle nedochází (alespoň v průmyslově vyráběných krmivech, kde je často dodáván). Nedostatek může způsobovat myopatie, poruchy reprodukce (u gravidních fen způsobuje potraty a u psů – samců může zastavovat spermiogenezi), anorexii a imunodeficienci. Vitamin E je možné získávat jak z rostlinných, tak z živočišných zdrojů – vhodným zdrojem je mléko, játra, obilné klíčky, zelené rostliny, rostlinný olej a vepřové sádlo. Je také funkčně spjatý se selenem (Suvegová & Mertin 1994).

Vitamin K

U vitamínu K je rovněž problémem spíše jeho nedostatek, přebytek vitamínu K v organismu není pravděpodobný. Vzhledem k tomu, že vitamin K je potřebný pro syntézu bílkovin protrombinu a prokonvertinu, které jsou nezbytné pro srážení krve a tím pro hojení ran, projevuje se jeho nedostatek v poruchách srážlivosti krve a ve zvýšené náchylnosti ke krvácení. Hlavním zdrojem jsou střevní bakterie, a tak nedostatek vitamínu K bývá často způsoben likvidací střevní mikroflóry po aplikaci antibiotik. Vedlejším zdrojem může být zelenina, játra a kopřiva. Za normálních podmínek ho ale není potřeba přidávat do krmiva (Kronfeld 1989; Suvegová & Mertin 1994; National Research Council 2006). Jeho minimální množství není stanoveno (FEDIAF 2013).

3.3.5.2 Vitaminy rozpustné ve vodě

Nadbytek vitamínů rozpustných ve vodě není hrozbou pro organismus psa, je vyloučen močí (Palacká 2018).

Vitaminy skupiny B

Psi jsou závislí na příjmu vitamínů B z potravy, jako monogastři nemají možnost si tyto vitaminy syntetizovat. V chovatelství se navíc B vitamíny používají pro dosažení

intenzivnější pigmentace srsti a sliznic. Fungují převážně jako koenzymy v intermediární látkové přeměně a zabezpečují tak plynulost metabolických procesů (Kváš 1998).

1) Vitamin B1 (thiamin, aneurin)

FEDIAF (2013) stanovuje minimální množství pro dospělé psy na 0,56 mg na 1000 kcal metabolizovatelné energie, pro psy v růstu 0,35 mg. Nedostatek se projevuje ztrátou chuti k jídlu, oslabením srdeční činnosti, poruchami vidění, zaostáváním v růstu, ztrátou koordinace až křečemi a paralýzou. Tělesná poškození jsou často trvalá, avšak okamžitým přísunem vitamínu B1 lze zabránit uhynutí psa (Suvegová & Mertin 1994). Zdrojem jsou obilné klíčky, mléko, syrové maso, vejce a pivovarské kvasnice. Jeho potřeba je ovlivněna obsahem bílkovin a tuků v potravě a také působením vysokých teplot (Mudřík et al. 2007). U psů krmených syrovou stravou je riziko nedostatku tedy minimální oproti psům, kteří jsou dlouhodobě krmeni pouze tepelně upravenou stravou (potřeba je 2 – 3 × větší oproti psům krmených syrovou stravou) (Suvegová & Mertin 1994). Zkrmování syrových ryb ve větším množství však může také způsobit nedostatek vitamínu B1. To je způsobeno obsahem enzymu thiaminázy, který thiamin rozkládá (Mudřík et al. 2007).

2) Vitamin B2 (riboflavin)

Nedostatek způsobuje snížení tvorby glykogenu v játrech, poškození oční rohovky, vypadávání srsti a její depigmentaci. U fen může způsobit sterilitu, u gravidních fen vysokou embryonální mortalitu štěňat. U štěňat způsobuje zpomalení růstu (Heywood & Partington 1971; Suvegová & Mertin 1994). Přebytek vitamínu B2 vede k jeho ukládání do organismu, v extrémních dávkách může způsobovat toxicitu, avšak je velmi obtížné získat takové množství B2 pouze z potravy (Potter et al. 1942). Zdrojem vitamínu B2 je mléko a mléčné výrobky, čerstvá zelenina, vejce, ledviny, játra a kvasnice. Jeho potřeba roste v přímé souvislosti s rostoucím obsahem bílkovin a tuků v krmné dávce (je nezbytný pro metabolismus bílkovin), při stresu a infekčních onemocněních až čtyřnásobně. Nedostatek se objevuje u psů krmených granulovaným krmivem bez aditiv (Suvegová & Mertin 1994). FEDIAF (2013) stanovuje minimální množství na 1,5 mg na 1000 kcal metabolizovatelné energie dle Cline et al. (1996).

3) Vitamin B3 (niacin)

FEDIAF (2013) stanovuje minimální množství na 4,25 mg na 1000 kcal metabolizovatelné energie pro dospělé psy i pro psy v růstu. Nedostatek niacinu zapříčiňuje pelagru a tzv. „černý jazyk“ (Elvehjem et al. 1937). Nadbytek není u psů považován za toxický (Mudřík et al. 2007). Zdrojem vitamínu je mléko, vejce, kvasnice a pšeničné klíčky. Potřeba vitamínu B3 je provázána s obsahem bílkovin a tryptofanu v potravě. 132 mg tryptofanu může nahradit 1 mg niacinu (Czarnecki & Baker 1982).

4) Vitamin B5 (kyselina pantothenová)

FEDIAF (2013) stanovuje minimální množství na 3,75 mg na 1000 kcal metabolizovatelné energie pro dospělé psy i pro psy v růstu. Nedostatek se projevuje vypadáváním a depigmentací srsti, trávicími poruchami a ztrátou

hmotnosti. Objevuje se u psů krmených tepelně opracovanou stravou (ničí se již při 60°C). Zdrojem mohou být obilné klíčky, otruby, kvasnice, mléko, játra či ryby (Suvegová & Mertin 1994).

5) Vitamin B6 (pyridoxin)

FEDIAF (2013) stanovuje minimální množství na 0,38 mg na 1000 kcal metabolizovatelné energie pro dospělé psy i pro psy v růstu. Nedostatek se projevuje ztrátou chuti k jídlu, anémií, průjmy a zvracením, suchou a šupinatou pokožkou, vypadáváním srsti, slepotou, zhoršením koordinace až křečemi a ochrnutím končetin. U fen dále může způsobovat poruchy plodnosti byť jen mírný nedostatek vitamínu B6. Zdrojem můžou být pivovarské kvasnice, otruby, obilné klíčky, játra, svalovina a čerstvé ryby (Suvegová & Mertin 1994).

6) Vitamin B7 (biotin, „vitamín H“)

Nedostatek se projeví kožními onemocněními, svěděním, vypadáváním srsti a ztrátou hmotnosti (Shen et al. 1977). Jeho denní potřeba je zajištěna bakteriální syntézou v tlustém střevě psů, nedostatek tedy nebývá obvyklý. Může se projevit při dlouhodobém podávání antibiotik nebo při zkrmování většího množství syrového vaječného bílku (obsahuje bílkovinu avidin, která váže biotin) (Kronfeld 1989; Mudřík et al. 2007). Zdroje mohou být rostlinného i živočišného původu, avšak biotin z obilovin je pro psy jen málo využitelný. Vhodným zdrojem je mléko, kvasnice, játra a ryby (Suvegová & Mertin 1994). Jeho minimální množství není stanoveno, není potřebné ho doplňovat v krmivu za normálních okolností (FEDIAF 2013).

7) Vitamin B8 (cholin)

FEDIAF (2013) stanovuje minimální množství na 425 mg na 1000 kcal metabolizovatelné energie pro dospělé psy i pro psy v růstu. Cholin je důležitý pro správnou svalovou funkci, paměť, metylační reakce a transport lipidů. Vhodným zdrojem může být antarktický kril (*Euphausia supena* Dana, 1852) (Burri et al. 2019).

8) Vitamin B9 (kyselina listová)

FEDIAF (2013) stanovuje minimální množství na 67,5 µg na 1000 kcal metabolizovatelné energie pro dospělé psy i pro psy v růstu. Nedostatek se projevuje allotriofágií, anémií a tukovou degenerací jater. U štěňat zpomalením růstu (Suvegová & Mertin 1994). Objevuje se po delším užívání antibiotik a sulfonamidů. Zdrojem mohou být obilné šroty, játra a kvasnice (Kváš 1998). Kyselina listová je v součinnosti s vitamínem B12. Jeho biologickou využitelnost snižuje avidin obsažený ve vaječném bílku, proto není vhodné dlouhodobě zkrmovat syrové bílky (Kronfeld 1989).

9) Vitamin B12 (kobalamin)

FEDIAF (2013) stanovuje minimální množství na 8,75 µg na 1000 kcal metabolizovatelné energie pro dospělé psy i pro psy v růstu. Nedostatek se projevuje anémií, nechutenstvím, vypadáváním srsti a mokvajícími záněty kůže. Zdrojem B12 jsou mořské řasy, játra, hovězí maso, rybí moučky, mléko a kvasnice. V rostlinných složkách krmiva chybí (Suvegová & Mertin 1994).

Vitamin C

Za normálních okolností si dospělý pes dokáže vitamin C syntetizovat v dostatečném množství potřebném pro zachovu organismu. Jeho potřeba však stoupá ve stresových situacích (intenzivní trénink, dlouhá přeprava, zvýšená námaha, rekonvalescence), při onemocněních, dlouhodobé jednostranné či ne příliš hodnotné výživě. Stejně tak u štěňat je vhodné vitamin doplňovat, neboť jejich syntéza není ještě dostatečná (Kváš 1998).

Nedostatek vitaminu C se projeví bolestmi kloubů, slabostí, krváceninami v podkoží a na sliznicích, průjmy a vypadáváním zubů. Vhodným zdrojem je ovoce a zelenina, obilné klíčky a čerstvé syrové maso (Kváš 1998).

