

## 5. přednáška

### Téma přednášky:

1. Význam a obecná charakteristika vitamínů, vitamíny rozpustné

v tucích a ve vodě

2. Antinutriční látky ve výživě zvířat

### Cíl přednášky:

Cílem přednášky je seznámit studenty s rozdělením vitamínů a jejich obecnou charakteristikou. První část přednášky bude věnována vitamínům rozpustným v tucích a ve vodě, které jsou nezbytné pro zdraví a užitkovost zvířat. Studentům bude vysvětlena chemická charakteristika vitamínu, jeho význam ve výživě zvířat, doporučená denní dávka, klinické projevy nedostatku nebo nadbytku ve výživě a krmiva bohatá na příslušný vitamín. Ve druhé části přednášky budou studenti stručně seznámeni s antinutričními látkami a mykotoxiny, se kterými se mohou setkat v krmivech určených pro výživu zvířat.

### Význam a charakteristika vitamínů

Předpokladem optimální výživy, při které organizmus zvířete zůstává zdravý a splňuje vysoké nároky na užitkovost, je dostatečné a dlouhodobé zásobení těla energií, bílkovinami (obzvláště obsahující esenciální aminokyseliny, tedy ty, které si tělo neumí samo vyrobit), tuky (obsahující esenciální mastné kyseliny, o kterých platí totéž, co o esenciálních aminokyselinách), cukry a v neposlední řadě vitamíny, minerály a dalšími takzvanými stopovými prvky (ty se v těle vyskytují pouze v minimálních množstvích). Čím větší je příjem energie, tím větší je však také potřeba vitamínů, minerálů a stopových prvků. Tato skutečnost pak vede k nutnosti zvážit poměr množství přijímaných živin s jejich skutečnou potřebou nejen z pohledu příjmu energie, ale i z pohledu příjmu vitamínů a stopových prvků.

Nároky na příjem vitamínů rostou s vysokými nároky kladenými na užitečnost zvířat, ale i v období březosti a po porodu, či v průběhu onemocnění zvířat. **Vitamíny jsou organické sloučeniny, které jsou pro tělo nepostradatelné, i když jejich množství, které organismus potřebuje, je velmi malé.** Převážnou většinu z nich si však organismus není schopen sám vyrobit a musí je přijímat hotové v krmivu. Pro výše uvedené vlastnosti **se vitamíny také řadí mezi takzvané „nepostradatelné“ neboli „esenciální“ látky.** Po chemické stránce mají vitamíny velmi rozmanitou strukturu. Vedle svého názvu bývají také často označovány písmeny, případně ještě i číselným indexem. **V těle plní vitamíny funkci takzvaných katalyzátorů, to znamená látek umožňujících průběh některých důležitých chemických reakcí, které by v jejich nepřítomnosti prakticky nemohly proběhnout.** Vitamíny se dostávají do těla buďto již hotové, nebo ve formě takzvaných provitaminů, látek ze kterých pak v těle vzniknou odpovídající vitamíny ve své konečné podobě. Možnost organismu tvořit si zásoby je u různých vitamínů velmi rozdílná. Proto **je velmi důležitý jejich pravidelný přísun, i když stačí jen malá množství.** Je třeba ještě podotknout, že vitamíny nepředstavují pro organismus žádný zdroj energie a nejsou v těle používány ani jako stavební materiál. Vitamíny nejčastěji dělíme podle jejich fyzikálně-chemických vlastností v zásadě na dvě velké skupiny:

**1) vitamíny rozpustné v tucích (vitamíny A, D, E, K)**

**2) vitamíny rozpustné ve vodě (vitamíny B1, B2, B6, B12, C, PP, kyselina listová, biotin, kyselina pantotenová)**

**Vitamíny rozpustné v tucích je tělo schopno získat ze zažívacího ústrojí pouze tehdy, jsou-li zároveň v krmivech obsaženy tuky a organismus je schopen je vstřebat.** Protože neexistuje jiný způsob, jak by se tyto vitamíny mohly v těle vstřebat, může v případě nepřítomnosti tuků v potravě dojít ke vzniku chorobného stavu způsobeného nedostatkem některého vitamínu z této skupiny. **Vitamíny rozpustné v tucích jsou skladovány v poměrně značných množstvích v játrech,** čímž je umožněno oddálení vzniku projevů jejich nedostatku. Jejich vyloučení z těla v případě nadměrného přívodu je však obtížnější, protože se nevyklučují do moči, a proto **může snáze dojít k onemocnění způsobeným jejich nadbytkem.** Vitamíny rozpustné ve vodě přítomnost tuků v zažívacím ústrojí nevyžadují. Ve stěně střev jsou vytvořeny zvláštní systémy, kterými se tyto vitamíny aktivně vstřebávají. **Vitamíny rozpustné ve vodě není organismus schopen skladovat ve větším množství, proto se jejich nedostatek může projevit poměrně brzy.** Jejich rozpustnost ve vodě však také umožňuje jejich rychlejší vyloučení močí a proto jsou **onemocnění způsobená jejich nadměrným přísunem poměrně**

**vzácná.** Jak již bylo řečeno, schopnost organismu tvořit si zásoby vitamínů se liší podle toho, o kterou skupinu vitamínů jde. Poměrně velké zásoby mohou být u vitamínů rozpustných v tucích (A, D, E, K) a u vitamínu B<sub>12</sub>, naopak u většiny vitamínů rozpustných ve vodě prakticky žádné zásoby v těle neexistují a pokud přece jen nějaké minimální jsou, pokryjí požadavky organismu pouze na velmi krátkou dobu. Některé vitamíny, především ze skupiny vitamínů rozpustných v tucích (vitamíny A a D), lze předávkovat a za těchto podmínek se pak mohou projevit jejich škodlivé účinky. Vitamíny rozpustné ve vodě prakticky předávkovat nelze, protože jejich nadbytečné množství je vyloučeno močí.

**Nedostatek vitamínů se v organismu projevuje jako chorobný proces nazývaný hypovitaminóza.** **úplné chybění pak avitaminóza, což je však jev velmi vzácný.** Příčinou jejich vzniku **nemusí být pouze nedostatečný obsah vitamínů v potravě,** ale i jejich **zvýšená spotřeba v organismu** například během březosti, v období laktace, při některých onemocněních, zvláště horečnatých, poškození složení bakterií osidlujících zažívací ústrojí – předžaludky, tlusté střevo (například při podávání antibiotik), při podávání některých léků s opačným účinkem než jaký mají vitamíny atd. V tomto případě mluvíme o tzv. **relativní hypovitaminóze.** Stejně jako nedostatek vitamínů může za určitých okolností vzniknout v těle také chorobný proces způsobený jejich **nadbytečným přívodem - hypervitaminóza.** Toto onemocnění bývá obvykle popisováno u vitamínů rozpustných v tucích (zvláště A a D). U vitamínů rozpustných ve vodě (například vitamín C) je nebezpečí vzniku onemocnění z předávkování výrazně nižší, protože velká část nadbytečného množství vitamínu může být vyloučena močí.

**Faktory, které ovlivňují potřebu vitamínů jsou zejména věk, pohlaví a fyziologický stav, vliv vnějšího prostředí, stupeň a intenzita látkové výměny a složení potravy.** Mladší věkové kategorie v období růstu a jejich dalšího vývoje jsou citlivější a vnímavější na nedostatek vitamínů. Zvýšené nároky na dostatek vitamínů jsou také, jak již bylo zmíněno, během březosti a laktace. Nároky na vitamíny rostou při zvýšené ekologické zátěži a při fyzické a psychické zátěži zvířete. Rovněž při stoupající úrovni metabolismu stoupá i potřeba vitamínů. Pokud jde o složení krmiva, některé živiny zvyšují nároky na příjem vitamínů (zvýšený příjem cukru obvykle vyžaduje i zvýšený příjem vitamínu B<sub>1</sub>, zvýšený příjem vápníku vyžaduje zvýšený příjem vitamínu D, nadměrný příjem soli vyžaduje i zvýšený příjem vitamínu C atd.).

## Vitamíny rozpustné v tucích

### Vitamín A (retinol)

Vitamín A je tmavočerná látka, která účinkem ultrafialového záření v přítomnosti kyslíku ztrácí účinnost. **Vitamín A může být přijímán potravou buď ve své konečné podobě již jako retinol, nebo jako tzv. provitamin  $\beta$  – karoten (částečně také  $\alpha$  - karoten),** ze kterého se pak retinol v organismu vytvoří. Pro přepočítání  $\beta$  – karotenu na retinol se uvádí vztah, kde **0,5 g retinolu (1 667 000 m. j.) = 1 g  $\beta$  – karotenu.** Konverze  $\beta$  – karotenu na vitamín A enzymem karotenázou však není nikdy úplná, kolísá od 0 do 90 % a v průměru je asi 30 %. Aktivita tohoto vitamínu se uvádí v mezinárodních jednotkách a platí přepočítání, kdy **1 mg retinolu = 3 333 m.j.**

Vitamín A se ukládá v játrech, kde tvoří zásoby, méně pak v ledvinách a tukové tkáni.

### Příklady doporučený denních dávek

Dojnice (na kg sušiny KD)	10 000 m. j.
Jalovice – odchov (na kg sušiny KD)	8 000 m. j.
Býk výkrm (na kg sušiny KD)	6 000 m. j.
Prase výkrm, 50 kg – vit. A v 1 kg KS	2 250 m. j.
Prasnice kojící, 175 kg – vit. A v 1 kg KS	6 000 m. j.
Brojleři výkrm – vit. A v 1 kg KS	12 000 m. j.
Slepice (nosnice) – vit. A v 1 kg KS	10 000 m. j.

### Význam

Vitamín A je nezbytný pro funkci sítnice oka, pro tvorbu a správnou funkci krycích buněk kůže a sliznic, pro růst organismu a v neposlední řadě hraje také významnou roli při tvorbě bílkovin a některých hormonů. **Provitamin  $\beta$  – karoten se vyznačuje antioxidačními vlastnostmi.**  $\beta$  – karoten spolu s vitamínem E hraje velmi důležitou roli při ochraně buněk před účinky volných radikálů. Velmi významná je jeho funkce proti infekční, poškozený epitel sliznice střeva a dýchacích cest snadno propouští choroboplodné zárodky. Je

nejdůležitějším vitamínem pro zárodečný epitel ve vaječnicích a ve varlatech. Vitamín A je důležitý hlavně pro březí plemence a pro mladá zvířata.

### **Projevy nedostatku**

S těžkými formami onemocnění způsobenými nedostatkem vitamínu A se dnes ve výživě zvířat často neseťkáváme. Častěji se však setkáváme s lehčími formami jeho nedostatku (hypovitaminóza). Nejčasnějším příznakem hypovitaminózy způsobené nedostatkem vitamínu A bývá zpomalení adaptace (přizpůsobení se) zraku při přechodu ze světla do tmy, později až šeroslepost. Při déle trvajícím nedostatku pak vznikají změny na sliznicích a pokožce (suchost spojivek a zhrubnutí kůže), snižuje se odolnost organismu proti infekcím, zastavuje se růst u mladých zvířat, klesá užitkovost a horší se hojení ran. Nedostatek vitamínu A v době březosti může způsobit poruchy pohlavních orgánů vyvíjejícího se plodu. Nedostatek vitamínu A se obvykle dostavuje koncem zimního krmení, hlavně u skotu.

### **Projevy nadbytku**

Vitamín A je také možno předávkovat, a to pokud je podáván ve vysokých dávkách jako lék. Při nadbytku vitamínu A dochází k vypadávání srsti, krváceninám a k revmatickým bolestem v kloubech. Objevuje se apatie, snížení příjmu krmiva, pokles užitkovosti a zvracení. Při velmi vysokých dávkách může dojít k poškození jater. Větší dávky vitamínu A během březosti mohou působit závažné poruchy v nervovém a kardiovaskulárním systému plodu.

