

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Bakalářská práce**

**Kutisinová střívka jako potenciální bílkovinné krmivo  
pro hospodářská zvířata**

**Autor: Štěpánka Nedvědová**

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

**© 2015 ČZU v Praze**

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Kutisinová střívka jako potenciální bílkovinné krmivo pro hospodářská zvířata" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17.4.2015

---

## Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Vladimíru Plachému, Ph.D. za jeho ochotné, milé a vstřícné jednání po celou dobu naší spolupráce.

# Kutisinová střívka jako potenciální bílkovinné krmivo pro hospodářská zvířata

## Souhrn:

Racionální výživa hospodářských zvířat je v dnešní době velmi aktuální problematikou, a proto v této oblasti probíhá neustálý výzkum se snahou o co nejefektivnější, nej dostupnější a finančně nejvýhodnější metody výkrmu zvířat. Ve své práci jsem se věnovala výživě monogastrů a to konkrétně drůbeži. Jedním z nejdůležitějších a nejsledovanějších parametrů každého krmiva je obsah dusíkatých látek (a tedy obsah aminokyselin). Vedle běžně využívaných bílkovinných krmiv – ať rostlinných nebo živočišných – se objevila možná alternativa v podobě kutisinových střívek; ta jsou dnes běžně užívána v potravinářském průmyslu jako obalový materiál na bázi kolagenu.

Teoretická část práce se zabývá shrnutím poznatků o kutisinu a s tím spojeným kolagenem – jeho strukturou, vlastnostmi, typy a hlavními aminokyselinami, kterými je tvořen. Dále práce obsahuje vymezení základních principů fyziologie trávení, metabolismu a vstřebávání jednotlivých živin a jejich následnou přeměnou v organismu. Následně jsou stručně popsány dusíkaté látky a aminokyseliny a s tímto spojené pojmy (limitující aminokyselina, ideální protein, apod.). Dalším tématem jsou tuky, minerální látky (stručná charakteristika základních makro a mikro prvků) a krmná aditiva. Neopominutelnou součástí je také seznámení s vybranými běžně užívanými bílkovinnými krmivy a to jak rostlinnými – pšenicí, sójovým extrahovaným šrotem a lupinou bílou, tak i živočišnými – masokostní moučkou a rybí moučkou. Poslední kapitolou teoretické části je problematika legislativy spojená s krmením živočišnými krmivy.

Praktická část práce se věnuje stanovení obsahu jednotlivých živin v kutisinu. Analyzována byla sušina, popeloviny, tuky, dusíkaté látky a jednotlivé aminokyseliny. Po stanovení výše zmíněných hodnot kutisinu byly výsledky shrnuty, přepočítány a nakonec porovnány s referenčními (tabulkovými) hodnotami pro vybraná krmiva. Výstupní hodnotou práce je nejen porovnání jednotlivých analyzovaných hodnot, ale také vyhodnocení chemického skóre a tedy limitující aminokyseliny, stanovení poměrného zastoupení jednotlivých aminokyselin v porovnání s ideálním proteinem z citované literatury a v neposlední řadě jsou v práci zmíněny i finanční a legislativní možnosti uvedení kutisinového krmiva na trh.

**Klíčová slova:** kutisinová střívka, nutriční hodnota, bílkovinná krmiva, monogastr

# Cutisines guts as a potencial protein feed for farmer animals

## Summary:

Rational nutrition of livestock is really actual question nowadays and in that case is understandable that a lot of companies are occupied with systematical research focused on effective, the most affordable and financially saving methods of fattening of livestock. I have dealt with nutrition of monogastric animals (specifically with nutrition of poultry) in my bachelor thesis. One of the most important and most watched parameter of every feed is content and composition of proteins (and also a content of amino acids). Besides the commonly used protein feeds – plant or animal ones – have appeared a new possible alternative in the form of cutisine guts; these are now used as a packaging material based on collagen in food-processing industry.

The theoretical part of my thesis describes a summary of findings about cutisine and its main component – collagen – namely its structure, characteristic, types and its major amino acids. The work includes defining the basic principles of physiology of digestion, metabolism and absorption of nutrients and their subsequent transformation in the body. Then they are briefly described nitrogenous compounds, amino acids and notions like the limiting amino acid, ideal protein, etc. Another topic reveals question of fats, minerals (elementary description of basic macro and micro elements) and feed additives. An indispensable part is also an introduction to commonly used plant protein feed - wheat, soybean meal and lupine white, as well as animal protein feed - bone meal and fishmeal. The last chapter describes the issue of legislation associated with feeding with feeds containing animal protein.

The practical part of my thesis describes the determination of individual nutrients in cutisine. Dry matter, ash, fats, nitrogenous compounds and individual amino acids were analyzed. After assessment the values of cutisine guts, results were summarized, converted and finally were compared with the referenced (tabulated) values for the selected plant and animal protein feeds. The output value of this thesis is not only a comparison of the analyzed values, but also the evaluation of chemical score and with it connected limiting amino acids and a determination of the relative amounts of individual amino acids in an ideal protein compared to the cited references. And finally the thesis mentions the financial and legislative options for putting cutisine feed to the market.

**Keywords:** cutisines guts, nutritional value, protein feed, monogastric animals

## Obsah

Obsah .....	6
1 Úvod .....	8
2 Cíl práce a hypotéza .....	9
2.1 Cíl práce .....	9
2.2 Hypotéza.....	9
3 Literární přehled.....	10
3.1 Kutisin.....	10
3.2 Kolagen.....	10
3.2.1 Vlastnosti.....	10
3.2.2 Struktura.....	11
3.2.3 Typy kole genu.....	14
3.2.4 Kolagen typu I.....	15
3.2.5 Kolagen typu II.....	15
3.2.6 Kolagen typu III.....	16
3.2.7 Kolagen typu IV.....	16
3.3 Biosyntéza kolagenu.....	16
3.4 Glycin.....	17
3.5 Hydroxyprolin.....	17
3.6 Prolin.....	18
3.7 Spotřeba drůbežího masa v České republice (2014).....	18
3.8 Fyziologie trávení drůbeže .....	19
3.9 Metabolismus a vstřebávání živin .....	21
3.10 Přeměna látek v organismu (metabolismus).....	23
3.11 Dusíkaté látky a aminokyseliny .....	24
3.12 Ideální bílkovina.....	26
3.13 Tuky .....	28
3.14 Minerální látky.....	29
3.14.1 Vápník.....	29
3.14.2 Fosfor.....	30
3.14.3 Hořčík.....	30
3.14.4 Sodík, draslík, chlor.....	30
3.15 Mikroprvky .....	31

3.15.1	Mangan.....	31
3.15.2	Zinek .....	31
3.15.3	Selen .....	32
3.15.4	Železo.....	32
3.15.5	Měď .....	32
3.15.6	Jód .....	32
3.16	Grit.....	32
3.17	Krmná aditiva.....	33
3.18	Voda.....	33
3.19	Bílkovinná krmiva .....	33
3.19.1	Bílkovinná krmiva rostlinného původu.....	33
3.19.2	Pšenice obecná ( <i>Triticum aestivum</i> L.).....	34
3.19.3	Sójový extrahovaný šrot .....	34
3.19.4	Lupina bílá ( <i>Lupinus albus</i> ) .....	35
3.20	Bílkovinná krmiva živočišného původu .....	35
3.20.1	Masokostní moučka .....	36
3.20.2	Rybí moučka .....	36
3.21	Legislativa živočišných krmiv .....	37
4	Metody a materiál .....	39
4.1	Materiál .....	39
4.2	Metody .....	39
4.2.1	Stanovení obsahu popela .....	40
4.2.2	Stanovení obsahu tuku .....	41
4.2.3	Stanovení obsahu dusíkatých látek .....	42
4.2.4	Stanovení obsahu aminokyselin .....	43
5	Výsledky.....	45
6	Diskuze.....	48
7	Závěr .....	50
8	Použitá literatura .....	51
9	Seznam obrázků, grafů a tabulek .....	55
10	Přílohy.....	57

# 1 Úvod

Výživa hospodářských zvířat je v dnešní době velmi aktuálním tématem a je tudíž žádoucí snažit se o poznání nových možností v tomto směru. Racionální výživa hospodářských zvířat je komplikovanou a rozsáhlou problematikou – nejen z důvodu druhové rozličnosti, ale i z mnoha dalších důvodů (například užitkovost, pohlavní dimorfismus, aj.).

Krmiva pro hospodářská zvířata vyžadují přesné koncentrace hlavních skupin živin tak, aby pro zvíře byly dostupné, plnohodnotné a aby byly vzájemně vyrovnané.

Jednou z nejdůležitějších skupin látek jsou bezpochyby bílkoviny, které mají v organismu prioritní funkci a jejichž syntéza je pro zvíře velmi energeticky náročná. Je proto nezbytné dodat krmivům zvířeti dostatečné množství kvalitních, stravitelných a využitelných bílkovin. Nejužívanějším bílkovinným krmivem je například sojový extrahovaný šrot, masokostní a rybí moučka a luštěniny. Jako jedna z dalších možných budoucích alternativ bílkovinných krmiv se nabízí kutisinová střívka - jedlá umělá kolagenová střívka – která se užívají v potravinářském průmyslu jako obal pro nejrůznější masné, uzenářské a ostatní výrobky. Z legislativních důvodů použití kutisinových střívek vykazuje nejvíce potenciálu ve výživě drůbeže. V rámci své práce provedu analýzy obsahu živin kutisinových střívek a porovnáám je s tabulkovými nutričními hodnotami dostupných a běžně užívaných bílkovinných krmiv.



## **2 Cíl práce a hypotéza**

### **2.1 Cíl práce**

Bude provedena analýza obsahu živin kutisinových střívek (sušina, popeloviny, dusíkaté látky, aminokyseliny, tuk). Na základě tabulkových hodnot zjištěných u bílkovinných krmiv bude srovnána nutriční hodnota kutisinových střívek s vybranými bílkovinnými krmivy.

### **2.2 Hypotéza**

Kutisinová střívka mohou být plnohodnotným zdrojem proteinu ve výživě monogastrů.

## **3 Literární přehled**

### **3.1 Kutisin**

Kutisinová střívka jsou často používaným obalovým materiálem pro nejrůznější masné, uzenářské a ostatních potravinářské výrobky. Jedná se o jedlá umělá kolagenová střívka, která uvedla roku 1953 na trh česká společnost CUTISIN (dnes Devro s r.o.). V závodě Kořenov od roku 1933 probíhala výroba salámových kolagenových střev. Zde vznikla roku 1946 ochranná známka „CUTISIN“ a následně byla připojena provozovna ve Slavkově u Brna, která se zabývala výrobou papírových, natronových a pergamenových střívek. V roce 1953 byla v české kutisince jako světová novinka vyrobena první jedlá kolagenová střívka určená pro masné výrobky. O velkém potenciálu produkce cutisinu svědčí i kapitálový vstup zahraničního partnera firmy Teepak (se sídlem v USA) z roku 1992. V roce 1966 došlo ke změně zahraničního vlastníka – CUTISIN přešel do rukou společnosti DEVRO (se sídlem ve Velké Británii), která je vlastníkem dodnes. V roce 2011 došlo ke změně názvu a společnost dnes funguje pod názvem Devro s r.o. (Flegl, 2003).

### **3.2 Kolagen**

#### **3.2.1 Vlastnosti**

Kolagen je extracelulární skleroprotein (tj. fibrilární bílkovina vláknitého tvaru se strukturální a podpůrnou funkcí), který je základním stavebním proteinem pojivových tkání. Představuje 25-30 % všech bílkovin obsažených v těle (Kodíček, 2004). Je hlavní organickou složkou kůže, kostí, chrupavek, šlach a vaziva. Dále je součástí cévních stěn, membrán a rohovek. Nejčastěji bývá kolagen tvořen trojšroubovicí, je složen ze tří aminokyselin. Jednou je glycin, který umožňuje stáčení molekuly, dále prolin a hydroxyprolin. Tyto aminokyseliny jsou situovány do trojitého helixu, který dává moleculu tyčovitý tvar a velmi tuhou konstituci (Maynes R., 2012). Kolagen je typický vysokým obsahem prolinu a hydroxyprolinu, jemuž se budu podrobněji věnovat níže. Skleroproteiny nejsou rozpustné ve vodě a zředěných solných roztocích a jejich markantní vlastností je bobtnání – po ponoření do vody vlákno kolagenu bobtná, přičemž dochází ke změně objemu, délky a pružnosti vlákna. Část vody obsažené v nabobtnalém kolagenu tvoří tzv. bobtnací voda, kterou lze mechanickým působením odstranit; druhou část tvoří voda hydratační, koloidně vázaná, odstranitelná pouze sušením.

Z fyzikálně-chemického hlediska kolageny patří kolagen k přechodným koloidním soustavám – gelům. Denurací (vlivem některých chemikálií nebo tepelným účinkem) kolagenu vzniká želatina. Denaturace kolagenu je dvoustupňový proces vysvětlovaný víceúrovňovými strukturními změnami. Z fyzikálního hlediska jsou nejdůležitější Kolagen I, II a III.

### 3.2.2 Struktura

Primární struktura popisuje sekvenci aminokyselin v peptidovém řetězci, charakterizuje peptidové vazby, polohu a počet vedlejších vazeb. Ve šlachách jsou vlákna a svazky kolagenu uloženy uspořádaně a pravidelně (Konrádová et al., 2000). Molekula kolagenu je tvořena mimo jiné hydroxyprolinem a hydroxylysinem, které vznikají posttranslační modifikací prolinu a lysinu za účasti kyseliny askorbové - vitamínu C (tzn. vitamin C je nezbytný pro tvorbu kolagenu). Nedostatečný příjem vitamínu C způsobuje vytváření poruchového a strukturně slabého kolagenu - u živočichů se projevuje například menší pevností cévních stěn, aj. Kolagen se skládá z řetězců alfa 1 a alfa 2, které se jen málo liší pořadím, resp. obsahem aminokyselin. Řetězce tvoří trojitou spirálu, která se označuje jako tropokolagen. Je to základní jednotka kolagenu, dlouhá přibližně 290 nm. Obsahuje také samotný prolin, který spolu s hydroxyprolinem podmiňuje jeho sterickou rigiditu (projevuje se jako nemožnost volného otáčení okolo vazby C $\alpha$ -N a ztíženým otáčením okolo vazby C $\alpha$ -CO) a odlišnou orientaci polypeptidických řetězců, než je tomu v případech bílkovin obsahujících menší množství cyklických aminokyselin. Kolagen obsahuje také značné množství glycinu, který tvoří poměrně pravidelně každou třetí aminokyselinu v sekvenci řetězců. Toto rozložení umožňuje spojení řetězců do trojité šroubovice – triplehelixu. Důležitou aminokyselinou kolagenu je také hydroxylysin, který je významný především díky své vaznosti na cukerné složky. Charakteristická je také přítomnost tyrozinu, nahromaděného v terminálních peptidech. V poměrně malém množství jsou zastoupeny leucin a izoleucin, methionin a cystein. Cystein se v kolagenu typu I vyskytuje pouze u nejnižších organismů. Díky studiu primární struktury kolagenu bylo zjištěno, že jsou v něm prostřídány polární a apolární oblasti, přičemž polární oblasti je možné rozdělit na obsahující bazické a kyselé aminokyseliny. V apolárních částech se pravidelně střídají sekvence Gly-Pro-R, přičemž na pozici R je možné dosadit aminokyseliny – například Hyp, Met, Ser, Ala a další. Jeden řetězec tvoří přibližně 1000 aminokyselin, celá molekula má potom přibližně trojnásobný aminokyselinový obsah.