3.3.6 Anorganické živiny

Jako anorganické živiny v krmivu jsou označovány minerální látky neboli popeloviny. Spolu s tím, jak stoupá celková potřeba živin v období laktace a zvýšené zátěže, zvyšují se i potřeby minerálů. Minerální látky se v těle nedistribují rovnoměrně, primárním úložištěm je kostní tkáň (z 80 – 85 %). Nemají žádnou energetickou hodnotu a organismus si je nedokáže sám vyrobit (Palacká 2018).

Dělíme je do dvou skupin – makroprvky a mikroprvky. Makroprvky zvířata vyžadují v relativně větších množstvích a jsou uvedeny v této kapitole. Požadované množství mikroprvků je tak malé, že pravděpodobnost jejich nedostatku v běžné pestré dietě je téměř vyloučena (Mudřík et al. 2007).

Vápník (Ca), fosfor (P) a jejich korelace

Oba tyto prvky a jejich vzájemný poměr jsou základním stavebním prvkem krmné dávky, poměr vápníku a fosforu je zejména potřeba kontrolovat u doma sestavené krmné dávky, v kompletních krmných směsích je množství vápníku i fosforu uváděno. Vstřebávání vápníku také značně ovlivňuje vitamin D. Doporučená množství činí 2,5 - 3 g vápníku na 1000 kcal metabolizovatelné energie u rostoucího psa a 1 - 1,25 g na 1000 kcal metabolizovatelné energie pro dospělého psa. Při výměně zubů se doporučuje navýšit (National Research Council 2006; FEDIAF 2013).

Organismus spotřebuje denně 30 mg fosforu na kilogram živé hmotnosti. Vhodným a stravitelným zdrojem fosforu jsou živočišná krmiva – konkrétně maso, vejce a mléko, nicméně potraviny obsahující fosfor často zároveň obsahují nepoměrně málo vápníku. Například hovězí srdce obsahuje 10 mg Ca a 236 mg P na 100 g (National Research Council 2006). Ideální hmotnostní poměr je ve prospěch vápníku (Ca: P = 1,2 - 1,4 : 1) (Jenkins & Phillips 1960; Goodman et al. 1998; Lauten et al. 2002). Optimální poměr Ca : P minimalizuje potřebu vitamínu D (National Research Council 2006). Právě proto nebývá jednoduché domácí sestavení krmné dávky, kde v obvyklých surovinách pro přípravu přirozeně převažuje fosfor. Nutné je svalovinu nakombinovat s čerstvými syrovými kostmi, u kterých je poměr Ca : P = 2,12 : 1. Dalším přirozeným doplňkem při nedostatku vápníku v krmné dávce mohou být například drůbeží běháky s poměrem Ca : P = 27 : 1. Jako

práškový doplněk stravy při nevyváženosti Ca : P se pak nejčastěji využívá CaCO₃, který má cca 50% využitelnost. Méně pak citrát vápenatý, který je využitelnější (Šebková 2008).

Průměrné množství vápníku nalezeného u volně žijících vlků odpovídá přibližně 2,5 g na 1000 kcal metabolizovatelné energie a je tedy přibližně stejné jako doporučené minimální množství vápníku pro psy v růstu, ale 2,5× vyšší než doporučená minimální denní dávka pro dospělé psy (Bosch et al. 2015). Nepřesahuje však maximální množství pro komerčně vyráběná krmiva (6,25 g na 1000 kcal ME pro dospělé psy a 4 - 4,5 pro mladé psy v růstu) stanovené FEDIAF (2013). Čím více se blíží přijaté množství k horní hranici, o to více může být potřebné doplňovat některé stopové prvky jako například zinek či měď (FEDIAF 2013).

Množství fosforu u volně žijících vlků je velmi podobné jeho doporučenému množství pro psy v růstu, nicméně je více než třikrát vyšší než doporučená minimální dávka pro psy dospělé. Poměr Ca : P u zkoumaných vlků odpovídal pouhým 1,05 : 1 (Bosch et al. 2015). Tento poměr je velmi podobný minimálnímu doporučenému poměru stanoveném FEDIAF (2013), a to 1 : 1 pro dospělé psy i psy v růstu. Maximální poměr pro komerčně vyráběná krmiva je stanoven FEDIAF (2013) na 2 : 1 pro dospělé psy, 1,8 : 1 pro psy starší čtrnácti týdnů menších plemen (do 15 kg) a 1,6 : 1 pro štěňata a větší psy starší čtrnácti týdnů (Weber et al. 2000).

Přebytek vápníku může způsobovat negativní dopad na vývoj kostí, zejména u štěňat velkých plemen v rané fázi růstu (Schoenmakers et al. 2000).

Draslík (K)

Minimální množství draslíku, které by měl přijmout normální dospělý zdravý pes je 1,25 g na 1000 kcal metabolizovatelné energie (FEDIAF 2013). U psa, který je ještě v období růstu, by měl být vždy dodržen alespoň minimální denní příděl draslíku 264 mg na kilogram živé hmotnosti (National Research Council 2006). Průměrné množství draslíku nalezeného u volně žijících vlků odpovídá 2 g na 1000 kcal metabolizovatelné energie (Bosch et al. 2015).

Nedostatek draslíku způsobuje špatný růst, neklid, svalová ochrnutí krku a přední části těla, tendenci k dehydrataci a léze na srdci a ledvinách (National Research Council 2006). Přebytek draslíku může způsobit poruchy metabolismu sodíku. Vhodný poměr Na : K je 1 : 5 (Kváš 1998). FEDIAF (2013) však maximální množství pro komerčně vyráběná krmiva nestanovuje.

Potraviny bohaté na draslík mohou být sušená vojtěška, kapusta, krmné kvasnice či sušené mléko. Z živočišných mouček je poté na tom s obsahem draslíku nejlépe rybí moučka, nicméně stále obsahuje zhruba třetinové až poloviční množství draslíku oproti rostlinným složkám (National Research Council 2006). U psů nebývá nedostatek obvyklým problémem, a to zvláště u psů, kteří mají v krmné dávce vyšší podíly rostlinných složek (Mudřík et al. 2007). Může být sekundárním problémem u průjmů či onemocnění ledvin (Kváš 1998).

Hořčík (Mg)

Minimální množství hořčíku, které by měl přijmout dospělý zdravý pes je 180 mg na 1000 kcal metabolizovatelné energie. U rostoucích psů 100 mg na 1000 kcal ME (National

Research Council 2006; FEDIAF 2013). Průměrné množství hořčíku nalezeného u volně žijících vlků je obdobné, odpovídá 182 mg na 1000 kcal metabolizovatelné energie (Bosch et al. 2015).

Nedostatek hořčíku je u dospělého psa nepravděpodobný (Mudřík et al. 2007). Hořčík je kritický zejména v období stavby kostí a zubů (Kváš 1998). Může se projevit anorexií, snížením hmotnostního přírůstku, zvracením, u štěnat hyperextezí předních končetin, podrážděností, ataxií zadních končetin, křečemi a změnami transportu sodíku a draslíku (Bunce et al. 1962; Kahil et al. 1966).

Nadbytek vápníku a fosforu v krmné dávce způsobuje snížení vstřebávání hořčíku (Suvegová & Mertin 1994). Příznaky hyperkalcémie jsou velmi podobné (Vitale et al. 1961). Nadbytek hořčíku může způsobovat vysoké pH moči (Mudřík et al. 2007).

Zdrojem hořčíku jsou kosti, svalovina, játra a ledviny (Kváš 1998).

Sodík (Na) a chlór (Cl)

Množství sodíku a chloru potřebné pro psa rovněž není příliš vysoké. Jako adekvátní množství dle FEDIAF (2013) je pro dospělého psa uváděno 0,25 g sodíku na 1000 kcal metabolizovatelné energie a potřeba chloru je zhruba 1,5× vyšší než Na, tedy 0,38 g na 1000 kcal ME (Czarnecki-Maulden et al. 1989). Poměr Na : Cl = 1 : 1,5, což odpovídá obdobnému poměru jako je tomu u ostatních druhů savců (Hamlin et al. 1964; Morris et al. 1976). V průmyslově zpracovaných kompletních krmivech bývá obvykle cca 1 % NaCl, což odpovídá přibližně 95 mg sodíku a 147 mg chloru na kilogram živé váhy na den. Bylo-li do krmné dávky experimentálně přidáváno do 2 % NaCl bylo stále zachováno zdraví psa, pouze si pes zvýšil množství přijaté vody nad normální hodnoty a množství prvků takto zreguloval (McCay 1949). Později však bylo zjištěno, že již při obsahu 2 % sodíku může hrozit negativní draslíková bilance (Boemke et al. 1990). Proto je jako bezpečné maximální množství uváděno 1,8 % (FEDIAF 2013).

Nedostatek sodíku a chloru způsobuje únavu, vyčerpání, snížení zužitkovávání přijatých proteinů, neschopnost udržovat rovnováhu vody v těle, zpomalený růst, suchou kůži a ztrátu srsti (McCance 1936; McCance & Widdowson 1944; National Research Council 2006). Experimentem bylo zjištěno, že snížil-li se dávka až pod 23 mg na kilogram živé hmotnosti na den, dochází během tří dní ke změnám v koncentracích hormonů zodpovědných za regulaci krevního tlaku (Bunag et al. 1966; Ganong & Boryczka 1967; Brubacher & Vander 1968).

Průměrné množství sodíku nalezeného u volně žijících vlků odpovídá 0,5 g na 1000 kcal ME. Shoduje se s doporučeným příjmem pro psy v růstu (Bosch et al. 2015).