Zatímco vitamín A je možné předávkovat, v případě  $\beta$  – karotenu tento případ nebyl prokázán.

**Hlavními zdroji vitamínu A nebo jeho provitaminů jsou:** krmiva rostlinného původu obsahují pouze karotenoidy, vitamín A je přítomen pouze v krmivech živočišného původu. Zvláště vysoký obsah karotenů mají rostliny bohatě olistěné, v nejmladších vývojových stádiích. Stářím jeho obsah klesá. Vysoký obsah karotenů dále má řepný chrást, skrojky, krmná kapusta.

Konzervace zelené píce a uskladnění usušené objemné píce je spojeno se značnými ztrátami na karotenech. Zrno obilnin, brambory, řepa mají nízký obsah karotenů.

## Vitamín D (kalciferol)

Skupina vitamínu D je tvořena několika biologicky účinnými látkami, které označujeme jako kalciferoly. Jedná se o bezbarvé krystalické látky rozpustné v tucích. Nejznámější z této skupiny jsou **vitamín D<sub>2</sub> (ergokalciferol) a vitamín D<sub>3</sub> (cholecalciferol)**, které se v účinku na organismus se prakticky neliší. **Vitamín D<sub>3</sub> vzniká v těle, a to v kůži účinkem ultrafialového záření** (opalování). Tuto schopnost výroby vitamínu v kůži si osvojili suchozemští obratlovci přibližně před 300 milióny let, kdy se přesunuli z oceánu, který byl bohatý na vápník. Syntéza působením slunečního záření by měla stačit na pokrytí až 80 % denní potřeby, v závislosti na zeměpisné šířce a ročním období. Cholecalciferol se nachází v krmivech živočišného původu. U rostlin je prekurzorem ergosterol a rostlinný vitamín D je pak ergokalciferol, neboli vitamín D<sub>2</sub>. Kalciferoly jsou poměrně stálé při vyšších teplotách. Aktivita se uvádí v mezinárodních jednotkách a platí přepočít **1 g vitamínu D<sub>3</sub> = 40 milionů m.j. Jedna m. j. je tedy 0,025 µg vitamínu D<sub>3</sub>.**

### Příklady doporučený denních dávek

Dojnice (na kg sušiny KD)	1 500 m. j.
Jalovice – odchov (na kg sušiny KD)	1 000 m. j.
Býk výkrm (na kg sušiny KD)	750 m. j.
Prase výkrm, 50 kg – vit. D <sub>3</sub> v 1 kg KS	400 m. j.
Prasnice kojící, 175 kg – vit. D <sub>3</sub> v 1 kg KS	600 m. j.
Brojleři výkrm – vit. D <sub>3</sub> v 1 kg KS	3 000 m. j.
Slepice (nosnice) – vit. D <sub>3</sub> v 1 kg KS	2 000 m. j.

### Význam

Vitamín D má vliv především **na regulaci vstřebávání a vylučování vápníku a fosforu** trávicím ústrojím a ledvinami, tvorbu a přetváření kostí, udržení hladiny vápníku v krvi (spoluúčastní se ještě některé hormony).

Vitamín D vzniklý v kůži vlivem ÚV záření je krví transportován do jater, kde dochází k jeho částečné přeměně, která je dokončena v ledvinách. Vzniklé látky se svou biochemickou aktivitou spíše podobají hormonům. Jednou z těchto látek je kalcitriol, který zvyšuje vstřebávání vápníku a fosforu ve střevě a tím zvyšuje přísun z potravy. Dokáže také část vylučovaného vápníku a fosforu v ledvinách vrátit zpět do krve. Je-li vitamínu D nadbytek, je obsah obou prvků vysoký a projeví se to selháním ledvin.

K poruchám v hospodaření s vápníkem nemusí dojít pouze z důvodu nedostatku vitamínu D, ale i poruchou v tvorbě kalcitriolu v ledvinách.

### **Projevy nedostatku**

Nedostatek vitamínu D vzniká velmi pomalu při nedostatku slunce, nedostatečném přísunu vitamínu D potravou, při některých onemocněních střev, jater a ledvin. Projevy nedostatku se liší podle věku, kdy tato situace nastane. **U mladých rostoucích vznikne křivice (rachitis), u dospělých pak dojde k takzvanému „měknutí kostí“ (osteomalacii).** Objevují se bolesti v zádech, končetinách, chůze se stává obtížnou, kosti se mohou deformovat, defekty zubní skloviny. V obou případech nevzniká onemocnění jako přímý důsledek nedostatku vitamínu D, ale dochází vlivem jeho nedostatku k poruchám v hospodaření s vápníkem a fosforem.

**Na nedostatek vitamínu D jsou zvláště citlivé vysokoprodukční dojnice,** u nichž po porodu dochází k špatnému zčištění, dostávají se nepravidelné a prodloužené říje. Vitamín D je také nutné zajistit v optimálním množství u vysokobřezích dojnic.

**U prasat** se deficit vitamínu D projevuje ztrátou chuti, slabším růstem, sníženou odolností vůči infekcím, otokem kloubů, zhoršenou chůzí a křečemi v zadních končetinách. **U slepic** dochází k poklesu snášky, zhoršená kvalita skořápky.

### **Projevy nadbytku**

Stejně jako vitamín A lze předávkovat i vitamín D. **Hypervitaminóza vitamínu D** se projevuje nevolnostmi, zvracením, dochází ke zvýšení krevního tlaku, pokles příjmu krmiva, pocit žízně, svědění pokožky, průjmy a snižování tělesné hmotnosti. **Dlouho trvající nadbytek vede k nadměrnému ukládání vápníku, především v ledvinách a může vést až k jejich selhání.**

**Největšími zdroji vitamínu D v krmivu jsou** seno, především vojtěškové seno, krmiva živočišného původu.

## Vitamín E ( tokoferol)

Opět se jedná o nejednotnou skupinu látek, které patří do skupiny tokoferolů a za zmínku stojí 4 sloučeniny označované jako  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  a  $\delta$  – tokoferol. **Nejúčinnější forma je  $\alpha$  – tokoferol.** Jsou to bezbarvé nebo slabě nažloutlé viskózní oleje, velmi dobře rozpustné v tucích. V kyselém prostředí jsou stálé i při 100 °C, v zásaditém prostředí se za vyšších teplot rozkládají. Jsou velmi citlivé na přítomnost kyslíku a snadno se oxidují. Vitamín E je v organismu redukčně regenerován askorbátem.

### Příklady doporučený denních dávek

Dojnice (na kg sušiny KD)	20 mg
Jalovice – odchov (na kg sušiny KD)	18 mg
Býk výkrm (na kg sušiny KD)	15 mg
Prase výkrm, 50 kg – vit. E v 1 kg KS	14 mg
Prasnice kojící, 175 kg – vit. E v 1 kg KS	24 mg
Brojleři výkrm – vit. E v 1 kg KS	50 mg
Slepice (nosnice) – vit. E v 1 kg KS	15 mg

### Význam

**Nejcharakterističtější pro vitamín E jsou jeho antioxidační vlastnosti,** čímž zabraňuje rozpadu jiných důležitých látek (například vitamínu A, některých hormonů, enzymů, atd.). Výsledkem těchto vlastností je ochrana buněk před poškozením nebo dokonce zničením, zpomalení procesů stárnutí, zlepšení funkce imunitního systému a zlepšení hojení ran. Zvyšuje rezistenci vůči některým onemocněním (např. mastitidě) a má příznivé účinky na stabilitu masa a jiných produktů živočišného původu při delším skladování. Má také **vliv na zdravý vývoj reprodukčních orgánů.** Podílí se na stabilitě buněčných membrán a zlepšuje využití vitamínu A a D.



## Projevy nedostatku

Protože vitamín E bývá v krmivech zastoupen v dostatečném množství, **výskyt onemocnění spojených s jeho nedostatkem není častý.** Pokud dojde k deficitu tohoto vitamínu v krmné dávce, projevuje se to tzv. **encefalomálií** především u nejrychleji rostoucích mláďat s velmi intenzivním metabolismem (kuřata). U telat, jehňat, kuřat a krůťat se deficitní stav vitamínu E projevuje jako **svalová dystrofie**. Pro plodnost má menší význam, avitaminózu ve smyslu poškození plodnosti je u zvířat těžké vyvolat. Největší nároky na vitamín E mají mláďata, hlavně kuřata a plemenná zvířata.

Jak již bylo řečeno, **vitamín E je obsažen v převážné většině krmiv.** Nejlepším přirozeným zdrojem je zelená píce, vojtěškové seno, kukuřičné a pšeničné klíčky.

## Vitamín K (chinony)

Podobně jako v jiných případech se ani zde nejedná o jednu látku, ale o skupinu odvozenou od naftochinonů přirozeného nebo syntetického původu. Jedná se o žluté krystalické látky. **Rozlišujeme čtyři skupiny vitamínu K.** Vitamín K<sub>1</sub> (fylochinon), který je obsažen především v rostlinách, a to v jejich zelených částech, vitamín K<sub>2</sub> (farnochinon), který je tvořen bakteriemi sídlícími v trávicím traktu, a vitamíny K<sub>3</sub> (menadion) a K<sub>4</sub>, které byly vyrobeny uměle a které jsou rozpustné ve vodě, nikoli v tucích. Resorpce probíhá v tlustém střevě. Pro vstřebání je nezbytná žluč. V organismu se rezervy vitamínu K nevytvářejí, a to ani v játrech.

## Příklady doporučený denních dávek

Prase výkrm, 50 kg – vit. K v 1 kg KS	1,5 mg
Prasnice kojící, 175 kg – vit. K v 1 kg KS	2 mg
Brojleři výkrm – vit. K v 1 kg KS	2 - 3 mg
Slepice (nosnice) – vit. K v 1 kg KS	1 mg

## **Význam**

**Základní a nejdůležitější funkcí vitamínu K je to, že je nezbytný pro tvorbu faktorů nutných pro normální průběh srážení krve.** Vitamín K totiž umožňuje vazbu funkčních skupin na bílkoviny, které se procesu srážení účastní. Tyto skupiny pak následně váží vápník, což v dalším kroku umožní přeměnu protrombinu na účinný trombin. Tento enzym umožní vznik fibrinové sítě, na které se zachycují červené a bílé krvinky. Vytváří se tak sraženina, uzavírající poraněné místo. Mimoto se vitamín K účastní také některých dalších důležitých biochemických pochodů probíhajících v organismu. Důležité je, že v těle se mohou tvořit poměrně značné zásoby vitamínu K a může být také tvořen bakteriemi osidlujícími trávicí trakt.

Poslední výzkumy vitamínu K ukazují, že umožňuje vazbu funkčních skupin na kostní bílkovinu osteokalcin. Tato bílkovina se pak vyznačuje schopností vázat vápník a tím vytvářet odpovídající strukturu kostí.

## **Projevy nedostatku**

**Nedostatek vitamínu K, který se projevuje především krvácivostí, se za normálních okolností nevyskytuje.** Deficit vitamínu K vede k nedostatečné tvorbě protrombinu v krvi a následně k prodloužení srážlivosti krve. Poruchy srážlivosti krve se mohou projevit i po dlouho trvajících průjmech v důsledku špatné resorpce vitamínu K. Projevy nedostatku tohoto vitamínu se vyskytují především u nosnic, kterým jsou podávána kokcidiostatika, zejména sulfonamidového typu. Podáváme-li zvířatům látky, které potlačují mikroorganismy trávicího traktu (antibiotika, kokcidiostatika apod.), je třeba vitamín K přidávat.

**Mezi nejbohatší zdroje vitamínu K patří** zelené píce – vojtěška, luční porost, vojtěšková moučka. Fortifikace krmných směsí vitamínem K je nutná především u drůbeže a to zejména v těch případech, kdy součástí krmných směsí jsou kokcidiostatika.

