

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Stanovení živinových potřeb pro chov vysokohorských koz
v zoologických zahradách**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Monika Horáčková

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

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Stanovení živinových potřeb pro chov vysokohorských koz v zoologických zahradách" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 7.4.2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Vladimíru Plachému, Ph.D. za cenné rady a odbornou pomoc, Ing. Petře Bolechové, Ing. Jitce Vokurkové, Zoo Liberec, Zoo Olomouc a jejich ošetřovatelům za vstřícnost a spolupráci zejména při sbírání materiálu pro tuto práci. Dále bych také ráda poděkovala Ing. Ivo Doskočilovi za jeho pomoc při práci v laboratoři. V neposlední řadě patří poděkování i mé rodině, která mě po celou dobu studia podporovala.

Stanovení živinových potřeb pro chov vysokohorských koz v zoologických zahradách

Souhrn

V literárním přehledu této diplomové práce jsou uvedeny základní informace o trávicí soustavě živočichů (zejména přežvýkavců), organických živinách, minerálních látkách a vitamínech. Jsou zde také shrnuty některé skutečnosti týkající se výživy koz obecně, vstřebávání látek v jednotlivých úsecích trávicího traktu a metodám zjišťování stravitelnosti živin.

Cílem práce bylo zjistit stravitelnost živin předkládané krmné dávky pro vysokohorské kozy, konkrétně kozy šrouborohé, kozorožce dagestánské, kozorožce sibiřské a kozorožce kavkazské. Pro potřeby této práce byly odebírány vzorky trusu zmíněných druhů a jejich krmiv během letního a zimního období 2015/2016. Odběry se uskutečnily v Zoo Liberec a Zoo Olomouc. Praktická část této práce se zabývá analýzou vybraných živin (stanovení sušiny, popelovin, vlákniny a jejích frakcí, dusíkatých látek a tuků) a srovnáním předkládaných krmných dávek v rámci období a místa chovu.

Klíčová slova: nutriční potřeba, výživa přežvýkavců, živiny, stravitelnost živin

Determination of nutrient requirements of alpine goats for breeding in zoos

Summary

The literary review of the thesis deals with basic information about gastrointestinal tract of animals (especially ruminants), organic nutrients, minerals and vitamins. There are also mentioned some details concerning the nutrition of goats, absorption of substances in particular sections of gastrointestinal tract and methods of detecting the nutrient digestibility.

The aim of the thesis was to determine nutrient digestibility of presented feed ration for alpine goats, specifically markhor, East Caucasian tur, Siberian ibex and West Caucasian tur. The samples of diet and faeces were gathered for the purposes of the thesis during the summer and winter season in 2015/2016. The consumptions were realized in Zoo Liberec and Zoo Olomouc. The practical part is focused on analysis of selected nutrients (determination of dry matter, ash, fiber and its fractions, crude protein and lipids) and comparison of given feed rations within the season and place of breeding.

Keywords: nutritional requirements, nutrition of ruminants, nutrients, nutrient digestibility

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Cíl práce	9
3 Literární přehled.....	10
3.1 Trávicí soustava	10
3.1.1 Stavba trávicí trubice	11
3.1.2 Ústní dutina.....	12
3.1.3 Jazyk	12
3.1.4 Hltan.....	13
3.1.5 Jícen	13
3.1.6 Žaludek	13
3.1.7 Střevo	15
3.1.8 Přídavné orgány	16
3.2 Organické živiny	18
3.2.1 Sacharidy	18
3.2.2 Dusíkaté látky	21
3.2.3 Lipidy.....	23
3.2.4 Organické kyseliny	26
3.3 Minerální prvky.....	26
3.3.1 Makroelementy	27
3.3.2 Mikroelementy.....	29
3.4 Vitamíny.....	32
3.5 Výživa koz	33
3.6 Vstřebávání	34
3.6.1 Vstřebávání látek v jednotlivých úsecích trávicího traktu.....	35
3.6.2 Vstřebávání jednotlivých živin	37
3.6.3 Regulace vstřebávání	39
3.7 Stanovení stravitelnosti živin	39
3.7.1 Koeficienty stravitelnosti.....	39
3.7.2 Metody stanovení stravitelnosti živin	40
3.7.3 Faktory ovlivňující stravitelnost	41
4 Metodika práce.....	43
4.1 Stručná charakteristika zkoumaných druhů	44
4.1.1 Koza šrouborohá – <i>Capra falconeri</i> (Wagner, 1839).....	44
4.1.2 Kozorožec dagestánský – <i>Capra cylindricornis</i> (Blyth, 1841)	44
4.1.3 Kozorožec sibiřský – <i>Capra sibirica</i> (Pallas, 1776).....	44
4.1.4 Kozorožec kavkazský – <i>Capra caucasica</i> (Güldenstädt & Pallas, 1783)	45

4.2	Příprava vzorků pro analýzy	45
4.3	Stanovení sušiny a popelovin.....	46
4.4	Stanovení vlákniny.....	46
4.4.1	Stanovení neutrálně detergentní vlákniny NDF.....	47
4.4.2	Stanovení acido-detergentní vlákniny ADF	47
4.4.3	Stanovení acido-detergentního ligninu ADL.....	48
4.4.4	Stanovení hrubé vlákniny CF	49
4.5	Stanovení dusíkatých látek.....	50
4.6	Stanovení tuků.....	50
4.7	Statistické vyhodnocení	51
5	Výsledky	52
5.1	Výsledky analýz živinového složení krmných dávek	52
5.2	Množství analyzovaných živin ve výkalech	54
5.3	Zjištěná stravitelnost v procentech.....	56
6	Diskuze.....	59
7	Závěr	62
8	Seznam literatury	63
9	Seznam tabulek	67

1 Úvod

Výživa je důležitým prvkem v životě všech živočichů. Organismus přijímá látky, které jsou nezbytné pro jeho správné fungování. Abychom zvířatům poskytli potřebné živiny, je zapotřebí nejdříve porozumět nejen jejich nutričním požadavkům, ale i procesům, které probíhají v jejich gastrointestinálním traktu.

Jsou značné rozdíly ve stavbě i funkci trávicí soustavy u jednotlivých druhů. Celková kapacita žaludku přežvýkavců je mnohem větší než u nepřežvýkavých zvířat. Kromě vlastního žaludku (slez) mají ještě předžaludek, který se skládá z bachoru, čepce a knihy. To jim umožňuje lépe využít objemná krmiva, protože dochází k dokonalejšímu trávení vlákniny a díky mikrobiálním procesům se efektivněji využívají dusíkaté látky.

Býložravce můžeme dělit podle jejich pastevní strategie na okusovače (browsers), kteří se zaměřují především na listy stromů a keřů, spásače (grazers) spásající čerstvou trávu nebo její nejvýživnější části a potravní oportunisty (intermediate feeders). Do poslední kategorie patří i kozy a kozorožci. Tvoří přechodnou skupinu mezi dvěma prvními skupinami a vyznačují se tedy tím, že se pasou jak na bylinném patře, tak i okusují listí a větvičky stromů a keřů.

U divokých zvířat chovaných v zajetí je důležité brát ohled na jejich pastevní strategii a morfologii trávicího systému. Sice jim nemůžeme poskytnout stejné podmínky jako ve volné přírodě, ale pomocí vhodně upravených krmných dávek se správným poměrem živin je můžeme alespoň částečně suplovat. Granule poskytují přežvýkavcům konzistentní zdroj živin a mohou doplnit nebo vyvážit jejich nevhodný poměr v seně. Existují různé druhy granulí, takže můžeme vybrat ty nejvhodnější pro daná zvířata – například nízkoenergetické krmivo lze použít pro udržení jejich kondice nebo pro jedince, kteří mají problémy s tělesnou hmotností.

Je obtížné vyhovět potřebám jedince, neboť zvířata jsou většinou krmena ve skupinách. Měli bychom brát v úvahu jejich odlišné požadavky během růstu, reprodukce, laktace a dalších důležitých období jejich života. V neposlední řadě je potřeba průběžně kontrolovat tělesnou kondici zvířat a případně upravit jejich krmné dávky.

2 Cíl práce

Hypotéza: Na základě rozboru krmné dávky a stravitelnosti živin je možné lépe specifikovat potřebu živin.

Cílem práce je zjistit stravitelnost živin předkládané krmné dávky a případná úprava příjmu živin vysokohorských koz.

3 Literární přehled

3.1 Trávicí soustava

Pro přežití zvířat a jejich tělesné funkce je nutné získávání živin z potravy (Reece, 2011). Funkcí trávicí soustavy je příjem a trávení potravy, vstřebávání živin a vylučování nestrávených zbytků potravy z těla. Jedná se o trubcovitou strukturu, která začíná dutinou ústní, pokračuje hltanem, jícnem, žaludkem a střevem až ke konečníku. Přidatnými orgány jsou slinné žlázy, játra a slinivka břišní (Marvan a kol., 2007). Přijatá potrava je vlastně mimo tělo a trávení tedy probíhá extracelulárně, proto následují procesy mechanického a chemického zpracování, kdy je potrava rozmělněna na menší části. Vstřebávání (resorpce) je pak děj, při kterém rozštěpené složky potravy přecházejí přes střevní epitel a vstupují do krve (Reece, 2011).

Obecně se dá říct, že trávicí soustava u různých živočišných druhů má stejné části, ale podle charakteru jejich přirozené potravy se liší velikost a funkce těchto částí. Podle typu přijímané potravy dělíme zvířata na masožravce, všežravce a býložravce. Jednotlivé části jejich trávicí soustavy jsou značně rozdílné (Reece, 2011). Zde můžeme zmínit rozdílné utváření zubů a velikost slinných žláz, které jsou u býložravců více vyvinuty než u masožravců. U masožravých zvířat došlo k adaptaci pro příjem koncentrované potravy – žaludek je malý, tenké a tlusté střevo kratší a slepé střevo je málo vyvinuté (Marvan a kol., 2007). Naopak u býložravců je slepé střevo velmi objemné (trávení vlákniny probíhá pomocí mikrobiální fermentace – u masožravců dochází k minimálním fermentačním procesům, z tohoto důvodu nemají slepé střevo tak vyvinuté) (Reece, 2011). Některé orgány (předžaludek) u nich fungují jako rezervoáry potravy, do kterého mohou přijímat velké množství rostlinné hmoty určené k trávení (Marvan a kol., 2007). Všežravci mají poměrně dlouhé tenké střevo, kde probíhá trávení a vstřebávání potravy, které nevyžaduje fermentaci. Část jejich tlustého střeva je rozšířená kvůli částečné fermentaci vlákniny z potravy (Reece, 2011).

Znalost trávicího traktu přežvýkavců je základním předpokladem pro správné pokrytí živinových potřeb. Mají unikátní žaludek skládající se ze čtyř částí – čepec, bachor, kniha a slez, které podporují fermentaci před proniknutím potravy do střev. Stavba a fyziologická funkce trávicího ústrojí se přizpůsobila velké škále potravinových zdrojů a fermentační procesy v předžaludku umožňují využít celulózní materiály (Committee on the Nutrient Requirements..., 2007).

Fyziologie trávení a stavba trávicího traktu koz je v porovnání s ostatními přežvýkavci přizpůsobená k využívání většího množství krmiv s vysokým obsahem vlákniny (Fantová, 2000). Je to dáno delším trávicím ústrojím, díky kterému se ale také prodlužuje doba průchodu krmiva zažívacím traktem (1 až 7 dní) (Mátlová, 2005). Tato zvýšená doba retence umožňuje účinnější trávení vlákniny. Současně to může mít velký význam pro detoxikaci některých sekundárních rostlinných látek (například taninů) (Lintzenich a Ward, 1997).

3.1.1 Stavba trávicí trubice

Stěnu trávicí trubice tvoří následující vrstvy – sliznice, podslizniční tkáň, svalová vrstva a povrchová vrstva. **Sliznice** (*tunica mucosa*) vystýlá vnitřek trávicí trubice a při přirozených tělních otvorech přechází v kůži (Marvan a kol., 2007). Povrch může být hladký nebo členěný pomocí různých bradavek, řas, případně klků. Sliznice se skládá ze tří vrstev. První z nich je epitel, který se nachází na povrchu a podle části trávicí trubice se mění jeho charakter. Od dutiny ústní po předžaludkovou část žaludku se jedná o vícevrstevný dlaždicový rohovatějící epitel, v žaludku a ve střevě se nachází jednovrstevný cylindrický epitel, který může být žlázový nebo resorpční (Pavlík a Sláma, 2011). Další vrstvou sliznice je vlastní list sliznice (*lamina propria mucosae*) složený z řídkého kolagenního a retikulárního vaziva, v němž jsou uloženy krevní a mízní vlásečnice a nervová vlákna. Dále se zde nachází žlázy, mízní uzlíky a hladkosvalové buňky. Poslední vrstvou sliznice je svalovina sliznice (*lamina muscularis mucosae*). Tato vrstva umožňuje aktivní posun sliznice a navazuje na podslizniční tkáň (Marvan a kol., 2007).

Podslizniční tkáň (*tela submucosa*) umožňuje samostatný pohyb sliznice. Je to řídké kolagenní vazivo, v kterém se nachází síť krevních a mízních cév a podslizniční nervová pleteň. Ve dvanáctníku a jícnu do této vrstvy zasahují i žlázy (Pavlík a Sláma, 2011).

Základ stěny trávicí trubice tvoří **svalová vrstva** (*tunica muscularis*), která je kromě jícnu tvořena hladkosvalovou tkání. Většinou ji tvoří dvě vrstvy – vnitřní vrstva s kruhovým uspořádáním a vnější vrstva s podélným uspořádáním hladkosvalových buněk. Mezi nimi se nachází svalová nervová pleteň, která ovládá peristaltický pohyb střev. V některých úsecích trávicí trubice je svalová vrstva zesílena a vytváří svěrače (Marvan a kol., 2007).

Povrchovou vrstvou může být seróza nebo adventicie. Seróza (*tunica serosa*) kryje většinu povrchu trávicí trubice. Jedná se o tenkou vrstvu řídkého kolagenního vaziva a jednovrstevného dlaždicového epitelu. Tenká vazivová adventicie obaluje pouze krční část jícnu (Marvan a kol., 2007).

3.1.2 Ústní dutina

Ústní dutina (*cavum oris*) tvoří začátek trávicí trubice, kde se přijatá potrava začíná mechanicky zpracovávat a dochází zde k jejímu promíchání se slinami. Tomu napomáhají zuby a jazyk. **Zuby** (*dentes*) slouží k zachycení a mechanickému zpracování potravy v ústní dutině. Na zubních ploškách se drcením rozmělnuje potrava a dochází tak ke zvětšení povrchu přijaté potravy pro snadnou chemickou a mikrobiální degradaci (Reece, 2011). Tvar zubů je závislý na jejich umístění a funkci. Řezáky (*dentes incisivi*) jsou v dutině ústní umístěny nejkranialněji a slouží k uchopení a ukousnutí potravy. U přežvýkavců horní řezáky chybí (Marvan a kol., 2007). Vedle nich vyrůstají špičáky (*dentes canini*), které jsou přizpůsobeny pro trhání potravy a její oddělování na jednotlivá sousta (Reece, 2011). Přežvýkavci mají pouze dolní špičáky, které se tvarově i funkčně shodují s řezáky, zatímco nejvýrazněji je tento typ zubů vyvinut u masožravců a prasat (Marvan a kol., 2007). Rozšířená korunka a členěná skusná plocha třenových zubů (*dentes premolares*) je uzpůsobena k drcení potravy. Stejnou funkci mají i stoličky (*dentes molares*) a někdy se s třeačky souhrnně označují jako lícni zuby (Reece, 2011).

3.1.3 Jazyk

Jazyk (*lingua*) je svalový orgán na spodině ústní dutiny, který se podílí na příjmu potravy a jejím posunutí na žvýkací plošky třenových zubů a stoliček. Uplatňuje se také v zatlačení sousta přes hltan do jícnu. Velká pohyblivost jazyka je dána prostorovým uspořádáním svalových vláken, která jsou orientována třemi směry (podélně, příčně a svisle) (Reece, 2011). Všichni přežvýkavci mají v zadní části jazyka tzv. val jazyka (*torus linguae*). Spolu s tvrdým patrem pravděpodobně tvoří funkční náhradu za neúplnou dentici (Hofmann, 1989). Sliznice jazyka pevně srůstá se svalovinou a je bohatá na nervová zakončení – nachází se zde chuťový a hmatový orgán (Marvan a kol., 2007). Povrch jazyka je drsný, neboť je pokryt nitkovitými bradavkami. Ty mají mechanickou funkci při příjmu a zpracování potravy, napomáhají posunu potravy v ústní dutině a také slouží k péči o vlastní srst nebo srst mláďat (Reece, 2011). Žádní býložravci nemají na jazyku takové množství chuťových receptorů, jako mají přežvýkavci (Hofmann, 1989). Chuťové receptory v podobě chuťových pohárků mají schopnost reagovat na různé chuťové podněty a napomáhají tak procesu trávení. Jsou umístěné v hrazených a houbovitých bradavkách na povrchu jazyka (Reece, 2011). Přežvýkavci mají na jazyku také velké kuželovité bradavky, ale chybí jim bradavky lístkovité, které se vyskytují na bocích kořene jazyka koně, prasete a psa (Frandsen a kol., 2009).

3.1.4 Hltan

Hltan (*pharynx*) je trubice, která spojuje ústní dutinu s jícnem a nosní dutinu s hrtanem. Hltan můžeme dělit na tři části – ústní část hltanu, která plynule navazuje na ústní dutinu, nosní část hltanu komunikující s nosní dutinou pomocí nosohltanového průchodu. Do této části také ústí dvě Eustachovy trubice, které spojují hltanovou dutinu se středním uchem (Marvan a kol., 2007). Díky tomu je vyrovnáván tlak vzduchu mezi středouším a vnější atmosférou a zabraňuje se tak prohýbání ušního bubínku vlivem změn tlaku vzduchu (Reece, 2011). Poslední je hrtanová část hltanu, která kaudálně přechází v jícen a ventrálně ústí do hrtanu (Marvan a kol., 2007). Během polykání dochází k reflexním a mechanickým dějům, které zabraňují potravě během průchodu hltanem vstup do hrtanu a nosních dutin (Reece, 2011).

3.1.5 Jícen

Jícen (*esophagus*) je svalová trubice spojující hltan se žaludkem. Činností jeho svaloviny vznikají peristaltické vlny, které posunují vodu a potravu v jícnu (Reece, 2011). Stavebně a funkčně je jícen přizpůsobený nejen transportu potravy do žaludku, ale i opačně, především pro rejekci potravy k přežvykování. Krční část jícnu je spolu s průdušnicí vzájemně spojená vazivem povázky a doprovázená cévami, nervy a mízními uzlinami. Dále v hrudníku jícen probíhá ve středohrudí nad bází srdce. Přes jícnový otvor v bránici se dostává do břišní dutiny a po krátkém průběhu vstupuje do žaludku (Marvan a kol., 2007). Na hltanovém konci je jícen obvykle uzavřen jícnovým kruhovým svěračem. V klidu je dutina jícnu uzavřená a sliznice uvnitř vytváří řasy (Reece, 2011). Ty uzavírají dutinu jícnu a zabraňují tak pronikání vzduchu do žaludku (Marvan a kol., 2007). Během průchodu sousta se jícen nemusí moc rozšiřovat, protože dochází k vyrovnání řas. Jícnem mohou procházet i poměrně velké předměty, které snadno roztáhnou jícnové řasy, sliznici a podslizniční vazivo. Hrozí ale, že uvíznou v místech zúžení jícnu (vstup jícnu do dutiny hrudní) (Reece, 2011). Těsně nad vstupem do hrtanu (hlasivkovou štěrbinou, *glottis*) se nachází hltanový otvor do jícnu. Pohyb sousta je možné pozorovat na levé straně krku, neboť jícen probíhá zleva podél průdušnice (*trachea*). Svalová vlákna jícnu mají kruhové i podélné uspořádání. U většiny zvířat se nachází příčně pruhovaná svalovina, ale některá mají v kaudální části jícnu hladkou svalovinu (Reece, 2011).

