

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**In vitro stanovení kvality proteinu u produktů lisování  
řepky**

**Diplomová práce**

**Bc. Natálie Holanová  
Výživa zvířat a dietetika**

**Ing. Vladimír Plachý, Ph.D.**

**©2022 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "In vitro stanovení kvality proteinu u produktů lisování řepky" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14. 4. 2022

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Vladimírovi Plachému, Ph.D., za odborné vedení, vstřícný přístup a užitečné rady při psaní této práce. Dále bych ráda poděkovala mé rodině a přátelům za podporu při studiu.

# In vitro stanovení kvality proteinu u produktů lisování řepky

## Souhrn

Řepka olejka (*Brassica napus*) je nejpěstovanější olejninou Evropy. Při lisování řepkového oleje vznikají zbytky, které se dají využít jako bílkovinná složka v krmných směsích pro zvířata. Tato řepková krmiva se jeví jako vhodná alternativa za sójový extrahovaný šrot, který je v současnosti nejběžněji využíván a který je nutno dovážet do Evropy ze zemí často velmi vzdálených. To má negativní dopad na životní prostředí, ale i na nákladovost chovu zvířat a konečnou cenu živočišných produktů.

Před zařazením nových komponent do krmných směsí je zapotřebí zjistit jejich nutriční hodnotu. Jedním z hlavních ukazatelů výživové hodnoty krmiva je jeho stravitelnost, kterou lze stanovit na základě několika metod. Nejpřesněji lze stravitelnost určit pomocí metody *in vivo*, ta je však velmi náročná a složitá, proto se častěji využívá jednodušší metody *in vitro*, která simuluje trávicí proces v laboratorních podmínkách. Dalším důležitým ukazatelem kvality krmiva je obsah hrubého proteinu, který se běžně stanoví metodou dle Kjeldahla.

Cílem této diplomové práce bylo stanovit kvalitu proteinu *in vitro* u produktů po lisování řepky.

32 vzorků řepkových výlisků bylo podrobena Weendenské analýze, při které byl zjištěn obsah základních živin. Dále byl zjištěn obsah aminokyselin a *in vitro* stravitelnost hrubého proteinu a jednotlivých aminokyselin.

Průměrný obsah hrubého proteinu byl  $35,48 \pm 0,93$  %, průměrná stravitelnost hrubého proteinu potom průměrně  $86,31 \pm 0,79$  %. Tyto hodnoty přibližně odpovídají hodnotám, které byly zjištěny jinými autory metodami *in vivo*. Nejméně zastoupenými aminokyselinami byl methionin a cystein, naopak nejvíce byla zastoupen neesenciální kyselina glutamová. Stejně tak stravitelnost byla nejnižší u methioninu a cysteinu, nejvyšší potom u kyseliny glutamové.

Hypotéza, tedy že je *in vitro* stanovení stravitelnosti vhodnou metodou pro stanovení kvality proteinu, byla potvrzena.

**Klíčová slova:** in vitro, protein, stravitelnost, výlisky olejnin, řepka

# In vitro definition protein quality by rapeseed cakes

## Summary

Rapeseed (*Brassica napus*) is the most cultivated oilseed in Europe. During the pressing of rapeseed oil are formed residues which can be used as a protein component in animal feed mixtures. These rapeseed feeds appear to be a suitable alternative to soybean extracted meal, which is currently the most commonly used and which must be imported into Europe from countries often very distant. This has a negative impact on the environment, but also on the cost of livestock rearing and the final price of animal products.

It is necessary to determine nutritional value of new components before we include them in feed mixture. One of the main indicators of the nutritional value of feed is its digestibility, which can be determined on the basis of several methods. Digestibility can be most accurately determined using the *in vivo* method, but it is very difficult and complicated, so it is more often used a simpler *in vitro* method that simulates the digestive process in laboratory. Another important indicator of feed quality is the crude protein content, which is commonly determined by the Kjeldahl method.

The aim of this diploma thesis was to determine the *in vitro* quality of proteins of rapeseed cakes.

32 samples of rapeseed cake were subjected to Weende analysis, which determined the content of basic nutrients. Furthermore, the content of amino acids and *in vitro* digestibility of crude protein and individual amino acids were determined.

The average crude protein content was  $35,48 \pm 0,93$  %, the average crude protein digestibility averaged  $86,31 \pm 0,79$  %. These correspond to the values found by others *in vivo* methods. The least represented amino acids were methionine and cysteine, while non-essential glutamic acid was the most represented. Similarly, digestibility was lowest for methionine and cysteine and highest for glutamic acid.

The hypothesis that *in vitro* digestibility is a suitable method for determining protein quality has been confirmed.

**Keywords:** *in vitro*, protein, digestibility, oilseed cake, rapeseed

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Řepka olejná</b>	<b>10</b>
3.1.1	Pěstování	10
3.1.2	Produkce	10
3.1.3	Využití	11
<b>3.2</b>	<b>Nutriční složení řepky</b>	<b>11</b>
3.2.1	Obsah a složení bílkovin	12
3.2.2	Obsah a složení tuků	13
<b>3.3</b>	<b>Antinutriční látky v řepce</b>	<b>13</b>
3.3.1	Glukosinoláty	13
3.3.2	Kyselina eruková	14
3.3.3	Kyselina fytová a fytáty	14
3.3.4	Sinapiny	14
3.3.5	Taniny	15
3.3.6	S-methylcysteinsulfoxid	15
<b>3.4</b>	<b>Řepkové výlisky</b>	<b>15</b>
3.4.1	Nutriční složení řepkových výlisků	15
3.4.2	Dávkování řepkových výlisků do krmných směsí	16
<b>3.5</b>	<b>Hrubý protein</b>	<b>17</b>
3.5.1	Potřeba hrubého proteinu pro hospodářská zvířata	17
<b>3.6</b>	<b>Aminokyseliny</b>	<b>18</b>
3.6.1	Vyváženost aminokyselin a ideální protein	18
3.6.2	Limitující aminokyseliny pro hospodářská zvířata	19
3.6.3	Aminokyselinové složení řepkových výlisků v porovnání s dalšími krmivy	19
<b>3.7</b>	<b>Stravitelnost živin</b>	<b>21</b>
3.7.1	Metody pro stanovení stravitelnosti	22
3.7.2	Stravitelnost řepkových produktů	22
<b>3.8</b>	<b>Stravitelnost <i>in vitro</i></b>	<b>25</b>
3.8.1	<i>In vitro</i> stravitelnost řepkových produktů	26
<b>4</b>	<b>Metodika</b>	<b>28</b>
<b>4.1</b>	<b>Stanovení obsahu sušiny a popelovin</b>	<b>28</b>
<b>4.2</b>	<b>Stanovení obsahu hrubého tuku</b>	<b>28</b>
<b>4.3</b>	<b>Stanovení obsahu hrubé vlákniny</b>	<b>29</b>
<b>4.4</b>	<b>Stanovení obsahu bezusíkatých látek výtažkových</b>	<b>29</b>

4.5	Stanovení obsahu hrubého proteinu dle Kjeldahla .....	29
4.6	Stanovení stravitelnosti hrubého proteinu in vitro .....	30
4.7	Stanovení obsahu aminokyselin kyselou hydrolýzou .....	30
4.8	Stanovení obsahu aminokyselin oxidativní hydrolýzou .....	30
4.9	Statistické vyhodnocení .....	31
5	Výsledky .....	32
5.1	Obsah sušiny, popelovin a organické hmoty v řepkových výliscích .....	32
5.2	Obsah hrubé vlákniny, hrubého tuku a bezdusíkatých látek výtažkových v řepkových výliscích .....	33
5.3	Obsah hrubého proteinu v řepkových výliscích .....	33
5.4	Stravitelnost hrubého proteinu v řepkových výliscích .....	34
5.5	Obsah aminokyselin v řepkových výliscích .....	35
5.5.1	Obsah aminokyselin v sušině řepkových výlisků .....	35
5.5.2	Obsah aminokyselin ve 100 g hrubého proteinu.....	36
5.5.3	Korelace mezi obsahem jednotlivých aminokyselin .....	37
5.6	Stravitelnost aminokyselin v řepkových výliscích .....	39
5.6.1	Korelace mezi stravitelností jednotlivých aminokyselin.....	41
5.6.2	ANOVA- srovnání hodnot stravitelnosti aminokyselin .....	42
6	Diskuse .....	44
7	Závěr .....	47
8	Literatura.....	48

# 1 Úvod

Hlavním bílkovinným krmivem pro hospodářská zvířata je v současnosti sójový extrahovaný šrot. Pro pěstování sóji však v Evropě nejsou vhodné podmínky, proto je nutné sóju a produkty z ní do Evropy dovážet, často ze zemí velmi vzdálených. To má negativní dopad na životní prostředí, ale i na cenu živočišné výroby a výslednou cenu živočišných produktů. Tento fakt vede vědce k výzkumu lokálních, dostupnějších alternativ, mezi něž se řadí také řepka olejka (*Brassica napus*), která je nejpěstovanější olejinou Evropy. Řepkové produkty se proto jeví jako dobrá volba pro alespoň částečné nahrazení sójového extrahovaného šrotu v krmných směsích pro zvířata.

Jednou z nejdůležitějších vlastností krmiv, která určuje jejich nutriční hodnotu, je stravitelnost bílkovin v nich obsažených. Metod pro stanovení stravitelnosti je hned několik, liší se však svou náročností a přesností. Nejpřesnějšími metodami jsou metody *in vivo*, ty jsou však velmi náročné, časově i finančně. Dalším způsobem zjištění stravitelnosti krmiva jsou metody *in situ*, též označovanými *in sacco*, kdy je krmivo v sáčcích inkubováno v trávicím traktu kanylovaných zvířat. Tato metoda je však také poměrně náročná. Výrazně jednoduššími, levnějšími a stále více využívanými metodami jsou metody *in vitro*, při kterých jsou v laboratorních podmínkách simulovány procesy trávení napříč zažívacím traktem zvířat. Tyto metody však prozatím nejsou natolik přesné, jako metody *in vivo*.



## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

Cílem práce je definování parametrů kvality proteinu pomocí *in vitro* metody stanovení stravitelnosti.

Hypotéza: *In vitro* stravitelnost je vhodnou metodou stanovení kvality proteinu.

### 3 Literární rešerše

V následujících kapitolách je představena řepka olejná (*Brassica napus*), její nutriční složení, antinutriční látky v ní obsažené a řepkové výlisky. Další kapitoly jsou věnovány hrubému proteinu, aminokyselinám a stravitelnosti.

#### 3.1 Řepka olejná

Řepka olejná (*Brassica napus*) je dvouděložná rostlina, botanicky řazená mezi brukvovité (*Brassicaceae*). Jedná se o žlutě kvetoucí jednoletou olejninu, jež se pěstuje v jarní i ozimé formě, dorůstající výšky 80 až 150 cm. Ačkoliv se řepka v Evropě pěstuje poměrně krátce, tedy zhruba od 2. poloviny 19. století, v ČR zaujímá kolem 16 % celkové osevní plochy (Malina 2013).

##### 3.1.1 Pěstování

Ve střední Evropě se řepka převážně pěstuje v ozimé formě s vegetačním obdobím asi 320 dní. Jelikož se jedná o rostlinu, která velmi dobře reaguje na vysokou úroveň výživy a hnojení, řadí se mezi intenzivně pěstované rostliny (Homolka & Mydlář 2011).

Dle Maliny (2013) by se, právě kvůli své náročnosti na kvalitu půdy, neměla řepka zasívat na jednom místě častěji než jednou za čtyři roky. Dvounulová odrůda řepky je navíc velice náchylná na napadení chorobami a škůdci, proto vyžaduje ošetření chemickými přípravky a není vhodná pro ekologické zemědělství.

Aby výnosy řepky byly dostatečně vysoké, je zapotřebí nejen přízně počasí a včasné sklizně předplodiny, ale také vhodně zvolená technologie zákládání porostů řepky. Důležitá je správně zvolená předplodina, kterou jsou v našich podmínkách nejčastěji obilniny, popřípadě také rané brambory, luskoviny či pícniny sklizené v červenci (Mašek & Novák 2011).

Značná je také náročnost řepky na hnojení. Regenerační hnojení řepky je zapotřebí pro obnovu vegetace, regeneraci rostlin zesláblých po zimě a zajištění dostatečného množství dusíku v období rychlého prodlužovacího růstu. Běžnou dávkou dusíku je 140 až 200 kg na hektar. Kromě dusíku je také třeba dbát na dostatečné hnojení sírou, jejíž nedostatek u této plodiny vede ke sníženým výnosům (Doležal & Ryant 2015).

V našich podmínkách se řepka vysévá v srpnu a sklízí v červenci. Na podzim a během mírné zimy se vytváří kořenový systém. Díky dobře rozvinutému kořenovému systému pak řepka snadno zvládne i sucho, se kterým se v posledních letech v dubnu setkáváme (Vašák et al. 2011).

##### 3.1.2 Produkce

Řepka je jednou z nejvýnosnějších zemědělských plodin, a to díky svému produkčnímu potenciálu, který se podstatně zvýšil s příchodem "00" odrůd, hybridů a transgenních forem. Za posledních 30 let se řepka stala jedním z hlavních zemědělských produktů, je považována za třetí nejdůležitější světový zdroj rostlinného oleje. Semena nejnovějších odrůd obsahují více než 45 % oleje, který má své využití v mnoha průmyslových i potravinářských odvětvích (Cristescu et al. 2018).

V Evropě je řepka hlavní olejninou a její pěstování je rozšířeno takřka po celém jejím území, největšími evropskými producenty jsou však Německo, Polsko, Česká republika a Francie (Pullens et al. 2019).

Druhá nejpěstovanější olejнина v Evropě je slunečnice, třetí je potom oliva evropská, která je pěstována ve Středomoří (Vašák et al. 2011).

### 3.1.3 Využití

Řepka olejná je pěstována především pro produkci velice kvalitního potravinářského oleje, při jehož lisování vznikají zbytky, které představují velmi kvalitní komponent krmných směsí pro hospodářská zvířata. Dalším hojně využívaným produktem z řepky je bionafta, která představuje obnovitelné palivo. Řepka je také výhodnou přeploidinou. Pšenice, kterou zasijeme po řepce, může mít vyšší výnos až o 10 %. Kromě toho jsou žluté květy řepky velmi oblíbené u včel (Baranyk 2016).

Produkty řepky jsou stále více využívány ke krmným účelům. Do krmných směsí pro monogastry i přežvýkavce jsou zařazovány zbytky po lisování oleje, tedy řepkové výlisky, pokrutiny a extrahovaný šrot. Výrazného zkvalitnění krmné směsi lze také docílit přidáním samotného řepkového oleje, který vyniká svým složením. Při zařazování nových komponent do krmné dávky zvířat je však třeba dbát na to, aby nebyl negativně ovlivněn finální živočišný produkt a zdraví zvířat (Suchý et al. 2007).

Řepkový olej je velmi oblíbený mezi spotřebiteli, jelikož nemikkkkdefá výrazné aroma ani chuť, proto má široké využití. Kromě dobrých sensorických vlastností, disponuje také velmi příznivým složením tuku, tedy vysokým obsahem nenasycených mastných kyselin, mezi nimiž dominuje kyselina olejová. Ve větším množství obsahuje také prospěšné omega-3 a omega-6 mastné kyseliny, které jsou navíc ve výborném poměru (Mikołajczak 2018).

Bionafta se stala zajímavou alternativou klasických pohonných hmot, zejména z ekologického hlediska, jelikož se jedná o palivo obnovitelné, biologicky odbouratelné a málo toxické. Bionafta se z řepkového oleje vyrábí pomocí katalyzované transesterifikace, vedlejším produktem je glycerol. Ikdýž je bionafta z environmentálního hlediska šetrnější, nutno podotknout, že její výroba je 1,5 – 2 krát dražší, než výroba klasické motorové nafty (Gholami et al. 2021).

Med z řepky má dobré nutriční, profylaktické a léčivé vlastnosti a jeho užívání se doporučuje při různých onemocněních. Četné studie ukázaly, že antimikrobiální vlastnosti řepkového medu se blíží antimikrobiálním vlastnostem medu lesního, tedy z medovice. Někteří kritici však upozorňují na ošetřování řepky během kvetení pesticidy, které mohou kontaminovat nektar a pyl (Zhelyazkova & Lazarov 2017).

## 3.2 Nutriční složení řepky

Řepka má vcelku bohaté nutriční složení. Je dobrým zdrojem vitamínu C, hrubého proteinu a minerálů. Koncentrace makro a mikroelementů se mohou lišit v závislosti na pěstebních postupech, produkční oblasti, odrůdě a části rostliny (Beyzi et al. 2019).

Semena řepky obsahují přibližně 40 % oleje a 17–26 % bílkovin s výhodným poměrem aminokyselin (Anwar et al. 2015).

Složení jednotlivých částí semene řepky se však liší. Osemení tvořené několika vrstvami představuje 12–16 % hmotnosti semene, má velký podíl hrubé vlákniny (31–34 %), obsahuje 15–18 % proteinů a 9–16 % tuku. Zbytek semene obsahuje 45–47 % tuku, 28–30 % proteinů a pouhé 3 % hrubé vlákniny. Sacharidů je v řepkovém semeni asi 26 %, kdy polysacharidy výrazně převažují nad monosacharidy, disacharidy a trisacharidy. V porovnání s ostatními olejninami obsahuje řepka hodně minerálních látek, především vápníku, fosforu a draslíku (Zukalová & Vašák 2001).

Dle Suchého et al. (2007) je navíc řepka, stejně jako ostatní rostliny z čeledi brukvovitých, bohatá na obsah síry. Nedostačující je naopak obsah hořčiku, což může představovat problém při zřkmování mladému skotu.

### 3.2.1 Obsah a složení bílkovin

Látky, které obsahují dusík, souhrně označujeme jako hrubý protein. Řadíme mezi ně bílkoviny, které jsou tvořeny dlouhými řetězci aminokyselin, a nebílkovinné dusíkaté látky, mezi které patří peptidy, které jsou tvořeny krátkými řetězci aminokyselin, volné aminokyseliny a jednoduché dusíkaté látky, jako je například amoniak (Zelenka 2016).

Jako aminokyseliny označujeme ty organické kyseliny, které obsahují alespoň jednu aminovou a jednu karboxylovou skupinu. Tyto látky jsou základními stavebními jednotkami bílkovin. V přírodě můžeme nalézt více než 300 různých aminokyselin, ale jen 20 z nich se v bílkovinách objevují pouze ve formě L- $\alpha$ -aminokyselin. Tyto aminokyseliny označujeme jako biogenní či proteinogenní aminokyseliny (Murray et al. 2002).

Řepkové semeno obsahuje přibližně 210 g hrubého proteinu na kilogram (Ebrahimi et al. 2009)

U monogastričních zvířat jsou hlavními faktory určujícími kvalitu bílkovin stravitelnost bílkovinné frakce a relativní poměr aminokyselin. U přežvýkavců o kvalitě bílkoviny rozhoduje její odolnost vůči bacherové degradaci, stravitelnost v tenkém střevě a složení aminokyselin (Suchý et al. 2007).

V semeni řepky převažují dva zásobní proteiny – kruciferin a napin. Mezi minoritní bílkoviny patří proteiny tukových kapének, bílkoviny pro přenos lipidů a inhibitory proteáz (Fetzer et al. 2020).

Až 50 % ze všech bílkovin řepky představují globuliny kruciferiny. Kruciferiny jsou hexamery, které se disociují za kyselých podmínek nebo při snížené iontové síle. Druhou hlavní bílkovinou je albumin napin, který představuje 20–40 % celkového proteinu v řepce (Arrutia et al. 2020).

Dle Zukalové a Vašáka (2001) obsahuje řepka bílkoviny bez katalytické funkce, bílkoviny s katalytickou funkcí (myrozináza, lipáza a lipoxygenáza), v menším poměru potom bílkoviny, které jsou součástí buněčných orgánů (plasticidy, mitochondrie). Asi 72 % dusíku je součástí aminokyselin, řepka obsahuje poměrně vysoké množství methioninu, cystinu a lyzinu, proto představuje kvalitní zdroj proteinů.

### 3.2.2 Obsah a složení tuků

Z rostlinných olejů má řepka největší poměr nenasycených mastných kyselin. Řepkový olej obsahuje přibližně 65 % kyseliny olejové, 20 % kyseliny linolové, 9 % kyseliny linolenové a 2 % kyseliny stearové (Beyzi et al. 2019).

Poměr mononenasycených mastných kyselin (MUFA) a polynenasycených mastných kyselin (PUFA) v řepkovém oleji je 2:1, nasycené mastné kyseliny (SAFA) jsou v něm obsaženy jen v malé frakci. Kromě toho obsahuje také fytosteroly,  $\alpha$ -tokoferol, který je izomerem vitamínu E, beta-karoten a chlorofyly (Saleem et al. 2020).