## Vitamíny rozpustné ve vodě

### Vitamín B<sub>1</sub> (thiamin)

Vitamín B<sub>1</sub> je v čistém stavu bílá, krystalická látka s typickou chlebovou vůní a hořkou chutí, velmi dobře rozpustná ve vodě. Vitamín je při 100 °C stabilní a je rovněž poměrně termostabilní v kyselém prostředí. Tuto stabilitu však rychle ztrácí v neutrálním a zásaditém prostředí. Vitamín B<sub>1</sub> je obsažen prakticky ve všech krmivech živočišného i rostlinného původu, avšak ve většině z nich pouze v menším množství.

### Příklady doporučených denních dávek

Prase výkrm, 50 kg – vit. B <sub>1</sub> v 1 kg KS	1,2 mg
Prasnice kojící, 175 kg – vit. B <sub>1</sub> v 1 kg KS	1,5 mg
Brojleři výkrm – vit. B <sub>1</sub> v 1 kg KS	2 mg
Slepice (nosnice) – vit. B <sub>1</sub> v 1 kg KS	2 mg

### Význam

Vitamín B<sub>1</sub> plní v těle mnoho významných funkcí především v oblasti látkové přeměny. Obzvláště důležitý je pak pro tkáně a orgány, které získávají energii zpracováním cukrů (nervové buňky, svalová tkáň). **Zasahuje významně do metabolismu glycidů.** Denní potřeba vitamínu B<sub>1</sub> se zvyšuje se zvýšeným výdejem energie, při svalové práci a během březosti. Thiamin se v těle neukládá, tělo vylučuje momentální nadbytek močí a proto je nutné tento vitamín průběžně dodávat.

### Projevy nedostatku

Vzhledem k tomu, že vitamín B<sub>1</sub> se uplatňuje v procesu metabolismu glycidů, tak **při jeho avitaminóze se hromadí v krvi kyselina pyrohroznová, která působí na nervovou soustavu a vyvolává polyneuritické křeče.** Podáním thiamínu následuje okamžitá náprava. S **polyneuritis** se můžeme setkat u mladé drůbeže. **Projevuje se křečemi, zvrácením hlavy, nechutenstvím, zpomalením růstu a poklesem živé hmotnosti.** Rovněž u koní se deficit

vitamínu B<sub>1</sub> projevuje poruchami pohybové koordinace. **U člověka se avitaminóza vitamínu B<sub>1</sub> označuje za onemocnění zvané beri-beri.** Při mírnějších formách (hypovitaminóze) se objevuje nechutenství, svalová slabost, únavnost, bolesti končetin, poruchy emoční rovnováhy, poruchy nervového systému, atd.

Vitamín B<sub>1</sub> je produkován též mikroorganismy trávicího traktu přežvýkavců, a proto nejsou polygastrická zvířata nucena čerpat tento vitamín z potravy. U koní dochází ke tvorbě thiamínu v prostorách slepého a tlustého střeva rovněž životní činností mikroorganismů.

**Nejvíce vitamínu B<sub>1</sub> je obsaženo** v kvasnicích, drožd'ovaných krmivech, zelený jetel a vojtěška, jetelové a vojtěškové seno.

### **Vitamín B<sub>2</sub> (riboflavin)**

Riboflavin je v čistém stavu slabě rozpustný ve vodě a krystalizuje v jemných oranžově žlutých jehličkách. Je bez zápachu, hořké chuti. V neutrálním prostředí intenzivně fluoreskuje, což způsobuje známou nažloutlou barvu syrovátky. **Je poměrně hodně stálý při zahřívání v kyselých roztocích. Naproti tomu v neutrálních a zásaditých roztocích je nestálý a podléhá rozkladu. Mimořádně citlivý je na světlo, účinkem světla se rozkládá.** Například mléko vystavené slunečnímu záření po dobu 2 hodin ztrácí až 85 % riboflavinu. Jeho ztráty tepelným zpracováním jsou obvykle nižší než u thiamínu, je tedy termostabilní. Riboflavin se v těle neukládá. Je vylučován tuhými výkaly a močí.

### **Příklady doporučených denních dávek**

Prase výkrm, 50 kg – vit. B <sub>2</sub> v 1 kg KS	3 mg
Prasnice kojící, 175 kg – vit. B <sub>2</sub> v 1 kg KS	4 mg
Brojleři výkrm – vit. B <sub>2</sub> v 1 kg KS	5 mg
Slepice (nosnice) – vit. B <sub>2</sub> v 1 kg KS	6 mg

## Význam

**Riboflavin stejně jako předchozí thiamín hraje významnou roli v procesu látkové přeměny tuků, cukrů i aminokyselin.** Ve všech buňkách a tkáních má funkci flavinového koenzymu (látky ulehčující a urychlující průběh některých biochemických reakcí). Podle některých výzkumů hraje roli i v procesu vidění. Jeho přesná funkce však také ještě nebyla do všech podrobností prozkoumána.

Zásoby riboflavinu v těle jsou malé. Jeho potřeba stoupá při zvýšení látkové přeměně, například při svalové práci, březosti, horečce, atd.

## Projevy nedostatku

Nedostatek vitamínu B<sub>2</sub> se často druzí i s nedostatkem ostatních vitamínů skupiny B a s dalšími závadami ve výživě. Projev hypovitaminózy riboflavinu je většinou mírný a nespecifický. **Příznakem jsou poruchy růstu, velmi se snižuje líhnivost vajec, deformace končetin u drůbeže. Postiženy bývají především kůže a sliznice.** Dalšími projevy hypovitaminózy je tvorba ragád (puklin) v koutcích dutiny ústní, porucha mazových žlázek a z toho pramenícímu postižení kůže, vypadávání srsti, postižení oční spojivky, jazyka, porucha krvetvorby a narušení reprodukčního cyklu.

Vzhledem k tomu, že riboflavin se v těle neukládá do zásoby, je nutné zajistit jeho trvalý přívod do organismu v krmných dávkách a to zejména u drůbeže a prasat s vysokou užitkovostí.

**Vitamin B<sub>2</sub> je obsažen především** ve vnitřnostech, ve vejcích, v sýrech a v mase, v kvasnicích, v povrchové vrstvě obilovin, v naklíčených semenech a v mléce, vojtěškové seno a úsušky, rybí moučka.

## Vitamín B<sub>3</sub> (vitamín PP, kyselina nikotinová, niacin)

V přírodě jsou **kyselina nikotinová a její amid** hojně rozšířeny. **Zatímco v rostlinném materiálu převažuje především forma kyseliny,** **v živočišných tkáních především amid.** Vitamín B<sub>3</sub> se označuje také jako vitamín PP, který se ve své účinné formě v organismu účastní především těch biochemických pochodů, které slouží k získávání energie. **Kyselina nikotinová neboli niacin je někdy požadována za provitamín.** **Druhá forma amid kyseliny nikotinové, neboli niacinamid, je považovaný za vlastní vitamín.** V čistém stavu jsou to bezbarvé krystalické látky, poměrně stálé a dobře rozpustné ve vodě. Obě formy jsou fyziologicky stejně účinné. Vzhledem k jejich stálosti jsou ztráty při zpracování a uchování malé. Většinou jsou nižší než 10 %.

**Mimo příjmu vitamínu B<sub>3</sub> potravou je organismus schopen si tento vitamín také vytvořit z aminokyseliny tryptofanu, z 60 mg tryptofanu vznikne v těle přibližně 1 mg niacinu.**

### Příklady doporučených denních dávek

Dojnice (na kg sušiny KD)	280 mg
Jalovice – odchov (na kg sušiny KD)	90 mg
Býk výkrm (na kg sušiny KD)	50 mg
Prase výkrm, 50 kg – vit. B <sub>3</sub> v 1 kg KS	12 mg
Prasnice kojící, 175 kg – vit. B <sub>3</sub> v 1 kg KS	16 mg
Brojleři výkrm – vit. B <sub>3</sub> v 1 kg KS	35 - 60 mg
Slepice (nosnice) – vit. B <sub>3</sub> v 1 kg KS	30 mg

### Význam

Se zvýšenými nároky na přísun vitamínu B<sub>3</sub> se setkáváme v období růstu, během březosti, při těžké práci a horečnatých onemocněních. Podobně jako u thiamínu, ani niacin se v těle neukládá a musí být proto do těla průběžně dodáván. **Niacinamid je součástí dvou**

**koenzymů NAD a NADP. Tyto koenzymy působí jako přenašeče vodíku a mají životně důležitou roli v látkové přeměně, především v metabolismu glycidů, tuků i bílkovin, při získávání energie a při tvorbě nových sloučenin.** Zapojuje se do mechanismů regulace krevního tlaku a sehrává roli při syntéze pohlavních hormonů.

### **Projevy nedostatku**

**Nedostatek niacinu se projevuje v případech, kdy výživa zvířat, ale i člověka je založena především na kukuřici, ve které je malý obsah niacinu a aminokyseliny tryptofanu.** U lidí způsobuje těžké kožní změny (dermatitis, spolu s dalšími změnami je onemocnění označováno jako **pellagra**), dále se může projevit postižením trávicího ústrojí (průjmy), nervového systému, nervozitou, nespavostí, bolestmi hlavy, slabostí, v těžkých případech i demencí. Podobné příznaky jsou i u zvířat. Krmné směsi založené na bázi kukuřice se z tohoto důvodu fortifikují nikotinamidem.

**Niacin je obsažen především** v kvasnicích, vnitřnostech (játra), v rybí moučce a ve vejcích, v pšeničných otrubách, v pšeničných klíčcích, v hrachu, ve vojtěškových úsušcích a senu.

### **Vitamín B<sub>5</sub> (kyselina pantotenová)**

Kyselina pantotenová je olejovitá, nažloutlá kapalina celkem dobře rozpustná ve vodě, kterou obvykle řadíme k vitamínům skupiny B. Je stabilní ve slabě kyselém a neutrálním roztoku. V kyselejších nebo zásaditějších prostředí se za tepla rozkládá. **Velmi snadno reaguje s četnými prvky za vzniku různých solí, označovaných jako pantotenon. Tyto jsou podstatně stabilnější, než vlastní kyselina pantotenová.** V převážné většině případů nejsou ztráty větší než 10 až 15 %. **Kyselina pantotenová a její soli jsou obsaženy prakticky ve všech krmivech.**

## **Příklady doporučený denních dávek**

Prase výkrm, 50 kg – vit. B <sub>5</sub> v 1 kg KS	7,5 mg
Prasnice kojící, 175 kg – vit. B <sub>5</sub> v 1 kg KS	16 mg
Brojleři výkrm – vit. B <sub>5</sub> v 1 kg KS	12 - 14 mg
Slepice (nosnice) – vit. B <sub>5</sub> v 1 kg KS	6 mg

## **Význam**

Pro organismus má kyselina pantotenová veliký význam. Účastní se látkové přeměny tuků, cukrů a různých aminokyselin, tvorby mastných kyselin, cholesterolu, žlučových kyselin, látek potřebných k tvorbě krevního barviva hemoglobinu, atd. Dále se účastní pochodů odstraňujících škodlivé látky a některé léky z organismu, zvyšuje odolnost sliznic proti infekci, podporuje růst a zbarvení vlasů a má význam také pro správnou funkci buněk v kůži.

Podle nejnovějších poznatků bylo zjištěno, že kyseliny pantotenové zabraňuje ukládání LDL cholesterolu na stěnách cév, zvyšuje jeho pohyblivost a podporuje účinnost lipolytických enzymů, bránících vzniku tukových radikálů.

Biochemická aktivita kyseliny pantotenové souvisí s její účastí ve složitě molekule koenzymu A. Tato látka je zapojena do tolika metabolických procesů, že snad neexistuje v těle proces, který by nějakým způsobem nebyl koenzymem A ovlivňován. Jednou z mnoha reakcí, kterou koenzym A výrazně ovlivňuje je syntéza bílkovin.

Zajímavou oblastí uplatnění kyseliny pantotenové je při obnově tkání. Jedná se o souvislost se syntézou bílkovin, a proto její aplikace může úspěšně iniciovat zrychlenější regeneraci pokožky a sliznic. Tento efekt nachází uplatnění především při hojení a zacelování pooperačních jizev.