3.1.6 Žaludek

Žaludek (*ventriculus, gaster*) je objemný vakovitý orgán, který shromažďuje a přechodně zadržuje přijatou potravu a začíná v něm trávení. Rozlišujeme žaludek

jednokomorový – tento typ najdeme například u prasete, koně a psa, a žaludek vícekomorový u přežvýkavců – ten je tvořen předžaludkem s třemi oddíly (bachor, čepec, kniha) a vlastním žaludkem (slez) (Marvan a kol., 2007).

Žaludek nepřežvýkavců i vlastní žaludek přežvýkavců je rozdělen na několik částí – česlo (*cardia*), což je místo vstupu jícnu do žaludku, střední část žaludku (dno (*fundus*) a tělo žaludku), která se nejvíce zvětšuje při naplnění žaludku, vrátníková předsíň (*antrum pylori*) a vrátník (*pylorus*) – zúžená část žaludku vstupující do dvanáctníku. Sliznice žaludku obsahuje několik typů žaludečních žláz (Reece, 2011). Rozdělujeme je do tří skupin podle uložení, stavby a sekretu – kardiální žlázy, vlastní žaludeční žlázy a pylorické žlázy. První jmenované najdeme ve sliznici česlové části žaludku, kde vylučují sekret bohatý na hlen. Ve sliznici dna žaludku jsou vlastní žaludeční žlázy s buňkami hlavními, krycími a vedlejšími (Marvan a kol., 2007). Hlavní buňky produkují pepsinogen, vedlejší buňky hlen a krycí buňky secernují kyselinu chlorovodíkovou. Pylorické žlázy ve vrátníkové části žaludku vylučují hormon gastrin (Reece, 2011).

Jak již bylo zmíněno, přežvýkavci mají kromě vlastního žaludku i předžaludek. Ten se nachází před slezem a umožňuje zvířatům přijmout velké množství potravy v krátké době. Potrava je zde trávena mikroorganismy a podléhá různým fyzikálním změnám (Marvan a kol., 2007). Díky bakteriální fermentaci přijaté potravy se získává energie, která by se jiným způsobem nedala získat (Reece, 2011). Předžaludek je vystlán bezžláznatou sliznicí a dělí se na tři komory – bachor, čepec, kniha. Na ně pak navazuje slez. Největší částí předžaludku je bachor (*rumen*), který zabírá celou levou polovinu břišní dutiny. Sliznice bachoru má resorpční a metabolickou funkci a její povrch je zvětšován bachorovými bradavkami (Marvan a kol., 2007). Tyto bradavky jsou rozmístěny po celé sliznici bachoru a jejich velikost a hustota závisí na vývojovém stadiu, přijímané potravě, ročním období a bachorovém prostředí (Committee on the Nutrient Requirements..., 2007). V bachoru dochází k provlhčení a fermentaci objemné potravy s vysokým obsahem vlákniny. Potrava je zde neustále promíchávána díky jeho pohybům (Reece, 2011). U dospělých koz dosahuje bachor velikosti 15 – 20 litrů a vzhledem k velikosti těla je ve srovnání s ostatními přežvýkavci relativně větší (Fantová, 2000). Bachor je pomocí čepcobachorového ústí spojen s čepcem, což je nejmenší část předžaludku. Sliznice čepce (*reticulum*) má odlišné utváření sliznice než bachor – tvoří čepcové hřebeny poseté drobnými bradavkami (Marvan a kol., 2007). Může se stát, že zvíře s potravou náhodně pozře těžký kovový předmět – ten pak většinou zůstává v čepci a pokud je špičatý, mohou kontrakce čepce způsobit i to, že hrot předmětu pronikne bránicí a uvnitř

dutiny hrudní může poranit vnitřní orgány (srdce, plíce). Takovému stavu se říká traumatická pericarditis (Reece, 2011). Poslední část předžaludku je kniha (*omasum*), která s čepcem komunikuje čepcoknihovým otvorem vybaveným kruhovým svěračem. U ovcí a koz je tato část menší než čepce, na rozdíl od skotu, kde je o něco větší. Sliznice knihy je uspořádána do listů knihy posetých bradavkami. V mezilistových štěrbinách se malé části potravy drtí na ještě jemnější. Vlastní žaludek – slez (*abomasum*) komunikuje s knihou pomocí knihoslezového ústí a sliznice tvoří spirálové řasy. Stavba je podobná jako u jednoduchého žaludku, jak bylo již výše zmíněno (Marvan a kol., 2007).

3.1.7 Střevo

Nejdelší částí trávicí trubice je **střevo** (*intestinum*). Mezi jeho funkce patří trávení potravy, vstřebávání živin včetně minerálních látek a vody, účastní se na vylučování vody, zbavuje organismus nestrávených zbytků potravy a podobně jako v žaludku se zde tvoří tkáňové hormony (Marvan a kol., 2007). Střevní stěna funguje jako bariéra, zdroj trávicích enzymů a místo, kde dochází k vstřebávání živin (Sauvant a kol., 2011). V průběhu fylogenetického vývoje došlo ke změně délky, uspořádání i skladby střeva v závislosti na druhu přijímané potravy – delší střevo býložravců je přizpůsobeno příjmu objemné a těžko stravitelné stravy, masožravci mají střevo mnohem kratší (Marvan a kol., 2007). Obsah žaludku vstupující do tenkého střeva se nazývá zažitina (chymus). Jedná se o polotekutou hmotu s kyselou reakcí, její složení závisí na potravě a potravních zvycích jedince. Ve střevě je trávena střevními šťávami (Reece, 2011). Podle funkce rozlišujeme tenké a tlusté střevo.

Tenké střevo (*intestinum tenue*) tvoří pokračování vrátníku žaludku a skládá se ze tří částí – dvanáctník, lačnick a kyčelník. Po celé své délce je přibližně stejně široké a tvoří četné kličky (Marvan a kol., 2007). Ke kličce dvanáctníku (*duodenum*) přiléhá slinivka břišní, jejíž vývody ústí do tohoto úseku střeva. Její šťávy se velkou mírou podílejí na trávení. Žlučovým vývodem se do dvanáctníku dostává žluč tvořená v játrech (Reece, 2011). Druhý a nejdelší úsek tenkého střeva je lačnick (*jejunum*). Ten je zároveň nejvýznamnější částí z hlediska trávení a vstřebávání. Kyčelníkovým otvorem ústí do slepého střeva kyčelník (*ileum*), který je nejkratším úsekem tenkého střeva. Nevytváří kličky, čímž se odlišuje od lačnicku, který jich vytváří velké množství (Marvan a kol., 2007). Tenké střevo je nejvýznamnější úsek pro trávení a vstřebávání a u zvířat, která nepotřebují přijatou potravu složitě fermentovat, zde probíhá většina trávicích a resorpčních procesů (Reece, 2011). K tomu je přizpůsobena stavba střeva. Ve střevní stěně se nacházejí žlázy jednobuněčné, střevní a dvanáctníkové. Ty produkují sekrety, které slouží k trávení. Hlavní funkcí střeva je resorpce živin do krevního a

mízního oběhu. Protože je k tomuto potřeba co možná největší resorpční plocha, je střevní výstelka makroskopicky členěna. Sliznice tak vytváří kruhové řasy a na povrchu vybíhá v četné klky (Marvan a kol., 2007). Epitelové buňky pokrývající klky mají své vlastní mikrokilky, které představují největší zvětšení vnitřního povrchu střeva a vytvářejí kartáčový lem. Tyto struktury vnitřního povrchu dodávají tenkému střevu 600krát větší plochu než při hladkém povrchu. Hladká svalovina tenkého střeva je uspořádána podélně a kruhově a její stahy umožňují promíchávání a posun trávenin ve střevě (Reece, 2011).

Tlusté střevo (*intestinum crassum*) je důležité pro konečné využití krmiva, vstřebávání vody, minerálních látek a vitamínů (Marvan a kol., 2007). V tlustém střevě rozlišujeme slepé střevo, tračník a konečník. Podle druhu přijímané potravy se tlusté střevo u různých druhů zvířat liší. U všech zde dochází k částečné fermentaci obsahu. Přežvýkavci mají hlavní místo, kde dochází k tomuto procesu, v předžaludku. U nepřežvýkavých býložravců dochází k fermentaci ve slepém střevě a v tračnicku (Reece, 2011). Slepé střevo (*cecum*) má slepé zakončení a u přežvýkavců je poměrně malé. Tračník (*colon*) se dělí na vzestupný, příčný a sestupný. Vzestupný tračník vytváří mnoho kliček a dosahuje největších rozměrů. Koncovým úsekem tlustého střeva, kde se hromadí nestrávené zbytky potravy a formují výkaly, je konečník (*rektum*). Postupně se rozšiřuje v konečnickovou výduť, která se poté zužuje v krátký řitní kanál navenek se otevírající řitním otvorem. Řitní kanál je uzavřen dvojitým mohutným svěračem. Od tenkého střeva se tlusté střevo liší především nepřítomností klků, hladším povrchem a tlustší svalovinou (Marvan a kol., 2007).

3.1.8 Přídavné orgány

K přídavným orgánům trávicí soustavy řadíme slinné žlázy, slinivku břišní a játra. Jejich sekrety umožňují trávení potravy v dutině žaludku a střeva. Do trávicí soustavy uvolňují své sekrety také četné žaludeční a střevní žlázy. Sekrety žláz obsahují elektrolyty, vodu, trávicí enzymy a soli žlučových kyselin. Trávicí sekrety tvoří směs, která umožňuje štěpení potravy a její složky mohou reagovat s epitelovými enzymy (Reece, 2011).

3.1.8.1 Slinné žlázy

Slinné žlázy (*glandulae salivales*) tvoří sliny. Jsou to sekrety důležité pro tvorbu vhodného prostředí pro činnost ústní dutiny, kde nejen usnadňují mechanické zpracování, začátek trávení a polykání soust, ale také umožňují vnímání chuti. Prvním typem slinných žláz jsou malé slinné žlázy, které jsou roztroušené ve sliznici nebo v podslizniční tkáni spodiny ústní dutiny, na tvářích, jazyku a na patře. Malé množství sekretu, který vylučují,

slouží hlavně k vlhčení dutiny ústní (Marvan a kol., 2007). Druhým typem jsou párové velké slinné žlázy – příušní, čelistní a podjazyková. Leží mimo ústní dutinu a jsou s ní spojeny jedním nebo více vývody. Slinné žlázy ještě můžeme dělit podle charakteru sekretu na serózní, mucinózní a smíšené. Serózní sekret je vodnatý, čirý a tekutý, na rozdíl od mucinózního, který je viskózní a hlenovitý a funguje jako ochranná vrstva na vnitřním povrchu trávicí soustavy. Smíšené slinné žlázy vylučují oba typy sekretu (Reece, 2011).

3.1.8.2 Slinivka břišní

Slinivka břišní (*pankreas*) je uložena mimo stěnu trávicí trubice – její tělo leží přímo na dvanáctníku (Marvan a kol., 2007). Tkáň je tvořena několika laloky a základním prvkem jsou sekreční aciny – stavební a funkční jednotky pankreatu, které produkují pankreatickou šťávu (Pavlík a Sláma, 2011). Hlavní vývod slinivky břišní vstupuje do dvanáctníku poblíž vstupu žlučovodu. Kozy a ovce mají vývod napojený přímo na žlučovod a do dvanáctníku se tak dostává směs žluči a pankreatické šťávy. Do dvanáctníku může vyúšťovat také přídatný slinivkový vývod, pokud je vyvinut. V tom případě vstupuje v těsné blízkosti hlavního slinivkového vývodu. Slinivka břišní má endokrinní (produkce hormonů) i exokrinní funkci (produkce trávicí šťávy). Endokrinní část je tvořena rozptýlenými ohraničenými ostrůvky buněk (Langerhansovy ostrůvky). Tyto buňky produkují hormony inzulin a glukagon a jejich sekrety se dostávají rovnou do krve (Reece, 2011). Pankreatická šťáva vylučována exokrinní částí slinivky obsahuje hydrolázy štěpící bílkoviny, lipidy a sacharidy (Marvan a kol., 2007).

3.1.8.3 Játra

Největší žlázou v těle jsou játra (*hepar*). Podílejí se na krvetvorbě v embryonálním období, látkové výměně, tvoří žluč obsahující soli žlučových kyselin a mají regulační a detoxikační funkci. Játra mají rovněž značnou schopnost regenerace (Marvan a kol., 2007). Rychlost regeneračních pochodů se druhově liší a je možné ji ovlivnit výživou, hormonálně i prostřednictvím farmak. Detoxikační funkce se týká jak látek vznikajících činností bakterií v trávicím traktu (amoniak, kadaverin, histamin, atd.), tak i exogenních cizích látek. K hlavním typům detoxikačních reakcí se řadí oxidace, redukce, hydrolýza, konjugace a případně úplná destrukce cizorodé látky (Jelínek a kol., 2003). V játrech se nachází největší část makrofágového obranného systému organismu (MPS – mononucleotic phagocytic system). Ten se skládá z tzv. Kupfferových buněk, což jsou přisedlé makrofágy, které odstraňují cizorodé látky, které se dostaly do krve ze žaludku a střev. Dále odstraňují staré a porušené erytrocyty, zbytky tkání a mají regulační schopnost (Reece, 2011). Jako rezervoár žluči slouží žlučník (*vesica felea*). Žlučníkový vývod se spojuje s jaterním vývodem a dále

pokračují jako žlučovod, který ústí do dvanáctníku a před jeho vyústěním jej uzavírá hladkosvalový svěrač (Marvan a kol., 2007).

3.2 Organické živiny

Mezi základní složky potravy se řadí sacharidy, bílkoviny, tuky, voda, anorganické soli a vitamíny. Přijatá potrava jich obsahuje různé množství a vyvážená krmná dávka musí obsahovat všechny z nich v určitém poměru (Reece, 2011). Živiny v potravě mají složitou stavbu a trávicí trakt pak má za úkol přeměnit složky potravy na jednodušší molekuly (monosacharidy, aminokyseliny, mastné kyseliny). Tyto molekuly jsou přeneseny do krve, aby mohly být transportovány k cílovým buňkám. Procesy chemického a fyzikálního rozkladu potravních složek jsou označovány jako mechanické a chemické trávení (Frandsen a kol., 2009). Potrava býložravců se skládá z objemných krmiv, která mají vysoký obsah celulózy a jsou málo stravitelná, a z lépe stravitelných koncentrovaných krmiv (Reece, 2011).

3.2.1 Sacharidy

Sacharidy dělíme podle počtu uhlíků v jejich molekule na monosacharidy, disacharidy a polysacharidy. K monosacharidům se řadí pentóza ribóza a hexózy glukóza, fruktóza a galaktóza (Reece, 2011). Glukóza má ve výživě zvířat ze sacharidů rozhodující význam. V krmivech je zastoupena ve velmi malém množství a organismus ji získává hlavně štěpením polysacharidů. Je velice důležitá pro samotný živočišný organismus – pro tvorbu krevní glukózy. Dále je využívána pro krytí energetických potřeb, jako zdroj pro tvorbu glykogenu a jiných cukrů, mastných kyselin a těkavých mastných kyselin (Zeman a kol., 2006).

Disacharidy vznikají chemickou kombinací dvou molekul monosacharidů a patří mezi ně sacharóza, maltóza a laktóza. Hydrolýzou se disacharidy štěpí zpět na monosacharidy (Reece, 2011). Disacharidy mají velký význam z hlediska energetického metabolismu. Sacharóza je totiž hlavní energetická živina v buňkách krmné řepy, melasy a všech krmiv rostlinného původu. Laktóza je zase obsažena v mléčných krmivech nezbytných pro výživu všech mláďat savců (Zeman a kol., 2006).

Další skupinou sacharidů jsou polysacharidy, které obsahují více než dvě molekuly jednoduchých cukrů (Reece, 2011). Jedná se o nejvýznamnější skupinu energetických živin, zejména ve výživě přežvýkavců (Zeman a kol., 2006). Pro zvířata je významný škrob, glykogen a celulóza. Škrob je zásobní látkou většiny rostlin, které jsou potravou pro býložravce, a slouží jako zdroj energie (Reece, 2011). Trávení škrobu je mnohem rychlejší než trávení celulózy, tato rychlost závisí na druhu a velikosti škrobových zrn a na fyzikálním

stavu škrobu. Na procesu se podílí převážně *Streptococcus bovis* a *Clostridium butyricum*. Konečným produktem je kyselina octová, propionová, máselná, mravenčí, mléčná a jantarová (Jelínek a kol., 2003). Glykogen se ukládá v játrech a ve svalech. Pokud je potřeba, glykogen se může přeměnit na glukózu, která představuje okamžitý zdroj energie (Reece, 2011). Celulóza je základní podpůrnou látkou rostlinné buňky. Její čistou formu najdeme v rostlinách jen výjimečně. V krmivech celulózu bilancujeme s dalšími látkami, a to především pod pojmem vláknina. Vlákna je směs látek z celulózy, hemicelulóz a nestravitelných inkrustujících látek (například lignin, kutin, křemičitan) a podrobněji bude popsána níže v textu (Zeman a kol., 2006). Celulóza je stravitelná pouze za přispění mikrobiálních celulólytických enzymů, které jsou především u býložravých zvířat v předžaludku (u přežvýkavců), ve slepém střevě a tračníku (u nepřežvýkavých) (Reece, 2011). Celulólytické bakterie vyžadují alespoň pětiprocentní obsah dusíkatých látek v krmivu, aby se mohly rozmnožovat. Mírné zvýšení podílu těchto látek stimuluje štěpení celulózy, zatímco vysoké dávky tlumí celulólytické procesy. Celulóza z mladých rostlin je lépe stravitelná a s přibývajícím množstvím ligninu stravitelnost celulózy klesá.

Rostlinná krmiva mohou obsahovat 40 – 80 % sacharidů. Sacharidy se v rostlinách vyskytují ve formě polysacharidů, nejčastěji jako strukturální složky (celulóza, hemicelulóza, pektiny). Velký obsah škrobu můžeme najít v zrninách a okopaninách (Jelínek a kol., 2003). Obecně se dá říci, že optimální zastoupení sacharidů ve výživě zvířat je základním předpokladem pro zachování zdraví jedince, reprodukce a dalších důležitých vlastností (Zeman a kol., 2006).

3.2.1.1 Vlákna

Vlákna je složitým komplexem látek rostlinného původu. Tyto látky se od sebe odlišují svými fyzikálními a chemickými vlastnostmi (Zeman a kol., 2006). V krmivech rostlinného původu se sacharidy vyskytují v buněčných stěnách (jedná se o tzv. hrubou vlákninu, která je tvořena převážně celulózou, hemicelulózou a ligninem a v menší míře i kutinem) a v buněčné protoplazmě (především škrob a rozpustné sacharidy) (Koukolová a Homolka, 2008). Fermentací vlákniny vznikají mastné kyseliny s krátkým řetězcem, acetát, propionát, kyselina mléčná a máselná, oxid uhličitý, methan a vodík. Stupeň a míra fermentace je ovlivněna fyzikálními a biochemickými vlastnostmi látek rostlinného původu. Pokud došlo k rozsáhlé lignifikaci, mikrobiální činnost je omezena a fermentace látek není dokončena před jejich opuštěním batoru (Fuller a kol., 2004). Vlákna je zdroj

stravitelných živin, má podíl na energetické hodnotě krmiv a podstatný je i vztah jejího obsahu v krmivu ke stravitelnosti ostatních živin. Se zvyšujícím se množstvím vlákniny klesá stravitelnost organické hmoty. Dále je důležitá pro správný průběh trávení, funkci zažívacího traktu (podporuje peristaltiku střev a motoriku bачoru) a rovněž zajišťuje mechanické nasycení zvířat. V krmivech rostlinného původu se nachází 5 až 40 % vlákniny v sušině. Stravitelnost vlákniny je ovlivněna mnoha faktory, jako například druhem objemného krmiva, dobou retence krmiva v různých částech trávicího traktu a činností enzymů, které jsou vylučovány mikroorganismy v bачoru a tlustém střevu. Její stravitelnost se mění také podle vzájemného poměru sacharidů k ligninu. Trávení vlákniny v bачoru je omezeno především rychlostí hydrolýzy polysacharidů.