3.4 Sestavení individuální krmné dávky pro dospělého psa

Pro sestavení individuální krmné dávky pro psa je vhodné zohlednit míru prošlechtění (potenciální podobnost s vlkem), jeho tělesné proporce a zvolit vhodnou formu krmiva tak, aby byly naplněny všechny nutriční potřeby (Axelsson et al. 2013; Šterc & Štercová 2014; Hynd 2019).

3.4.1 Stanovení aktuální hmotnosti psa

Pro stanovení hmotnosti psa je optimální zprůměrovat několik vážení v průběhu období 1 – 2 týdnů na stejné veterinární či domácí osobní váze. Ve druhém případě vážíme pouze psa, kterého je možné pro vážení zvednout do náruče, a to tak, že zvažíme člověka se psem v náruči, poté člověka bez psa a následně spočteme váhu psa jako rozdíl mezi těmito hodnotami (Hynd 2019).

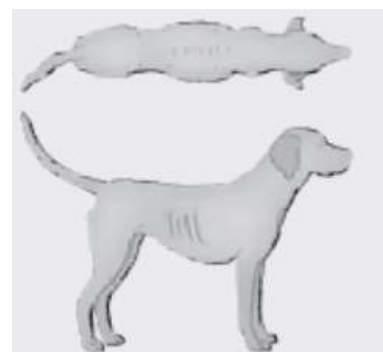
3.4.2 Odhad procentuálního podílu tělesného tuku

Laflamme (2006) uvádí, že skóre tělesné kondice BCS (Body condition scoring) je potřeba sledovat pravidelně převážně u psů, kteří mají plemennou náchylnost k obezitě, dále u psů s dlouhou srstí, kde se průběžná kondice přes srst hůře vizuálně zaznamenává, a nejvíce u psů s kombinací obojího.

Tento způsob měření je velmi přesný, snadno opakovatelný a jednoduše naučitelný i pro začátečníky. Pro odhad procentního podílu tělesného tuku je vhodné naučit se nejprve základní zjednodušený pětibodový systém hodnocení protučnělosti, po několika praktických měřeních je už hodnotitel schopen rozeznávat i drobnější rozdíly v rámci jednotlivých pěti kategorií, díky čemuž se pětibodový systém může stát téměř rovnocenným s klasickým systémem devítibodovým (Hynd 2019).

1) Pes velmi hubený

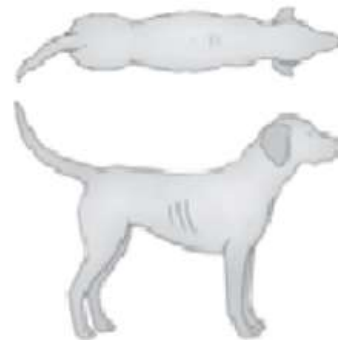
Žebra a obratle jsou snadno viditelné na dálku, nemají žádný tukový obal. Ostré kostní výčnělky jsou hmatná přes obratle, naprosto bez tukové vrstvy. Žebra jsou ostrá a mělká. Při pohledu shora velmi nápadný pas, „zaškrčený“. Při pohledu z boku prázdné břicho. Kořen ocasu je výrazný, kostnatý s kůží přiléhající přímo na kosti. Celkový vyhladovělý a strádající vzhled (Mudřík et al. 2007; Hynd 2019). Zobrazený na Obrázku 7.



Obrázek 7: Body condition score (1 - velmi hubený) Hynd 2019

2) Podvýživa (hmotnost pod hmotností standardu)

Žebra a obratle jsou snadno hmatná, bez tukového obalu. Kostní výčnělky stále zřetelné. Při pohledu shora je patrný pas, zaškrčení v bedrech. Při pohledu z boku prázdné břicho. Kořen ocasu stále výrazný, s minimální vrstvou tukové tkáně mezi kůží a kostí. Vzhled je hubený (Mudřík et al. 2007; Hynd 2019). Zobrazena na Obrázku 8.



Obrázek 8: Body condition score (2 - podvýživa) Hynd 2019

3) Ideální kondice

Žebra a obratle jsou zjevné, kryté slabou vrstvou tuku. Jednotlivá žebra mohou být pouze jen tak

tak pohledem od sebe rozeznatelná, celkově jsou hmatná. Pas je patrný pouze shora. Při pohledu z boku mírně zaplněné břicho. Celkově zdravý vzhled (Mudřík et al. 2007; Hynd 2019). Zobrazena na Obrázku 9.

4) Nadváha

Žebra a obratle tvoří hladký dojem. Jednotlivá žebra jsou od sebe těžko rozeznatelná, ale stále hmatatelná. Kostní výčnělky jsou kryty zřetelnou tukovou tkání. Pas není viditelný ani shora (zaplněna celá horní linie včetně beder). Břicho je povislé z boků. Zaoblený a tučný vzhled. Kořen ocasu není výrazný hubený (Mudřík et al. 2007; Hynd 2019). Zobrazena na Obrázku 10.

5) Obezita

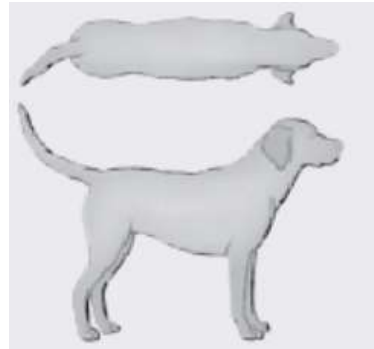
Není možné rozlišit žebra ani obratle, jsou kryta výraznou tukovou vrstvou. Tuk pokrývá všechny kosti. Kořen ocasu neznatelný (zcela zakrytý tukovou vrstvou). Bez znatelného pasu. Při pohledu z boku zaplněné až visící břicho. Hrudní, břišní i bederní linie těla sudovitě vydutá. Celkově otlý vzhled, s prověšeným břichem (Mudřík et al. 2007; Hynd 2019). Zobrazena na Obrázku 11.

Nicméně ve chvíli, kdy hodnoty BCS dosahují hodnot 3 – 5 na základní pětibodové stupnici, měření již není příliš přesné. Dle studie Witzel et al. (2014) bylo zjištěno, že u psů, kteří mají skóre BCS v tomto rozmezí je příliš nízká souvislost mezi hodnotou BCS a skutečným procentem tělesného tuku měřeného pomocí DEXA skenování. Rozdíly jsou částečně způsobeny rozdílným ukládáním tuku u jednotlivých plemen, a částečně tím, že bodovací systém není schopen až tak přesně určit procento tělesného tuku, které může být při rozmezí 3 – 5 bodů až 40 – 70 % z tělesné hmotnosti. Proto je možné pro takovéto případy použít ještě morfometrii psího těla.

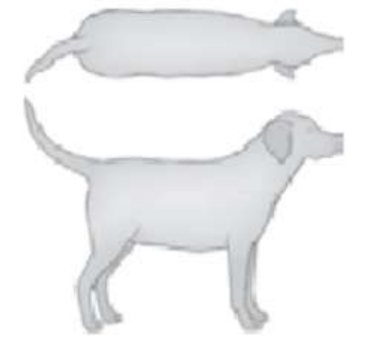
Tato metoda měření tělesných partií funguje s 82% přesností (vůči měření DEXA skenerem). Je použitelná zejména právě pro psy, kteří mají tělesné procento tuku vyšší než 40 %. Rovnice byla odvozena na základě měření většího množství psů dvaceti různých plemen, jejichž tělesná hmotnost pokrývala hmotnostní rozmezí 5 – 74 kg živé váhy (Hynd 2019).

U psa se vychází z těchto hodnot: (v centimetrech)

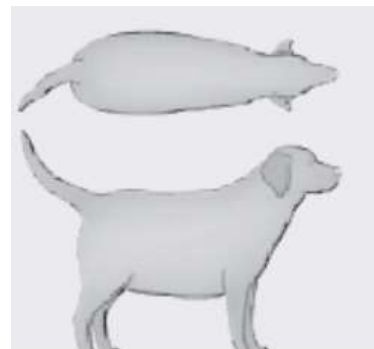
- 1) Obvod hrudníku TC (thoracic circumference); měřený v nejširším bodě hrudníku těsně kaudálně vůči lokti.
- 2) Obvod pánve PC (pelvic circumference); obvod měřený v úrovni pátého bederního obratle.



Obrázek 9: Body condition score (3 - ideální) Hynd 2019



Obrázek 10: Body condition score (4 - nadváha) Hynd 2019



Obrázek 11: Body condition score (5 - obezita) Hynd 2019

- 3) Délka nártu HLL (hindlimb length); měřena od proximální strany metatarzální plošky k dorzálnímu vrcholu patního hrbolu.
- 4) Obvod hlavy HC (head circumference); měřen v nejširší části hlavy mezi očima a ušní základnou (Hynd 2019).

Následný výpočet procenta tělesného tuku na základě naměřených hodnot:

$$x = 0,71 \times TC - 0,1 \times \left(\frac{PC}{6}\right)^2 - 5,78 \times HLL^{0,8} + 26,56 \times \frac{PC}{HC} + 2,06$$

Rovnice však nemusí být optimální pro specifická plemena psů. Zejména se jedná o plemena s úhlovými deformacemi končetin (chondrodystrofií) – jezevčíky, welsh corgi, buldoky, mopse a pekingského palácového psíka. A dále o plemena s mohutnou hlavou jako například stafordšírské teriéry (Hynd 2019).