## **Projevy nedostatku**

Při nedostatku kyseliny pantotenové u drůbeže je snížena oplozovací schopnost a líhivost. U kuřat dochází ke zpomalení růstu, akutnímu zápalu kůže a ke špatnému opeřování. Zápal kůže probíhá zejména okolo ústních koutků, na dolní části zobáku, okolo řitního otvoru a někdy i na běhácích mezi prsty. U prasat se avitaminóza projevuje nespecifickými příznaky – špatnou žravostí, zápallem kůže, kožním onemocněním a nízkými



přirůstky. Dochází k nekoordinovanosti pohybů, až křečovitě chůzi, kašláni a slzení. U prasnic se deficit vitamínu projevuje odumíráním plodu.

**Za normálních podmínek výživy není nutné tento vitamín doplňovat do krmných směsí.** Fortifikace má opodstatnění tam, kde jsou podávána kokcidiostatika a nebo antibiotika. Zvířatům se může také přidávat ve vodě snadno rozpustný pantotenát vápenatý. Je citlivý na světlo a méně odolný proti zahřátí.

**Kyselina pantotenová je obsažen především** v kvasnicích, ve vnitřnostech, v rybí moučce a ve vejcích. V rostlinných zdrojích je její obsah nižší, vyšší zastoupení je v pšeničných otrubách, v zrna obilnin, především v ovsu a pšenici.

### **Vitamín B<sub>6</sub> (pyridoxin)**

Jako vitamín B<sub>6</sub> bývají označovány tři chemicky příbuzné látky obdobné funkce, které jsou obsaženy v potravinách obvykle společně s ostatními vitamíny skupiny B. **Jedná se o pyridoxol, pyridoxal a pyridoxamin.** Obecně vžitým označením pro všechny tři látky je pyridoxin. V organismu existuje velmi účinný mechanismus, který dokáže z jedné látky vytvořit kteroukoliv ze zbývajících dvou, není tedy nutné jejich příjem v potravě sledovat odděleně. V čistém stavu jsou to bezbarvé krystalky, dobře rozpustné ve vodě. **Stabilita je nejvyšší u pyridoxolu, který se vyskytuje nejčastěji v rostlinách.** **Pyridoxal a pyridoxamin jsou obsaženy hlavně v živočišných tkáních a jsou méně stálé.** Snadno se rozkládají na světle a při vysoké teplotě.

### **Příklady doporučený denních dávek**

Prase výkrm, 50 kg – vit. B <sub>6</sub> v 1 kg KS	1,7 mg
Prasnice kojící, 175 kg – vit. B <sub>6</sub> v 1 kg KS	3 mg
Brojleři výkrm – vit. B <sub>6</sub> v 1 kg KS	3 - 5 mg
Slepice (nosnice) – vit. B <sub>6</sub> v 1 kg KS	4 mg

## Význam

Vitamín B<sub>6</sub> se účastní mnoha důležitých biochemických procesů látkové přeměny, především však v oblasti aminokyselin (mimo jiné přispívá k tvorbě dalšího vitamínu - niacinu, neboli vitamínu PP). Vitamín je koenzymem dekarboxyláz a transamináz. Další funkce má vitamín B<sub>6</sub> v nervovém systému, v procesu imunity (odolnosti) organismu a při tvorbě červeného krevního barviva hemoglobinu. Protože se vitamín B<sub>6</sub> účastní především látkové přeměny aminokyselin, které jsou základními stavebními kameny bílkovin, dochází při zvýšeném příjmu bílkovin také ke zvýšeným nárokům na přísun tohoto vitamínu. Zvýšená potřeba vitamínu B<sub>6</sub> je také v období růstu a v březosti.

## Projevy nedostatku

Nedostatek vitamínu B<sub>6</sub>, který se však běžně nevyskytuje, se projeví podobně jako nedostatek vitamínu B<sub>2</sub> především kožními vyrážkami a poruchami nervového systému, někdy jeho zvýšenou dráždivostí. Dále se objevují poruchy v tvorbě červených krvinek.

U skotu se deficitní stavy projevují jen u telat, a to nechutenstvím, malátností, případně se dostávají křeče. S vážnějšími poruchami se setkáváme u prasat – nechut' k žrádлу, pokles přírůstků, vyrážky, odlupování kůže, vypadávání štětín a křečovitě záchvaty. U drůbeže jsou podobné příznaky jako u prasat – nekoordinovaná chůze, přecházející v křečovitě pohyby běháků a křídel, vypadávání peří. U nosnic je snižená líhnivost a pokles snášky.

Zdroji vitamínu B<sub>6</sub> v potravě jsou především kvasnice, pšeničné otruby, vnitřnosti, vojtěšková moučka, slunečnicový extrahovaný šrot,

## Vitamín B<sub>12</sub> (kyanokobalamin)

Kyanokobalamin je tmavě červená krystalická látka, dobře rozpustná ve vodě. **Vitamín B<sub>12</sub> je jediným z vitamínů, který v sobě obsahuje anorganickou součást, stopový prvek kobalt.** Je tepelně poměrně stabilní a **jeho ztráty při tepelném zpracování jsou velmi malé.** Z chemického hlediska je nejsložitějším vitamínem. Bylo zjištěno, že stabilitu kyanokobalaminu snižují látky, které vznikají při rozkladu vitamínu C.

Vitamín B<sub>12</sub> je tvořen některými mikroorganismy např. bakteriemi osídlujícími trávicí ústrojí, především předžaludky u skotu a dále tlusté střevo. **K jeho vstřebání je nutný tak zvaný vnitřní faktor, který produkuje žaludeční sliznice. Bez přítomnosti tohoto faktoru klesá vstřebatelnost téměř na nulu.** Vitamín B<sub>12</sub> se vstřebává v posledním úseku tenkého střeva v kyčelníku. Vitamín B<sub>12</sub> jako produkt střevní mikroflóry se nalézá ve značném množství v tuhých výkalech. Požíváním výkalů ho tak některá zvířata využívají.

### Příklady doporučený denních dávek

Prase výkrm, 50 kg – vit. B <sub>12</sub> v 1 kg KS	0,015 mg
Prasnice kojící, 175 kg – vit. B <sub>12</sub> v 1 kg KS	0,025 mg
Brojleři výkrm – vit. B <sub>12</sub> v 1 kg KS	0,015 – 0,025 mg
Slepice (nosnice) – vit. B <sub>12</sub> v 1 kg KS	0,015 mg

### Význam

V těle se vitamín B<sub>12</sub> účastní mnoha důležitých reakcí látkové přeměny. **Je potřebný pro růst buněk, tvorbu krvinek, funkci jater a nervové soustavy, atd. (je také nepostradatelný pro funkci dalšího vitamínu, kyseliny listové).** **V živočišném organismu jsou vytvořeny poměrně velké zásoby vitamínu B<sub>12</sub> a to především v játrech.** Ke zvýšení potřeby vitamínu B<sub>12</sub> pak dochází během březosti.

Z biochemického hlediska spočívá význam tohoto vitamínu v účasti na přeměně mastných kyselin a nepřímo se podílí na tvorbě genetické materiálu buněk. Také je účasten procesu spojeném s tvorbou červených krvinek. Zde je nutná přítomnost kyseliny listové, železa a jako podpůrné prostředky, umožňující efektivní využití železa ještě molybden a měď. Je nutné upozornit, že kyselina listová maskuje nedostatek vitamínu B<sub>12</sub>. Její dostatečné množství

umožní tvorbu krvinek i při nedostatku vitamínu B<sub>12</sub>, avšak nedokáže zastavit proces narušování myelinové pochvy nervových vláken. Z tohoto důvodu by měla platit zásada, že při podávání kyseliny listové by z čistě preventivních důvodů měl být podáván současně i vitamín B<sub>12</sub>.

### **Projevy nedostatku**

**Nedostatek vitamínu B<sub>12</sub> nebývá obvykle způsoben jeho krátkodobým nedostatečným přívodem potravou, ale spíše poruchami vstřebávání v zažívacím ústrojí nebo poruchou tvorby takzvaného „vnitřního faktoru“, který je ke vstřebání vitamínu B<sub>12</sub> v tenkém střevě nezbytný.** Mezi základní příznaky nedostatku patří snížení tvorby červených krvinek spojené s poruchami tvorby i dalších složek **krve (tzv. zhoubná chudokrevnost - perniciosní anemie)**, degenerativní změny míchy, pálení jazyka. Dalšími průvodními jevy je pokles přírůstků a nekoordinované pohyby.

Za normálních podmínek krmení jsou zdroje příjmu, včetně biosyntézy střevní mikroflórou dostačující. Projevy nedostatku se dostávají při jednostranném krmení mladších kategorií prasat rostlinnou bílkovinou (cereální dieta). U skotu trpí nedostatkem tohoto vitamínu telata, u kterých dochází k příznakům anémie. U drůbeže je pokles snášky, líhnivosti, u kuřat snížení růstu a hynutí.

**Nejdůležitějšími zdroji vitamínu B<sub>12</sub> jsou krmiva živočišného původu,** v krmivech rostlinného původu vitamín B<sub>12</sub> není. **Tento vitamín, na rozdíl od ostatních vitamínů skupiny B není přítomen ani v kvasnicích.** Významnými zdroji je rybí moučka, plnotučné mléko, sušená syrovátka, sušené odstředěné mléko.

## Kyselina listová

**Jako kyselinu listovou označujeme skupinu chemicky příbuzných látek, které také řadíme do skupiny vitamínů B.** Kyselina listová neboli kyselina pteroylglutámová, někdy označovaná jako kyselina folová, je žlutá krystalická látka, málo rozpustná ve vodě. Jeli vystavena účinku vyšších teplot v kyselém nebo alkalickém prostředí, snadno se štěpí. **Je citlivá na světlo a na oxidačně redukční činidla, jako je například vitamín C.** Vše nasvědčuje také tomu, že vitamín C se účastní přeměny kyseliny listové v jaterních buňkách na aktivní formu, označovanou jako H4folát.

### Příklady doporučený denních dávek

Prase výkrm, 50 kg – k. listová v 1 kg KS	0,1 mg
Prasnice kojící, 175 kg – k. listová v 1 kg KS	0,4 mg
Brojleři výkrm – k. listová v 1 kg KS	1,0 – 1,5 mg
Slepice (nosnice) – k. listová v 1 kg KS	0,5 mg

### Význam

Kyselina listová má v organismu význam především **pro tvorbu buněk (účastní se tvorby nukleových kyselin), společně s vitamínem B<sub>12</sub> je nepostradatelná pro tvorbu červených krvinek.** Denní potřeba kyseliny listové se zvyšuje během březosti a po porodu.

Kyselina listová je součástí koenzymů, ovlivňujících tvorbu a reprodukci genetického materiálu buněk. Tím přímo ovlivňuje růst a dělení buněk. **Je nezbytná v mechanismu přeměny některých aminokyselin, pro syntézu cholinu a mnoha dalších důležitých látek.**

### Projevy nedostatku

**Nedostatek kyseliny listové lze jen velmi obtížně odlišit od nedostatku vitamínu B<sub>12</sub>.** Vzhledem k tomu, že kyselina listová se účastní především tvorby buněk, **projeví se její nedostatek hlavně ve tkáních a orgánech, kde dochází k jejich rychlé obměně, tedy v krvetvorné tkáni, na sliznici střev,** atd. **V popředí změn však stojí především postižení**

**tvorby červených a částečně i bílých krvinek (tzv. megaloblastická anemie),** které může být obzvláště těžké, pokud dojde zároveň i k nedostatku vitamínu B<sub>12</sub>. **S příznaky avitaminózy se můžeme setkat u prasat a drůbeže.** Deficit se u kuřat projevuje poklesem růstu, nedostatečným opeřením a případnou depigmentací peří. U krůt, husí a kachen se může objevit krční paralýza. Rovněž dochází k poklesu snášky a je snížena líhivost vajec.