Pro podrobnější analýzu jednotlivých složek vlákniny se používá systém, kdy jsou tyto složky stanoveny jako vláknina rozpustná v neutrálním detergentu (neutral detergent fiber – NDF) a vláknina rozpustná v kyselém detergentu (acid detergent fiber – ADF). Neutrálně detergentní vláknina je zbytek buněčných stěn tvořený hemicelulózou, celulózou, ligninem a lignifikovanými dusíkatými složkami rostlin (Zeman a kol., 2006). Pro přežvýkavce je NDF frakce v krmné dávce důležitá pro poskytování energie pro mikrobiální syntézu a pro zajištění správné funkce bачoru, díky čemu se podpoří i zdravotní stav zvířat (Koukolová a Homolka, 2008). Druhá jmenovaná vyjadřuje obsah celulózy, ligninu a lignifikovaných dusíkatých složek rostlin. Hemicelulóza je oproti celulóze mnohem rychleji fermentovatelnou součástí buněčných stěn a právě její obsah je hlavním rozdílem mezi NDF a ADF (Zeman a kol., 2006). NDF metoda je obecně používaná ve výživě zvířat. Podstatné je enzymatické působení amylázy, aby byl odstraněn škrob (Fuller a kol., 2004). S vlákninou je spojený ještě jeden pojem – acidodetergentní lignin (acid detergent lignin – ADL), což je zbytek buněčných stěn obsahujících jen lignin, celulóza byla tímto odstraněna (Třináctý a kol., 1999).

3.2.1.2 Vstřebávání sacharidů

Sacharidy se u přežvýkavců vstřebávají jako těkavé mastné kyseliny přímo v předžaludku. Zvířata, která mají jednodukomorový žaludek, vstřebávají sacharidy především ve formě monosacharidů, a to hlavně v tenkém střevě. Způsob přenosu sacharidů ovlivňuje rychlost jejich resorpce. Nejrychleji se vstřebává glukóza a galaktóza, které jsou sekundárním aktivním transportem přenášeny do enterocytů společně se sodíkovými ionty. Tento transportní systém využívá koncentračního spádu Na^+ . Spolu s Na^+ je cukr do buňky vtahován proti svému koncentračnímu gradientu. Na cytoplazmatické straně buněčné membrány se

komplex (nosič, cukr, Na⁺) rozpadne a monosacharid se dostává do portální krve pomocí jiného nosiče ve směru koncentračního gradientu usnadněnou difúzí. Jako zdroj energie pro aktivní transport jsou zde makroergní vazby ATP. Část glukózy se může resorbovat i pasivním transportem při koncentračním gradientu. Fruktóza má vlastní transportní systém a usnadněnou difúzí se vstřebává zhruba poloviční rychlostí. Část fruktózy se mění na glukózu a kyselinu mléčnou během průchodu přes střevní epitel. Pentózy se vstřebávají výrazně pomaleji než hexózy (Jelínek a kol., 2003). Hydrolyza sacharózy a laktózy probíhá na povrchu kartáčového lemu vlivem sacharázy a laktázy. Ze sacharózy vznikají glukóza a fruktóza, z laktózy glukóza a galaktóza. Tyto látky jsou vstřebávány aktivním transportem (glukóza a galaktóza) nebo usnadněnou difúzí (fruktóza). Škrob je pomocí alfa amylázy hydrolyzován na maltózu a dále pod vlivem maltázy dochází k další degradaci a vzniká glukóza (Reece, 2011). Větší část sacharidů se vstřebá dříve, než se obsah trávicího traktu dostane do tlustého střeva. U přežvýkavců k tomu dochází v předžaludku, u ostatních zvířat ve dvanáctníku a na začátku lačnicku. Pokud dojde k překročení trávicí a resorpční kapacity pro cukry, přecházejí částečně do tlustého střeva, kde podléhají bakteriálnímu rozkladu (Jelínek a kol., 2003).

3.2.2 Dusíkaté látky

Dusíkaté látky se řadí mezi stavební živiny, ale část z nich může organismus využívat i jako zdroj energie. Ve výživě zvířat jsou nenahraditelné. Rozlišujeme dvě skupiny dusíkatých látek – bílkoviny a nebílkovinné dusíkaté sloučeniny, které dále dělíme na aminokyseliny, amidy, alkaloidy, peptidy, nukleové kyseliny, glykosidy obsahující dusík, purinové a pyrimidinové zásady, amonné soli, amoniak, močovinu, dusičnany aj. (Zeman a kol., 2006).

Krmivo, které obsahuje bílkoviny, aminokyseliny, nukleové kyseliny, močovinu a dusičnany, je hlavním zdrojem dusíkatých látek v batoru. Dalším zdrojem je močovina, která vzniká při detoxikaci amoniaku v játrech a do předžaludku se dostává hlavně přes jeho stěnu a částečně slinami. Do předžaludku přechází 25 až 90 % plazmatické močoviny – tato hodnota záleží na množství dusíkatých látek v potravě. Čím je příjem dusíku nižší, tím je tato hodnota vyšší. Přebytečná močovina je vyloučena do moči (Jelínek a kol., 2003).

3.2.2.1 Bílkoviny

Základními stavebními jednotkami bílkovin (proteiny) jsou aminokyseliny, které jsou spojeny peptidickou vazbou. Jedná se o vazbu mezi karboxylovou skupinou jedné aminokyseliny a aminoskupinou druhé aminokyseliny, při ztrátě molekuly vody. Podle počtu

aminokyselin rozlišujeme dipeptidy (dvě aminokyseliny), oligopeptidy (více než dvě, ale méně než deset aminokyselin) a polypeptidy (více než deset aminokyselin). Pokud polypeptidy obsahují více než sto aminokyselin, označujeme je jako bílkoviny (Reece, 2011).

Bílkoviny jsou jedinou živinou, která je schopna vyživovat živočišné buňky – a to buď sama anebo ve formě svých složek (společně s vodou, minerálními látkami a vitamíny). Jsou přítomny v každé buňce a jedná se o hlavní složku cytoplazmy (Zeman a kol., 2006). Kvalitu bílkovin posuzujeme podle množství esenciálních aminokyselin. Esenciální neboli nepostradatelné aminokyseliny organismus nedokáže syntetizovat vůbec nebo dostatečně rychle, aby se zajistil jeho normální růst. Proto je musí přijímat v potravě (Reece, 2011). U přežvýkavců jsou schopny je syntetizovat bakterie a díky tomu nejsou přežvýkavci závislí na exogenních zdrojích aminokyselin (Zeman a kol., 2006). Naopak neesenciální (postradatelné) aminokyseliny zvíře dokáže vytvářet v dostatečném množství. Bílkovina má nejvyšší kvalitu, pokud obsahuje všechny esenciální aminokyseliny přesně v požadovaném poměru. Zpracování krmiv může zhoršovat kvalitu bílkovin (Reece, 2011).

Organismus si nemůže vytvářet zásoby dusíkatých látek (jako je tomu například u sacharidů a lipidů) a musí je proto vyloučit. Jejich přebytek způsobuje například přetížení detoxikační kapacity jater, poškození vylučovací soustavy a další problémy. Naopak nedostatek dusíkatých látek zpomaluje růst, zhoršuje konverzi krmiva atd. Proto je potřeba, aby jich v krmné dávce bylo takové množství, které organismus využije na obnovu svých tkání, růst, produkci atd. (Zeman a kol., 2006).

Enzymy zažívacího traktu štěpí proteiny v žaludku a na začátku tenkého střeva na oligopeptidy a na volné aminokyseliny. Po rozštěpení jsou aminokyseliny absorbovány a poté transportovány krví nebo lymfou do jater. Zde dochází k syntéze bílkovin, desaminaci (vyloučení čpavku a oxidace nebo tvorba cukrů z bezdusíkaté části) a přenosu aminokyselin krví do svalů (syntéza bílkovin, odštěpení čpavku a oxidace bezdusíkaté části) (Zeman a kol., 2006). Rychlost hydrolýzy bílkovin v předžaludku závisí na pH a na jejich rozpustnosti. Ke zpomalení dochází například díky cyklické struktuře bílkovin a většímu počtu sulfidických můstků. Mladé rostliny mají stravitelnější protein, neboť obsahují menší množství stavebních a zásobních bílkovin. Hydrolyzovatelnost bílkovin klesá s přibývajícím stářím rostliny. Silážením se hydrolyzovatelnost bílkovin zvyšuje. Naopak tepelným a tlakovým zpracováním krmiva (sušení, peletování, mletí, drcení) hydrolyzovatelnost bílkovin v předžaludku v důsledku snížení jejich rozpustnosti poklesne. Rozpustnost bílkovin je dána hlavně prostorovým uspořádáním hydrofobních a hydrofilních aminokyselin. Ke snížení

rozpuštěnosti dochází díky hydrofobním aminokyselinám uloženým uvnitř terciární struktury, které vlivem tepla vystoupí na povrch (Jelínek a kol., 2003).

3.2.2.2 Vstřebávání bílkovin

Pankreatické proteázy dělíme na exopeptidázy (karboxypeptidázy A a B) a endopeptidázy (trypsin, chymotrypsin, elastáza). První jmenované hydrolyzují bílkoviny na menší jednotky, které jsou dále hydrolyzované na oligopeptidy a aminokyseliny pomocí endopeptidáz. Peptidy, které mají více než tři aminokyseliny, se nemohou vstřebávat, a proto musí být oligopeptidy dále rozloženy. K tomu dochází na povrchu kartáčového lemu střevního epitelu pod vlivem oligopeptidáz (Reece, 2011). Až na výjimky se nerozložené bílkoviny nevstřebávají díky velikosti molekuly. Tuto výjimku tvoří imunoglobuliny mléka, které jsou schopny 24 – 36 hodin po porodu procházet nerozložené přes stěnu střeva. Mláďe se rodí téměř bez protilátek a tímto způsobem získává kolostrální imunitu. Většina bílkovin se resorbuje ve formě nižších peptidů nebo volných aminokyselin. L-aminokyseliny se vstřebávají sekundárním aktivním transportem společně se sodnými ionty (podobně jako glukóza a galaktóza). Pokud se tedy výrazně sníží obsah sodíku v krmné dávce, má to za následek pokles resorpce glukózy a aminokyselin (Jelínek a kol., 2003). D-aminokyseliny se běžně nevyskytují v živočišných tkáních, proto se přijatá D-aminokyselina musí přeměnit na L-formu před tím, než bude organismem využita. Tato přeměna (inverze) zahrnuje dva kroky – oxidační deaminaci a transaminaci aminoskupiny (Ammerman a kol., 1995).

Vitamín B₆ je velice důležitý pro resorpci aminokyselin. Je totiž součástí jejich transportních systémů. Rychle se aminokyseliny vstřebávají ve dvanáctníku a lačníku, pomalu v kyčelníku. Rychlost resorpce jednotlivých aminokyselin je ovlivněna konkurenčním vztahem (kompeticí), který mezi některými aminokyselinami může vznikat. Tato kompetice je dána tím, že jeden transportní systém slouží pro více aminokyselin, které mají různou afinitu k nosiči. Aminokyselina s vyšší afinitou k nosiči inhibuje vstřebávání aminokyseliny s nižší afinitou. Kromě již zmíněného ovlivnění rychlosti resorpce může v některých případech dojít k deficitu určité aminokyseliny i při jejím dostatečném obsahu v krmné dávce (například metionin brzdí resorpci fenylalaninu, leucin a izoleucin pak valinu) (Jelínek a kol., 2003).

3.2.3 Lipidy

Mezi lipidy řadíme tuky a látky tukového charakteru (Reece, 2011). Patří do skupiny energetických živin. Lipidy a lipoproteiny jsou různorodé látky s odlišnou strukturou, ale

svými fyzikálními vlastnostmi jsou si blízké. Jejich hlavní funkcí je stavba buněčných membrán, které jsou tvořeny převážně cholesterolem a fosfolipidy (Zeman a kol., 2006). Velký podíl mají také při tvorbě mléčného a vaječného tuku a při tvorbě zásobního tělního tuku a strukturálních látek (Veselý a kol., 1988). Ideálním zásobním energetickým substrátem jsou triacylglyceroly. Lipidy se skládají převážně z mastných kyselin, které slouží především jako pohotovostní zdroj energie a dělíme je podle počtu uhlíků a nasycených nebo nenasycených dvojných vazeb. Nasycené mastné kyseliny nemají žádnou dvojnou vazbu v řetězci a k jejich syntéze může docházet v organismu – proto se řadí mezi neesenciální mastné kyseliny. Jako příklad tohoto typu kyselin můžeme uvést kyseliny laurovou, myristovou, palmitovou a stearovou. Nenasycené mastné kyseliny obsahují ve svém řetězci jednu nebo více dvojných vazeb a řadíme je mezi neesenciální mastné kyseliny (palmitoolejová, olejová), tak i mezi esenciální mastné kyseliny (linolová, arachidonová, linolenová, eicosapentaenová, docosahexaenová). Syntéza esenciálních mastných kyselin v organismu není možná a při jejich nedostatku dochází ke zpomalení růstu, změnám na kůži, zvýšení příjmu vody, degenerativním změnám na varlotech a vaječnících a snížení odolnosti proti stresům a úhynu. Z celkové energetické hodnoty krmiva mají esenciální mastné kyseliny tvořit nejméně 1 %.

Zásadní význam lipidů spočívá v tom, že slouží jako zásobní látka v rostlinném i živočišném těle. Ve srovnání se sacharidy mají přibližně dvojnásobnou energetickou hodnotu – asi 38 kJ/g, zatímco u sacharidů je to asi 17 kJ/g. Lipidy jsou rovněž velmi důležité jako nosiči vitamínů A, D, E a K. Při sestavování krmných dávek se musí dbát na to, aby nebyla překročena optimální dávka tuku. Průměrný obsah tuku v sušině krmné dávky pro skot je 2,5 až 3,5 %. U monogastričních zvířat lze tento rozsah zvýšit až na 7 %. Vyšší dávky narušují procesy v bачору (Zeman a kol., 2006).

3.2.3.1 Vstřebávání tuků

Do předžaludku se lipidy dostávají především krmivem, malá část se slinami. Mikroorganismy v bачору hydrolyzují lipidy a většina produktů tohoto procesu podléhá dalším přeměnám (hydrogenace, biosyntéza bakteriálních a protozoárních lipidů). Glycerol a galaktóza jsou fermentovány na těkavé mastné kyseliny – glycerol většinou na kyselinu propionovou a galaktózy na kyselinu octovou, propionovou a máselnou. Částečné nebo úplné hydrogenaci jsou vystaveny nenasycené mastné kyseliny – tímto způsobem vzniká kyselina stearová (úplnou hydrogenací kyseliny olejové, linolové a linolenové). Neesterifikované mastné kyseliny s dlouhým řetězcem nejsou v předžaludku vstřebávány ani přeměňovány.

Část je včleněna do mikrobiálních buněk a část se pevně spojuje s částicemi krmiva a ve formě tohoto nerozpustného komplexu přechází do slezu a tenkého střeva (Jelínek a kol., 2003).

Produkty trávení tuků jsou volné mastné kyseliny, 2-monoacylglyceroly, diacylglyceroly a glycerol. Tyto látky se spolu s malým množstvím nehydrolyzovaných tukových kapének resorbují převážně v tenkém střevě do krve a mízy. Glycerol, který je rozpustný ve vodě, se stejně jako mastné kyseliny s krátkým řetězcem (do 10 uhlíků) snadno vstřebává do krevního oběhu usnadněnou difúzí. Naopak vyšší mastné kyseliny, monoacylglyceroly, diacylglyceroly a triacylglyceroly jsou ve vodě nerozpustné a proto obtížně resorbovatelné (Jelínek a kol., 2003). V žaludku dochází díky jeho pohybům k částečné emulgaci triacylglycerolů a k jejich promíchání s fosfolipidy a dalšími složkami chymu (směs potravy a žaludečních sekretů). Trávenina pokračuje do tenkého střeva, kde dochází k další emulgaci v důsledku přítomnosti solí žlučových kyselin a lecitinu (Reece, 2011). Soli žlučových kyselin vytvářejí s obtížně resorbovatelnými lipidy tzv. micely, což jsou ve vodě rozpustné komplexy. Díky tomu je zajištěna rozpustnost těchto látek. V kartáčkovém lemu, kam se micely dostaly difúzí, se uvolňují lipidy, které snadno prostupují buněčnou membránou do enterocytů. V důsledku toho klesne koncentrace lipidů v dutině tenkého střeva a dojde k jejich dalšímu uvolňování z micel. Většina lipidů je resorbována v lačnicku. Taktéž vstřebávání volného cholesterolu je umožněno díky micelám. Ke kartáčkovému lemu jsou v micelách transportovány vitamíny E, K₁ a K₂, zatímco vitamíny A, D a K₃ se vstřebávají nezávisle na micelách. Mastné kyseliny s dlouhým řetězcem jsou vstřebávány v hladkém endoplazmatickém retikulu enterocytů (Jelínek a kol., 2003). Na stejném místě dochází i k syntéze monoacylglycerolů a mastných kyselin na triacylglyceroly a spolu s cholesterolem a fosfolipidy tvoří chylomikra obalená bílkovinnou blanou (Reece, 2011). Chylomikrony jsou drobné tukové kapičky, které obsahují 80 – 90 % triacylglycerolů, 6 – 10 % esterů cholesterolu, 4 – 8 % fosfolipidů, 1 – 3 % volného cholesterolu a přibližně 2 % proteinu. Do lymfy jsou vylučovány exocytózou, pro kterou je nezbytná přítomnost β lipoproteinů (Jelínek a kol., 2003).

Anaerobní lipolytické bakterie mají největší podíl na hydrolýze lipidů v předžaludku, dále se tohoto procesu účastní protozoa a enzymy rostlinného původu. Množství lipolytických bakterií závisí na obsahu lipidů v krmivu. Například antibiotika lipolytickou aktivitu bachorového obsahu snižují.

Skutečnost, že slez opouští více vyšších mastných kyselin, než jich bylo přítomno v krmivu, svědčí o tom, že v předžaludku dochází i k syntéze mikrobiálních lipidů. Výraznější je to u krmiv bohatých na škrob, než u krmiv s vysokým obsahem objemného krmiva (Jelínek a kol., 2003).

3.2.4 Organické kyseliny

Pro organismus jsou důležité i organické kyseliny, které řadíme mezi energetické živiny. Jedná se především o kyselinu mléčnou, octovou, propionovou, mravenčí a máselnou. Některé jsou produkovány bachorovou mikroflórou, jiné mikroflórou při silážování a zejména přežvýkavci je využívají jako energetické zdroje (Zeman a kol., 2006).