Obrázek 1 - Primární struktura kolagenu (W. H. Freeman, 2007)

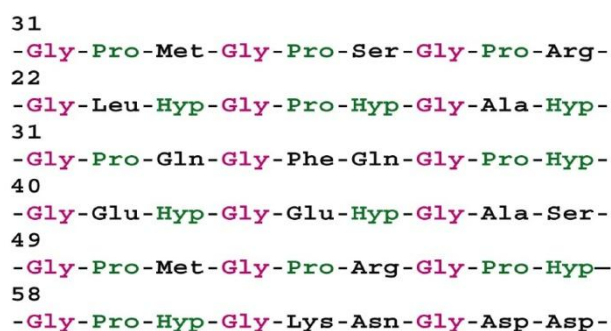


Figure 2-45  
Biochemistry, Sixth Edition  
© 2007 W. H. Freeman and Company

Sekundární struktura vystihuje prostorové uspořádání, které je dáno sekvencí aminokyselin a fixováno jejich nevazebnými interakcemi. Struktura kolagenu je jako u většiny proteinů  $\alpha$ -helix pravotočivá. Základem sekundární struktury kolagenu je levotočivá polypeptidová šroubovice se stoupáním 0,95 nm, která je svinutá do pravotočivé struktury superhelixu. Jednotlivé peptidy jsou od sebe vzdáleny 0,286 nm a celková délka řetězce je 290 nm, což je charakteristický rys právě kolagenu, neboť jinde se vyskytuje pouze u proteinů s podobnou sekvencí aminokyselin.

Obrázek 2 - Sekundární struktura kolagenu (W. H. Freeman, 2007)

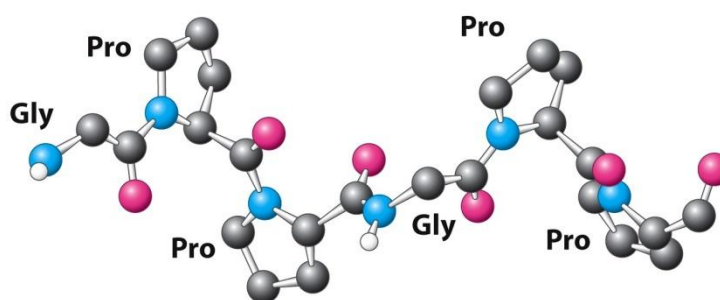
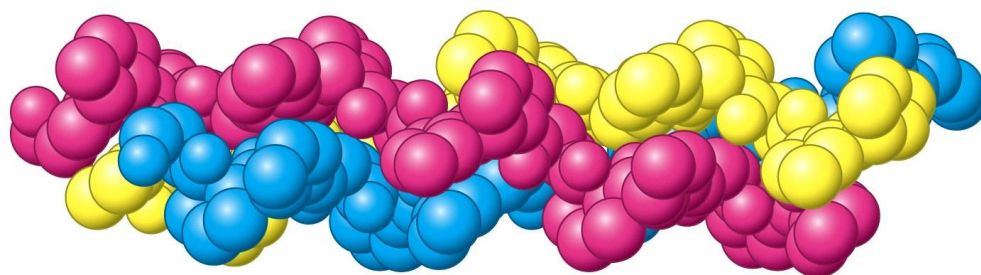


Figure 2.41  
Biochemistry, Seventh Edition  
© 2012 W. H. Freeman and Company

Terciární struktura kolagenu je tvořena třemi navzájem ovíjejícími se levotočivými řetězci tvořícími trojitou pravotočivou šroubovici o průměru 1,4 nm v délce 290 nm. Takto vzniklý provazcovitý útvar se nazývá tropokolagen, který je základní stavební jednotkou kolagenu. Jeho soudržnost je dána sousedícími vodíkovými vazbami, které vznikají, pouze když jsou všechny tři řetězce v těsné blízkosti. Tuto blízkost zajišťuje přítomnost glycinu.

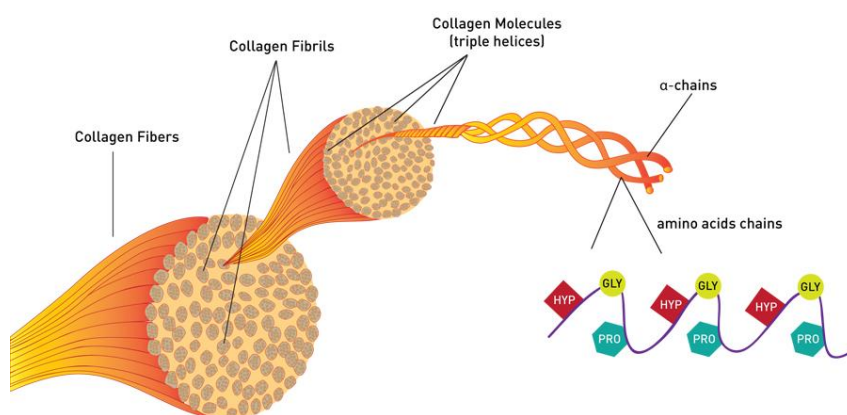
Obrázek 3 - Terciární struktura kolagenu (W. H. Freeman, 2007)



**Figure 2.42a**  
*Biochemistry, Seventh Edition*  
© 2012 W. H. Freeman and Company

Kvarterní struktura utváří kolagen jako fibrilární – vláknitou bílkovinu. Fibrily jsou dlouhé a pevné a vyskytují se ve všech pojivových tkáních. Vlákna jsou měkká, ohebná, nepružná a vysoce pevná v tahu. Silné kolagenové svazky k sobě těsně přiléhají a tím tvoří velmi pevné struktury, které jsou však schopny odolávat a utlumovat značné tlaky (Junqueira et al., 1997). Uvádí se, že  $1 \text{ mm}^2$  kolagenových vláken udrží až 50 kg. Ve svazcích mají bílou barvu. Ve tkáních mohou být uspořádány do řídkých sítí nebo uspořádaných svazků (šlachy). Tloušťka kolagenového vlákna se pohybuje mezi 1 - 20  $\mu\text{m}$ , délka může být různá. Jedna molekula je dlouhá přibližně 300 nm. Při dostatečném zvětšení v elektronovém mikroskopu se přestanou jevit jako homogenní struktura a lze vidět podélné pruhování. Nejtenčí struktura ještě rozlišitelná světelným mikroskopem se nazývá fibrila; je široká přibližně 0,3-0,5  $\mu\text{m}$ . Samotné fibrily se skládají z menších jednotek – tzv. mikrofibril - které jsou pozorovatelné pouze pod elektronovým mikroskopem. Průměr mikrofibril se pohybuje mezi 20-100 nm, v průměru asi 75 nm. Nově vytvořené mikrofibrily měří cca 20 nm, s přibývajícím věkem se jejich tloušťka zvětšuje. Pro mikrofibrily je charakteristické příčné pruhování v intervalu 64 nm. Molekuly tropokolagenu, uspořádané v mikrofibrile v paralelních řadách, se totiž přesahují o 1/4 své délky. Vlákna lze dále členit, a to až na mikrofibrily s uspořádáním C-konec a N- konec. (Adam, 2003).

Obrázek 4 - Struktura kolagenu (proto-col, 2015)



### 3.2.3 Typy kolegenu

Tabulka číslo 1 ukazuje přehled aminokyselin zastoupených v kolagenu (hovězích kůží). Existuje několik typů kolagenů, které se navzájem liší složením aminokyselin, jak zobrazuje tabulka 2.

Tabulka 1 - průměrné zastoupení aminokyselin v kolagenu hovězích kůží (Peterková, 2000)

aminokyselina	hodnota (AMK zbytky/1000 zbytků)
hydroxyprolin	116,0
kyselina asparagová	44,0
threonin	15,0
serin	36,0
kyselina glutamová	70,0
prolin	122,2
glycin	321,0
alanin	105,0
valin	20,0
methionin	6,5
isoleucin	10,0
leucin	24,0
tyrosin	2,0
fenylalanin	12,0
hydroxylysin	6,5
lysin	30,0
histidin	4,5
arginin	47,0

**Tabulka 2 - typy kolagenů (Peterková, 2000)**

typ	charakteristika	výskyt
I	nejčastější výskyt, málo hydroxylysinu	kosti, šlachy, kůže, zubovina, vazivo, děloha, cévy
I	vyšší obsah 3- a 4-hydroxyprolinu a 5-hydroxylysinu	nádorové útvary, zanícená ložiska
II	častý výskyt, relativně bohatý na hydroxylysin a karbohydráty	chrupavky, sklivec oka
III	bohatý na hydroxylysin obsahující meziřetězcové disulfidické vazby	kůže, cévy, děloha, retikulín
IV	bohatý na hydroxylysin, obsahuje rozsáhlé globulární regiony	bazální membrány
V	stejný jako typ IV	spojovací tkáň
VI	mikrobibrily	spojovací tkáň
VII	dlouhé řetězce	zpevňovací fibrily
VIII	šroubovice zařazené za sebou	některé endotelické buňky
IX	vedlejší protein chrupavek, nese glykosaminoglykany	chrupavky
X	krátké řetězce	hypertrofické chrupavky

### 3.2.4 Kolagen typu I

Jak uvádí M. Adam (2013) - kolagen typu I je v lidských tkáních nejrozšířenější, vyskytuje se především v kůži a kostech. Představuje přibližně 90% všech kolagenů v lidském těle. Sestává z jednotlivých kolagenních vláken dlouhých 1 20  $\mu\text{m}$ . Podle jeho rozpustnosti v různých prostředích jej můžeme dělit na Neutral Salt Soluble Collagen (NSC), který je rozpustný pouze v neutrálních solích, Acid Soluble Collagen (ASC), rozpustný v kyselinách a Insoluble Collagen (ISC) který je z části rozpustný při denaturaci a částečně nerozpustný. Kolagen prvního typu je převážně přítomen v kostech, šlachách, pokožce a zubech. Tento typ kolagenu má širokospektré využití, a to nejen v potravinářské výrobě, například při výrobě potravinových doplňků vyživujících kostní tkáň, klouby, kůži, vlasy, nehty..., ale také ve výrobě kosmetických přípravků, kdy je obsažen v přípravcích proti stárnutí pokožky. Své místo má také při výrobě chirurgických nití. Je také nosičem léčiv nebo stimulačních látek, především díky svým fyzickým vlastnostem – pružnosti, vstřebatelnosti a nulové toxicitě. Ve výzkumu je používán jako podklad pro pěstování tkáňových struktur a je často využíván při výrobě tkáňových náhrad. Kostní živočišná tkáň je nejvydatnějším zdrojem pro kolagen typu I.

### 3.2.5 Kolagen typu II

Na rozdíl od kolagenu prvního typu, obsahuje tento typ více hydroxylyzinu a postranních řetězců cukrů. Je složen ze tří polypeptidických  $\alpha 1$  řetězců a jeho vlákno je pak 67 nm dlouhé. Ze všech ostatních typů kolagenu je nejhojněji zastoupen v extracelulární matrix chrupavčitých tkání, kde přispívá k podpůrné funkci. Často je využíván ve tkáňovém

inženýrství, zejména proto, že slouží jako „pletivo“, na kterém se uchycují a správně rozmístí chondrocyty. Staví tedy pro optimální funkci chrupavky nezbytnou arkádovou strukturu. Je převážně nerozpustný. Kolagen II se nachází v chrupavkách, kde tvoří přibližně 50 % celkového objemu, resp. 70 % sušiny chrupavek. Zdrojem kolagenu typu II jsou hovězí a vepřové kloubní nebo kuřecí sternální chrupavky.

### **3.2.6 Kolagen typu III**

Dříve byl nazýván také retikulín, zejména proto, že jeho fibrily, spojené ve vlákna tvoří retikulární síť, ve kterých jsou více či méně pravidelně uspořádány. Retikulární síť jsou oporou měkkých tkání, proto tento typ kolagenu nalezneme především právě v nich. Příkladem mohou být hladké svalové buňky či nervová vlákna, obsažen je také ve stěnách cév. Svou stavbou je značně podobný kolagenu I, avšak obsahuje více proteoglykanů a glykoproteinů. Se stárnutím organismu tohoto kolagenního typu v tkáních ubývá a je nahrazován kolagenem typu I, proto jej nalezneme především v mladých tkáních.

### **3.2.7 Kolagen typu IV**

Tento minoritní typ kolagenu netvoří ani fibrily, ani vlákna, je typem amorfním. Stejně jako předchozí typy je tvořen helikálními strukturami, k nimž jsou však připojeny také oblasti nehelikální, které jeho strukturu narušují. K jeho izolaci je vhodné použít proteolytického štěpení pepsinem. Je nazýván kolagenem bazálních membrán.

## **3.3 Biosyntéza kolagenu**

Syntéza (biosyntéza) kolagenu probíhá na membráně ribozomů. Jednotlivé aminokyseliny se spojují do řetězců díky kondenzaci (za odštěpování vody) a jsou následně transportovány do endoplazmatického retikula jako velké prekursorů nazývané pro  $\alpha$ -řetězce. V endoplazmatickém retikulu jsou prolin a lysin hydroxylovány na hydroxyprolin a hydroxylysin. Každý pro  $\alpha$ -řetězec se spojuje s dalšími dvěma a vzniká trojšroubovicová struktura zvaná prokolagen. Vylučované kolageny jsou v extracelulárním prostoru převedeny na kolagenové molekuly odstraněním propeptidů. Hydroxylovaný lysin (jeho zbytky) jsou nezbytné pro rozsáhlé zesíťování kolagenových molekul, které se tvoří během shromažďování kolagenu v extracelulárním prostoru. Kolageny jsou neustále pomalu degradovány

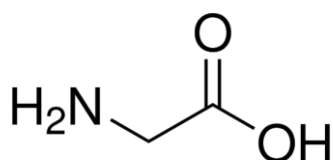


specifickými extracelulárními enzymy – tzv. kolagenasami. Po vyloučení jsou propeptidy prokolagenových molekul odstraněny enzymy mimo buňky a následně přeměněny na tropokolagen a dále se spojují v extracelulárním prostoru na rozměrnější kolagenové fibrily. Po vytvoření kolagenních fibril v mimobuněčném prostoru dochází ke zpevnění systému zesíťováním – tj. tvorbou kovalentních vazeb mezi lysinovými zbytky kolagenových molekul. Organizace kolagenních fibril v mezibuněčné hmotě je přizpůsobena potřebám tkáně. Například v kůži savců jsou uspořádány tak, aby odolávaly napětí do všech směrů; ve šlachách jsou uzpůsobeny do svazků podél hlavní osy napětí působícího napětí na šlachu; u dospělé kosti a rohovky se tvoří vícevrstevnaté struktury podobné překližce. Stupeň zesíťování kolagenu je dán požadovanou pevností v tahu. (Peterková et al., 2000)

### 3.4 Glycin

Glycin ( $C_2H_5NO_2$ ) je řazen mezi neesenciální aminokyseliny – organismus je schopný si ho syntetizovat ze serinu, a proto není nezbytné dodávat jej potravou. Jako jediná aminokyselina neobsahuje chirální (asymetrický) uhlík. Pomocí enzymu serinhydroxymethyltransferasa může být přeměněn na serin.