Porovnání složení mastných kyselin v řepkovém semenu, sójových bobech, řepkovém extrahovaném šrotu a sójovém extrahovaném šrotu představuje následující Tabulka 1 (Suchý et al. 2007)

Tabulka 1 Složení mastných kyselin v řepkovém oleji (Suchý et al. 2007)

Mastné kyseliny	Plnotučné řepkové semeno	Plnotučné sójové boby	ŘEŠ	SEŠ
C 16:0 palmitová	15,3	22,6	1,8	1,6
C 16:1 palmitoolejová	3,5	-	0,41	-
C 18:0 stearová	3,5	7,8	0,41	0,41
C 18:1 olejová	115	47,4	13,5	2,0
C 18:2 linolová	59,6	122,4	7,0	6,4
C 18:3 $\alpha$ -linolenová	20,4	19,7	2,4	1,2

\*ŘEŠ = řepkový extrahovaný šrot

\*SEŠ = sójový extrahovaný šrot

### 3.3 Antinutriční látky v řepce

Řepka obsahuje některé antinutriční látky, které snižují její energetickou a výživovou hodnotu. Antinutričními látkami řepkového semene jsou fytin (2,5 %), glukosinoláty (0,9 %), tanin (1,5 %) a sinapin (1,5 %) (Zukalová & Vašák 2001).

Dle Suchého et al. (2007) mezi antinutriční látky řepky patří ještě kyselina eruková, kyselina fytová a fytáty, aromatické cholinové estery, S-methylcysteinsulfoxid (S-MCO), inhibitory proteáz, ale také vláknina a další látky. Zároveň však dodává, že obsah hlavních antinutričních látek řepky, tedy glukosinolátů a kyseliny erukové, byl výrazně snížen již s vyšlechtěním takzvaných dvounulových odrůd.

#### 3.3.1 Glukosinoláty

Kvalita řepkového semene je hodnocena nejen na základě obsahu tuku a bílkovin, ale také obsahu nežádoucích glukosinolátů. Jedná se o sekundární metabolity rostlin z řádu brukvotvarých (*Brassicales*). Hydrolyzou glukosinolátů vzniká glukóza a aglykon, prekurzor hlavně těkavých isothiokyanátů se silnou biocidní aktivitou. Hlavním glukosinolátem řepky, i dalších druhů brukvovitých, je progoitrin, který se průchodem trávicím traktem mění v goitrin,

který inhibuje absorpci jódu ve štítné žláze, což může vést až k tvorbě strumy (Siebers et al. 2018).

Celkem bylo dosud v řepce objeveno kolem 120 typů glukosinolátů, které lze rozdělit do tří skupin – GSL s alkylovou skupinou, indolové GSL a hydroxyglukosinoláty. Zajímavý je fakt, že jarní odrůdy dvounulové řepky obsahují méně glukosinolátů, než odrůdy ozimé. Průměrný obsah glukosinolátů jarních odrůd je 14  $\mu\text{mol/g}$  sušiny, zatímco u ozimých odrůd je to průměrně 16  $\mu\text{mol/g}$  sušiny. Od roku 1991 je v Evropské unii maximální povolený obsah glukosinolátů v dvounulových odrůdách řepky 20  $\mu\text{mol/g}$  sušiny (Suchý et al. 2007).

Dle Kaldmäe et al. (2010) lze v současnosti v řepce detekovat až 27 různých glukosinolátů, nejčastěji se v ní setkáváme s alifatickými glukosinoláty jako je sinigrin, glukonapin, glukobrassicinapin, napoleiferin, indol a již výše zmíněný progoitrin. Obsah glukosinolátů může být eliminován tepelnou úpravou, a to o 20–25 %, množství toxických produktů rozkladu glukosinolátů je však nižší při lisování za studena (50–70 °C).

### 3.3.2 Kyselina eruková

Kyselina eruková je mononenasyčená mastná kyselina patřící do skupiny omega-9 mastných kyselin. Bylo zjištěno, že konzumace krmiv bohatých na kyselinu erukovou má nepříznivé účinky na zdraví a kyselina eruková byla klasifikována jako přírodní toxická látka. Mezi její nejzávažnější škodlivé účinky patří akumulace triacylglycerolu v srdci, což vede k lipidóze myokardu a následné snížené kontraktilitě srdeční svaloviny. V roce 2016 navrhl Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) maximální obsah kyseliny erukové v jedlých olejích 2 %, namísto dřívějších 5 % (Vetter et al. 2020).

Zatímco obsah kyseliny erukové v oleji starých odrůd řepky může být i více než 45 %, v oleji moderních odrůd je její obsah minimální nebo žádný. Olej starých odrůd má však výhodu v termostabilitě, a proto nachází své využití v průmyslu (Kaur et al. 2020).

### 3.3.3 Kyselina fytová a fytáty

Kyselina fytová, známá také jako myoinositol hexafosfát, je přírodní látka, která je vytvářena v semenech rostlin během jejich zrání. V semenech luštěnin představuje kyselina fytová až 70 % celkového obsahu fosfátů. Všechny důležité kationty jako Ca, Fe, Mn, K, Zn a Mg přítomné v těle se pevně váží na záporně nabitý fosfát v kyselině fytové, což vede k tomu, že jsou tyto kationty biologicky nedostupné (Handa et al. 2020).

Fytáty mohou snížit výživnou hodnotu obilovin a luštěnin, ale jsou zásadní během klíčení semen, protože mohou být hydrolyzovány endogenní fytázou a uvolnit uložený fosfor a další minerály, které jsou využívány při vývoji sazenic. Monogastrická zvířata, jako je drůbež či prasata, nemohou fytáty účinně trávit, protože aktivita fytázy v jejich trávicím traktu je příliš nízká. Vzhledem k tomu je nutno do krmiv pro tato zvířata přidávat mikrobiální fytázu nebo používat nově vyšlechtěné odrůdy s nižším obsahem fytátů (Dong & Saneoka 2020).

### 3.3.4 Sinapiny

Sinapiny jsou organické sloučeniny, cholinestery fenolových kyselin, které představují až 85 % z celkového obsahu fenolů v řepce. Sinapiny způsobují nepříjemnou chuť krmiva a mohou snížit stravitelnost bílkovin. Tyto látky navíc vyvolávají rybí zápach živočišných

výrobků, tedy masa, mléka a vajec, což vede ke znehodnocení těchto produktů. Tento „rybí faktor“ je pro konzumenty nejen sensoricky nepříjemný, ale může dojít až k podráždění očí, hltnu a dýchacích cest (Yu et al. 2016).

Dle Suchého et al. (2007) tento rybí pach způsobuje kumulace trimethylaminu. Sinapiny navíc mohou způsobit hnědé skvrny na vaječné skořápce. Obsah sinapinů se v řepkovém semeni pohybuje od 10 do 20 g na kg.

### **3.3.5 Taniny**

Rostlinné taniny jsou fenolické sloučeniny, které jsou schopné se silně navázat na bílkoviny, škrob, celulózu a minerály. Taniny lze rozdělit do tří skupin – florotaniny, kondenzované a hydrolyzovatelné taniny. U řepky jsou kondenzované taniny do jisté míry zodpovědné za tmavou barvu semen, kde jsou hromaděny především mezi oplodím a aleuronovou vrtvou (Lipsa et al. 2012).

Suchý et al. (2007) dodává, že taniny, také nazývané třísloviny, zhoršují stravitelnost, ale také chuť krmiva. Největší podíl tříslovin v řepce zaujímá kyselina gallová, digallová a egallová. Taniny tvoří s některými bílkovinami a cukry nerozpustné komplexy, odolné vůči trávicím enzymům. Dále mohou narušit sliznici střeva a zamezit vstřebávání železa. Obsah tříslovin v řepkovém semenu může být 0,1 % až 5 %, dle odrůdy, počasí a kvality půdy.

### **3.3.6 S-methylcysteinsulfoxid**

S-methylcysteinsulfoxid je aminokyselina obsažená v brukvovitých rostlinách, která se při průchodu trávicím traktem mění na toxické složky, jež způsobují rozpad erytrocytů, tedy hemolytickou anémii. To má za následek nedostatečnou distribuci kyslíku a postupné poškození orgánů jako jsou játra, ledviny, slezina a mozek. Narušení činnosti mozku způsobuje nestandardní chování zvířat, ztrácí přirozenou plachost a chovají se netečně (Scherer 2018).

## **3.4 Řepkové výlisky**

Při získávání řepkového oleje vznikají meziprodukty, které lze využít jako kvalitní komponent krmných směsí. Olej se získává dvěma hlavními metodami, a to lisováním za studena, při kterém vznikají výlisky, a extrakcí hexanem, při které vzniká extrahovaný šrot. Při extrakci dochází ke zpracování při vysoké teplotě (více než 130 °C), což vede k většímu uvolnění oleje. V řepkovém extrahovaném šrotu tak zůstává méně než 50 g oleje na kilogram hmoty, zatímco v řepkových výliscích až více než 170 g oleje na kilogram (Kasprzak et al. 2016).

Dle Homolky a Kudrny (2006) při lisování řepkových semen za tepla vzniká ještě třetí meziproduct, kterým jsou řepkové pokrutiny, někdy také nezývány expelery.

### **3.4.1 Nutriční složení řepkových výlisků**

Řepkové výlisky obsahují přibližně 370 g hrubého proteinu na kilogram hmoty a 205 g tuku. Hrubá vláknina představuje asi 22,7 %, z toho neutrálně detergentní vláknina 22,6 % a acido detergentní vláknina 20 %. Obsah minerálních látek je přibližně 6,5 %, z toho 1 % fosforu a 0,6 % vápníku (Zhou et al. 2016).

Oproti tomu řepkový šrot obsahuje přibližně 386 g hrubého proteinu na kilogram hmoty. Hrubá vláknina představuje asi 11,2 %, minerální látky 6,2 %, z toho 1,1 % fosforu a 0,8 % vápníku (Yun et al. 2018).

Dle Zukalové et al. (2006) je asi nejvýraznějším rozdílem mezi řepkovými produkty obsah tuku, kdy v řepkových výliscích je obsaženo 12–18 %, v pokrutinách 3–4 % a v řepkovém extrahovaném šrotu pouze 1–3 %.

Dalším výrazným rozdílem mezi produkty po lisování řepky je obsah glukosinolátů, jejichž obsah úzce souvisí s obsahem hrubého proteinu, z čehož vyplývá, že vyšší zastoupení glukosinolátů je v řepkovém extrahovaném šrotu. Porovnání obsahu živin v řepkovém semenu, řepkových výliscích a řepkovém extrahovaném šrotu je vyjádřeno v Tabulce 2 (Homolka & Kudrna 2006).

Suchý et al. (2007) dodává, že tepelná úprava řepkových produktů značně ovlivňuje jejich výživnou hodnotu, především stravitelnost proteinů a vlákniny. Zatímco stravitelnost proteinu se tepelnou úpravou zhoršuje, vláknina je naopak stravitelnější.

*Tabulka 2 Porovnání obsahu živin v řepkovém semenu, výliscích a extrahovaném šrotu (Homolka & Kudrna 2006)*

Živina	Obsah v %		
	řepka	výlisky	extrahovaný šrot
Sušina	92,5	89,0	89,1
Popeloviny	4,0	7,6	7,2
N-látky	20,4	32,8	36,2
Tuk	42,0	12,4	2,0
Vláknina	5,4	12,0	14,4
BNLV	20,7	24,0	29,2

\*BNLV = bezdusíkaté látky výtažkové

### 3.4.2 Dávkování řepkových výlisků do krmných směsí

Zkrmování řepkových produktů zvířatům je limitováno především obsahem antinutričních látek. Obecně jsou přežvýkavci vůči těmto látkám méně náchylní, oproti monogastrickým zvířatům. Obezřetnější bychom také měli být u zkrmování řepkových výlisků mláďatům a březím zvířatům. Vzhledem k odlišnému složení řepky u různých odrůd, není dávkování jejích produktů pevně dáno, limitujícím faktorem spíše bývá obsah antinutričních látek. Například do krmné směsi pro drůbež se nedoporučuje zakomponovat více než 4,5 μmol glukosinolátů na gram, jinak hrozí nejen rybí zápach vajec a masa, ale také snížený příjem krmiva. U prasat ve výkrmu by v krmné dávce nemělo být obsaženo více než 2,5 mmol glukosinolátů na gram (Suchý et al. 2007).

Studie Oryschaka et al. (2020) ukázala, že obsah až 20 % řepkových výlisků v krmné dávce pro nosnice neovlivní produktivitu nosnic ani kvalitu vajec. Zdá se, že drůbež je méně citlivá vůči antinutričním látkám než prasata.



Lee a Woyengo (2018) ve svém pokusu zjistili, že u prasat krmených krmnou dávkou s  $\geq 20$  % řepkových výlisků byl menší denní přírůstek než u prasat, v jejichž krmné dávce nebyly řepkové výlisky obsaženy vůbec.

Dle Kaldmäe et al. (2010) může obsah až 11 % řepkových výlisků v krmné dávce pro prasata na konci výkrmu zvýšit denní přírůstky bez negativního vlivu na kvalitu masa.

Použití řepkových výlisků v krmné dávce pro dojnice může do jisté míry zvýšit produkci mléka a příjem krmiva dojnici, může se také zlepšit poměr nenasycených mastných kyselin v mléčném tuku. Je však třeba dbát na to, aby se příliš nezvýšil obsah tuku v krmné dávce, což by vedlo ke snížení obsahu tuku v mléce, jelikož, jak je známo, primárním prekurzorem mléčného tuku je kyselina octová, která vzniká při bacheřové fermentaci objemných krmiv (Šimek et al. 2001).

Homolka a Kudrna (2006) doporučují maximální denní dávku řepkových výlisků 2 kg pro dojnice, 1 kg pro býky.

V krmné dávce pro rostoucí králíky mohou řepkové výlisky nahradit sójový extrahovaný šrot z 5 %, nebo z 2,5 % spolu s 2,5 % sušených pšeničných výpalků s rozpustným podílem (Strychalski et al. 2014).

### 3.5 Hrubý protein

Definice hrubého proteinu, dříve označovaného jako dusíkaté látky, je známá jako obsah dusíku, který stanovíme Kjeldahlovou metodou, vynásobený koeficientem 6,25. Tento koeficient byl stanoven na základě průměrného obsahu dusíku v běžných bílkovinách, který činí 16 % (Zelenka et al. 2007).

#### 3.5.1 Potřeba hrubého proteinu pro hospodářská zvířata

Ve výživě přežvýkavců rozdělujeme hrubý protein na dusíkaté látky degradovatelné a nedegradovatelné. Degradovatelný hrubý protein je v bacheřu rozložen zde přítomnými mikroorganismy, většina je přeměněna na amoniak a část je využita k tvorbě mikrobiálního proteinu. Nedegradovatelný hrubý protein prochází přes bacheř v původní podobě až do tenkého střeva, kde je rozložen enzymy. Tento hrubý protein je také často označován jako tzv. „by-pass protein“. Maximální obsah hrubého proteinu v krmné dávce dojníc by neměl přesahovat 19 % krmné dávky, vyšší obsah způsobuje poruchy plodnosti. Optimální zastoupení hrubého proteinu v krmné dávce pro dojnice je představena v Tabulce 3 (Kudrna & Homolka, 2009).

Tabulka 3 Optimální úroveň dusíkatých látek v krmné dávce v % (Kudrna & Homolka 2009)

	Laktace			Zaprahlé	
	raná	střední	pozdí	počátek	před otelením
<b>Hrubý protein</b>	17-20	15-17	14-15	12	14-15
<b>Degradovatelné NL</b>	60-65	62-67	65-78	65-70	62-68
<b>Nedegradovatelné NL</b>	22-40	33-37	30-36	30-35	32-38
<b>Rozpustné NL (% z NL)</b>	30-35	30-37	30-50	32-35	31-34

\*NL = dusíkaté látky

U prasat se potřeba hrubého proteinu výrazně liší dle kategorií. Nejskromnější zastoupení hrubého proteinu je ve směsích pro březí prasnice a prasata na konci výkrmu – 13 %, 18 % hrubého proteinu je zastoupeno ve směsích pro odchovávaná selata a prasničky a pro kojící prasnice. Největší potřebu mají selata v době odstavu a to kolem 22 % (Mareš 2009).

V chovu nosnic je většinou využívána fázová výživa, což znamená, že krmná dávka je přizpůsobena fázi snášky. V první fázi snášky, která trvá do 36. až 40. týdne věku nosnice, je doporučený obsah hrubého proteinu ve směsi 17 %. V druhé fázi snášky, trvající do 56. až 60. týdne věku, se doporučuje 15 % hrubého proteinu ve směsi a v poslední fázi snášky je dostačující obsah hrubého proteinu 14 % (Tůmová & Gardiánová 2001).

U brojlerových kuřat ve výkrmu je doporučený obsah hrubého proteinu 23 % v první fázi, 21 % ve druhé a 19 % v poslední fázi výkrmu (Zelenka et al. 2007).

Ve směsích pro brojlerové králíky je doporučený obsah hrubého proteinu 15 %, při této dávce byl u králíků prokázán nejlepší přírůstek a spotřeba krmiva (Skřivanová 2001).

### 3.6 Aminokyseliny

Aminokyseliny jsou definovány jako organické látky, které obsahují alespoň jednu aminovou ( $\text{NH}_2$ ) a jednu karboxylovou skupinu ( $\text{COOH}$ ). Podle vzdálenosti aminoskupiny od karboxylové skupiny aminokyseliny dále dělíme na  $\alpha$ -aminokyseliny,  $\beta$ -aminokyseliny,  $\gamma$ -aminokyseliny,  $\delta$ -aminokyseliny a  $\varepsilon$ -aminokyseliny (Wu 2013).

Aminokyseliny lze také rozdělit na esenciální, tedy nepostradatelné, které organismus nedokáže syntetizovat vůbec (lysin a treonin) nebo v nedostatečném množství (methionin, tryptofan, leucin, izoleucin, valin, arginin, histidin, fenylalanin). Potřeba těchto aminokyselin tak musí být zajištěna pomocí krmiva. Další skupinou jsou aminokyseliny poloesenciální, které organismus dokáže syntetizovat z aminokyselin esenciálních, např. cystein z methioninu, tyrosin z fenylalaninu. Poslední skupinou jsou aminokyseliny neesenciální, tedy postradatelné, které jsou syntetizovány organismem (Zelenka et al. 2007).

Hlavní funkcí bílkovin ve stravě je přísun aminokyselin pro růst a udržování tělesných tkání. V olejnatých semenech je poměr aminokyselin výhodný pro zvířata, ale i lidi (Tomičić 2020)

#### 3.6.1 Vyváženost aminokyselin a ideální protein

Nevyváženost aminokyselin v krmné dávce vede ke zpomalení syntézy bílkovin, proto je potřeba dbát na to, aby jejich přísun odpovídal jejich potřebě. Rizika imbalance aminokyselin jsou dána dvěma fyziologickými zákony. Prvním z nich je Rubnerův zákon limitní aminokyseliny, podle kterého je využití aminokyselin v bílkovině dáno obsahem limitní aminokyseliny, tedy aminokyseliny, která je v bílkovině obsažena v nejmenším množství. Druhým zákonem je Wolfův zákon o nadbytku esenciální aminokyseliny, který říká, že obsah nepostradatelné aminokyseliny čtyřnásobně vyšší, než je její doporučený obsah, způsobuje narušení metabolismu ostatních aminokyselin (Tvrzník et al. 2008).

Pro určení potřeby esenciálních aminokyselin pro danou kategorii hospodářských zvířat je využívána koncepce tzv. ideálního proteinu. To je smyšlená, hypotetická bílkovina, ve které jsou všechny esenciální aminokyseliny limitující stejnou mírou (Zelenka et al. 2007)

### 3.6.2 Limitující aminokyseliny pro hospodářská zvířata

Limitujícími aminokyselinami pro dojnice jsou methionin a lysin. To je do jisté míry dáno tím, že koncentrace těchto aminokyselin v krmivech je poměrně nízká, v porovnání s bakteriální bacherovou bílkovinou a mlékem. Pro růst vlny a přírůstek hmotnosti ovcí jsou především limitující sírné aminokyseliny (Schwab & Ordway 2009).

Dle francouzského systému PDI je potřeba dojnic 2,5 % methioninu a 7,3 % lysinu z metabolizovatelných esenciálních aminokyselin. Dle amerického NRC je tato potřeba 2,2 % methioninu a 7,2 % lysinu z metabolizovatelných aminokyselin. V praxi je přitom nemožné dosáhnout těchto hodnot bez doplnění jednotlivých aminokyselin (Křížová et al. 2007).

Hlavní limitující aminokyselinou ve výživě kojících prasnic je lysin. Potřeba lysinu pro laktující prasnici může být 19 až 60 g na den, podle mléčné produkce. Kromě lysinu je pro prasnici v laktaci velice důležitý obsah treoninu, dalším v pořadí je methionin (Bojčuková 2001).