3.3 Minerální prvky

Minerální látky mají značný vliv na průběh metabolických procesů a díky tomu ovlivňují i užítkovost a zdraví zvířat, jejich dlouhověkost, reprodukci aj. Podle stupně potřeby můžeme minerální látky rozdělit na nepostradatelné, postradatelné a toxické, ale toto rozdělení není úplně přesné. Nepostradatelnost prvku pro organismus je dána několika faktory a v případě, že je prvek do organismu přijat ve mnohonásobném přebytku, může se z něj stát prvek toxický. Mezi toxické prvky řadíme například olovo, kadmium, rtuť, arzén a fluor. Nepostradatelné prvky dělíme na makroelementy (vápník, fosfor, sodík, hořčík, draslík, síra, chlór) a mikroelementy (železo, měď, zinek, mangan, kobalt, jód, selen, molybden) (Zeman a kol., 2006). Hlavní prvky, jak jsou také nazývány makroelementy či makroprvky, jsou v těle živočichů přítomny v relativně velkém množství (Jelínek a kol., 2003). Jedná se o důležité stavební prvky kostí a dalších tkání, mají podstatnou funkci při udržování acidobazické rovnováhy, osmotického tlaku, elektrického potenciálu a přenosu nervového vzruchu (Reece, 2011). Naopak mikroelementy jsou minerální látky s nízkou koncentrací v těle živočichů a jsou označeny jako mikroprvky nebo stopové prvky (Jelínek a kol., 2003).

Minerální látky v organismu představují 4 – 5 % hmotnosti živočichů. Jsou biologicky velice významné a jakákoliv porucha metabolismu nebo změna koncentrace v biologických tekutinách a tkáních má vliv na řadu fyziologických procesů a tím na celkový metabolismus organismu. Homeostatické mechanismy udržují všechny minerální látky v organismu v dynamické rovnováze. Hlavní podmínkou udržení této rovnováhy je jejich odpovídající přísun potravou a využitelnost. Nepříznivě může působit jak nedostatečný, tak i nadměrný příjem jednotlivých minerálních látek (Jelínek a kol., 2003).

Asi 83 % minerálních látek je uloženo v kostní tkáni a zbývajících 17 % se nachází v ostatních tkáních. Je patrné, že minerální látky patří k základním stavebním živinám kostní tkáně a podílí se tak na stavbě těla. Mimo to se účastní na udržování acidobazické rovnováhy, osmotického tlaku, na tvorbě vitamínů, enzymů, hormonů, hemoglobinu atd. Také jsou nezbytné pro normální činnost mikroflóry trávicího traktu, zejména pro činnost bachorové mikroflóry přežvýkavců (Zeman a kol., 2006). Jednotlivé minerální prvky neovlivňují organismus samostatně, ale vždy ve vzájemných souvislostech. Pro správnou fyziologickou funkci a strukturální integritu tkání je důležité zachovat optimální koncentrace a poměr minerálních látek (Jelínek a kol., 2003).

Vstřebávání minerálních látek nám může poskytnout jistý odhad jejich biologické dostupnosti. Resorpce probíhá v trávicím traktu a minerální látky jsou poté buď uloženy do zásoby, nebo využity pro různé fyziologické procesy (Ammerman a kol., 1995).

Ve výživě zvířat má nemalý význam jejich vzájemný vztah v krmné dávce, především vztah alkalických (draslík, sodík, vápník a hořčík) a acidogenních (síra, chlor a fosfor) prvků. Přebytek těchto prvků není z hlediska potřeb zvířete žádoucí. Hlavním vnějším zdrojem minerálních látek jsou krmiva, jejichž minerální složení je velmi rozdílné. V sušině hlavních druhů rostlinných krmiv převládá draslík a vápník. Do krmiv se také mohou přidávat průmyslově vyráběné minerální směsi či jejich komponenty pro doplnění scházejících prvků. Minerální látky z krmiva jsou ukládány v organismu do zásoby a v případě potřeby jsou uvolňovány a transportovány krví na místo určení (Zeman a kol., 2006).

3.3.1 Makroelementy

Vápník (Ca) – jedná se o nejvíce zastoupený prvek v živočišném těle. V organismu plní řadu důležitých funkcí – například společně s fosforem tvoří základ anorganické hmoty kostry a zubů, ovlivňuje permeabilitu membrán, je nepostradatelný v procesu srážení krve, umožňuje kontraktilitu svaloviny (hladké, příčně pruhované i srdeční), významnou roli má i pro nervosvalovou dráždivost atd. Vápník se vstřebává v tenkém střevě (hlavně v duodenu) v závislosti na jeho koncentraci v zažitině. Pokud je koncentrace vysoká, uplatňuje se pasivní difúze na základě elektrochemického gradientu, nízké koncentrace vyvolávají aktivní resorpci. Potřeba vápníku i jeho vstřebávání je ovlivněno množstvím faktorů, jako je věk zvířat, intenzita růstu, skladba krmné dávky a dalších (Jelínek, Koudela a kol., 2003). Jako zdroj se nejvíce používá krmný vápenec (uhličitan vápenatý a vápenato-hořečnatý) (Zeman a kol., 2006).

Fosfor (P) – fosfor je druhý nejvíce zastoupený minerální prvek v těle zvířat. Zasahuje do všech metabolických reakcí a je proto označován za nejuniverzálnější minerální prvek. Mezi jeho další funkce patří například účast na fosforylaci a přenosu energie, je součástí mnoha koenzymů (koenzym A, koenzym transaminace), nukleových kyselin a vitamínů. Pro přežvýkavce má význam především jako růstový faktor bachorových bakterií, je nezbytný během fermentačních procesů v předžaludku a pro tvorbu mikrobiálních enzymů, těkavých mastných kyselin atd. Podporuje také trávení celulózy. Resorpce se uskutečňuje v duodenu a žaludku, u přežvýkavců i v předžaludku, a to jak aktivním, tak i pasivním způsobem. Míru vstřebávání určuje věk, výživa, funkční stav sliznic trávicího traktu a chemická forma fosforu v zažitině. Potřeba fosforu není ovlivněna jen věkem, intenzitou růstu nebo graviditou, ale i obsahem vápníku v krmné dávce (Jelínek a kol., 2003). Nejčastější zdroj fosforu a vápníku je monokalciumpfosfát (dihydrogenfosforečnan vápenatý), který obsahuje 21 % P a 16 % Ca a je deklarována využitelnost fosforu kolem 90 %. Dále se používá dikalciumpfosfát (hydrogenfosforečnan vápenatý) s 15 % P a 26 % Ca, který se vyznačuje nižší využitelností fosforu (70 – 80 %). Dalším zdrojem je vyklížená kostní moučka a fosforečnany (fosforečnan hořečnatý, hořečnato-sodný, vápenato-sodný atd.) (Zeman a kol., 2006).

Sodík (Na) – hlavní úlohou sodíku je regulace osmotického tlaku a acidobazické rovnováhy, má svůj podíl na nervosvalové dráždivosti, přenosu impulsů a na tvorbě elektrického potenciálu na membránách. V předžaludku napomáhá udržovat optimální pH a ovlivňuje fermentační procesy. Resorbuje se aktivním způsobem po celém úseku trávicího traktu, u přežvýkavců i v bachoru (Jelínek a kol., 2003). Většinou je přijímán ve formě chloridu sodného (38 % Na a 62 % Cl). Podíl soli v krmné dávce hraje důležitou roli v ovlivňování příjmu krmiva a vody – to je důležité při zajištění vhodného zastoupení Na v krmné dávce. Nadbytečný příjem soli způsobuje průjemy a může vést až k toxicitě. V současnosti se jako zdroj sodíku využívá i hydrogenuhličitan sodný, který do organismu nevnáší chloridové ionty a má za cíl ovlivnit acidobazickou rovnováhu organismu. Minimální využitelnost z dostupných zdrojů je kolem 75 – 90 % (Zeman a kol., 2006).

Hořčík (Mg) – jako součást více jak sta různých enzymů zasahuje do metabolismu aminokyselin, nukleových kyselin, bílkovin, sacharidů, lipidů, minerálních látek a vitamínů. Kromě jiných funkcí (ovlivnění nervové činnosti, imunitních reakcí organismu...) je důležitým prvkem pro bachorové mikroorganismy a jejich rozmnožování. U přežvýkavců se hořčík resorbuje v předžaludku, slezu a duodenu, u ostatních živočichů především v duodenu, částečně v žaludku, tenkém a tlustém střevě. Resorpce probíhá aktivním i pasivním způsobem

(Jelínek a kol., 2003). Jeho obsah v krmných dávkách zvířat souvisí s obsahem hořčíku v pícninách. Organismus jej přijímá ve formě oxidu hořečnatého, dalšími zdroji jsou například síran hořečnatý a uhličitan hořečnatý. Využitelnost hořčíku z přirozených krmiv je poměrně nízká (15 – 25 %) (Zeman a kol., 2006).

Síra (S) – významnou roli má síra při fermentačních procesech jako růstový faktor bachorové mikroflóry. Dále má vliv na využití dusíkatých látek v krmné dávce, tvorbu sirných aminokyselin, mikrobiálního proteinu, enzymů a vitamínů v předžaludku. Prežvýkavci takto mohou využívat i síru anorganickou. Síra je vstřebávána v tenkém střevě, případně i přes sliznici bachelu. Na poměrně vysokou potřebu síry má vliv věk, intenzita růstu a další faktory (Jelínek a kol., 2003). Doplněk elementární síry do krmných dávek a krmných směsí není ze zákona povolen. Pomocí síranů lze upravovat množství síry v krmivu (například síran hořečnatý, zinečnatý, měďnatý) (Zeman a kol., 2006).

Draslík (K) – ovlivňuje osmotický tlak, acidobazickou rovnováhu, aktivitu enzymů, permeabilitu membrán a má důležitou funkci v přenosu vzruchu. K resorpci dochází především v tenkém střevě, případně v bachelu. Vzhledem k tomu, že obsah draslíku v krmných dávkách je dostatečný, tak se i přes jeho poměrně vysokou potřebu u zvířat neseťkáváme s karencí.

Chlor (Cl) – důležitý pro udržení acidobazické rovnováhy, osmotického tlaku a pro tvorbu kyseliny chlorovodíkové v žaludku a slezu. Aktivní i pasivní resorpce probíhá v tenkém a tlustém střevě, u prežvýkavců i v bachelu (Jelínek a kol., 2003).

3.3.2 Mikroelementy

Mikroelementy jsou prvky, které se v organismu vyskytují ve velmi malých množstvích. Jsou však velice důležité pro řadu katalytických, enzymatických a regulačních procesů. Organismus je nemůže nahradit jinými prvky nebo sloučeninami, jsou tedy nepostradatelné pro život (Jelínek a kol., 2003). Jejich nedostatek v krmivu může být způsoben nejen jejich nedostatkem v půdě, ale i při nevhodném poměru k jiným stopovým prvkům nebo makroelementům (Zeman a kol., 2006).

Železo (Fe) – tvoří součást bílkovinných přenašečů kyslíku (hemoglobin, myoglobin, cytochrom) a řady enzymů (katalázy, peroxidázy) (Zeman a kol., 2006). Uplatňuje se především v biochemických reakcích organismu, transportu kyslíku a oxidu uhličitého, oxidačních a redukčních procesech, přenosu elektronů a tvorbě adenosintrifosfátu a vody. Dále má významnou funkci pro tvorbu pigmentů, například melaninu. Vstřebávání

železa je poměrně malé, pohybuje se do 10 %. Probíhá aktivním i pasivním způsobem převážně v žaludku, duodenu a jejunu. Resorpci ovlivňuje hlavně věk a zdravotní stav jedince, míra nasycení organismu železem, vzájemné poměry ostatních minerálních látek zažitiiny a množství a chemická forma železa přijatého potravou (Jelínek a kol., 2003).

Měď (Cu) – v organismu má mnohostranné využití. Je důležitá pro tvorbu pigmentů, kolagenu, elastinu, ovlivňuje reprodukční funkce, metabolismus kostí a činnost nervové soustavy (Jelínek a kol., 2003). Jedná se krvetvorný prvek, napomáhá mobilizaci železa a jeho vazbě do hemu. Účastní se tkáňového dýchání, ovlivňuje některé žlázy s vnitřní sekrecí a činnost některých enzymů (Zeman a kol., 2006). Je také součástí některých metaloenzymů, například monoaminoxidáza, diaminoxidáza, laktáza a další. Měď se resorbuje aktivním způsobem v tenkém střevě, pokud je ovšem koncentrace mědi v zažitině příliš vysoká, dochází k pasivnímu vstřebávání na základě koncentračního spádu. Míra resorpce mědi se udává v rozmezí 10 až 30 % (Jelínek a kol., 2003). Do krmiva lze přidávat krystalický síran měďnatý, methionát měďnatý atd. Vysoké dávky síranu měďnatého do krmné směsi ovlivňují složení mikroflóry trávicího traktu (Zeman a kol., 2006).

Mangan (Mn) – je součástí enzymů a řadu enzymů ovlivňuje. Díky tomu může ovlivňovat bílkovinný, lipidový, minerální a energetický metabolismus. Mezi tyto enzymy patří argináza, alkalická fosfatáza a pyruvát karboxyláza. Mangan má rovněž neméně důležité funkce pro vývoj kostí, přestavbu chrupavčité tkáně, ovlivňuje aktivitu centrální nervové soustavy a pohlavní funkce. Je nezbytný pro růst a rozmnožování bachorové mikroflóry, pro tvorbu a činnost trávicích enzymů, pro tvorbu mikrobiální bílkoviny a těkavých mastných kyselin. Resorpce manganu je velmi nízká (1 až 5 %) a probíhá aktivně v duodenu. Stejně tak potřeba manganu je poměrně nízká, u rostoucích zvířat se ale zvyšuje díky růstu a přestavbám chrupavek a skeletu (Jelínek a kol., 2003). Do krmných směsí se přidává například v chloridu, síranu, uhličitanu nebo oxidu manganatém (Zeman a kol., 2006).

Zinek (Zn) – díky tomu, že je zinek součástí a aktivátorem různých enzymů (například peptidáz, deamináz, laktátdehydrogenáz aj.), ovlivňuje některé biochemické reakce (Jelínek a kol., 2003). V metaloproteinech má strukturní a katalytickou funkci, dále se zinek účastní metabolismu sacharidů a je aktivátorem inzulínu (Zeman a kol., 2006). V organismu plní řadu funkcí – například ovlivňování vývoje a činnosti pohlavních orgánů, uplatňuje se při syntéze proteinů a nukleových kyselin, metabolismu kostí, je důležitý pro fyziologické procesy v kůži. Velký význam má i pro přežvýkavce – je důležitý pro růst a rozmnožování bachorové mikroflóry, tvorbu celulólytických enzymů, tvorbu mikrobiálního proteinu a těkavých

mastných kyselin a ovlivňuje fermentační procesy v bachoru. Na resorpci zinku má vliv jeho koncentrace v zažitině, věk zvířat, potřeba organismu a chemická forma a rozpustnost zinku v duodenu. Ke vstřebávání dochází aktivní formou v tenkém střevě, hlavně v duodenu (Jelínek a kol., 2003). Do organismu je dodáván oxidem, síranem, uhličitanem, octanem, mléčnanem zinečnatým aj. (Zeman a kol., 2006).

Kobalt (Co) – je nezbytný pro syntézu vitamínu B₁₂ a tělu se dodává například v síranu kobaltnatém (Zeman a kol., 2006). Pro přežvýkavce má zásadní význam jako růstový faktor bachorové mikroflóry a ovlivňuje její rozmnožování a růst. Dále zasahuje do tvorby těkavých mastných kyselin, mikrobiálního proteinu a stravitelnosti celulózy. Jako součást vitamínu B₁₂ kobalt ovlivňuje řadu biochemických reakcí – například krvetvorbu, metabolismus bílkovin, aminokyselin, nukleových kyselin, lipidů a kyseliny propionové. Vstřebávání probíhá v duodenu aktivním způsobem, nebo se jako vitamín B₁₂ resorbuje po vazbě na vnitřní faktor (gastromukoprotein). Resorpce kobaltu je celkem nízká – 3 až 10 % (Jelínek a kol., 2003).

Jód (I) – je součástí tyroidních hormonů – hormonu štítné žlázy, a proto jeho význam souvisí s činností štítné žlázy. Ke snadné resorpci dochází po celém trávicím traktu, nejvíce však v tenkém střevě, u přežvýkavců i v předžaludku. Jód se rovněž vstřebává plicemi a kůží. Mezi hlavní zdroje jódu patří pitná voda, krmiva a minerální krmné směsi (Jelínek a kol., 2003). Do krmných směsí se přidává v jodidu draselném, sodném nebo jodičnanu vápenatém a podstatným zdrojem je i rybí moučka (Zeman a kol., 2006). Vyšší potřeba jódu se objevuje v průběhu gravidity a při vysoké laktaci (Jelínek a kol., 2003).

Molybden (Mo) – přežvýkavci jej využívají při fermentačních procesech v předžaludku. Jako kofaktor některých metaloenzymů (aldehydoxidázy, hydrogenázy, xantinoxidázy a nitrátoreduktázy) ovlivňuje metabolismus zvířat. Resorbuje se aktivním způsobem v tenkém střevě (Jelínek a kol., 2003). Molybden je možno přidávat do krmných směsí ve formě molybdenanu sodného. Ve vyšších dávkách je ale velmi toxický (Zeman a kol., 2006).

Selen (Se) – je důležitý pro velké množství biochemických funkcí. Hlavní funkcí selenu je spolu s vitamínem E ochrana buněk před působením volných kyslíkových radikálů. Dále tlumí toxické účinky rtuti, arsenu, olova a kadmia. Uplatňuje se i v imunitním systému – zvyšuje produkci protilátek, je nepostradatelný pro funkci T-lymfocytů, fagocytózu a má vliv na kvalitu kolostra (množství imunoglobulinů). Selen také ovlivňuje plodnost samic i samců – tvorbu testosteronu, metabolismus a morfologickou strukturu spermií. Selenoproteiny, což jsou sloučeniny, v nichž se selen v organismu nachází, mají enzymatickou aktivitu a je jich

známo asi 50. Selen je resorbován aktivním způsobem v tenkém střevě, v malé míře i tlustém střevě. Na tento proces má vliv věk zvířat, ale především chemická forma a rozpustnost selenových sloučenin. U monogastrů je resorpce vysoká – až 80 %, u přežvýkavců 30 až 40 %. Je to dáno tím, že v předžaludku dochází k tvorbě redukováných sloučenin selenu, které se špatně vstřebávají. Pokud však dodáváme selen ve formě selenometioninu, jeho resorpce se zvýší až na 60 % (Jelínek a kol., 2003). Do organismu jej přidáváme v seleničitanu sodném, selenanu sodném a v selenomethioninu. Při jeho deficitu vzniká svalová dystrofie (Zeman a kol., 2006). Vysoké dávky selenu ve formě anorganických sloučenin se resorbují i pasivním způsobem a může dojít k intoxikaci (Jelínek a kol., 2003).

Chróm (Cr) – ovlivňuje metabolismus bílkovin, lipidů a sacharidů a snižuje koncentraci cholesterolu a triacylglycerolů v krevní plazmě. Dále má pozitivní vliv na imunitu zvířat. K resorpci dochází v duodenu. Nízká potřeba chromu se zvyšuje při fyzické námaze a stresových situacích (Jelínek a kol., 2003). Dále chrom ještě podněcuje tvorbu inzulinu a ovlivňuje metabolismus glycidů (Zeman a kol.).

3.4 Vitamíny

Obecná definice zní, že vitamíny jsou organické složky potravy nezbytné pro život, zdraví a růst a nejsou zdrojem energie. Existují i látky, které nemají biologickou aktivitu vitamínů, ale organismus je schopen z nich dané vitamíny vyrobit – jedná se o provitamíny (Zeman a kol., 2006). Vitamíny obecně fungují jako katalyzátory metabolismu, nejčastěji ve formě koenzymů (Reece, 2011). Vitamíny se vyznačují svojí strukturální specifitou, kdy jakákoliv změna ve struktuře molekuly má za následek změnu aktivity nebo vznik antagonistických vlastností. V dnešní době je známo velké množství přírodních i syntetických antivitaminů. Tyto látky mají schopnost tlumit nebo zcela rušit účinek vitamínů a mají několik podob. Může se jednat o enzymy, které rozkládají vitamíny (například peroxidáza, tiamináza), látky tvořící s vitamíny nevyužitelné komplexy (avidin), nebo tzv. kompetitivní inhibitory, což jsou látky s podobnou chemickou strukturou, jako mají vitamíny – díky tomu zaujmou jejich místo v biologických systémech, ale nejsou schopny plnit jejich funkci (například antibiotika, sulfonamidy) (Jelínek a kol., 2003).

