

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra speciální zootechniky**



**Sledování oxidační stability hřbetního tuku ve vztahu  
ke zdroji nenasycených mastných kyselin v krmné dávce**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Bezděková Pavla**

**Vedoucí práce: Ing. Okrouhlá Monika, Ph.D.**

© 2016 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma "Sledování oxidační stability hřbetního tuku ve vztahu ke zdroji nenasycených mastných kyselin v krmné dávce" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí 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 8.4.2016

---

Bezděková Pavla

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala své vedoucí diplomové práce Ing. Monice Okrouhlé, Ph.D. za skvělé vedení při psaní diplomové práce, mému snoubenci Marku Haužvicovi za pomoc při grafické úpravě a mým rodičům za podporu při studiu.

# Sledování oxidační stability hřbetního tuku ve vztahu ke zdroji nenasycených mastných kyselin v krmné dávce

## Souhrn

Vepřové maso je složeno ze 46 - 49 % mononenasycených mastných kyselin, 40 % nasycených mastných kyselin a 8 - 12 % polynenasycených mastných kyselin. Složení mastných kyselin ovlivňuje pevnost tkání, jejich trvanlivost a kvalitu (především chuť). Vývoj tukových tkání je charakterizován hyperplazií a hypertrofií tukových buněk. Kvalita tukové tkáně souvisí s mastnými kyselinami.

Bylo sledováno 72 zvířat (36 vepříků a 36 prasniček). Prasata byla rozdělena na 2 pokusné skupiny s 4 % doplňkem oleje (řepkový, sójový) a jednu kontrolní skupinu, která byla bez přídavku oleje. Zvířata byla krmena ad libitum kompletními krmnými směsmi (KKS), a to po celou dobu výkrmu. V kontrolních i pokusných skupinách byly využity krmné směsi pro předvýkrm (P1) a výkrm (P2). Prasatům, která byla v pokusných skupinách, byl přidáván do krmné směsi P2 olej (řepkový nebo sójový), a to 6 týdnů před porážkou. V každé skupině bylo hodnoceno 6 kusů zvířat. Odběr vzorků byl proveden ze hřbetního tuku, vzorky byly homogenizovány a podrobeny chemickým rozborům za účelem stanovení mastných kyselin a oxidační stability.

Z výsledků měření bylo zjištěno, že řepkový olej obsahoval vyšší zastoupení MK, a to SFA, MUFA, n-3 PUFA a vyšší poměry S/P a M/P oproti sójovému oleji, ten naopak obsahoval více PUFA, n-6 PUFA, n-6/n-3 a M/P. U prasniček bylo vyšší zastoupení SFA v tuku ze sójového oleje a vepřící měli více SFA z oleje řepkového.

Oxidační stabilita hřbetního tuku měla rostoucí tendenci. Vepřící měli vyšší oxidační stabilitu tuku u řepkového oleje oproti sójovému, a prasničky měly vyšší hodnoty oxidační stability tuku u sójového oleje. Naměřené hodnoty u kontrolní skupiny byly nižší v oxidační stabilitě 0 oproti olejům (řepkový, sójový), ale v oxidační stabilitě 3 a 5 byly nejvyšší.

**Klíčová slova:** oxidační stabilita, hřbetní tuk, nenasycené mastné kyseliny, prase

# **Monitoring of the backfat oxidative stability in relation to the source of unsaturated fatty acids in the feeding ration**

## **Summary**

Pork is composed of 46 - 49 % of monounsaturated fatty acids, 40 % saturated fatty acids and 8 - 12 % of polyunsaturated fatty acids. The composition of fatty acids affects the strength of the tissues, their shelf life and quality (mainly taste). The development of fat tissues is characterized by hyperplasia and hypertrophy of fat cells. The quality of the adipose tissue associated with fatty acids.

Monitored was 72 animals (36 of these pigs and 36 gilts). Pigs were divided into 2 experimental groups with 4 % addition of oil (rapeseed, soybean) and one control group, which was without the addition of oil. The animals were fed ad libitum complete feed mixtures, and for the whole period of fattening. In the control and experimental groups were used to compound feed for before fattening (P1) and fattening (P2). The pigs, which were in the experimental groups, was added to the feed mixture P2 oil (rapeseed or soybean), and 6 weeks before slaughter. In each group was assessed in 6 animals. Sampling was conducted from the backfat samples were homogenized and subjected to chemical analysis for the determination of fatty acids and oxidative stability.