Ve výkrmu prasat je hlavní limitující aminokyselinou lysin, jehož obsah by dle normy NRC měl být 10,95 g na kg směsi v první kategorii od 25 do 50 kg živé hmotnosti, 10,86 g/kg v druhé kategorii při 50 až 70 kg živé hmotnosti, 9,41 g/kg od 75 do 100 kg živé hmotnosti a 7,95 g/kg v poslední kategorii prasat od 100 do 135 kg živé hmotnosti. Dalšími důležitými aminokyselinami ve výkrmu prasat jsou treonin, methionin s cysteinem a tryptofan (Bělková & Václavková 2015).

Ve výživě nosnic jsou limitujícími aminokyselinami methionin a lysin, kdy methionin ovlivňuje tloušťku skořápky a hmotnost vajec, lysin ovlivňuje snášku. Potřeba aminokyselin se liší dle užitkovosti nosnic, tedy dle plemene či hybrida. Například hybrid Tetra má potřebu methioninu 3,5 g/kg, methioninu spolu s cysteinem 6,4 g/kg a lysinu 7,4 g/kg. Oproti tomu hybrid Hisex bílý 3,8 g/kg methioninu, 7 g/kg methioninu spolu s cysteinem a 8 g/kg lysinu (Tůmová & Gardiánová 2001).

Methionin a lysin jsou taktéž hlavními limitujícími aminokyselinami pro brojlerová kuřata ve výkrmu. Methionin slouží jako prekurzor pro cystein a zdroj síry. Lysin se zase zásadně podílí na vývoji svalstva, především prsních svalů jatečných kuřat (Lee et al. 2020).

Dle Zelenky et al. (2007) by v první fázi výkrmu měla krmná směs pro brojlerky obsahovat přibližně 5,3 g methioninu, 10,3 g methioninu spolu s cysteinem a 14,1 g lysinu na kg směsi. Ve druhé fázi výkrmu, která začíná 11. dnem věku, by směs měla obsahovat 4,6 g methioninu, 9,1 g methioninu spolu s cysteinem a 12,2 g lysinu na kilogram. V posledním stádiu výkrmu, tedy od 25. až 29. dne věku by mělo být ve směsi obsaženo asi 4 g methioninu, 7,9 g methioninu spolu s cysteinem a 10,4 g lysinu na kilogram.

V krmných směsích pro brojlerové králíky jsou limitujícími methionin a lysin, jejich minimální obsah by měl být 6,2 g methioninu spolu s cysteinem a 9,4 g lysinu na kilogram (Skřivanová 2001).

### 3.6.3 Aminokyselinové složení řepkových výlisků v porovnání s dalšími krmivy

Aminokyselinové složení řepkových produktů je srovnatelně kvalitní se složením sójových produktů. Řepka sice obsahuje o něco méně lysinu, obsah sírných aminokyselin je však vyšší než u sóji. Při krmení zvířat řepkovými produkty tedy bývá limitující

aminokyselinou obvykle lysin. Rozdíly v poměru aminokyselin v řepce a sóji jsou zřetelné z Tabulky 4 (Suchý et al. 2007).

*Tabulka 4 Porovnání složení aminokyselin v řepkovém semenu, sójových bobech, ŘEŠ a SEŠ (Suchý et al. 2007)*

	<b>Plnotučné řepkové semeno</b>	<b>Plnotučné sójové boby</b>	<b>ŘEŠ</b>	<b>SEŠ</b>
Alanin	9,4	16,6	16,4	22,6
Arginin	13,5	27,8	21,5	39,0
Asparagin	16,3	42,8	25,4	56,8
Cystin	5,0	5,8	2,1	6,9
Kyselina glutamová	38,0	73,9	60,9	87,9
Glycin	10,8	16,4	18,1	21,7
Histidin	6,3	12,8	11,2	15,7
Isoleucin	9,0	18,2	14,8	25,2
Leucin	14,5	29,6	25,1	40,4
Lysin	13,2	24,2	21,9	33,4
Methionin	4,8	5,5	7,2	6,9
Fenylalanin	8,9	20,4	15,4	26,9
Prolin	14,2	21,5	23,4	28,4
Serin	9,4	18,6	15,7	27,0
Threonin	9,4	15,7	16,5	20,5
Tryptofan	3,1		4,7	
Tyrosin	6,5	14,7	11,6	19,1
Valin	11,4	19,5	18,7	28,8

\*ŘEŠ = řepkový extrahovaný šrot

\*SEŠ = sójový extrahovaný šrot

Dle Homolky a Kudrny (2006) je vyšší obsah aminokyselin v extrahovaném šrotu dán celkově vyšším obsahem hrubého proteinu, poměr aminokyselin je ve šrotu i výliscích víceméně totožný. Patrný rozdíl je však v množství dostupného lysinu, kdy je větší podíl v řepkových výliscích oproti ŘEŠ. Porovnání obsahu aminokyselin v řepkových výliscích a řepkovém extrahovaném šrotu je přehledně viditelné v Tabulce 5.

Tabulka 5 Porovnání složení aminokyselin v řepkových výliscích a v ŘEŠ (Homolka & Kudrna 2006)

Živina	výlisky	extrahovaný šrot
	v g/kg	
N-látky	320,80	367,40
Lysin celkový	17,40	18,90
Lysin dostupný	16,70	14,17
Methionin	5,81	6,10
Cystin	7,98	8,10
Treonin	14,21	15,41
Tryptofan	4,10	4,62
Arginin	20,80	21,35
Histidin	8,10	9,15
Leucin	23,10	25,10
Izoleucin	12,80	13,75
Valin	16,70	17,10

Oproti tomu hrách obsahuje průměrně asi 15,5 g/kg lysinu, 1,5 g/kg methioninu, 8,5 g/kg treoninu, 20 g/kg argininu, 5,5 g/kg histidinu, 15 g/kg leucinu, 9 g/kg izoleucinu a 10,5 g/kg valinu, v závislosti na odrůdě. Z toho vyplývá, že obsah většiny aminokyselin je průměrně vyšší v řepkových výliscích než v hrachu (Suchý et al. 2007).

Obiloviny obecně obsahují méně aminokyselin, konkrétně pšenice obsahuje asi 2,8 g/kg lysinu, 1,2 g/kg methioninu, 2,3 g/kg cysteinu, 2,9 g/kg treoninu, 2,3 g/kg histidinu, 6,8 g/kg leucinu, 3,7 g/kg izoleucinu, 4,4 g/kg valinu. Zrno ječmene potom 3,5 g/kg lysinu, 1,7 g/kg methioninu, 2,3 g/kg cysteinu, 3,6 g/kg treoninu, 2,3 g/kg histidinu, 7 g/kg leucinu, 3,7 g/kg izoleucinu, 4,9 g/kg valinu. V zrnu rýže je přibližně 3,4 g/kg lysinu, 1,4 g/kg methioninu, 1,9 g/kg cysteinu, 3,3 g/kg treoninu, 2,2 g/kg histidinu, 6,2 g/kg leucinu, 3,5 g/kg izoleucinu, 4,8 g/kg valinu (Shewry 2007).

Neloupaný oves obsahuje asi 4 g/kg lysinu, 2 g/kg methioninu, 4 g/kg treoninu, 10 g/kg argininu, 4 g/kg histidinu, 9 g/kg leucinu, 4,5 g/kg izoleucinu a 6 g/kg valinu. Loupaný oves potom přibližně 5 g/kg lysinu, 2 g/kg methioninu, 5 g/kg treoninu, 11 g/kg argininu, 4,5 g/kg histidinu, 10 g/kg leucinu, 5,5 g/kg izoleucinu a 7 g/kg valinu (Sterna et al. 2016).

### 3.7 Stravitelnost živin

Trávení lze definovat jako transformaci krmiva na jednodušší složky, které mohou být vstřebány ve střevě zvířete. Stravitelnost je potom ukazatelem účinnosti tohoto procesu. Stravitelnost lze posuzovat u krmiva jako celku, nebo u konkrétní živiny. Stravitelnost je obvykle vyjádřena v procentech. Se stravitelností také úzce souvisí pojmy biologická

přístupnost a biologická dostupnost. Biologickou přístupnost lze definovat jako podíl živiny uvolněné z matrice krmiva, která je k dispozici pro další hydrolýzu a absorpci. Biologická dostupnost je potom podíl živiny, který je dostupný pro fyziologické funkce nebo k ukládání. Ačkoliv může být koncentrace určité živiny v krmivu vysoká a potencionálně biologicky přístupná, nemusí být v praxi během trávení vůbec vstřebána (Moyano et al. 2015).

Stravitelnost je jedním z hlavních faktorů, které určují nutriční hodnotu krmiv. Je tomu tak proto, že hodnota stravitelnosti výrazně ovlivňuje množství živin a energie, které má organismus k dispozici. Znalost stravitelnosti krmiva je kromě jiného nutná pro výpočet NEL a NEV za použití regresních rovnic. Ačkoliv stravitelnost organické hmoty je u jaderných krmiv a vedlejších produktů z potravinářského průmyslu poměrně stabilní, problémové je určení stravitelnosti objemných krmiv, u kterých stravitelnost výrazně ovlivňuje několik faktorů, jako je vegetační fáze rostliny, stupeň lignifikace pletiv, ale také použitá technologie při sklizni, způsob konzervace a skladování. Kromě rostlin samotných, ovlivňuje stravitelnost i zvíře, které krmivo přijímá. Mezi tyto faktory patří věk zvířete, návyk na určité krmivo, úroveň výživy, rychlost pasáže krmiva, pH a metabolismus bачору (Loučka et al. 2001).

### 3.7.1 Metody pro stanovení stravitelnosti

Metod pro stanovení stravitelnosti krmiva je několik, tou nejzákladnější je bilanční pokus, při kterém sledujeme úbytek živin, energie a organické hmoty při průchodu trávicí soustavou zvířete. Výsledkem je rozdíl mezi množstvím živin v krmivu a zbylým množstvím živin ve výkalech. Touto metodou zjistíme tzv. zdánlivou stravitelnost krmiva (Loučka et al. 2001).

Nejvhodnějšími metodami pro stanovení stravitelnosti krmiv jsou metody *in vivo*. Tyto metody jsou však náročné časově i finančně, jsou velmi pracné a je pro ně zapotřebí velké množství vzorku. Proto jsou pro zjištění stravitelnosti častěji využívány jiné, méně nákladné, ale zároveň kvalitní metody. Mezi ně patří metoda *in situ*, též nazývána *in sacco*, která vychází z inkubace krmiva v nylonových sáčcích v trávicím traktu kanylovaných zvířat. Póry na povrchu sáčků by měly být velké 30–60  $\mu\text{m}$ , aby jimi mohly bez problému procházet mikroorganismy, ale zároveň nedocházelo k vyplavení částic sledovaného krmiva. Tato metoda je výhodná svou rychlostí a jednoduchostí, nevýhodou je však nutnost mít k dispozici pokusná zvířata s voperovanou kanylou v zažívacím traktu. Dalšími metodami pro stanovení stravitelnosti jsou metody *in vitro*, tedy stanovení v laboratorních podmínkách, simulující trávení v trávicí soustavě zvířat (Jančík et al. 2009).

### 3.7.2 Stravitelnost řepkových produktů

Stravitelnost řepkových produktů je ovlivněna několika faktory, z nichž jsou pravděpodobně nejdůležitější obsah vlákniny a způsob úpravy krmiva. Obsah vlákniny je dán především množstvím a druhem slupek, kdy odrůdy s tmavými semeny mají větší podíl slupek a tím pádem také vyšší obsah vlákniny a ligninu, oproti odrůdám žlutosemenným. Obsah vlákniny v řepkovém semenu je také dán jeho velikostí, kdy menší semena obsahují více vlákniny než ta větší. Díky tomu jsou odrůdy s velkými semeny lépe stravitelné, stravitelnost sušiny je o 2,8 % vyšší, stravitelnost tuku o 7,9 % vyšší a stravitelnost bílkovin o 1,6 % vyšší, ve srovnání s malými semeny. Efektivní způsob zvýšení zdánlivé stravitelnosti řepkových semen je jejich odslupkování. Stravitelnost řepkových produktů je významně ovlivněna také

jejich tepelnou úpravou. Obecně lze říct, že stravitelnost bílkovin se s tepelnou úpravou zhoršuje, vlákniny naopak zlepšuje (Suchý et al. 2007).

Cho a Bayley (1970) se stravitelností řepky a jejích produktů zabývali již v 60. letech 20. století. Už v této době bylo z jejich výzkumu na prasatech jasné, že zdánlivá stravitelnost sušiny ŘEŠ je přibližně 76 %, zatímco zdánlivá stravitelnost sušiny SEŠ je přibližně 86 %.

Nížší stravitelnost, v porovnání se sójou, má i řepkový protein. To je zpravidla přisuzováno obsahu inhibitorů enzymů, fenolových sloučenin, glukosinolatů a vlákniny. Stravitelnost řepky se může lišit i napříč jednotlivými odrůdami. Některé meziodrůdové rozdíly ve zdánlivé stravitelnosti hrubého proteinu a aminokyselin řepky u brojlerů jsou patrné z Tabulky 6, konkrétně mezi odrůdami Compass, Sesame, NK Grandia, DK Cabernet. Průměrná zdánlivá stravitelnost hrubého proteinu řepkových výlisků u brojlerů byla 79 %, argininu 89 %, histidinu 87 %, isoleucinu 79 %, leucinu 83 %, lysinu 82 %, methioninu a cysteinu 78 %, fenylalaninu 84 %, treoninu 72 %, valinu 75 %, celkových aminokyselin potom 82 % (Kasprzak et al. 2016)

Tabulka 6 Porovnání zdánlivé stravitelnosti hrubého proteinu a aminokyselin mezi některými odrůdami řepky (Kasprzak et al. 2016)

Odrůdy řepky	HP	Arg	His	Ile	Leu	Lys	M+C	Phe	Thr	Val	CA
<b>Řepkové výlisky</b>											
Compass	0,79	0,89	0,87	0,78 <sup>ab</sup>	0,82	0,82	0,76	0,84	0,73	0,75	0,81
Sesame	0,77	0,89	0,87	0,77 <sup>b</sup>	0,81	0,80	0,76	0,83	0,68	0,68	0,80
NK Grandia	0,80	0,90	0,88	0,82 <sup>a</sup>	0,85	0,84	0,80	0,86	0,74	0,74	0,84
DK Cabernet	0,80	0,89	0,88	0,80 <sup>ab</sup>	0,83	0,82	0,81	0,84	0,71	0,71	0,82
Průměr	0,79	0,89	0,87	0,79	0,83	0,82	0,78	0,84	0,72	0,72	0,82
SEM	0,018	0,011	0,011	0,020	0,016	0,016	0,030	0,016	0,024	0,024	0,016
hodnota <i>p</i>	0,426	0,387	0,137	0,045	0,150	0,262	0,245	0,307	0,107	0,107	0,154
<b>Řepkový extrahovaný šrot</b>											
DK Cabernet SRSM1	0,77 <sup>def</sup>	0,87 <sup>bcd</sup>	0,85 <sup>cd</sup>	0,81 <sup>bc</sup>	0,84 <sup>abcd</sup>	0,77 <sup>cd</sup>	0,77 <sup>bc</sup>	0,84 <sup>abc</sup>	0,72 <sup>bc</sup>	0,79 <sup>abcd</sup>	0,80 <sup>bcd</sup>
DK Cabernet SRSM2	0,78 <sup>cde</sup>	0,88 <sup>bc</sup>	0,86 <sup>bc</sup>	0,81 <sup>bc</sup>	0,84 <sup>abcd</sup>	0,79 <sup>bc</sup>	0,76 <sup>bc</sup>	0,83 <sup>bc</sup>	0,74 <sup>b</sup>	0,78 <sup>bcd</sup>	0,81 <sup>bc</sup>
Quartz	0,74 <sup>f</sup>	0,85 <sup>d</sup>	0,83 <sup>d</sup>	0,77 <sup>d</sup>	0,81 <sup>d</sup>	0,75 <sup>d</sup>	0,73 <sup>c</sup>	0,81 <sup>c</sup>	0,69 <sup>c</sup>	0,74 <sup>c</sup>	0,77 <sup>d</sup>
Trinity	0,79 <sup>bcde</sup>	0,89 <sup>ab</sup>	0,87 <sup>abc</sup>	0,83 <sup>ab</sup>	0,85 <sup>abc</sup>	0,80 <sup>bc</sup>	0,80 <sup>ab</sup>	0,85 <sup>ab</sup>	0,73 <sup>bc</sup>	0,79 <sup>abcd</sup>	0,82 <sup>ab</sup>
Compass	0,79 <sup>bcde</sup>	0,88 <sup>bc</sup>	0,86 <sup>bc</sup>	0,79 <sup>cd</sup>	0,83 <sup>bcd</sup>	0,78 <sup>bcd</sup>	0,76 <sup>bc</sup>	0,84 <sup>abc</sup>	0,72 <sup>bc</sup>	0,76 <sup>de</sup>	0,80 <sup>bcd</sup>
Incentive	0,76 <sup>ef</sup>	0,88 <sup>bc</sup>	0,85 <sup>cd</sup>	0,81 <sup>bc</sup>	0,84 <sup>abcd</sup>	0,78 <sup>bcd</sup>	0,75 <sup>bc</sup>	0,83 <sup>bc</sup>	0,73 <sup>bc</sup>	0,78 <sup>bcd</sup>	0,80 <sup>bcd</sup>
Excalibur	0,80 <sup>bcd</sup>	0,89 <sup>ab</sup>	0,86 <sup>bc</sup>	0,81 <sup>bc</sup>	0,84 <sup>abcd</sup>	0,80 <sup>bc</sup>	0,77 <sup>bc</sup>	0,84 <sup>abc</sup>	0,75 <sup>ab</sup>	0,79 <sup>abcd</sup>	0,81 <sup>bc</sup>
Avatar	0,79 <sup>bcde</sup>	0,86 <sup>cd</sup>	0,85 <sup>cd</sup>	0,79 <sup>cd</sup>	0,82 <sup>cd</sup>	0,77 <sup>cd</sup>	0,75 <sup>bc</sup>	0,82 <sup>bc</sup>	0,71 <sup>bc</sup>	0,77 <sup>cde</sup>	0,78 <sup>cd</sup>
PR46W21	0,84 <sup>a</sup>	0,91 <sup>a</sup>	0,89 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,87 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,83 <sup>a</sup>	0,87 <sup>a</sup>	0,79 <sup>a</sup>	0,82 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>
Palmedor	0,81 <sup>abc</sup>	0,89 <sup>ab</sup>	0,88 <sup>ab</sup>	0,83 <sup>ab</sup>	0,86 <sup>ab</sup>	0,81 <sup>b</sup>	0,80 <sup>ab</sup>	0,85 <sup>ab</sup>	0,75 <sup>ab</sup>	0,81 <sup>ab</sup>	0,83 <sup>ab</sup>
V2750L	0,81 <sup>abc</sup>	0,89 <sup>ab</sup>	0,87 <sup>abc</sup>	0,83 <sup>ab</sup>	0,85 <sup>abc</sup>	0,81 <sup>b</sup>	0,77 <sup>bc</sup>	0,84 <sup>abc</sup>	0,73 <sup>bc</sup>	0,80 <sup>abc</sup>	0,82 <sup>ab</sup>
Ability	0,82 <sup>ab</sup>	0,89 <sup>ab</sup>	0,87 <sup>abc</sup>	0,82 <sup>abc</sup>	0,85 <sup>abc</sup>	0,80 <sup>bc</sup>	0,79 <sup>ab</sup>	0,85 <sup>ab</sup>	0,74 <sup>b</sup>	0,79 <sup>abcd</sup>	0,82 <sup>ab</sup>
Průměr	0,79	0,88	0,86	0,81	0,84	0,79	0,77	0,84	0,73	0,79	0,81
SEM	0,017	0,012	0,012	0,016	0,014	0,017	0,026	0,014	0,020	0,016	0,015
hodnota <i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,008	<0,001	0,023	0,014	0,003	<0,001	<0,001

\*HP = hrubý protein

\*CA = celkové aminokyseliny

Kracht et al. (2004) se zabýval stravitelností řepkového extrahovaného šrotu a řepkových výlisků u selat a prasat v závěru výkrmu. V tomto bilančním pokusu byly zjištěny rozdíly mezi odslupkovanými semeny a celými semeny se slupkou. Jak vidno, loupání slupek zvyšuje

stravitelnost řepkových produktů, u selat o 10 % v případě ŘEŠ, o 15 % v případě výlisků. Výsledky byly podobné i u prasat na konci výkrmu. U nich se oloupáním zvýšila stravitelnost organické hmoty řepkového šrotu i výlisků přibližně o 10 %. Stravitelnost dalších atributů u obou kategorií je znatelný z Tabulky 7 a Tabulky 8.