**Nejbohatšími zdroji kyseliny listové jsou** vnitřnosti, kvasnice, vojtěškové úsušky.

## **Cholin**

Cholin patří mezi vitaminy skupiny B. Je základním stavebním kamenem acetylcholinu, který patří mezi základní neurotransmitery. Takto jsou nazývány látky přenášející vzruchy mezi nervovými buňkami.

### **Příklady doporučený denních dávek**

Prase výkrm, 50 kg – cholin v 1 kg KS	300 mg
Prasnice kojící, 175 kg – cholin v 1 kg KS	500 mg
Brojleři výkrm – cholin v 1 kg KS	300 mg
Slepice (nosnice) – cholin v 1 kg KS	400 mg

## **Význam**

Cholin je spolu s polyenovými mastnými kyselinami součástí buněčných membrán a součástí fosfolipidů (lecitinu, sfingomyelinu atd.). Jako zdroj metylových skupin se účastní metylace a transmethylace. V této funkci je zastupitelný **betainem**, vyráběným řepné melasy a aminokyselinou **metioninem**. **Cholin je základním stavebním kamenem pro stavbu acetylcholinu**, který je 10 – 300x účinnější. Acetylcholin vzniká v zakončeních nervů a dráždí parasimpatikus. Cholin je třeba přidávat zvlášť ke krmným dávkám s vyšším obsahem

tuků, protože umožňuje zúžitkování mastných kyselin v játrech, které tak chrání před tukovou degenerací. **Jako doplněk do krmných směsí se využívá cholinchlorid.** Je značně agresivní, a proto by se neměl zařazovat do premixů společně s ostatními vitamíny.

**Hlavním zdrojem cholinu** jsou luštěniny, především sója podzemnice olejná, vaječný žloutek, vnitřnosti, obilné klíčky.

## **Biotin (vitamín H)**

Také tento vitamín obvykle řadíme k vitamínům skupiny B. Jedná se o bílou krystalickou látku dobře rozpustnou ve vodě. Nachází se prakticky ve všech buňkách živočišného organismu, i když pouze v malých množstvích. **Nejvíce biotinu přijímá organismus pravděpodobně potravou obsahující bílkoviny,** dále je pak **biotin vytvářen ve velkém množství bakteriemi osidlujícími trávicí ústrojí – v předžaludcích u přežvýkavců a v tlustém střevě. Takto vzniklý biotin dokáží přežvýkavci velmi dobře využít, u prasat a drůbeže je jeho využití pouze částečné.**

### **Příklady doporučených denních dávek**

Prase výkrm, 50 kg – vit. H v 1 kg KS	0,10 mg
Prasnice kojící, 175 kg – vit. H v 1 kg KS	0,3 mg
Brojleři výkrm – vit. H v 1 kg KS	0,10 - 0,15 mg
Slepice (nosnice) – vit. H v 1 kg KS	0,04 mg

### **Význam**

Biotin se v organismu účastní mnoha důležitých reakcí látkové přeměny, například **tvorby mastných kyselin.** **Biochemická aktivita biotinu je velice podobná jako u thiaminu.** Oba tyto vitamíny se podílí na přenosu karboxylové skupiny, každý však v jiných procesech. Nemohou se tedy navzájem v těle zastoupit.

## Projevy nedostatku

S jeho nedostatkem se můžeme setkat u prasat a drůbeže. Projevuje se především změnami kůže, jejím šupinatěním, nadměrným rohověním, vypadávání štětín a peří, v pokročilých stádiích může být také na kůži a sliznicích pozorováno jejich vysušení a barevné změny. Mohou se také objevit křeče zadních končetin. U drůbeže klesá snáška a líhnivost.

**Projevy nedostatku biotinu mohou vzniknout také u člověka při nadměrném dlouhodobém požívání syrových vajec,** protože v bílku je obsažena bílkovina nazývaná **avidin,** která se váže s biotinem. Tato vazba je tak pevná, že ji nelze rozložit ani působením tak silných enzymů, jako je například žaludeční pepsin. Po uvaření bílku se tato vazba netvoří.

**Mezi krmiva bohatá na biotin patří** kvasnice, vnitřnosti, sójový a podzemnicový extrahovaný šrot, rybí moučka, vojtěškové úsušky, zrno ječmene, ovsa, pšeničné otruby.

## Vitamín C (kyselina askorbová)

Vitamín C je bílá, ve vodě velmi dobře rozpustná látka. Chová se jako silná kyselina. Snadno reaguje se vzdušným kyslíkem na dehydroaskorbovou kyselinu a tuto reakci urychluje přítomnost kovů, jako je železo, měď, případně zinek. Obě tyto formy jsou uvnitř buňky fyziologicky aktivní a v této přeměně spočívá i její biologický účinek.

**Zvláštnost vitamínu C je v tom, že většina živočichů je schopna si jej sama vytvořit v játrech z látky příbuzné cukrům. Výjimkou je pouze člověk, ostatní primáti a morče.**

Vitamín C je obsažen v každé živočišné i rostlinné buňce.

## Význam

Je potřebný především pro tvorbu a správnou funkci pojivové tkáně, kostí a chrupavek, především pak jejich složky kolagenu. Přispívá také k rychlejšímu hojení ran, posiluje odolnost organismu proti infekcím, podporuje pochody látkové přeměny, atd. Tyto jeho vlastnosti vycházejí především z jeho **antioxidačních schopností.**



## **Projevy nedostatku**

Vzhledem k tomu, že hospodářská zvířata si sama vytvářejí tento vitamín v játrech, **nesetkáváme se s deficitem tohoto vitamínu.** U člověka se můžeme setkat s avitaminózou vitamínu C, označovanou jako **kurděje (skorbut).** Kurděje se projevují krvácením z dásní, nechutenstvím a únavou. V dalším období se pak mohou objevit poruchy růstu kostí a zubů, krvácení různého rozsahu ve všech částech těla, snížení odolnosti proti infekcím, chudokrevnost.

**Hlavním zdrojem vitamínu C** je zelená píce, zejména vojtěška, jetel, kapusta, siláže vyrobené ze zelených krmiv, brambory, řepa.

## Látky antinutriční a škodlivé ve výživě zvířat

### Antinutriční látky ve výživě zvířat

Jde o obrovskou škálu nejrůznějších **anorganických a organických látek, které mohou být přirozenou či nepřirozenou součástí krmiv**. Tyto látky snižují produkční účinnost krmiv, vyvolávají dietetické poruchy a často vedou až k narušení zdravotního stavu, v extrémních případech mohou způsobit i smrt zvířete. Jejich riziko spočívá i v tom, že řada z těchto látek se může kumulovat nebo vylučovat do produktů, a tím ohrožovat bezpečnost potravin.

**Z hlediska toxicity lze antinutriční látky rozdělit** do skupin podle uvedeného schématu, ve kterém jsou uvedeny i nejdůležitější zástupci těchto látek nebo jejich skupin:

1. netoxické (vláknina, lignin)
2. různý stupeň toxicity (trísloviny, glykosidy, saponiny)
3. vysoce toxické (alkaloidy, kyanogenní glykosidy, mykotoxiny)
4. se specificky toxickými účinky
  - a) hematotoxické (NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, těžké kovy)
  - b) hepatotoxické (mykotoxiny, Cd, Hg)
  - c) neurotoxické (organofosfáty, karbamáty, solaniny)
  - d) kancerogenní (Cd, Hg, Pb, As, nitrosaminy, mykotoxiny)
  - e) teratogenní (tomatin, solanin, gossypol)
  - f) abortivní a embryotoxické (Hg, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, některé alkaloidy)
  - g) negativně zasahující do minerálního metabolismu (organické kyseliny)

**Výsledný účinek antinutričních látek na organismus zvířat a jejich produkci je dán řadou faktorů:**

1. chemickými vlastnostmi dané látky (určuje toxicitu látky)
2. dávkou přijaté a resorbované látky (v malém množství může být i prospěšná)
3. druhovou a plemennou vnímavostí zvířete (genetická dispozice)
4. věkem zvířete
5. pohlavím zvířete (estrogeny)
6. fyziologickým stavem zvířete (gravidita, laktace, vyčerpání)
7. patologickým stavem zvířete (nemocná jsou vnímavější)
8. individualitou zvířete

**Výsledný negativní dopad antinutričních látek na organismus zvířat a na jejich produkci lze shrnout do následujících bodů:**

1. snižují využití živin z krmiva (vláknina, lignin, křemičitany,  $\text{NO}_3$ )
2. vykazují dráždivé účinky na sliznice trávicího traktu (glykosidy, saponiny)
3. mechanicky poškozují trávicí trakt (ostré a cizí předměty)
4. mechanicky uzavírají částečně nebo úplně trávicí trakt (cizí předměty)
5. v trávicím traktu reagují s jinými látkami za vzniku toxických látek
6. jsou resorbovány do organismu, kde vyvolávají patologické změny fyziologické ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ , antivitamíny, antienzymy), morfologické (některé alkaloidy)
7. zasahují do energetického metabolismu (kyseliny transaktonitová)
8. zasahují do hormonálního metabolismu (fytoestrogeny)
9. zasahují do minerálního metabolismu (kyselina šťavelová, kyselina fytová)
10. ohrožují bezpečnost potravin (nitrosaminy, mykotoxiny, pesticidy, alkaloidy)

**Rozdělení antinutričních látek:**

A Kontaminanty

B Antinutriční látky vznikající v krmivech jako produkty fyzikálních, chemických a biologických procesů

C Antinutriční látky přirozeně přítomné v krmivech

## **Kontaminanty**

Kontaminanty nejsou přirozenou součástí krmiv. Do krmiv se dostávají lidskou činností nebo prostřednictvím zvířat (**faktory biotické**), ale i větrem a vodou (**faktory abiotické**). Kontaminanty mohou mít charakter fyzikálně mechanický, chemický a biologický.

### **Fyzikálně mechanické kontaminace**

**Radioaktivní kontaminanty** – nejzávažnější kontaminanty. Do krmiv se dostávají nejčastěji radioaktivním prachem v podobě radioaktivního spadu, jako nejrůznější radionuklidy. Jejich biologický účinek závisí především na typu a dávce záření.

**Fyzikálně mechanické kontaminanty** – jedná se o příliš hrubé, tvrdé a ostré, ale i prachové částice v krmivech. Při nevhodné sklizni, konzervaci, skladování a úpravě krmiv se mohou do krmiv dostat zemina, kameny a jiné cizí předměty.

### **Chemická kontaminace**

**a) anorganická** – exhalace, z pesticidů, z hnojiv, z pohonných hmot ...

**b) organická** – jde o produkty průmyslové výroby, které se využívají v zemědělské výrobě, např. na ošetřování kulturních plodin, rezidua dezinfekčních, dezinsekčních, deratizačních a konzervačních prostředků. Řadíme sem také kontaminanty vznikající jako vedlejší produkty nejrůznějších odvětví průmyslové výroby (dioxiny polychlorované bifenoly. Nebezpečné jsou rovněž látky uvolňující se do krmiv z konzervačních a ochranných prostředků (nátěrů).

### **Biologická kontaminace**

Tyto látky mají původ v živých organizmech a většinou jim předchází hrubé závady charakterizované nedodržením hygienických předpisů a nařízení při výrobě, uskladnění a manipulaci s krmivy.

**Subcelulární kontaminanty** – z této kategorie jsou v současné době nejvíce diskutované priony (poškozují CNS) a jejich přenos krmiv. Rovněž sem řadíme i viry.

**Mikrobiální kontaminanty** – jedná se o širokou druhovou škálu mikroorganismů, které se dostávají do krmiv při hrubém porušení hygienických zásad výroby krmiv. Způsobují hnití a kvašení krmiv, snižují nutriční hodnotu krmiv, činností mikroorganismů vzniká řada toxických produktů a mohou vyvolávat řadu infekčních onemocnění.