From the measurement results, it was found that rapeseed oil contained a fatty acids SFA, MUFA, n-3 PUFAs and higher ratios of S/P, M/P. Compared to the soybean oil contained more PUFA, n-6 PUFA, n-6/n-3 and M/P. In gilts was higher proportion of SFA in the fat of soybean oil and pigs to have more SFA from the oil of rapeseed.

Oxidative stability of backfat increased tendencies. Pigs had a higher oxidative stability of the fat in rapeseed oil compared to soybean, and gilts had higher values of oxidative stability of the fat in soybean oil. The measured values in the control group were lower in the oxidative stability of 0 compared to oils (rapeseed, soybean), but in the oxidative stability of 3 and 5 days were the highest.

**Keywords:** oxidative stability, backfat, unsaturated fatty acids, pig

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1</b>   | <b>ÚVOD</b> .....  | <b>6</b>  |
| <b>2</b>   | <b>CÍL PRÁCE</b> .....                                       | <b>7</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>Hypotéza</b> .....  | <b>7</b>  |
| <b>3</b>   | <b>LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....                               | <b>8</b>  |
| <b>3.1</b> | <b>Tuky</b> .....  | <b>8</b>  |
| 3.1.1      | Glyceroly.....   | 8         |
| 3.1.1.1    | <b>Fosfolipidy</b> .....                                     | 9         |
| 3.1.2      | Sfingolipidy .....   | 9         |
| 3.1.3      | Cholesterol (steroly).....                                   | 9         |
| 3.1.4      | Prenol lipidy.....   | 9         |
| <b>3.2</b> | <b>Mastné kyseliny</b> .....                                 | <b>10</b> |
| 3.2.1      | Nasycené mastné kyseliny.....                                | 11        |
| 3.2.2      | Nenasycené mastné kyseliny .....                             | 12        |
| 3.2.2.1    | <b>Mononenasycené mastné kyseliny</b> .....                  | 12        |
| 3.2.2.2    | <b>Polynenasycené mastné kyseliny</b> .....                  | 13        |
| 3.2.2.2.1  | <b>Omega-3 mastné kyseliny</b> .....                         | 13        |
| 3.2.2.2.2  | <b>Omega-6 mastné kyseliny</b> .....                         | 14        |
| <b>3.3</b> | <b>Anatomie trávicího traktu</b> .....                       | <b>16</b> |
| 3.3.1      | Monogastří .....   | 16        |
| 3.3.2      | Polygastří .....   | 17        |
| <b>3.4</b> | <b>Antioxidanty</b> .....                                    | <b>18</b> |
| <b>3.5</b> | <b>Oxidační stabilita</b> .....                              | <b>19</b> |
| <b>3.6</b> | <b>Faktory ovlivňující zastoupení mastných kyselin</b> ..... | <b>20</b> |
| 3.6.1      | Výživa .....   | 21        |
| 3.6.2      | Tuky v krmné dávce.....                                      | 22        |
| 3.6.3      | Krmivo a zdroje mastných kyselin .....                       | 23        |
| 3.6.3.1    | <b>Kukuřičný olej</b> .....                                  | 23        |
| 3.6.3.2    | <b>Sójový olej</b> .....                                     | 24        |
| 3.6.3.3    | <b>Řepkový olej</b> .....                                    | 24        |
| 3.6.3.4    | <b>Lněný olej</b> .....                                      | 24        |
| 3.6.3.5    | <b>Slunečnicový olej</b> .....                               | 25        |
| 3.6.3.6    | <b>Olivový olej</b> .....                                    | 26        |
| 3.6.3.7    | <b>Rybí tuk</b> .....  | 26        |
| <b>4</b>   | <b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST</b> .....                             | <b>27</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Materiál</b> .....  | <b>27</b> |
| 4.1.1      | Zvířata.....   | 27        |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 4.1.2      | Výživa .....                           | 27        |
| <b>4.2</b> | <b>Metodika .....</b>                  | <b>29</b> |
| 4.2.1      | Stanovení mastných kyselin .....       | 29        |
| 4.2.2      | Stanovení oxidační stability .....     | 30        |
| <b>4.3</b> | <b>Statistické vyhodnocení .....</b>   | <b>30</b> |
| <b>5</b>   | <b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>        | <b>32</b> |
| <b>6</b>   | <b>ZÁVĚR .....</b>                     | <b>44</b> |
| <b>7</b>   | <b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>  | <b>45</b> |
| <b>8</b>   | <b>SEZNAM TABULEK .....</b>            | <b>47</b> |
| <b>9</b>   | <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b> | <b>48</b> |