*Tabulka 7 Stravitelnost hrubých živin a energie krmné dávky s ŘEŠ nebo řepkovými výlisky z loupáných či neloupaných semen pro selata (Kracht et al. 2004)*

	Řepkový extrahovaný šrot			Řepkové výlisky		
	ZKD	NOS	OS	NOS	NOS:OS (50:50)	OS
<b>Stravitelnost [%]</b>						
Organická hmota	87 ± 1,5	68 <sup>a</sup> ± 2,6	78 <sup>b</sup> ± 2,4	59 <sup>a</sup> ± 1,3	66 <sup>b</sup> ± 2,3	74 <sup>c</sup> ± 2,1
Hrubý protein	84 ± 1,5	73 <sup>a</sup> ± 3,7	79 <sup>b</sup> ± 3,7	65 <sup>a</sup> ± 3,1	69 ± 6,2	79 <sup>b</sup> ± 3,9
Hrubý tuk	62 ± 2,3	40 ± 13,9	41 ± 12,8	63 ± 5,4	66 ± 5,9	67 ± 5,0
Hrubá vláknina	50 ± 3,8	46 <sup>a</sup> ± 4,4	61 <sup>b</sup> ± 4,7	1,4 <sup>a</sup> ± 3,3	19 <sup>b</sup> ± 5,1	29 <sup>b</sup> ± 5,1
BNLV	92 ± 1,6	72 <sup>a</sup> ± 5,0	84 <sup>b</sup> ± 5,1	68 <sup>a</sup> ± 1,4	72 <sup>a</sup> ± 5,3	79 <sup>b</sup> ± 1,2
<b>Obsah energie [MJ/kg D M]</b>						
BE	18,25	19,40	19,43	20,97	21,17	21,37
SE	15,48	13,01 <sup>a</sup>	14,77 <sup>c</sup>	11,46	12,92	15,25
Poměr [%]	-	100	114	100	113	133
ME	14,87	10,96 <sup>a</sup>	12,36 <sup>c</sup>	10,95 <sup>a</sup>	12,10 <sup>b</sup>	13,62 <sup>c</sup>
Poměr [%]	-	100	113	100	110	124
Stravitelnost BE [%]	81	56	64	55	61	71
Metabolizovatelnost SE [%]	96	84	84	96	94	89

\*BE = brutto energie, SE = stravitelná energie, ME = metabolizovatelná energie, BNLV = bezdušikáté látky výtažkové, ZKD = základní krmná dávka, NOS = neodslupkovaná semena, OS = odslupkovaná semena

*Tabulka 8 Stravitelnost hrubých živin a energie krmné dávky s ŘEŠ nebo řepkovými výlisky z loupáných či neloupaných semen pro prasata na konci výkrmu (Kracht et al. 2004)*

	Řepkový extrahovaný šrot			Řepkové výlisky		
	ZKD	NOS	OS	NOS	NOS:OS (50:50)	OS
<b>Stravitelnost [%]</b>						
Organická hmota	85 ± 0,4	69 <sup>a</sup> ± 1,3	79 <sup>b</sup> ± 2,4	74 <sup>a</sup> ± 2,0	79 ± 1,7	84 <sup>b</sup> ± 1,8
Hrubý protein	82 ± 1,5	75 <sup>a</sup> ± 1,0	83 <sup>b</sup> ± 3,7	79 <sup>a</sup> ± 1,9	84 ± 3,6	88 <sup>b</sup> ± 1,4
Hrubý tuk	55 ± 1,7	51 ± 3,3	45 ± 4,8	74 ± 6,2	72 ± 1,4	78 ± 2,5
Hrubá vláknina	20 ± 6,0	41 <sup>a</sup> ± 1,0	58 <sup>c</sup> ± 3,3	39 <sup>a</sup> ± 5,3	45 ± 6,0	58 <sup>b</sup> ± 8,4
BNLV	90 ± 0,2	73 <sup>a</sup> ± 2,2	81 <sup>b</sup> ± 2,0	80 <sup>a</sup> ± 2,7	83 ± 1,2	87 <sup>b</sup> ± 1,3
<b>Obsah energie [MJ/kg D M]</b>						
BE	18,33	19,40	19,43	20,97	21,17	21,37
SE	15,3	13,36 <sup>a</sup>	15,19 <sup>c</sup>	15,76 <sup>a</sup>	17,74 <sup>b</sup>	17,99 <sup>b</sup>
Poměr [%]	-	100	114	100	113	114
ME	14,73	11,37 <sup>a</sup>	12,97 <sup>c</sup>	13,51 <sup>a</sup>	14,32	15,53 <sup>b</sup>
Poměr [%]	-	100	114	100	106	115
Stravitelnost BE [%]	83	69	78	75	84	81
Metabolizovatelnost SE [%]	96	85	85	86	81	86



Woyengo et al. (2016) také prováděl pokus pro zjištění zdánlivé stravitelnosti vedlejších produktů po zpracování řepky u prasat, konkrétně zdánlivé stravitelnosti jejich hrubého proteinu a aminokyselin. Jak je patrné z Tabulky 9, nejvyšší zdánlivá stravitelnost hrubého proteinu byla stanovena u řepkových pokrutin. Stejně tomu bylo i u většiny aminokyselin, výjimkou byla kyselina asparagová a serin, jejichž zdánlivá stravitelnost byla nejvyšší u řepkového šrotu, a tyrosin, jehož zdánlivá stravitelnost byla nejvyšší u řepkových výlisků.

Průměrná stravitelnost hrubého proteinu u produktů na bázi řepky je u drůbeže 74 % a u rostoucích prasat 78 % (Simbaya et al. 1996).

*Tabulka 9 Zdánlivá stravitelnost hrubého proteinu a aminokyselin u produktů po lisování řepky (Woyengo et al. 2016)*

Položka	Vedlejší produkty po zpracování řepky					
	B. juncea	B. napus				
	Šrot	Šrot	Pokrutiny	Výlisky	SEM	hodnota <i>p</i>
<b>Hrubý protein</b>	0,700 <sup>yz</sup>	0,691 <sup>y</sup>	0,735 <sup>z</sup>	0,610 <sup>x</sup>	0,013	0,001
<b>Esenciální aminokyseliny</b>						
Arginin	0,837 <sup>z</sup>	0,803 <sup>y</sup>	0,869 <sup>z</sup>	0,779 <sup>y</sup>	0,011	0,001
Histidin	0,826 <sup>z</sup>	0,786 <sup>y</sup>	0,837 <sup>z</sup>	0,757 <sup>y</sup>	0,010	0,001
Isoleucin	0,738 <sup>z</sup>	0,622 <sup>x</sup>	0,779 <sup>z</sup>	0,671 <sup>y</sup>	0,016	<0,001
Leucin	0,773 <sup>y</sup>	0,749 <sup>xy</sup>	0,815 <sup>z</sup>	0,726 <sup>x</sup>	0,013	0,002
Lysin	0,739 <sup>z</sup>	0,676 <sup>y</sup>	0,759 <sup>z</sup>	0,614 <sup>x</sup>	0,014	<0,001
Methionin	0,840 <sup>yz</sup>	0,833 <sup>y</sup>	0,869 <sup>z</sup>	0,790 <sup>x</sup>	0,011	0,001
Fenylalanin	0,773 <sup>yz</sup>	0,740 <sup>xy</sup>	0,812 <sup>z</sup>	0,709 <sup>x</sup>	0,014	0,001
Threonin	0,729 <sup>z</sup>	0,687 <sup>z</sup>	0,709 <sup>z</sup>	0,587 <sup>y</sup>	0,014	<0,001
Tryptofan	0,768 <sup>y</sup>	0,779 <sup>y</sup>	0,827 <sup>z</sup>	0,699 <sup>x</sup>	0,011	<0,001
Valin	0,716 <sup>z</sup>	0,600 <sup>y</sup>	0,748 <sup>z</sup>	0,636 <sup>y</sup>	0,016	<0,001
<b>Neesenciální aminokyseliny</b>						
Alanin	0,748 <sup>z</sup>	0,685 <sup>y</sup>	0,763 <sup>z</sup>	0,610 <sup>x</sup>	0,013	<0,001
Kyselina asparagová	0,754 <sup>z</sup>	0,755 <sup>z</sup>	0,743 <sup>z</sup>	0,610 <sup>y</sup>	0,013	<0,001
Cystein	0,738 <sup>z</sup>	0,737 <sup>z</sup>	0,740 <sup>z</sup>	0,659 <sup>y</sup>	0,010	<0,001
Kyselina glutamová	0,822 <sup>y</sup>	0,820 <sup>y</sup>	0,859 <sup>z</sup>	0,791 <sup>x</sup>	0,010	0,002
Glycin	0,676 <sup>z</sup>	0,671 <sup>z</sup>	0,689 <sup>z</sup>	0,596 <sup>y</sup>	0,017	0,007
Prolin	0,634 <sup>yz</sup>	0,560 <sup>yz</sup>	0,674 <sup>z</sup>	0,519 <sup>y</sup>	0,040	0,058
Serin	0,754 <sup>z</sup>	0,755 <sup>z</sup>	0,743 <sup>z</sup>	0,610 <sup>y</sup>	0,013	<0,001
Tyrosin	0,768 <sup>z</sup>	0,723 <sup>y</sup>	0,768 <sup>z</sup>	0,935 <sup>x</sup>	0,140	0,001

### 3.8 Stravitelnost *in vitro*

Pro usnadnění stanovení stravitelnosti krmiv jsou vyvíjeny metody *in vitro*, tedy metody, které simulují trávicí proces v laboratorních podmínkách. Byly vyvinuty speciální bioreaktory a laboratoře, díky kterým může být dosaženo dvou základních cílů – předpovědi biologické dostupnosti a využitelnosti živiny pro organismus a dále pochopení procesů, interakcí a faktorů ovlivňujících hydrolýzu bílkovin, lipidů a karbohydrátů v krmivech. Kromě stravitelnosti

krmiv u přežvýkavců, jsou *in vitro* metody využívány pro stanovení stravitelnosti pro monogastrická zvířata, u kterých je sledována především stravitelnost bílkovin. Nejjednodušší *in vitro* metody jsou založeny na využití vsádkových reaktorů, ve kterých jsou proteinové substráty inkubovány za přítomnosti enzymů, jako je pepsin, trypsin, papain, pronáza nebo renin. Po uplynutí určité doby reakce jsou kvantifikovány finální produkty *in vitro* trávení nebo nedegradované substráty. Hodnocení stravitelnosti *in vitro* se nemusí shodovat se stravitelností *in vivo*, která je zatím stále přesnější. Aby se *in vitro* stravitelnost co nejvíce přiblížila reálné stravitelnosti, je třeba co nejlépe napodobit přirozené trávení napříč celým trávicím ústrojím zvířete (Moyano et al. 2015).

### 3.8.1 *In vitro* stravitelnost řepkových produktů

Salazar-Villanea et al. (2016) se ve své studii zabýval vlivem toustování řepkových produktů na stravitelnost hrubého proteinu. Pro zjištění stravitelnosti použili dvoufázové enzymatické metody, tedy metody *in vitro*. Ukázalo se, že doba toustování ovlivnila *in vitro* stravitelnost bílkovin. Toustování do 60 minut vzestupně zlepšilo stravitelnost hrubého proteinu, delší doba toustování postupně stravitelnost zase snižovala. Podobný vliv mělo toustování na stravitelnost celkové sušiny.

Simbaya et al. (1996) se zabýval využitím některých enzymů pro zlepšení stravitelnosti řepkových krmiv. Přidáním některých proteáz, pronáz a pankreatinu do řepkových produktů můžeme výrazně zlepšit *in vitro* stravitelnost bílkovin, avšak při pokusu na zvířatech, tedy metodou *in vivo*, se zlepšení stravitelnosti nepodařilo prokázat.

Lee et al. (2018) se ve své studii zaměřil na *in vitro* stravitelnost sušiny a neškrobových polysacharidů řepkových produktů u prasat. Při tomto výzkumu byla stanovena *in vitro* stravitelnost sušiny a *in vitro* stravitelnost celkových neškrobových polysacharidů u řepkových výlisků vyšší než u řepkového šrotu. Vyšší *in vitro* stravitelnost u řepkového šrotu byla pouze v případě glukózy v testu bez přídavku multi-enzymu a v případě uronových kyselin s přídavkem multi-enzymu. Konkrétní hodnoty výsledné *in vitro* stravitelnosti jsou patrné z Tabulky 10.

Tabulka 10 *In vitro* stravitelnost sušiny a neškrobových polysacharidů řepkových produktů u prasat (Lee et al. 2018)

	- Enzym <sup>b</sup>		+ Enzym <sup>c</sup>		SEM
	ŘEŠ	Výlisky	ŘEŠ	Výlisky	
<b>IVSS</b>	0,584	0,635	0,597	0,652	0,006
<b>IVS celkových NŠP</b>	0,202	0,214	0,218	0,22	0,012
<b>IVS z jednotlivých sacharidů</b>					
<b>Arabinóza</b>	0,162 <sup>x</sup>	0,213 <sup>y</sup>	0,184 <sup>xy</sup>	0,307 <sup>x</sup>	0,012
<b>Galaktóza</b>	0,226 <sup>w</sup>	0,260 <sup>x</sup>	0,300 <sup>y</sup>	0,432 <sup>x</sup>	0,010
<b>Glukóza</b>	0,185 <sup>y</sup>	0,144 <sup>x</sup>	0,209 <sup>yz</sup>	0,237 <sup>x</sup>	0,012
<b>Manóza</b>	0,221	0,283	0,297	0,394	0,010
<b>Uronové kyseliny</b>	0,270 <sup>x</sup>	0,303 <sup>x</sup>	0,226 <sup>y</sup>	0,107 <sup>x</sup>	0,012
<b>Xylóza</b>	0,118 <sup>x</sup>	0,136 <sup>x</sup>	0,285 <sup>y</sup>	0,395 <sup>x</sup>	0,012

\*IVS = in vitro stravitelnost, IVSS = in vitro stravitelnost sušiny, NŠP = neškrobové polysacharidy, ŘEŠ = řepkový extrahovaný šrot

Turner a McNiven (2011) zkoumali vliv tepelné úpravy olejnatých semen na *in vitro* stravitelnost dusíku. Nebyly zjištěny velké rozdíly mezi *in vitro* stravitelností dusíku tepelně neupravených, pražených s extrudovaných semen. Na rozdíl od sójových semen, kdy byla stravitelnost dusíku nejnižší u extrudovaných semen, v případě řepky byla stravitelnost po extruzi nejvyšší. V případě lněného semínka byl dusík nejstravitelnější u tepelně neupravených semen. *In vitro* stravitelnost dusíku řepky bez tepelné úpravy činila 88 %, pražené 88,3 % a extrudované 89,7 %.

Ebrahimi et al. (2009) ve své studii zjistil, že  $\gamma$ -ozáření řepkových semen zvyšuje *in vitro* stravitelnost hrubého proteinu v nich obsaženém. Navíc, jak se zdá, může gamma záření snížit obsah glukosinolátů a kyseliny fytové.

Pan et al. (2020) zkoumal vliv úpravy proteinů pomocí ultrazvuku na *in vitro* stravitelnost frakce napinu, tedy proteinu obsaženého v řepce. Bylo zjištěno, že ošetření semen řepky ultrazvukem stravitelnost napinové frakce zlepšilo, zároveň však stravitelnost bílkovin úzce souvisela se strukturou molekul, zvláště obsahem disulfidových vazeb. V případě napinu tyto vazby zpevňují jeho strukturu, tím však zároveň limitují jeho stravitelnost. Použití ultrazvuku může tyto vazby přetvořit a napin se tak stát stravitelnějším. Jelikož se jedná o poměrně novou studii, je nutné tuto teorii ověřit dalšími pokusy, aby byla vyloučena možnost nutriční degradace krmiva vlivem ultrazvuku.

## 4 Metodika

V následujících kapitolách bude stručně představena metodika jednotlivých analýz, tedy metodika stanovení obsahu sušiny a popelovin, hrubého tuku, hrubé vlákniny, hrubého proteinu, aminokyselin, bezdušičkatých látek výtahových a stravitelnosti hrubého proteinu a aminokyselin.

### 4.1 Stanovení obsahu sušiny a popelovin

Obsah sušiny a popelovin řepkových výlisků byl stanoven na základě výpočtu po vysušení a spálení vzorku. Z každého vzorku byly naváženy do předem zvážených kelímků dvě navážky vzorku po 5 g. Kelímky s navážkou byly následně vysušeny při 103 °C po dobu 4 hodin. Vysušené kelímky byly po vychlazení v exsikátoru zváženy a po odečtení váhy prázdného kelímku od váhy kelímku s vysušeným vzorkem stanoveno množství sušiny. Následně byly kelímky s vysušeným vzorkem spáleny v muflové peci při 550 °C. Po spálení byly kelímky se vzorky opět zváženy a odečtením původní váhy kelímku od váhy kelímku se spáleným vzorkem stanoveno množství popelovin. Na závěr byl spočítán procentuální obsah sušiny a popelovin ve vzorku dle níže uvedených vzorců.

$$\text{Obsah sušiny v \%} = \frac{\text{hmotnost kelímku s vysušeným vzorkem} - \text{hmotnost prázdného kelímku}}{\text{hmotnost navážky vzorku}} \times 100$$

$$\text{Obsah popelovin v \%} = \frac{\text{hmotnost kelímku se spáleným vzorkem} - \text{hmotnost prázdného kelímku}}{\text{hmotnost navážky vzorku}} \times 100$$

### 4.2 Stanovení obsahu hrubého tuku

Pro stanovení obsahu hrubého tuku bylo využito přístroje SER 146 (Velp). Nejdříve bylo od každého vzorku naváženo dvakrát 5 g do celulózových patron umístěných do extrakčních baněk, které byly předem zváženy prázdné. Patrony se vzorky byly ucpány vatou. Následně došlo na přístroji k zapnutí chladicí vody. Patrony byly vloženy do přístroje a do jim příslušné skleničky bylo přidáno po 75 ml petroléru (pouze u první sady, u dalších sad po 50 ml petroléru). Patrony byly ponořeny do rozpouštědla a byl spuštěn první cyklus. Následoval druhý cyklus, kdy byly patrony vynořeny z rozpouštědla a nechaly se prokapávat. Při třetím cyklu došlo k odpařování (asi 20 min). Po odpaření byly nádoby minimálně na hodinu vloženy do sušárny nastavené na 103 °C. Vysušené sklenice s tukem byly zváženy. Obsah tuku byl následně dopočítán dle níže uvedeného vzorce.

$$\text{Obsah hrubého tuku v \%} = \frac{\text{hmotnost baňky s tukem} - \text{hmotnost prázdné baňky}}{\text{hmotnost navážky}} \times 100$$

### 4.3 Stanovení obsahu hrubé vlákniny

Pro stanovení obsahu hrubé vlákniny byly od každého vzorku dvě navážky po 1 g do filtračních sáčků, navíc byl ke každé sadě vzorků přidán jeden prázdný filtrační sáček jako kontrola. Sáčky se vzorky byly promyty nejdříve petroletherem, posléze acetonem. Sáčky se nechaly okapat a poté byly umístěny po 24 kusech do nosiče složeného z několika částí nad sebou. Nosič se vzorky byl vložen do přístroje ANKOM<sup>220</sup> Fibre Analyzer, byla přilita kyselina sírová, zapnuto míchání a topení. Po dobu 45 min a při 100 °C probíhala hydrolýza vzorků. Po uplynutí 45 min byla vypuštěna kyselina sírová, nádoba zalita horkou destilovanou vodou a zapnuto míchání, čímž se po dobu 5 min promývaly vzorky. Poté byla voda vypuštěna a znovu nalita čistá a horká destilovaná voda. Takto byly vzorky promyty ještě dvakrát. Po posledním promytí byly vzorky zality hydroxidem draselným a následoval totožný postup, jako při hydrolýze kyselinou sírovou, včetně trojnásobného promytí vzorků. Následně byly sáčky se vzorky promyty acetonem a nechaly se okapat a odvětrat, poté byly vysušeny po dobu 4 hodin v sušárně při teplotě 103 °C. Po vysušení byly vzorky ponechány v exsikátoru vychladnout a po vychladnutí zváženy. Sáčky byly následně umístěny do předem zvážených spalovacích kelímků a v těchto kelímcích vloženy do muflové pece, kde byly vzorky spáleny při 550 °C. Po spálení byly kelímky vloženy do exsikátoru a po vychladnutí zváženy.