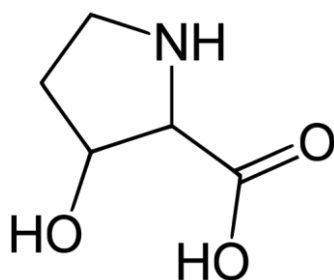
Obrázek 5 - Glycin (MP Biomedicals, 2014)



### 3.5 Hydroxyprolin

(2S,4R)-4-Hydroxyproline nebo L-hydroxyproline ( $C_5H_9O_3N$ ) patří mezi neproteinogenní aminokyseliny (nekódované – tj. takové, které nejsou při translaci zabudovávány do peptidového řetězce). 3-hydroxyprolin nebo 4-hydroxyprolin vznikají enzymovou hydroxylací prolinu - za účasti kyseliny askorbové - zabudovaného v peptidovém řetězci během posttranslačních modifikací bílkovin. Hydroxyprolin se podílí na stabilizaci trojitě šroubovice (Lareu et al., 2010).

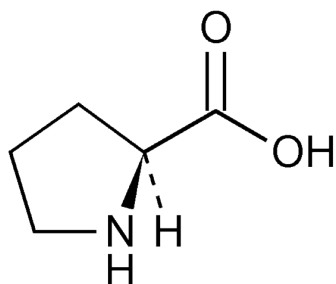
Obrázek 6 - Hydroxyprolin (MP Biomedicals, 2014)



### 3.6 Prolin

Prolin ( $C_5H_9NO_2$ ) je jednou z proteinogenních neesenciálních aminokyselin. Díky své zvláštní chemické struktuře má i specifické možnosti při vytváření prostorové struktury bílkovin; nepodílí se na výstavbě  $\alpha$ -helixu, velmi často jej nacházíme v různých ohybech peptidového řetězce (Kodíček, 2007). Biosyntéza prolinu je postavená na cyklizaci a redukci kyseliny glutamové.

Obrázek 7 - Prolin (autor, rok)

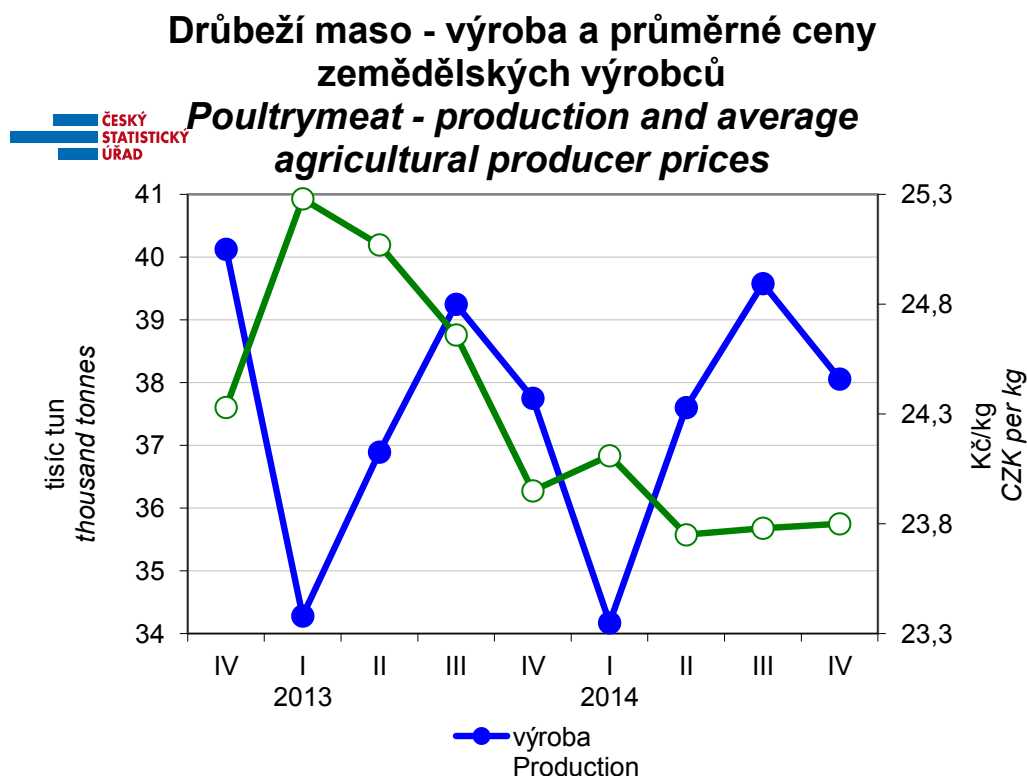


### 3.7 Spotřeba drůbežího masa v České republice (2014)

Z informací Českého statistického úřadu za rok 2014 vyplývá, že stavy drůbeže od roku 2013 stouply. Výroba drůbežího masa se v roce 2014 zvýšila o 0,8 % na 149 410 tun. Ceny zemědělských výrobců jatečných kuřat byly v roce 2014 o 3,5 % nižší než v roce 2013. Průměrná cena jatečných kuřat I. třídy jakosti byla 23,86 Kč za kg živé hmotnosti (minimální cena 23,00 Kč/kg byla v únoru, maximální 24,74 Kč/kg v lednu). Zahraniční obchod s živou drůbeží v období od prosince 2013 do listopadu 2014 vykázal kladnou bilanci 39 601 tun, z toho dovoz činil 4 181 tun (- 33,1 %) a vývoz 43 782 tun (+ 4,8 %). Bilance zahraničního obchodu s drůbežím masem byla záporná (- 65 604 tun). Dovoz i vývoz zůstaly meziročně na

stejné úrovni, drůbežího masa se dovezlo 95 417 tun (+ 0,1 %) a vyvezlo 29 814 tun (− 0,6 %). Nejvíce drůbežího masa se dovezlo z Polska (+ 15,4 %), ale také z Brazílie (− 32,4 %) a Maďarska (− 25,5 %), většina vývozů směřovala na Slovensko (+ 4,3 %) (Hrbek, 2015).

Graf 1 - Výroba a průměrné ceny zemědělských výrobců (Hrbek, 2014)



### 3.8 Fyziologie trávení drůbeže

Trávení drůbeže je děleno na mechanické trávení (drcení, mělnění, mísení, posun tráveniny) a trávení chemické (enzymatické hydrolytické štěpení). Stravitelnost živin z rozdílných krmiv je odlišná – bilanční koeficienty stravitelnosti se pohybují v rozmezí 60 – 80 % u dusíkatých látek, 50 – 80 % u tuku, 10 – 25 % u vlákniny a 70 – 90 % bezdusíkatých látek výtažkových.

Trávicí trakt drůbeže je oproti savcům morfologicky odlišný. Vstupní částí trávicího traktu je zobák, který je bezzubou ústní dutinou. Tvar zobáku je závislá na druhu drůbeže. Kur domácí má dobře vyvinutý systém slinných žláz – denní tvorba slin se pohybuje mezi 7 – 25 ml (vodní drůbež má slinný systém vyvinut ve značně omezenější míře). pH slin je

přibližně 6,78 a vždy jsou ve slinách přítomny amylázy; v menší míře u drůbeže ve slinách nalezneme i lipázy. Sliznice drůbeže obsahují velmi malé množství chuťových pohárků, a proto u drůbeže pozorujeme horší chuťové hodnocení krmiv. Jícen je krátký – vystlaný silnou vrstvou sliznice s povrchem tvořeným dlaždicovým epitelem. Podslizniční vrstva řídkého vaziva umožňuje pohyblivost a roztažitelnost jícnu.

Další částí trávicího traktu je tzv. vole; je to vychlípenina jícnu vytvořená zřasením sliznice. Objem volete se pohybuje mezi 75 až 100 gramy krmiva, které se zde hromadí, následně pomocí působení slin a vody bobtná a změkčuje se. Sliznice volete obsahuje menší množství mucinových žlázek, ale i přes to jinak neobsahuje žádné enzymy, a proto ve voleti neprobíhá (chemické) trávení potravy. Doba setrvání krmiva ve voleti je závislá především na množství a konzistenci krmiva (pohybuje se v řádech několika hodin až dnů). Vole není pro život drůbeže nezbytné, přesto se po jeho odstranění vytváří vole nepravé a bylo zjištěno, že absence volete snižuje využitelnost živin (Kodeš et al., 2003)

Žaludek je tvořen dvěma samostatnými dutinami - žaludkem žláznatým a svalnatým. Ve žláznatém žaludku je krmivo z jícnu obohaceno o žaludeční šťávu, která obsahuje kyselinu chlorovodíkovou a pepsin. Většina žaludeční šťávy však stéká do svalnatého žaludku; trávenina se tedy ve žláznatém žaludku příliš nezdržuje. Svalnatý žaludek vznikl zbytněním kruhové svaloviny trávicí trubice za žláznatým žaludkem. Tlakem a přibližováním různě uspořádaných svalových partií dochází k tvorbě třecích, drtících a mělnících pohybů. Tyto pohyby (stahy) se opakují, až dojde k dokonalému rozmělnění tráveniny. Drtící činnost žaludku je podporována přítomností drobných kamínků, které volně žijící drůbež sbírá sama anebo přidávkem gritu, který je v chovech přidáván ke krmným dávkám. Drcení krmiva napomáhá i ploténka vzniklá ze ztuhlých výměšků žlázek sliznice svalnatého žaludku, která tvoří výstelku dutiny žaludku. Ploténka slouží zároveň jako mechanická ochrana před poškozením svalnatého žaludku gritem (kamínky). U některých druhů se ploténka během života sama odloupne, je vyloučena a poté se tvoří nová – během tohoto období (řádově dnů) je důležité podávat pouze měkkou potravu.

Ze svalnatého žaludku pokračuje trávenina do duodena (dvanáctníku, části tenkého střeva), kde se započíná samotné trávení pomocí enzymů a trávicích šťáv vylučovaných ve žláznatém žaludku. Teprve až v lačníku dochází k pankreatickému trávení – pankreatická šťáva obsahuje silné enzymy pro rozklad škrobu. Toto trávení pomocí střevní šťávy je u drůbeže velmi omezené kvůli absenci duodenálních žlázek. Ve sliznici byly zjištěny nízké koncentrace proteáz, invertáz a amyláz, které však trávení příliš neovlivňují.

Dále pokračuje trávenina do tlustého střeva, které se u drůbeže skládají ze dvou střev slepých a z konečníku. Ve slepých střevech probíhá mikrobiální trávení – nestrávené živiny jsou dotráveny mikrobiálními enzymy (včetně mikrobiální celulózy). Trávenina ve slepých střevech setrvává mezi 24 až 48 hodinami. Díky mikrobiálnímu rozkladu a následnému vstřebávání rozložených produktů obsahují výkaly méně vlákniny než trávenina z tlustého střeva (Kodeš et al., 2003)

### **3.9 Metabolismus a vstřebávání živin**

Vstřebávání živin je založeno na bázi přenosu látek přes biologickou membránu. O vstupu látek do buňky rozhoduje charakter molekul – především jejich velikost, chemická podstata, náboj, aj. Biologická membrána je semipermeabilní dvojvrstva tvořená fosfolipidy. Struktura je orientována tak, že hydrofilní části fosfolipidů jsou vně a hydrofobní části uvnitř membrány. Součástí biomembrán jsou i proteiny (nejčastěji glykoproteiny), které slouží jako receptory, přenašeče, membránové kanály a některé z nich vykazují i enzymatickou aktivitu. Membrána je volně propustná pro lipofilní látky, zatímco pro hydrofilní látky je nepropustná – tyto látky jsou přes membránu transportovány pouze prostřednictvím membránových kanálů nebo transportérů.

Dalším neopomenutelným typem vstřebávání je vstřebávání v trávicím traktu – především pomocí diferenciovaných epitelů. V tenkém střevě dochází k prostoupení látek přes biomembránu a to jednoduchou difúzí, difúzí omezenou membránovým nábojem, tukovými bariérami, usnadněnou difúzí, aktivním přenosem, pinocytózou i fagocytózou. V ostatních částech trávicího traktu je vstřebávání látek omezené. V tenkém střevě došlo v průběhu vývoje ke specifikaci epiteliárních buněk na buňky resorpční a sekreční. Samotný povrch sliznice tenkého střeva je zvětšován díky přítomnosti klků a mikrokلكů. Resorbovat se mohou pouze látky, které proniknou vrstvou mucinu, který souvislou vrstvou pokrývá celý epitel; do této vrstvy pronikají ze střeva natrávené látky, naopak z epitelu jsou vylučovány enzymy.

Živiny jsou vstřebávány ve formě svých základních stavebních útvarů (tzn. sacharidy jako monosacharidy, tuky jako mastné kyseliny, bílkoviny jako aminokyseliny).

Sacharidy jsou štěpeny (hydrolyticky) na hexózy, které se vstřebávají aktivním transportem a pentózy, které jsou vstřebávány usnadněnou difúzí. Aktivní transport je uskutečňován přítomností alkalické fosfatázy, která zde působí jako proteinový nosič hexóz.

Tuky jsou vstřebávány postupně ve třech fázích – fáze laminární, celulární a transportní. První fáze (laminární) probíhá v lumen střeva, dochází zde k úplné hydrolýze přibližně třetiny tuků, zbytek je hydrolyzován pouze částečně na diglyceridy a monoglyceridy. 20 % tuků touto fází prochází zcela nehydrolyzovaných. Fáze celulární probíhá ve střevní stěně, kam z lumen střeva z 1. fáze přechází glycerol, volné mastné kyseliny s dlouhými i krátkými řetězci a mono-, di- a triglyceridy. Dochází zde k dokončování hydrolýzy esterů mastných kyselin, které jsou ještě navázány na glycerol. Uvolněný glycerol se resorbuje do jater, mastné kyseliny s řetězci delšími než 10 uhlíků se opět slučují s glyceroly na triglyceridy. Kratší mastné kyseliny se slučují buď s kyselinou fosforečnou a cholinem na lecitin anebo (v případě nenasycených mastných kyselin) s cholesterolem na cholesterolové estery. V poslední fázi (transportní) dochází k přenosu naštěpených i nenaštěpených tuků do krve (mastné kyseliny do 14 uhlíků) a do lymfy (vyšší mastné kyseliny).

