



## Význam vitamínů ve výživě velbloudovitých

Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*

Doc. MVDr. Leoš Pavlata, Ph.D.

*Vypracovala:*

Radka Turčeková

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Význam vitamínů ve výživě velbloudovitých vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: .....

.....  
Radka Turčková

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce doc. MVDr. Leoši Pavlatovi, Ph.D. za jeho trpělivost a cenné rady při psaní. Také bych chtěla poděkovat svému příteli a rodičům za podporu během celé doby studia.

## **ABSTRAKT**

Turčeková, R. Vliv vitamínů ve výživě velbloudovitých. Bakalářská práce. Brno, 2017. Cílem práce bylo na základě studia literatury popsat zoologické zařazení a morfologické a fyziologické zvláštnosti velbloudovitých – se zaměřením na specifika v metabolismu vitamínů. Vzhledem k řadě fyziologických adaptací těchto zvířat pro život v oblastech jejich přirozeného výskytu, je v případě jejich chovu v odlišných klimatických podmínkách mj. nutno zajistit zvýšenou dotaci některých vitamínů (zejména vitamínu D). V práci jsou postupně uvedeny všechny základní v tuku i ve vodě rozpustné vitamíny, popsány jejich fyziologické funkce a zdravotní poruchy související s jejich nedostatkem či nadbytkem. Popsaná specifika metabolismu vitamínů u velbloudovitých dokladují nutnost znalosti a respektu fyziologických zvláštností, a s tím souvisejících nutričních požadavků, živočišných druhů chovaných mimo oblasti jejich přirozeného výskytu.

### **Klíčová slova**

vitamíny, lama, alpaka, metabolismus, vitamín D, výživa

## **ABSTRACT**

Turčeková, R. The effect of the vitamins in camelid's diet. Bachelor thesis. Brno, 2017. The main goal of this thesis is to describe, on the basis of a literary review, the zoological classification and morphological and physiological traits of camelids with a focus on the metabolism of vitamins. Because of a number of physiological adaptations for living in their natural environment it is necessary to provide a higher dose of some vitamins (mainly vitamin D) while keeping camelids in different climate conditions. This thesis subsequently presents all basic vitamins soluble in water and in fat, describes their physiological functions and health issues related to their lack or redundancy. Circumscribed specifics of the vitamin metabolism of camelids show a need of knowledge and respect of physiological traits and coherent nutrition needs of species bred out of the region of their natural presence.

### **Key words**

vitamins, llama, alpaca, metabolism, vitamin D, nutrition

## **OBSAH**

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>CÍL PRÁCE</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Taxonomické zařazení velbloudovitých</b> .....	<b>9</b>
3.1.1	Guanaco .....	9
3.1.2	Vikuně.....	10
3.1.3	Lamy .....	10
3.1.4	Alpaky.....	10
<b>3.2</b>	<b>Fyziologické a anatomické znaky trávicí soustavy kamelidů</b> .....	<b>11</b>
3.2.1	Uchopení a rozmělnění potravy .....	11
3.2.2	Žvýkání .....	12
3.2.3	Žaludeční a střevní trávení.....	12
<b>3.3</b>	<b>Krmení a výživa velbloudovitých</b> .....	<b>13</b>
<b>3.4</b>	<b>Vitamíny</b> .....	<b>14</b>
3.4.1	Vitamíny rozpustné v tucích .....	15
3.4.1.1	<i>Vitamín A</i> .....	16
3.4.1.2	<i>Vitamín D</i> .....	20
3.4.1.3	<i>Vitamín E</i> .....	25
3.4.1.4	<i>Vitamín K</i> .....	29
3.4.2	Význam vitamínů rozpustných ve vodě pro velbloudovité .....	31
3.4.2.1	<i>Vitamín B1</i> .....	31
3.4.2.2	<i>Vitamín B2</i> .....	32
3.4.2.3	<i>Vitamín B3</i> .....	33
3.4.2.4	<i>Vitamín B5</i> .....	33
3.4.2.5	<i>Vitamín B6</i> .....	33
3.4.2.6	<i>Vitamín B9</i> .....	33
3.4.2.7	<i>Vitamín B12</i> .....	34

3.4.2.8	<i>Vitamín C</i> .....	34
<b>4</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>LITERATURA</b> .....	<b>37</b>
5.1	<b>Knižní zdroje</b> .....	<b>37</b>
5.2	<b>Časopisecké zdroje</b> .....	<b>38</b>
5.3	<b>Internetové zdroje</b> .....	<b>38</b>

# 1 ÚVOD

Téma bakalářské práce: Vliv vitamínů ve výživě velbloudovitých, jsem si vybrala po konzultaci s mým vedoucím práce a zejména pro jeho aktuálnost. Problematika metabolismu vitamínů u této skupiny zvířat má řadu specifík a zajímavostí, které je důležité znát a respektovat. Práce by měla zpracováním aktuálních literárních údajů přispět k rozšíření dostupných informací o této problematice.

Jelikož v našich podmínkách není chov velbloudovitých příliš rozšířen (odhaduje se, že množství chovaných zvířat v České republice je pouze několik stovek), nejsou ani informace o specifících a zásadách jejich chovu všeobecně známé. V podmínkách evropských chovů zejména alpaky a lamy ohrožuje nedostatek vitamínu D a je nutno jeho dotaci zajistit.

Vitamíny jsou chemické sloučeniny, které si je zvíře schopno pouze v několika málo případech samo syntetizovat. Jejich metabolismus je velice složitý. Nedostatkem těchto látek může docházet k vážným poruchám imunity a funkce jednotlivých orgánů. Nedostatek, ale také nadbytek vitamínů může způsobit smrt zvířat i lidí.

## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem bakalářské práce je, na základě studia literatury, zpracovat informace o zvláštích fyziologie, výživy a metabolismu kamelidů se zaměřením na metabolismus vitamínů. Dalším cílem je popsat deficity či toxicitu jednotlivých vitamínů a s nimi související poruchy zdravotního stavu.



## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Taxonomické zařazení velbloudovitých

Velbloudovití se řadí do řádu sudokopytníků (*Artiodactyla*) a podřádu mozolnatců (*Tylopoda*). Dělíme je na dva druhy: velbloud (*Camelus*), lama (*Lama*) a vikuňa (*Vicugna*). Rod velbloudů dále rozdělujeme na druhy: velbloud jednohrbý (*Camelus dromedarius*) a velbloud dvouhrbý (*Camelus ferus*). Rod lama dělíme na druhy: guanaco (*Lama guanicoe*) a lama krotká (*Lama guanicoe f. glama*). Rod vikuňa rozdělujeme na druh vikuňa (*Vicugna vicigna*) a alpaka (*Vicugna pacos*) (McGraw-Hill, 1990). Na rozdíl od jiných sudokopytníků mají velbloudovití zachovány pouze 3. a 4. prst a ostatní prsty zůstaly pouze ve formě rudimentů. Název mozolnatci byl odvozen od způsobu našlapování. Velbloudovití nechodí po kopytě, ale po polštářcích. Tyto mozoly chrání kamelidy před rozehřátým povrchem (Puschmann a kol., 2013).

Velbloudovití se objevili poprvé v Severní Americe již před několika miliony lety. V době asi před třemi miliony lety se začali stěhovat do Asie a Afriky. Nejdříve vznikl druh velbloudů. Dalším přesunem do Jižní Ameriky do oblasti And vznikají druhy ji-homerických kamelidů. Dva z těchto druhů, guanaco a vikuně, jsou pouze divoká zvířata. Tyto dva druhy daly vznik domestikovaným druhům alpakám a lamám (Bromage, 2013).

Lamy a alpaky začaly být v 19. století vyváženy z Peru do jiných zemí Jižní Ameriky do zoologických zahrad. Po roce 1943 peruánská vláda vývoz zakázala. Následně pak v roce 1980 byl vývoz opět povolen i do ostatních států, nejen v Jižní Americe (Fowler, 2010).

#### 3.1.1 Guanaco

Název guanaco pochází z jihoamerického jazyka, ze slova Huanaco. Dožívají se většinou vysokého věku, kolem 20 až 25 let. Jsou největší ze savců v Jižní Americe. Měří okolo 130 cm a váží asi 90 kg (McGraw-Hill, 1990).

Divokým guanaco se daří v rovinách severního Peru až do oblastí Jižní Patagonie. Často také žijí v horských oblastech v nadmořských výškách až 4000 m nad mořem. Páří se na přelomu srpna a září, aby po 11 měsících gravidity porodili svoje mláďata

v létě. V období sucha se guanaco přesouvají do níže položených úrodnějších oblastí. Guanaco může běžet rychlostí až 65 km za hodinu a jsou také vynikajícími plavci (Puschmann a kol., 2013).

### **3.1.2 Vikuně**

Vikuňa je nejmenší druh velbloudovitých. Jejich výška v kohoutku se pohybuje v rozmezí od 75 do 85 cm a jejich hmotnost je mezi 35 až 65 kilogramy. Mají dlouhé výrazné uši. Řezáky vikuním trvale přirůstají k dolní čelisti, na rozdíl od velbloudů (Puschmann a kol., 2013).

Vikuním se daří v horských oblastech. Žijí ve velkých stádech s převahou samců. Rodiny vikuní jsou uzavřené skupiny. Mladá zvířata ve stádech si mohou navzájem všechna dohromady hrát, jejich chování je podřízeno vůdčím samcům. V době dospívání mladí samci rodinu v pěti až devíti měsících věku opouštějí a zařazují se do skupin samců „bakalářů“. Nejčastěji se vyskytují ve vysokohorských oblastech, konkrétně v oblasti Altiplano. Vikuně se velmi těžko krotí a jsou jen málo adaptibilní na jiná prostředí, než je jejich původní výskyt. Jsou to velice inteligentní zvířata. Jsou schopné vydávat zvuk podobný pískání, který se podobá tónům vysokého sopránu (McGraw-Hill, 1990).

### **3.1.3 Lamy**

Lamy jsou velká zvířata. Mohou vážit 110 až 250 kilogramů a jejich výška v kohoutku je asi 102 až 130 cm. Vyskytují se v několika různých barevných variantách (McGraw-Hill, 1988).

Z důvodu odlišného typu tělesné stavby nejsou brány jako „pravé“ plemeno. V Jižní Americe se lamy také značně liší kvalitou a hustotou rouna, což je ovlivněno odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých žijí (Bromage, 2013).

### **3.1.4 Alpaky**

Alpaky jsou nejmenší druh jihoamerických kamelidů. Váží okolo 55 až 90 kilogramů a měří pouze 77 až 96 cm (Bromage, 2013).