Úplný nedostatek vitamínů je označován jako avitaminóza. Může se jednat o primární avitaminózu, která vzniká nedostatečným příjmem vitamínů v potravě, anebo sekundární avitaminózu, při které organismus není schopen získané vitamíny využít. Při neúplné nebo dočasné karenci vitamínů hovoříme o hypovitaminóze. Naopak hypervitaminóza je nadměrný

příjem vitamínů. Potřeba vitamínů je ovlivněna mnoha faktory. Jedná se především o věk (mladší jedinci v období růstu jsou vnímavější na nedostatek vitamínů), pohlaví a fyziologický stav (zvýšené požadavky na vitamíny a minerály v období březosti a laktace), vlivy vnějšího prostředí (ekologická zátěž, fyzická a psychická zátěž), stupeň a intenzitu látkové výměny (při stoupající úrovni metabolismu se zvyšuje i potřeba vitamínů) a složení potravy (některé živiny zvyšují nároky na příjem vitamínů).

Vitamíny dělíme do dvou skupin – vitamíny rozpustné v tucích (lipofilní) a vitamíny rozpustné ve vodě (hydrofilní). Do první skupiny patří vitamíny A, D, E, K a ke svému vstřebávání v trávicím traktu potřebují neporušenou resorpci tuků. Často vytvářejí v organismu zásoby a při dlouhodobém nadměrném podávání mohou být toxické. Do druhé skupiny řadíme vitamín C a skupinu B komplexu. Většinou nejsou v těle ukládány a z organismu jsou vyloučeny močí (Zeman a kol., 2006).

Přežvýkavci jsou schopni řadu vitamínů rozpustných ve vodě syntetizovat pomocí bachorové mikroflóry – jedná se o tiamin, riboflavin, kyselinu nikotinovou, kyselinu pantotenovou, kyselinu listovou, pyridoxin, biotin, cholin a kobalamin. Dále jsou schopni syntetizovat vitamín K, který je rozpustný v tucích. Sajícími mláďatům přežvýkavců je potřeba přidávat vitamíny do krmiva. Časem se začne rozvíjet mikrobiální populace předžaludku a koncentrace vitamínů začne stoupat – jedinec se tak postupně stává nezávislým na jejich přísunu v krmivu. Teprve zvířata s plně rozvinutou funkcí předžaludku mají bachorovou mikroflóru, která syntetizuje vitamíny v dostatečném množství (Jelínek a kol., 2003).

3.5 Výživa koz

Kozy mají v porovnání s ostatními přežvýkavci větší bachor, delší dobu mechanického zpracování a trávení a mírně odlišné mikrobiologické pochody v bachoru. Proto jsou schopné přijímat a efektivně využívat větší množství objemných krmiv s vysokým podílem vlákniny. Adaptační mechanismus na podmínky špatné výživy umožnil kozám přizpůsobit se životu v různých oblastech od nížin až po polopouště a pouště (Brestenský a kol., 2002).

Krmiva s vyšším obsahem hrubé vlákniny umějí využívat celulolytické a proteolytické bakterie, které dokážou rovněž zhodnotit i méně kvalitní rostlinná bílkovinná krmiva. Z tohoto důvodu není potřeba zařazovat hodnotná živočišná krmiva do krmných dávek, jako je tomu u monogastrů (Fantová, 2000). Neznamená to ale, že budeme kozy krmit výhradně

méně hodnotnými krmivy, co se týče obsahu živin. Je důležité jim do krmné dávky zařadit i kvalitnější krmiva a krmné doplňky (Mátlová, 2005).

Kozy mají vyšší potřebu živin a energie v záchovné dávce na jednotku hmotnosti než například skot. Je to dáno silnější reakcí na vnější podněty a větší relativní plochou povrchu těla. Abychom zajistili správnou výživu, je důležité vypočítat krmnou dávku a průběžně kontrolovat její dodržování a případně provést korekci podle kondice zvířat (Mátlová, 2005). Tato zvířata jsou velice citlivá na kvalitu krmiva, proto musíme vyloučit z krmného procesu krmiva plesnivá, zapařená nebo jinak znečištěná, aby nedošlo k narušení zdravotního stavu zvířat (Brestenský a kol., 2002). Kvalitní výživou můžeme zlepšit produktivitu zvířat, a to zejména díky dostupnosti živin, technologii krmení a managementu krmení. Zvířata krmíme na základě jejich potřeb, překrmování i nedostatečná výživa jim jednak škodí, ale také vede k plýtvání (Yami a Merkel, n.d.).

Pro správnou výživu přežvýkavců je důležitý dostatečný přívod živin z potravy, který dokáže zajistit fyziologické i mechanické nasycení. Technika krmení, složení krmné dávky a vlastnosti krmiva (struktura, chutnost, stravitelnost) jsou důležitými faktory ovlivňujícími intenzitu příjmu potravy, a tím i živin (Fantová, 2000).

U divokých kopytníků držených v zajetí je důležité při tvorbě diety brát ohled především na morfologii trávicího systému a pastevní strategii. Pro vypracování vhodných krmných dávek a vyvážené stravy lze ve vhodném poměru kombinovat seno a nutričně kompletní pelety tak, abychom uspokojili potřeby zvířat. I když se obsah živin v pícninách může měnit, pelety poskytují konzistentní přísun živin a případně mohou určité živiny doplnit nebo vyvážit jejich nevhodný poměr (vápník : fosfor) v seně. Zvířatům žijícím v zajetí je možno podávat různé druhy granulí. Například nízkoenergetické krmivo lze použít pro udržení zvířat v kondici nebo pro ty jedince, které mají problémy s tělesnou hmotností.

Je obtížné vyhovět potřebám jedince, neboť zvířata jsou většinou krmena ve skupinách. Musí se brát v úvahu odlišné požadavky během růstu, reprodukce, laktace a dalších podstatných období (Lintzenich a Ward., 1997).

3.6 Vstřebávání

Podmínkou existence otevřeného systému, jakým je živočišný organismus jako celek (i každá jeho buňka), je neustálý příjem látek z vnějšího prostředí a výdej metabolitů do okolního prostředí. Pod pojmem vstřebávání (resorpce) se rozumí přenos látek z vnějšího prostředí do vnitřního prostředí organismu (do krve nebo lymfy). Buněčné membrány

oddělující cytoplazmu od vnějšího prostředí a mezibuněčné hmoty plní důležitou funkci během vstřebávání – jejich struktura rozhoduje o přechodu látek přes buněčné membrány. Mezi další faktory ovlivňující přenos látek patří velikost molekuly přenášené látky, její elektrický náboj, chemická struktura, rozpustnost v tucích a další. Pro vstřebávání je morfologicky a funkčně nejlépe přizpůsoben epitel trávicího traktu, ale látky se do organismu dostávají i ostatními tkáněmi (Jelínek a kol., 2003).

Mikrobiální trávení rostlinných složek potravy má zásadní význam pro býložravce. Ti mají zvětšené některé části trávicího traktu, kde se vyskytují kolonie mikroorganismů. Existuje vzájemný vztah mezi fermentací a mikrobiálním růstem – mikroorganismy získávají živiny z fermentačních procesů, které zas probíhají díky činnosti mikrobiálních enzymů (Kebreab a kol., 2006). Mikroorganismy žijící v trávicím traktu se vyznačují vysokou populační hustotou, širokou rozmanitostí a složitými interakcemi. Najdeme zde zástupce všech tří domén – *Bacteria*, *Archaea* a *Eucarya*. V bacheru se vyskytuje velké množství bakterií (cca 200 druhů), nálevníků (přes 25 rodů), anaerobní houby (rozdělených do 5 rodů) a bakteriofágy (Mackie a kol., 2000).

Rozeznáváme dva typy resorpce – parenterální a enterální. Parenterální vstřebávání probíhá mimo trávicí trakt. Při tomto způsobu se uplatní především jednoduchá difuze a fagocytóza a vstřebávají se tak především voda a ionty, dále zplodiny rozkladu bílkovin, tukové kapičky, červené krvinky atd. Parenterální vstřebávání nemá význam pro výživu organismu a využívá se při podávání některých léků. Druhý typ vstřebávání, enterální, označuje resorpci látek v jednotlivých úsecích trávicího ústrojí a většina látek vstupuje do organismu touto cestou (Jelínek a kol., 2003). Největší úlohu má tenké střevo, ve kterém probíhá podstatná část trávicích a vstřebávacích procesů rozpustných bílkovin, tuků a sacharidů a to všemi typy transportu látek buněčnými membránami. Žaludek je důležitý pro začátek trávení bílkovin pepsinem a také zde probíhá hydrolýza škrobu (Reece, 2011). V ostatních částech trávicího systému se využívá hlavně jednoduchá difúze, difúze tukovými bariérami, usnadněná difúze a fagocytóza (Jelínek a kol., 2003).

3.6.1 Vstřebávání látek v jednotlivých úsecích trávicího traktu

V ústní dutině se potrava zdržuje jen krátkou dobu a většina látek je v neresorbovatelné podobě, proto zde vstřebávání nemá velký význam. K resorpci dochází jen u látek rozpustných v tucích, což má význam především u člověka (alkohol, nikotin, atropin, nitroglycerin a další látky).

3.6.1.1 **Žaludek**

Žaludek má poměrně malou resorpční plochu. I přes relativně dlouhou dobu setrvání potravy v žaludku nedochází k natrávení potravy v dostatečné míře. Vstřebatelné látky jsou navíc sekretem žaludečních šťáv odplaveny od slizničního povrchu a dochází tak k omezení jejich resorpce. Lehce se v žaludku vstřebává alkohol a některé léky, částečně voda, některé minerální látky (NaCl) a pasivním transportem monosacharidy. Stěna žaludku je propustná i pro nebezpečné jedy jako kyanovodík a strychnin (Reece, 2011).

3.6.1.2 **Předžaludek**

Přežvýkavci se ve svém přirozeném prostředí živí mladou, vzrostlou nebo suchou travou. Trávicí enzymy však nejsou schopny trávit celulózu (hlavní stavební materiál rostlinných tkání), a proto v předžaludku dochází k fermentaci rostlinných buněk mikrobiálními enzymy. Lepší mikrobiální fermentaci napomáhá regurgitace (vyvrhování sousta k přežvýkování) a samotné přežvýkování (Reece, 2011). Doba přežvýkování sousta může být delší i kratší, záleží na potravních zvycích daného druhu. Hlavním cílem je rozmělnit rostlinnou potravu, aby se mikroorganismům umožnil lepší přístup ke struktuře buněčných stěn (Hofmann, 1989). K fermentačním procesům přispívá i dokonalejší proslinění během přežvýkování. Mikroorganismy v batoru žijí bez přístupu kyslíku – jsou anaerobní (Reece, 2011). Největší zastoupení mají bakterie, ale batorové kvasinky a protozoa mají také důležitou funkci pro fermentaci. Kolonie bakterií jsou přichyceny na epitelu předžaludku, na potravě, nebo se mohou volně vznášet v batorové tekutině (Zeman a Skřivánek, 1999). Během fermentace potravy produkují bakterie a prvoci těkavé mastné kyseliny s krátkým řetězcem (kyselina octová, propionová a máselná), oxid uhličitý a metan. Kyseliny jsou obvykle vstřebány ještě před tím, než se obsah batoru dostane do dvanáctníku (Reece, 2011).

Sliznice předžaludku je bohatě prokrvena a vrstevnatý epitel je tenčí než v ústní dutině. Resorpční plocha je zvětšena pomocí papil, řas a lišt. Díky tomu zde dochází k intenzivní resorpci těkavých mastných kyselin (především v knize) a vody. Dále se v předžaludku vstřebává čpavek, močovina, aminokyseliny, vitamíny rozpustné ve vodě, Na, K, Cl a P (Jelínek a kol., 2003). Aminokyseliny vzniklé hydrolyzou bílkovin jsou většinou rozkládány fermentativní deaminací, která je doprovázená produkcí oxidu uhličitého, čpavku a těkavých mastných kyselin (Reece, 2011). Obsah amoniaku v batorové tekutině, který je závislý především na obsahu nebílkovinného dusíku v krmné dávce, ovlivňuje množství vstřebaného

amoniaku. Pokud obsah amoniaku vzniklého mikrobiální činností nepřesáhne určitou koncentraci, bachorová mikroflóra ho využije beze zbytku. Při vyšší koncentraci se přebytečný amoniak vstřebává, a pokud ho játra nestačí detoxikovat, dochází k otravě. Vápník a hořčík se zde resorbují pouze v případě, že jejich koncentrace dosahuje nejméně devětkrát vyšších hodnot než v krvi (Jelínek a kol., 2003). Triacylglyceroly se v bachoru hydrolyzují a vznikají mastné kyseliny a glycerol, který je dále fermentován na kyselinu propionovou. Další trávení mastných kyselin probíhá ve dvanáctníku (Reece, 2011).

3.6.1.3 Tenké střevo

Tenké střevo je resorpci přizpůsobeno nejlépe, a to jak histologickou strukturou, tak i obsahem vstřebatelných látek. Buňky jednovrstevného cylindrického epitelu jsou specializovány pro sekreci a resorpci látek do krve a mízy. Resorpční plocha je mnohonásobně zvětšena řasami, klky a mikrokly. Sliznice tenkého střeva obsahuje na 1 mm^2 25 – 45 klků, které zvětšují její povrch asi třicetkrát. Další asi desetinásobné zvětšení resorpční plochy umožňuje kartáčkový lem. V tenkém střevě se vstřebávají minerální látky, vitamíny, produkty hydrolýzy všech živin, voda a soli žlučových kyselin.

3.6.1.4 Tlusté střevo

Resorpce látek v tlustém střevě má jisté druhové odlišnosti a největší význam má u býložravců. Především zde dochází ke vstřebávání vody, dále pak minerálních látek, glukózy a případně dalších nízkomolekulárních látek (Jelínek a kol., 2003). V tlustém střevě savců však neprobíhá enzymatické trávení, ale trávení, které je výsledkem činnosti bakterií. Konečnými produkty jsou těkavé mastné kyseliny (kyselina octová, propionová a máselná). Mikroorganismy podílející se na trávení u přežvýkavců jsou pak samy stráveny a díky tomu poskytují zdroj aminokyselin. U nepřežvýkavých savců mikroorganismy tráveny nejsou a jsou vylučovány s výkaly (Reece, 2011). Pokud je narušena resorpce vody, objevuje se průjem a organismus tak ztrácí část potřebné vody (Jelínek a kol., 2003).

3.6.2 Vstřebávání jednotlivých živin

Vstřebávání základních živin (sacharidů, lipidů, bílkovin) bylo popsáno v kapitole Organické živiny. Tato část práce se bude věnovat vstřebáváním vody, elektrolytů a vitamínů.

3.6.2.1 Voda a elektrolyty

Voda a elektrolyty procházejí sliznicí trávicího traktu oběma směry na základě osmózy. Dochází tak k vyrovnávání osmotického tlaku mezi krevní plazmou a obsahem trávicího ústrojí. Vstřebávání Na^+ a Cl^- ovlivňuje resorpci vody. Při přítomnosti špatně vstřebatelných látek se voda dostává do lumen střeva a zředuje jeho obsah – tyto látky poté působí jako projímadlo. U přežvýkavců je voda resorbována v předžaludku, u ostatních zvířat převážně v kaudální části tenkého střeva.

Resorpce vápníku je závislá na jeho množství v krmivu a potřebě organismu. Ovlivňuje ji řada faktorů – vitamín D, parathormon, kalcitonin, rozpustnost solí vápníku, poměr k některým minerálním látkám (P, Na, K, Mg, Mn), pH, přítomnost některých sacharidů, tuků a bílkovin. Látky, které s vápníkem vytvářejí ve vodě nerozpustné sloučeniny (mastné kyseliny, rytin, oxalát) a nedostatek vitamínu D snižují resorpci vápníku. Ke vstřebávání dochází především v tenkém střevě, odkud se vápník po koncentračním gradientu dostává do enterocytů. Přechod do krve je zajištěn Ca^{++} -ATPázou, nebo sekundárním aktivním transportem prostřednictvím nosiče. Minimálně jedna třetina přijatého vápníku je vyloučena ve výkalech. Na začátku tenkého střeva se aktivním transportem vstřebává železo ve formě Fe^{++} . Redukující látky (HCl, kyselina askorbová, tokoferol, -SH- skupiny aminokyselin obsahujících síru atd.) v kyselém prostředí žaludku jsou zodpovědné za redukci trojmocného železa na rozpustnější dvojmocnou formu. Vzniklé soli se snadno ionizují a vstřebávají. Organické kyseliny, které s železem vytvářejí nerozpustné soli (citrát, oxalát), inhibují resorpci. Železo vázané na transferin se dostává do enterocytů, kde se oddělí a vázané na globulin se přepravuje krevním řečištěm. Železo, které není použito pro syntézu hemoglobinu nebo jiných látek, se uskládá v játrech a slezině. Hlavní zásobní formou je feritin s obsahem železa až 23 %. Podle potřeby se železo z této sloučeniny uvolňuje (Jelínek a kol., 2003).

3.6.2.2 Vitamíny

Vitamíny rozpustné v tucích jsou vstřebávány hlavně pasivní difúzí a vestavěny do chylomikronů a VLDL (lipoproteiny o velmi nízké hustotě). Více o jejich resorpci bylo zmíněno v souvislosti se vstřebáváním tuků. Některé vitamíny rozpustné ve vodě se resorbují sekundárním aktivním transportem spolu se sodíkem. Jedná se o tiamin, riboflavin, kyselinu askorbovou, biotin a niacin. K resorpci dochází v lačníku, u vitamínu C v kyčelníku. Další

způsob resorpce vitamínů rozpustných ve vodě je pasivní difúze. Vitamín B₁₂ má vlastní transportní mechanismus – převážně aktivní transport v kyčelníku (Jelínek a kol., 2003).

3.6.3 Regulace vstřebávání

Samo trávení je důležitým faktorem ovlivňující vstřebávání. Aktivita příslušných enzymů je ovlivněna kvalitativním složením krmné dávky, které rovněž působí na rychlost trávení a resorpci. Na rychlost resorpce působí i vegetativní nervová soustava – vazokonstrikce ji zpomaluje a vazodilatace zrychluje. Ze žláz s vnitřní sekrecí má vliv na resorpci hypofýza, kůra nadledvin a pankreas. Na vstřebávání také působí motorika tenkého střeva (Jelínek a kol., 2003).

3.7 Stanovení stravitelnosti živin

Stravitelnost živin má nejdůležitější roli mezi ukazateli určující výživnou hodnotu krmiv. Má totiž výrazný vliv na podíl živin, které jsou organismu k dispozici pro metabolismus (tedy pro životní projevy). Jako stravitelná živina se označuje taková živina přijatého krmiva, která se nevyloučila s výkaly, ale v trávicím ústrojí se rozštěpila a přes stěnu střeva se resorbovala do krevního nebo mízního oběhu (Veselý a kol., 1988). Může jít například o dusíkaté látky, tuk, vlákninu a bezdusíkaté látky výtažkové a nejedná se jen o živiny vstřebané v trávicím traktu, ale i o přeměněné v energeticky bohatý plyn vzniklý při mikrobiálním trávení v předžaludku (Zeman a kol, 2006).

3.7.1 Koeficienty stravitelnosti

Koeficient stravitelnosti (KS) představuje poměr mezi živinami přijatými a strávenými. Dalo by se říct, že je to účinnost, s jakou jsou živiny z přijaté potravy využívány organismem. Existují dva způsoby vyjádření stravitelnosti živin – zdánlivá a skutečná stravitelnost (Zeman a kol., 1997).