Další neopomenutelnou složkou výživy drůbeže je voda. Voda se vstřebává bez ohledu na její koncentraci ve tkáních. Prostup vody funguje na principu osmózy – tzn. z místa s nižším osmotickým tlakem do míst s vyšším osmotickým tlakem (například krev má vždy vyšší osmotický tlak, a proto přijímá vodu ze střevního obsahu). Voda může prostupovat oběma směry – ze střeva i do střeva (například při podání většího množství snadno rozpustných sacharidů nebo solí prochází voda z krve do lumen střeva tak dlouho, dokud se osmotické tlaky nevyrovnají). Další důležitou možností je tvorba metabolické vody, která je spojená s obsahem energie přijaté z krmné směsi. Například z 1,256 MJ metabolizovatelné energie (stanovené bilančně tak, že se od brutto energie krmiva, která se stanoví spálením vzorku v kalorimetru, odečte spalné teplo trusu) přijaté z krmiva, vyrobí pták kolem 40 gramů metabolické vody (což představuje přibližně 15 % denní potřeby). Endogenní (metabolická voda) snižuje molární koncentrace látek v buňce a pomáhá přemísťovat metabolity v intracelulárním prostoru, což exogenní (přijatá) voda nedokáže.

Solí jsou vstřebávány převážně v tenkém střevě a to aktivně i pasivně. Rychlost resorpce je závislá hlavně prvotně na vstřebávaném prvku a jeho chemické podstatě. Síra a fosforečnany nejsou téměř resorbovány, ačkoliv jsou ve vodě rozpustné. Absorpci vápenatých solí ovlivňuje přítomnost vitamínu D i obsah kyseliny chlorovodíkové v žaludku, která převádí ve vodě nerozpustné uhličitany na rozpustné chloridy, které jsou poté snadno resorbovány (Kodeš et al., 2003)

Metabolismus bílkovin je podrobněji popsán v následujících částech práce.

### 3.10 Přeměna látek v organismu (metabolismus)

Metabolismus je jedním ze základních projevů života. Je to souhrn všech chemických procesů, při nichž dochází k přeměně látek (látková výměna) a energií (energetická výměna) v buňkách a živých organismech. Tyto přeměny probíhají v organismech kaskádovitě, víceúrovňově a souběžně. Přijaté a metabolizované látky organismus využívá k výstavbě vlastních struktur, udržování homeostázy, pro energetické účely, reprodukční procesy, pohyb, aj. Metabolismus je podmíněn dvěma protichůdnými procesy – anabolizmem (syntézou složitějších látek z látek jednodušších) a katabolizmem (štěpením složitých látek). Anabolizmus je podmíněn spotřebou energie (endoergické děje), zatímco katabolizmus způsobuje uvolňování energie (exoergické děje). Proto je nezbytné dbát na dynamickou rovnováhu organismu – tj. stálé udržování a obnovování vnitřního prostředí organismu při daném příjmu látek a energie z prostředí vnějšího a výdeje látek a energie.

Zdrojem energie pro organismus jsou glukóza a glykogen. V krvi je udržována stálá hladina glukózy – tzn. glykolýza. Z molekul glukózy štěpením vznikají potřebné intermediální metabolity, energie a molekuly zásobního glykogenu. Přebytečné množství glukózy se v krvi přeměňuje na zásobní tuky (u zvířat ve výkrmech bylo zjištěno až 50 % tuků, které měly původ v glukóze). Anaerobní glykolýzou získává organismus energii – pouze však 2 molekuly ATP, ale i další nezbytné metabolity (pyruvát, NADH). Větší množství energie z glukózy organismus získává z aerobního cyklu. Při dostatku kyslíku se konečný metabolit glykolýzy – kyselina pyrohroznová – může začlenit do Krebsova cyklu, ve kterém se uvolňuje 36 ATP.

V organismu je udržována i relativně stálá hladina lipidů – tzn. lipémie. Významná je koncentrace mastných kyselin a cholesterolu; obě tyto látky úzce souvisí se zdravotním stavem nejen chovaných zvířat, ale i následně konzumenta produktů. Metabolity, vznikající při přeměnách lipidů, mají význam i v ostatních metabolických přeměnách – mastné kyseliny vystupují jako bohatý zdroj energie (mohou vstupovat do Krebsova cyklu ve formě acetylkoenzymu A, který vzniká při  $\beta$ -oxidaci mastných kyselin).

Celkový metabolismus bílkovin v organismu můžeme sledovat pomocí tzv. dusíkové bilance, což je experimentálně určený rozdíl mezi množstvím dusíku přijatého z krmiva v bílkovinách a vyloučeného močí a stolicí především ve formě močoviny. Následná využitelnost bílkovin je ovlivňována genetickými dispozicemi, kvalitou přijatých bílkovin, obsahu a poměru esenciálních aminokyselin, aj. (Kodeš et al., 2003)

### 3.11 Dusíkaté látky a aminokyseliny

Tělesné bílkoviny obsahují 22 aminokyselin a všechny jsou pro organizmus nezbytné. Drůbež potřebuje dusíkaté látky v množství, které zabezpečí dostatek všech esenciálních aminokyselin, ale i dostatek poloesenciálních aminokyselin a neesenciálních látek potřebných pro jejich tvorbu. Trendem je nenavyšovat, dokonce spíše snižovat obsah dusíkatých látek v krmných směsích; zvířata s moderním genofondem rostou intenzivněji a z krmiv ukládají více dusíkatých látek.

Esenciální aminokyseliny lysin a treonin zvířata vůbec nesyntetizují, protože pro jejich syntézu nemají potřebné transaminázy. Nezbytné jsou i aminokyseliny, které sice mohou být syntetizovány, ne však v dostačujícím množství – například tryptofan, histidin, fenylalanin, leucin, izoleucin, metionin, valin a arginin. Jejich syntéza je však teoretická, jelikož krmiva neobsahují příslušné ketokyseliny potřebné pro jejich tvorbu. Krmivy tudíž musí být kryta veškerá potřeba všech esenciálních aminokyselin. Hlavním odpadním produktem dusíkového metabolismu je u drůbeže kyselina močová, při jejíž tvorbě je nepostradatelný glycin (na syntézu molekuly kyseliny močové je spotřebována molekula glycinu). Syntéza glycinu je možná ze serinu; produkce serinu může však pro pokrytí potřeb spojených s požadovaným intenzivním růstem a syntézou kyseliny močové nedostatečná. Z tohoto důvodu se serin může jednoduše stát u rychle rostoucích kuřat esenciální aminokyselinou.

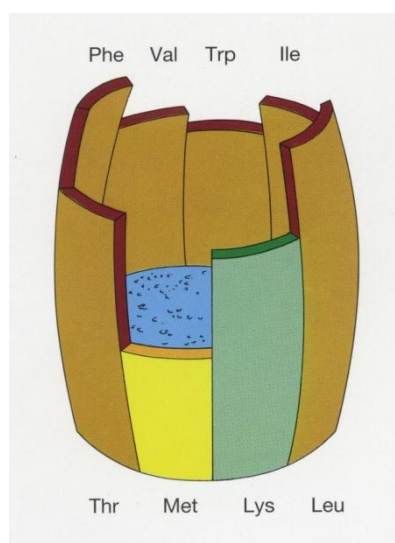
Poloesenciální aminokyseliny mohou být v organizmu syntetizovány, ale pouze za předpokladu dostatku nepostradatelných aminokyselin (například cystein z metioninu, tyrosin z fenylalaninu). Opačně tento princip nefunguje (tj. nemůže být syntetizován například metionin z cysteinu, zatímco cystein z metioninu ano).

Neesenciální aminokyseliny mohou být tvořeny z jiných neesenciálních nebo esenciálních aminokyselin – syntéza z esenciálních aminokyselin je biologicky i ekonomicky velmi nevýhodná. Poměr obsahu dusíku esenciálních a neesenciálních aminokyselin v krmných směsích by měl být přibližně 1 : 1.

Esenciální aminokyselina, která je nedostatečně zastoupená v dusíkatých látkách, se stává limitující pro využití ostatních aminokyselin, čímž zvyšuje nároky na množství dusíkatých látek v krmných směsích nebo limituje užitečnost zvířat při stávajícím množství dusíkatých látek – tato limitující aminokyselina se nazývá limitující aminokyselina. Pro drůbež je první limitující aminokyselinou metionin nebo lysin, dále pak treonin a tryptofan. Tyto aminokyseliny bývají průmyslově vyráběny a přidávány do směsí. Další v pořadí limitujících aminokyselin jsou arginin a izoleucin (Zelenka et al., 2007).



Obrázek 8 - Liebigův zákon minima (Zelenka, 2013)



Aminokyseliny jsou v organismu přednostně využívány pro záchovu, tvorbu peří, přírůstek živé hmotnosti, větší rozvoj prsního svalstva a přebytek aminokyselin je využit pro produkci energie a tvorbu tuku. Zvyšování obsahu dusíkatých látek v krmivech musí být opatrné vzhledem k možnému předávkování. Velký přebytek aminokyselin je stresogenním faktorem. Přebytečné aminokyseliny nemohou být v těle uchovávány do zásoby, jsou při glukoneogenezi deaminovány – uhlíkatý zbytek aminokyselin bývá využit k produkci glukózy, zatímco amoniak z deaminovaných aminokyselin je pro zvíře toxický. Amoniak, před vyloučením z organismu, musí být přeměněn na kyselinu močovou, což je energeticky velmi nákladný proces. Toxicita aminokyselin se projevuje až při jejich velkém přebytku – při chybném dávkování (při několikanásobném překročení doporučeného množství).

Při nevhodném poměru konstitučně příbuzných aminokyselin dochází ke snížení užitečnosti z důvodu jejich antagonistického působení. Nejzávažnější antagonismus je mezi lysinem a argininem, jelikož arginin je potenciální limitující aminokyselinou – při zvýšeném dávkování lysinu dochází ke snížení využití argininu, ale i k zvýšení aktivity arginázy v ledvinách, což vede ke zvýšení katabolizmu argininu (Zelenka et al., 2007). Naopak existují i specifické vztahy mezi aminokyselinami z nichž nejdůležitější a nejsledovanější je methionin + cystein. Methionin může darovat svou methylovou skupinu a výsledná sloučenina – homocystein – spolu se serinem může být využita k syntéze cysteinu (Nutrient requirements of poultry, 1994).

**Tabulka 3 – Příkladů potřeby skutečně stravitelných aminokyselin v krmných směsích (g/kg) pro vybrané kategorie dubeže (Kodeš, 2003)**

<b>aminokyselina</b>	<b>nosnice masného typu</b>	<b>brojlerová kuřata (14 - 18 dnů)</b>
Lysin	6,6	10,5
Metionin	3,4	5
methionin + cystein	5,8	8,1
Tryptofan	1,4	1,9
Thereonin	4,6	7
Izoleucin	5,2	7,5
Valin	6,1	8,3
Arginin	x	12

### 3.12 Ideální bílkovina

Pro stanovení potřeby esenciálních aminokyselin je používá konceptu ideální bílkoviny, což je pro danou kategorii zvířat hypotetická bílkovina, ve které všechny esenciální aminokyseliny limitují užítkovost podobnou měrou. V případě přidání kterékoliv esenciální aminokyseliny k ideální bílkovině, při dostatku neesenciálních aminokyselin, nedojde ke zvýšení užítkovosti. Složení ideální bílkoviny se mění s věkem zvířat – s přibývajícím věkem se zvyšuje podíl aminokyselin potřebných pro záchovu (především sirných aminokyselin a treoninu) a zároveň klesá potřeba podílu lysinu, který je potřebný pro intenzivní růst.

**Tabulka 4 - Poměrné zastoupení aminokyselin v ideální bílkovině pro vykrmovaná kuřata v % (Zelenka, 2007)**

<b>aminokyselina</b>	<b>věk kuřat ve dnech</b>		
	<b>0 - 14</b>	<b>14 - 35</b>	<b>více než 35</b>
lysin	100	100	100
methionin	40	40	41
methionin + cystein	74	76	78
threonin	63	65	66
tryptofan	17	0,17	18
arginin	105	107	108

**Tabulka 5 - Vzájemný vztah aminokyselin v ideální bílkovině pro brojlerová kuřata v % (Subcommittee on Poultry Nutrition, 1994)**

<b>aminokyselina</b>	<b>0 - 21 dnů</b>	<b>22 - 24 dnů</b>
Lysin	100	100
Metionin	45	38
methionin + cystein	82	72
Treonin	73	74
Arginin	114	110
Valin	82	82
Izoleucin	73	73
Leucin	109	109
Tryptofan	18	18
Histidin	32	32

**Tabulka 6 - Vzájemný vztah aminokyselin v ideální bílkovině pro brojlerová kuřata v % (Kodeš, 2003)**

<b>aminokyselina</b>	<b>0 - 21 dnů</b>	<b>22 - 24 dnů</b>
Lysin	100	100
Metionin	36	36
methionin + cystein	72	75
Treonin	67	70
Arginin	105	108
Valin	77	80
Izoleucin	67	69
Leucin	109	109
Tryptofan	16	17
Histidin	32	32

Nejlepším ukazatelem využitelnosti aminokyselin z krmiv jejich ileální (zdánlivá) stravitelnost, která zjišťuje měřením vstřebávání aminokyselin jako rozdíl mezi přijatým množstvím v trávenině na konci tenkého střeva. Jednotlivé aminokyseliny krmiva nejsou stejně stravitelné a zároveň jednotlivé aminokyseliny jsou v rozdílných krmivech jinak stravitelné. Průmyslově vyráběné aminokyseliny jsou využívány téměř stoprocentně – na rozdíl od aminokyselin vázaných v bílkovinách. Aminokyseliny přijímané z krmiva jsou vstřebávány v tenkém střevě - převážně vlivem mikroorganismů, které zde působí.

Pro kura domácího a krůty byla potřeba stravitelných aminokyselin stanovena tak, že nejprve byly vypočteny regresní rovnice pro vztah složení ideální bílkoviny a věk zvířat.

Následně byl vypočten poměr mezi obsahem stravitelného lysinu a metabolizovatelnou energií v závislosti na věku; pro danou hladinu metabolizovatelné energie v krmné směsi byla vypočtena potřeba stravitelného lysinu na 1 kg krmné směsi. Na základě složení ideálního proteinu byla vypočtena potřeba ostatních stravitelných aminokyselin – a z této spotřeby byla vypočtena potřeba všech ostatních aminokyselin. Pro ostatní druhy drůbeže bylo použito posouzení a vyhodnocení dostupných údajů o jejich spotřebě (Zelenka et al., 2007).