3.4.3 Plemenná příslušnost

Axelsson et al. (2013) uvádí rozdíly v počtu kopií genu AMY2B mezi *Canis lupus* a *Canis lupus familiaris*. V rámci populace *Canis lupus familiaris* jsou však patrné další značné rozdíly vzhledem k množství různých plemen, jejich kříženců a různorodému původu. Počet kopií genu AMY2B způsobuje rozdílné množství produkované amylázy, a tím i schopnost či neschopnost trávení škrobů. Dle současných poznatků (Arendt et al. 2014) se předpokládá, že za každou další kopii genu AMY2B v genomu u psa je zvýšena aktivita amylázy přibližně o 5,4 %. Má se za to, že plemenná příslušnost psa má minimálně 50% až téměř 70% podíl na počtu kopií tohoto genu (Arendt et al. 2014). Rozdíly se začaly utvářet v průběhu domestikace *Canis lupus* v závislosti na rozvoji zemědělství (před 10 000 – 12 000 lety) a používání ohně k tepelné úpravě potravin (Arendt et al. 2016). Zatímco škrobová zrna v přirozené podobě běžně odolávají rozkladu alfa-amylázou, tepelnou úpravou škrob želatinizuje a výrazně se tak zvyšuje jeho stravitelnost (Carmody & Wrangham 2009).

Plemena psů byla historicky rozdělena do dvou typů s ohledem na počáteční šíření zemědělství, a to na plemena s původem v agrárních oblastech (Evropa, Afrika, jižní část Asie, střední Amerika) a plemena pocházející z ostatních oblastí (Austrálie a arktické části Ameriky a Asie) (Diamond & Bellwood 2003; Arendt et al. 2016). Odpovídá to tomu, že vlk byl pravděpodobně domestikován již před neolitickou revolucí po boku lovců a sběračů, zvýšení kopií genu přicházelo až se zemědělstvím. Některé linie tak byly geograficky odstřiženy (Husky, Dingo), ale zejména na severní polokouli stále hrálo roli i zpětné křížení s vlky (Freedman et al. 2014). Zemědělská praxe či její absence tak postupně v průběhu domestikace rozdělila psí populaci podle počtu kopií genu AMY2B (Arendt et al. 2016). U plemen pocházejících z agrárních oblastí byl medián $2n_{AMY2B} = 11$ a průměrné hodnoty v rozmezí 8,5 – 11,8 kopií genu (nejméně na východě Asie a nejvíce v Evropě). U plemen pocházejících mimo agrární oblasti byl medián $2n_{AMY2B} = 3$ a průměrné hodnoty 2,2 – 6,4 (nejméně v Austrálii a nejvíce v arktické části Asie) (Arendt et al. 2016).

Plemena psů je rovněž vhodné rozdělovat (Hynd 2019) v závislosti na rychlosti jejich metabolismu do několika tzv. „MER skupin“ (MER = metabolisable energy requirement):

- 1) Plemena s vysokou spotřebou ME (obecně odolnější proti obezitě) mají spotřebu ME 113 H^{0,75} kcal / den. Thes et al. (2016) uvádí plemena bearded kolie, dalmatin, foxhound, flat coated retriever, německý boxer, německá doga, Jack Russell teriér, Rhodéský ridgeback, malý münsterlandský ohař a chrtí plemena. Greyhound v závodním režimu má spotřebu dokonce až 143 H^{0,75} kcal/ den (Hill 1998). U saňových psů, kteří běhají ve vícedenních závodech v nízkých teplotách je MER ještě extrémně vyšší (Hinchcliff et al. 2000).
- 2) Plemena s nízkou spotřebou ME (obecně náchylná k obezitě) mají spotřebu ME 82 H^{0,75} kcal/ den. Thes et al. (2016) uvádí plemena erdelterier, americký stafordširský teriér, basset hound, bígl, bišonek, boxer, buldoci, kokršpanělé, kolie, jezevčící, anglický mastif, zlatý retriever, labradorský retriever, novofundlanský pes, rotvajler, West Highland White Terrier a jorkširský teriér.
- 3) Pracující psi jako kelpie, border kolie a australský honácký pes, mají spotřebu ME cca 188 H^{0,75} kcal/ den (Bermingham et al. 2014).
- 4) Pro ostatní plemena je možno počítat obecně se spotřebou 95 H^{0,75} kcal/ den (National Research Council 2006).

Vlci držení v zajetí si rovněž udržovali dobrou kondici, když byli krmeni obdobným energetickým příjmem, jaký doporučuje National Research Council (2006) pro psy (Clausen et al. 2010).

3.4.4 Odhad pohybové aktivity

Aktivita psa má velký vliv na spotřebovanou energii organismu, nicméně při odhadu zaznamenávané aktivity majitelem psa bývá častým problémem to, že majitel aktivitu svého psa nadhodnocuje. Pro běžného psa v domácnosti, který nemá vyloženě pracovní zaměření a není velmi aktivní, je vhodné počítat s takovým výdejem energie, jakoby žádný neměl a v případě, že by energie nebyla dostačující, příjem navýšit, dokud pes nedosáhne své ideální hmotnosti. Neboť přestože majitel věnuje cvičení se psem 1 – 3 hodiny denně, jeho spotřeba bude stále o cca 20 % nižší než základní doporučený příjem pro aktivního psa (Hynd 2019).

Denní spotřeba energie u vlků byla stanovena na 415 kcal H^{0,75} za předpokladu, že průměrný vlk váží 35 kg. Jejich spotřeba energie (pohybem i termoregulací) je však mnohanásobně vyšší než u doma chovaných psů (Peterson & Ciucci 2003).

3.4.5 Krmná dávka průmyslově nebo doma připravená

Mezi současné směry v krmení psů můžeme zařadit:

- 1) krmení výhradně průmyslovými krmivými;
- 2) krmení výhradně doma připravovanou krmnou dávkou a
- 3) kombinaci obou předchozích způsobů krmení (Šterc & Štercová 2014).

Názory na to, který způsob krmení je „správný“, často nejsou jednotné. Literatura dostupná na trhu neposkytuje dostatečně objektivní informace o výživě psů a jejich skutečných nutričních potřebách. Buď jsou publikace ovlivněné výrobci a tím i propagátory průmyslových krmiv, anebo se jedná o literaturu tvořenou často laickými

autory, kteří nemají odborné znalosti v oblasti výživy a fyziologie trávení zvířat. Tyto nepodložené mýty a polopravdy se velmi rychle šíří mezi chovateli. Žádný z těchto způsobů nelze označit jako všeobecně vhodný pro každého psiho jedince, nicméně jeden ze způsobů krmení je vhodný pro každého psa. Zde je potřeba vybírat dle toho, co vyhovuje v první řadě psovi a až v druhé řadě jeho majiteli (Šterc & Štercová 2014).

U průmyslově zpracovávaného krmiva prochází vždy suroviny tepelným opracováním během procesu výroby, kvalita použitých surovin zde není zcela transparentní (Šterc & Štercová 2014). Sporná kvalita může představovat riziko pro svůj obsah látek. Největší událostí, která značně postihla trh s průmyslovými krmivy ve prospěch doma připravovaných krmných dávek, byla v roce 2007 kontaminace melanin kyanurátem (Rumbeiha & Morrison 2011). Výskyt aktuálně rizikových průmyslových krmiv je pravidelně zveřejňován v hlášení systému RASFF – informační centrum bezpečnosti potravin www.bezpecnostpotravin.cz.

Výrobci průmyslových krmiv často uvádí vysokou stravitelnost, nicméně stanovení reálné stravitelnosti živin se obvykle rutinně neprovádí objektivním hodnocením (např. bilanční zkouškou) vzhledem ke značné náročnosti vyšetření. Tepelné opracování zvyšuje stravitelnost škrobu jeho rozkladem na nižší sacharidy (Kataria & Chauhan 1988). Zároveň však snižuje využitelnost jiných živin (zejména vitaminů). Působení teplot na stravitelnost bílkovin může být nejednoznačné (konkrétně závisí na obsahu vlhkosti, použité teplotě i tlaku, složení krmiva a druhu zpracování), ale je spíše negativní. Při procesu výroby suchých extrudovaných a vlhkých konzervovaných krmiv dochází k denaturaci bílkovin (syrové maso má oproti tepelně upravenému nesporně vyšší výživnou hodnotu) a ke ztrátě jejich sekundární a terciární struktury, čímž za určitých okolností zvyšuje biologickou dostupnost a stravitelnost kolagenu a některých jiných pojivových proteinů. Nicméně u většiny běžných svalových bílkovin každým vařením stravitelnost klesá. V syrových dietách v porovnání s extrudovanými granulemi může být tedy značně vyšší stravitelnost proteinů. (Crissey et al. 1997, Kerr et al. 2012). U rostlinných bílkovin může tepelné zpracování inaktivovat antinutriční faktory (např. v luštěninách inhibitory trypsinu a chymotrypsinu), zlepší se tak sekundárně jejich biologická dostupnost (Purushotham et al. 2007).

Doma připravované krmné směsi dále můžeme dělit na vařené a syrové. Vařené krmné dávky se skládají z tepelně upravených surovin, ale částečně mohou obsahovat i složky v syrovém stavu. Syrové diety (BARF) si velmi zakládají na přirozenosti a odkazu na vlčí předky či divoce žijící psy. Skládají se z většiny z tepelně neupravených surovin, nicméně často se paradoxně doplňují i lidmi upravenými složkami (jako např. mléčné výrobky, ovesné vločky, vařené brambory apod.) (Šterc & Štercová 2014).

3.4.5.1 Syrová strava (BARF a jiné)

Mezi základní výhody syrové stravy patří zejména:

- 1) známé surovinové složení (neobsahují chemické konzervanty, barviva ani přidaný cukr);
- 2) šetrnější zpracování;
- 3) obvykle vyšší zastoupení živočišných surovin;
- 4) vyšší chuťová přitažlivost (oproti suchému krmivu);

- 5) a zejména zachování všech živin v nezměněné podobě (biologicky plnohodnotné živiny) (Šterc & Štercová 2014).