Bilančně stravitelná živina (někdy se používá zdánlivě stravitelná živina) se určuje jako obsah živiny ve výkalech odečtený od obsahu živiny v krmivu. Koeficient bilanční stravitelnosti je potom procentuální podíl bilančně stravitelné živiny z jejího celkového obsahu v krmivu (Zeman a kol. 2006). Tento výpočet však nezahrnuje skutečnost, že existují dva zdroje vyloučených živin – část je nestravitelnou složkou potravy a část může být metabolického původu (sekretorická činnost, obnova sliznice střeva – odloupané buňky sliznice) (Zeman a kol., 1997). Pokud chceme zjistit množství skutečně stravitelné živiny, musíme stanovit obsah živin metabolického původu a od přijaté živiny pak odečíst jen

nestrávenou živinu krmiva. Koeficient skutečné stravitelnosti je procentuální podíl tohoto výsledku (Zeman a kol., 2006).

$$\text{Koeficient zdánlivé stravitelnosti} = \frac{P - V}{P} \times 100$$

$$\text{Koeficient skutečné stravitelnosti} = \frac{P - V + E}{P} \times 100$$

P – přijaté živiny

V – živiny ve výkalech

E – živiny metabolického původu (Zeman a kol., 1997)

3.7.2 Metody stanovení stravitelnosti živin

Používají se dvě metody pro stanovení stravitelnosti živin – klasická a indikátorová metoda, někdy se používá i třetí metoda, in vitro v laboratoři. První dvě metody se mohou používat k přímému i diferenčnímu stanovení stravitelnosti.

3.7.2.1 Klasická metoda

Při klasické metodě stanovíme sušinu při navažování dávek pro jednotlivá krmení. Zvířatům podáváme určité množství krmiva a zaznamenáváme i jeho případné zbytky. Pokud bilancujeme některé makroelementy a mikroelementy, musíme zjistit i spotřebu a složení vody. Dále je třeba pravidelně odebírat vzorky výkalů a ty zmrazit nebo uchovávat v ledničce v hermeticky uzavřené nádobě po přidání pár kapek chloroformu. V případě, že chceme provést dusíkovou bilanci nebo bilanci minerálních látek, je potřeba sbírat také moč zvířat.

3.7.2.2 Indikátorová metoda

Indikátorová metoda je vhodná, pokud nechceme zjišťovat přesnou spotřebu krmiva a množství vyloučených výkalů. Indikátorem může být některá původní složka krmiva (přirozené indikátory – lignin, popel nerozpustný ve 4 M kyselině chlorovodíkové) nebo záměrně přidané komponenty (externí indikátory – oxid chromitý, oxid titaničitý), které nesmějí mít vliv na trávení a musí být nestravitelné (Zeman a kol., 2006). Do krmné dávky se přidává cca 0,5 – 1,0 % indikátoru a stravitelnost zjistíme z jeho koncentrace v krmivu a ve výkalech (Zeman a kol., 1997). Abychom zjistili množství výkalů, které se vytvořilo z hmotnostní jednotky krmiva a poměr mezi množstvím spotřebovaných krmiv a množstvím

vyločených výkalů, musíme zjistit procentuální obsah indikátoru (nestravitelné látky) v krmivu a ve výkalech. Indikátorová metoda se používá v případech, kde není snadné evidovat množství přijatého krmiva (Zeman a kol., 2006). Vzorec pro výpočet stravitelnosti živin indikátorovou metodou vypadá následovně:

$$\text{Koefficient stravitelnosti} = \frac{K_v - K_k}{K_v} \times 100$$

K_k – koncentrace indikátoru v krmivu

K_v – koncentrace indikátoru ve výkalech (Veselý a kol., 1988)

3.7.2.3 Diferenční stanovení stravitelnosti živin

Diferenční stanovení stravitelnosti živin se využívá, pokud stravitelnost krmiv nemůžeme zjistit přímým stanovením. Tato situace nastává, když některá krmiva nelze zkrmovat jako jedinou složku krmné dávky a musíme je zařadit jen v menších množstvích. V prvním kroku se zjistí stravitelnost živin základní dávky, poté se tato základní směs doplní sledovaným krmivem z 20 – 30 %. Stravitelnost krmiva se vypočítá z koeficientů stravitelnosti zjištěných v obou případech a z podílu základní směsi a přidaného zkoumaného krmiva na krmných dávkách. Při této metodě je důležité si uvědomit, že zkoumané krmivo může mít vliv na stravitelnost základního krmiva. Proto upřednostňujeme sledování stravitelnosti směsi před výpočtem z hodnot stanovených pro komponenty, neboť jsou tak lépe popsány skutečné poměry ve výživě zvířat (Zeman a kol., 2006).

3.7.3 Faktory ovlivňující stravitelnost

Stravitelnost živin je rozdílná u jednotlivých druhů. Je to dáno stavbou a funkcí trávicího traktu. U přežvýkavců je schopnost trávit živiny výrazně ovlivněna věkem – dá se říct, že mláďata jsou po narození v podstatě nepřežvýkavá, protože mikrobiální činnost v předžaludku zatím nemá skoro žádný význam. Bylo pozorováno, že na stravitelnost živin u přežvýkavců má vliv i roční období. V létě je schopnost trávení vyšší než v zimě, souvisí to s aktivitou mikroorganismů v bachoru. Významné jsou rozdíly ve stravitelnosti jednotlivých živin. Některé se přes střevní stěnu resorbují téměř beze změn (například voda, aminokyseliny, mastné kyseliny aj.), zatímco jiné živiny musí projít více či méně složitými procesy (dusíkaté látky, tuky, cukry aj.). Složení a velikost krmné dávky může rovněž působit na stravitelnost. Jestliže například zvýšíme obsah vlákniny v krmivu, dojde k depresi trávení. K tomu dochází i díky ligninu. Tuky na stravitelnost prakticky nemají žádný vliv, dusíkaté

látky pak pozitivně ovlivňují stravitelnost tuků a bezdusíkatých látek výtažkových. Dalším faktorem, který může ovlivnit schopnost trávení, je úprava krmiv. U přežvýkavců má vliv šrotování krmiv, kdy se díky rozmělnění potravy zkrátí doba průchodu trávicím traktem a celková stravitelnost klesá. Přemrznutí krmiv působí negativně. Konzervace, míchání krmiv a jiné způsoby úpravy nijak stravitelnost živin neovlivňují (Veselý a kol., 1988).

4 Metodika práce

Pro potřeby této práce byly odebírány vzorky trusu vysokohorských koz a vzorky jejich krmných dávek během letního a zimního období. Odběry byly prováděny v Zoo Liberec a Zoo Olomouc místními ošetřovateli. Vzorky trusu, které byly odebírány 3 – 5x do měsíce, byly dány do popsaných igelitových sáčků a zmrazeny. Z těchto odebraných vzorků pak byl vybrán vždy jeden z každého měsíce (3 vzorky pro jedno období). Krmné dávky byly stejné po celé období, proto byl vždy odebrán jeden vzorek za letní a jeden za zimní období (výjimka u Zoo Olomouc, kde měnili KD i v lednu). V Zoo Liberec byly prováděny odběry u kozy šrouborohé a kozorožce dagestánského, v Olomouci pak u kozy šrouborohé, kozorožce sibiřského a kozorožce kavkazského.

Tab. č. 1: Odběry vzorků v Zoo Liberec

Zoo Liberec

druh	odběry v letním období (2015)			odběry v zimním období (2015/2016)		
koza šrouborohá	29.6.	29.7.	28.8.	20.11.	23.12.	28.1.
kozorožec dagestánský	29.6.	29.7.	28.8.	20.11.	23.12.	28.1.

Tab. č. 2: Odběry vzorků v Zoo Olomouc

Zoo Olomouc

druh	odběry v letním období (2015)			odběry v zimním období (2015/2016)		
koza šrouborohá	14.7.	4.8.	1.9.	17.11.	15.12.	12.1.
kozorožec sibiřský	14.7.	11.8.	1.9.	17.11.	1.12.	15.12.
kozorožec kavkazský	14.7.	4.8.	1.9.	17.11.	15.12.	12.1.

4.1 Stručná charakteristika zkoumaných druhů

Všechny čtyři zkoumané druhy patří do řádu sudokopytníků (*Cetartiodactyla*), čeledi turovitých a rodu *Capra* (koza, kozorožec).

4.1.1 Koza šrouborohá – *Capra falconeri* (Wagner, 1839)

Koza šrouborohá (někdy označována jako markhur) je podle IUCN řazena do kategorie Near Threatened (téměř ohrožený). Jsou známy tři poddruhy – *C. f. falconeri* (Wagner, 1839), *C. f. heptneri* (Zalkin, 1945), and *C. f. megaceros* (Hutton, 1842). Koza šrouborohá se vyskytuje na území Střední Asie – v Afghánistánu, Indii, Pákistánu, Tádžikistánu, Turkmenistánu a v Uzbekistánu. Je přizpůsobená hornatému terénu se strmými skálami v nadmořských výškách mezi 600 a 3 600 m. Pro kozu šrouborohou jsou typické oblasti s otevřeným lesem a s křovinami. Málokdy využívá vysokohorské pásmo nad hranicí lesa. Jedinci tohoto druhu jsou diurnální, největší aktivitu vykazují brzo ráno a během pozdního odpoledne. Samice je březí 135 až 170 dní a rodí se jí 1 nebo 2 mláďata. Pohlavně dospělá jsou zvířata v 18 – 30 měsících a dožívají se až 13 let. Jejich největšími predátory jsou vlk (*Canis lupus*), levhart sněžný (*Panthera uncia*), rys ostrovid (*Lynx lynx*) a pro mláďata může být nebezpečný i orel skalní (*Aquila chrysaetos*) (Michel, 2015).

4.1.2 Kozorožec dagestánský – *Capra cylindricornis* (Blyth, 1841)

Kozorožec dagestánský je stejně jako předchozí druh řazen do kategorie Near Threatened. Tento endemit východní části Velkého Kavkazu se vyskytuje ve výškách mezi 800 a 4 000 m n. m. Žije v lesích, na subalpínských a alpínských loukách a kamenitých svazích. Upřednostňují otevřené lesy na strmém svahu a hustým lesům na mírném svahu se vyhýbají. Kozorožci tvoří v listopadu před obdobím říje smíšené skupiny, které se v polovině ledna nebo začátkem února rozpadají a dospělí samci a samice žijí samostatně až do dalšího období říje. Samičím se rodí většinou jedno mládě (Weinberg, 2008).

4.1.3 Kozorožec sibiřský – *Capra sibirica* (Pallas, 1776)

Taxonomie u tohoto druhu není zcela vyřešena. Někteří autoři rozeznávají čtyři poddruhy – *C. s. hagenbecki*, *C. s. sibirica*, *C. s. alaiana* a *C. s. sakeen*, jiní uvádějí, že tyto poddruhy jsou totožné. IUCN řadí kozorožce sibiřského mezi Least Concern (málo dotčené druhy). Kozorožec obývá pohoří Afghánistánu, Číny, Indie, Kazachstánu, Mongolska, Uzbekistánu, Pákistánu, Ruska a Tádžikistánu. Můžeme ho najít ve výškách od 500 do 6 700 m n. m. převážně na otevřených alpínských loukách a skalách. Vyskytuje se v oblastech

s různorodým prostředím od pouští, nízkých hor a podhůří až k vysokohorským hřebenům. Kozorožci žijí ve skupinách, které se velmi liší svojí velikostí – nejčastěji skupina čítá 6 – 30 jedinců, ale může se vytvořit i stádo s více jak sto jedinci. Samice je březí 170 až 180 dnů a na jaře se jí rodí jedno, výjimečně dvě mláďata (Reading a Shank, 2008).

4.1.4 Kozorožec kavkazský – *Capra caucasica* (Güldenstädt & Pallas, 1783)

Kozorožec kavkazský je endemit západní části Velkého Kavkazu na území Gruzie a Ruska. Podle IUCN spadá do kategorie Endangered (ohrožené druhy). Biotop, který obývá, se moc neliší od biotopu kozorožce dagestánského (není zcela jasné, jestli se jedná o dva samostatné druhy, nebo jeden druh, u kterého se projevila variabilita závislá na prostředí). Tito kozorožci jsou však více ovlivněni sněhovou pokrývkou. Žijí nejčastěji v subalpínských a alpínských oblastech v 800 až 4 000 m n. m. Drsnou zimu přečkávají na slunečných svazích, během léta se pak rozšíří do různých oblastí. Mezi jejich přirozené nepřátele patří vlk a rys ostrovid, ale nejvíce úmrtí bylo zaznamenáno ve spojení se sněhovými lavinami (Weinberg, 2008).

4.2 Příprava vzorků pro analýzy

Vzorky se nechaly rozmrazit při pokojové teplotě, vložily se do vaniček a v sušárně se nechaly sušit minimálně 24 hodin při 103 °C. Poté se v mixéru rozemlely do homogenizované směsi se stejně velkými částicemi. Z takto rozemletých vzorků, které se daly do popsáných uzavíratelných nádob, se stanovoval obsah sušiny, popelovin, NDF, ADF, CF, dusíkaté látky a tuky. Metodiky analýz vycházely z nařízení komise ES 152/2009. Každý vzorek byl analyzován 2x a výsledek analýzy je aritmetický průměr těchto dvou hodnot s dodržáním odchylky opakovatelnosti. Podrobnější postupy jsou uvedeny samostatně u každé analýzy, zde jsou vypsány pomůcky, které byly pro většinu společné.

Použité přístroje a pomůcky pro většinu analýz:

- analytické váhy
- laboratorní sušárna, exsikátor
- mixér
- elektrická muflová pec
- běžné laboratorní pomůcky (navazovací lžička, navazovací lodička)

4.3 Stanovení sušiny a popelovin

Pro stanovení sušiny byly potřeba porcelánové kelímky, které se nechaly vysušit alespoň 3 hodiny v sušárně při 103 °C. Po vychladnutí v exsikátoru se prázdné kelímky zvážily na analytických vahách s přesností na 4 desetinná místa a bylo do nich naváženo 5 g vzorku. Po dobu 3 hodin se kelímky s navázkou nechaly v sušičce a po vychladnutí byly opět zváženy. Sušina byla vypočtena podle vzorce:

$$S = \left(\frac{m_1 - m_0}{m_2} \right) \times 100$$

m_0 – hmotnost vysušeného prázdného kelímku v g

m_1 – hmotnost kelímku s navázkou před vysušením v g

m_2 – hmotnost kelímku s navázkou po vysušení v g

Vysušené kelímky s naváženým vzorkem byly dále použity pro stanovení popelovin (rozumí se tím minerální látky – hlavně soli hořečnaté, sodné, vápenaté, draselné, síranů, uhličitanů, křemičitanů, chloridů, fosforečnanů, hydrogenfosforečnanů a dihydrogenfosforečnanů). Kelímky byly vloženy do muflové pece, kde se žihaly 5,5 hodiny při 550 °C. V exsikátoru se nechaly vychladnout a poté byly opět zváženy. Vzorec pro stanovení popele (v %):

$$P = \left(\frac{m_3 - m_0}{m_2} \right) \times 100$$

m_3 – hmotnost kelímku po vyžhání a vysušení v g

m_0 – hmotnost prázdného kelímku v g

m_2 – hmotnost kelímku s navázkou po vysušení v g

4.4 Stanovení vlákniny

Stanovení vlákniny bylo provedeno technologií filtračních sáčků (Filter Bag Technology) na přístroji ANKOM 220 Fiber Analyzer, ve kterém lze současně zpracovávat až 24 vzorků. K všem provedeným analýzám stanovení vlákniny (NDF, ADF, CF) bylo potřeba nejprve připravit filtrační sáčky, které byly popsány fixem na textil a po dobu minimálně 4 hodin vysušovány v sušárně při 103 °C. Po vychladnutí v exsikátoru byly sáčky zváženy a

do každého bylo naváženo cca 1 g vzorku s přesností na 4 desetinná místa. Jeden sáček zůstal prázdný a sloužil jako tzv. kontrola (K). Bylo potřeba dbát na to, aby obsah uvnitř naplněných sáčků byl rozprostřen po jejich celé ploše. Pomocí tavičky se sáčky zatavily. Uvedené pomůcky jsou společné pro všechny analýzy stanovení vlákniny. Použité chemikálie jsou popsány u jednotlivých typů analýz.

Použité přístroje a pomůcky společné pro stanovení NDF, ADF, CF:

- filtrační sáčky ANKOM Technology F57, filtrační papír
- tavička
- porcelánové kelímky
- přístroj ANKOM 220 Fiber Analyzer

4.4.1 Stanovení neutrálně detergentní vlákniny NDF

Použité chemikálie:

- 1,7 l roztoku NDF (na 3,5 l roztoku – 210 g směsi NDF20C, 35 ml etylenglykolu, 35 g siřičitanu sodného)
- 3,4 ml amylázy
- destilovaná voda
- aceton

Sáčky byly vloženy do nosiče v přístroji a zality 1,7 l roztoku NDF spolu s 3,4 ml amylázy. Po dosažení 100 °C se roztok se sáčky vařil po dobu 75 minut. Po uplynulé době se sáčky třikrát propláchly horkou destilovanou vodou, vždy po dobu pěti minut. Poté byly ještě jednou prolity studenou destilovanou vodou. Sáčky se vložily na 3 minuty do acetonu, který z nich byl poté pomocí filtračního papíru jemným tlakem vymačkán. Sáčky se nechaly chvíli vyvětrat a nakonec byly vloženy do sušárny, kde se minimálně dvě hodiny nechaly vysušit při 103 °C. Po jejich vysušení se daly do exsikátoru, kde vychladly a mohly se poté zvážít.

4.4.2 Stanovení acido-detergentní vlákniny ADF

Použité chemikálie:

- 1,7 l roztoku ADF (na 3,5 l roztoku – 97,3 ml H₂SO₄, 70 g CTAB)
- destilovaná voda
- aceton

Postup je podobný jako při stanovení neutrálně detergentní vlákniny. Sáčky se vzorky z analýzy NDF byly zality 1,7 l roztokem ADF a vařeny po dobu 60 minut. Následoval 3x proplach horkou destilovanou vodou (po pěti minutách) a jednou studenou destilovanou vodou. Poté byly sáčky opět vloženy na tři minuty do acetonu a po jejich vyvětrání dány do sušárny minimálně na dvě hodiny při 103 °C. Po vychladnutí v exsikátoru se sáčky zvážily a hmotnost byla zapsána.

4.4.3 Stanovení acido-detergentního ligninu ADL

Použité chemikálie:

- 72 % roztok H₂SO₄ (720 ml 96 % H₂SO₄ + 240 ml H₂O)
- destilovaná voda

Lignin byl stanoven jako zbytek z lignocelulosového komplexu po oxidaci kyselinou sírovou za studena. Označení pro takto stanovený lignin je S-lignin.