Dožívají se průměrně 15 až 20 let. Samice alpak pohlavně dospívají ve věku 16 měsíců, zatímco samci až ve 3 letech. Průměrná doba jejich gravidity je 335 dní (Altizio a Westendorf, 2004).

Alpaky se vyskytují ve dvou základních variantách, klasifikovaných podle charakteru rouna. První druh, huacaya, má vlnu podobnou ovci. Zatímco vlna druhu suri je delší a vytváří jednotlivé spirálky. Tyto dva typy vznikly odlišným genetickým šlechtěním. Gen pro vlnu suri je ke genu „vlny huacaya“ dominantní. Při křížení první generace vypadá jako suri, ale generace F2 je již v poměru 50:50. Alpaky mají mnohem kvalitnější vlnu než ovce a jejich vlna se zhoršuje se zvyšujícím se věkem (Bromage, 2013).

## **3.2 Fyziologické a anatomické znaky trávicí soustavy kamelidů**

### **3.2.1 Uchopení a rozmělnění potravy**

Pysky kamelidů jsou poměrně úzké. Horní pysk je menší než dolní a je rozdělen mediální štěrbinou. Jsou velice pohyblivé a dokážou dokonale vytřídit potravu (Cebra a kol., 2013).

Kamelidi nepoužívají svůj jazyk na manipulaci s potravou a pouze minimálně vyčnívá ven, a proto velbloudovití nelížou, ale spíše koušou. Z tohoto důvodu se kamelidům nepodávají doplňky minerálů a vitamínů v podobě lizů, protože je téměř nepřijímají (Cebra a kol., 2013). Někteří z nich to však dokážou a jsou schopni z lizu potřebné živiny přijmout (Fowler, 2010).

S ohledem na zubní vzorec vykazují velkou rozmanitost zpracování potravy a zároveň obrany. Kromě špičáků, které slouží pouze pro souboje, mají již všechny zuby přítomné při narození. V chovech se špičáky brousí kvůli bezpečí chovatelů a zabránění soubojů. Špičáky samců jsou mnohem větší než špičáky samic, což je znakem pohlavního dimorfismu. Ve čtyřech a půl letech se všechny mléčné zuby mění na trvalý chrup. Řezáky, které jsou na přední straně dolní čelisti, mají ostré hrany. Řezáky vyvíjejí tlak na podložku horní čelisti, díky čemuž jsou schopni zpracovat potravu (Cebra a kol., 2013).

Kamelidi se dobře pasou na krátké trávě a jsou schopné naprosto pravidelně vyčistit pastvu, na rozdíl od běžných malých přežvýkavců. Neposunou se na jiné místo, dokud dané místo zcela nevypasou (Fowler, 2010).

### **3.2.2 Žvýkání**

Počáteční žvýkání je zběžné, stačí pouze na promíchání potravy se slinami a pro vytvoření sousta pro spolknutí. Sekrece slin je nezbytná pro zvlhčení potravy, aby ji mohlo zvíře jednoduše spolknout. Žvýkání je také součástí přežvykování. Při odpočinku vikuňa vyvrhne sousto a začne jej žvýkat. Dolní čelisti při tom vykonává pohyby ležaté osmičky. Vikuňa drží sousto v tlamě patnáct sekund a za tu dobu jej požvýká dvacet pět až třicetkrát. Toto přežvýkané sousto potom spolkne a proces přežvykování se opakuje. Na stejném principu je založené i přežvykování lamy a alpaky (Fowler, 2010).

### **3.2.3 Žaludeční a střevní trávení**

Strategie trávení je stejná jak u velbloudovitých, tak u přežvýkavců. Oba taxony zpracovávají hrubou píci, což vyžaduje mít fermentační komoru pro konverzi rostlinných živin na molekuly, které může zvíře vstřebat. Avšak žaludek velbloudovitých se skládá pouze ze tří částí, které označujeme kompartmenty (C). První dvě části (C-1 a C-2) jsou anaerobními fermentačními komorami, v nichž se nachází mikrobiální flora a fauna pro využití hrubého vláknitého porostu (Fowler, 2010).

Větší efektivita trávení vlákniny a proteinů je výsledkem několika faktorů, zejména však rychlými kontrakcemi předžaludku, jež zabezpečují lepší maceraci, promíchání a vstřebávání. Motilita žaludku je značně rozdílná. Pokud velbloudovitý odpočívá, vyskytnou se průměrně tři až čtyři kontrakce C-1 za minutu. Pokud se zvíře nedávno krmi-  
lo, je frekvence vyšší. Kontrakční vlna kompartmentu C-1 směřuje z kaudální do kran-  
iální části, na rozdíl od kraníálně-kaudální vlny u přežvýkavců (Fowler, 2010).

C-3 nazýváme „pravým žaludkem“. Tvoří asi 11 % předžaludku, má trubkový tvar a prochází na pravé straně břicha. U novorozených mláďat je funkční právě jen C-3. Nicméně, čím je mládě starší a začíná se krmit i rostlinnou stravou, přijímá díky tomu i mikroorganismy, které jsou potřebné ke správnému rozvoji funkce částí žaludku C-1 a C-2 (Budd, 2013). Rychlost posunu zažitiny z předžaludku se hodnotí především podle hustoty a velikosti krmných složek. Větší kusy potravy mající menší hustotu jsou

zadrženy v části C-1 a C-2 delší dobu. Díky tomu, že jsou větší kusy zadrženy v předžaludku déle, je umožněno dostatečné mikrobiální trávení. U jihoamerických kamelidů je rychlost a funkce spojení mezi C-2 a C-3 podle předpokladu zodpovědná rozdělený přenos tekutých a pevných složek (Cebra a kol., 2013).

Další trávení probíhá v tenkém střevě. Střevní trávení a vstřebávání u velbloudovitých je zjevně podobné stejnému procesu u přežvýkavců (Fowler, 2010).

Velbloudovitým chybí žlučník, takže žluč do duodena proudí nepřetržitě. Pomocí střevní peristaltiky se částice potravy dostávají posouváním do slepého střeva a následně do navazujícího tlustého střeva. Tam probíhá vstřebávání vitamínů, minerálů a vody.

Zbytek nestrávené potravy odchází ven z těla v podobě exkrementů. Díky přítomnosti speciálních buněk v konečníku mají velbloudovití malý a suchý trus, podobný malým přežvýkavcům. Velbloudovití jsou schopni zachovávat v těle dostatečné množství vody z exkrementů. Ve srovnání s normálními přežvýkavci, kteří denně ztrácejí s trusem desítky litrů vody, kamelidi pouze kolem 1,3 litru (Herkunft, 2011). Erytrocyty velbloudovitých, na rozdíl od jiných savců, mají oválný tvar. Díky tvaru červené krvinky mohou kamelidi vydržet dlouho bez vody, což je způsobeno schopností nabobtnávání v závislosti na koncentraci minerálů v krevním séru. Princip je založen na příjmu vody, kdy čím víc velbloudovitý přijme vody, tím méně bude minerálů v krvi. Tyto krvinky jsou schopny zadržet vodu, do doby, než se opět zvedne koncentrace minerálů (Fowler, 2010).

### **3.3 Krmení a výživa velbloudovitých**

Při krmení velbloudovitých je velice důležité, aby jim chovatelé umožnili dostatečně dlouhé adaptační období, alespoň 14 dní. Náhlé změny v režimu krmení, ale především ve skladbě mohou velbloudovité dokonce i smrtelně ohrozit (AAA Inc. Education & Training Sub-committee, 2008).

Abychom poskytli kamelidům to, co potřebují, je nutné, abychom znali anatomické a fyziologické vlastnosti. Zároveň také musíme znát jejich přirozené podmínky, zejména klima, ve kterém žijí a podle toho jim nastavovat systém krmení (Fowler, 2010). Ačkoliv byly lamy a alpaky domestikovány po několik tisíc let, není doposud zcela jednoznačně definován přesný popis jejich nutričních potřeb (Cebra a kol., 2013).

Výživa kamelidů je rozdělena podle životních etap zvířete. Přijmou asi 1,8 litrů vody na 45 kg živé hmotnosti. Vhodné množství bílkovin je zhruba 10 % sušiny. V období gravidity a kojení se však tento požadavek zvýší až na hodnotu 12 % tělesné hmotnosti. Většinu jejich krmné dávky tvoří pastva (Altizio a Westendorf, 2004).

V oblasti Jižní Ameriky žijí lamy a alpaky v nehostinných podmínkách, ve vysokých nadmořských výškách, kde se střídá dlouhé období sucha a krátké období dešťů. I v tomto prostředí se dokázaly naprosto adaptovat. Vegetační období se vyznačuje nízkými teplotami a intenzivním slunečním zářením. Denní teploty dosáhnou maximálních hodnot 18°C (Fowler, 2010).

Importem kamelidů do jiných států s jinými klimatickými podmínkami vznikají velká rizika zdravotních problémů. Krmnou dávku je často nutné doplňovat např. o některé minerály, vitamíny apod. Po importu do jiných zemí byla výživa lam a alpак často nastavena podle potřeb skotu a ovcí. Ačkoliv jsou základy krmení stejné, v důsledku zvláštností anatomie a metabolismu jihoamerických kamelidů vyžaduje krmení odlišný přístup (Cebra a kol., 2013).

### **3.4 Vitamíny**

Vitamíny jsou organické sloučeniny, jež jsou pro organismus nepostradatelné pro udržení normálních metabolických funkcí. Většina vitamínů, až na výjimky, musí být získávána s potravou (Ledvina a kol., 2006).

Na rozdíl od jiných živin, se vitamíny nehodnotí podle jejich strukturální funkce. Fyziologické funkce vitamínů jsou velice specifické a jsou potřeba pouze ve velmi malém množství. Téměř všechny formy vitamínů, obsažené v potravě, musí být aktivovány metabolickými procesy za působení jednotlivých enzymů (Combs, 2017). Některé složky v potravě mají funkci provitamínu, který se přemění na aktivní vitamín až po několika metabolických procesech. Provitamín je například beta-karoten, který se mění v těle na aktivní vitamín A. Pro vitamíny K a H je podstatná produkce střevních bakterií (Ledvina a kol., 2006).

Vitamíny se hodnotí podle různých faktorů, ačkoliv má většina vitamínů funkci také enzymových kofaktorů v oxido-redukčních procesech. Mezi ně řadíme vitamíny A, E, K, B2, B12. Vitamíny A, E a C slouží organismu také jako biologické antioxidanty. Vitamín A a D mají také funkci hormonů (Combs, 2017).