### 4.4 Stanovení obsahu bezdusíkatých látek výtažkových

Bezdušikáté látky výtažkové byly stanoveny na základě jednoduchého, kdy se od sušiny vzorku odečte obsah všech ostatních živin. Vzorec pro výpočet je uveden níže.

$$\text{Obsah BNLV (\%)} = \text{Sušina (100\%)} - (\% \text{NL} + \% \text{tuk} + \% \text{vláknina} + \% \text{popeloviny})$$

### 4.5 Stanovení obsahu hrubého proteinu dle Kjeldahla

Ke dvěma navážkám od každého vzorku po 0,3 g byla přidána katalyzátorová tableta Kjeltabs, peroxid vodíku a 96 % kyselina sírová. Následně proběhla po dobu 45 minut mineralizace vzorků při teplotě 420 °C. Mineralizací vzorku byl dusík v něm přítomný převeden na amoniak vázaný v podobě síranu amonného. Po vychladnutí bylo do každého vzorku přidáno 10 ml destilované vody a dobře promícháno. Analýza proběhla přístrojem Kjeltec 2400 (Foss) pomocí titrace alkalickým hydroxidem sodným, při čemž se amoniak uvolnil se síranu sodného a byl tak zjištěn procentuální podíl hrubého proteinu ve vzorku.

## 4.6 Stanovení stravitelnosti hrubého proteinu in vitro

Pro stanovení stravitelnosti hrubého proteinu bylo od každého vzorku naváženo dvakrát po 1 g. K naváženým vzorkům byl přidán 0,075 M roztok kyseliny chlorovodíkové a 1140 U pepsinu a byly inkubovány při 40 °C po dobu 2 hodin. Po inkubaci byl do vzorků přidán 0,1 M roztok hydroxidu sodného s přidáním pankreatinem v poměru 2,67 mg na 1 ml roztoku, čímž bylo upraveno pH na hodnotu 6,9. Do vzorků byly dále přidány 2 ml pufru, 0,67 M tris-hydroxymethylaminometanu. Vzorky byly důkladně promíchány a znovu inkubovány 4 hodiny při 37 °C. Následně byly vzorky zcentrifugovány při 3000 otáčkách/min po dobu 20 minut, čímž byl získán supernatant, ze kterého bylo odebráno 5 ml pro stanovení hrubého proteinu. Obsah stravitelného hrubého proteinu ve vzorcích byl stanoven metodou dle Kjeldahla přístrojem Kjeltec 2400 (Foss). Stravitelnost hrubého proteinu byla stanovena porovnáním výsledných hodnot hrubého proteinu s hodnotami před inkubací vzorků.

## 4.7 Stanovení obsahu aminokyselin kyselou hydrolyzou

Od každého vzorku bylo naváženo 0,5 g do teflonové nádoby. Každá navážka byla zakapána několika kapkami ethanolu (aby se lépe smíchala s kyselinou) a byla zalita 50 ml 6 M kyselinou chlorovodíkovou. Z každého vzorku byl pomocí dusíku odstraněn vzduch a nechal se hydrolyzovat při 103 °C 23 hodin. Po hydrolyze a následném vychladnutí byly vzorky přefiltrovány přes filtrační papír do baněk. Vzorky byly přelity do odparných baněk o objemu 1000 ml a odpařeny ve vakuové odparce při 60 °C do sirupovité konzistence. Poté bylo do baňky přidáno 10 ml destilované vody, řádně promícháno a znovu odpařeno. Takto byl vzorek zředěn a odpařen ještě dvakrát. Následně byl vzorek pomocí pufru přenesen do 50 ml baňky. Vzorky byly přefiltrovány a přepipetovány do 1 ml vialky (0,5 ml odpařeného hydrolyzátu + 0,5 ml ředícího pufru).

## 4.8 Stanovení obsahu aminokyselin oxidativní hydrolyzou

Do Erlenmeierovy baňky bylo naváženo 0,5 g vzorku, k němu bylo přidáno 5-15 ml oxidačního činidla a vše bylo řádně promícháno. Baňky s připravenými vzorky byly ponechány 16 hodin v lednici. Po této době byly do každého vzorku přidány 1-3 ml kyseliny chlorovodíkové, na povrchu začaly vznikat bublinky, došlo k odstraňování nezreagovaného peroxidu vodíku. Když přestal vzorek šumět, bylo přidáno dalších 100 ml kyseliny chlorovodíkové, byl nasazen vzdušný chladič a obsah baňky se nechal mírně provařit v olejové lázni pod digestoří po dobu 23 hodin. Po vychladnutí byl hydrolyzovaný obsah baňky přefiltrován a při 50 °C odpařen na vakuové odparce. Podobně jako v předchozím případě, byl vzorek ještě třikrát naředěn 10 ml destilované vody a následně odpařen. Odpařený vzorek byl pomocí ředícího pufru převeden do baňky o objemu 50 ml. Před analýzou byl vzorek přefiltrován a přepipetován do 1 ml vialky (0,1 ml odpařeného hydrolyzátu + 0,9 ml ředícího pufru).

## **4.9 Statistické vyhodnocení**

K vyhodnocení základních statistických ukazatelů bylo využito programu Microsoft Excel. Podrobná analýza rozptylu byla stanovena v programu Statistica 12 (Statsoft) jednovýběrovou metodou ANOVA pomocí Tuckeyho HSD testu.

## 5 Výsledky

V následujících kapitolách budou představeny výsledky výzkumu, který se zabýval stravitelností hrubého proteinu a aminokyselin, obsahem základních živin v řepkových výliscích.

### 5.1 Obsah sušiny, popelovin a organické hmoty v řepkových výliscích

Součástí výzkumu byla analýza obsahu sušiny v řepkových výliscích. Průměrný obsah sušiny činil  $91,92 \pm 0,55$  %. Minimální naměřená hodnota sušiny byla 76,22 %, maximální 93,69 %.

Ve 100 % sušiny bylo v průměru naměřeno  $6,08 \pm 0,11$  % popelovin, tedy anorganické složky. Nejnižší naměřená hodnota popelovin činila 4,90 %, nejvyšší 7,27 %. Oproti tomu organické hmoty bylo v průměru stanoveno  $93,92 \pm 0,11$  %, minimálně 92,73 % a maximálně 95,10 %. Základní statistické charakteristiky k obsahu sušiny, popelovin a organické hmoty ukazuje Tabulka 11, poměr anorganické a organické hmoty ukazuje Graf č. 1.

Tabulka 11 Základní statistické charakteristiky k zjištěnému obsahu sušiny, popelovin a organické hmoty

Obsah sušiny		Obsah popelovin		Obsah organ. hmoty	
$\bar{x}$	91,92	$\bar{x}$	6,08	$\bar{x}$	93,92
$x_{med}$	92,75	$x_{med}$	6,27	$x_{med}$	93,73
$x_{min}$	76,22	$x_{min}$	4,9	$x_{min}$	92,73
$x_{max}$	93,69	$x_{max}$	7,27	$x_{max}$	95,1
$S$	5,28	$S$	0,63	$S$	0,63
$S_x$	0,55	$S_x$	0,11	$S_x$	0,11
$V_k$	3,37	$V_k$	10,36	$V_k$	0,67

\*  $\bar{x}$  = aritmetický průměr

$x_{med}$  = medián

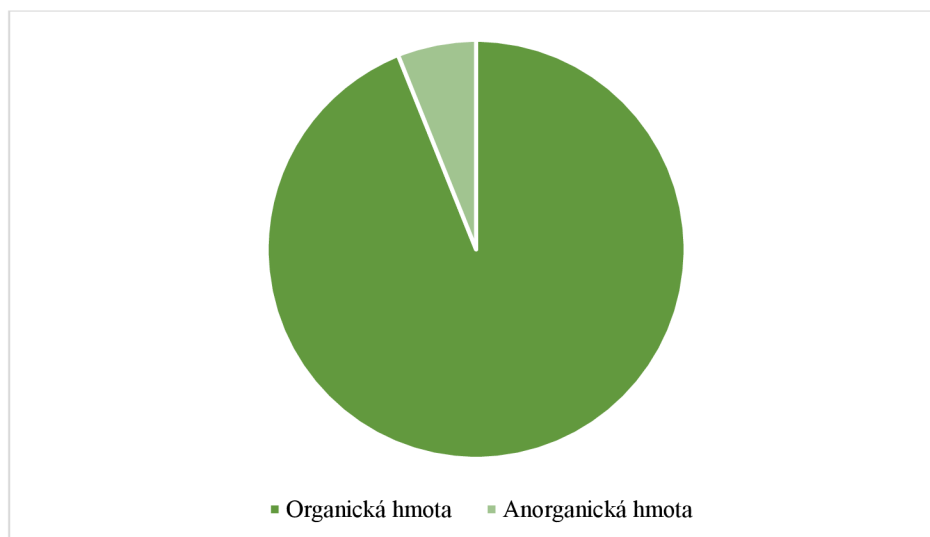
$x_{min}$  = minimální hodnota

$x_{max}$  = maximální hodnota

$S$  = směrodatná odchylka

$S_x$  = standardní chyba aritmetického průměru





Graf č. 1 Poměr organické a anorganické hmoty v sušině řepkových výlisků

## 5.2 Obsah hrubé vlákniny, hrubého tuku a bezdušičatých látek výtažkových v řepkových výliscích

Průměrný obsah hrubé vlákniny v sušině zkoumaných řepkových výlisků byl  $6,90 \pm 0,14$  %. Minimální naměřený obsah činil 5,67 %, maximální potom 8,25 %.

Průměrný obsah hrubého tuku v sušině řepkových výlisků byl  $20,32 \pm 1,27$  %. Minimální naměřená hodnota byla 11,31 %, maximální 34,55 %.

Průměrný obsah bezdušičatých látek výtažkových v sušině zkoumaných řepkových výlisků byl  $31,22 \pm 1,03$  %. Minimální naměřený obsah činil 15,01 %, maximální potom 42,37 %. Základní statistické charakteristiky k obsahu hrubé vlákniny, hrubého tuku a BNLV v řepkových výliscích je znázorněn v Tabulce 12.

Tabulka 12 Základní statistické charakteristiky k zjištěnému obsahu hrubé vlákniny, hrubého tuku a BNLV

Obsah hrubé vlákniny		Obsah hrubého tuku		Obsah BNLV	
$\bar{x}$	6,9	$\bar{x}$	20,32	$\bar{x}$	31,22
$x_{med}$	6,68	$x_{med}$	18,31	$x_{med}$	31,44
$x_{min}$	5,67	$x_{min}$	11,31	$x_{min}$	15,01
$x_{max}$	8,25	$x_{max}$	34,55	$x_{max}$	42,37
<b>S</b>	0,77	<b>S</b>	7,21	<b>S</b>	5,84
$S_x$	0,14	$S_x$	1,27	$S_x$	1,03
$V_k$	11,16	$V_k$	35,48	$V_k$	18,71

## 5.3 Obsah hrubého proteinu v řepkových výliscích

Průměrný obsah hrubého proteinu v sušině řepkových výlisků činil  $35,48 \pm 0,93$  %, minimální obsah byl 25,94 %, maximální 46,72 %. Obsah hrubého proteinu v sušině

jednotlivých vzorků představuje Tabulka 13. Tabulka 14 ukazuje základní statistické ukazatele k obsahu hrubého proteinu v řepkových výliscích.

*Tabulka 13 Obsah hrubého proteinu u jednotlivých vzorků řepkových výlisců v %*

<b>RV1</b>	<b>RV2</b>	<b>RV3</b>	<b>RV4</b>	<b>RV5</b>	<b>RV6</b>	<b>RV7</b>	<b>RV8</b>
38,08 %	42,27 %	35,97 %	42,69 %	41,88 %	44,99 %	40,14 %	42,66 %
<b>RV9</b>	<b>RV10</b>	<b>RV11</b>	<b>RV12</b>	<b>RV13</b>	<b>RV14</b>	<b>RV15</b>	<b>RV16</b>
35,10 %	37,44 %	35,31 %	35,31 %	33,60 %	37,28 %	26,27 %	25,94 %
<b>RV17</b>	<b>RV18</b>	<b>RV19</b>	<b>RV20</b>	<b>RV21</b>	<b>RV22</b>	<b>RV23</b>	<b>RV24</b>
35,91 %	34,04 %	26,64 %	27,67 %	29,23 %	46,72 %	36,07 %	31,09 %
<b>RV25</b>	<b>RV26</b>	<b>RV27</b>	<b>RV28</b>	<b>RV29</b>	<b>RV30</b>	<b>RV31</b>	<b>RV32</b>
38,01 %	28,61 %	36,71 %	32,41 %	33,76 %	34,74 %	35,02 %	33,90 %

*Tabulka 14 Základní statistické charakteristiky k zjištěnému obsahu hrubého proteinu v řepkových výliscích*

$\bar{x}$	35,48
$x_{med}$	35,31
$x_{min}$	25,94
$x_{max}$	46,72
$S$	5,28
$S_x$	0,93
$V_k$	14,88

## 5.4 Stravitelnost hrubého proteinu v řepkových výliscích

Stravitelnost hrubého proteinu se u sledovaných vzorků řepkových výlisců pohybovala od 76,46 % do 94,44 %. Průměrná stravitelnost činila  $86,31 \pm 0,79$  %. Prostřední hodota, tedy medián, činila 86,27 %. Stravitelnost hrubého proteinu u jednotlivých vzorků je znázorněna v Tabulce 15. Základní statistické charakteristiky ukazuje Tabulka 16.

*Tabulka 15 Stravitelnost hrubého proteinu u jednotlivých vzorků řepkových výlisců v %*

<b>RV1</b>	<b>RV2</b>	<b>RV3</b>	<b>RV4</b>	<b>RV5</b>	<b>RV6</b>	<b>RV7</b>	<b>RV8</b>
85,03 %	86,47 %	84,71 %	87,56 %	86,68 %	89,17 %	88,25 %	87,40 %
<b>RV9</b>	<b>RV10</b>	<b>RV11</b>	<b>RV12</b>	<b>RV13</b>	<b>RV14</b>	<b>RV15</b>	<b>RV16</b>
86,20 %	86,64 %	82,82 %	81,64 %	94,03 %	81,97 %	78,18 %	76,46 %
<b>RV17</b>	<b>RV18</b>	<b>RV19</b>	<b>RV20</b>	<b>RV21</b>	<b>RV22</b>	<b>RV23</b>	<b>RV24</b>
89,13 %	93,29 %	86,00 %	92,80 %	94,44 %	85,96 %	87,05 %	93,30 %
<b>RV25</b>	<b>RV26</b>	<b>RV27</b>	<b>RV28</b>	<b>RV29</b>	<b>RV30</b>	<b>RV31</b>	<b>RV32</b>
81,75 %	85,52 %	81,74 %	92,59 %	86,33 %	85,03 %	82,48 %	81,14 %

Tabulka 16 Základní statistické charakteristiky k zjištění stravitelnosti hrubého proteinu

$\bar{x}$	86,31
$x_{med}$	86,27
$x_{min}$	76,46
$x_{max}$	94,44
$S$	4,45
$S_x$	0,79
$V_k$	5,16

## 5.5 Obsah aminokyselin v řepkových výliscích

Obsah aminokyselin byl naměřen v sušině, ale také přímo v hrubém proteinu řepkových výlisků.

### 5.5.1 Obsah aminokyselin v sušině řepkových výlisků

V sušině řepkových výlisků bylo průměrně obsaženo  $15,71 \pm 0,83$  g/kg threoninu, minimální hodnota v souboru činila 10,77 g/kg, maximum 31,60 g/kg. Průměrný obsah valinu byl  $17,14 \pm 0,86$  g/kg, minimální 11,83 g/kg, maximální 33,74 g/kg sušiny. Isoleucin byl v sušině řepkových výlisků obsažen v průměru v množství  $13,01 \pm 0,55$  g/kg, minimum činilo 8,97 g/kg, maximum 22,86 g/kg. Leucinu bylo v sušině průměrně  $23,38 \pm 1,09$  g/kg, minimálně 15,47 g/kg, maximálně 42,55 g/kg sušiny. Průměrné množství tyrosinu v sušině bylo  $10,09 \pm 0,46$  g/kg, minimum 6,72 g/kg, maximum 18,86 g/kg. Fenylyalanin byl v sušině obsažen v průměrném množství  $13,26 \pm 0,66$  g/kg, minimální 8,66 g/kg, maximální 25,99 g/kg. Průměrné množství histidinu v sušině bylo  $11,28 \pm 0,55$  g/kg, minimální 7,92 g/kg, maximální 22,34 g/kg. Lysin byl průměrně v sušině obsažen v množství  $19,87 \pm 0,71$  g/kg, minimálně 14,37 g/kg, maximálně 31,96 g/kg. Argininu bylo v sušině obsaženo průměrně  $20,56 \pm 1,07$  g/kg, minimálně 13,69 g/kg, maximálně 41,80 g/kg. Cysteinu bylo v sušině průměrně  $4,27 \pm 0,49$  g/kg, minimálně 2,16 g/kg, maximálně 16,05 g/kg. Průměrný obsah methioninu v sušině řepkových výlisků činil  $4,22 \pm 0,48$  g/kg, minimální 1,90 g/kg, maximální 14,88 g/kg. Co se týče neesenciálních aminokyselin, kyselina asparagová byla v sušině obsažena v průměru v množství  $25,32 \pm 1,34$  g/kg, minimálně 16,74 g/kg, maximálně 50,02 g/kg. Obsah serinu v sušině dosahoval v průměru  $14,78 \pm 0,73$  g/kg, minimálně 10,01 g/kg, maximálně 28,47 g/kg. Vůbec nejvyšší naměřené množství ze všech aminokyselin bylo stanoveno u kyseliny glutamové, kdy průměrná hodnota kyseliny glutamové v sušině dosahovala  $61,01 \pm 3,12$  g/kg, minimální 41,36 g/kg, maximální 116,64 g/kg. Prolinu bylo v sušině obsaženo průměrně  $21,28 \pm 0,69$  g/kg, minimálně 9,49 g/kg, maximálně 30,40 g/kg. Glycinu bylo v sušině v průměru  $17,79 \pm 0,96$  g/kg, minimum 10,49 g/kg, maximum 34,96 g/kg. Alanin byl v sušině obsažen v průměru v množství  $15,21 \pm 0,79$  g/kg, minimálním množství 10,28 g/kg, maximálním 29,78 g/kg. Základní statistické ukazatele pro obsah jednotlivých aminokyselin v sušině řepkových výlisků jsou znázorněny v Tabulce 17 a Tabulce 18.

Tabulka 17 Základní statistické charakteristiky k zjištěnému obsahu esenciálních aminokyselin v sušině (g/kg)

	THR	VAL	ILE	LEU	TYR	PHE	HIS	LYS	ARG	CYS	MET
$\bar{x}$	15,71	17,14	13,01	23,38	10,09	13,26	11,28	19,87	20,56	4,27	4,22
$x_{med}$	14,89	16,21	12,48	21,83	9,65	12,56	10,30	19,26	19,60	3,44	3,56
$x_{min}$	10,77	11,83	8,97	15,47	6,72	8,66	7,92	14,37	13,69	2,16	1,90
$x_{max}$	31,60	33,74	22,86	42,55	18,86	25,99	22,34	31,96	41,80	16,05	14,88
<b>S</b>	4,68	4,89	3,13	6,19	2,62	3,73	3,12	3,99	6,07	2,78	2,69
$S_x$	0,83	0,86	0,55	1,09	0,46	0,66	0,55	0,71	1,07	0,49	0,48
$V_k$	29,79	28,53	24,06	26,48	25,97	28,13	28,01	20,08	29,52	65,11	63,74

Tabulka 18 Základní statistické charakteristiky k zjištěnému obsahu neesenciálních aminokyselin v sušině (g/kg)

	ASP	SER	GLU	PRO	GLY	ALA
$\bar{x}$	25,32	14,78	61,01	21,28	17,73	15,21
$x_{med}$	23,74	13,97	57,27	22,08	16,42	14,15
$x_{min}$	16,74	10,01	41,36	9,49	10,49	10,28
$x_{max}$	50,02	28,47	116,64	30,40	34,96	29,78
<b>S</b>	7,57	4,14	17,67	3,90	5,44	4,46
$S_x$	1,34	0,73	3,12	0,69	0,96	0,79
$V_k$	29,90	28,01	28,96	18,33	30,68	29,32

### 5.5.2 Obsah aminokyselin ve 100 g hrubého proteinu

Ve 100 g hrubého proteinu zkoumaných řepkových výlisků bylo průměrně obsaženo  $4,47 \pm 0,23$  g/100 g threoninu, minimální hodnota v souboru činila 3,19 g/100 g, maximum 9,10 g/100 g. Průměrný obsah valinu byl  $4,88 \pm 0,24$  g/100 g, minimální 3,49 g/100 g, maximální 9,71 g/100 g hrubého proteinu. Isoleucin byl v celkovém hrubém proteinu řepkových výlisků obsažen v průměru v množství  $3,70 \pm 0,15$  g/100 g, minimum činilo 2,71 g/100 g, maximum 6,58 g/100 g. Leucinu bylo v proteinu průměrně  $6,65 \pm 0,31$  g/100 g, minimálně 4,67 g/100 g, maximálně 12,15 g/100 g. Průměrné množství tyrosinu v hrubém proteinu bylo  $2,87 \pm 0,13$  g/100 g, minimum 2,15 g/100 g, maximum 5,42 g/100 g. Fenylalanin byl obsažen v průměrném množství  $3,77 \pm 0,18$  g/100 g, minimální 2,74 g/100 g, maximální 7,48 g/100 g. Průměrné množství histidinu v bílkovinách bylo  $3,21 \pm 0,15$  g/100 g, minimální 2,31 g/100 g, maximální 6,43 g/100 g. Lysin byl průměrně obsažen v množství  $5,66 \pm 0,19$  g/100 g, minimálně 4,29 g/100 g, maximálně 9,13 g/100 g. Argininu bylo v proteinu obsaženo průměrně  $5,85 \pm 0,3$  g/100 g, minimálně 4,30 g/100 g, maximálně 11,94 g/100 g. Cysteinu bylo průměrně  $1,21 \pm 0,14$  g/100 g, minimálně 0,66 g/100 g, maximálně 4,47 g/100 g. Průměrný obsah methioninu v bílkovinách řepkových výlisků činil  $1,22 \pm 0,14$  g/100 g, minimální 0,51 g/100 g, maximální 4,15 g/100 g. Co se týče neesenciálních aminokyselin, kyselina asparagová byla v proteinu obsažena v průměru v množství  $7,19 \pm 0,37$  g/100 g, minimálně 5,00 g/100 g, maximálně 14,40 g/100 g. Obsah serinu dosahoval v průměru  $4,21 \pm 0,21$  g/100 g, minimálně 3,02 g/100 g, maximálně 8,19 g/100 g. U kyseliny glutamové byla naměřena průměrná hodnota v proteinu  $17,39 \pm 0,90$  g/100 g, minimální 12,12 g/100 g, maximální 33,39 g/100 g. Prolinu bylo v bílkovinách

obsaženo průměrně  $6,02 \pm 0,16$  g/100 g, minimálně 3,57 g/100 g, maximálně 7,23 g/100 g. Glycinu bylo v průměru  $5,05 \pm 0,27$  g/100 g, minimum 3,50 g/100 g, maximum 9,98 g/100 g. Alanin byl v hrubém proteinu obsažen v průměru v množství  $4,33 \pm 0,22$  g/100 g, minimálním množství 3,13 g/100 g, maximálním 5,57 g/100 g. Základní statistické ukazatele pro obsah jednotlivých aminokyselin v hrubém proteinu řepkových výlisků jsou znázorněny v Tabulce 19 a Tabulce 20.