Pro tuto analýzu byly použity filtrační sáčky se vzorky, které prošly ADF analýzou. Ty byly propláchnuty horkou destilovanou vodou, nechaly se okapat a vložily se do 72 % roztoku kyseliny sírové. Následovala extrakce při pokojové teplotě (20 °C), která trvala 3 hodiny. Na začátku extrakce bylo se vzorky alespoň 30x zatřesen, to bylo opakováno ve 30 minutových intervalech. Po extrakci se sáčky přendaly do přístroje ANKOM, kde byly 3x propláchnuty horkou destilovanou vodou (po 5 minutách) a poté se po propláchnutí nechaly 2 – 3 hodiny vysušit v sušárně při 103 °C. V exsikátoru vychladlé sáčky byly zváženy a ve vysušených a zvážených porcelánových kelímcích spáleny při teplotě 550 °C po dobu minimálně 2 hodin. Když kelímky vychladly, zvážily se a byl vypočten obsah ADL podle následujícího vzorce:

$$ADL = \left(\frac{m_3 - (m_4 - m_5) - (m_1 \times c_1)}{m_2} \right) \times 100$$

m₁ – hmotnost prázdného sáčku po vysušení v g

m₂ – hmotnost navážky vzorku v g

m₃ – hmotnost sáčku po analýze ADL a vysušení v g

m₄ – hmotnost spáleného kelímku v g

m₅ – hmotnost prázdného kelímku po vysušení v g

c – korekční faktor prázdného sáčku bez vzorku daného do analýzy

$$c = \frac{m_3}{m_1}$$

4.4.4 Stanovení hrubé vlákniny CF

Použité chemikálie:

- destilovaná voda
- 2 l 0,255M H₂SO₄ (28,6 ml 96% H₂SO₄ do 2 l destilované vody)
- 2 l 0,313M NaOH (25,19 g do 2 l destilované vody)
- 250 – 500 ml acetonu

Hrubá vláknina je složena z celulosy a ligninu. Jedná se o nerozpustnou frakci vlákniny. Při jejím stanovení, pro které bylo použito slabé kyseliny a slabé zásady, unikala tzv. rozpustná vláknina do inkubačního roztoku.

Zvážené a popsané sáčky byly vloženy do přístroje do karuselu a zality 2 l roztoku kyseliny sírové. Po dosažení 100 °C se sáčky vařily 45 minut. Poté byly propláchnuty horkou destilovanou vodou (tříkrát vždy po dobu pěti minut). K propláchnutým sáčkům se do přístroje nalil roztok hydroxidu sodného a při 100 °C se nechal vařit 45 minut. Sáčky byly opět tříkrát propláchnuty horkou destilovanou vodou a vloženy do sklenice s 250 ml acetonu, kde byly cca jednu minutu promíchávány. Po odpaření acetonu na filtračním papíře se sáčky vložily ve vaničce do sušárny, kde se nechaly min 2 – 4 hodiny sušit při 103 °C. Po usušení se sáčky zvážily (jejich hmotnost byla zapsána) a vložily do vysušených a zvážených porcelánových kelímků, které byly spalovány dvě hodiny v muflové peci při 600 °C. Spálené kelímky se nechaly vychladnout v exsikátoru, zvážily se a byla zjištěna hmotnost popela.

$$CF = \left(\frac{m_3 + m_4 - m_5 - (m_1 \times c_1)}{m_2} \right) \times 100$$

m₁ – hmotnost prázdného sáčku v g

m₂ – hmotnost navážky vzorku v g

m₃ – hmotnost sáčku po vysušení v g

m₄ – hmotnost prázdného kelímku po vysušení v g

m₅ – hmotnost kelímku po spálení v g

c_1 – korekční faktor prázdných sáčků daných do analýzy bez vzorků

$$c_1 = \frac{m_3}{m_1}$$

4.5 Stanovení dusíkatých látek

Použité chemikálie a pomůcky:

- mineralizační tablety Kjeltabs CK (jedna tableta obsahuje 3,5 g K_2SO_4 , 0,4 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$)
- 10 ml H_2SO_4
- 10 ml H_2O_2
- destilovaná voda
- mineralizační blok
- mineralizační tuby 250 ml

Obsah dusíkatých látek byl stanoven metodou podle Kjeldahla na přístroji Kjeltec 2400. Do skleněné mineralizační tuby bylo naváženo cca 0,5 g vzorku pomocí skleněné navažovací lodičky. Ke každé navážce se poté pinzetou přidala jedna mineralizační tableta (katalyzátor) a 10 ml H_2SO_4 . V dalším kroku se do zkumavek přidalo postupně 2 x 5 ml H_2O_2 , první dávka se nechala vyšumět a teprve potom se přidala druhá dávka. Po promíchání obsahu byly tuby vloženy do mineralizační jednotky. Doba mineralizace při 420 °C je 45 minut, při 400 °C pak 60 minut. Po uplynutí této doby byly tuby vyndány, aby vychladly. Do vychladlých zkumavek se přidalo 10 ml destilované vody a obsah se promíchal. Na přístroji Kjeltec 2400 byla zadána hmotnost vzorku v gramech a vybrány hodnoty, ve kterých chceme zobrazit výsledky (% N x 6,25). Před samotným měřením bylo potřeba provést alespoň 3x slepý pokus. Ten by měl dosahovat hodnoty pod 0,2 a dva po sobě jdoucí vzorky by měly mít přibližně stejnou hodnotu. Poté se vyměnil slepý vzorek za tubu s navázkou, spustila se analýza a změřené hodnoty byly zapisovány.

4.6 Stanovení tuků

Použité chemikálie a pomůcky:

- Petrolether p.a.
- extrakční skleničky
- celulosové patrony
- vata

Pro stanovení tuků bylo nejdříve zapotřebí zvážit vysušené extrakční skleničky (hmotnost zapsat), a poté do nich vložit celulosové patrony s navázkou cca 5 g, které byly ucpány vatou. Stanovení tuků probíhalo na přístroji SER 148 (Velp). Patrony byly vloženy do tohoto přístroje a ke každé byla připojena příslušná sklenička se 75 ml petroléru (v 1. sadě, v dalších sadách se do skleniček přidává 50 ml petroléru). Během prvního cyklu, který trval 20 minut, byly patrony ponořeny do rozpouštědla. V dalším cyklu (45 minut) byly vytaženy z rozpouštědla a nechaly se prokapávat. Následoval třetí cyklus, odpařování, kdy nádobky byly suché do 20 minut. Skleničky byly vloženy minimálně na 1 hodinu do sušárny (103 °C). Po vyndání ze sušárny se nechaly vychladnout v exsikátoru, poté byly zváženy a hodnoty byly zapsány.

4.7 Statistické vyhodnocení

Ke statistickému vyhodnocení byl použit tabulkový editor Microsoft Excel 2007. Hodnoty stravitelnosti živin jednotlivých druhů v závislosti na místu chovu a krmné dávce byly vyhodnoceny v programu Statistica (StatSoft) metodou analýzy rozptylu – Tuckeyeho HSD testem.

5 Výsledky

5.1 Výsledky analýz živinového složení krmných dávek

Celkem bylo analyzováno pět skupin zvířat – 2 skupiny ze Zoo Liberec (koza šrouborohá a kozorožec dagestánský) a 3 skupiny ze Zoo Olomouc (koza šrouborohá, kozorožec kavkazský a kozorožec sibiřský). V následující tabulce jsou uvedeny krmné dávky platné pro kozu šrouborohou a kozorožce dagestánského v Zoo Liberec, které se liší jen množstvím jednotlivých komponent v letním a zimním období (kdy došlo i ke změně granulovaného krmiva).

Tab. č. 3: Krmné dávky (ks/den) pro kozu šrouborohou a kozorožce dagestánského v Zoo Liberec

Koza šrouborohá/kozorožec dagestánský		letní krmná dávka	zimní krmná dávka
granulované krmivo	kg	0,7	0,7
seno	kg	1	2
mrkev	kg	0,2	0,5

Krmné dávky pro druhy v Zoo Olomouc se pro každý druh odlišovaly v množství podávaných komponent. Během letního i zimního období byly stejné, lišily se jen složením granulovaného krmiva (měli jsme k dispozici granulované krmivo za letní období, za listopad a za leden).

Tab. č. 4: Krmné dávky (ks/den) pro kozu šrouborohou v Zoo Olomouc

Koza šrouborohá	granulované krmivo	kg	0,5
	seno	kg	2
	mrkev	kg	0,15

Tab. č. 5: Krmné dávky (ks/den) pro kozorožce kavkazského v Zoo Olomouc

Kozorožec kavkazský	granulované krmivo	kg	0,5
	seno	kg	2
	mrkev	kg	0,05

Tab. č. 6: Krmné dávky (ks/den) pro kozorožce sibiřského v Zoo Olomouc

Kozorožec sibiřský	granulované krmivo	kg	0,7
	seno	kg	2
	mrkev	kg	0,2

Na základě provedených analýz jsme zjistili obsah živin v krmných dávkách. V tabulkách jsou uvedené obsahy vybraných živin v 1 kg KD, v gramech a následně i v procentech.

Tab. č. 7: Obsah živin v 1 kg krmné dávky (g) pro Zoo Liberec

g/kg	dusíkaté látky	tuk	CF	NDF	ADF
letní krmná dávka	106,79	14,77	218,21	423,94	221,01
zimní krmná dávka	99,09	19,31	244,13	430,04	230,32

Tab. č. 8: Procentuální obsah živin v 1 kg krmné dávky (%) pro Zoo Liberec

%/kg	dusíkaté látky	tuk	CF	NDF	ADF
letní krmná dávka	10,68	1,48	21,82	42,39	22,10
zimní krmná dávka	9,9	1,93	24,41	43,00	23,03

Tab. č. 9: Obsah živin v 1 kg krmné dávky (g) pro kozu šrouborohou – Zoo Olomouc

g/kg	dusíkaté látky	tuk	CF	NDF	ADF
letní krmná dávka	80,77	17,05	304,36	525,39	296,86
krmná dávka listopad/prosinec	76,26	17,8	299,11	521,54	290,48
krmná dávka leden	76,05	16,99	292,93	524,49	291,99

Tab. č. 10: Procentuální obsah živin v 1 kg krmné dávky (%) pro kozu šrouborohou – Zoo Olomouc

%/kg	dusíkaté látky	tuk	CF	NDF	ADF
letní krmná dávka	8,08	1,71	30,44	52,54	29,69
krmná dávka listopad/prosinec	7,63	1,79	29,91	52,15	29,05
krmná dávka leden	7,60	1,69	29,29	52,45	29,19

Tab. č. 11: Obsah živin v 1 kg krmné dávky (g) pro kozorožce kavkazského – Zoo Olomouc

g/kg	dusíkaté látky	tuk	CF	NDF	ADF
letní krmná dávka	80,97	17,47	312,80	540,49	303,99
krmná dávka listopad/prosinec	76,29	18,32	307,34	536,49	297,36
krmná dávka leden	76,06	17,40	300,92	539,55	298,93

Tab. č. 12: Procentuální obsah živin v 1 kg krmné dávky (%) pro kozorožce kavkazského – Zoo Olomouc

%/kg	dusíkaté látky	tuk	CF	NDF	ADF
letní krmná dávka	8,10	1,75	31,28	54,05	30,40
krmná dávka listopad/prosinec	7,63	1,83	30,73	53,65	29,74
krmná dávka leden	7,61	1,74	30,09	53,96	29,89

Tab. č. 13: Obsah živin v 1 kg krmné dávky (g) pro kozorožce sibiřského – Zoo Olomouc

g/kg	dusíkaté látky	tuk	CF	NDF	ADF
letní krmná dávka	85,71	18,07	297,14	507,93	289,42
krmná dávka listopad	79,95	19,11	290,43	503,01	281,26
krmná dávka prosinec	90,61	20,45	321,29	576,34	322,06

Tab. č. 14: Procentuální obsah živin v 1 kg krmné dávky (%) pro kozorožce sibiřského – Zoo Olomouc

%/kg	dusíkaté látky	tuk	CF	NDF	ADF
letní krmná dávka	8,57	1,81	29,71	50,79	28,94
krmná dávka listopad	7,99	1,91	29,04	50,30	28,13
krmná dávka prosinec	9,06	2,04	32,13	57,63	32,21

5.2 Množství analyzovaných živin ve výkalech

Z provedených analýz jsme vypočítali obsah vybraných živin ve výkalech zvířat za příslušná období.

Tab. č. 15: Průměrné hodnoty živin analyzovaných v 1 kg výkalů v jednotlivých měsících – koza šrouborohá Zoo Liberec

g/kg	dusíkaté látky	tuk	CF	NDF	ADF
listopad	93,03	15,12	255,17	492,14	264,07
prosinec	106,57	21,34	273,07	526,58	281,50
leden	72,74	13,66	272,46	527,09	287,68
červen	100,97	15,53	296,15	601,94	336,62
červenec	93,85	16,94	318,68	610,59	360,64
srpen	97,84	19,54	313,34	583,67	329,29

Tab. č. 16: Průměrné hodnoty živin analyzovaných v 1 kg výkalů v jednotlivých měsících – kozorožec dagestánský Zoo Liberec

g/kg	dusíkaté látky	tuk	CF	NDF	ADF
listopad	124,63	19,62	242,09	502,75	260,18
prosinec	111,05	15,59	254,21	504,76	256,45
leden	103,74	17,39	259,05	567,56	311,56
červen	98,81	15,32	287,87	574,04	304,29
červenec	105,23	13,33	278,42	578,58	325,16
srpen	103,09	15,62	276,51	571,39	321,27

Tab. č. 17: Průměrné hodnoty živin analyzovaných v 1 kg výkalů v jednotlivých měsících – koza šrouborohá Zoo Olomouc

g/kg	dusíkaté látky	tuk	CF	NDF	ADF
listopad	105,62	25,29	296,98	552,37	353,96
prosinec	96,20	12,80	307,19	579,71	335,90
leden	86,71	13,58	315,16	591,19	340,89
červenec	108,83	16,99	300,62	578,27	350,61
srpen	114,01	16,42	318,50	591,92	362,58
září	81,57	13,95	334,31	610,97	365,49

Tab. č. 18: Průměrné hodnoty živin analyzovaných v 1 kg výkalů v jednotlivých měsících – kozorožec kavkazský Zoo Olomouc

g/kg	dusíkaté látky	tuk	CF	NDF	ADF
listopad	111,19	16,36	291,17	550,78	332,16
prosinec	86,83	11,89	301,15	559,94	328,36
leden	96,90	14,73	295,38	615,06	368,60
červenec	98,32	15,47	330,03	602,76	369,36
srpen	94,74	14,78	318,75	563,11	340,53
září	91,39	14,75	344,28	577,79	346,49

Tab. č. 19: Průměrné hodnoty živin analyzovaných v 1 kg výkalů v jednotlivých měsících – kozorožec sibiřský Zoo Olomouc

g/kg	dusíkaté látky	tuk	CF	NDF	ADF
listopad	97,16	13,77	278,99	497,75	301,96
1. prosinec	87,32	10,25	278,46	525,58	327,70
15. prosinec	89,32	8,72	275,39	452,58	272,02
červenec	98,89	13,94	313,36	561,79	348,68
srpen	115,36	16,86	305,14	549,72	341,89
září	109,55	15,91	313,71	545,73	330,98

5.3 Zjištěná stravitelnost v procentech

Na základě zjištěných obsahů vybraných živin v krmných dávkách a výkalech jsme vypočítali průměrnou stravitelnost těchto živin. Ani v jednom případě nebyly rozdíly stravitelností statisticky významné. V následující tabulce jsou uvedeny průměrné, minimální a maximální hodnoty a směrodatná odchylka stravitelností živin pro každý druh a za každé období.

Tab. č. 20: Stravitelnost vybraných živin u druhů chovaných v Zoo Liberec – průměrné, minimální a maximální hodnoty (%)

%			NL	tuk	CF	NDF	ADF
koza šrouborohá	zimní období	průměr	52,23	54,89	43,23	37,78	37,39
		minimální hodnota	42,90	41,33	40,62	34,99	35,11
		maximální hodnota	63,25	64,58	44,95	39,72	39,61
		směrodatná odchylka	8,39	9,88	1,88	2,02	1,84
	letní období	průměr	65,66	56,00	46,98	47,12	42,16
		minimální hodnota	61,49	48,06	43,62	42,18	37,98
		maximální hodnota	71,46	62,76	52,57	53,23	47,01
		směrodatná odchylka	4,23	6,06	3,98	4,59	3,72
kozorožec dagestánský	zimní období	průměr	37,81	51,21	44,76	35,21	36,92
		minimální hodnota	23,39	38,11	32,70	24,14	28,03
		maximální hodnota	62,48	67,72	61,97	52,70	51,52
		směrodatná odchylka	17,53	12,33	12,49	12,51	10,41
	letní období	průměr	55,81	53,45	40,12	37,20	33,96
		minimální hodnota	44,10	37,35	20,30	18,20	16,82
		maximální hodnota	62,16	64,44	50,33	47,17	43,02
		směrodatná odchylka	8,29	11,63	14,01	13,44	12,12

Tab. č. 21: Stravitelnost vybraných živin u druhů chovaných v Zoo Olomouc (1. část) – průměrné, minimální a maximální hodnoty (%)

%			NL	tuk	CF	NDF	ADF
kozorožec kavkazský	zimní období	průměr	46,70	67,06	55,01	50,25	47,01
		minimální hodnota	43,88	65,45	46,69	42,78	39,98
		maximální hodnota	52,05	68,02	59,55	55,82	52,35
		směrodatná odchylka	3,79	1,15	5,89	5,49	5,19
	letní období	průměr	49,83	63,21	54,54	53,91	50,39
		minimální hodnota	48,02	61,12	49,32	50,77	47,51
		maximální hodnota	53,27	65,94	59,40	57,08	53,24
		směrodatná odchylka	2,43	2,02	4,12	2,58	2,34
kozorožec sibiřský	zimní období	průměr	43,51	72,51	52,49	51,73	47,31
		minimální hodnota	31,12	71,35	41,54	44,53	40,38
		maximální hodnota	51,67	74,32	61,80	60,65	57,30
		směrodatná odchylka	8,90	1,30	8,35	6,69	7,24
	letní období	průměr	48,62	64,81	57,41	55,75	52,16
		minimální hodnota	43,12	60,80	53,01	52,18	49,10
		maximální hodnota	56,53	70,93	60,26	58,32	54,60
		směrodatná odchylka	5,74	4,40	3,15	2,60	2,29

Tab. č. 22: Stravitelnost vybraných živin u druhů chovaných v Zoo Olomouc (2. část) – průměrné, minimální a maximální hodnoty (%)

%			NL	tuk	CF	NDF	ADF
koza šrouborohá (Olomouc)	zimní období	průměr	47,35	61,61	56,05	53,18	50,25
		minimální hodnota	37,06	59,23	47,98	44,54	42,31
		maximální hodnota	60,11	64,24	71,40	69,49	64,90
		směrodatná odchylka	9,57	2,05	10,86	11,54	10,37
	letní období	průměr	51,29	63,99	59,20	55,86	52,72
		minimální hodnota	47,69	61,32	54,49	51,82	48,99
		maximální hodnota	58,16	66,10	61,66	58,50	55,01
		směrodatná odchylka	4,86	1,99	3,33	2,90	2,66

6 Diskuze

V této práci jsme sledovali obsah vybraných živin v krmných dávkách pro vysokohorské kozy a v jejich výkalech. Z toho byly vypočítány stavitelnosti těchto živin u konkrétních druhů (koza šrouborohá, kozorožec dagestánský, kozorožec kavkazský, kozorožec sibiřský). Vypočítané průměrné hodnoty stavitelnosti živin uvedené v tabulkách č. 20, 21 a 22 byly porovnány mezi sebou. Stejně tak i obsahy živin v krmných dávkách, které jsou uvedeny v tabulkách č. 8, 10, 12 a 14 byly porovnány mezi sebou a s literaturou. Protože však nebyla nalezena dostupná literatura o nutričních potřebách zkoumaných druhů zvířat, srovnávali jsme výsledky s dostupnějšími zdroji, které se věnovaly potřebám domestikovaných hospodářských zvířat. Většina zdrojů uvádí rozdílné živinové potřeby s ohledem na reprodukční cyklus zvířete, na březost, laktaci apod.