Pro prevenci nedostatku vitaminů je u kamelidů na pacifickém severozápadě Spojených států amerických používán gel obsahující 50,000 IU vitaminu A, 10,000 IU vitaminu D<sub>3</sub>, 100 IU vitaminu E a 3000 µg vitaminu B<sub>12</sub> v 15 ml gelu. Dávka pro mládě lamy či alpaky je 5 ml orálně každé dva týdny (Fowler, 2010).

### 3.4.1 Vitamíny rozpustné v tucích

Vitamíny rozpustné v tucích se vstřebávají do krevního oběhu přes střevní stěnu. Vážou se na tuky a jejich největší zásoba je v játrech pro případ nedostatku v těle zvířete. Jejich funkce je přímo závislá na metabolismu tuků (Combs, 2017). Vzhledem k jejich lipofilnímu charakteru, se vitamíny mohou hromadit v tukové tkáni, a proto při nadbytečném množství můžou být toxické pro organismus (Lavríková a kol., 2015).

Vitamíny rozpustné v tucích jsou hodnoceny podle srovnání jejich biologické aktivity. Vitamínová aktivita je posuzována pomocí mezinárodních jednotek IU. 1 IU vitamínové aktivity je definována jako 0,3 mcg retinolu pro vitamín A, 0,025 mcg cholecalciferolu pro vitamín D a 1 mcg tokoferolu pro vitamín E (Cebra a kol, 2013).

V jiných klimatických podmínkách na rozdíl od Jižní Ameriky je potřeba velbloudovitým dodávat vitamíny rozpustné v tucích ve formě komerčních doplňků. Ačkoliv patří vitamín K do stejné skupiny esenciálních vitaminů, dokáže být syntetizován v těle velbloudovitých pomocí střevních bakterií, a proto není nutné tento vitamín dodávat (Fowler, 2010).

V Jižní Americe adekvátní množství vitaminu A a E získají velbloudovití v případě, že mají dostatek čerstvé pastvy. Vitamín D je však obsažen v pastvě ve velmi zanedbatelném množství, a to ve formě vitamínu D<sub>2</sub>. Vitamín D<sub>3</sub> je však ve větší koncentraci syntetizován díky slunečnímu záření o dostatečné frekvenci. V oblasti Alpino v Peru není nutné dodávat vitamín D ve formě suplementů. Nicméně z důvodu vývozu alpaky a lamy do jiných zeměpisných rovin je doporučeno suplementovat vitamín D v pravidelných intervalech (Cebra a kol, 2013).

Výše zmíněné vitamíny hrají velice důležitou roli při vývoji plodu a růstu narozeného mláděte. Vitamíny rozpustné v tucích nejsou přenosné přes placentu, ale jsou obsažené v kolostru a mateřském mléce (McDowell, 2000). Z tohoto důvodu se mláďata rodí s velice malou koncentrací těchto vitaminů v krvi a příjem kolostra je v tomto pří-

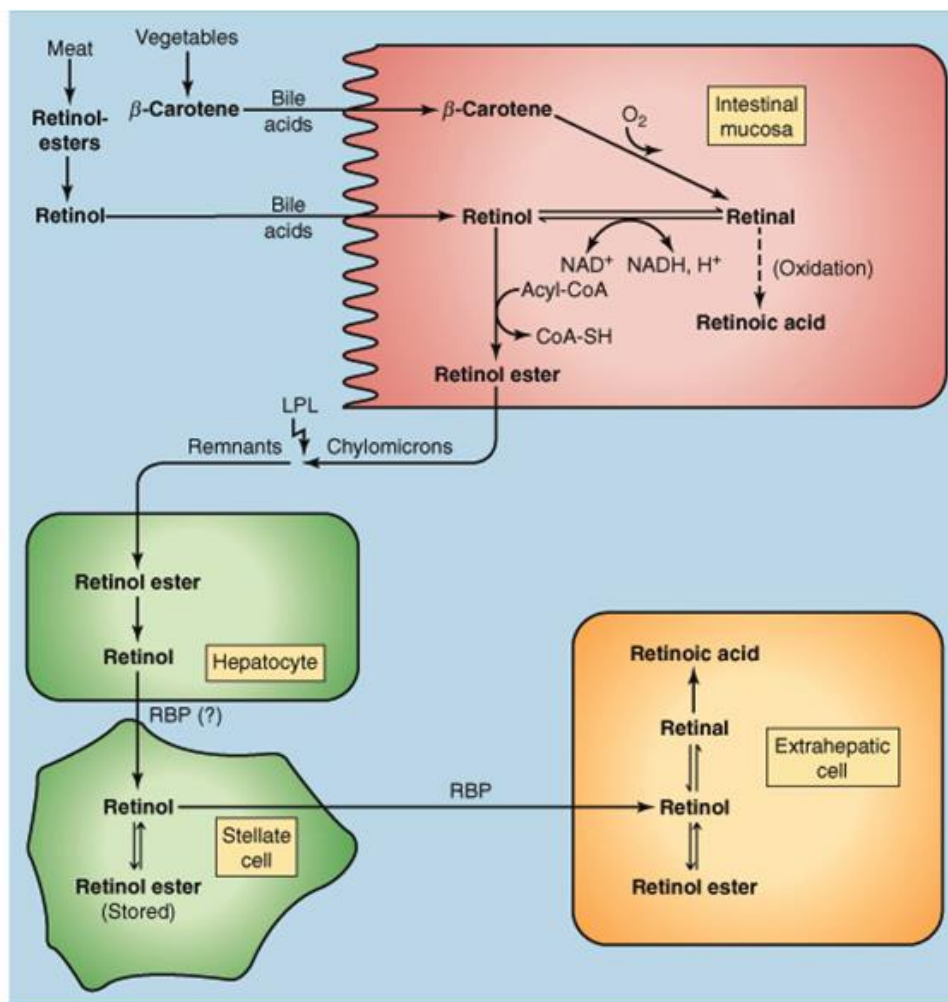
padě primárním zdrojem. V našich podmínkách je nutné dodávat vitamíny gravidním samicím alespoň 7 týdnů před očekávaným porodem pro dostatečné zvýšení koncentrace vitamínu v mlezivu (Cebra a kol., 2013).

#### **3.4.1.1 Vitamín A**

Vitamín A patří do skupiny vitamínů rozpustných v tucích. Do těla zvířat se dostává ve formě provitamínů karotenoidů (Combs, 2017). V rostlinných pletivech existuje asi 700 druhů karotenoidů, ale pouze 6-7 z těchto druhů jsou provitamíny pro aktivní vitamín A (Kaneko a kol., 2008). Tyto prekurzorové molekuly nejsou biologicky aktivní, ale v těle se několika metabolickými procesy mění na biologicky aktivní formu (Combs, 2017). V případě, že má organismus dostatek aktivní formy vitamínu A, konverze provitamínu se snižuje, a proto nehrozí riziko předávkování beta-karotenem (Nadace Nutrivit, 2015). Přeměna neaktivního provitamínu probíhá v těle dvěma kroky za působení dvou enzymů ve střevě. První krok přeměny beta-karotenu na dvě molekuly retinaldehydu probíhá za působení beta-karoten-15,15'-dioxigenázy. Druhý enzym, retinaldehyd-reduktáza, redukuje retinaldehyd na retinol, aktivní formu vitamínu A (McDowell, 2000). Již aktivní forma vitamínu A je transportována krví pomocí specifického retinol-vázacího proteinového přenašeče. Tento přenašeč je uložen zejména v hepatocytech (McDowell, 2000). Neméně důležitý faktor při správném metabolismu vitamínu A je zinek, který se podílí na absorpci, přenosu i utilizaci vitamínu A (Lavříková a kol., 2015). Játra za normálního fyziologického stavu obsahují asi 90 % celkového množství vitamínu A a jsou schopny vytvořit dostatečnou zásobu (McDowell, 2000).

Vitamín A je většinou uložen v játrech ve formě retinyl-esteru, především jako palmitát (McDowell, 2000), kdy sérová koncentrace retinylpalmitátu se nemění s věkem, na rozdíl od vitamínu A, jehož koncentrace se s věkem snižuje. Když je vitamín A přenášén z jater, uložený palmitát je před uvolněním do krevního řečiště hydrolyzován pomocí enzymu retinyl-ester-hydrolázy a retinol potom putuje z krve do tkání jednotlivých orgánů (McDowell, 2000). Schématické znázornění metabolismu vitamínu A je uvedeno na obrázku 1.





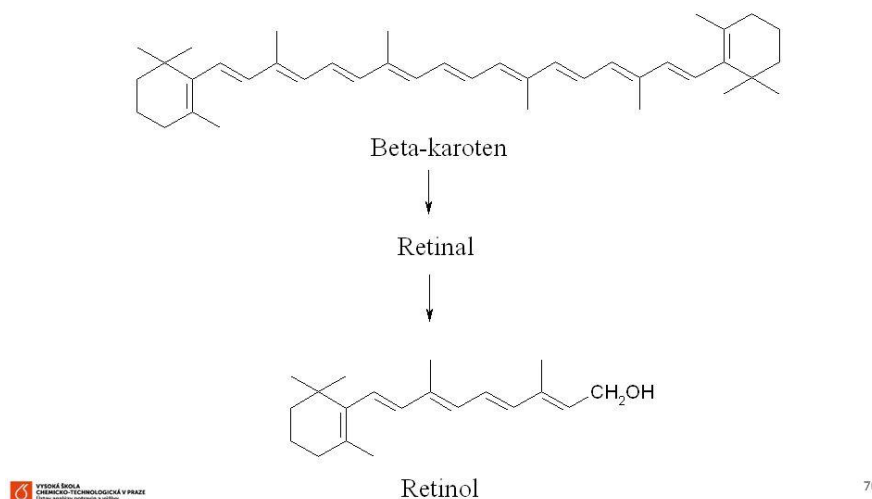
© Elsevier. Meisenberg & Simmons: Principles of Medical Biochemistry 2e - [www.studentconsult.com](http://www.studentconsult.com)

Obr. 1 Metabolismus vitamínu A dostupný na [www.studentconsult.com](http://www.studentconsult.com)

### 3.4.1.1.1 Chemická struktura vitamínu A

Vitamín A-retinol se skládá z cyklohexanového jádra a isoprenoidního řetězce. Schématická přeměna beta-karotenu na aktivní vitamín A a jejich chemické vzorce jsou znázorněny na obrázku 2.

## Přeměna $\beta$ -karotenu na retinol (vitamin A)



Obr. 2 Přeměna beta-karotenu na retinol. Dostupný na: <http://slideplayer.cz/slide/11131223/>

### 3.4.1.1.2 Funkce vitamínu A

Vitamin A je nezbytný pro zajištění správné funkce sliznic, umožňuje správnou diferenciaci slizničních buněk. Nejlépe charakterizován svou biologickou funkcí je z hlediska udržení správného vidění (Quinn a Kagan, 2013).