Krmiva živočišného původu (svalovina, vnitřnosti, ryby, vejce, mléčné výrobky) poskytují hlavní zdroj proteinů a tuků a v krmné dávce procentuálně převládají. Pro doplnění sacharidů a vlákniny se používá rostlinný příkrm – syrová či vařená zelenina (některé druhy zeleniny je lepší povařit kvůli zvýšení stravitelnosti a obsahu antinutričních látek – např. brambory, květák, dýně, brokolice), nebo tepelně upravené obiloviny či luštěniny (Šterc & Štercová 2014).

Syrová krmiva, na rozdíl od vařených krmných dávek, netrpí tolik deficitem minerálů díky zkrmování syrových kostí. U vařených krmiv nebývá dodržen správný poměr vápníku a fosforu, neboť kosti lze podávat pouze v syrové formě, a tak zde chybí. Kostí jsou cenným zdrojem vápníku, fosforu i dalších látek. U vařených krmných dávek je tak nutné zejména vápník doplňovat, a to cca 0,8 – 1 g vápníku na 0,5 kg krmné dávky. U syrových diet je možné syrové kosti opatrně zkrmovat postupným navykáním. Kostí by měly pocházet z mladých zvířat a měly by se podávat dostatečně obalené masem (tzv. „masité kosti“) a dalšími tkáněmi. Mleté kosti je možné podávat relativně bez rizika (Šterc & Štercová 2014).

Oproti průmyslovým krmivům je zde obvyklý nadbytek bílkovin a tuků. Vařením se rovněž snižuje obsah tuku, tedy v syrové stravě je obecně více tuků než ve stravě doma vařené. U psů krmených tučnější stravou je riziko příliš vysokého energetického příjmu, nicméně vyšší poměr tuků se pozitivně projevuje na kvalitě a lesku srsti. Nadměrný přísun tuku začíná být problémový, pokud se ve svých dávkách blíží bezpečnému limitu stanovenému normou NRC nebo jej překračuje. Krmení syrovou stravou je rovněž doprovázeno lepším udržováním hygieny v dutině ústní (Freeman & Michel 2001, Brown 2007, Dillitzer et al. 2011).

3.4.5.2 Minimalizace rizik syrové stravy

Přítomnost parazitů, patogenních bakterií či virů v syrovém masu i vnitřnostech je reálné riziko syrové stravy. Tepelně neošetřené maso může obsahovat larvální stadia parazitů, kteří mohou ve psech (a kočkách) nacházet konečné hostitele a dokončit tak svůj životní cyklus (člověk, který se tak dostane do kontaktu s náhodně kontaminovaným domácím prostředím, tak parazitovi slouží jako mezihostitel a může se u něj rozvinout onemocnění s tím spojené) (Ahmed et al. 2021). Výskyt parazitů je možné výrazně omezit, případně dokonce eliminovat hlubokým přemražením. Například pro likvidaci *Cryptosporidium* spp. stačí zamrazení jen po dobu 1 hodiny na -20°C , u *Echinococcus granulosus* 6-9 hodin na -18°C , a u *Toxoplasma gondii* je potřeba zamrazení v -20°C na tři dny. Nicméně u dalších parazitů je potřeba i dlouhodobější zmrazení – například u *Trichinella* spp. zamrazení na 7 dní v -21°C (Ahmed et al. 2021). Další možností jak inaktivovat parazity v masu, může být jeho nasolení, a to například cysty *Toxoplasma gondii* 4,2–6,2 % NaCl na alespoň 64 hodin (Lundén & Ugglá 1992).

Bakterie (v našich podmínkách je nejčastější výskyt *Campylobacter* spp., *Listeria* spp., *Salmonella* spp. a *Escherichia coli*) je možné zničit tepelnou úpravou při 70°C v jádře po dobu minimálně deseti minut (Šterc & Štercová 2014). Dalším řešením proti *Salmonella* spp. by mohla být aplikace bakteriofágů (Soffer et al. 2016). Psi jsou poměrně odolní vůči

bakteriálním nálezům ze syrového masa. Zdravý pes zpravidla klinicky onemocní. Onemocnění má větší tendenci propuknout u oslabených jedinců – starší psi a štěňata, obézní psi, březí feny, psi léčení antibiotiky a chemoterapeutiky a psi s poruchou imunity. Stejně tak mohou být náchylní slabší jedinci mezi lidskými rodinnými příslušníky – malé děti, starší lidé, těhotné ženy, lidé s oslabeným imunitním systémem a po chemoterapii, kteří nejsou obezřetní při styku se psem (Šterc & Štercová 2014). Existují však i případy nákazy lidí (převážně dětí) salmonelózou pocházející z nevhodně zpracovaných a manipulovaných granulovaných krmiv (Behraves et al. 2010) by měli dodržovat důsledně hygienu jak při zpracování masa (maso držet odděleně od jiných potravin, používat speciální nádoby, nože, prkýnka, dbát na to, aby uvolněné tekutiny z masa nekontaminovaly jiné potraviny a nádoby, před a po každé manipulaci s masem umývat ruce mýdlem a teplou vodou, tak při přímém kontaktu se psem (Šterc & Štercová 2014). Přenos je rovněž možný z výkalů psů odolných vůči bakteriální nákaze (O'Heare 2005, Leonard et al. 2011, Morelli et al. 2019). Růst bakterií je možno omezit pozvolným rozmrazováním v chladném prostředí chladničky, rozmražené maso uchovávat tamtéž a spotřebovat co nejrychleji (Šterc & Štercová 2014).

Z virových onemocnění se v mase domácích i divokých prasat může vyskytnout Aujeszkyho choroba. Aktuálně je však riziko zejména u černé zvěře, v ČR jsou chovy domácích prasat dlouhodobě prosté této choroby. Virus je možné zlikvidovat pouze tepelnou úpravou (Šterc & Štercová 2014).

4 Závěr

- Bylo zjištěno, že masivní rozšíření vnímání psa jakožto všežravce bylo původně pravděpodobně způsobeno jeho srovnáváním s kočkou domácí. *Canis lupus* a *Canis lupus familiaris* mají stejně stavěný chrup (vyjma zmenšení špičáků). Oba druhy nemají uzpůsobený chrup výhradně k drcení kostí ani k rozemílání rostlinného materiálu, v případě nouze mohou plnit obojí funkce ale ne dokonale. *Canis lupus* a *Canis lupus familiaris* mají stejné složení slin (neobsahují amylázu) a nefunkční slepé střevo. Žaludek *Canis lupus familiaris* snižuje schopnost produkovat kyselinu chlorovodíkovou, je-li podáváno pouze průmyslově zpracované krmivo, tento stav je však vratný.
- Rozdíly mezi oběma druhy byly zjištěny v délce střev a v množství tvořené pankreatické amylázy. Celková délka střev u *Canis lupus familiaris* je mírně zvýšená, i tak jsou však střeva stále velmi krátká v porovnání s všežravci či býložravci. *Canis lupus familiaris* má několikanásobně vyšší počet kopií genu AMY2B, který slouží k tvorbě amylázy ve slinivce břišní. Počet kopií je však velmi variabilní napříč plemeny psů. Toto bylo pravděpodobně způsobeno průběhem domestikace ve vznikajících agrárních oblastech či mimo ně.
- Potrava *Canis lupus* ve volné přírodě byla definována jako širokospektrální. Po většinu roku preferují živočišnou potravu, jsou však schopni přežít i při jejím nedostatku. Tato přizpůsobivost je důvodem, proč byli psovité schopni se neustále adaptovat na globální změny.
- Bylo zjištěno, že *Canis lupus familiaris* v porovnání s *Canis lupus* ve volné přírodě přijímá průměrně 1,4× více tuků, 7× více sacharidů a 1,8× méně bílkovin. Průměrné množství makroprvků vápníku, fosforu a sodíku, které přijme *Canis lupus* ve volné přírodě, odpovídá spíše doporučeným množstvím makroprvků pro štěňata a psy v růstu, než pro dospělé psy. Přijaté množství draslíku a hořčíku přibližně odpovídá doporučeným množstvím pro dospělé psy.
- Průmyslově zpracovaná krmiva garantují dostatek minimálního množství veškerých živin, nejsou však stoprocentní zárukou prospívání zvířete. U syrové doma připravené krmné směsi může být poměr živin variabilnější, nicméně všechny potřebné živiny stanovené FEDIAF je možné získat z přirozených zdrojů. U syrové stravy navíc není potřeba ke krmivu dodávat velké množství vody navíc.
- Bylo potvrzeno, že živočišná syrová složka krmiva je nejlépe využitelná a vhodná pro zdravé jedince. Kromě kolagenu, který je stravitelnější po tepelné úpravě. Syrové živočišné produkty je vhodné předem přemrazit a dodržovat hygienu při jejich přípravě. Některé rostlinné složky je vhodnější podávat pouze tepelně upravené. Doma připravená vařená krmiva spojují nevýhody průmyslových i doma připravovaných syrových krmiv.