*Tabulka 19 Základní statistické charakteristiky k zjištěnému obsahu esenciálních aminokyselin hrubém proteinu řepkových výlisků (g/100 g)*

	THR	VAL	ILE	LEU	TYR	PHE	HIS	LYS	ARG	CYS	MET
$\bar{x}$	4,47	4,88	3,70	6,65	2,87	3,77	3,21	5,66	5,85	1,21	1,22
$x_{med}$	4,19	4,66	3,56	6,22	2,76	3,61	2,97	5,46	5,51	0,96	1,10
$x_{min}$	3,19	3,49	2,71	4,67	2,15	2,74	2,31	4,28	4,30	0,66	0,51
$x_{max}$	9,10	9,71	6,58	12,15	5,42	7,48	6,43	9,13	11,94	4,47	4,15
S	1,32	1,36	0,87	1,74	0,72	1,03	0,86	1,09	1,69	0,77	0,77
$S_x$	0,20	0,24	0,15	0,31	0,13	0,18	0,15	0,19	0,3	0,14	0,14
$V_k$	29,42	27,94	23,56	26,13	25,14	27,28	26,83	19,34	28,88	63,68	63,08

*Tabulka 20 Základní statistické charakteristiky k zjištěnému obsahu neesenciálních aminokyselin hrubém proteinu řepkových výlisků (g/100 g)*

	ASP	SER	GLU	PRO	GLY	ALA
$\bar{x}$	7,19	4,21	17,39	6,02	5,05	4,33
$x_{med}$	6,60	4,00	16,17	6,34	4,70	4,06
$x_{min}$	5,00	3,02	12,12	3,57	3,50	3,13
$x_{max}$	14,40	8,19	33,39	7,23	9,98	8,57
S	2,09	1,16	5,07	0,89	1,55	1,27
$S_x$	0,37	0,21	0,90	0,16	0,27	0,22
$V_k$	29,05	27,62	29,15	14,77	30,69	29,28

### 5.5.3 Korelace mezi obsahem jednotlivých aminokyselin

Mezi obsahem jednotlivých aminokyselin v řepkových výliscích existuje určitá korelace. Čím vyšší je koeficient determinace, tím vyšší je mezi obsahem aminokyselin závislost. Tato závislost je vyznačena v následující Tabulce 21a, kde jsou hodnoty s koeficientem determinace nad 0,75, což značí silnou závislost, a Tabulce 21b, kde jsou hodnoty s koeficientem determinace pod 0,75, což značí slabší závislost.

Tabulka 21a Hodnoty korelačných závislostí obsahu aminokyselín ve 100 g proteínu ( $r^2$  od 0,75)

	r	r <sup>2</sup>		r	r <sup>2</sup>		r	r <sup>2</sup>
ARG:ALA	0,9815	0,9633	LEU:ALA	0,9863	0,9727	THR:GLY	0,9776	0,9558
ARG:ASP	0,9912	0,9824	LEU:ARG	0,9583	0,9184	THR:HIS	0,9613	0,9241
ARG:GLU	0,9624	0,9263	LEU:ASP	0,9701	0,941	THR:ILE	0,9934	0,9868
ARG:GLY	0,9625	0,9264	LEU:GLU	0,9904	0,9809	THR:LEU	0,9765	0,9535
ARG:SER	0,9836	0,9674	LEU:GLY	0,9940	0,988	THR:LYS	0,9706	0,9421
ASP:ALA	0,9857	0,9716	LEU:HIS	0,9155	0,8381	THR:PHE	0,9884	0,9769
ASP:GLU	0,9685	0,9381	LEU:LYS	0,9784	0,9573	THR:SER	0,9900	0,9801
ASP:GLY	0,9740	0,9488	LEU:PHE	0,9464	0,8956	THR:TYR	0,9847	0,9697
ASP:SER	0,9840	0,9683	LEU:SER	0,9726	0,946	THR:VAL	0,9933	0,9866
CYS:MET	0,8664	0,7507	LEU:TYR	0,9401	0,8837	TYR:ALA	0,9674	0,9359
GLU:ALA	0,9934	0,9868	LYS:ALA	0,9718	0,9445	TYR:ARG	0,9911	0,9823
GLU:GLY	0,9930	0,9861	LYS:ARG	0,9604	0,9223	TYR:ASP	0,9812	0,9628
GLY:ALA	0,9918	0,9837	LYS:ASP	0,9530	0,9081	TYR:GLU	0,9446	0,8922
HIS:ALA	0,9448	0,8926	LYS:GLU	0,9778	0,9562	TYR:GLY	0,9427	0,8887
HIS:ARG	0,9711	0,9431	LYS:GLY	0,9684	0,9377	TYR:HIS	0,9686	0,9383
HIS:ASP	0,9498	0,9021	LYS:SER	0,9664	0,9339	TYR:LYS	0,9491	0,9008
HIS:GLU	0,9227	0,8514	PHE:ALA	0,9715	0,9438	TYR:PHE	0,9961	0,9922
HIS:GLY	0,9143	0,836	PHE:ARG	0,9950	0,99	TYR:SER	0,9749	0,9504
HIS:LYS	0,9417	0,8868	PHE:ASP	0,9890	0,9782	VAL:ALA	0,9888	0,9777
HIS:SER	0,9517	0,9058	PHE:GLU	0,9492	0,901	VAL:ARG	0,9915	0,9831
ILE:ALA	0,9919	0,9839	PHE:GLY	0,9494	0,9013	VAL:ASP	0,9905	0,9811
ILE:ARG	0,9824	0,965	PHE:HIS	0,9719	0,9447	VAL:GLU	0,9749	0,9504
ILE:ASP	0,9886	0,9774	PHE:LYS	0,9476	0,898	VAL:GLY	0,9694	0,9398
ILE:GLU	0,9850	0,9703	PHE:SER	0,9796	0,9597	VAL:HIS	0,9604	0,9224
ILE:GLY	0,9843	0,9688	SER:ALA	0,9919	0,9839	VAL:ILE	0,9884	0,9769
ILE:HIS	0,9499	0,9024	SER:GLU	0,9855	0,9711	VAL:LEU	0,9624	0,9263
ILE:LEU	0,9866	0,9734	SER:GLY	0,9778	0,956	VAL:LYS	0,9591	0,9198
ILE:LYS	0,9796	0,9595	THR:ALA	0,9916	0,9833	VAL:PHE	0,9909	0,982
ILE:PHE	0,9802	0,9607	THR:ARG	0,9926	0,9852	VAL:SER	0,9938	0,9877
ILE:SER	0,9878	0,9757	THR:ASP	0,9950	0,99	VAL:TYR	0,9869	0,974
ILE:TYR	0,9779	0,9562	THR:GLU	0,9794	0,9593			

Tabulka 21b Hodnoty korelačních závislostí obsahu aminokyselin ve 100 g proteinu ( $r^2$  do 0,75)

	r	r <sup>2</sup>		r	r <sup>2</sup>		r	r <sup>2</sup>
ARG:CYS	-0,1102	0,0122	ILE:CYS	-0,1011	0,0102	MET:SER	-0,0720	0,0052
ARG:MET	-0,0859	0,0074	ILE:MET	-0,0603	0,0036	PHE:CYS	-0,1128	0,0127
ARG:PRO	0,1654	0,0274	ILE:PRO	0,1788	0,032	PHE:MET	-0,0709	0,005
ASP:PRO	0,1515	0,0229	LEU:CYS	-0,1176	0,0138	PHE:PRO	0,1815	0,0329
CYS:ALA	-0,1012	0,0102	LEU:MET	-0,1155	0,0133	PRO:ALA	0,1331	0,0177
CYS:ASP	-0,1317	0,0174	LEU:PRO	0,1631	0,0266	PRO:GLY	0,1538	0,0237
CYS:GLU	-0,0782	0,0061	LYS:CYS	-0,0380	0,0014	SER:PRO	0,1552	0,0241
CYS:GLY	-0,1115	0,0124	LYS:MET	-0,0191	0,0004	THR:CYS	-0,0995	0,0099
CYS:PRO	0,2756	0,076	LYS:PRO	0,2447	0,0599	THR:MET	-0,0787	0,0062
CYS:SER	-0,0844	0,0071	MET:ALA	-0,0942	0,0089	THR:PRO	0,1681	0,0283
GLU:PRO	0,1593	0,0254	MET:ASP	-0,0955	0,0091	TYR:CYS	-0,0705	0,005
HIS:CYS	-0,0570	0,0032	MET:GLU	-0,0855	0,0073	TYR:MET	-0,0199	0,0004
HIS:MET	-0,0498	0,0025	MET:GLY	-0,1106	0,0122	TYR:PRO	0,1948	0,0379
HIS:PRO	0,2123	0,0451	MET:PRO	0,2920	0,0853	VAL:CYS	-0,1000	0,01
VAL:MET	-0,0643	0,0041	VAL:PRO	0,1516	0,023			

## 5.6 Stravitelnost aminokyselin v řepkových výliscích

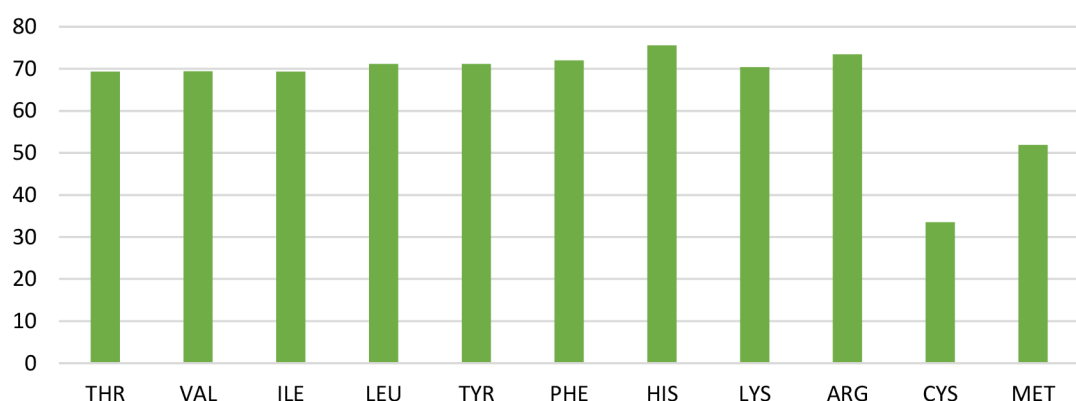
Stravitelnost jednotlivých esenciálních a neesenciálních aminokyselin je znázorněna v Tabulce 12. Stravitelnost threoninu se pohybovala od 58,52 % do 92,19 %, průměrná stravitelnost dosáhla 69,32±1,47 %. Stravitelnost valinu se pohybovala od 58,66 % do 94,61 %, průměrná stravitelnost činila 69,43±1,53 %. U isoleucinu se stravitelnost pohybovala od 57,09 % do 90,57 %, průměrná stravitelnost byla 69,34±1,51 %. Stravitelnost leucinu dosahovala od 58,31 % do 98,75 %, průměrně činila 71,18±1,68 %. U tyrosinu se stravitelnost pohybovala od 63,49 % do 94,67 %, průměrně 71,20±1,27 %. Fenyloalanin byl stravitelný od 62,65 % do 94,27 %, průměrně z 72,02±1,38 %. Stravitelnost histidinu kolísala od 65,33 % do 92,85 %, průměr činil 75,61±1,25 %. Lysin byl stravitelný od 60,72 % do 83,53 %, v průměru z 70,41±1,27 %. Stravitelnost argininu se pohybovala od 59,28 % do 99,51 %, průměr činil 73,44±1,71 %. Cystein byl stravitelný od 3,89 % do 81,01 %, průměrně z 33,48±3,89 %, a byl tak v průměru nejméně stravitelnou esenciální aminokyselinou. Stravitelnost methioninu kolísala od 12,99 % do 86,52 %, průměrná stravitelnost činila 51,94±3,62 %. Z neesenciálních aminokyselin byla stravitelnost měřena u kyseliny asparagové a pohybovala se od 65,38 % do 92,19 %, v průměru z 74,70±1,16 %. Serin byl stravitelný od 55,54 % do 99,59 %, v průměru z 67,58±1,80 %. Stravitelnost kyseliny glutamové kolísala od 69,46 % do 92,44 %, průměrně z 80,12±1,04 %. Prolin byl stravitelný od 29,26 % do 97,89 %, v průměru z 68,01±2,04 %. Stravitelnost glycinu kolísala od 56,64 % do 86,67 %, v průměru z 68,18±1,51 %. Alanin byl stravitelný od 62,23 % do 93,40 %, průměr činil 72,15±1,39 %. Základní statistické ukazatele stravitelnosti esenciálních aminokyselin jsou znázorněny v Tabulce 23, neesenciálních potom v Tabulce 24. Graf č. 2 přehledně ukazuje průměrnou stravitelnost esenciálních aminokyselin v řepkových výliscích, Graf č. 3 potom průměrnou stravitelnost neesenciálních aminokyselin v řepkových výliscích.

Tabulka 23 Základní statistické charakteristiky k zjištěné stravitelnosti esenciálních aminokyselin

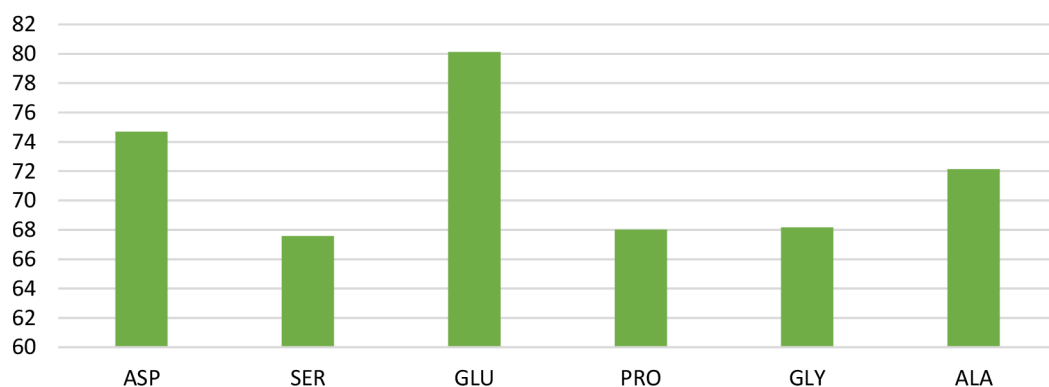
	THR	VAL	ILE	LEU	TYR	PHE	HIS	LYS	ARG	CYS	MET
$\bar{x}$	69,32	69,43	69,34	71,18	71,2	72,02	75,61	70,41	73,44	33,48	51,94
$x_{med}$	67,66	67,62	68,07	68,66	68,68	70,61	75,47	70,13	71,75	31,47	52,88
$x_{min}$	58,52	58,66	57,09	58,31	63,49	62,65	65,33	60,72	59,28	3,89	12,99
$x_{max}$	92,19	94,61	90,57	98,75	94,67	94,27	92,85	83,53	99,51	81,01	86,52
<b>S</b>	8,31	8,69	8,55	9,53	7,21	7,82	7,07	7,21	9,67	18,58	20,46
$S_x$	1,47	1,53	1,51	1,68	1,27	1,38	1,25	1,27	1,71	3,89	3,62
$V_k$	11,9	12,52	12,33	13,19	10,13	10,86	9,35	10,24	13,17	55,5	39,39

Tabulka 24 Základní statistické charakteristiky k zjištěné stravitelnosti neesenciálních aminokyselin

	ASP	SER	GLU	PRO	GLY	ALA
$\bar{x}$	74,7	67,58	80,12	68,01	68,18	72,15
$x_{med}$	73,38	65,54	80,6	69,67	67,43	70,83
$x_{min}$	65,38	55,54	69,46	29,26	56,64	62,23
$x_{max}$	92,19	99,59	92,44	97,89	86,67	93,4
<b>S</b>	6,58	10,2	5,91	11,54	8,56	7,89
$S_x$	1,16	1,8	1,04	2,04	1,51	1,39
$V_k$	8,81	15,09	7,38	16,97	12,56	10,94



Graf č. 2 Průměrná stravitelnost esenciálních aminokyselin v řepkových výliscích v %



Graf č. 3 Průměrná stravitelnost neesenciálních aminokyselin v řepkových výliscích v %



### 5.6.1 Korelace mezi stravitelností jednotlivých aminokyselin

Mezi stravitelností jednotlivých aminokyselin existuje určitá závislost. Následující Tabulka 25 ukazuje, jak silná korelace byla mezi stravitelností jednotlivých aminokyselin. Čím vyšší je koeficient determinace  $r^2$ , tím větší je závislost. Tabulka 25a obsahuje hodnoty s koeficientem determinace nad 0,8, což značí silnou závislost, Tabulka 25b hodnoty s koeficientem determinace 0,5-0,8, což znamená střední závislost, a Tabulka 25c hodnoty s koeficientem determinace pod 0,5, což znamená slabou závislost.