Vitamin A je esenciální složkou vidění. Jeho funkcí je syntetizovat rhodopsin, neboli oční purpur, v sítnici oka (Freere a kol., 2007). Když 11-cis-retinal, aldehydová složka retinolu, se zkombinuje s proteinem opsinem, vzniká rhodopsin. Jakmile rhodopsin absorbuje světlo, mění se cis forma na trans formu a ta spouští nervové impulzy, které vedou informaci do mozku (McDowell, 2000).

V případě nízké koncentrace vitamínu A v krvi vzniká šeroslepost. Toto onemocnění způsobuje špatnou kvalitu vidění za šera a tmy, což mají na starost tyčinky, buňky, obsažené v sítnici (McDowell, 2000). U stavu avitaminózy může dojít k úplnému oslepnutí (Quinn a Kagan, 2013).

Aktivní forma vitamínu A, kyselina retinová, také udržuje správnou funkci epitelálních buněk, které chrání a obalují všechny tělní orgány (Combs, 2017). Buňky se v případě nedostatku mohou zcela přetvořit a dochází ke změně jejich funkce a někdy

zcela ztrácí schopnost se diferencovat (McDowell, 2000). Kyselina retinová, jež patří mezi aktivní formy vitamínu A, reguluje přepis genů a tím působí přes jaderný receptor (Combs, 2017). Hraje také důležitou roli v proměnné propustnosti lipoproteinových membrán buněk. Adekvátní množství vitamínu A je také nezbytné pro udržení dostatečné odolnosti organismu ke stresu a nemocem, jelikož působí jako přírodní antioxidant. Beta-karoten působí jako synergista s vitamínem E a spolu snižují riziko vzniku některých druhů rakoviny (Jelínek a Koudela, 2003). Vitamin A má také velký význam v reprodukci a správné funkci a růstu kostí (Freere a kol., 2007).

#### *3.4.1.1.3 Zdroje vitamínu A pro velbloudovité*

Jediným zdrojem vitamínu A pro velbloudovité jsou karoteny, zejména beta-karoten. Všechny zelené části rostoucích rostlin jsou bohaté na karoteny, a proto mají vysokou hodnotu vitamínu A. Vhodná pastva vždy obsahuje jejich dostatečné množství. Nejbohatší na vitamin A je pastva složená z jetelovin (Fowler, 2010).

Mnoho karotenu je zničeno oxidací při sečení. Posekaná pastva může ztratit až jednu polovinu vitamínové aktivity, v případě, že se suší, potom zmokne a zase se nechá schnout. Hodnota karotenu v seně se průměrně snižuje o 6-7 % za měsíc. Mrkve jsou velice bohatým zdrojem beta-karotenu, stejně jako sladké brambory (McDowell, 2000). Některé minerály a suplementy, především měď, snižují stabilitu vitamínu A (Freere a kol., 2007).

#### *3.4.1.1.4 Znaky nedostatku vitamínu A u velbloudovitých*

Znaky nedostatku vitamínu jsou stejné jako u ovcí (Cebra a kol, 2013). Příznaky jsou noční slepota, resorpce plodu, porucha spermiogeneze, zakrnělý růst, defekty růstu a diferenciaci epitelálních tkání vedoucí ke keratinizaci. U mláďat vede nedostatek vitamínu A ke zvýšenému intrakraniálnímu tlaku, což způsobuje střídání křečí a deprese (Kaneko a kol., 2008). V případě, že mladá zvířata nemají adekvátní množství vitamínu A, projevují se u nich nemoci, jako jsou: pneumonie nebo nemoci podobné poruchám buněčných membrán. V případě, že nemají březí samice dostatek vitamínu, může docházet k abortům nebo mohou oslepnout, případně i uhynout. U novorozenech mláďat se může projevovat velmi vážná forma průjmu (McDowell, 2000).

U většiny hospodářských zvířat v případě nedostatku vitamínu A v potravě, dramaticky klesá schopnost reprodukce. Spousta druhů ztrácí sexuální aktivitu a schopnost spermatogeneze. Často jsou problémy reprodukce úzce spjaty s poruchou epiteliálních buněk. Dále dochází ke zpomalení růstu kostí, zejména rourovitých, obratlů a lebky. Kostí jsou silnější, ale křehké. Vlivem degenerativních změn periferních nervů může docházet ke snížení správné funkce svalů, což způsobuje nekoordinovaný pohyb a v horších případech může dojít k úplné paralýze končetin (McDowell, 2000).

#### *3.4.1.1.5 Požadavky vitamínu A a prevence hypovitaminózy*

Lamy ve věku 10 až 14 měsíců, které konzumují vojtěškové seno, přijmou 0,9 mg/kg sušiny prekurzoru vitamínu A, což udržuje v krvi koncentraci  $74,8 \pm 5,5$  mcg/dl. Koncentrace vyšší než 100 µg/dl může být považována za indikátor toxicity (Fowler, 2010).

Nejvyšší spotřebu mají alpaky v době rozmnožování a březosti (McDowell, 2000). Alpaky měly vyšší koncentrace retinolu ve srovnání s ovci pasoucími se na stejném prostoru. Podle studií bylo zjištěno, že alpaky jsou mnohem více náchylné k nedostatku oproti ostatním přežvýkavcům. Koncentrace vitamínu A se mění u novorozených mláďat před a po sání kolostra. Požadavky na vitamin A se pro všechny druhy zvířat pohybují mezi 40 a 80 IU/kg tělesné hmotnosti (1 IU = 0,4 µg). Denní potřeba ve formě karotenu je 0,12 µg/kg (Cebra a kol, 2013).

#### *3.4.1.1.6 Toxicita vitamínu A*

Příznaky zahrnují letargii, koliku, bolest kostí a kloubů, neklid, lámavost kopyt, paznehtů a nehtů, ztrátu ochlupení a suchou šupinatou kůži. Příznaky jsou tedy podobné těm při nedostatku vitaminu (Fowler, 2010).

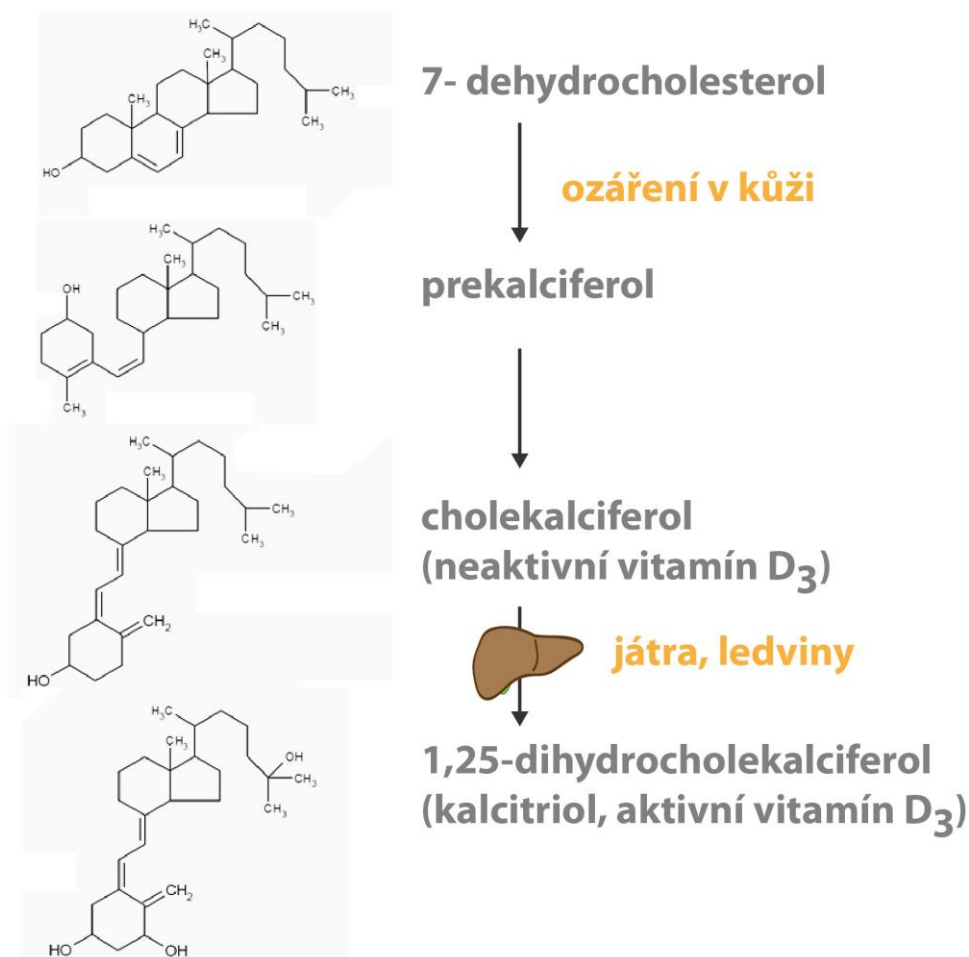
#### **3.4.1.2 Vitamín D**

Vitamín D je biologicky aktivní chemická sloučenina s povahou hormonu, patří také mezi lipofilní vitamíny. Vitamín D se rozděluje na dvě aktivní proformy. První je vitamín D<sub>2</sub> neboli ergokalciferol, jež je syntetizován v těle ze získaných rostlinných zdrojů. Druhým je cholekalciferol (D<sub>3</sub>), odvozen od cholesterolu a mající aktivní složku na vedlejším postranním řetězci na 8. uhlíku v molekule (Combs, 2017).

Oba vitamery se stávají aktivní po dvojité biosyntéze v játrech a následně v ledvinách. Po těchto metabolických procesech vzniká aktivní 1,25-dihydroxy-cholecalciferol nebo kalcitriol. Vitamín D2 je syntetizován získáním zdrojů z rostlinných pletiv (Freere a kol., 2007). Vitamín D3 je syntetizován z provitamínu 7-dehydrocholesterolu v kůži pod UV záření o dostatečné frekvenci. Tento derivát je meziproduktem při syntéze cholesterolu, který se hromadí v kůži. Cholecalciferol je vstřebáván ze střeva a transportován do jater pomocí specifického proteinového přenašeče (King, 1996-2017).

První krok konverze na 25-hydroxyderivátu se děje v játrech. Derivát 7-dehydrocholesterol je zachycen hepatocyty, v jejichž endoplazmatickém retikulu podléhá hydroxylaci, jež je ovlivněná enzymem D3-25-hydroxylázou. Vzniklý derivát je hlavní formou vitamínu D v krevním oběhu a je zároveň hlavním zdrojem vitamínu v játrech (Combs, 2017). Část 25-hydroxycholecalciferolu je přenesena do žluči, pomocí enterohepatálního oběhu (World Health Organization, 2004).