5 Literatura

- Adams DR. 1986. *Canine Anatomy: A Systemic Study*. Iowa State University Press, Ames (IA).
- Ahmed F, Cappai MG, Morrone S, Cavallo L, Berlinguer F, Dessì G, Tamponi C, Scala A, Varcasia A. 2021. Raw meat based diet (RMBD) for household pets as potential door opener to parasitic load of domestic and urban environment. Revival of understated zoonotic hazards A review. *One Health* 13.
- Allison JB, Wannemacher RW. 1957. Repletion of depleted protein reserves in animals. Rutgers University Press:1-13. New Brunswick/New Jersey.
- Andersone Ž, Ozolis J. 2004. Public perception of large carnivores in Latvia. *Ursus* 15:181-187. International Association for Bear Research and Management.
- Anwar MB, Nadeem MS, Shah SI, Kiayani AR, Mushtaq M. 2012. A Note on the Diet of Indian Wolf (*Canis lupus*) in Baltistan, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* 44:588–591.
- Arendt M, Fall T, Lindblad-Toh K, Axelsson E. 2014. Amylase activity is associated with AMY 2B copy numbers in dog: implications for dog domestication, diet and diabetes. *Animal Genetics* 45:716-722.
- Arendt M, Cairns KM, Ballard JWO, Savolainen P, Axelsson E. 2016. Diet adaptation in dog reflects spread of prehistoric agriculture. *Heredity* 117:301-306.
- Axelsson E, Ratnakumar A, Arendt M-L, Maqbool K, Webster MT, Perloski M, Liberg O, Arnemo JM, Hedhammar Å, Lindblad-Toh K. 2013. The genomic signature of dog domestication reveals adaptation to a starch-rich diet. *Nature* 495:360-364.
- Bank RA, Hetteema EH, Muijs MA, Pals G, Arwert F, Boomsma DI, Pronk JC. 1992. Variation in gene copy number and polymorphism of the human salivary amylase isoenzyme system in Caucasians. *Human Genetics* 89.
- Banta CA, Clemens ET, Krinsky MM, Sheffy BE. 1979. Sites of Organic Acid Production and Patterns of Digesta Movement in the Gastrointestinal Tract of Dogs. *The Journal of Nutrition* 109:1592-1600.
- Batchelor DJ, Al-Rammahi M, Moran AW, Brand JG, Li X, Haskins M, German AJ, Shirazi-Beechey SP. 2011. Sodium/glucose cotransporter-1, sweet receptor, and disaccharidase expression in the intestine of the domestic dog and cat: two species of different dietary habit. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 300:R67-R75.
- Behravesh CB et al. 2010. Human Salmonella Infections Linked to Contaminated Dry Dog and Cat Food, 2006–2008. *Pediatrics* 126:477-483.
- Birmingham EN, Thomas DG, Cave NJ, Morris PJ, Butterwick RF, German AJ, Gonzalez-Bulnes A. 2014. Energy Requirements of Adult Dogs: A Meta-Analysis. *PLOS ONE* 9.

- Biknevicius AR, Van Valkenburgh B. 1996. Design for Killing: Craniodental Adaptations of Predators. *Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution*:393-428. Cornell University Press.
- Billingham I. 1993. Give Your Dog a Bone: The Practical Commonsense Way to Feed Dogs for a Long Healthy Life. Warrigal Pub, Bathurst.
- Boemke W, Palm U, Kaczmarczyk G, Reinhardt HW. 1990. Effect of high sodium and high water intake on 24 h-potassium balance in dogs. *Zeitschrift für Versuchstierkunde* 33:179-185.
- Bosch G, Hagen-Plantinga EA, Hendriks WH. 2015. Dietary nutrient profiles of wild wolves: insights for optimal dog nutrition?. *British Journal of Nutrition* 113:S40-S54.
- Bradfield D, Smith MC. 1938. The ability of the dog to utilize vitamin A from plant and animal sources. *American Journal of Physiology-Legacy Content* 124:168-173.
- Bradshaw JWS. 2006. The Evolutionary Basis for the Feeding Behavior of Domestic Dogs (*Canis familiaris*) and Cats (*Felis catus*). *The Journal of Nutrition* 136:1927S-1931S.
- Brown SM. 2007. Macronutrient and Mineral Comparison of Three Popular Homemade Raw Food Diet Plans with NRC and Ancestral Diet Nutrient Profiles: and Suggestions on How to Enhance Nutritional Compliance with Both. *JAVMA* 22:9-16. Vet Med Assoc.
- Brown WY. 2009. Nutritional and ethical issues regarding vegetarianism in the domestic dog. *Recent Adv. Anim. Nutr.* 17:137-143.
- Brubacher ES, Vander AJ. 1968. Sodium deprivation and renin secretion in unanesthetized dogs. *American Journal of Physiology-Legacy Content* 214:15-21.
- Budras KD, McCarthy PH, Fricke W. 2007. *Anatomy of the Dog*. Schlütersche, Hannover.
- Buff PR, Carter RA, Bauer JE, Kersey JH. 2014. Natural pet food: A review of natural diets and their impact on canine and feline physiology. *Journal of Animal Science* 92:3781-3791. OXFORD UNIV PRESS.
- Bunag RD, Page IH, McCubbin JW. 1966. Influence of dietary sodium on stimuli causing renin release. *American Journal of Physiology-Legacy Content* 211:1383-1386.
- Bunce GE, Chiemchaisri Y, Phillips PH. 1962. The Mineral Requirements of the Dog. *The Journal of Nutrition* 76:23-29.
- Burri L, Heggen K, Storsve AB. 2019. Phosphatidylcholine from krill increases plasma choline and its metabolites in dogs. *Veterinary World* 12:671-676.
- Campbell JR, Douglas TA. 1965. The effect of low calcium intake and vitamin D supplements on bone structure in young growing dogs. *British Journal of Nutrition* 19:339-351.
- Carbyn LN. 1988. Grey wolf and red wolf. 359-376 in *Wild Furbearer Management and Conservation in North America*. Ontario Trappers Association, North Bay, Ontario.
- Carmody RN, Wrangham RW. 2009. The energetic significance of cooking. *Journal of Human Evolution* 57:379-391.

- Carnes JC. 2004. Ecology of wolves on the Copper and Bering River Deltas, Alaska. A Dissertation. University of Idaho.
- Carrera R, Ballard W, Gipson P, Kelly BT, Krausman PR, Wallace MC, Villalobos C, Wester DB. 2008. Comparison of Mexican Wolf and Coyote Diets in Arizona and New Mexico. *Journal of Wildlife Management* 72:376-381.
- Clauss M, Kleffner H, Kienzle E. 2010. Carnivorous mammals: nutrient digestibility and energy evaluation. *Zoo Biology* 29:687-704.
- Cline JL, Odle J, Easter RA. 1996. The Riboflavin Requirement of Adult Dogs at Maintenance Is Greater than Previous Estimates. *The Journal of Nutrition* 126:984-988.
- Cline JL, Czarnecki-Maulden GL, Losonsky JM, Sipe CR, Easter RA. 1997. Effect of increasing dietary vitamin A on bone density in adult dogs. *Journal of Animal Science* 75.
- Coppinger R, Coppinger L. 2001. *Dogs: A Startling New Understanding of Canine Origin, Behavior & Evolution*. Scribner, New York.
- Crampton EW. 1964. Nutrient-to-Calorie Ratios in Applied Nutrition. *The Journal of Nutrition* 82:353-365.
- Crissey SD, Swanson JA, Lintzenich BA, Brewer BA, Slifka KA. 1997. Use of a raw meat-based diet or a dry kibble diet for sand cats (*Felis margarita*). *Journal of Animal Science* 75.
- Crusafont-Pairo M, Truyols-Santonja J. 1956. A Biometric Study of the Evolution of Fissiped Carnivores. *Evolution* 10.
- Czarnecki GL, Baker DH. 1982. Utilization of D- and L-Tryptophan by the Growing Dog². *Journal of Animal Science* 55:1405-1410.
- Czarnecki-Maulden GL, Deming JG, Izquierdo JV. 1989. Evaluation of practical dry dog foods suitable for all life stages. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 195:583-590.
- Červený Č, Komárek V, Štěrba O. 1999. *Koldův atlas veterinární anatomie*. Grada, Praha.
- Diamond J, Bellwood P. 2003. Farmers and Their Languages: The First Expansions. *Science* 300:597-603.
- Dillitzer N, Becker N, Kienzle E. 2011. Intake of minerals, trace elements and vitamins in bone and raw food rations in adult dogs. *British Journal of Nutrition* 106:S53-S56.
- Ellenberger W, Baum H. 1891. *Systematische und topographische Anatomie des Hundes*. Paul Parey, Berlin.
- Elvehjem CA. 1947. Imbalance and dietary interrelationships in nutrition. *Journal of the American Medical Association* 135.
- Elvehjem CA, Madden RJ, Strong FM, Woolley DW. 1937. RELATION OF NICOTINIC ACID AND NICOTINIC ACID AMIDE TO CANINE BLACK TONGUE. *Journal of the American Chemical Society* 59:1767-1768.

- Ewer RF. 1973. *The Carnivores*. Comstock Publishing Associates.
- FEDIAF. 2013. *Nutritional Guidelines: For Complete and Complementary Pet Food for Cats and Dogs*. European Pet Food Industry Federation, Bruxelles.
- Forbes GJ, Theberge JB. 1996. Response by wolves to prey variation in central Ontario. *Canadian Journal of Zoology* 74:1511-1520.
- Freedman AH et al. 2014. Genome Sequencing Highlights the Dynamic Early History of Dogs. *PLoS Genetics* 10.
- Freeman LM, Michel KE. 2001. Veterinary Medicine Today Timely Topics in Nutrition Evaluation of raw food diets for dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 218:705-709.
- Gable TD, Windels SK, Bruggink JG. 2017. Estimating biomass of berries consumed by gray wolves. *Wildlife Society Bulletin* 41:129-131.
- Gaebler OH, Choitz HC. 1964. Studies of Body Water and Water Turnover Determined with Deuterium Oxide Added to Food. *Clinical Chemistry* 10:13-20.
- Ganong WF, Boryczka AT. 1967. Effect of a Low Sodium Diet on Aldosterone-Stimulating Activity Of Angiotensin II in Dogs. *Experimental Biology and Medicine* 124:1230-1231.
- Gittleman JL, Valkenburgh BV. 1997. Sexual dimorphism in the canines and skulls of carnivores: effects of size, phylogeny, and behavioural ecology. *Journal of Zoology* 242:97-117.
- Glasser JW. 1982. *A Theory of Trophic Strategies: The Evolution of Facultative Specialists*. *The American Naturalist* 119:250-262.
- Goldy GG, Burr JR, Langardener CN, Hirakawa DAS, Norton SA. 1996. Effects of measured doses of vitamin A fed to healthy beagle dogs for 26 weeks. *Veterinary Clinical Nutrition* 3:42-49.
- Goodman SA, Montgomery RD, Fitch RB, Hathcock JT, Lauten SD, Cox NR, Reinhart GA. 1998. Serial orthopedic examinations of growing Great Dane puppies fed three diets varying in calcium and phosphorus. *Recent advances in canine and feline nutrition* 3:3-12.
- Gula R. 2004. Influence of snow cover on wolf *Canis lupus* predation patterns in Bieszczady Mountains, Poland. *Wildlife Biology* 10:17-23.
- Hall JA. 1996. Potential adverse effects of long-term consumption of (n-3) fatty acids. *Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian* 18:879-895.
- Hall JA, Tooley KA, Gradin JL, Jewell DE, Wander RC. 2003. Effects of dietary n-6 and n-3 fatty acids and vitamin E on the immune response of healthy geriatric dogs. *American Journal of Veterinary Research* 64:762-772.
- Hamlin RL, Smith RC, Smith CR, Powers TE. 1964. Effects of a controlled electrolyte diet, low in sodium, on healthy dogs. *Vet Med Small Anim Clinician* 7:748-751.