### 3.13 Tuky

Tuky jsou nejkoncentrovanějším zdrojem energie; předpokladem efektivnosti použití tuků je především jejich vysoká kvalita. Tuk je nositelem chuti a tedy zvyšuje chutnost krmiva. Nižší obsah energie je vhodné kompenzovat přidáním tuku do krmné směsi (Zelenka, 2013). Nasycené a mononenasycené mastné kyseliny zvíře dokáže jednoduše syntetizovat; polynenasycené mastné kyseliny (PUFA) – především kyselina linolová a  $\alpha$ -linolenová – jsou však kyselinami esenciálními. Tyto kyseliny jsou pro zvířata velmi potřebné, ale organismus je nedokáže syntetizovat. Pomocí sérií denurací a elongací dochází k tvorbě vysoce nenasycených metabolitů s vysokou molekulární hmotností – tuky jsou proto nezbytné nejen kvůli svému velkému energetickému potenciálu, ale i kvůli obsahu esenciálních mastných kyselin.

Kyselina linolová (a z ní syntetizovaná kyselina arachidonová), kyselina  $\alpha$ -linolenová (a její metabolity kyselina eikosapentaenová a dokosaheptaenová) jsou strukturálními komponentami fosfolipidů buněčných biomembrán – ovlivňují konzistenci, pružnost, transport látek (elektrolytů), hormonální i imunologickou aktivitu a podílejí se na transportu a metabolismu cholesterolu. Některé PUFA jsou metabolizovány na eikosanoidy (prostaglandiny, apod.), které jsou významnými regulátory embryonálního vývoje, reprodukce, imunologických vlastností a vývoje kostí.

Mastné kyseliny - n-3 a n-6 – působí v organismu zcela odlišné fyziologické efekty. Například v buněčných membránách způsobují jakékoliv změny zastoupení mastných kyselin odlišnou fluiditu, čímž dochází k ovlivnění transportu látek, aktivity membránových enzymů i mezibuněčných interakcí. Nejen proto je nezbytné zachovávat a hlídat správné poměrové

zastoupení n-3 a n-6 mastných PUFA kyselin. Nejčastěji dochází ke snížení užitkovosti z důvodu nedostatku n-3 mastných kyselin.

Zastoupení jednotlivých mastných kyselin v tucích určuje stabilitu, chuť a vůni masa. Nenasycené mastné kyseliny přijaté krmivem se mohou beze změny ukládat v organizmu; z přijatých sacharidů se naproti tomu tvoří relativně nasycený tuk. Polynenasycené mastné kyseliny jsou pro výživu lidí žádoucí, bohužel jsou však málo stabilní – snadněji dochází k oxidaci tuku v mase, a proto snižují skladovatelnost a tržnost jatečných produktů. Zastoupení PUFA v krmivech značně ovlivňuje jejich obsah ve vejcích.

V krmných směsích pro drůbež je obsah kyseliny  $\alpha$ -linolenové téměř vždy zcela nedostačující – její exaktní potřeba však nebyla dosud stanovena, proto se normuje pouze potřeba kyseliny linolové. Pokud krmná směs pro nosnice produkující násadová vejce obsahuje příliš mnoho (přebytek) PUFA, dochází u kuřat ke zvýšení výskytu encefalomalacie – proto je důležité preventivně zvýšit dávky vitamínu E anebo přidat do směsi syntetické antioxidanty (Zelenka et al., 2007).

### **3.14 Minerální látky**

Minerální látky jsou pro drůbež nezbytné především z hlediska růstu a funkčnosti buněk, tkání a orgánů. Mezi normované makrominerální látky patří zejména vápník, fosfor, hořčík, draslík, sodík a chlor. Nedostatek minerálních mikroprvků se může projevit i v případě jeho dostatečného obsahu v krmné směsi, pokud je v nevhodném poměru vzhledem k jiným stopovým prvkům nebo mikroelementům (Kodeš et al., 2003).

#### **3.14.1 Vápník**

Vápník je do krmných směsí přidáván ve formě krmného vápence anebo zároveň s fosforem v dihydrogenfosforečnanu vápenatém, případně hydrogenfosforečnanu vápenatém. Přebytek vápníku však zhoršuje využitelnost fosforu a zvyšuje požadavky na hořčík, železo, jód, mangan, zinek a měď a dokonce snižuje stravitelnost tuků (v důsledku tvorby mýdel z kyseliny stearové a palmitové). Naopak nedostatek vápníku je omezován příjmem krmiva,

dochází ke zpomalení růstu, nedostatečné mineralizaci kostí a je zvýšené riziko nebezpečí krvácenin ve svalovině.

Vápník je jedním z klíčových faktorů v chovu nosnic. Vápník potřebný pro tvorbu vejce je ze 60 - 70 % uhrazován z přijatého krmiva a z 30 – 40 % je odčerpáván z rezervy v kostech s červenou kostní dřeví; odčerpané množství z kostí se během dne opět uloží zpět do kostí. Nosnicím se vápník dodává především v krmném vápenci, který obsahuje 38 % vápníku. Pokud je veškerý potřebný vápenec zařazený do krmné směsi, ubírá prostor ostatním komponentám a směs je často ochuzena o energii, dusíkaté látky, aj – zároveň dochází ke snížení chutnosti takové směsi. Pro metabolismus vápníku je nezbytný vitamin D – pro drůbež je nejúčinnější cholekalciferol (Zelenka et al., 2007).

### **3.14.2 Fosfor**

Největší část fosforu v rostlinných krmivech je vázána v solích kyseliny fytové (myoinositol – 1,2,3,4,5,6 – hexakisdihydrogenfosfát), z nichž je fosfor pro drůbež jen těžko využitelný. (Kodeš et al., 2003). Potřeba fosforu se u drůbeže vyjadřuje pomocí využitelného fosforu; lepší využitelnosti fosforu z rostlinných krmiv lze docílit přidáním průmyslově vyráběné stázy (Zelenka et al., 2007).

### **3.14.3 Hořčík**

Hořčík do směsí přidáván být nemusí, protože ho dostatečné množství obsahují základní komponenty krmných směsí. Dolomitický vápenec obsahuje až 13 % hořčíku – při jeho zkrmování nosnicím však musí být obsah nižší než 1 %. Při vyšší obsahu hořčíku trpí nosnice průjmy, snižuje se produkce vajec a vejce mají tenčí skořápku (Zelenka et al., 2007), Hořčík však musí zvířatům být podáván denně, jelikož nejsou schopna si tvořit dostatečné zásoby tohoto prvku. Schopnost vstřebávání hořčíku se snižuje s věkem. Společně s vápníkem je důležitý pro správnou funkci nervů a svalů – jeho nedostatek zhoršuje krvetvorbu a může vést až k chudokrevnosti (Kodeš et al., 2003).

### **3.14.4 Sodík, draslík, chlor**

Tyto tři prvky tvoří hlavní ionty, které udržují acidobazickou rovnováhu organismu, proto je důležité dbát na jejich dostatek. Jejich molární součet (Na + K – Cl) by se měl pohybovat v rozmezí 220 – 300 mM/kg krmné směsi (Zelenka et al., 2007).

Pro podporu chuti k přijímání krmiva a jeho následnou využitelnost, pro správnou činnost srdce, vývin kostí a hospodaření s vodou je důležité správné dávkování sodíku. Zdrojem chloru a sodíku je krmná sůl, jako zdroj sodíku lze využít i hydrogenuhličitan sodný. Určité množství chloru je zvířatům dodáváno v hydrochloridu lysinu. Přebytek chloru může vyvolat v organismu acidózu, snižuje mineralizaci kostí, využití některých vitaminů a zhoršuje kvalitu skořápek. Naopak přebytek chloru a sodíku zapříčiňuje zvýšený příjem vody, čímž dochází ke zvýšení vlhkosti podestýlky.

Draslík je vhodné doplňovat i ve speciálních případech – například pro zmírnění symptomů antagonizmu lysinu s argininem. Dalším příkladem doplňování draslíku může být kvůli vylučování kyseliny močové (hlavního metabolitu dusíkatých látek), které je závislé na přítomnosti draslíku – tedy draslík je dobré doplňovat ke směsím s vysokým obsahem dusíkatých látek (Kodeš et al., 2003).

### **3.15 Mikroprvky**

#### **3.15.1 Mangan**

Účastní se syntézy kyseliny askorbové, aktivuje enzym arginázu, ovlivňuje hladinu fosfatázy, spolupůsobí při tvorbě hemoglobinu. Předávkování způsobuje růstovou depresi a snížení hladiny hemoglobinu v krvi. Také metabolizmus lipidů je závislý na dostatku manganu – deficit manganu může způsobit chondrodystrofii, malformaci končetin, apod. (Blair, 2008)

#### **3.15.2 Zinek**

Zinek hraje významnou roli pro buněčnou látkovou výměnu, je součástí řady hormonů a enzymů (inzulínu), podílí se na udržování rovnováhy extracelulární a intracelulární vody, zvyšuje poměr sodíku k draslíku v játrech, svalech a kůži (ne ale tak v krevním séru). Přítomnost zinku v krmných dávkách neovlivňuje imunitu jedince, má však vliv na zvýšení imunity potomstva.

### **3.15.3 Selen**

Jeho hlavní funkcí je systém detoxikace vůči peroxidům. Zlepšuje imunitu proti kokcidióze, účastní se přeměny metioninu na cystein, aj. Nedostatek se projevuje degenerací slinivky, čímž je snížena tvorba trávicích šťáv a inzulínu. Společně s vitamínem E a C je selen významným antioxidantem.

### **3.15.4 Železo**

Jakožto součást krevního barviva - hemoglobinu a svalového barviva – myoglobinu pomáhá transportovat vdechovaný kyslík do krve. Z minerálních doplňků je železo využitelné pouze z 22 – 50 %.

### **3.15.5 Měď**

Měď je nezbytná při krvetvorbě, tvorbě kostry, cévního systému, pigmentaci peří, pro správnou funkci pohlavních orgánů a nervové tkáně. Je nezbytná pro tvorbu lysinových můstků – tedy při syntéze proteinů. Nedostatek mědi zapříčiňuje snížení využitelnosti živin, růstovou depresi, anémii, poruchy plodnosti a centrálního nervového systému.

### **3.15.6 Jód**

Jód je součástí hormonu štítné žlázy – tyroxinu, který řídí látkovou výměnu organismu. Tyroxin je z cca 66 % tvořen jódem. Deficit jódu způsobuje hypertrofii štítné žlázy, poruchy pigmentace kůže i opeření; významně ovlivňuje i snášku a líhivost.

## **3.16 Grit**

Grit není nezbytný pro trávení krmiva, velmi však napomáhá drcení přijatého peří a podestýlky. Nerozpustný grit (drcená žula, drobné křemínky vyseté z písku) je v žaludku obrušován pozvolna, pomalu a vydrží zde dlouho – proto je možno podávat ho v delších časových intervalech. Vápenatý grit (drcený vápenec, drcené lastury ústřic) se v žaludku



působením kyseliny chlorovodíkové rozpouští. Pro nosnice je dobrým zdrojem vápníku, ostatní drůbeži hrozí riziko předávkování (vápníkem), a proto je jeho užívání zcela nevhodné (Zelenka et al., 2007).

### **3.17 Krmná aditiva**

Krmná aditiva jsou látky používané ve výživě zvířat za účelem příznivého ovlivnění surovin, směsí anebo výsledných živočišných produktů; uspokojení živinových potřeb – tzn. míry užitkovosti zvířat z hlediska stravitelnosti a využitelnosti krmiv, případně mikrobiálního osídlení trávicího traktu. Dále přidáním aditiv napomáhá dosažení vytyčených cílů v konkrétním čase (Kodeš et al., 2003).

### **3.18 Voda**

Voda je důležitou živinou a je nezbytné zajistit její dostatečný přísun. Drůbež obvykle vypije dvojnásobné množství vody (v poměru k přijatému množství krmiva) – ve vyšších teplotách je spotřeba pochopitelně vyšší (nad 21 °C každý stupeň zvýší spotřebu vody až o 6,5 %). Kvalitní pitná voda by neměla v jednom litru obsahovat více než 1000 mg rozpuštěných látek, 50 mg NO<sub>3</sub> - , 0,1 mg NO<sub>2</sub> - , 0,5 mg NH<sub>4</sub> +, 250 mg SO<sub>4</sub> -- a 125 mg Mg, nesmí obsahovat koliformní bakterie a její pH má být 6 - 8. Výkyvy v příjmu vody signalizují možné zhoršení zdravotního stavu – ke zvýšení příjmu vody může dojít v důsledku chybného složení směsi (vyšší obsah solí). Příjem vody značně ovlivňuje příjem krmiva – při zvýšení krmných dávek dojde ke zvýšení potřeby vody; naopak při snížení dávky vody dochází k poklesu příjmu krmiva (Zelenka et al., 2007).

### **3.19 Bílkovinná krmiva**

#### **3.19.1 Bílkovinná krmiva rostlinného původu**

Bílkovinná krmiva rostlinného původu se vyznačují vyšší podílem dusíkatých látek v sušině (na 1 kg sušiny mají více než 180 g dusíkatých látek), zároveň však mají nižší koncentraci energie. Typickými zástupci jsou jeteloviny, luskoviny, extrahované šroty,

pokrutiny, aj. Všechna níže zmíněná krmiva a jejich doporučený obsah živin v 1 kg (pro sušinu) jsou uvedena v Příloze 1 – Doporučený obsah živin v 1 kg krmné směsi uvedený pro sušinu pro vybraná rostlinná proteinová krmiva (Zelenka, 2007).

### **3.19.2 Pšenice obecná (*Triticum aestivum* L.)**

Pšenice není standardně řazena mezi bílkovinná krmiva, ale je nejrozšířenější a hlavní užívanou krmnou obilovinou. Pšenice krmná tvoří největší podíl využití pšenice. Jde o nepotravinářské odrůdy pšenice s menším podílem nerozpustných frakcí bílkovin prolaminu a gluteninu (Machovcová, 2011). Zdrojem energie je především díky vysokému obsahu škrobu (50 – 70 %), který je lehce stravitelný. Obsah hrubé vlákniny je nízký (1,6 – 2,0 %) - nachází se v obalech, které při zpracování pro výživu lidí obvykle přecházejí do otrub. Obsah bílkovin v zru je 8 – 13 %. Zásobní bílkoviny gliadin (prolamin) a glutenin s vodou vytvářejí lepek (Tichá et al., 2006). Obsah dusíkatých látek je však velmi variabilní – 10 – 17 %, obvykle se pohybují mezi 11 – 14 %. Minimální obsah sušiny je stanovený na 86 % (Zelenka et al., 2007). Obsah tuku je nízký (1,5 – 3 %), nachází se v něm velké množství nenasycených mastných kyselin, kyseliny olejové a linolové. Z vitamínů jsou v pšeničném zru obsaženy hlavně vitamíny skupiny B, vitamín E a v menším množství také  $\beta$ -karoten. Z minerálních látek je nejvíce zastoupen fosfor (Tichá et al., 2006).