V ledvinách za působení parathormonu a enzymu 1alfa-hydroxylázy, nacházejícím se v proximálním stočeném kanálku ledvin, kostech, keratinocytech, buňkách imunitního systému a placentě, se 25-hydroxycholecalciferol mění na biologicky aktivní 1,25-dihydroxycholecalciferol. Tato forma již přímo ovlivňuje metabolismus vápníku a fosforu (World Health Organization, 2004). Chemická struktura a schématický popis přeměny 7-dehydrocholesterolu na aktivní formu vitamínu D je znázorněna na obrázku 3.



Obr. 3 Metabolismus vitamínu D. Dostupný na: <http://fblt.cz/skripta/ix-travici-soustava/7-vitaminy-a-vyziva/>

#### 3.4.1.2.1 Funkce vitamínu D

D<sub>3</sub> v kombinaci s PTH a kalcitoninem reguluje hodnotu sérové koncentrace vápníku a fosforu. PTH je uvolněn z příštítných tělísek a v případě nízké koncentrace vápníku v séru indikuje produkci D<sub>3</sub>, pomocí aktivace genu CYP27B1 v ledvinách (King, 1996-2017). Tyto minerály jsou potřebné pro normální růst kostí a jejich mineralizaci, pro kontrakce svalů, nervovou vodivost a obecně pro udržení správné funkce ve všech somatických buňkách. Funkcí vitamínu D je také metabolismus kyseliny citronové

(Combs, 2017). V ledvinách vitamin D stimuluje zpětnou resorpci Ca a P z primární moči, čímž zajišťuje homeostázu těchto elementů (Jelínek a Koudela, 2003).

Vitamín D moduluje transkripci proteinů buněčného cyklu, což snižuje proliferaci buněk a zvyšuje diferenciaci buněk, jako například osteoklasty, enterocyty, keratinocyty apod. Tato vlastnost může vysvětlit funkce aktivní formy vitamínu D, které zajišťují právě správný metabolismus kostí (World Health Organization, 2004). Vitamín D také způsobuje zpětnou resorpci vápníku a fosforu z primární moči a tím zajišťuje jejich homeostázu (Jelínek a Koudela, 2003).

Vitamín D je také zapojen do metabolismu inzulínu, do krvetvorby a správného fungování imunitního systému (Freere a kol., 2007).

Syntéza vitamínu D přes kůži je snížena několika faktory. Mezi ně patří vliv zeměpisné polohy a sezónní vliv (Combs, 2017). Mláďata narozená na jaře jsou více vystavena ve svém přirozeném prostředí intenzivnímu slunečnímu záření, a proto jsou méně ohrožena vznikem deficitu (Cebra a kol., 2013). Dále pak i stárnutí v důsledku ztenčení kůže snižuje účinnost tohoto syntetického procesu (Combs, 2017).

Podle několika studií bylo zjištěno, že barva srsti ovlivňuje riziko nedostatku. Světlá mláďata jsou méně ohrožena deficitem vitamínu D (Cebra a kol., 2013). Zajímavým zjištěním bylo, že sekundární koncentrace vitamínu D je zvýšena po ostříhání rouna (Van Saun, 2001). Dalším obdobím, kdy je potřeba přijmout dostatek vitamínu D je období rychlého růstu. V této době se nezvyšuje pouze potřeba přijetí neaktivní formy, ale také přímo biologicky aktivní formy 1,25-dihydroxycholecalciferol. Na rozdíl od narozených mláďat se ale starší zvířata více pohybují venku a jsou schopni načerpat více slunečního záření. Vitamín D je uložen pro podzimní měsíce hlavně v tukové tkáni (World Health Organization, 2004).

#### *3.4.1.2.2 Nedostatek vitamínu D u velbloudovitých*

V důsledku importů zvířat do jiných zeměpisných poloh vzniká velké riziko vzniku problémů spojených s nedostatkem. Zvířata nejsou schopná se zcela adaptovat a vyžadují suplementace. Doporučená dávka pro lamy a alpaky je 30 IU/kg živé hmotnosti pro všechna věková stádia velbloudovitých (Cebra a kol., 2013). To je mnohem vyšší požadovaná koncentrace než u jiných druhů (Van Saun, 2001).

Při nedostatku vitamínu D vzniká u rostoucích mláďat křivice a u dospělých jedinců nedostatek způsobuje osteomalácií a osteoporózu, neboli měknutí a řídnutí kostí (Jelínek a Koudela, 2003). Na rozdíl od Altiplana v Jižní Americe, kde je asi 12 hodin denního světla celý rok, jsou vystaveni velbloudovití v Evropě mnohem kratší době denního záření v podzimních a zimních měsících. Právě v tomto období jsou velice ohrožená (Smith, 2017).

Abnormální růst kostí je častým problémem u všech domácích zvířat. Křivice je popsána jako porucha metabolismu kostí. Dochází k selhání mineralizace kostní a chrupavkové matrix, což vede k viditelným degeneracím na kostech a kloubech. Pokud se křivice neléčí, dochází k deformaci dlouhých kostí, vedoucím k vzniku špatného úhlového postavení končetin a jsou také velmi náchylné ke zlomeninám. Rachitida se projevuje zpomaleným růstem, neochotou k pohybu a špatným postojem (Van Saun R, 2006).

Pro diagnostiku je klíčové provést rentgenové snímky carpu a tarzu. Koncentrace sérového vitamínu D (25-hydroxycholecalciferolu) menší než 15 nmol/l podporují diagnózu hypovitaminózy (Fowler, 2010).

U starších zvířat vzniká osteomalacie. Kostí jsou oslábly a snadno se lámou. U samic může dojít ke snížení produkce mléka a může se snížit říje, inhibována nedostatkem vitamínu D (McDowell, 2000).

#### *3.4.1.2.3 Léčba a prevence problémů spojených s nedostatkem vitamínu D*

Rachitickému mláděti by měla být poskytnuta intramuskulární či subkutánní injekce vodné emulze vitamínu D<sub>3</sub>. Mláďata do 30 kg by měla dostat 1 až 2,5 ml, odstavená mláďata potom 2,5 až 5 ml. Ačkoliv tato léčba může být v mnoha případech dostačující, je třeba při absolutním nedostatku fosforu tuto terapii upravit denním perorálním přírusem fosforečnanu sodného v kukuřičném sirupu nebo v melase (0,5 až 1 g) (Fowler, 2010).

Pro prevenci bychom měli podávat orálním způsobem 15000 až 30000 IU D<sub>3</sub>/kg živé hmotnosti každé dva týdny v průběhu zimy nebo v období nepříznivého počasí, což se ukázalo účinným při prevenci rachitidy u lam a alpak. Alternativní metodou prevence je příprava peletovaného doplňkového krmiva, které obsahuje 6000 IU vitamínu D<sub>3</sub>.



Tento doplněk je pak podáván v množství 0,22 kg pelet/45,5 kg tělesné hmotnosti (Fowler, 2010).

Injekční podání vitamínu D se doporučuje všem zvířatům mladším tří let a samičím, které mají rodit v zimě nebo na začátku jara. Je potřeba, aby množství vitamínu nepřesáhlo hranici toxicity (Vaughan, 2009).

#### *3.4.1.2.4 Toxicita vitamínu D*

Velbloudovití, oproti jiným živočišným druhům, jsou méně náchylní k otravě po předávkování vitamínu D. Koncentrace větší než 500 nmol/l může být důvodem pro vznik intoxikace u mláďat (Cebra a kol., 2013).

V případě, že došlo k předávkování, tak stejně jako u vitamínu A dochází k silné až letální otravě. Hypervitaminóza vitamínu D je většinou způsobena nepřiměřenou terapií. Vitamin D se ukládá v játrech, ale pokud je kapacita překročena, může se objevit sekundární kalcifikace šlach, vaziva, srdečního svalu, ledvin a stěn větších cév. Příznaky otravy zahrnují zchromnutí, šelest na srdci, ztrátu hmotnosti a nadměrné močení. Místa kalcifikace ve svalech a šlachách lze palpovat (Fowler, 2010).

#### *3.4.1.3 Vitamin E*

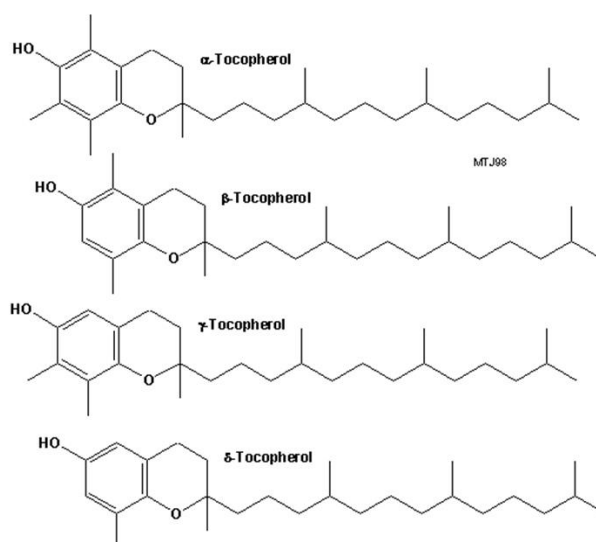
Vitamin E patří mezi vitamíny rozpustné v tucích a zároveň mezi přírodní antioxidanty, úzce spjaté s funkcemi selenu (Jelínek a Koudela, 2003). Zařazuje se mezi esenciální živiny pro všechny druhy zvířat včetně lidí. Velbloudovití ho přijímají z čerstvé pastvy. Podílí se na udržení imunity, hraje důležitou roli v prevenci rakoviny, srdečních chorob a mnoha dalších nemocí. Pro vitamin E neexistuje žádný proteinový přenašeč (Cebra a kol., 2013). Prvotní místo pro absorpci vitamínu E se nachází v tenkém střevě. Většina vitamínu E je absorbována jako alkohol-tokoferol. Estery jsou do značné míry hydrolyzovány ve střevní stěně a „volný alkohol“ vstupuje do střevního lumen a je transportován přes lymfu do krevního oběhu (McDowell, 2000). Vitamin E, stejně jako ostatní lipofilní vitamíny neprochází přes placentu, je ale obsažen v mlezivu (Combs, 2017).