- Hansen AE, Beck O, Wiese HF. 1948. Susceptibility to infection manifested by dogs on a low fat diet. *Federation proceedings* 7:289.
- Hansen AE, Sinclair JG, Wiese HF. 1954. Sequence of histologic changes in skin of dogs in relation to dietary fat. *The Journal of nutrition* 52:541-54.
- Hansen AE, Wiese HF. 1951. Fat in the diet in relation to nutrition of the dog. I. Characteristic appearance and gross changes of animals fed diets with and without fat. *Texas reports on biology and medicine* 9:491-515.
- Hathcock JN, Hattan DG, Jenkins MY, McDonald JT, Sundaresan PR, Wilkening VL. 1990. Evaluation of vitamin A toxicity. *The American Journal of Clinical Nutrition* 52:183-202.
- Hedhammar A et al. 1974. Overnutrition and skeletal disease: An experimental study in growing Great Dane dogs. *Cornell Vet* 1974.
- Hendriks WH, Wu YB, Shields RG, Newcomb M, Rutherford KJ, Belay T, Wilson J. 2002. Vitamin E Requirement of Adult Cats Increases Slightly with High Dietary Intake of Polyunsaturated Fatty Acids. *The Journal of Nutrition* 132:1613S-1615S.
- Hewson-Hughes AK, Hewson-Hughes VL, Colyer A, Miller AT, McGrane SJ, Hall SR, Butterwick RF, Simpson SJ, Raubenheimer D. 2013. Geometric analysis of macronutrient selection in breeds of the domestic dog, *Canis lupus familiaris*. *Behavioral Ecology* 24:293-304.
- Heywood R, Partington H. 1971. Ocular lesions induced by vitamin B2 deficiency. *Veterinary Record* 88:251-252.
- Hill RC. 1998. The Nutritional Requirements of Exercising Dogs. *The Journal of Nutrition* 128:2686S-2690S.
- Hinchcliff KW, Reinhart GA, DiSilvestro R, Reynolds A, Blostein-Fujii A, Swenson RA. 2000. Oxidant stress in sled dogs subjected to repetitive endurance exercise. *American Journal of Veterinary Research* 61:512-517.
- Holman RT, Johnson SB, Hatch TF. 1982. A case of human linolenic acid deficiency involving neurological abnormalities. *The American journal of clinical nutrition* 35:617-23.
- Hosseini-Zavarei F, Farhadinia MS, Beheshti-Zavareh M, Abdoli A. 2013. Predation by grey wolf on wild ungulates and livestock in central Iran. *Journal of Zoology* 290:127-134.
- Hrudka F, Popesko P, Komárek V. 1962. *Základy morfológie hospodárskych zvierat*. Slovenské vydavateľstvo poľnohospodárskej literatúry, Bratislava.
- Hynd P. 2019. *Animal Nutrition: From Theory to Practice*. CSIRO PUBLISHING.
- Janeiro-Otero A, Newsome TM, Van Eeden LM, Ripple WJ, Dormann CF. 2020. Grey wolf (*Canis lupus*) predation on livestock in relation to prey availability. *Biological Conservation* 243.

- Jedrzejewski W, Jedrzejewska B, Okarma H, Schmidt K, Zub K, Musiani M. 2000. Prey selection and predation by wolves in Białowieża Primeval Forest, Poland. *Journal of Mammalogy* 81:197-212.
- Jenkins KJ, Phillips PH. 1960. The Mineral Requirements of the Dog. *The Journal of Nutrition* 70:235-246.
- Kahil ME, Parrish JE, Simons EL, Brown H. 1966. Magnesium Deficiency and Carbohydrate Metabolism. *Diabetes* 15:734-739.
- Kanakubo K, Fascetti AJ, Larsen JA. 2015. Assessment of protein and amino acid concentrations and labeling adequacy of commercial vegetarian diets formulated for dogs and cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 247:385-392.
- Kataria A, Chauhan BM. 1988. Contents and digestibility of carbohydrates of mung beans (*Vigna radiata* L.) as affected by domestic processing and cooking. *Plant Foods for Human Nutrition* 38:51-59.
- Kerr KR, Vester Boler BM, Morris CL, Liu KJ, Swanson KS. 2012. Apparent total tract energy and macronutrient digestibility and fecal fermentative end-product concentrations of domestic cats fed extruded, raw beef-based, and cooked beef-based diets. *Journal of Animal Science* 90:515-522.
- Kienzle E, Rainbird A. 1991. Maintenance Energy Requirement of Dogs: What is the Correct Value for the Calculation of Metabolic Body Weight in Dogs?. *The Journal of Nutrition* 121:S39-S40.
- Kienzle E, Meyer H, Lohrie H. 1985. Einfluss kohlenhydratfreier Rationen mit unterschiedlichen Protein/Energie-Relationen auf foetale Entwicklung und Vitalität von Welpen sowie die Milchzusammensetzung von Hündinnen. *Fortschritte in der Tierphysiologie und Tierernährung* 16:73-99. Paul Parey.
- König HE, Liebich HG. 2003. *Anatomie domácích savců. 1 díl - pohybový aparát*. Hajko a Hajkova, Bratislava.
- Kronfeld DS. 1989. *Vitamin and mineral supplementation for dogs and cats: A monograph on micronutrients*. Veterinary Practice Publishing Company, California (US).
- Kváš M. 1998. *Výživa psů*. Dona, České Budějovice.
- Laflamme DP. 2006. Understanding and Managing Obesity in Dogs and Cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 36:1283-1295.
- Lauten SD et al. 2002. Influence of dietary calcium and phosphorus content in a fixed ratio on growth and development in Great Danes. *American Journal of Veterinary Research* 63:1036-1047.
- Leonard EK, Pearl DL, Finley RL, Janecko N, Peregrine AS, Reid-Smith RJ, Weese JS. 2011. Evaluation of Pet-Related Management Factors and the Risk of *Salmonella* spp. Carriage in Pet Dogs from Volunteer Households in Ontario (2005-2006). *Zoonoses and Public Health* 58:140-149.

- Litvaitis JA, Mautz WW. 1976. Energy Utilization of Three Diets Fed to a Captive Red Fox. *The Journal of Wildlife Management* 40.
- Liu B, Jiang Z. 2003. Diet composition of wolves *Canis lupus* in the northeastern Qinghai-Tibet Plateau, China. *Acta Theriologica* 48:255-263.
- Lundén A, Ugglå A. 1992. Infectivity of *Toxoplasma gondii* in mutton following curing, smoking, freezing or microwave cooking. *International Journal of Food Microbiology* 15:357-363.
- McCance RA. 1936. Medical problems in mineral metabolism. *The Lancet* 227:704-710. Elsevier.
- McCance RA, Widdowson EM. 1944. Mineral Metabolism. *Annual Review of Biochemistry* 13:315-346.
- McCay CM. 1949. *Nutrition of the Dog*. Comstock, Ithaca NY.
- Mead JF. 1980. Nutrients with special functions: essential fatty acids. *Human Nutrition Comprehensive Treatise*.
- Mech DL. 1981. *The Wolf: The Ecology and Behavior of an Endangered Species*. University of Minnesota Press, Minnesota, United States.
- Mech LD, Peterson RO. 2003. Wolf-prey relations. 131-157 in *Wolves : Behavior, Ecology, and Conservation*. University of Chicago Press, Chicago.
- Merkle JA, Krausman PR, Stark DW, Oakleaf JK, Ballard WB. 2009. Summer Diet of the Mexican Gray Wolf (*Canis lupus baileyi*). *The Southwestern Naturalist* 54:480-485.
- Messier F, Crete M. 1985. Moose-wolf dynamics and the natural regulation of moose populations. *Oecologia* 65:503-512.
- Miller ME, Christensen GC, Evans HE. 1979. *Miller's anatomy of the dog*. 2nd edition. Saunders, Philadelphia.
- Milner JA. 1979. Assessment of indispensable and dispensable amino acids for the immature dog. *Journal of Nutrition (USA)* 109:1161-1167.
- Mocharla H, Mocharla R, Hodes ME. 1990. A-Amylase gene transcription in tissues of normal dog. *Nucleic Acids Research* 18:1031-1036.
- Morelli G, Bastianello S, Catellani P, Ricci R. 2019. Raw meat-based diets for dogs: survey of owners' motivations, attitudes and practices. *BMC Veterinary Research* 15:10.
- Morris JG, Rogers QR. 1994. Assessment of the Nutritional Adequacy of Pet Foods through the Life Cycle. *The Journal of Nutrition* 124:2520S-2534S.
- Morris ML, Patton RL, Teeter SM. 1976. Low sodium diet in heart disease: how low is low?. *Vet Med Small Anim Clin* 9:1225-1227.
- Morris PJ, Salt C, Raila J, Brenten T, Kohn B, Schweigert FJ, Zentek J. 2012. Safety evaluation of vitamin A in growing dogs. *British Journal of Nutrition* 108:1800-1809.