Tabulka 25a Hodnoty korelačních závislostí mezi stravitelností jednotlivých aminokyselin ( $r^2$  nad 0,8)

$r^2$ nad 0,8	r	$r^2$		r	$r^2$		r	$r^2$
ASP:ALA	0,985	0,9703	HIS:ASP	0,9351	0,8744	ILE:LYS	0,9731	0,947
ASP:GLU	0,9339	0,8721	HIS:GLY	0,8972	0,805	ILE:PHE	0,9366	0,8772
ASP:GLY	0,9594	0,9204	HIS:LYS	0,9458	0,8946	ILE:TYR	0,8999	0,8099
ASP:SER	0,9005	0,8108	ILE:ALA	0,9703	0,9415	LYS:ALA	0,9506	0,9036
GLU:ALA	0,9395	0,8827	ILE:ASP	0,9664	0,9339	LYS:ASP	0,9409	0,8852
GLU:GLY	0,9129	0,8333	ILE:GLU	0,9499	0,9024	LYS:GLU	0,921	0,8483
GLY:ALA	0,9581	0,9179	ILE:GLY	0,9621	0,9256	LYS:GLY	0,9386	0,881
HIS:ALA	0,9377	0,8793	ILE:HIS	0,9362	0,8765	PHE:ALA	0,9695	0,94
PHE:ASP	0,9723	0,9453	THR:GLY	0,9492	0,901	TYR:ALA	0,9457	0,8944
PHE:GLU	0,9063	0,8213	THR:HIS	0,9313	0,8673	TYR:ASP	0,9582	0,9182
PHE:GLY	0,9118	0,8313	THR:ILE	0,9605	0,9226	TYR:HIS	0,9202	0,8468
PHE:HIS	0,9585	0,9188	THR:LYS	0,9365	0,8771	TYR:PHE	0,9779	0,9564
PHE:LYS	0,9249	0,8554	THR:PHE	0,9705	0,9419	VAL:ALA	0,9831	0,9666
THR:ALA	0,9887	0,9775	THR:SER	0,8952	0,8014	VAL:ASP	0,9839	0,968
THR:ASP	0,991	0,982	THR:TYR	0,9606	0,9227	VAL:GLU	0,935	0,8742
THR:GLU	0,9271	0,8595	THR:VAL	0,982	0,9642	VAL:GLY	0,9511	0,9046
VAL:HIS	0,945	0,8931	VAL:LYS	0,9431	0,8894	VAL:TYR	0,9572	0,9161
VAL:ILE	0,9792	0,9587	VAL:PHE	0,9709	0,9427			

Tabulka 25b Hodnoty korelačních závislostí mezi stravitelností jednotlivých aminokyselin ( $r^2$  0,5-0,8)

$r^2$ 0,5-0,8	r	$r^2$		r	$r^2$		r	$r^2$
ARG:ALA	0,8415	0,7082	ILE:ARG	0,8386	0,7032	LEU:LYS	0,7752	0,601
ARG:ASP	0,841	0,7073	ILE:LEU	0,7804	0,6089	LEU:PHE	0,8009	0,6414
ARG:GLU	0,7938	0,63	ILE:SER	0,8672	0,7521	LEU:TYR	0,7631	0,5823
ARG:GLY	0,8334	0,6946	LEU:ALA	0,7907	0,6252	LYS:ARG	0,8549	0,7308
ARG:SER	0,7428	0,5518	LEU:ASP	0,7753	0,6011	LYS:SER	0,8627	0,7442
HIS:ARG	0,8427	0,7101	LEU:GLU	0,7585	0,5754	PHE:ARG	0,8398	0,7053
HIS:GLU	0,8727	0,7616	LEU:GLY	0,7321	0,536	PHE:SER	0,8732	0,7624
HIS:SER	0,8674	0,7524	LEU:HIS	0,7859	0,6177	SER:ALA	0,8824	0,7786
SER:GLU	0,8313	0,6911	TYR:ARG	0,7932	0,6292	TYR:SER	0,8743	0,7644
SER:GLY	0,8414	0,7079	TYR:GLU	0,8543	0,7298	VAL:ARG	0,8356	0,6982
THR:ARG	0,8016	0,6425	TYR:GLY	0,8908	0,7935	VAL:LEU	0,7984	0,6374
THR:LEU	0,773	0,5975	TYR:LYS	0,8676	0,7528	VAL:SER	0,8801	0,7746

Tabulka 25c Hodnoty korelačních závislostí mezi stravitelností jednotlivých aminokyselin ( $r^2$  pod 0,5)

$r^2$ pod 0,5	r	$r^2$		r	$r^2$		r	$r^2$
ARG:CYS	-0,2125	0,0452	CYS:MET	0,5321	0,2831	ILE:MET	-0,0851	0,0072
ARG:MET	-0,1859	0,0345	CYS:PRO	0,1609	0,0259	ILE:PRO	0,221	0,0489
ARG:PRO	0,2325	0,0541	CYS:SER	-0,0359	0,0013	LEU:ARG	0,6792	0,4614
ASP:PRO	0,2621	0,0687	GLU:PRO	0,2749	0,0756	LEU:CYS	-0,1414	0,02
CYS:ALA	-0,1201	0,0144	HIS:CYS	-0,1286	0,0165	LEU:MET	0,0148	0,0002
CYS:ASP	-0,1699	0,0289	HIS:MET	-0,0829	0,0069	LEU:PRO	0,078	0,0061
CYS:GLU	-0,1462	0,0214	HIS:PRO	0,2758	0,076	LEU:SER	0,6956	0,4838
CYS:GLY	-0,1846	0,0341	ILE:CYS	-0,1219	0,0149	LYS:CYS	-0,0859	0,0074
LYS:MET	-0,1199	0,0144	PHE:CYS	-0,172	0,0296	THR:PRO	0,2763	0,0764
LYS:PRO	0,3402	0,1157	PHE:MET	-0,0291	0,0008	TYR:CYS	-0,1621	0,0263
MET:ALA	-0,0422	0,0018	PHE:PRO	0,2888	0,0834	TYR:MET	0,0082	0,0001
MET:ASP	-0,0915	0,0084	PRO:ALA	0,2701	0,0729	TYR:PRO	0,2606	0,0679
MET:GLU	-0,0904	0,0082	PRO:GLY	0,2289	0,0524	VAL:CYS	-0,1402	0,0196
MET:GLY	-0,1955	0,0382	SER:PRO	0,3137	0,0984	VAL:MET	-0,014	0,0002
MET:PRO	-0,117	0,0137	THR:CYS	-0,1077	0,0116	VAL:PRO	0,2133	0,0455
MET:SER	-0,05	0,0025	THR:MET	-0,0331	0,0011			

## 5.6.2 ANOVA- srovnání hodnot stravitelnosti aminokyselin

Byl vytvořen Tuckeyův HSD test, ve kterém došlo ke srovnání hodnot stravitelnosti aminokyselin, který je zachycen v Tabulce 26 pro neesenciální aminokyseliny a Tabulce 27 pro esenciální aminokyseliny. Červené hodnoty v tabulce poukazují na statisticky významný rozdíl a zároveň hladinu  $\alpha$ .

Tabulka 26 Tuckeyův HSD test pro srovnání hodnot stravitelnosti neesenciálních aminokyselin

	ASP	SER	GLU	PRO	GLY	ALA
ASP		0,015547	0,135475	0,028786	0,036270	0,857349
SER	0,015547		0,000020	0,999962	0,999801	0,299926
GLU	0,135475	0,000020		0,000021	0,000021	0,004018
PRO	0,028786	0,999962	0,000021		1,000000	0,413700
GLY	0,036270	0,999801	0,000021	1,000000		0,462869
ALA	0,857349	0,299926	0,004018	0,413700	0,462869	

Tabulka 27 Tuckeyův HSD test pro srovnání hodnost stravitelnosti esenciálních aminokyselin

	THR	VAL	ILE	LEU	TYR	PHE	HIS	LYS	ARG	CYS	MET
TH		1,000	1,000	0,999	0,999	0,997	0,497	0,999	0,935	0,000	0,000
R		0,000	0,000	0,999	0,999	0,997	0,502	0,999	0,937	0,000	0,000
L	1,000		1,000	0,999	0,998	0,998	0,527	1,000	0,946	0,000	0,000
VA	1,000	1,000		0,999	0,999	0,998	0,527	1,000	0,946	0,000	0,000
IL	1,000	1,000	0,999		0,999	0,997	0,502	0,999	0,937	0,000	0,000
E	0,000	0,000	0,999	1,000		0,997	0,502	0,999	0,937	0,000	0,000
LE	0,999	0,999	0,999	1,000	1,000	0,999	0,900	1,000	0,999	0,000	0,000
U	0,999	0,999	0,999	1,000	1,000	0,999	0,900	1,000	0,999	0,000	0,000
TY	0,999	0,999	0,999	1,000	1,000	0,999	0,903	1,000	0,999	0,000	0,000
R	0,999	0,999	0,999	1,000	1,000	0,999	0,903	1,000	0,999	0,000	0,000
PH	0,997	0,998	0,997	1,000	1,000	0,975	0,975	0,999	0,999	0,000	0,000
E	273	125	459	0,000	0,000	118	118	0,999	0,999	0,000	0,000
HI	0,497	0,527	0,502	0,900	0,903	0,975	0,765	0,999	0,999	0,000	0,000
S	166	129	924	617	794	118	456	0,999	0,999	0,000	0,000
HI	0,497	0,527	0,502	0,900	0,903	0,975	0,765	0,999	0,999	0,000	0,000
LY	0,999	1,000	0,999	1,000	1,000	0,999	0,765	0,993	0,993	0,000	0,000
S	999	0,000	0,999	0,000	0,000	0,999	456	0,993	0,993	0,000	0,000
AR	0,935	0,946	0,937	0,999	0,999	0,999	0,999	0,993	0,993	0,000	0,000
G	452	516	700	402	456	992	602	0,993	0,993	0,000	0,000
CY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

## 6 Diskuse

Jedním ze základních parametrů k určení kvality krmiva je stravitelnost jednotlivých živin. Cílem této práce bylo definovat parametry kvality hrubého proteinu a aminokyselin řepkových výlisků zjištěním jejich *in vitro* stravitelnosti. Metod k určení stravitelnosti živin je několik, nejpřesnějšími metodami jsou metody *in vivo*. Jejich provedení je však v praxi velmi náročné, proto je snaha o určení přesnosti metod *in vitro*, jako jejich jednodušší alternativy. Navíc byly v této práci u vzorků řepkových výlisků zjištěny obsahy základních živin pomocí Wendeenské analýzy.

K analýze stravitelnosti hrubého proteinu a aminokyselin, obsahu aminokyselin a k Wendeenské analýze obsahu základních živin bylo využito 32 různých vzorků řepkových výlisků.

Obsah hrubého proteinu v sušině u zkoumaných vzorků dosahoval hodnot od 25,94 % do 46,72 %, průměrně  $35,48 \pm 0,93$  %. Podobných hodnot se při svém výzkumu dopracoval i Kasprzak et al. (2016), kde se obsah hrubého proteinu v řepkových výliscích pohyboval od 29,3 % do 34 %, v průměru  $32,5 \pm 10,7$  %. V novějším výzkumu Kasprzaka et al. (2018) byl průměrný obsah hrubého proteinu ve výliscích 34,4 %. Obsah hrubého proteinu ve výzkumu Hanczakowske a Świątkiewiczze (2014) dosahoval v průměru 29,1 %. Homolka & Kudrna (2006) jako průměrný obsah hrubého proteinu v řepkových výliscích uvádí hodnotu 32,08 %, což je hodnota přibližně odpovídající naměřené hodnotě výzkumu této diplomové práce.

Stravitelnost hrubého proteinu řepkových výlisků se pohybovala od 76,46 % do 94,44 %, průměr činil  $86,31 \pm 0,79$  %. Podobných výsledků stravitelnosti hrubého proteinu řepkových výlisků došel Kasprzak et al. (2016), v jehož výzkumu se stravitelnost *in vivo* ve výzkumu na prasatech pohybovala od 77 % do 80 %, v průměru  $79 \pm 0,02$  %. V novějším výzkumu Kasprzaka et al. (2018) byla průměrná stravitelnost hrubého proteinu v řepkových výliscích *in vivo* u prasat  $80 \pm 0,05$  %. Jak vidno, *in vitro* stravitelnost zjištěná v této diplomové práci se blíží skutečné stravitelnosti zjištěné metodou *in vivo*, byla jen o něco málo vyšší. Výrazně nižší stravitelnost hrubého proteinu řepkových výlisků ve svém výzkumu naměřil Woyengo et al. (2016), kde průměrná stravitelnost dosáhla  $61 \pm 0,01$  %. Variační koeficient byl u stravitelnosti hrubého proteinu 5,16 %, což znamená, že jsou hodnoty v souboru vyrovnané. To zavrhuje názor, že vyšší obsah tuku v krmivu snižuje stravitelnost ostatních živin, protože hodnoty naměřeného tuku v souboru vzorků řepkových výlisků kolísaly.

Stravitelnost threoninu v průměru činila  $69,32 \pm 1,45$  %, což je o něco méně než stravitelnost zjištěná *in vivo* Kasprzakem et al. (2018), kde stravitelnost této aminokyseliny dosahovala v průměru 77 %. Ve studii Nørgaarda et al. (2012) dosáhla průměrná stravitelnost threoninu *in vivo* 74,5 %.

*In vitro* stravitelnost valinu dosahovala průměru  $69,43 \pm 1,53$  %. O něco vyšší stravitelnost valinu vyšla ve výzkumu Nørgaarda et al. (2012) a to 76,5 %. Ve studii Kasprzaka et al. (2018) činila *in vivo* stravitelnost této aminokyseliny 77 %.

Podobná stravitelnost *in vitro* byla stanovena u isoleucinu, a to  $69,34 \pm 1,51$  %. Nørgaard et al. (2012) ve svém výzkumu *in vivo* naměřil průměrnou stravitelnost 79,2 %, Kasprzak et al. (2018) potom dokonce 86 %. Naměřené hodnotě *in vitro* se ve svém výzkumu *in vivo* přiblížil Partanen et al. (2001), kde stravitelnost isoleucinu činila 65,3 %.

Leucin byl stravitelný *in vitro* v průměru z 71,18±1,68 %. Ve výzkumu *in vivo* Partanena et al. (2001) byla naměřena nižší hodnota, a to 64,7 %. Ve studii Kasprzaka et al. (2018) dosáhla stravitelnost leucinu zase o něco vyšší hodnoty, a to 83 %.

Podobné stravitelnosti *in vitro* dosáhl tyrosin, a to 71,20±1,27 %. Ve studii Kasprzaka et al. (2018) *in vivo* stravitelnost tyrosinu byla 86 %, zatímco ve studii Partanena et al. (2001) pouze 61 %.

Fenylalanin byl stravitelný *in vitro* v průměru z 72,02±1,38 %. *In vivo* stravitelnost naměřená na prasatech při výzkumu Kasprzaka et al. (2018) dosáhla 84 %. Oproti tomu *in vivo* stravitelnost fenylalaninu měřená také na prasatech Partanenem et al. (2001) dosáhla pouze 63,6 %.

Stravitelnost histidinu dosáhla v průměru 75,61±1,25 %. O něco vyšší stravitelnost *in vivo* naměřil Nørgaard et al. (2012), a to 85,9 %. Stejně tak stravitelnost *in vivo* ve výzkumu Kasprzaka et al. (2018) byla výrazně vyšší, a to 90 %. Nejblíže naměřené *in vitro* stravitelnosti byl ve své studii *in vivo* Partanen et al. (2001), kde byla stravitelnost histidinu 76 %.

Lysin byl stravitelný *in vitro* ze 70,41±1,27 %. Podobné hodnoty bylo dosaženo při výzkumu Partanena et al. (2001), a to 72,2 %. Vyšších hodnot stravitelnost dosáhla ve výzkumu Kasprzaka et al. (2018), a to 85 %, a ve výzkumu Nørgaarda et al. (2012), a to 81,4 %.

*In vitro* stravitelnost argininu činila 73,44±1,71 %. Této hodnotě se blížila naměřená *in vivo* stravitelnost Partanena et al. (2001), která činila 78,5 %. Oproti tomu hodnota naměřená ve výzkumu Kasprzaka et al. (2018), 90 %, byla výrazně vyšší.

Výrazně nejnižší stravitelnost *in vitro* byla naměřena u cysteinu, a to 33,48±3,28 %. Vyšší stravitelnost *in vivo* byla dosažena při výzkumu Partanena et al. (2001), a to 58,4 %. Výrazně vyšší potom byla stravitelnost cysteinu *in vivo* ve studii Kasprzaka et al. (2018), která dosáhla 81 %.

Methionin byl také oproti ostatním aminokyselinám méně stravitelný, *in vitro* stravitelnost dosáhla v průměru 51,94±3,62 %. Partanen et al. (2001) při svém výzkumu dosáhl hodnoty stravitelnosti *in vivo* 62 %, což se nejvíce blíží hodnotě dosažené při výzkumu *in vitro*. Kasprzak et al. (2018) při výzkumu *in vivo* na prasatech dosáhl hodnoty stravitelnosti methioninu 92 %, Nørgaard et al. (2012) 87,3 %, což jsou výrazně vyšší hodnoty.

Stravitelnost kyseliny asparagové *in vitro* byla v průměru 74,70±1,16 %. Ve studii Kasprzaka et al. (2018) byla stravitelnost této aminokyseliny 80 %, zatímco ve studii Partanena et al. (2001) 62,8 %.

Serin byl *in vitro* stravitelný z 67,58±1,8 %. O něco nižší hodnoty v svém výzkumu dosáhl Partanen et al. (2001), a to 56,4 %, Oproti tomu Kasprzak et al. (2018) došel vyšší stravitelnost *in vivo*, a to 78 %.

Neesenciální aminokyselina kyselina glutamová byla průměrně stravitelná z 80,12±1,04 %, což je hodnota o něco nižší, než hodnota zjištěná výzkumem na prasatech *in vivo* provedého Kasprzakiem et al. (2018), kdy průměrná stravitelnost činila 91 %.

Stravitelnost prolinu *in vitro* byla v průměru 68,01±2,04 %. To je opět o něco méně než naměřená stravitelnost *in vivo* 81 % naměřena Kasprzakiem et al. (2018).

Podobná stravitelnost *in vitro* byla zjištěna u glycinu, a to 68±1,51 %. O něco nižší stravitelnost *in vivo* při svém výzkumu naměřil Partanen et al. (2001), konkrétně 63,4 %.

Poslední ze zkoumaných aminokyselin byl neesenciální alanin, jehož in vitro stravitelnost dosahovala průměrně  $72,15 \pm 1,39$  %. To je o něco méně, než in vivo stravitelnost alaninu zjištěná Kasprzakem et al. (2018), kde hodnota stravitelnosti dosáhla 83 %.

Mezi obsahem některých aminokyselin existovala velmi silná závislost. Například mezi lysinem a isoleucinem ( $r^2$  0,9595), mezi lysinem a leucinem ( $r^2$  0,9573), mezi lysinem a alaninem ( $r^2$  0,9445) a mezi lysinem a kyselinou glutamovou ( $r^2$  0,9562). Silná závislost byla také mezi obsahem treoninu a alaninu ( $r^2$  0,9833), treoninu a argininu ( $r^2$  0,9852), treoninu a kyseliny asparagové ( $r^2$  0,99), treoninu a isoleucinu ( $r^2$  0,9868), treoninu a serinu ( $r^2$  0,9801) a treoninu a valinu ( $r^2$  0,9866). Dále byla silná korelace v obsahu argininu s alaninem ( $r^2$  0,9633), argininu a kyseliny asparagové ( $r^2$  0,9824) a argininu a serinu ( $r^2$  0,9674).

Silná závislost byla také mezi stravitelností některých aminokyselin. Konkrétně například mezi lysinem a isoleucinem ( $r^2$  0,947), mezi treoninem a alaninem ( $r^2$  0,9775), treoninem a kyselinou asparagovou ( $r^2$  0,982), treoninem a valinem ( $r^2$  0,9642) a mezi kyselinou asparagovou a alaninem ( $r^2$  0,9703).

Průměrný obsah hrubé vlákniny v sušině činil  $6,9 \pm 0,14$  %, minimální naměřený obsah byl 5,67 %, maximální 8,25 %. V experimentu Hanczakowske a Świątkiewiczze (2014) byl průměrný obsah hrubé vlákniny v řepkových výliscích 11,9 %, tedy o něco vyšší. Homolka & Kudrna (2006) uvádí jako průměrný obsah hrubé vlákniny v řepkových výliscích 12 %. Dle výzkumu Zhou et al. (2006) dokonce hrubá vláknina v řepkových výliscích dosahovala 22,7 %, což je výrazně více, než bylo naměřeno ve výzkumu této diplomové práce.

Průměrná naměřená hodnota obsahu tuku v sušině, tedy  $20,32 \pm 1,27$  %, téměř odpovídá zjištěnému obsahu tuku ve výzkumu Kaprzaka et al. (2018), kde průměrný obsah hrubého tuku v řepkových výliscích činil 26,6 %. Velmi podobné hodnoty ve svém výzkumu popsal Zhou et al. (2016), kde průměrný obsah hrubého tuku byl 20,5 %. Dle Zupalové et al. (2006) obsahují řepkové výlisky průměrně 12-18 % tuku, zatímco řepkové pokruty 3-4 % a řepkový extrahovaný šrot pouze 1-3 %.

Bezdušičaté látky výtažkové byly v sušině zkoumaných řepkových výlisků v průměru obsaženy v množství  $31,22 \pm 1,03$  %, minimální obsah činil 15,01 %, maximální 42,37 %. To přibližně odpovídá průměrnému obsahu dle Homolky & Kudrny (2006), kteří uvádějí, že obsah BNLV v řepkových výliscích je přibližně 24 %, tedy přepočteno na obsah BNLV v sušině 26,97 %.

## 7 Závěr

Cílem práce bylo definování parametrů kvality proteinu pomocí *in vitro* metody pro stanovení stravitelnosti.

32 vzorků řepkových výlisků bylo podrobeno Weendeské analýze, při které byl zjištěn obsah sušiny, organické a anorganické hmoty, obsah hrubého proteinu, tuku, vlákniny a bezdusíkatých látek výtažkových. Dále byly vzorky podrobeny *in vitro* analýze stravitelnosti hrubého proteinu a aminokyselin, bylo zjištěn obsah jednotlivých aminokyselin v sušině i v hrubém proteinu řepkových výlisků. Následně byly hodnoty statisticky vyhodnoceny.