Vitamin E je obsažen ve všech tělních tkáních, avšak hlavní uložště jsou tukové tkáně a játra. Tokoferol vstupující do oběhového systému je transportován po celém těle. Nejvyšší hladiny tokoferolu jsou nalezeny v membránových organelách, zejména

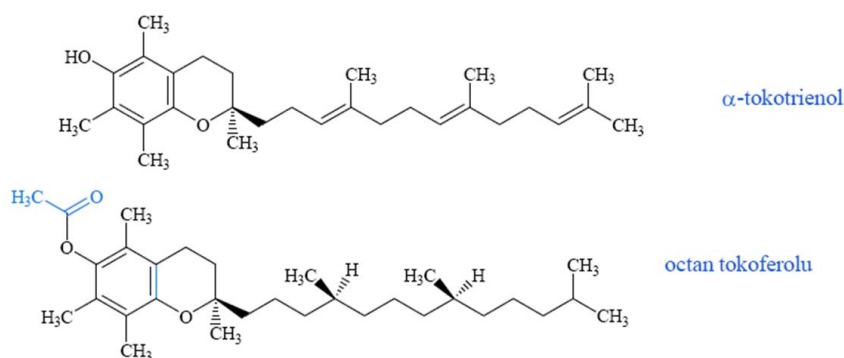
v mitochondriích, které obsahují vysoce aktivní redoxní systémy (McDowell, 2000). Nejvíce vitamínu E je vylučováno močí (Combs, 2017).

### 3.4.1.3.1 Chemická struktura vitamínu E

V přírodě bylo nalezeno osm forem vitamínu E a to čtyři tokoferoly (alfa, beta, gama a delta) a čtyři tokotrienoly (alfa, beta, gama a delta) (McDowell, 2000). Chemické struktury jednotlivých forem jsou znázorněny na obrázku 4 a 5.



Obr. 4 Formy tokoferolu. Dostupné z: <http://biotechnologia.pl/kosmetologia/artykuly/tokoferole-w-kosmetologii,12355>



Obr. 5 Formy tokotrienolu. Dostupné z: <http://biotechnologia.pl/kosmetologia/artykuly/tokoferole-w-kosmetologii,12355>

#### 3.4.1.3.2 *Funkce vitamínu E*

Vitamín E slouží jako biologický antioxidant, který pomáhá udržovat buněčnou integritu. Pracuje uvnitř buněčné membrány proti formaci lipidového hydroperoxidu. Vitamín E má stejnou základní úlohu jako selen a dohromady působí jako synergisté. Nicméně selen konvertuje hydrogen peroxidy a lipoperoxidy, které se již zformovaly do méně škodlivých alkoholů a vody. Tudíž vitamín E brání tvorbě volných radikálů (Fowler, 2010), které mohou být pro organismus velice škodlivé (Freere a kol., 2007).

Vitamín E má také vlastnost zajistit stabilitu erytrocytů a udržovat kapilární integritu cév. Alfa-tokoferol se také podílí na vytváření strukturálních složek biologických membrán, což způsobuje přímý vliv na složení a stavbu membránových fosfolipidů. Také bylo zjištěno, že má velký vliv na produkci prostaglandinu z kyseliny arachidonové, zatímco chemické antioxidanty tento vliv nemají. Kromě synergistického působení se selenem, působí tokoferol s vitamínem C a beta-karoteny a chrání tkáň před poškozením volnými radikály. Antioxidační funkce těchto vitamínů může, alespoň částečně, zlepšit humorální imunitu (McDowell, 2000).

Vitamín E se selenem také hrají roli při ochraně leukocytů, konkrétně makrofágů, při napadení bakteriemi. Takto mohou pomoci buňkám přežít toxické působení (Combs, 2017).

#### 3.4.1.3.3 *Požadavky na vitamín E u velbloudovitých*

Podobně jako u vitamínu A, ani u vitamínu E nebyly zjištěny přesné požadavky na krmnou dávku pro lamy a alpaky. Je velmi obtížné zjistit požadavky vitamínu E, které jsou potřebné k prevenci chorob z důvodu nedostatku, když neznáme přesné hodnoty selenu (Cebra a kol., 2013). Vitamín E zároveň snižuje požadavky na selen přijímaný v potravě, protože ho udržuje v těle aktivní. Zároveň však selen snižuje požadavek na vitamín E (McDowell, 2000).

Sérová koncentrace vitamínu E pro lamy a alpaky nižší než 1,5 mcg/ml je považována za neadekvátní množství. Doporučená dávka vitamínu E pro malé přežvýkavce, včetně lam a alpak, je 5,3 až 10 IU/kg pro záchovu, graviditu, laktaci a růst. Tato doporučení odpovídají přijatému množství mezi 300 až 900 IU na den, což je mnohem více, než se dříve doporučovalo (Cebra a kol., 2013).

#### 3.4.1.3.4 Nedostatek vitamínu E

Nedostatek vitamínu způsobuje svalovou dystrofií, jež také ovlivňuje degeneraci kosterní a srdeční svaloviny (Jelínek a Koudela, 2003). U jehňat nastávají poruchy motorických center, jako jsou nejistá chůze, tuhost v zadních končetinách. Dále pak svalový třes. Při nedostatku vitamínu E je při pitvě pozorována nekroza srdečního svalu. Důsledkem nedostatku vzniká také srdeční arytmie a tachykardie. Často dochází k velkému oslabení imunity s následným úhynem (McDowell, 2000).

#### 3.4.1.3.5 Diagnostika nedostatku vitamínu E u velbloudovitých

Koncentrace vitamínu E se měří společně s hodnotami selenu. Při studiích na patnácti ročních lamách, krmených vojtěškovým senem, které obsahovalo 5 mg/kg  $\alpha$ -tokoferolu. Koncentrace sérového  $\alpha$ -tokoferolu, byla  $128 \pm 41,7$   $\mu\text{g/dl}$ . Normální koncentrace plazmatického  $\alpha$ -tokoferolu velkých zvířat je 100 až 200  $\mu\text{g/dl}$ . Nekróza srdečních a kosterních svalových skupin je pozorována při pitvě (Fowler, 2010).

#### 3.4.1.3.6 Prevence a léčba nedostatku vitamínu E u velbloudovitých

Čerstvá zelená pastva dodává dostatek vitamínu E, nicméně obsah vitamínu E v píce rychle klesá se stářím rostliny a je značně snížený sklizní, teplem, vlhkostí a zpracováním. Vitamin E se neukládá v játrech jako vitaminy A a D, takže je třeba jej přijímat denně. NRC doporučuje 15 až 60 IU (1 mg d-1  $\alpha$ -tokoferol acetátu = 1 IU aktivity vitamínu E) na kg suché hmoty pro masný a mléčný skot. Pomocí doplňků stravy nebo poskytnutí čerstvé zelené pastvy můžeme koncentraci vitamínu E udržet na požadovaných 2 mcg/ml v séru nebo i výše (Cebra a kol., 2013).

Přidáním vitamínu E nelze vyléčit nekrózu svalů, avšak můžeme tím zabránit dalšímu vzniku. Neaktivnější forma  $\alpha$ -tokoferolu je d-1  $\alpha$ -tokoferol acetát, který se nejčastěji vyskytuje v injekčních preparátech s vitaminem E. Nicméně množství obsažené v komerčních injekčních přípravcích nemusí být dostatečný pro nápravu primární deficiencie vitamínu E (Fowler, 2010).

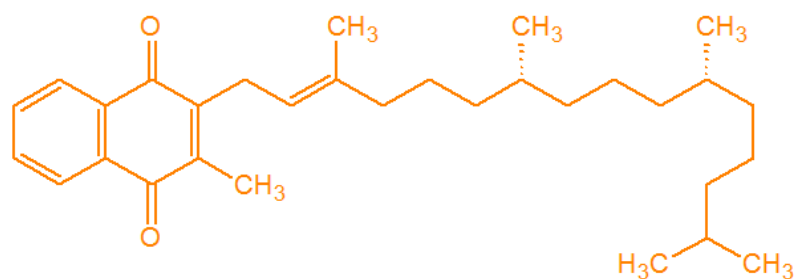
Sušení a zpracování krmiv snižuje dostupnost tokoferolu, stejně jako selenu. Podle studií bylo zjištěno, že 80 % vitamínu E je ztraceno při výrobě sena. Koncentrace vitamínu E v krmivu je ovlivněna dobou seče píce a délkou doby sušení. Ztráty z důvodů skladování za 1 měsíc často dosáhnou až 50% ztrát (McDowell, 2000).

### 3.4.1.4 Vitamín K

Vitamín K patří mezi lipofilní vitamíny. Na rozdíl od ostatních vitamínů rozpustných v tucích nemusí být přijat ve formě potravy, protože si jej organismus dokáže syntetizovat sám za působení střevních bakterií (Cebra a kol., 2013). Vzhledem k jeho nejzásadnější funkci týkající se srážení krve, byl dříve vitamín K označován jako koagulační (Combs, 2017). I když je vitamín K u velbloudovitých syntetizován pomocí střevních bakterií, může být nedostatek vitamínu K způsoben zkaženým jetelovým semenem, které je přirozeným zdrojem dikumarolu-antagonistou vitamínu K (McDowell, 2000).

#### 3.4.1.4.1 Chemická struktura a vlastnosti vitamínu K

Vitamíny K, fylochinony, se vyskytují v několika formách naftochinonu (Ledvina a kol., 2006). Vitamín K extrahovaný z rostlinného materiálu byl pojmenován fylochinon, neboli K1. Fylochinon má postranní řetězec skládající se ze čtyř izoprenových jednotek, z nichž první obsahuje dvojnou vazbu. Vitamín K je viskózní olej. Je stabilní vůči teplu, ale podléhá oxidaci, silným kyselinám a ozáření (McDowell, 2000). Chemická struktura fylochinonu je schématicky znázorněná na obrázku 6.



Obr. 6 Chemická struktura fylochinonu. Dostupné z: <http://e-chembook.eu/vitaminy>

#### 3.4.1.4.2 Metabolismus a funkce vitamínu K

Absorpce a přenos probíhá stejně jako u ostatních lipofilních vitamínů. Vitamín K se absorbuje z tuků z potravy a zároveň vyžaduje přítomnost pankreatické šťávy a žlučových solí ze zažívacího traktu. Absorpce závisí na jeho začlenění do směsných micel a na optimální formě těchto micelárních struktur. Z toho důvodu například ob-

strukce žlučových cest omezuje dostupnost vitamínu K. Lymfatický systém je hlavní cestou transportu absorbovaného fylochinonu ze střeva u savců (McDowell, 2000).

Přibližně polovina množství vitamínu K je obsažena v játrech. Ačkoliv se fylochinon rychle absorbuje, nemá v játrech dlouhou retenční dobu. (Combs, 2017) Všechny formy vitamínu K se v játrech přemění na K3 (menadion) a následně na K2 (izoprenoid) (Jelínek a Koudela, 2003).