**Makrobiální kontaminanty** – jedná se o živá nebo odumřelá těla bezobratlých živočichů, ale i obratlovců, jejich tělesné fragmenty, sekrety a výkaly. Řadíme sem různé skladištní škůdce, jako jsou brouci, molí, pisivky a roztoči. Tito škůdci krmivo nejen konzumují a znečišťují, ale mohou také mechanicky poškozovat sliznice trávicího traktu, přenášejí patogenní mikroorganismy a mohou vyvolávat alergie u zvířat i lidí. Způsobují i nepřímé ztráty v podobě poškození teplotní a vlhkostní izolace budov a narušování elektrických zařízení. Z obratlovců jsou největším problémem hlodavci a ptáci.

## **Antinutriční látky vznikající v krmivech jako produkty fyzikálních, chemických a biologických procesů**

**Tyto látky vznikají v průběhu výroby, skladování a konzervace krmiv.** Jde především o produkty, které jsou výsledkem fyzikálních, chemických a biologických procesů, jež probíhají v krmivech. Vznikají často z látek netoxických vlivem termické úpravy (ale např. i při zmrazení), při mechanickém zpracování, při chemických reakcích nebo při mikrobiálních procesech.

### **Fyzikální procesy**

**Radioaktivní záření a UV záření** – může vyvolat změny v krmivech v důsledku aktivace jednotlivých molekul živin, které reagují s jinými molekulami za vzniku nejrůznějších toxických látek – radiotoxinů.

**Teplota** – vysoká teplota vede k denaturaci proteinů a inaktivaci některých biologicky účinných látek, čímž dochází ke snížení biologické hodnoty krmiva. Zvířata a zvláště mláďata

jsou velmi citlivá na studené krmivo (mléko). Studené mléko (vyjma okyseleného) vyvolává významné dietetické poruchy trávení bílkovin, což se projevuje průjmy. Velmi nebezpečné je pro zvířata zkrmování zmrzlých krmiv, které vede k poruše trávicí činnosti, zhoršení stravitelnosti a využitelnosti krmiva. Klesá obranyschopnost organismu, vznikají záněty žaludeční a střevní sliznice a průjmy.

### **Chemické procesy**

Při zpracování krmiv při různých teplotách, tlacích, vlhkosti, při jejich vzájemném míchání a konzervaci mohou v krmivech vzájemně reagovat různé látky za vzniku řady nových sloučenin, které mohou mít dietetický a zdravotně negativní dopad na zdraví a produkci zvířat.

**Nitrosaminy** – kancerogenní látky, které přecházejí do mléka. Vznikají reakcí nitrozačních látek ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ) se sekundárními amidy (produkty rozkladu bílkovin v silážích, ale i v trávicím traktu).

**Produkty Maillardovy reakce (neenzymatické hnědnutí)** – jedná se o reakci mezi volnými karbonylovými skupinami a aminoskupinami. Aminokyseliny jsou redukovány na aldehydy, které podléhají kondenzačním reakcím s fragmenty cukrů. Tvoří se hnědě zbarvené melanoidy. Při Maillardově reakci klesá biologická hodnota cukrů i aminokyselin.

### **Biologické procesy**

Jedná se především o procesy mikrobiální. V jejich důsledku dochází ke **snížení nutriční a dietetické hodnoty krmiva. Vznikají hygienicky a zdravotně závadné produkty** a to přeměnou jednotlivých živin krmiva a jako nově vzniklé mikrobiální metabolity (endotoxiny, exotoxiny a mykotoxiny).

**Produkty mikrobiálního rozkladu dusíkatých látek** – jedná se o  $\text{NO}_2$  a  $\text{NO}_3$ . K těmto procesům dochází při špatném skladování krmiv (zejména okopanin), při jejich zmrznutí a následném rozmrznutí a při rozvoji hnilobné mikroflóry.

**Biogenní aminy** – v krmivech, zvláště konzervovaných, často dochází k uvolnění aminokyselin z proteinů nebo peptidů. Vlivem enzymové činnosti mikroorganismů, především hnilobných bakterií dochází k nežádoucím přeměnám, kdy **uvolněné aminokyseliny jsou deaminovány a dekarboxylovány**. Vznikající **amoniak při deaminaci aminokyselin snižuje kyselost siláží** a vytváří vhodnější podmínky pro intenzivní rozkladný proces. Rozkladem proteinů rovněž klesá nutriční hodnota krmiva. **Biogenní aminy pak vznikají v procesu dekarboxylace**. Za nejtoxičtější jsou považovány aromatické aminy – **histamin a tyramin**. Měně nebezpečné jsou diaminy – **putrescin a kadaverin**.

**Mykotoxiny** – jedná se o nejvýznamnější antinutriční látky, které v průběhu biologických procesů vznikají v krmivech. Mykotoxiny jsou vysoce stabilní toxické nízkomolekulární látky, jejichž producenty jsou vláknité sporulující houby rostoucí v krmivech. Mykotoxiny mohou v krmivu dlouho přetrvávat. Plísňe rostou v obilninách, luskovinách, olejninách, v ovoci, zelenině a v jiných komoditách. Je známo více než 300 druhů mykotoxinů. Různé druhy plísní mohou produkovat více než jeden druh mykotoxinu a naopak jeden druh mykotoxinu může být produkován více druhy plísní. Většina mykotoxinů není podstatně ovlivněna běžným technologickým zpracováním při výrobě krmiv. **Za vysoce stabilní z tohoto pohledu lze pokládat aflatoxiny, ochratoxin A, deoxynivalenol, zearalenon, fumonisiny a další**. **Mykotoxiny způsobují** snížení přírůstků, pokles mléčné a masné užitkovosti, pokles snášky, zhoršují konverzi krmiva. Mohou vyvolat řadu patologicko-anatomických, histologických a fyziologických změn – patologické změny na játrech, ledvinách, CNS, snížení plodnosti, oslabení imunitního systému, mají mutagenní a kancerogenní účinky. Mykotoxiny se hromadí a vylučují v živočišných produktech, často v metabolicky a toxikologicky aktivnějších formách a tím ohrožují zdraví člověka.

## Antinutriční látky přirozeně přítomné v krmivech

Tuto skupinu je možné rozdělit do dvou podskupin – anorganické a organické.

### Anorganické antinutriční látky přirozeně přítomné v krmivech

**Křemičitany** – jedná se o látky obsahující křemík a ukládají se v mezibuněčných prostorách rostlin. Inkrustují buněčné stěny. Křemičitany zvyšují odolnost rostlin vůči chorobám a škůdcům. Křemík a jeho sloučeniny inhibují mikrobiální činnost v trávicím traktu (bachoru). Většina přijatého křemíku a jeho sloučenin prochází trávicím traktem. Část křemíku především v rozpustné formě může být resorbována a může se následně objevit v pevné formě v mizních uzlinách, nebo jako močové kameny.

**Dusičnany** – dusičnanové ionty jsou přirozeně přítomné dusíkaté látky v každé rostlině. Dusičnany jsou v trávicím traktu redukovány na dusitany. Dostávají se do krve, kde **oxidují hemoglobin na methemoglobin**. Nastává hypoxie (nedostatek O<sub>2</sub> ve tkáních) až anoxie (tkáňové dušení). Hovoříme o tzv. alimentární methemoglobinemii. Klinický průběh onemocnění závisí na množství vytvořeného methemoglobinu.

### Obsah dusičnanů je ovlivněn:

- přehnojováním N ke krmným plodinám
- krmivo se seká brzy po podání velkých dávek hnojivého N
- snížená fotosyntéza
- stáří porostu
- nízká teplota
- sucho

### Nežádoucí změny způsobené zvýšeným přívodem N do porostu:

- snížení kvality NL (roste nebílkovinný dusík, bílkoviny jsou stejné)
- pokles energetické hodnoty zelené píce, snižuje se obsah BNLV
- v porostu se snižuje zastoupení luskovin a hodnotných bylin
- mírný pokles doживosti
- pro rychlý růst rostlin dochází ke snížení akumulace stopových prvků
- zhoršené zabřezávání



Dusičnany jsou obsaženy především v lodyhách rostlin, hlavně ve spodní části, méně v horních částech rostlina a v listech. Květy, plody a podzemní části rostlin téměř neobsahují. Krmiva, která mohou obsahovat velké množství dusičnanů – kukuřice, slunečnice, krmná kapusta, chrást cukrovky a řepy. Stářím rostliny obsah dusičnanů klesá.

**Draslík** – nadbytek draslíku v krmivech negativně ovlivňuje metabolismus zvířat. V důsledku nadměrného renálního vylučování draslíku brání vylučování iontů vodíku. Tento stav vede k **metabolické acidóze**. Důležitá je nejen absolutní hodnota draslíku v krmivu, ale i jeho poměr k vápníku a hořčíku. Jde o tzv. **tetanický faktor K : (Ca + Mg) = max 1.7 – 2**. Poměr vyšší než 2,2 predisponuje vznik pastevní tetanie. Vysoký obsah draslíku vede k poklesu užitkovosti, poruchám reprodukce až k úhynům zvířat. Mezní hodnota draslíku v sušině krmiva je 1.8 – 2,0 %.

## **Organické antinutriční látky přirozeně přítomné v krmivech**

Tuto skupinu antinutričních látek rozdělujeme do několika kategorií.

### **1. Organické kyseliny a jejich soli**

**Kyselina fytová** - je esterem cyklického alkoholu inositolu a kyseliny fosforečné. S jednotlivými prvky vytváří kyselina fytová příslušné **soli (fytáty)**. Nejznámější je fytin – hořečnato-vápenatá sůl. **Vyskytuje se především v semenech** a při klíčení slouží jako zásobárna fosforu. **Velké množství fytátů obsahují zejména zrna obilnin, luštěnin a olejnin.** U zvířat je **využití fytátového fosforu (ale i dalších prvků) velmi nízké.** Nejmenší využití je u drůbeže.

**Kyselina šťavelová** – dikarboxylová kyselina tvořící s jednotlivými prvky příslušné soli – šťavelany v rozpustné formě Na a K nebo v nerozpustné formě Ca a Mg. **Kyselina šťavelová i její soli narušuje u zvířat především využití a metabolismus vápníku.** Vyšší dávky mohou u zvířat způsobit i otravy. Nebezpečí hrozí u těch rostlin, které obsahují více než 100 g kyseliny šťavelové na 1 kg sušiny. U přežvýkavců mohou být šťavelany částečně degradovány bachorovou mikroflórou. U monogastrů je Ca vázaný ve šťavelanech zcela nevyužitelný. Při resorpci do krve opět kyselina šťavelová reaguje s  $\text{Ca}_2^{++}$  a může **vyvolat hypoalcmii. Nerozpustný šťavelan vápenatý může krystalizovat v různých tkáních (bachorová stěna, ledviny).** Vysoké dávky šťavelanů také inhibují fermentaci celulózy (inhibice celuláz).

**Kyselina eruková** – nenasycená mastná, která se **vyskytuje v řepce.** Její podstatná část přechází do oleje, v řepkovém extrahovaném šrotu zůstává pouze zanedbatelné množství. Současné „0“ a „00“ odrůdy řepky obsahují nízké procento kyseliny erukové a to od 0,3 do 5 %. Kyselina eruková působí negativně na činnost srdečního svalu, žláz s vnitřní sekrecí, zhoršuje plodnost, poškozují cévy, u nosnic klesá snáška a hmotnost vajec.

## **2. Rostlinné fenoly**

Tato skupina látek dává krmivům svíravou (hořkou chuť) a rovněž rostlinám často propůjčuje barvu (lavonoidy).

**Třísloviny** – patří do skupiny polyfenolů. Sráží bílkoviny, jsou rozpustné ve vodě a mají svíravou chuť. Také se označují jako **taniny.** Tím, že mají schopnost reagovat s bílkovinami, **způsobují inhibici řady enzymů.** Dále **reagují s bílkovinami stěny střevní, a tím zhoršují podmínky pro vstřebávání živin.** Za normálních okolností se třísloviny nevstřebávají. Velké dávky mohou poškodit sliznici střeva.