Pšenice patří k nepoužívanějším obilninovým krmivům užívaným u nás. Její hlavní předností je vyšší obsah dusíkatých látek i energie oproti ostatním obilovinám. Naopak komplikace mohou způsobit arabinoxylany, betaglukany, fytáty, pektiny, pentozany a rezistentní škrob (Kodeš et al., 2003).

### **3.19.3 Sójový extrahovaný šrot**

Sójový extrahovaný šrot se řadí mezi nejdůležitější bílkovinná krmiva – vzniká při zpracování sóji luštinaté (*Glycine max*) v tukovém průmyslu (Kodeš et al., 2003). Sójové boby se při extrakci oleje odslupkují a endosperm se přešrotuje, extrahuje extrakčním činidlem, odstředí se tuk a odpaří se zbytek extrakčního činidla – výsledným produktem je sójový extrahovaný šrot I. jakosti ( Je jedinečný díky svému vysokému obsahu dusíkatých látek (44 – 47 %) a dostatku lysinu a methioninu. Naopak semena obsahují celou řadu antinutričních látek – zejména antitrypsinový faktor, polysacharidy, lektiny, hořčiny a ureáza, proto nemůže být bez předchozí úpravy zkrmován (Zeman et al., 2008). Tyto antinutriční

látky jsou termolabilní, proto se působením tepla, lisováním a extrakcí z větší části inaktivují (Dvořáčková et al., 2011). Obvykle nebývá do směsí zařazován ve větších dávkách než 30 – 40 %, protože při vyšších koncentracích se mohou projevit nepříznivé látky reziduí výše zmíněných antinutričních látek, které se v menších dávkách neobjevují (Zelenka et al., 2007).

#### **3.19.4 Lupina bílá (*Lupinus albus*)**

Lupina se do krmných směsí používá v omezené míře – pro drůbež maximálně do 10 % neloupané lupiny; loupané může být aplikováno více (Dvořáčková et al., 2011). Odslupkování semen lupiny zvýšilo množství metabolizovatelné energie pro drůbež o 20 až 35 % (Suchý et al., 2006). Nutriční hodnota lupiny je velmi vysoká, zejména díky vyššímu obsahu dusíkatých látek, který se pohybuje v rozmezí od 36 % do 40 %. Semena moderních zdomácnělých odrůd lupin obsahují zanedbatelné množství inhibitorů lectinu a trypsinu a proto nevyžadují zahřátí před zkrmením. Mají vysoký koeficient stravitelnosti bílkovin, u většiny odrůd nad 90 %, ale nízkou stravitelnost energie – přibližně kolem 60 %, což je většinou způsobeno vysokým obsahem neškrobových polysacharidů. Nízký obsah methioninu (0,22 %) a lysinu (1,46 %) je pro luskoviny typický. Jádra lupiny obsahují cca 39 % dusíkatých látek (42 % v sušině), 6 % tuku a 30 % neškrobových polysacharidů (Homolka et al., 2007). Antinutričně působí v lupině fosfor, který je vázán ve formě soli kyseliny fytové a jakožto takový má velmi špatnou stravitelnost. Fosfor vázaný ve fytátech může být uvolněn za pomoci mikrobiální stázy, a poté je tento fosfor pro zvířata využitelný (Kodeš et al., 2003). Lupinové semeno může nahradit sojový extrahovaný šrot, jak pro zajištění potřeby proteinů, tak i energie za předpokladu vybilancování aminokyselin methioninu, lysinu a treoninu (Suchý et al., 2011).

#### **3.20 Bílkovinná krmiva živočišného původu**

Živočišná krmiva jsou krmiva velmi bohatá na dusíkaté látky - předností bílkovinných zdrojů živočišného původu je jejich nižší degradovatelnost zaručující dostatečný přísun proteinu do tenkého střeva. Ovšem jako důsledek rozšíření nemoci BSE (bovinní spongioformní encefalopatie) u skotu bylo v Evropské unii zakázáno krmení přežvýkavců živočišnými proteiny a rybí moučkou ((Homolka et al., 2006); této problematice se budu blíže věnovat níže. Obě níže zmíněná krmiva a jejich doporučený obsah živin v 1 kg (pro sušinu)

jsou uvedena v Příloze 2 - Doporučený obsah živin v 1 kg krmné směsi uvedený pro sušinu pro vybraná živočišná proteinová krmiva (Zelenka, 2007).

### **3.20.1 Masokostní moučka**

Masokostní moučka vzniká jako odpad z jatečných odpadů, kadaverů a masozpracujícího průmyslu ve veterinárních asanačních ústavech. Výhodou z hlediska uplatnění ve směsích byla částečná denaturace bílkovin vlivem tepelného zpracování, což snížilo degradovatelnost dusíkatých látek a umožnilo tak lepší zhodnocení vysoce kvalitní bílkoviny v tenkém střevě. Masokostní moučky byly rovněž zdrojem minerálních látek, především fosforečnanu vápenatého (Homolka et al., 2006). Masokostní moučka je nutričně velmi bohaté krmivo, které bylo využíváno pro řešení jak bílkovinných, tak i minerálních komponent směsí – hlavně kvůli zlevnění zmíněných směsí.

### **3.20.2 Rybí moučka**

Rybí moučka se vyrábí z celých ryb (přebytků úlovku, z plevelných ryb) a odpadů při zpracování ryb pro potravinářské účely. Složení se odvíjí od použité suroviny a způsobu jejího zpracování – proto jsou patrné značné rozdíly v kvalitě rybích mouček. Po všech úpravách se obsah dusíkatých látek pohybuje v rozmezí od 60 % do 70 %. Dále je rybí moučka bohatá na popeloviny, dobře stravitelné bílkoviny (a aminokyseliny), energii, fosfor (využitelný z makroprvků) a sodík (Kodeš et al., 2003). Rizikový může být faktor obsahu tuku – čím vyšší je procento tuku, tím větší mohou být škody způsobené produkty oxidace (Zelenka et al., 2007).

### 3.21 Legislativa živočišných krmiv

V roce 2001 vstoupilo v platnost nařízení Evropského parlamentu a Evropské rady, které ustanovilo závazná pravidla pro prevenci, kontrolu a eradikaci (omezení šíření, až vymýcení choroby včetně jejího původce z populace) některých přenosných spongiformních encefalopatií (Commission Dec. 2001/25/EC). V České republice toto nařízení upravují zákon č.91/1996 Sb. a vyhláška Ministerstva zemědělství ČR - 451/2000 Sb. a její novely (předpis č. 544/2002 Sb. ze dne 12. prosince 2002).

Přesné znění § 15 odstavce 6 říká, že do kompletních nebo doplňkových krmiv pro přežvýkavce se nesmějí používat krmné suroviny pocházející ze savčích tkání, dikalciumfosfát z odtučněných kostí, dále z drůbeže, z ryb a ostatních mořských živočichů, nebo tyto obsahující. Tyto krmné suroviny jsou masokostní moučka, masová moučka, krevní moučka, sušená plazma a jiné krevní produkty, hydrolyzované proteiny, moučka z kopyt, moučka z rohoviny, moučka z drůbežích odpadů, péřová moučka, škvarky, rybí moučka, dikalciumfosfát z odtučněných kostí, želatina, živočišné tuky z přežvýkavců a všechny ostatní podobné produkty a jejich směsi a krmiva, doplňkové látky a premixy obsahující tyto produkty.

U kompletních a doplňkových krmiv pro hospodářská zvířata, do nichž jsou použity zpracované živočišné proteiny vyjmenované v § 15 odst. 6, nebo je obsahující, jejichž použití přežvýkavcům je zakázáno, se v označení uvede příslušné varovné upozornění "Krmivo obsahuje zpracované živočišné proteiny vyrobené ze savčích tkání a je zakázáno je zkrmovat přežvýkavcům", "Krmivo obsahuje hydrolyzované proteiny a je zakázáno je zkrmovat přežvýkavcům", "Krmivo obsahuje krmné suroviny získané z ryb, resp. jiných mořských živočichů a je zakázáno je zkrmovat přežvýkavcům" nebo "Krmivo obsahuje dikalciumfosfát z odtučněných kostí a je zakázáno je zkrmovat přežvýkavcům". Při obsahu moučky z drůbežích odpadů a péřové moučky se varovné upozornění uvede obdobně. Při použití více druhů zpracovaných živočišných proteinů zakázaných pro přežvýkavce lze tyto vyjmenovat v jednom varovném upozornění. Pokud je zakázáno použití výše uvedených zpracovaných živočišných proteinů i pro jiná zvířata než pro přežvýkavce, varovné upozornění se rozšíří o další druhy nebo kategorie zvířat, pro které je zákaz používání stanoven.

Ze zákonů vyplývá, že platí striktní zákaz používání bílkovin živočišného původu a krmiv, která obsahují takové bílkoviny ve výživě přežvýkavců. Zákaz také zahrnuje zpracované živočišné proteiny, želatinu z přežvýkavců, výrobky z krve a krevní moučky, hydrolyzované proteiny; taková krmiva, která výše zmíněné komponenty obsahují, nemohou

být zkrmována hospodářským zvířatům s výjimkou masožravých a kožešinových zvířat. Na některé zpracované živočišné proteiny se však zákaz nevztahuje – musí ovšem být dodrženy podmínky pro jejich výrobu a jejich využívání. Tato výjimka se týká především mléka, mléčných výrobků, mleziva, vajec, vaječných výrobků, želatiny z monogastrů; platí pro použití ve výživě pro domácí a hospodářská zvířata. Zákaz se dále nevztahuje na produkty z krve, na krevní moučku z monogastrů a na krmiva obsahující tyto proteiny, ale pouze ve využití ve výživě do krmiv pro ryby a pouze za podmínek dodržení ustanovení patřičných právních předpisů. Pro výživu pro domácí a hospodářská zvířata – mimo přežvýkavce – mohou být používány hydrolyzované bílkoviny z ryb, peří, usní a kůží, musí být ovšem opět vyrobeny v souladu s vyhláškou.

Z výše zmíněného plyne, že kutisin by mohl být ve výživě monogastrů (drůbeže) užíván, pokud by jeho výroba splňovala podmínky výše uvedené.

## 4 Metody a materiál

### 4.1 Materiál

Materiálem byla namletá kutisinová střívka.

### 4.2 Metody

#### Princip

Vzorek je sušen za předepsaných podmínek (které jsou dané na základě složení krmiva). Hmotnostní úbytek je stanoven vážkově. U pevných krmiv s vyšším podílem vlhkosti je nutné provést předsoušení.

#### Přístroje a pomůcky

- laboratorní mlýnek, který neabsorbuje vlhkost a umožňuje rychlé a rovnoměrné rozemletí, aniž by došlo k významnějšímu ohřevu a pokud možno takový, který zabraňuje kontaktu s okolním vzduchem
- analytická váha s přesností na 1 mg
- vysoušečky z nekorodujícího kovu nebo ze skla, se vzduchotěsně uzavíratelnými víčky; užitečná plocha umožňující rozprostření 0,3 g testovaného vzorku na 1 cm<sup>2</sup>
- elektrická laboratorní sušárna ( $\pm 2$  °C), která umožňuje rychlou regulaci teploty a je vybavena kvalitním větráním
- elektricky vyhřívaná vakuová sušárna s regulací teploty a olejovým čerpadlem, která je vybavena buď zařízením pro přívod teplého a suchého vzduchu nebo vysoušecím prostředkem (např. oxidem vápenatým)
- exsikátor, s perforovanou deskou z kovu nebo porcelánu, obsahující účinný vysoušecí prostředek
- UFB 500 Memmert

#### Postup

Testy musí být provedeny neprodleně po otevření obalů vzorků a zkouška musí být provedena minimálně dvakrát.

Vysoušečka s víčkem je zvážena s přesností na 1 mg. Do předem zvážené a označené vysoušečky je naváženo asi 5 g vzorku s přesností na 1 mg; následně je vzorek rovnoměrně

rozprostřen. Vysoušečka je po sejmutí víčka umístěna do laboratorní sušárny vytemperované na 103 °C. Z důvodu zabránění poklesu teploty je vysoušečka do sušárny vkládána co možná nejrychleji. Vzorek je sušen 4 hodiny, přičemž doba sušení je počítána od okamžiku, kdy teplota v laboratorní sušárně opět dosáhne 103 °C. Následně je vysoušečka uzavřena víčkem, vyjmuta ze sušárny a ponechána k vychladnutí 30–45 minut v exsikátoru. Vysušený vzorek je nakonec zvážen s přesností na 1 mg.

#### Vyjádření výsledku

Obsah vlhkosti je vypočítán jako procento vzorku dle následujícího vzorce:

$$x = \frac{m_1 - m_2}{m_3} \times 100$$

kde

$m_1$  = vysušený vzorek

$m_2$  = zvážená prázdná vysoušečka

$m_3$  = navážka

#### 4.2.1 Stanovení obsahu popela

##### Princip

Vzorek je zpopelněn při teplotě 550 °C a zbytek je následně zvážen.

##### Přístroje a pomůcky

- elektrická muflová pec s termostatem (LAC)
- spalovací kelímky z křemíku, porcelánu nebo platiny, buď pravoúhlé (asi 60 × 40 × 25 mm) nebo kulaté (průměr 60–70 mm, výška 20–40 mm)
- Pec LAC



## Postup

Do předem zváženého a označeného spalovacího kelímku je naváženo 5 g vzorku s přesností na 1 mg. Spalovací kelímek je vložen do muflové pece temperované na 550 °C. Kelímek je poté vložen do exsikátoru na vychladnutí a následně je ihned zvážen.

## Vyjádření výsledku

Výsledek je vypočítán jako hmotnost zbytku po odečtení hmotnosti kelímku a poté je vyjádřen jako procento vzorku.

### 4.2.2 Stanovení obsahu tuku

#### Princip

Vzorek je extrahován petroletherem, rozpouštědlo se poté oddestiluje a zbytek se vysuší a zváží.

#### Chemikálie

- petrolether, bod varu 40 – 60 °C;

#### Přístroje a pomůcky

- extrakční přístroj SER 146 (VELP)
- celulosové extrakční patry, které neobsahují látky rozpustné v petroletheru a porozitou odpovídající požadavkům daného extrakčního přístroje
- sušárna horkovzdušná s teplotou  $100 \pm 3$  °C (Memmert)

## Postup

Do extrakční patry je naváženo 5 g vzorku s přesností na 1 mg, a poté je patra uzavřena tukuprostou vatou. Následně je patra umístěna do extrakčního přístroje, kde následujících 90 minut probíhá extrakce. Petroletherový extrakt je jímán do suché – předem zvážené – baňky s varnými kamínky. Rozpouštědlo je po extrakci oddestilováno a zbytek

v baňce je 1,5 hodiny sušen v sušárně. Vysušený vzorek je nechán na vychladnutí v exsikátoru a po vychladnutí je zvážen.