Obsah dusíkatých látek v krmných dávkách z obou zoologických zahrad byl mezi 7,60 % a 10,68 %. Největší podíl NL byl zjištěn v krmné dávce pro letní období v liberecké zoo (10,68 %). Tato krmná dávka je stejná pro oba druhy zkoumaných zvířat z této zoo (koza šrouborohá a kozorožec dagestánský). Nejnižší hodnotu vykazovala lednová krmná dávka pro kozu šrouborohou z olomoucké zoo – 7,60 %. Stravitelnost dusíkatých látek se pohybovala v rozmezí 37,81 % až 65,66 %. Nejnižší stravitelnost dusíkatých látek byla zjištěna během zimního období u kozorožce dagestánského – 37,81 %, nejvyšší pak v letním období u kozy šrouborohé z liberecké zoo – 65,66 %. Mátlová (2005) uvádí, že pokud je zvíře v době pozdní březosti (tj. v 5. měsíci), neměl by obsah proteinů v krmné dávce překročit 15 % a u laktujících zvířat 20 – 25 %. Podle Rashida (2008) by se měl podíl NL v době pozdní březosti pohybovat v rozmezí 13 – 14 %, což odpovídá i předchozímu tvrzení. Pro chovu pak uvádí hodnotu 7 % dusíkatých látek v krmné dávce, stejně jako Gimenez (1994), který uvádí 7 – 8 %. Námi zjištěné obsahy dusíkatých látek v krmných dávkách se nejčastěji pohybují mezi 7 a 8 % (7,63 % a 7,60 % u kozy šrouborohé, 7,61 % a 7,63 % u kozorožce kavkazského, 7,99 % u kozorožce sibiřského), což souhlasí s tím, co tvrdí Rashid.

Další zjišťovanou živinou byl tuk, který se v krmných dávkách nacházel mezi 1,48 % až 2,04 %. Největší obsah tuku byl zaznamenán v prosincové krmné dávce u kozorožce sibiřského, nejmenší obsah pak u liberecké letní dávky. Stravitelnost tuků se pohybovala v hodnotách od 51,21 % u kozorožce dagestánského v zimním období, až do 72,51 % u kozorožce sibiřského ve stejném období. Zeman a kol. (2006) udává průměrný obsah tuku v sušině krmné dávky pro skot 2,5 – 3,5 %. Při zařazování tuku do krmných dávek je důležité,

aby nebyla překročena jejich optimální dávka, neboť by mohlo dojít k narušení procesů v bacheru. Námi zjištěné obsahy tuku v krmných dávkách tyto hodnoty nepřekračují a zdají se být dostatečné.

Nejnižší podíl hrubé vlákniny byl vypočítán u letní krmné dávky pro Zoo Liberec – 21,82 %. Naopak nejvyšší obsah vykazovala zimní krmná dávka kozorožce sibiřského – 32,13 %. Rashid (2005) uvádí, že bychom měli kozám poskytnout v krmné dávce minimálně 12 % hrubé vlákniny, což většina námi vypočítaných hodnot dvojnásobně přesahuje. U kozorožce dagestánského v letním období byla zjištěna nejnižší stravitelnost hrubé vlákniny – 40,12 %. Nejvyšší stravitelnost CF byla zjištěna u kozy šrouborohé ze Zoo Olomouc během letního období – 59,20 %.

Obsah neutrodetergentní vlákniny v krmných dávkách se pohyboval v rozmezí 42,39 % a 57,63 %. První hodnota odpovídá letní krmné dávce z liberecké zoo, druhá pak zimní krmné dávce pro kozorožce sibiřského. Nejnižší stravitelnost NDF jsme vypočítali u kozorožce dagestánského v průběhu zimního období – 35,21 %. U olomoucké kozy šrouborohé během letního období byla zjištěna nejvyšší stravitelnost NDF – 55,86 %. Vláknitá složka fermentuje a prochází trávicím traktem pomaleji než ostatní komponenty krmiva, proto má větší sytící účinek. Velikost částic, frekvence žvýkání, nestravitelná NDF aj. ovlivňují naplněnost trávicího ústrojí (Lu a kol., 2005). NDF ovlivňuje plnivost bacheru, pokud tedy krmná dávka obsahuje příliš vysoký podíl NDF, může to negativně omezit příjem krmiva, neboť tato frakce krmiva pak převažuje v obsahu bacheru (Koukolová a Homolka, 2008).

Poslední analyzovanou živinou byla acidodetergentní vláknina. Její hodnoty v krmných dávkách byly v rozmezí 22,10 % a 32,21 %. Marín a kol. (2012) píšou, že k maximálnímu naplnění střev se dosáhne krmnou dávkou s 24 – 26 % ADF. Podle Lu a kol. (2005) je nejvyšší příjem sušiny při krmení dietou obsahující 18 % ADF. Pokud je obsah ADF vyšší nebo nižší, dochází k mírnému snížení v příjmu. Pozdíšek a kol. (2008) uvádí, že se zvyšováním obsahu ADF klesá stravitelnost energie a živin v krmné dávce. S tím se shoduje i Suchý a kol. (2011), který ještě dodává, že vláknina podporuje přezvykování a tím i vylučování slin důležitých pro pufraci bacherového obsahu. Liberecká krmná dávka pro letní období vykazovala nejmenší podíl ADF – 22,10 %. Nejvyšší podíl pak měla zimní krmná dávka pro kozorožce sibiřského – 32,21 %. Nejnižší stravitelnost byla zjištěna pro kozorožce dagestánského během letního období – 33,96 %, nejvyšší pak u kozy šrouborohé ze Zoo Olomouc v letním období – 52,72 %.

Lu a kol. (2005) udává, že pro mléčná plemena koz v laktaci je dostatečný příjem 18 až 20 % ADF nebo 42 % NDF. Pro rostoucí zvířata mezi 4. a 8. měsícem věku doporučuje příjem 23 % ADF. Podle Mátlové (2005) by měl obsah hrubé vlákniny v krmné dávce být minimálně 25 % v pozdní březosti a po porodu alespoň 17 %. Zeman a kol. (2006) upozorňuje, že optimální zastoupení vlákniny v krmné dávce kolísá podle metabolické zátěže, pro přežvýkavce udává ale hodnoty pouze pro ovce (18 – 26 %) a pro skot (15 – 26 %). Těmto hodnotám by nejlépe odpovídaly obsahy ADF v krmných dávkách, které vycházejí mezi 22,10 % a 32,21 %.

Námi zjištěné hodnoty vybraných živin v krmných dávkách ve většině případů odpovídají dostupným zdrojům. Jen u hrubé vlákniny jsou naše hodnoty výrazně vyšší, než se udává v literatuře. Vzhledem k tomu, že o druzích, kterých se tato práce týká, není dostatek literatury, porovnávali jsme jejich nutriční potřeby s jinými domestikovanými přežvýkavci. Proto nelze jednoznačně rozhodnout, zda podávané krmivo odpovídá všem jejich živinovým požadavkům. I z tohoto důvodu je důležité především pozorovat zdravotní stav a kondici zvířat, aby byly včas odhaleny případné nedostatky ve výživě a mohla být sjednána náprava.

7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zjistit stravitelnost vybraných živin (dusíkatých látek, tuků, hrubé vlákniny, neutrodetergentní vlákniny a acidodetergentní vlákniny) u čtyř druhů vysokohorských kopytníků – kozy šrouborohé, kozorožce dagestánského, kozorožce kavkazského a kozorožce sibiřského. Potřebné materiály pro analýzy, tedy vzorky výkalů a krmných dávek daných zvířat, byly odebrány v Zoo Liberec a Zoo Olomouc. Odběry probíhaly během letního období 2015 a zimního období 2015/2016.

Z výsledků analýz byly vypočteny koeficienty stravitelnosti. Pro dusíkaté látky byla zjištěna průměrná stravitelnost v zimním období $45,52 \% \pm 11,63 \%$ a v letním období $54,24 \% \pm 8,27 \%$. Dále pak pro tuky byla stanovena $61,45 \% \pm 10,57 \%$ stravitelnost v zimním období a $60,29 \% \pm 7,84 \%$ stravitelnost za období letní, pro hrubou vlákninu $50,31 \% \pm 10,22 \%$ za zimu a $51,65 \% \pm 10,04 \%$ za léto, pro neutrodetergentní vlákninu $45,63 \% \pm 11,44 \%$ za zimní období a $49,97 \% \pm 9,78 \%$ za letní období, pro acidodetergentní vlákninu $43,78 \% \pm 9,50 \%$ za zimu a $46,28 \% \pm 9,38 \%$ za léto.

Hypotéza, že na základě rozboru krmné dávky a stravitelnosti živin je možné lépe specifikovat potřebu živin, se nám podle mého názoru, potvrdila. Kdyby bylo více informací o konkrétních druzích a jejich výživě, mohlo by dojít k případné úpravě krmných dávek. Avšak kvůli nedostupnosti literárních zdrojů o výživě vysokohorských koz jsme výsledky srovnávali s údaji týkajícími se domestikovaných přežvýkavců. Ve většině případů jsme došli ke shodě, jen u hrubé vlákniny nám vyšly vyšší hodnoty jejího obsahu v krmných dávkách. Jen na základě dostupných informací nelze jednoznačně určit, zda má podávané krmivo všechny potřebné živiny v dostačujícím množství. Nutriční požadavky námi zkoumaných druhů kopytníků se totiž mohou lišit od ostatních přežvýkavců. Bylo by potřeba udělat více analýz a pokusů pro zjištění optimální krmné dávky pro vysokohorské kozy.

8 Seznam literatury

Ammerman, C. B., Baker, D. H., Lewis, A. J. 1995. Bioavailability of nutrients for animals. Academic Press. San Diego. 441 p. ISBN: 0-12-056250-2.

Brestenský, V., Baumgartner, L., Benková, J., Botto, L., Brouček, J., Buchová B., Bulla, J., Demo, P., Foltys, V., Gallo, M., Grafenau, P., Haulík, A., Hetényi, L., Horniaková, E., Huba, J., Kica, J., Margetín, M., Mihina, Š., Mojto, J., Ochodnický, D., Petrikovič, P., Peškovičová, D., Sommer, A., Šottník, J., Vlácil, R., Tančin, V. 2002. Sprievodca chovateľa hospodárskych zvierat. Výskumný ústav živočíšnej výroby Nitra. Nitra. 231 S.

Committee on the Nutrient Requirements of Small Ruminants. National Research Council. 2007. Nutrient Requirement of Small Ruminants. National Academic Press. p. 384. ISBN 978-0-309-10213-1.

Fantová, M. 2000. Chov koz. Nakladatelství Brázda, s. r. o. Praha. 191 s. ISBN: 80-209-0290-2.

Frandsen, R. D., Wilke, W. L., Fails, A. D. 2009. Anatomy and physiology of farm animals. 7th ed. Blackwell Publishing. Ames, Iowa. 512 p. ISBN: 0-8138-1394-8.

Fuller, M. F., Benevenga, N. J., Lall, S. P., McCracken, K. J., Omed, H. M., Axford, R. F. E., Phillips, C. J. C. 2004. The Encyclopedia of Farm Animal Nutrition. CABI Publishing. Cambridge. 606 p. ISBN: 0-85199-369-9.

Gimenez, D., M. Nutrient Requirements of Sheep and Goats [online]. Alabama Cooperative Extension System. 1994 [cit. 2015-12-19]. Dostupné z <<http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0812/ANR-0812.pdf>>

Hofmann, R. R. 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*. 1989 (78). 443 – 457.

Jelínek, P., Koudela, K., Doskočil, J., Illek, J., Kotrbáček, V., Kovářů, F., Kroupová, V., Kučera, M., Kudláč, E., Trávníček, J., Valent, M. 2003. Fyziologie hospodářských zvířat. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. 414 s. ISBN: 80-7157-644-1.

Kebreab, E., Dijkstra, J., Bannink, A., Gerrits, W. J. J., France, J. 2006. Nutrient digestion and utilization in farm animals. CABI Publishing. Cambridge. 447 p. ISBN: 1-84593-005-3.

Koukolová, V., Homolka, P. 2008. Hodnocení stravitelnosti neutrálně-detergentní vlákniny ve výživě skotu. Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i. Praha. 30 s. ISBN: 978-80-7403-016-1.

Lintzenich, B., A., Ward, A., M. 1997. Hay and pellet ratios: consideration in feeding ungulates. Nutrition Advisory Group Handbook. 12 p.

Lu, C. D., Kawas, J. R., Mahgoub, O. G. 2005. Fibre digestion and utilization in goats. Small Ruminant Research. 2005 (60). 45 – 52.

Mackie, R. I., Aminov, R. I., White, B. A., McSweeney, C. S. 2000. Molecular Ecology and Diversity in Gut Microbial Ecosystems. In: Cronjé, P. B. (ed.) Ruminant Physiology. CABI Publishing. New York. p. 61 – 77. ISBN:0-85199-463-6.

Marín, M., Hernández, P., Alba, P., Pardo, C., Castro, G. 2012. Nutrient limits in diets for growing dairy goats. Archivos de medicina veterinaria. 2012 (44). 13 – 20.

Marvan, F., Hampl, A., Hložánková, E., Kresan, J., Massanyi, L., Vernerová, E. 2007. Morfologie hospodářských zvířat. 4. vydání. Nakladatelství Brázda, s. r. o. Praha. 328 s. ISBN: 978-80-213-1658-4.

Mátlová, V. 2005. Ovce a kozy v ekologickém zemědělství. Ministerstvo zemědělství České republiky. Praha. 30 s. ISBN: 80-7084-479-5.

Michel, S., Michel, R. T. *Capra falconeri* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species. 2015. [cit. 2016-01-13]. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/3787/0>>

Nařízení komise (ES) č. 152/2009 ze dne 27. ledna 2009, kterým se stanoví metody odběru vzorků a laboratorního zkoušení pro úřední kontrolu krmiv. 2009. Úřední věstník Evropské unie. L 54/1. 130 s. Dostupné z <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0152&from=CS>>

Pavlík, A., Sláma, P. 2011. Morfologie a fyziologie hospodářských zvířat. Mendelova univerzita. Brno. 142 s. ISBN: 978-80-7375-479-2.

Pozdíšek, J., Mikyska, F., Loučka, R., Bjelka, M. 2008. Metodická příručka pro chovatele k výrobě konzervovaných krmiv (siláži) z víceletých pícnin a trvalých travních porostů. Výzkumný ústav pro chov skotu, s.r.o. Rapotín. 39 s. ISBN: 978-80-87144-06-0.

Rashid, M. Goats and their nutrition [online]. Manitoba Goat Association. 2008. [cit. 2016-01-07]. Dostupné z <<https://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/production/goat/pubs/goats-and-their-nutrition.pdf>>

Reading, R., Shank, C. *Capra sibirica* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species. 2008. [cit. 2016-01-13]. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/42398/0>>

Reece, W. O. 2011. Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. Grada Publishing, a. s. Praha. 480 s. ISBN: 978-80-247-3282-4.

Sauvant, D., Milgen, J. V., Faverdin, P., Friggens, N. 2011. Modelling nutrient digestion and utilisation in farm animals. Wageningen Academic Publishers. Wageningen. 427 p. ISBN: 978-90-8686-156-9.

Suchý, P., Straková, E., Herzig, I., Skřivanová, E., Zapletal, D. 2011. Výživa a dietetika. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. Brno. 127 s. ISBN: 978-80-7305-599-8.

Třináctý, J., Richter, M., Pavelková, L., Pavelek, L., Harazim, J. 1999. Vývoj metod hodnocení vlákninového komplexu krmiv a degradace škrobu, ADF a NDF u jetelové a kukuřičné siláže v bacheru. In: Harazim, J. (ed.). Stanovení využitelnosti živin u

přežvýkavců. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně. Brno. s. 69 – 76. ISBN: 80-86051-58-7.

Veselý, Z., Dvořák, J., Chloupková, V., Jagoš, P., Jakobe, P., Jambor, V., Kolář, I., Lakota, V., Ochodnický, D., Piskač, A., Šimeček, K., Špaček, F. 1988. Výživa a krmení hospodářských zvířat. Státní zemědělské nakladatelství Praha. Praha. 376 s.

Weinberg, P. *Capra caucasica* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species. 2008 [cit. 2016-01-13]. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/3794/0>>

Weinberg, P. *Capra cylindricornis* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species. 2008. [cit. 2016-01-13]. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/3795/0>>

Yami, A., Merkel, R. C. Sheep and Goat Production Handbook for Ethiopia [online]. [cit. 2016-02-08]. Dostupné z <<http://www.esgpip.org/HandBook/Handbook.html>>

Zeman, L., Hodbod', P., Mendlík, J. 1997. Výživa a technika krmení koní. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 57 s. ISBN: 80-86153-26-6.

Zeman, L., Skřivánek, M. 1999. Využití tuku ve výživě přežvýkavců. In: Harazim, J. (ed.). Stanovení využitelnosti živin u přežvýkavců. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně. Brno. s. 69 – 76. ISBN: 80-86051-58-7.

Zeman, L., Doležal, P., Kopřiva, A., Mrkvicová, E., Procházková, J., Ryant, P., Skládanka, J., Straková, E., Suchý, P., Veselý, P., Zelenka, J. 2006. Výživa a krmení hospodářských zvířat. Nakladatelství Profi Press, s. r. o. Praha. 360 s. ISBN: 80-86726-17-7.

9 Seznam tabulek

Tab. č. 1: Odběry vzorků v Zoo Liberec

Tab. č. 2: Odběry vzorků v Zoo Olomouc

Tab. č. 3: Krmné dávky (ks/den) pro kozu šrouborohou a kozorožce dagestánského v Zoo Liberec

Tab. č. 4: Krmné dávky (ks/den) pro kozu šrouborohou v Zoo Olomouc

Tab. č. 5: Krmné dávky (ks/den) pro kozorožce kavkazského v Zoo Olomouc

Tab. č. 6: Krmné dávky (ks/den) pro kozorožce sibiřského v Zoo Olomouc

Tab. č. 7: Obsah živin v 1 kg krmné dávky (g) pro Zoo Liberec

Tab. č. 8: Procentuální obsah živin v 1 kg krmné dávky (%) pro Zoo Liberec

Tab. č. 9: Obsah živin v 1 kg krmné dávky (g) pro kozu šrouborohou – Zoo Olomouc

Tab. č. 10: Procentuální obsah živin v 1 kg krmné dávky (%) pro kozu šrouborohou – Zoo Olomouc

Tab. č. 11: Obsah živin v 1 kg krmné dávky (g) pro kozorožce kavkazského – Zoo Olomouc

Tab. č. 12: Procentuální obsah živin v 1 kg krmné dávky (%) pro kozorožce kavkazského – Zoo Olomouc

Tab. č. 13: Obsah živin v 1 kg krmné dávky (g) pro kozorožce sibiřského – Zoo Olomouc

Tab. č. 14: Procentuální obsah živin v 1 kg krmné dávky (%) pro kozorožce sibiřského – Zoo Olomouc

Tab. č. 15: Průměrné hodnoty živin analyzovaných v 1 kg výkalů v jednotlivých měsících – koza šrouborohá Zoo Liberec

Tab. č. 16: Průměrné hodnoty živin analyzovaných v 1 kg výkalů v jednotlivých měsících – kozorožec dagestánský Zoo Liberec

Tab. č. 17: Průměrné hodnoty živin analyzovaných v 1 kg výkalů v jednotlivých měsících – koza šrouborohá Zoo Olomouc

Tab. č. 18: Průměrné hodnoty živin analyzovaných v 1 kg výkalů v jednotlivých měsících – kozorožec kavkazský Zoo Olomouc

Tab. č. 19: Průměrné hodnoty živin analyzovaných v 1 kg výkalů v jednotlivých měsících – kozorožec sibiřský Zoo Olomouc

Tab. č. 20: Stravitelnost vybraných živin u druhů chovaných v Zoo Liberec – průměrné, minimální a maximální hodnoty (%)

Tab. č. 21: Stravitelnost vybraných živin u druhů chovaných v Zoo Olomouc (1. část) – průměrné, minimální a maximální hodnoty (%)

Tab. č. 22: Stravitelnost vybraných živin u druhů chovaných v Zoo Olomouc (2. část) – průměrné, minimální a maximální hodnoty (%)