**Lignin a jeho štěpné produkty – fenolické kyseliny** – **ipregnuje celulózu a hemicelulózu v buněčných stěnách rostlinných buněk. Lignin je prakticky nestravitelný a působí jako mechanická bariéra pro trávicí enzymy.** U některých trav a dvouděložných rostlin se mohou ve zvýšeném množství vyskytovat i volné **fenolické kyseliny** – kyselina sinapová, ferulová, kumarová, diferulová). Lignin přispívá k tuhosti a pevnosti rostlin a jeho obsah se

stárnutím rostlin zvyšuje. **Účinek ligninu a jeho degradačních produktů** způsobuje snížení kvality píce, inhibici mikrobiální degradace polysacharidů a snížení nutriční hodnoty bílkovin. Většina krmiv pro přežvýkavce neobsahuje volné fenoly, ty se vytváří buď při trávení ligninu, nebo při silážování a přispívají k horšímu využití píce.

### 3. Fenolická barviva

**Gossypol** - největší význam z hlediska výživy zvířat má **gossypol ze semen bavlníku**. Toxický terpenoid gossypol snižuje u savců koncentraci draslíkových iontů v krvi. Vyvolává slabost a v krajních případech dokonce ochrnutí. **Pro monogastry je toxický, u přežvýkavců je detoxikován bachorovou mikroflórou**, takže krmení bavlníkových šrotů je v určitém množství bez rizika. Krmiva s gossypolem nejsou rovněž vhodná pro mladá a březí zvířata (teratogenní účinky).

### 4. Látky obsahující v molekule dusík

#### a) Alkaloidy

Jde o sekundární rostlinné metabolity s různou chemickou strukturou a různými účinky na živočichy. Obsahují minimálně jeden atom N nejčastěji v heterocyklické formě, který způsobuje jejich zásaditý charakter. Je známo více než 4 000 alkaloidů u různých čeledí rostlin. Rostliny obsahující alkaloidy mají zpravidla hořkou chuť a zvířata se jim vyhýbají. Účinek alkaloidů je znám již dávno. Teprve počátkem 19. století se však podařilo izolovat první z nich v čistém stavu. Jedním z prvních bylo **morfium izolované z opia** a **chinin z kůry chinovníku**. Po nich následoval **nikotin z tabáku**.

V rostlinách se často vyskytuje větší počet alkaloidů současně. Např. v tabáku je asi 12 druhů alkaloidů, v opiu jich bylo zjištěno 20. **Pravá biologická úloha alkaloidů v rostlině není dosud přesně známa. Vše nasvědčuje tomu, že plní funkci ochranných látek, kterými se rostliny chrání především před hmyzem.** Do skupiny alkaloidů patří **návykové látky, prudké jedy i farmakologicky velmi účinná léčiva.**

Mezi nejznámější alkaloidy patří již vedle zmíněného morfia, chininu a nikotinu též **kofein obsažený v kávových a kakaových semenech a v čajových listech.** Kromě kofeinu se v kakaových semenech a **v čajovníku vyskytují alkaloidy jako je theofilin a**

**theobromin.** Kofein, theofilin a theobromin se řadí mezi tzv. **purinové alkaloidy**, které jsou také obsaženy ve výliscích nebo slupkách kakaových bobů, jež se využívají pro krmné účely. Tyto alkaloidy ve zvýšeném množství mohou způsobit mortalitu plodu, vývojové defekty, srdeční selhání. Dalšími alkaloidy je např. **atropin a skopolamin** (rulík zlomocný, durman obecný, blín černý), **coniin** (bolehlav plamatý), **taxin** (tis červený), **kolchicin** (ocún jesenní), **akonitin** (oměj šalamounek), **kokain** (jihoamerická koka), **piperin** (černý pepř), **alkaloidy obsažené v námelu** (cizopasná houba paličkovice nachová na zrnu žita), **strychnin a brucin** (stromy rodu Strychnos). **Rovněž řada u nás rostoucích hub obsahuje smrtelně jedovaté alkaloidy. V pálivých paprikách je obsažen alkaloid kapsaicin.**

Do skupiny alkaloidů řadíme také **glykoalkaloidy** a z nich z hlediska výživy zvířat mají hlavní význam **solaniny**. Solaniny se vyskytují v lilkovitých rostlinách. V **bramboách** se vyskytuje kromě glykosidu solaninu také glykosid **chakonin**. Tyto glykosidy jsou rovněž obsaženy v zelených **rajčatech**. Obvyklé množství solaninu v bramborách je 20 – 100 mg.kg<sup>-1</sup>, zdravotně bezpečná hranice je až 200 mg.kg<sup>-1</sup>. Vystavení hlíz světlu a jejich poranění zvyšuje biosyntézu glykosidů až o 400 %. Vyšší obsah solaninu vyvolává zažívací potíže, ale také nepříjemnou nahořklou chuť brambor. Solanin má teratogenní účinky, působí negativně na nervový systém, narušuje trávicí trakt.

## **5. Toxické bílkoviny (lektiny)**

Jedná se o **toxické rostlinné albuminy, které mají schopnost aglutinovat erythrocyty**. Buněčné stěny obsahují velice složité sloučeniny, jejichž součástí jsou i různé cukry. Tyto cukerné zbytky vyčnívají nad povrch buňky a právě lektiny jsou schopny specificky rozpoznávat jednotlivé cukry a vázat se na ně. A protože molekuly lektinů obsahují více vazebných míst pro tyto cukry, může se na jednu molekulu lektinu navázat více buněk a tím se právě začnou vytvářet shluky buněk.

Typickým představitelem lektinů je **smrtelně toxický lektin ricin**, obsažený v bobech skočce obecného (*Ricinus communis*). Ricin způsobuje aglutinování červených krvinek. Řadíme jej do skupiny tzv. hemaglutininů. Jiné druhy lektinů mohou aglutinovat i jiné buňky, včetně lymfocytů, spermií a dokonce i nádorové buňky. **Kromě svých aglutinačních účinků mají lektiny vysokou afinitu k buňkám střevní sliznice, čímž způsobují snížení resorpce všech živin včetně vody, zánět až nekrózu epitelálních buněk střeva, klesá**

**obranyschopnost stěn trávicího traktu, a tím dochází k průniku i nepatogenních mikroorganismů a toxinů do organismu a jeho tkání.**

Mezi plodiny, které obsahují **látky na bázi lektinů** řadíme např. **amarant, pšenici, žito, ječmen, sóju a ostatní luštěniny, brambory, cibulovitou zeleninu, rajčata** aj. Lektiny cibulovité zeleniny, rajčat a amarantu jsou netoxické, u česneku mají probiotický účinek, inhibují nežádoucí střevní bakterie. Slabě toxické jsou lektiny arašídů, čočky, hrachu, fazolí a sóji, ale jejich účinnost se výrazně snižuje tepelným opracováním. Středně toxické jsou lektiny pšenice, jejichž účinek se rovněž výrazně snižuje teplem.

Biologický význam lektinů není doposud přesně znám. Některé potlačují růst plísní a lze předpokládat, že plní ochrannou roli při klíčení semen před jejich napadením plísněmi.

## **6. Toxické peptidy**

V semenu lnu je obsažen **toxický dipeptid linatin**. Narušuje metabolismus bílkovin, může působit jako inhibitor růstu, dále působí jako antagonist vitamínu B<sub>6</sub> při zkrmování odtučněného lněného semene.

## **7. Toxické aminokyseliny**

Jedná se o nebílkovinaté aminokyseliny. **Způsobují vážná onemocnění nervového a dýchacího systému, skeletu, poruchy krvetvorby, způsobují inhibici enzymů a inaktivaci některých vitamínů.** Do této skupiny řadíme např. **lathyrogeny** (látky narušující funkci lisyloxidázy s následným snížením pevnosti kolagenu, resp. stability celého pojivového aparátu – obsaženy v hrachorech), **aminokyseliny obsahující selen, hemolytické aminokyselin brukvovitých rostlin.**

## **8. Rostlinné glykosidy**

Jde o skupinu látek označovaných jako **glukosinoláty, kyanogenní glykosidy a saponiny**. Charakteristikou všech glykosidů je, že se při hydrolýze štěpí na cukr a necukernou složku zvanou aglykon. Jedná se většinou o bezbarvé látky rozpustné v alkoholu a vodě. Jako cukerná složka může být v glykosidu vázaná glukóza, dextróza, rhamóza, galaktóza. Jako

aglykon mohou vystupovat sloučeniny různého typu – alkoholy, fenol, aldehydy, kyseliny, estery. V brukvovitých rostlinách jsou látky zvané **glukosinoláty**, které řadíme mezi goitrogeny (tj. látky se strumigenním účinkem). Obsahují jako sacharidickou složku  $\beta$ -D-glukózu a v aglykonu síru. Tyto látky jsou zodpovědné za typicky štiplavé aroma **křene, ředkve a hořčice. Jsou obsaženy ve většině brukvovitých rostlin, rovněž v semenu řepky olejně a mohou přecházet do řepkového oleje.** Současné dvounulové odrůdy řepky olejně mají obsah glukosinolátů výrazně snížen. Setkáváme se s nimi i v některých druzích **koření.** Samotné glukosinoláty mají indiferentní účinek na živočišný organismus. Zdravotní stav pozitivně ani negativně neovlivňují. **Biologické účinky vykazují výhradně produkty jejich degradace. Rozkladem glukosinolátů vznikají látky se strumigenním účinkem – inhibují syntézu hormonů štítné žlázy a přenos jodu ve štítné žláze. Výsledkem jejich působení je zvětšení štítné žlázy (struma) a posléze i porucha její funkce.**

Další skupinou rostlinných glykosidů jsou **kyanogenní glykosidy.** Proces kyanogeneze je schopnost rostlin a také některých jiných organismů produkovat rozkladem kyanogenních sloučenin kyanovodík. Předpokládá se, že v rostlinách hořkou chutí a pachem vzniklých rozkladných produktů odpuzují různé predátory a škůdce. V molekule kyanogenních glykosidů je většinou monosacharid  $\beta$ -D-glukosa, výjimečně disacharid a na něj je vázána necukerná složka. Kyanogenní glykosidy se zpravidla člení podle aminokyselin, ze kterých vznikají biosyntézou. Nejjednodušším kyanogenním glykosidem je **linamarin** odvozený od aminokyseliny valinu. Je obsažen **v manioku (*Manihot esculenta*).** V semenech lnu setého (*Linum usitatissimum*) je přítomen **linustatin a dále linamarin a neolinustatin.** Ty sami o sobě nejsou toxické, ale působením enzymů glukosidázy lnu a činností střevní mikroflóry se z nich uvolňuje kyanovodík. Hlavním účinkem kyanovodíku je inhibice cytochromoxidázy, ale zasaženy jsou i další enzymy. Nejvíce jsou postiženy CNS a srdce. Otrava se projevuje nejdříve intenzivnějším dýcháním, znecitlivěním periférií, později dochází k dýchacím obtížím, tetanickým křečím a ochrnutí.

Poslední ze skupiny rostlinných glykosidů jsou **saponiny.** Vyskytují se v mnoha druzích rostlin. Vyznačují se hořkou chutí, pěněním ve vodních roztocích a schopností hemolyzovat erythrocyty. Největší význam z hlediska výživy zvířat mají saponiny obsažené **v pícninách. Poměrně velké množství saponinů je ve vojtěšce, v menší míře jsou v jeteli plazivém, štirovníku růžkatém a v bobovitých pícninách.** Jejich zvýšený obsah může u přežvýkavců způsobovat tympanie. Zelená píče s vysokým obsahem saponinů vyvolává podráždění střev, znecitlivují nervový systém u koní a ovcí.