Vyjádření výsledku

Výsledek je vyjádřen jako procentuální podíl tuku ve zbytku vzorku po extrakci.

#### 4.2.3 Stanovení obsahu dusíkatých látek

Princip

Tato metoda umožňuje stanovení obsahu dusíkatých látek ve vzorku na základě stanovení obsahu dusíku metodou podle Kjeldahla. Vzorek je za přítomnosti katalyzátoru mineralizován horkou kyselinou sírovou; kyselý vzorek je následně alkalizován roztokem hydroxidu sodného. Amoniak je vydestilován a jímán do odměřeného množství kyseliny sírové a přebytek je titrován standardním roztokem hydroxidu sodného. Uvolněný amoniak je případně vydestilován do přebytku roztoku kyseliny borité a následně se ztitrován roztokem kyseliny chlorovodíkové nebo kyseliny sírové.

Chemikálie

- katalyzátor katalyzátor Kjeltabs – oxid měďnatý (CuO), pentahydrát síranu měďnatého (CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O)
- kyselina sírová ( $\rho_{20} = 1,84$  g/ml)
- kyselina chlorovodíková, standardní odměrný roztok,  $c(\text{HCl}) = 0,10$  mol/l
- indikátor methylčerveň, bromkresolová zeleň
- 40 % roztok hydroxidu sodného hydroxid sodný, standardní odměrný roztok,  $c(\text{NaOH}) = 0,25$  mol/l

Přístroje a pomůcky

Přístroje vhodné pro provedení mineralizace, destilace a titrace podle Kjeldahlovy metody (Kjeltec 2400 Foss).

## Postup

Do mineralizační baňky je s přesností na 0,001 g navážen 1 gram vzorku; dále je přidáno 15 g síranu draselného a příslušné množství katalyzátoru (Kjeltabs), 25 ml kyseliny sírové.

Baňka je umístěna do mineralizačního bloku na 60 minut při 420 °C. Tuby se zmineralizovaným materiálem byly umístěny do automatického analyzátoru Kjelttec 2400 a titrovány 0,1 M HCl. Výsledek je uváděn jako % dusíkatých látek (NL), nebo v g na kg zkoumaného materiálu

### 4.2.4 Stanovení obsahu aminokyselin

#### Princip

Metoda je založena na principu středotlaké kapalinové chromatografie a srovnává obsah aminokyselin hydrolyzovaného vzorku se standardem aminokyselin.

#### Chemikálie

ninhydrin, hydrindantin, methylcellosolv, kyselina citronová, citronan sodný, chlorid sodný, azid sodný, thiodyglykol, hydroxid sodný, 4M acetátový pufr, destilovaná voda, kyselina chlorovodíková, kyselina mravenčí, peroxid vodíku.

#### Postup

Vzorky se hydrolyzují tak aby v bílkovině došlo k přerušení peptidických vazeb a uvolnění jednotlivých aminokyselin do roztoku. Pro získání obsahu celého sledovaného spektra aminokyselin, je nutné provádět kyselou a oxidativní hydrolýzu vzorku.

#### Kyselá hydrolýza

Pomocí tohoto postupu je možno detekovat všechny uvedené aminokyseliny s výjimkou methioninu a cystinu.

0,2 – 0,5 g vzorku je umístěno do hydrolyzačních baněk, zalito 60 ml 6M HCl a v dusíkové atmosféře hydrolyzováno 21 hodin při 110°C. Po ukončení hydrolýzy a vychladnutí je vzorek přefiltrován na papírovém filtru střední hustoty a ve vakuové odparce odpařen do sucha. Odpařený vzorek je převeden do odměrné baňky spolu s ředícím citrátovým pufrem.

## Oxidativní hydrolýza

Slouží ke stanovení obsahu sirných aminokyselin, tedy methioninu a cystinu.

0,2 – 0,5 g vzorku je hydrolyzováno v chladu kyselinou permravněčí minimálně 6 hodin. Poté je přidáno 50 ml 6M HCl a hydrolyzováno 21 hodin při 140°C v olejové lázni pod vzduchovým chladičem. Další postup, tedy odpaření a ředění vzorku je stejné jako v případě kyselé hydrolýzy.

Stanovení obsahu aminokyselin bylo provedeno na přístroji AAA400 od firmy Ingos s využitím ninhydrinového činidla a pufrů o různém pH.

Vyhodnocení obsahu aminokyselin proběhlo na základě srovnání se standardem aminokyselin za využití programu Chromulan.

### 4.2.5 Stanovení chemického skóre

Výpočet chemického skóre umožňuje zjistit první limitující aminokyselinu, která je obsažená v bílkovině hodnoceného krmiva porovnáním s aminokyselinou vaječného bílku (Kacerovský et al., 1990).

Pro určení první limitující aminokyseliny byl použit vzorec:

$$\text{chemické skóre} = \frac{\% \text{ limitující aminokyseliny v proteinu zkoumaného krmiva} \times 100}{\% \text{ aminokyseliny ve vaječném proteinu}}$$

## 5 Výsledky

Výsledky byly stanoveny pomocí metod, které byly popsány výše. Kutisinová střívka byla namleta a následně byly provedeny analýzy sušiny, popelovin, dusíkatých látek, tuku a aminokyselin.

Tabulka 7 - Přepočítané obsahy jednotlivých analyzovaných složek (%)

sušina	popeloviny	NL	tuk	BNLV	OH
91,87	0,87	66,36	3,61	21,03	91,00

Tabulka 8 - Přepočítané hodnoty obsahů jednotlivých analyzovaných v sušině (v %)

sušina	popeloviny	NL	tuk	BNLV	OH
100	0,95	72,22	3,93	22,89	99,05

Tabulka 9 – Na sušinu přepočítané obsahy daných aminokyselin v sušině (v g.kg<sup>-1</sup>)

AMK	g.kg <sup>-1</sup>
asp	24,78
thr	6,29
ser	2,56
glu	40,67
pro	70,17
gly	123,58
ala	64,51
val	12,63
ile	7,27
leu	17,63
tyr	9,43
phe	11,84
his	6,75
lys	23,77
arg	34,46
met	22,97
cys	0,21
met + cys	23,18

Tabulka 10 – Chemické skóre aminokyselin (Kacerovský, 1990)

AMK	chemické skóre 1	chemické skóre 2
<b>ile</b>	<b>12,62</b>	<b>3,85</b>
thr	16,05	4,89
val	18,15	5,53
phe	20,85	6,36
leu	22,49	6,86
tyr	25,63	7,81
his	35,16	10,72
met + cys	41,39	12,62
lys	44,35	13,52
arg	66,27	20,21
met	66,77	20,36

zvýrazněná hodnota (isoleucin) je první limitující aminokyselinou

Tabulka 11 – Poměrné zastoupení aminokyselin v ideální bílkovině pro vykrmovaná kuřata (Kodeš, 2003) a (Subcommittee on Poultry Nutrition, 1994) ve srovnání s kutisinem

aminokyselina	Kodeš, 2003	Subcommittee on Poultry Nutrition, 1994	kutisin
lysin	100	100	100
methionin	36	45	97
methionin + cystein	72	82	98
threonin	67	73	26
arginin	105	114	145
valin	77	82	53
isoleucin	67	73	31
leucin	109	109	74
tryptofan	16	18	0
histidin	32	32	28

**Tabulka 12 – Porovnání poměrného zastoupení aminokyselin v ideální bílkovině pro vykrmovaná kuřata (Zelenka, 2007) a kutisinu**

aminokyselina	0 – 14 dní	14 – 35 dní	kutisin
lysin	1	1	1,00
methionin	0,4	0,4	0,97
methionin + cystein	0,74	0,76	0,98
threonin	0,63	0,65	0,26
tryptofan	0,17	0,17	0,00
arginin	1,05	1,07	1,45

**Tabulka 13 – Porovnání obsahů aminokyselin rostlinných proteinových krmiv (Zelenka, 2007) a kutisinu**

aminokyselina	sójový extrahovaný šrot	pšenice	lupina bílá	kutisin
arginin (g)	33,83	5,88	37,11	34,46
lysin (g)	28,29	3,45	15,86	23,77
methionin (g)	6,29	1,94	2,48	22,97
methionin + cystein (g)	13,34	4,73	7,83	23,18
threonin (g)	18,02	3,57	11,85	6,29

**Tabulka 14 – Porovnání obsahů aminokyselin živočišných proteinových krmiv (Zelenka, 2007) a kutisinu**

aminokyselina	masokostrní moučka	rybí moučka	kutisin
arginin (g)	39,08	36,74	34,46
lysin (g)	30,80	46,64	23,77
methionin (g)	8,62	17,11	22,97
methionin + cystein (g)	14,95	23,34	23,18
threonin (g)	20,00	25,73	6,29

## 6 Diskuze

V následující kapitole budou shrnuty a porovnány zjištěné nutriční hodnoty kutisinových střívek s hodnotami ideálního proteinu a dále s referenčními hodnotami běžně užívaných proteinových krmiv, které jsou uvedeny v kapitole 3.19 (a v příslušných tabulkách 7-11). Hodnoty ideálního proteinu jsou zmíněny v tabulce 15 - Vzájemný vztah aminokyselin v ideální bílkovině pro brojlerová kuřata (Subcommittee on Poultry Nutrition, 1994), (Kodeš, 2003) a (Zelenka, 2007). Referenční hodnoty běžně užívaných bílkovinných krmiv jsou převzaty z tabulek doporučených obsahů živin v 1 kg krmné směsi od Zelenky (2007).

Ve srovnání s výše zmíněnými rostlinnými bílkovinnými krmivy (pšenice setá, sójový extrahovaný šrot, lupina bílá) obsahují kutisinová střívka více sušiny; všechna krmiva však obsahovala minimální hodnotu sušiny pro suché komponenty (více než 86 %). Porovnání hodnot sušiny živočišných proteinových krmiv (masokostní moučka, rybí moučka) a kutisinu ukázalo podobné hodnoty.

Velmi důležitý výsledek ukázalo porovnání obsahu dusíkatých látek rostlinných krmiv a kutisinových střívek; kutisin vykazuje několikanásobně vyšší hodnoty – pětkrát vyšší oproti pšenici, téměř dvojnásobně vyšší oproti lupině a téměř 1,5 krát vyšší obsah dusíkatých látek ve srovnání se sójovým extrahovaným šrotem.

Obsah tuku v kutisinových střívcích je poměrně vyšší než u pšenice a sójového extrahovaného šrotu, zatímco ve srovnání s lupinou bílou a oběma živočišnými krmivy je více než dvakrát nižší.

Pro zhodnocení aminokyselin jsem zvolila arginin, lysin, metionin, methionin + cystein a threonin. Porovnáním s rostlinnými krmivy bylo zjištěno, že nejvyšší obsahy daných aminokyselin vykazuje kutisin pro methionin a methionin + cystein; dále kutisin neobsahuje u žádných ze zmíněných aminokyselin nejnižší hodnoty (nejhůře v porovnání dopadla pšenice, která má všechny aminokyseliny v nejmenším obsahu – v porovnání s dalšími krmivy).

Komparace kutisinu a proteinových živočišných krmiv ukázala na to, že kutisin obsahuje nejnižší množství (z porovnávaných) argininu, lysinu a threoninu; naopak obsahuje nejvyšší množství methioninu.

Výpočtem chemického skóre byla zjištěna první limitující aminokyselina, kterou je v případě kutisinových střívek isoleucin.

Zastoupení aminokyselin v ideální bílkovině pro drůbež od Kodeše (2003) a Subcommittee on Poultry Nutrition (1994) poukázalo na poměrový nedostatek kutisinových



střívek v případě threoninu, valinu, isoleucinu, leucinu a histidinu. Naopak nadbytek byl zjištěn u methioninu, methioninu + cysteinu, argininu. Poměrné zastoupení aminokyselin ideálního proteinu pro brojlerů od Zelenky (2007) poukazuje na nadbytek methioninu, methioninu + cysteinu, argininu; jediný poměrový nedostatek vykazuje kutisin pro threonin.

Cena sójového extrahovaného šrotu se za období 05/2014–10/2014 pohybovala od 10 850 Kč/t do 11 100 Kč/t – tzn. 10,85 až 11,1 Kč/kg. Krmná pšenice v červnu roku 2014 stála 170 GBP/t – tzn. 6512,7 Kč/t, což je 6,5 Kč/kg (agroservis, 2014). Cena lupiny bílé se pohybuje kolem 11 Kč/kg (Hinders.Zia s.r.o., 2013). Rybí moučka se prodává v rozmezí od 48 do 139 Kč/kg v závislosti na obsahu dusíkatých látek a druhu použité ryby (Krmiva Hulín, 2015); masokostní moučka je prodávána přibližně kolem 60-80 Kč/kg (jetfish.eu, 2015). Nabízená cena kutisinu je cca 11 až 13 Kč/kg, takže finančně je srovnatelná s cenou sójového extrahovaného šrotu, obsahuje však 1,5 krát více dusíkatých látek – tzn. v tomto případě by z finančního hlediska byla velmi vhodnou alternativou pro výkrm brojlerů.

Co se týče legislativních opatření, teoretická možnost uvedení kutisinových střívek jako krmiva pro monogastry (konkrétně drůbež, ale i ryby, aj.) zde je – je však nezbytná důkladná legislativní rešerše a odborná konzultace podmínek pro tuto výrobu. Výše zmíněné zákony umožňují jisté výjimky ve výrobě a užívání živočišných krmiv (nejen pro monogastry), finálně však záleží na posudku a rozhodnutí příslušných výkonných orgánů a dohodě s případným výrobcem tohoto krmiva.

## 7 Závěr

Na základě provedených analýz, vyhodnocení dat a porovnání hodnot jsem dospěla k názoru, že kutisinová střívka by mohla být plnohodnotným zdrojem proteinu ve výživě drůbeže. Pro přesné stanovení krmných dávek, případně složení krmné směsi by bylo třeba podrobit tuto problematiku dalším analýzám a podrobnějšímu zkoumání.

Další nevyřešenou otázkou je legislativní stránka věci – zákony v případě jistých živočišných bílkovinných krmiv dovolují úlevy a tudíž je zde možnost i pro kutisinová střívka. Případné výsledné povolení by však bylo možné získat pouze po důkladném doložení složení, nezávadnosti a přesném popsání provozních a technologických podmínek získávání kutisinu, jeho skladování, zpracování a distribuci.

## 8 Použitá literatura

ADAM, M. *Kolagen - pevnost - integrita - struktura*. In: ORLING s.r.o. [online]. 2003 [cit. 2015-01-12]. Dostupné z: <http://www.orling.cz/cz/kolagen/kolagen-pevnost-integrita-struktura.html>

AGROSERVER. *Týdenní report: 46. týden 2013*. 2013, 3 s. Dostupné z: [http://www.apic-ak.cz/data\\_ak/13/k/BZ/ReportAgroserver1346.pdf](http://www.apic-ak.cz/data_ak/13/k/BZ/ReportAgroserver1346.pdf)

BLAIR, R. *Nutrition and feeding of organic poultry*. Cambridge, Mass.: CABI, 2008, 314 p. ISBN 978-1-84593-4064.