Při analýze stravitelnosti hrubého proteinu *in vitro* byla zjištěna průměrná stravitelnost  $86,31 \pm 0,79$  %. Nejnižší naměřená hodnota činila 76,46 %, nejvyšší potom 94,44 %. Průměrný obsah hrubého proteinu ve sledovaném souboru vzorků řepkových výlisků činil  $35,48 \pm 0,93$  %, minimální naměřená hodnota byla 25,94 %, maximální 46,72 %.

Průměrná stravitelnost treoninu činila  $69,32 \pm 1,45$  %, stravitelnost valinu  $69,43 \pm 1,53$  %, isoleucinu  $69,34 \pm 1,51$  %, leucinu  $71,18 \pm 1,68$  %, tyrosinu  $71,20 \pm 1,27$  %, fenylalaninu  $72,02 \pm 1,38$  %, histidinu  $75,61 \pm 1,25$  %, lysinu  $70,41 \pm 1,27$  %, argininu  $73,44 \pm 1,71$  %. Výrazně nižší průměrná stravitelnost byla naměřena u cysteinu, a to  $33,48 \pm 3,28$  %, a u methioninu, kde byla průměrná *in vitro* stravitelnost  $51,94 \pm 3,62$  %. Z neesenciálních aminokyselin byla průměrná stravitelnost naměřena u kyseliny asparagové a činila  $74,70 \pm 1,16$  %, u serinu  $67,58 \pm 1,8$  %, u kyseliny glutamové  $80,12 \pm 1,04$  %, u prolinu  $68,01 \pm 2,04$  %, u glycinu  $68,18 \pm 1,51$  % a u alaninu  $72,15 \pm 1,39$  %.

Hypotéza byla potvrzena, *in vitro* stanovení stravitelnosti je vhodnou metodou pro stanovení kvality proteinu, ačkoliv se nejedná o metodu tak přesnou, jako jsou metody *in vivo*.

## 8 Literatura

- Anwar, M. M., Ali, S. E., Nasr, E. H. 2015. Improving the nutritional value of canola seed by gamma irradiation. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* **8**:328 – 333.
- Arrutia, F., Binner, E., Williams, P., Waldron, K. W. 2020. Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements. *Trends in Food Science & Technology* **100**:88 – 102.
- Baranyk, P. 2016. Řepka olejka: škodí, nebo prospívá?. *Zemědělský svaz České republiky*. Available from <https://www.zscr.cz/clanek/repka-olejka-skodi-nebo-prospiva-2283> (accessed January 2021).
- Bělková, J., Václavková, E. 2015. Potřeba živin ve výživě prasat. *Krmivářství* **19**:18 – 20.
- Beyzi, E., Gunes, A., Beyzi, S. B., Konca, Y. 2019. Changes in fatty acid and mineral composition of rapeseed (*Brassica napuss* sp. *oleifera* L.) oil with seed sizes. *Industrial Crops & Products* **129**:10 – 14.
- Bojčuková, J. 2001. Proteinová výživa prasnic v laktaci. *Farmář* **7**:69 – 70.
- Cristescu, M., Morar, F., Rus, D., Marginean, D. 2018. Mathematic modeling of experimental results on the influence of some factors on rape production (*Brassica napus*). *Scientific Bulletin of the „Petru Maior” University of Târgu Mureș* **15**:22 – 24.
- Čižmár, D. 2005. NIR: k analýze obilovin a píce. *Zemědělec* **13**:14.
- Doležal, S., Ryant, P. 2015. Řepka ozimá, velmi náročná plodina. *Zemědělec* **23**:14 – 17.
- Dong, Q., Saneoka, H. 2020. Physiological Characteristics, Phytase Activity, and Mineral Bioavailability of a Low-Phytate Soybean Line during Germination. *Plant Foods for Human Nutrition* **75**:383 – 389.
- Dvořák, L., Šustová, K., Mlček, J. 2016. Blízká infračervená spektroskopie jako pomocník při kontrole kvality potravin. *Chemické listy* **110**:868 – 873.
- Ebrahimi, S. R., Nikkhah, A., Sadeghi, A. A., Raisali, G. 2009. Chemical composition, secondary compounds, ruminal degradation and in vitro crude protein digestibility of gamma irradiated canola seed. *Animal Feed Science and Technology* **151**:184 – 193.
- Fetzer, A., Müller, K., Schmid, M., Eisner, P. 2020. Rapeseed proteins for technical applications: Processing, isolation, modification and functional properties – A review. *Industrial Crops & Products*. Available from [https://kopernio.com/viewer?doi=10.1016%2Fj.indcrop.2020.112986&token=WzMwNzAwODYsIjEwLjEwMTYvai5pbmRjcm9wLjIwMjAuMTEyOTg2II0.IRP1iKjOzukVE5jGoilkSNoUZlaKF\\_U](https://kopernio.com/viewer?doi=10.1016%2Fj.indcrop.2020.112986&token=WzMwNzAwODYsIjEwLjEwMTYvai5pbmRjcm9wLjIwMjAuMTEyOTg2II0.IRP1iKjOzukVE5jGoilkSNoUZlaKF_U) (accessed January 2021).
- Gholami, A., Pourfayaz, F., Maleki, A. 2021. Techno-economic assessment of bi-odiesel iiproduction from canola oil through ultrasonic cavitation. *Energy reports* **7**:266 – 277.
- Hanczakowska, E., Świątkiewicz, M. 2014. LEGUME SEEDS AND RAPESEED PRESS CAKE AS REPLACERS OF SOYBEAN MEAL IN FEED FOR FATTENING PIGS. *Annals of Animal Science*. **14**:921 – 934.



- Handa, V., Sharma, D., Kaur, A., Arya, S. K. 2020. Biotechnological applications of microbial phytase and phytic acid in food and feed industries. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. Available from <https://kopernio.com/viewer?doi=10.1016%2Fj.bcab.2020.101600&token=WzMwNzAwODYsIjEwLjEwMTYvai5iY2FiLjIwMjAuMTAxNjAwII0.p6LIHhJqtBda2Ns2pIpM9aRJvoM>(accessed January 2021).
- Hom, N. H., Becker, H. C., Möllers, Ch. 2007. Non-destructive analysis of rapeseed quality by NIRS of small seed samples and single seeds. *Euphytica* **153**:27 – 34.
- Homolka, J., Mydlář, R. 2011. Efficiency evaluation in intensive growing of winter rape. *Agricultural Economics (Czech Republic)* **57**:247–257.
- Homolka, P., Kudrna, V. 2006. Náhrada krmiv živočišného původu u přežvýkavců [online]. Výzkumný ústav živočišné výroby. Available from <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/04/Homolka-Kudrna-nahrada-krmiv-zivoc.puvodu-06.pdf> (accessed January 2021).
- Chen, G. L., Zhang, B., Wu, J. G., Shi, C. G. 2011. Nondestructive assessment of amino acid composition in rapeseedmeal based on intact seeds by near-infrared reflectance spectroscopy. *Animal Feed Science and Technology* **165**:111 – 119.
- Cho, C. Y., Bayley, H. S. 1970. Evaluations of rapeseed and soybean meals as protein sources for swine: apparent digestibilities of amino acids. *Canadian Journal of Animal Science* **50**:521 – 528.
- Ingle, P. D., Christian R., Purohit, P., Zarraga, V., Handley, E. 2016. Determination of Protein Content by NIR Spectroscopy in Protein Powder Mix Products. *Journal of AOAC International* **99**:360 – 363.
- Jančík, F., Homolka, P., Koukolová, V. 2009. Stanovení parametrů degradovatelnosti a stravitelnosti sušiny a vlákniny trav na základě chemického složení. Výzkumný ústav živočišné výroby. Available from <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/10/9128.pdf> (accessed January 2021).
- Kaldmäe, H., Lemig, R., Kass, M., Lember, A., Tölp, S., Kärt, O. 2010. Chemical composition and nutritional value of heat – treated and cold – pressed rapeseedcake. *Veterinarija Ir Zootechnika* **49**:55 – 60.
- Kasprzak, M. M., Houdijk, J. G. M., Kightley, S., Olukosi, O. A., White, G. A., Carre, P., Wiseman, J. 2016. Effects of rapeseed variety and oil extraction method on the content and ileal digestibility of crude protein and amino acids in rapeseed cake and softly processed rapeseed meal fed to broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* **213**:90 – 98.
- Kasprzak, M. M., Houdijk, J. G. M., Kightley, S., Olukosi, Appleyard, H., Kightley, S., Carré, P., Sutton, T., Wiseman, J. 2018. The content and standardized ileal digestibility of crude protein and aminoacids in rapeseed co-products fed to pigs. *Livestock Science*. **208**:22 - 27.

- Kaur, H., Wang, L., Stawniak, N., Sloan, R., Erp, H., Eastmond, P., Bancroft, I. 2020. The impact of reducing fatty acid desaturation on the composition and thermal stability of rapeseed oil. *Plant Biotechnology Journal* **18**:983 – 991.
- Kracht, W., Dänicke, S., Kluge, H., Keller, K., Matzke, W., Hennig, U., Schumann, W. 2004. Effect of dehulling of rapeseed on feed value and nutrient digestibility of rape products in pigs. *Archives of Animal Nutrition* **58**: 389 – 404.
- Křížová, L., Richter, M., Třináctý, J. 2007. Aminokyseliny pro dojnice v laktaci. *Zemědělec* **15**:12.
- Kudrna, V., Homolka, P. 2009. Vliv diety, zejména obsahu dusíkatých látek, na množství a kvalitu mléčné bílkoviny a zdraví dojnic. Výzkumný ústav živočišné výroby. Available from <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/03/Dojnice-2009.pdf> (accessed January 2021).
- Lee, Ch. Y., Song, A. A-L., Loh, T. Ch., Rahim, R. A. 2020. Effects of lysine and methionine in a low crude protein diet on the growth performance and gene expression of immunity genes in broilers. *Poultry Science* **99**:2916 - 2925.
- Lee, J. W., Patterson, R., Woyengo, T. A. 2018. Porcine in vitro degradation and fermentation characteristics of canola co-products without or with fiber-degrading enzymes. *Animal Feed Science and Technology* **241**:133 – 140.
- Lee, J. W., Woyengo, T. A. 2018. Growth performance, organ weights, and blood parameters of nursery pigs fed diets containing increasing levels of cold-pressed canola cake. *Journal of Animal Science* **96**:4704 – 4712.
- Lipsa, F. D., Snowdon, R., Friedt, W. 2012. Quantitative genetic analysis of condensed tannins in oilseed rape meal. *Euphytica* **184**:195 – 205.
- Loučka, R., Macháčová, E., Tyrolová, I., Pozdíšek, J. 2001. Stravitelnost kukuřice může být intenzifikačním faktorem. *Úroda* **49**:14 – 15.
- Malina, J. 2013. Přednost řepky: mnohostranné využití. *Zemědělec* **21**:13 – 14.
- Mareš, P. 2009. Základní principy výživy a krmení. *Zemědělec* **17**:9 – 10.
- Mašek, J., Novák, P. 2011. Technika a technologie pro setí řepky. *Zemědělec* **19**:15 – 16.
- Mikołajczak, N. 2018. Fatty acids in different rapeseed varieties and their impact on human health. *Journal of Education, Health and Sport* **8**:69 – 80.
- Moyano, F. J., Saénz de Rodrigáñez, M. A., Díaz, M., Tacon, A. G. J. 2015. Application of in vitro digestibility methods in aquaculture: constraints and perspectives. *Reviews of Aquaculture* **7**:223 – 242.
- Murray, R. K., Granner, D. K., Mayes, P. A., Rodwell, V. W. 2002. Harperova biochemie. H+H, Jinočany.
- Nørgaard, J. V., Fernández, J. A., Jørgensen, H. 2012. Ileal digestibility of sunflower meal, pea, rapeseed cake, and lupine in pigs. *Journal of Animal Science* **90**:203 - 205

- Oryschak, M. A., Smit, M. N., Beltranena, E. 2020. Brassica napus and Brassica juncea extruded-exelled cake and solvent-extracted meal as feedstuffs for laying hens: Lay performance, egg quality, and nutrient digestibility. *Poultry science* **99**:350 – 363.
- Pan, M., Xu, F., Wu, Y., Yao, M., Xiao, X., Zhang, N., Ju, X., Wang, L. 2020. Application of ultrasound-assisted physical mixing treatment improves in vitro protein digestibility of rapeseed napin. *Ultrasonics – Sonochemistry*. Available from [https://click.endnote.com/viewer?doi=10.1016%2Fj.ultsonch.2020.105136&token=WzMwNzAwODYsIjEwLjEwMTYvai51bHRzb25jaC4yMDIwLjEwNTEzNiJd.39WBD0R\\_hjK3zA9CvZoAJOsBLCTs](https://click.endnote.com/viewer?doi=10.1016%2Fj.ultsonch.2020.105136&token=WzMwNzAwODYsIjEwLjEwMTYvai51bHRzb25jaC4yMDIwLjEwNTEzNiJd.39WBD0R_hjK3zA9CvZoAJOsBLCTs) (accessed February 2021).
- Partanen, K., Valaja, J., Jalava, T., Hilkka, S. R. 2001. Composition, ileal amino acid digestibility and nutritive value of organically grown legume seeds and conventional rapeseed cakes for pigs. *Agricultural and Food Science* **10**:309 – 322.
- Pullens, J. W. M., Sharif, B., Trnka, M., Balek, J., Semenov, M. A., Olesen, J. E. 2019. Risk factors for European winter oilseed rape production under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* **272**:30 – 39.
- Salazar-Villanea, S., Bruininx, E. M. A. M., Gruppen, H., Hendriks, W. H., Carré, P., Quinsac, A., van der Poel, A. F. B. 2016. Physical and chemical changes of rapeseed meal proteins during toasting and their effects on in vitro digestibility. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. Available from [https://click.endnote.com/viewer?doi=10.1186%2Fs40104-016-0120-x&token=WzMwNzAwODYsIjEwLjEwMTYvai51bHRzb25jaC4yMDIwLjEwNTEzNiJd.39WBD0R\\_hjK3zA9CvZoAJOsBLCTs](https://click.endnote.com/viewer?doi=10.1186%2Fs40104-016-0120-x&token=WzMwNzAwODYsIjEwLjEwMTYvai51bHRzb25jaC4yMDIwLjEwNTEzNiJd.39WBD0R_hjK3zA9CvZoAJOsBLCTs) (accessed February 2021).
- Saleem, M., Ahmad, N., Ullah, R., Ali, Z., Mahmood, S., Ali, H. 2020. Raman Spectroscopy – Based Characterization of Canola Oil. *Food Analytical Methods* **13**:1292 – 1303.
- Shewry, P. R. 2007. Improving the protein content and composition of cereal grain. *Journal of Cereal Science* **46**:239 – 250.
- Scherer, P. 2018. Řepka olejka: plodina, nejvýznamněji se podílející na mortalitě srnčí zvěře. *Myslivost* **66**:32 – 35.
- Schwab, Ch. G., Ordway, R. S. 2009. Doplnění metioninu do krmné dávky. *Zemědělec* **17**:16 – 17.
- Siebers, M., Rohr, T., Ventura, M., Schutz, V., Thies, S., Kovacic, F., Jaeger, K. E., Berg, M., Dormann, P., Schulz, M. 2018. Disruption of microbial community composition and identification of plant growth promoting microorganisms after exposure of soil to rapeseed-derived glucosinolates. *PLOS One* **13**:1 – 29.
- Simbaya, J., Slominski, B. A., Guenter, W., Morgan, A., Campbell, L. D. 1996. The effects of protease and carbohydrase supplementation on the nutritive value of canola meal for poultry: In vitro and in vivo studies. *Animal Feed Science Technology* **61**:219 – 234.
- Skřivanová, V. 2001. Výživa a krmení brojlerových králíků. *Náš chov* **61**:14 – 17.

- Sterna, V., Zute, S., Brunava, L. 2016. Oat grain composition and its nutrition benefice. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* **8**:252 – 256.
- Strychalski, J., Juśkiewicz, J., Gugolek, A., Wyczling, P., Daszkiewicz, T., Zwoliński, C. 2014. Usability of rapeseed cake and wheat-dried distillers grains with solubles in the feeding of growing Californian rabbits. *Archives of Animal Nutrition* **68**:227 – 244.
- Suchý, P., Straková, E., Herzig, I. 2007. Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů: Část II – řepka a řepkové produkty. Výzkumný ústav živočišné výroby. Available from <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/04/Repka-2007.pdf> (accessed January 2021).
- Suchý, P., Straková, E., Herzig, I. 2009. Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů: Část III – hrách. Výzkumný ústav živočišné výroby. Available from <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/03/Hr%C3%A1ch-2009.pdf> (accessed February 2021).
- Šimek, M., Pajtaš, M., Dvořák, R., Šustala, M. 2001. Produkty z řepky olejné – alternativa masokostních mouček ve směsích pro dojnice. *Krmivářství* **5**:27 – 30.
- Tomičić, Z. M., Spasevski, N. J., Popović, S. J., Banjac, V. V., Đuragić, O. M., Tomičić, R. M. 2020. By-products of the oil industry as sources of amino acids in feed. *Food and Feed Research* **47**:131 – 137.
- Tůmová, E., Gardiánová, I. 2001. Potřeba aminokyselin pro slepice nosného typu. *Náš chov* **61**:42 – 43.
- Turner, T. D., McNiven, M. A. 2011. In vitro N degradability and N digestibility of raw, roasted or extruded canola, linseed and soybean. *Agricultural and Food Science* **20**:298 – 304.
- Tvrzník, P., Zeman, L., Herzig, I. 2008. Úvod do problematiky vztahu výživy a zdravotního stavu zvířat. Výzkumný ústav živočišné výroby. Available from <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/04/%C3%A9Avod-do-problematiky-vztahu-v%C3%BD%C5%BEivy-2008.pdf> (accessed February 2021).
- Vašák, J., Bečka, D., Mikšík, V. 2011. Řepka a produkce komodity olejnin. *Zemědělec* **19**:12 – 14.
- Velasco, L., Möllers, Ch. 2002. Nondestructive assessment of protein content in single seeds of rapeseed(*Brassica napus*L.) by near-infrared reflectance spectroscopy. *Euphytica* **123**: 89 – 93.
- Vetter, W., Darwisch, V., Lenhart, K. 2020. Erucic acid in Brassicaceae and salmon – An evaluation of the new proposed limits of erucic acid in food. *NFS Journal* **19**:9 – 15.
- Wan, L. S., Zhang, G., Zhang, J. F., Yan, G. H., Zhu, M., Ni, Z. B., Zhu, G. Y., Wang, A. M., Dai, J. Y., Sun, H. Q., Sun, M. F. 2018. Models of near infrared spectroscopy of fatty acid contents in rapeseed. *Journal of Food Process Engineering*. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpe.12876>(accessed February 2021).

- Woyengo, T. A., Sánchez, J. E., Yáñez, J., Beltranema, E., Cervantes, M., Morales, A., Zijlstra, R. T. 2016. Nutrient digestibility of canola co-products for grower pigs. *Animal Feed Science and Technology* **222**:7 – 16.
- Wu, Guoyao. 2013. *Amino acids – biochemistry and nutrition*. Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Yu, D., Huang, X., Zou, Ch., Li, B., Duan, J., Yin, Q. 2016. Isolation and identification of sinapine-degrading bacteria from the intestinal tract of laying hens. *Animal Nutrition*. **2**:57 – 62.
- Yun, H. M., Lei, X. J., Lee, S. I., Kim, I. H. 2018. Rapeseed meal and canola meal can partially replace soybean meal as a protein source in finishing pigs. *Journal of Applied Animal Research* **46**:195 – 199.
- Zelenka, J. 2016. Aminokyseliny ve výživě drůbeže. *Náš chov* **76**:48 – 50.
- Zelenka, J., Heger, J., Zeman, L. 2007. Doporučený obsah živin v krmných směsích a výživná hodnota krmiv pro drůbež. Ediční středisko Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity, Brno.
- Zhelyazkova, I., Lazarov, S. 2017. Comparative study of rapeseed, monofloral types and multifloral honey by some physico-chemical parameters. *Agricultural science and technology* **9**:277 – 281.
- Zhou, X., Beltranena, E., Zijlstra, R. T. 2016. Effects of feeding canola press-cake on diet nutrient digestibility and growth performance of weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology* **201**:208 – 215.
- Zukalová, H. Bečka, D., Vašák, J. 2006. KVALITA OLEJNIN - I. ŘEPKA OZIMÁ. Sborník z konference „Prosperující olejniny“ [online]. Česká zemědělská univerzita. Available from [http://konference.agrobiologie.cz/2006-12-13/17\\_zukalova\\_becka\\_vasak\\_czu.pdf](http://konference.agrobiologie.cz/2006-12-13/17_zukalova_becka_vasak_czu.pdf) (accessed January 2021).
- Zukalová, H., Vašák, J. 2001. Kvalita řepky, šrotů a pokrutin. *Krmivářství* **5**:20 – 22.