Doba koagulace je hlavní úlohou vitamínu K. Čtyři proteiny závislé na vitamínu K jsou zapojeny do procesu srážení krve a jejich nedostatkem vznikají hemoragické problémy. Vitamín K je nutný pro syntézu protrombinu (II) a dalších koagulačních faktorů (VII, IX a X). Tyto čtyři srážecí faktory jsou syntetizovány v játrech v neaktivní formě zymogenů. Tam se přemění na biologicky aktivní právě po působení vitamínu K (McDowell, 2000). Přeměna protrombinu na trombin je katalyzována protrombinázovým komplexem. Existuje vnější a vnitřní systém ovlivňující vznik tohoto komplexu. Vnější systém vzniká po traumatizaci cévní stěny. Vnější-tkáňový faktor umožňuje vnější proces koagulace. Dalším posledním krokem hemokoagulace je přeměna rozpustného fibrinogenu na nerozpustný fibrin. Tento proces probíhá díky působení enzymu – trombinu. Vznikají fibrinová vlákna, která drží pohromadě díky peptidovým vazbám (Reece, 2011). Vitamín K hraje také důležitou roli v metabolismu kostí a pro správnou funkci ledvin. Dále také má vliv na oxidační fosforylaci v mitochondriích (Jelínek a Koudela, 2003).

#### *3.4.1.4.3 Nedostatek vitamínu K u velbloudovitých*

Nedostatek vitamínu K se projevuje delší dobou přeměny protrombinu. U alpak se mohou projevit syndromy hemoragie, stejně jako u jiných živočichů (Fowler, 2010).

#### *3.4.1.4.4 Diagnostika vitamínu K*

Při analýze koncentrace vitamínu K se používá vysokotlaká chromatografie. Je vhodná díky její vysoké citlivosti, specifčnosti a přesnosti. Účinnost absorpce se měří při 10 % a 70 % (McDowell, 2000).

### 3.4.2 Význam vitamínů rozpustných ve vodě pro velbloudovité

Mezi vitamíny rozpustné ve vodě řadíme všechny vitamíny skupiny B (B1, B2, B3, B5, B6, B9 a B12) a dále vitamín C a H (Combs, 2017).

Vitamíny jsou pro velbloudovité, stejně jako pro ostatní savce včetně lidí, nepostradatelné. Avšak v případě velbloudovitých, a i jiných přežvýkavců je většina produkována v gastrointestinálním traktu za pomoci střevní mikroflory (McDowell, 2000). A nejsou dodávány s dietou, až na výjimku B1 a B12 (Fowler, 2010).

Sérová koncentrace B12 je ukazatelem stavu kobaltu v těle velbloudovitých. Avšak ne všechny kobalt se začleňuje do molekul kobalaminu. Ve dvouletém výzkumu u pěti alpak na australských farmách krevní koncentrace kobalaminu byla průměrně 334 pmol/l. Koncentrace vitamínu B12 v krvi u velbloudovitých je podobnější koncentraci hovězímu dobytku než ovcím (Cebra a kol., 2013). Thiamin se často snižuje u poruch centrálního nervového systému. U nedostatku byla u lam diagnostikována obrna narozených mláďat (Fowler, 2010).

Bachorové mikroorganismy přežvýkavců, včetně lam a alpak, syntetizují všechny vitamíny B komplexu. Riziko toxicity je u skupiny vitamínů B téměř nulové, jelikož jsou odváděny z těla s močí. V přírodě se tyto vitamíny vyskytují pouze v B-komplexu. Díky společným vlastnostem se navzájem doplňují v udržení jednotlivých funkcí v organismu zvířete i člověka (Combs, 2017).

#### 3.4.2.1 Vitamín B1

Vitamín B1 byl první objevený vitamín. Po několik let se thiamin přežvýkavcům v dietě nepodával. Nyní se již podává v podobě suplementů pro prevenci nemocí způsobených jeho nedostatkem. Thiamin obsahuje molekulu pyrimidinu a molekulu thiazolu. Thiamin je velmi náchylný na vysokou teplotu (Combs, 2017).

Thiamin se snadno štěpí a uvolňuje z přírodních zdrojů. Pro správnou absorpci je důležitá kyselina chlorovodíková. Ke vstřebávání dochází v tenkém střevě. Přežvýkavci mohou také absorbovat volný thiamin z předžaludku, ale bachorová stěna není propustná pro mikroorganismy, které obsahují thiamin. Absorbovaný thiamin je transportován do jater pomocí proteionového přenašeče, jen je hormonálně korigován, zejména kortikosteroidy. 90 % thiaminu je obsaženo v erythrocytech. Fosforylace vitamínu B1 probíhá ve většině tkání, zejména však v játrech za působení ATP (McDowell, 2000). V těle

zvířete je jeho aktivní forma, thiamindifosfát, tvořící se v játrech a mozku, za působení transferázy (Lavříková a kol., 2015). Savci mohou své zásoby vitamínu B1 vyčerpat již za 1-2 týdny, jelikož se velmi rychle vylučuje z těla (McDowell, 2000).

Vitamín B1 hraje velmi významnou roli v udržení dobré funkce nervového systému a překonávání stresových situací. Toto je možné díky schopnosti blokovat nadměrnou tvorbu kyseliny pyrohroznové. Vitamín B1 štěpí sacharidy na glukozu a tím poskytuje potřebnou energii pro procesy v mozku (Combs, 2017).

Nedostatkem thiaminu u mláďat přežvýkavců se příznaky projevují svalovou slabostí, inkoordinací hrudních končetin a neochotou stání. Specifické příznaky jsou obvykle doprovázeny anorexií a těžkým průjmem. V případě, že přežvýkavci mají normálně fungující bachor, není potřeba jim suplementovat vitamín B1 (McDowell, 2000).

#### **3.4.2.2 Vitamín B2**

Vitamín B2 nazvaný riboflavin byl prvním objeveným vitamínem skupiny B. Vzhledem k mikroorganismům v bachoru přežvýkavců, jej nemusí dospělá zvířata přijmout v potravě (McDowell, 2000). Je přítomný ve tkáních a buňkách jako flavin adenin nukleotid (FAD) a flavin adenin mononukleotid (FMN) fungující jako kofaktory v oxidačních procesech, ačkoliv FAD může také působit jako kofaktor dehydrogenáza v anaerobních procesech (Kaneke a kol, 2008). Chemické vlastnosti riboflavinu jsou účinné v několika reakcích (Freere a kol., 2007). FMN a FAD jsou absorbovány aktivními procesy a transportovány krví do záchytných tkání v asociaci s albuminem (Kaneke a kol, 2008). Riboflavin vstupuje do krve jako FMN a volný vitamín a ve tkáních se většina FMN konvertuje na koenzym FAD pomocí FAD-pyrofosforylázy (McDowell, 2000).

Zvířata nemají schopnost uchovávat dostatečné množství riboflavinu. Avšak hlavními místy skladování jsou játra, ledviny, a srdce. Značné množství volného riboflavinu se nachází v ledvinových tkáních. Přestože je vitamín B2 přítomen hlavně v těchto flavoproteinových enzymech, vyskytuje se také ve volných formách vitamínu v poměrně velkém množství v sítnici oka (McDowell, 2000).

Obecná funkce riboflavinu spočívá v oxidaci substrátu a tvorbě energie. Hlavní funkcí je přenášení vodíku mezi koenzymy obsahující niacin, NAD a NADP. Riboflavin působí ve flavoprotein-enzymových systémech, které napomáhají regulovat buněčný



metabolismus uhlohydrátů. Riboflavin je také důležitým faktorem v metabolismu aminokyselin, působící jako součást aminokyselinových oxidáz (Combs, 2017). Riboflavin hraje také důležitou roli v metabolismu tuků. Nedostatek vitamínu B2 byl prokázán u mladých přežvýkavců, jejichž flora v bacheru nebyla zcela rozvinutá. Nedostatek se projevuje vznikem lézí na pyskách, ztrátou srsti, nadměrnou tvorbou slz a slin. Méně specifické projevy jsou anorexie, průjem a snížený růst (McDowell, 2000).

#### **3.4.2.3 Vitamín B3**

Vitamín B3, jinak nazývaný niacin, kyselina nikotinová patří mezi vitamíny rozpustné ve vodě. Uplatňuje se v metabolismu jako koenzym oxidoreduktáz (NAD<sup>+</sup> a NADP<sup>+</sup>). Kyselina nikotinová je v organismu syntetizována z tryptofanu a není potřeba tento vitamín dodávat s potravou (Matouš, 2010).

#### **3.4.2.4 Vitamín B5**

Vitamín B5 neboli kyselina pantotenová je sloučenina složená z kyseliny pantoové a beta-alaninu. Vitamín B5 je hlavní složkou koenzymu A. Mezi projevy nedostatku patří apatie, svalová slabost. U alpak a lam však nejsou tyto příznaky v důsledku nedostatku pozorovány (Matouš, 2010).

#### **3.4.2.5 Vitamín B6**

Mezi základní funkce B6 neboli pyridoxinu patří schopnost, se po esterifikaci kyselinou fosforečnou, stát koenzymy různých aminotransferáz a dekarboxyláz aminokyselin. Příznaky nedostatku jsou nervové poruchy (Matouš, 2010), ale u lam a alpak nejsou pozorovány díky schopnosti syntézy ve vícekomorovém žaludku funkcí mikroorganismů (McDowel, 2000).

#### **3.4.2.6 Vitamín B9**

Vitamín B9 (kyselina listová) patří mezi vitamíny B-komplexu, jejichž metabolicky aktivní forma je kyselina tetrahydrolistová (Matouš, 2010). Je v organismu skladována v játrech, odkud je uvolněna do žluče, aby mohla být opět vstřebána v tlustém střevě pomocí enterohepatálního oběhu. Kys. Listová je po absorpci transportována krví buď ve volné formě nebo ve formě vázané na albumin (Kaneko a kol, 2008).

### **3.4.2.7 Vitamín B12**

Vitamín B12 známý také jako kobalamin je esenciální vitamín rozpustný v tucích zařazující se mezi B-komplex. Na bázi vitamínu B12 je připojena molekula kobaltu. Vitamín B12 má nejsložitější chemickou strukturu z vitamínů. Je syntetizován díky koenzymům methylkobalaminu a deoxyadenosylkobalaminu. Největší zásoba vitamínu B12 je v játrech, svalové tkáni a v ledvinách (McDowell, 2000). Tam je transportován pomocí specifického bílkovinného přenašeče transkobalaminu z krevního řečiště. Aby mohla resorpce ve střevě proběhnout, je nutná přítomnost vnitřního faktoru, který je produkován buňkami v žaludeční sliznici. Bez správné účinnosti tohoto faktoru se není schopno absorbovat sotva více než 1 % (Ledvina a kol., 2006). Dalšími faktory, které ovlivňují resorpci, je koncentrace vápenatých iontů, pH a žlučí (Combs, 2017). Denní potřeba vitamínu B12 je nejnižší ze všech vitamínů přijatých s potravou (Ledvina a kol., 2006).