## 9. Rostlinné fytoestrogeny

Jedná se o látky, které **po přijetí do organismu vykazují účinky podobné živočišným hormonům.** Zatím byly zjištěny u asi 300 druhů rostlin. Fytoestrogeny ovlivňují vegetační růst rostlin, kvetení a plní pravděpodobně i ochranu rostlin před infekčními chorobami. **Vysokou estrogení aktivitu má vojtěška, jetel, srha, jilek vytrvalý.** Anaerobní mikroflóra během silážování způsobuje, že rostlinné estrogény se přeměňují na aktivnější formy nebo se mohou dokonce syntetizovat nové. Zvýšení aktivity siláží může nastat i v bacheru pod vlivem bacherové mikroflóry. **Fytoestrogeny mohou inhibovat sekreci živočišných estrogenů.** Tím narušují ovulaci, sestup vajíčka do vejcovodu, vyvolávají nepravou říji a březost, nepravidelné říjové intervaly, dlouhou říji, nadměrnou sekreci a prokrvení sliznice, vodnatý řídký hlen, zvýšené kontrakce dělohy a vejcovodů.

## 10. Inhibitory enzymů

Nejproblematictější jsou **inhibitory proteáz, které tak snižují využitelnost bílkovin a snižují biologickou hodnotu bílkovin.** Řadíme sem látky působící jako inhibitory trypsinu a chymotrypsinu. Inhibitory jsou proteiny, případně polypeptidy, někdy vázané na sacharidy, které mají charakter albuminů. Vyskytují se **v semenech sóji, fazolu, bobů, hrachu, ve vojtěšce nebo v bramborách.** Při klíčení obsah inhibitorů klesá. V některých rostlinách byly prokázány i inhibitory amyláz a lipáz, např. v pšenici, rýži apod. Jde o inhibitory pankreatické amylázy. U sójových bobů byl prokázán i inhibitor lipázy. Většinou je, ale aktivita trávicích amyláz a lipáz v trávicí soustavě zvířat vyšší, než je potřebné k trávení, proto se vliv těchto inhibitorů prakticky neprojevuje. **Inhibitory enzymů se inaktivují teplem.** Z tohoto důvodu je především surová sója a vedlejší produkty při zpracování sóji zařazovány do krmných směsí až po jejím ošetření teplem.

## 11. Antivitamíny

U řady krmiv byly prokázány **látky působící inaktivaci některých vitamínů označované jako antivitamíny**. Enzym lipoxygenáza je antivitaminem **A**, která katalyzuje oxidaci a rozklad karotenů. Vyskytuje se v surových sójových bobech. V tomto krmivu je obsažen i **antivitamin D**, který narušuje metabolismus s vápníkem a může být příčinou rachitidy u kuřat. Ve vojtěškové moučce, nebo v semenech hrachu byl zjištěn **antivitamin E**, který negativně ovlivňuje absorpci vitamínu E. V řadě rostlin jsou obsaženy kumariny – laktony kyseliny ortokumarové, které jsou považovány za **antivitamin K**. Setkáváme se s nimi v komonici bílé a lékařské nebo tomce vonné. V bobu se vyskytuje **antivitamin kyseliny nikotinové, což je  $\alpha$  – galaktosid**, který snižuje aktivitu střevní mikroflóry, čímž klesá množství využitelného niacinu. V semenu lnu setého je obsažen **antivitamin B6**. Tato látka vytváří s vitamínem B6 biologicky neúčinný komplex.

## Mykotoxiny

Vedle antinutričních látek řadíme mezi škodlivé látky obsažené v krmivech také mykotoxiny. Stručná informace již o nich byla v kapitole Kontaminanty. Mykotoxiny jsou vysoce stabilní toxické nízkomolekulární látky, jejichž producenty jsou vláknité sporující houby rostoucí v krmivech. Mykotoxiny mohou v krmivu dlouho přetrvávat. Plísňe rostou v obilninách, luskovinách, olejninách, v ovoci, zelenině a v jiných komoditách. Je známo více než 300 druhů mykotoxinů. Různé druhy plísní mohou produkovat více než jeden druh mykotoxinu a naopak jeden druh mykotoxinu může být produkován více druhy plísní. Plísňe nevyklučují toxiny vždy a také ne každý druh je toxinogenní. Produkce toxinů také nesouvisí se stupněm a intenzitou rozvoje a růstu plísní a nelze pro jejich detekci použít orientační metody, jako je počet spor, nebo indikátorové metody. Tyto orientační metody musí být doplněny speciálními diagnostickými analýzami. Většina mykotoxinů není podstatně ovlivněna běžným technologickým zpracováním při výrobě krmiv. **Za vysoce stabilní z tohoto pohledu lze pokládat aflatoxiny, ochratoxin A, deoxynivalenol, zearalenon, fumonisiny a další**. **Mykotoxiny způsobují** snížení přírůstků, pokles mléčné a masné užitkovosti, pokles snášky, zhoršují konverzi krmiva. Mohou vyvolat řadu patologicko-



anatomických, histologických a fyziologických změn – patologické změny na játrech, ledvinách, CNS, snížení plodnosti, oslabení imunitního systému, mají mutagenní a kancerogenní účinky. **Mykotoxiny se hromadí a vylučují v živočišných produktech, často v metabolicky a toxikologicky aktivnějších formách a tím ohrožují zdraví člověka.**

V našich klimatických podmínkách je produkce mykotoxinů spojena téměř výlučně s výskytem polních plísní (**Fusarium, Alternaria**), tedy výskyt mykotoxinů má významnou vazbu na počasí během vegetačního období a sklizeň. Některé mykotoxiny (ochratoxiny, patulin) mohou být tvořeny i během skladování krmiv.

### **Produkce toxinů v krmivech je ovlivněna těmito faktory:**

- a) **fyzikálními** – teplota, vlhkost vlastního substrátu, vlhkost prostředí, složení substrátu, mechanické poškození povrchového obalu, dostupnost kyslíku a živin, způsob sklizně a skladování, výskyt polních plísní.
- b) **chemickými** – složení sušiny krmiva, přítomnost fungicidních a baktericidních látek, hodnota pH, aplikace konzervačních prostředků, podíl a složení epifytní mikroflóry.
- c) **biologickými** – vlastnostmi kmene a druhové příslušnosti plísní, konkurenčními vztahy plísní a bakterií, toxigenní vlastnosti.

Tvorba a výskyt mykotoxinů v krmivech je celosvětovým problémem. Až čtvrtina světové produkce obilovin je kontaminována mykotoxiny. **Teplejší klima** je příznivé pro produkci **aflatoxinů a fumonisinů**, **v chladnějším pásmu** převládají **ochratoxin, vomitoxin a zearalenon**. **Penicillium roquerti a Aspergillus fumigatus jsou častými producenty mykotoxinů v kukuřičné siláži**. Až 45 % kmenů rodu *Fusarium* izolovaných z kukuřičné siláže má schopnost tvořit zearalenon a trichotecany typu A a dalšími fuzáriovými mykotoxiny fumonisin, moniliformin a kyselina fuzáriová.

**Nejčastěji diagnostikovanými mykotoxiny v České republice jsou zearalenon, vomitoxin (DON) a T – 2 toxin. Vedle těchto třech hlavních mykotoxinů se u nás můžeme setkat s ochratoxinem a patulinem.**

Vážným potenciálním rizikem **u kukuřičných siláží je právě výskyt zearalenon, T – 2 toxinu, patulinu a trichotecanů.** Naproti tomu **stachybotryotoxin a ochratoxin jsou typickými mykotoxiny suchých krmiv (seno, sláma).**

Mykotoxiny typu aflatoxin, ochratoxin, trichoteceny a zearalenon produkují v krmivech hlavně rody *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium* (skladištní druhy hub). Často jsou diagnostikovány biologické efekty těchto toxinů – neurotoxické, hepatotoxické, nephrotoxické a karcinogenní.

**Citlivost na mykotoxiny** je druhově úzce specifická a závisí na řadě **vnitřních** (druh zvířete, zdravotní stav, užítkovost) a **vnějších faktorů** (zoohygienické parametry, teplota, vlhkost, vyrovnanost krmné dávky).

<b>Mykotoxin</b>	<b>Dojnice</b>	<b>Prasata</b>	<b>Koně</b>
<b>Aflatoxin</b>	nižší citlivost	nižší citlivost	nižší citlivost
<b>Fumonisy</b>	nižší citlivost	nižší citlivost	vyšší citlivost
<b>Ochratoxiny</b>	rezistence	nižší citlivost	nižší citlivost
<b>T – 2 toxin</b>	nižší citlivost	rezistence	nižší citlivost
<b>Deoxynivalenol</b>	nižší citlivost	vyšší citlivost	nižší citlivost
<b>Zearalenon</b>	nižší citlivost	vyšší citlivost	nižší citlivost

Kontaminace krmiv mykotoxiny není rovnoměrná, nýbrž velmi heterogenní, zejména v závislosti na podmínkách skladování. **Účinek více mykotoxinů přítomných v krmivu může být odlišný od účinku stejného mykotoxinu, který je přítomen v krmivu samostatně.** Byla prokázána vzájemná závislost *Aspergillus flavus* a *Aspergillus parasiticus* na produkci aflatoxinu a kyseliny cyklopiazonové. **Působení mykotoxinů má poměrně silný kumulativní účinek a jejich efekt (toxicita) je zvyšován spolupůsobením dalších zátěžových faktorů, včetně kombinace více mykotoxinů.**

**Účinky mykotoxinů na organismus spočívá v** poškození parenchymatózních orgánů (játra, ledviny), poškození CNS, narušení srážlivosti krve, snížení imunitního systému, akutní nebo chronické změny orgánů (cirhotické změny na játrech, selhání jater a ledvin), zápaly a záněty orgánů. Mykotoxiny rovněž vykazují mutagenní, teratogenní a karcinogenní účinky.

**Ke všem druhům mykotoxinů jsou z hospodářských zvířat nejnímavější prasata. Přezývavci mají** díky pufrovací schopnosti a aktivitě bachorové mikroflóry určitou

**schopnost redukovat a tolerovat i vyšší hladiny mykotoxinů**, zejména zearalenonu a ochratoxinu. **Bachorové mikroorganismy metabolizují (degradují) tyto toxiny na neškodné netoxické metabolity.** Přesto bylo zjištěno, že aflatoxiny u přežvýkavců snižují v bachoru produkci těkavých mastných kyselin a tím negativně ovlivňují produkci mléka, využití krmiva, vlivem poruchy metabolismu inhibují i proteosyntézu, metabolismus lipidů, zvyšují aborty a u telat vedou k anorexii, průjmům a zpomalení růstu.

Pokud jde o výskyt plísní, je důležitá především **prevence a zabránění výskytu plísní** v krmivech a tedy i mykotoxinů. **Preventivní opatření spočívají** v omezení kontaminace zemědělských plodin toxinogenními plísněmi. Důležité je rychlé a účinné vysušení sklizených plodin a správné skladování. Rovněž se nesmí opomenout použití přípravků proti plísním během zemědělské prvovýroby. **Pokud již dojde k výskytu mykotoxinů v krmivech, musí se provést jejich detoxikace.** Pod tímto pojmem rozumíme inaktivaci nebo rozklad mykotoxinů, přičemž nesmí dojít k vzniku toxických produktů a k poklesu nutriční hodnoty. Metody detoxikace dělíme na fyzikální, chemické a biologické.

#### Fyzikální metody zahrnují:

- a) mechanické třídění (plísně a mykotoxiny velmi nehomogenně rozděleny - odstranění napadených částí)
- b) inaktivace teplem (často, ale velmi termostabilní)
- c) extrakce rozpouštědly
- d) adsorpce použitím sorbentů - hlinitokřemičitan vápenatý, bentonit - jílovitá hornina, která má velmi dobrou sorpční vlastnost

#### Chemické metody zahrnují:

- a) aplikace chlornanu sodného, peroxidu vodíku, oxidu siřičitý

#### Biologické metody:

- a) biotransformace či biodegradace účinkem enzymů
- b) využití bakterií (*Flavobacterium aurantiacum*), plísní (*Rhizopus*)