- Mudřík Z, Podsedníček M, Hučko B. 2007. Základy výživy a krmení psa: vědecká monografie zpracovaná v rámci řešení VZ MSM 6046030901. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1831/2003: o doplňkových látkách používaných ve výživě zvířat. 2003.
- National Research Council. 2006. Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academies Press, Washington DC.
- Newsome TM et al. 2016. Food habits of the world's grey wolves. *Mammal Review* 46:255-269.
- O'Heare J. 2005. Raw Meat Diets for Cats and Dogs: An Assessment of the Research and Arguments Related to the Advisability of Feeding Raw Meat-Based Diets to Cats and Dogs. DogPsych Publishing, Ottawa.
- Ontko JA, Wuthier RE, Phillips PH. 1957. The Effect of Increased Dietary Fat upon the Protein Requirement of the Growing Dog. *The Journal of Nutrition* 62:163-169.
- Palacká A. 2018. To je žrááádlo, aneb co do misky nasypat. Canis TR, Praha.
- Paquet PC, Carbyn LN. 2003. Gray wolf *Canis lupus* and allies. 483-510 in *Wild Mammals of North America: Biology, Management, and Conservation*. 2nd edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Perry GH et al. 2007. Diet and the evolution of human amylase gene copy number variation. *Nature Genetics* 39:1256-1260.
- Peterson RO, Ciucci P. 2003. The Wolf as a Carnivore. 104 - 130 in *Wolves : Behavior, Ecology, and Conservation*. University of Chicago Press, Chicago.
- Pimlott DH. 1967. Wolf Predation and Ungulate Populations. *American Zoologist* 7:267-278.
- Popesko P. 1997. Atlas topografickej anatomie hospodárskych zvierat I., II., III.: Hovadzí dobytok, ovca, koza, ošípaná, kôň, pes, mačka, králik. 4 edition. Priroda, Bratislava.
- Potter RL, Axelrod AE, Elvehjem CA. 1942. The Riboflavin Requirement of the Dog. *The Journal of Nutrition* 24:449-460.
- Potvin F, Jolicoeur H, Huot J. 1988. Wolf diet and prey selectivity during two periods for deer in Quebec: decline versus expansion. *Canadian Journal of Zoology* 66:1274-1279.
- Purushotham B, Radhakrishna P. M, Sherigara B. S. 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.
- Reed JE, Ballard WB, Gipson PS, Kelly BT, Krausman PR, Wallace MC, Wester DB. 2006. Diets of Free-Ranging Mexican Gray Wolves in Arizona and New Mexico. *Wildlife Society Bulletin* 34:1127-1133.
- Ripple WJ et al. 2015. Collapse of the world's largest herbivores. *Science Advances* 1.

- Rose WC, Rice EE. 1939. The Significance of the Amino Acids in Canine Nutrition. *Science* 90:186-187.
- Rumbeiha W, Morrison J. 2011. A Review of Class I and Class II Pet Food Recalls Involving Chemical Contaminants from 1996 to 2008. *Journal of Medical Toxicology* 7:60-66.
- Salvador A, Abad PL. 1987. Food habits of a wolf population (*Canis lupus*) in León province, Spain. *Mammalia* 51:45-52.
- Scott BM, Shackleton DM. 1982. A preliminary study of the social organization of the Vancouver Island wolf. 13-25 in *Wolves of the world*. Noyes Publications, Park Ridge, NJ.
- Shabbir S, Anwar M, Hussain I, Nawaz MA. 2013. *Journal of Animal and Plant Sciences* 23:100-107.
- Shen CS, Overfield L, Murthy PNA, Corbin JE, Mistry SP. 1977. Effect of feeding raw egg-white on pyruvate and propionyl coa carboxylase activities on tissues of dog. *Federation proceedings* 1977:1169-1169.
- Schoenmakers I, Hazewinkel HA, Voorhout G, Carlson CS, Richardson D. 2000. Effects of diets with different calcium and phosphorus contents on the skeletal development and blood chemistry of growing great danes. *Veterinary Record* 147:652-660.
- Schultze K. 1999. *Natural Nutrition for Dogs and Cats: The Ultimate Diet*. Hay House, Carlsbad.
- Schweigert FJ, Thomann E, Zucker H. 1991. Vitamin A in the urine of carnivores. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 61:110-113.
- Schweigert F, Bok V. 2000. Vitamin A in Blood Plasma and Urine of Dogs is Affected by the Dietary Level of Vitamin A. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 70:84-91.
- Schweigert FJ, Ryder OA, Rambeck WA, Zucker H. 1990. The majority of vitamin A is transported as retinyl esters in the blood of most carnivores. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 95:573-578.
- Siedler AJ, Schweigert BS. 1954. Effect of the Level of Animal Fat in the Diet on the Maintenance, Reproduction and Lactation Performance of Dogs. *The Journal of Nutrition* 53:187-194.
- Simpson JW, Doxey DL, Brown R. 1984. Serum isoamylase values in normal dogs and dogs with exocrine pancreatic insufficiency. *Veterinary Research Communications* 8:303-308.
- Soffer N, Abuladze T, Woolston J, Li M, Hanna LF, Heyse S, Charbonneau D, Sulakvelidze A. 2016. Bacteriophages safely reduce Salmonella contamination in pet food and raw pet food ingredients. *Bacteriophage* 6.
- Stahler DR, Smith DW, Guernsey DS. 2006. Foraging and Feeding Ecology of the Gray Wolf (*Canis lupus*): Lessons from Yellowstone National Park, Wyoming, USA. *The Journal of Nutrition* 136:1923S-1926S.

- Ström D, Holm S, Clemensson E, Haraldson T, Carlsson GE. 1988. Gross anatomy of the craniomandibular joint and masticatory muscles of the dog. *Archives of Oral Biology* 33:597-604.
- Suvegová K, Mertin D. 1994. Potreba živín a výživná hodnota krmív pre psov. VÚŽV, Nitra.
- Swenson MJ, Reece WO. 1993. *Dukes' Physiology of Domestic Animals*. 11 edition. Cornell University Press, Ithaca (New York).
- Szepanski MM, Ben-David M, Van Ballenberghe V. 1999. Assessment of anadromous salmon resources in the diet of the Alexander Archipelago wolf using stable isotope analysis. *Oecologia* 120:327-335.
- Šebková N. 2008. *Kynologie*. 2nd edition. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Šterc J, Štercová E. 2014. Výživa a možnosti krmení psů (Dog nutrition and feeding practices). *Veterinářství* 64:590-598. Profi Press, Prague.
- Thalmann O et al. 2013. Complete Mitochondrial Genomes of Ancient Canids Suggest a European Origin of Domestic Dogs. *Science* 342:871-874.
- Thes M, Koeber N, Fritz J, Wendel F, Dillitzer N, Dobenecker B, Kienzle E. 2016. Metabolizable energy intake of client-owned adult dogs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 100:813-819.
- Throckmorton GS. 2000. Temporomandibular Joint Biomechanics. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America* 12:27-42.
- Tomo S, Hirakawa T, Nakajima K, Tomo I, Kobayashi S. 1993. Morphological classification of the masticatory muscles in dogs based on their innervation. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger* 175:373-380.
- Tourani M, Moqanaki EM, Boitani L, Ciucci P. 2014. Anthropogenic effects on the feeding habits of wolves in an altered arid landscape of central Iran. *Mammalia* 78.
- Tremblay JP, Jolicoeur H, Limieux R. 2001. Summer food habits of gray wolves in the boreal forest of the Lac Jaques-Cartier Highlands, Québec. *Alces* 37:1-12.
- Van Valkenburgh B. 2007. Deja vu: the evolution of feeding morphologies in the Carnivora. *Integrative and Comparative Biology* 47:147-163.
- Vila C, Maldonado JE, Wayne RK. 1999. Phylogenetic relationships, evolution, and genetic diversity of the domestic dog. *Journal of Heredity* 90:71-77.
- Vitale J, Hellerstein E, Nakamura M, Lown B. 1961. Effects of Magnesium-Deficient Diet Upon Puppies. *Circulation Research* 9:387-394.
- Voigt DR, Kolenosky GB, Pimlott DH. 1976. Changes in Summer Foods of Wolves in Central Ontario. *The Journal of Wildlife Management* 40.
- Volhard W, Brown K. 1995. *Holistic Guide for a Healthy Dog*. Howell Book House, New York.

- Wang X, Tedford RH. 2008. *Dogs: Their Fossil Relatives and Evolutionary History*. Columbia University Press, New York.
- Weber M, Martin L, Dumon H, Biourge V, Nguyen P. 2000. Growth and skeletal development in two large breeds fed 2 calcium levels. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 14:388.
- Weidner N, Verbrugghe A. 2017. Current knowledge of vitamin D in dogs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57:3850-3859.
- Wiese HF, Yamanaka W, Coon E, Barber S. 1966. Skin lipids of puppies as affected by kind and amount of dietary fat. *The Journal of nutrition* 89:113-22.
- Willson MF, Halupka KC. 1995. Anadromous Fish as Keystone Species in Vertebrate Communities. *Conservation Biology* 9:489-497.
- Wilson DE, Reeder DM. 2005. *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. 3rd edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Witzel AL, Kirk CA, Henry GA, Toll PW, Brejda JJ, Paetau-Robinson I. 2014. Use of a novel morphometric method and body fat index system for estimation of body composition in overweight and obese dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 244:1279-1284.