Potřeba vitamínu B je u přežvýkavců pevně spjata s potřebou prvku kobaltu. Koncentrace kobaltu je závislá na půdních faktorech, druzích rostlin, stupni zralosti, klimatu a pH půdy. Přežvýkavci jsou schopni syntetizovat dostatečné množství vitamínu B12 pokud přijímají dostatečné množství kobaltu a pokud mají dobře fungující předžaludek. Jelikož narozená mláďata nemají funkční předžaludek, hrozí velké riziko nedostatku (McDowell, 2000).

Kobalamin se podílí na odbourávání aminokyseliny homocysteinu a také na přeměně methylmalonové kyseliny, čehož podstatou je, že se podílí na buněčném dělení. Dále se také podílí na krvetvorbě a hraje důležitou roli v udržení nervového systému.

U přežvykujících zvířat je někdy velmi těžké rozeznat příznaky nedostatku vitamínu B12 s důsledky podvýživy. Zvíře nemá chuť k jídlu a je apatické. Dochází k blednutí kůže a sliznic, v důsledku vzniku anémie. Často tyto problémy způsobí úhyn zvířete. Pro prevenci je nutné zajistit zvířeti vhodnou pastvu s dostatečným obsahem kobaltu (McDowell, 2000).

### **3.4.2.8 Vitamín C**

Vitamín C patří mezi esenciální vitamíny rozpustné ve vodě. Vyskytuje se především ve formě kyseliny askorbové a kyseliny dehydroaskorbové. Přestože většina vita-

mínu je ve formě kyseliny askorbové, jsou obě formy biologicky aktivní (Ledvina a kol., 2006).

Vitamín C se vstřebává podobně jako monosacharidy. Střevní absorpce je závislá na aktivním transportním systému. Kyselina je velmi snadno vstřebatelná, pokud je požitá v malém množství, až v 90 %. Kyselinu askorbovou zvířata přijmou buď v hotové formě, nebo ji tvoří z kyseliny glukoronové, která se dále dělí na kyselinu L-glukonovou, z které se po odštěpení molekuly vody tvoří gulonolakton, z něhož vzniká kyselina askorbová. K této syntéze dochází v játrech a ledvinách. Kyselina askorbová se nejvíce ukládá v hypofýze a nadledvinách (Jelínek a Koudela, 2003).

Vitamín C je antioxidační látka, která se spolu s vitamínem A a E podílí na udržení imunity organismu. Vitamín C se podílí na tvorbě kolagenu. Podílí se na řadě metabolických procesů, např. železa, žlučových kyselin, syntézy hormonů a také se podílí na metabolismu vitamínu B9. Zajišťuje prevenci proti kardiovaskulárním poruchám, díky jeho antioxidačním schopnostem chrání tuky buněčných membrán. Podporuje tvorbu protilátek (McDowell, 2000).

Potřeba vitamínu C se mění podle věku, pohlaví a je závislá na tělesném stavu. Větší potřeba je v době gravidity, kojení a také je nutné zvýšit její dávku při poškození ledvin. Při podání nadbytečného množství se vitamín C více vylučuje močí (Jelínek a Koudela, 2003).

Nedostatek vitamínu C se projevuje hlavně sníženou imunitou. Dále se také vytváří krváceniny. Může také docházet k osteoporóze (McDowell, 2000).

## **4 ZÁVĚR**

Hlavním cílem bakalářské práce bylo zpracovat literární přehled o nezbytnosti vitaminů ve výživě velbloudovitých. Vzhledem k náročné adaptaci velbloudovitých v našem prostředí, je nutné podávat vitaminy a ostatní potravinové doplňky, aby nedošlo k poruše imunity a k následným zdravotním problémům těchto zvířat.

V práci je vysvětlena problematika taxonomického zařazení velbloudovitých. Dále byly popsány fyziologické a anatomické znaky trávicí soustavy velbloudovitých a jejich výživa.

## 5 LITERATURA

### 5.1 Knižní zdroje

- BROMAGE, G., 2013: *Llamas and Alpacas A Guide to Management*. 1th ed., New York: Crowood, 208 s., ISBN 978-184-7975-829.
- FOWLER, M., 2010: *Medicine and surgery of camelids*. 3rd ed., Ames: Wiley-Blackwell, 644 s., ISBN 978-047-0961-698.
- FREERE, M., DOVE, H., NOLAN, J., V., 2007: *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. 1st ed., Melbourne: CSIRO Publishing, 270 s., ISBN 978-064-3092-624.
- CEBRA, CH., ANDERSON, D., E., TIBARY, A., VAN SAUN, R., J., JOHNSON, W., 2013: *Llama and alpaca care: medicine, surgery, reproduction, nutrition, and herd health*. 1th ed., Elsevier, 808 s., ISBN 978-1-4377-2352-6.
- COMBS, G., F., 2017: *The vitamins*. 5rd ed., United Kingdom: Academic Press, 608 s., ISBN 978-0128029657.
- MATOUŠ, B., 2010: *Základy lékařské chemie a biochemie*. 1. vyd., Galén, 540 s., ISBN 978-807-2627-028.
- MCDOWELL, L., R., 2000: *Vitamins in animal and human nutrition*. 2nd ed., Ames: Iowa State University Press, 793 s., ISBN 0-8138-2630-6.
- MCGRAW-HILL, 1990: *Grzimek's Encyklopedia of Mammals*, 2nd ed., 5 vols., New York: McGraw-hill Publishing company, 530 s., ISBN 0-07-909508-9
- KANEKO, J., HARVEY, J., BRUSS, M., 2008: *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 6th ed., New York: Academic Press, 846 s., ISBN 978-148-3273-655.
- LEDVINA, M., STOKLASOVÁ, A., CERMAN, J., 2006: *Biochemie pro studující medicíny*. II. díl, Praha: Karolinum, 561 s., ISBN 80-246-0851-0
- TROJAN, S., 2003: *Lékařská fyziologie*. 4rd. ed., Praha: Grada Publishing, a.s., 772 s., ISBN 80-247-0512-5
- QUINN, P., J., KAGAN, V., E., 2013: *Subcellular biochemistry: Fat-soluble vitamins*. 1st ed., New York: Springer Science, 533 s., ISBN 978-148-9917-911.

- JELÍNEK, P., KOUDELA, K. a kol., 2003: *Fyziologie hospodářských zvířat*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 161–172 s., ISBN 80-7157-644-1.
- PUSCHMANN, W., ZSCHEILE, D., ZSCHEILE, K., 2013: *Savci: Chov zvířat v zoo: Zvířata v lidské péči*, 1. vyd., Dvůr Králové nad Labem: ZOO Dvůr Králové, 245 s., ISBN: 978-80-905184-3-8.
- REECE, W., O., 2011: *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. 2. vyd., Praha: Grada Publishing, 473 s., ISBN 978-80-247-3282-4.
- TAMIME, A., Y., 2005: *Probiotic Dairy Products*. 1st ed., Ames: Blackwell Publishing Ltd., 256 s., ISBN 978-1-4051-2124-8.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004: *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*. 2nd ed., Rome: FAO, 341 s., ISBN 92-4-154612-3.

## 5.2 Časopisecké zdroje

- VAN SAUN R.J., 2006: Nutritional diseases of South American camelids. Small Ruminant research, 61(2): 153-164. ISSN 0921-4488.

## 5.3 Internetové zdroje

- AAA Inc. Education & Training Sub-committee, 2008, In: Husbandry Mineral and Vitamin supplements, [online]. [cit. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://www.alpacasouthern.com.au/pdf/AAAVitaminsLeaflet07Sep13B.pdf>
- ALTIZIO, B., WESTENDORF, L.M., Extension Specialist in Animal Sciences, 2004, Llamas and Alpacas, In: Rutgers cooperative Research & Extension, [online]. [cit. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://jefferson.uwex.edu/files/2013/02/Llamas-Alpacas-Rutgers-University.pdf>
- Fat-Soluble Vitamins and Nutrients, In: 2nd National Report on Biochemical Indicators of Diet and Nutrition in the U.S. Population, [online]. [cit. 2017-02-22]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/nutritionreport/pdf/Fat.pdf>
- HERKUNFT, 2011, Haltung und tiermedizinische Besonderheiten, Kameliden, In: Synlab Labordienstleistungen, [online]. [cit. 2017-02-22]. Dostupné z:

- [http://www.synlab.sk/fileadmin/fachinformationen/fi\\_vet/FI-Kameliden\\_10-2011\\_web.pdf](http://www.synlab.sk/fileadmin/fachinformationen/fi_vet/FI-Kameliden_10-2011_web.pdf)
- KING, W. M., Vitamins: Water and Fat Soluble, 1996–2017, In: [themedicalbiochemistrypage.org](http://themedicalbiochemistrypage.org), LLC, [online]. [cit. 2017-02-22]. Dostupné z: <https://themedicalbiochemistrypage.org/vitamins.php>
- LAVRÍKOVÁ, P., FONTANA J., TRNKA, J. Vitaminy a výživa, In: Funkce buněk a lidského těla, 2015[online]. [cit. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://fb.lt.cz/skripta/ix-travici-soustava/7-vitaminy-a-vyziva>
- VAN SAUN, R. J., Vitamin D Rickets: Diagnosis, Treatment and Prevention, In: Department of Veterinary and Biomedical Sciences Penn State University, 2001 [online]. [cit. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://www.northsoundalpacas.org/uploads/9/9/4/7/9947269/vitamindricketts.pdf>
- VAUGHAN, J., Top ten tips of alpaca nutrition, In: Criagenesis, 2009 [online]. [cit. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://criagenesis.cc/wp-content/uploads/2015/11/CriaGenesis-adult-nutrition1.pdf>
- BUDD, S., The Alpaca Digestive System, In: Alpaca Overview, 2013 [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://alpacasofmontana.blogspot.cz/2013/03/the-alpaca-digestive-system.html>
- NADACE NUTRIVIT, Beta-karoten, In: [celostnimedicina.cz](http://celostnimedicina.cz), 2015 [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <https://www.celostnimedicina.cz/beta-karoten.htm>
- SMITH, M.-J., Rickets and Vitamin D, In: Bozdown Alpacas, 2017 [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.bozdown-alpacas.co.uk/alpaca-care/rickets-and-vitamin-d/>