DEVRO S.R.O. *Historie* [online]. Česká republika, 2015 [cit. 2015-03-2]. Dostupné z: <http://cz.devro.com/o-spolecnosti/historie/>

DVOŘÁČKOVÁ, J., DOLEŽAL, P., HLADKÝ, J., VYSKOČIL, I. *Hodnocení výživné hodnoty krmiv*, 2011th ed. [online]; Agronomická fakulta Mendelovy univerzity v Brně: Brno, 2011. [cit. 2015-06-12]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_222\\_multitext/cvicebnice/krmiva.php](http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/cvicebnice/krmiva.php)

HOMOLKA, P., KUDRNA, V. *Náhrada krmiv živočišného původu u přežvýkavců*. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, 2006, s. 62.

HOMOLKA, P., KUDRNA, V. *Uplatnění lupiny ve výživě přežvýkavců*. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., 2007.

HRBEK, J. *Zemědělství - 4. čtvrtletí a rok 2014*. In: Český statistický úřad [online]. 2015 [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cris/zemedelstvi-4-ctvrtleti-a-rok-2014-r5vy5ibvy3>

INDERS.ZIA, s.r.o. *Ceník Hinders.Zia, s r.o. - pro rybolov*. 2013, 4 s. Dostupné z: [http://www.hinders.cz/pdf/cenik\\_hinders\\_12.pdf](http://www.hinders.cz/pdf/cenik_hinders_12.pdf)

JETFISH.EU. *Masokostní moučka* [online]. 2015 [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://www.jetfish.eu/cz/rybarske-krmeni-a-nastrahy/51e7835291b2d-masokostni-moucka--500g>

JUNQUEIRA, L.C. U., CARNEIRO, J., KELLEY R.O. a JELÍNEK, R. *Základy histologie*. Jinočany: H, 1997, 502 s. ISBN 80-857-8737-7.

KACEROVSKÝ, O. *Zkoušení a posuzování krmiv*. Státní zemědělské nakladatelství, 1990, 213 s, ISBN 80-209-0098-5

KODEŠ, A. a VÝMOLA, J. *Základy moderní výživy drůbeže*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2003, 137 s. ISBN 80-213-1077-4.

KODÍČEK, M. *Biochemické pojmy: výkladový slovník*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2004, 171 s. ISBN 80-7080-551-x.

KONRÁDOVÁ, V., UHLÍK, J., VAJNER, L. *Funkční histologie*. 2. vyd. Jinočany: H & H, 2000, 291 s. ISBN 8086022803.

LAREU, R.R., ZEUGOLIS, D.I., ABU-RUB, M., PANDIT, A., RAGHUNATH, M. *Acta biomaterialia*. Essential modification of the Sircol Collagen Assay for the accurate quantification of collagen content in complex protein solutions. 2010, 3146-3151.

*Laying down rules for the prevention, control and eradication of certain transmissible spongiform encephalopathies*. Official Journal of the European Communities, REGULATION (EC) No 999/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 22 May 2001.

MACHOVCOVÁ, D. *Kvalita potravinářské a krmné pšenice*. České Budějovice, 2011. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Štěrba, Ph.D.

MAYNES, R. *Structure and function of collagen types*. Elsevier, 2012.

*Nařízení komise (ES) č. 152/2009, kterým se stanoví metody odběru vzorků a laboratorního zkoušení pro úřední kontrolu krmiv.* Úřední věstník Evropské unie, Nařízení komise (ES) č. 152/2009 ze dne 27. ledna 2009.

*Nutrient requirements of poultry.* 9th rev. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1994, 155p. Nutrient requirements of domestic animals (Unnumbered). ISBN 03-090-4892-3.

PETERKOVÁ, P.; LAPČÍK, L. *Kolagen-vlastnosti, modifikace a aplikace.* Chemické listy, 2000, 94: 371-379.

PROTO-COL.COM. *The collagen molecule* [online]. 2015 [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://www.proto-col.com/blog/2014/07/collagen/>

*Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů (na obyvatele za rok).* In: Český statistický úřad [online]. 2015 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/rychle\\_informace\\_archiv](https://www.czso.cz/csu/czso/rychle_informace_archiv)

SUCHÝ, P., STRAKOVÁ E., HERZIG, I. *Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů Část I - lupina.* Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, 2006, s. 54.

SUCHÝ, P., STRAKOVÁ, E., HERZIG, I. *Nové poznatky o využití semen rodu Lupinus ve výživě člověka a zvířat.* Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., 2011, s. 40.

VYSKOČIL, I. *Kapesní katalog krmiv* [online]. 2013. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 9 s., [84] s. (v různém stránkování) [cit. 2015-03-19]. ISBN 978-80-7375-218-7. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/stranka.php?kod=1621](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=1621)

*Zákon č. 91/1996 Sb., o krmivech.* Sbírka zákonů, Vyhláška Ministerstva zemědělství ze dne 11. prosince 2000, kterou se provádí zákon č. 91/1996 Sb., o krmivech, ve znění zákona č. 244/2000 Sb.

ZELENKA, J. *Krmmná aditiva* [online]. 2013. vyd. 2013 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/stranka.php?kod=1621](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=1621)

ZELENKA, J., HEGER, J. a ZEMAN, L. *Doporučený obsah živin v krmných směsích a výživná hodnota krmiv pro drůbež: Recommended nutrient content in poultry diets and nutritive value of feeds for poultry*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007, 30, [46] s. ISBN 978-80-7375-091-6.

ZEMAN, L., ŠIMEČEK, K., KRÁSA, A., ŠIMEK, M., LOSSMANN, J., TŘINÁCTÝ, J., RUDOLFOVÁ, Š., VESELÝ, P., HÁP, I., DOLEŽAL, P., KRÁČMAR, S., TVRZNÍK, P., MICHELE, P., ZEMANOVÁ, D., ŠIŠKE, V. *Katalog krmiv (Tabulky výživné hodnoty krmiv)*. 1. vyd. Pohořelice: VÚVZ Pohořelice, 1995. 465 s. ISBN 80-901598-3-4.

## 9 Seznam obrázků, grafů a tabulek

Obrázek 1 - Primární struktura kolagenu (W. H. Freeman, 2007), dostupný z:

<http://oregonstate.edu/instruct/bb450/fall14/stryer6/ch02/figure2-45.jpg>

Obrázek 2 - Sekundární struktura kolagenu (W. H. Freeman, 2007), dostupný z:

[http://oregonstate.edu/instruct/bb450/fall14/stryer7/2/figure\\_02\\_41.jpg](http://oregonstate.edu/instruct/bb450/fall14/stryer7/2/figure_02_41.jpg)

Obrázek 3 - Terciární struktura kolagenu (W. H. Freeman, 2007)

Obrázek 4 - Struktura kolagenu (proto-col, 2015), dostupný z: [www: http://www.proto-col.com/blog/2014/07/collagen/](http://www.proto-col.com/blog/2014/07/collagen/)

Obrázek 5 - Glycin (MP Biomedicals, 2014), dostupný z:

<http://www.mpbio.com/product.php?pid=04808822&country=56>

Obrázek 6 - Hydroxyprolin (MP Biomedicals, 2014), dostupný z:

<http://www.mpbio.com/product.php?pid=05203349&country=56>

Obrázek 7 - Prolin (U.S.Pharmacopeia, 2008), dostupný z:

[http://www.pharmacopeia.cn/v29240/usp29nf24s0\\_m70000.html](http://www.pharmacopeia.cn/v29240/usp29nf24s0_m70000.html)

Obrázek 8 - Liebigův zákon minima (Zelenka, 2013), dostupný z:

[www.:http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/stranka.php?kod=961](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=961)

Graf 1 - Výroba a průměrné ceny zemědělských výrobců (Hrbek, 2014), dostupný z:

<https://www.czso.cz/csu/czso/cri/zemedelstvi-4-ctvrtleti-a-rok-2014-r5vy5ibvy3>

Tabulka 1 - průměrné zastoupení aminokyselin v kolagenu hovězích kůží (Peterková, 2000)

Tabulka 2 - typy kolegenů (Peterková, 2000)

Tabulka 3 – Příklady potřeby skutečně stravitelných aminokyselin v krmných směsích (g/kg) pro vybrané kategorie dříve (Kodeš, 2003)

Tabulka 4 - Poměrné zastoupení aminokyselin v ideální bílkovině pro vykrmovaná kuřata v % (Zelenka, 2007)

Tabulka 5 - Vzájemný vztah aminokyselin v ideální bílkovině pro brojlerová kuřata v % (Subcommittee on Poultry Nutrition, 1994)

Tabulka 6 - Vzájemný vztah aminokyselin v ideální bílkovině pro brojlerová kuřata v % (Kodeš, 2003)

- Tabulka 6 - Přepočítané obsahy jednotlivých analyzovaných složek (%)
- Tabulka 7 - Přepočítané hodnoty obsahů jednotlivých analyzovaných v sušině (v %)
- Tabulka 8 – Na sušinu přepočítané obsahy daných aminokyselin v sušině (v g.kg<sup>-1</sup>)
- Tabulka 9 – Chemické skóre aminokyselin (Kacerovský, 1990)
- Tabulka 10 – Poměrné zastoupení aminokyselin v ideální bílkovině pro vykrmovaná kuřata (Kodeš, 2003) a (Subcommittee on Poultry Nutrition, 1994) ve srovnání s kutisinem
- Tabulka 11 – Porovnání poměrného zastoupení aminokyselin v ideální bílkovině pro vykrmovaná kuřata (Zelenka, 2007) a kutisinu
- Tabulka 12 – Porovnání obsahů aminokyselin rostlinných proteinových krmiv (Zelenka, 2007) a kutisinu
- Tabulka 13 – Porovnání obsahů aminokyselin živočišných proteinových krmiv (Zelenka, 2007) a kutisinu
- Tabulka 14 – Porovnání obsahů aminokyselin živočišných proteinových krmiv (Zelenka, 2007) a kutisinu



## 10 Přílohy

Příloha 1 – Doporučený obsah živin v 1 kg krmné směsi uvedený pro sušinu pro vybraná rostlinná proteinová krmiva (Zelenka, 2007)

	pšenice (12,5 % dusíkatých látek)	Sójový extrahovaný šrot (46 % dusíkatých látek)	Lupina bílá
sušina (g)	880	880	880
ME(N) (MJ)	12,77	9,46	9,6
dusíkaté látky (g)	125	461,5	347,2
tuk (g)	18,8	11,79	84
kyselina linolová (g)	8	4,7	13,8
veškeré aminokyseliny			
lysin (g)	3,45	28,29	15,86
methionin (g)	1,94	6,29	2,48
methionin + cystein (g)	4,73	13,34	7,83
threonin (g)	3,57	18,02	11,85
tryptofan (g)	1,49	6,17	2,67
arginin (g)	5,88	33,83	37,11
stravitelné aminokyseliny			
s. lysin (g)	2,91	25,03	14,28
s. methionin (g)	1,75	5,66	2,21
s. methionin + cystein (g)	4,24	11,33	7
s. threonin (g)	3,02	15,14	10,49
s. tryptofan (g)	1,33	5,34	2,19
s. arginin (g)	5	31,13	35,07
Ca (g)	0,7	3,3	2,3
P (g)	3,6	6,6	3,8
P využitelný (g)	1,8	1,5	0,9
Mg (g)	1	2,9	1,7
K (g)	4	21,3	11,6
Na (g)	0,1	0,1	0,4
Cl (g)	0,9	0,5	0,5
Mn (mg)	33,8	38,7	61,6
Zn (mg)	32,5	47,5	27
Fe (mg)	52	283	64,9
Cu (mg)	4,8	18,5	4
I (mg)	0,06	0,15	0
Se (mg)	0,12	0,2	0,08
vitamin A (tis.m.j.)	0,4	0,4	0
vitamin E (mg)	13	4	7
vitamin B1 (mg)	4,5	6	0
vitamin B2 (mg)	1,1	3	0
vitamin B6 (mg)	3,2	6	0
biotin (mg)	0,1	0,27	0,05
kyselina listová (mg)	0,45	0,59	0
kyselina nikotinová (mg)	55,6	39	0
kyselina pantotenová (mg)	10,4	16	0
cholin (mg)	890	2550	640

Příloha 2 - Doporučený obsah živin v 1 kg krmné směsi uvedený pro sušinu pro vybraná živočišná proteinová krmiva (Zelenka, 2007)

	masokostní moučka (58 % dusíkatých látek)	rybí moučka (64 % dusíkatých látek)
sušina (g)	946	915
ME(N) (MJ)	11,21	12,23
dusíkaté látky (g)	577	639,6
tuk (g)	85,3	86
kyselina linolová (g)	3	1,1
veškeré aminokyseliny		
lysin (g)	30,8	46,64
methionin (g)	8,62	17,11
methionin + cystein (g)	14,95	23,34
threonin (g)	20	25,73
tryptofan (g)	4,17	6,69
arginin (g)	39,08	36,74
stravitelné aminokyseliny		
s. lysin (g)	23,96	39,88
s. methionin (g)	7,03	15,05
s. methionin + cystein (g)	10,68	19,75
s. threonin (g)	14,22	21,1
s. tryptofan (g)	2,96	4,91
s. arginin (g)	31,2	30,86
Ca (g)	74,6	42
P (g)	32,2	25,5
P využitelný (g)	31	22
Mg (g)	1,8	2,6
K (g)	5,6	8,7
Na (g)	7,7	10,5
Cl (g)	6,4	15,8
Mn (mg)	26,49	16,47
Zn (mg)	111,62	89
Fe (mg)	491,9	469
Cu (mg)	12,77	6,31
I (mg)	0,97	1,18
Se (mg)	0,17	0,41
vitamin A (tis.m.j.)	0	1,16
vitamin E (mg)	1,1	18,1
vitamin B1 (mg)	0,5	0,2
vitamin B2 (mg)	4,6	9
vitamin B6 (mg)	4,2	6
vitamin B12 (mg)	0,1	0,3
biotin (mg)	0,11	0,24
kyselina listová (mg)	0,58	0,37
kyselina nikotinová (mg)	53,2	71
kyselina pantotenová (mg)	4,4	11,6
cholin (mg)	2150	3790

## **11 Seznam příloh**

Příloha 1 – Doporučený obsah živin v 1 kg krmné směsi uvedený pro sušinu pro vybraná rostlinná proteinová krmiva (Zelenka, 2007)

Příloha 2 - Doporučený obsah živin v 1 kg krmné směsi uvedený pro sušinu pro vybraná živočišná proteinová krmiva (Zelenka, 2007)