## 1 Úvod

Vepřové maso je složeno ze 46 - 49 % mononenasycených mastných kyselin (zejména kyselina olejová), 40 % nasycených mastných kyselin a 8 - 12 % polynenasycených mastných kyselin (kyselina linolová). Maso z monogastrických zvířat má vyšší poměr n-6/n-3 ve srovnání s přežvýkavci. Mastné kyseliny jsou zapojeny do různých „technologických“ hledisek jakosti masa. Složení mastných kyselin ovlivňuje pevnost tkání, jejich trvanlivost a kvalitu (především chuť). Obecně platí, že vysoký poměr SFA : PUFA, zlepšuje kvalitu masa, i když to může mít negativní dopad na nutriční hodnotu masa.

Kvalita masa je posuzována podle barvy, šťavnatosti, jemnosti, mramorování masa (obsah intramuskulárního tuku), vaznosti, chutě a vůně. Barva masa, pH, elektrická vodivost a vaznost se zjišťují fyzikálními metodami. Tyto metody jsou objektivní a měří se pomocí přístrojů. Také kvalita tuku patří mezi hlavní smyslové atributy ovlivňující spotřebitele.

Váha při narození selete ovlivňuje jeho postnatální vývoj a obsah tuku v jatečně upraveném těle. Snižuje se nárůst svalové hmoty a může mít také negativní vliv na kvalitu masa, jako je pH nebo zbarvení masa.

Vývoj tukových tkání je charakterizován hyperplazií a hypertrofií tukových buněk. Kvalita tukové tkáně (z hlediska nutriční hodnoty, organoleptických vlastností a vlastností při uchování a zpracování) souvisí s mastnými kyselinami.

Stabilita jatečně upraveného těla při skladování může být ovlivněna nenasycenými tuky v tkáních. Proto by se měla sledovat oxidační stabilita, aby nedocházelo k přeměně lipidů a následnému žluknutí. Vlivem oxidace může dojít k jinému zbarvení masa, tuku. K měření oxidační stability je používána reakce malondialdehydu (MDA) s thiobarbitourovou kyselinou (TBA).



## 2 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo sledovat oxidační stabilitu v hřbetním tuku v závislosti na rozdílném zastoupení nenasycených mastných kyselin v krmné dávce.

### 2.1 Hypotéza

Lze předpokládat, že rozdílná skladba nenasycených mastných kyselin v krmné dávce má vliv na oxidační stabilitu tuku.

### 3 Literární přehled

#### 3.1 Tuky

Dříve byly tuky ve výživě považovány jen za zdroj kalorií. V roce 1929 bylo studiem zjištěno, že tuky nemusí být jen jako zdroj kalorií, ale jsou také velmi důležité jako nosiče vitaminů rozpustných v tucích a mají vlastní specifickou výživnou hodnotu (Catalá, 2013). Flanders a Gillespie (2010) uvádějí u tuků 2,25 krát vyšší energetickou hodnotu než mají sacharidy. Tuky jsou tvořeny z mastných kyselin a chemicky jsou složeny z uhlíku, vodíku a kyslíku. Jejich funkce je zajišťování energie a tělesného tepla. Při pokojové teplotě jsou tuky pevné. Živočišné produkty a rostlinné oleje jsou získávány z tuků (Wang et al., 2013).

V krmivech pro zvířata jsou tuky nejdůležitějším zdrojem energie a zvířata je snadno stráví (Flanders a Gillespie, 2010). Krmiva rostlinného původu z kukuřice, ovesa a pšenice obsahují 1,8 – 4,4 % tuku. Výrobky z obilovin, mezi které řadíme např. sušené pivovarské vločky, moučku, kukuřičný lepek se procento tuku pohybuje od 1,1 – 8,2. Největší rozmezí procenta tuku mají živočišné a rostlinné koncentráty 1 – 10,2 % (Flanders a Gillespie, 2010).

Mezi mechanismy, které určují ukládání tuků, patří syntéza mastných kyselin, syntéza triacylglycerolu a odbourávání lipidů (Huang et al., 2008). V jatečně upraveném těle prasete po porážce je obsaženo 200 – 250 g tuku/kg (Lizardo et al., 2002).

##### 3.1.1 Glyceroly

Do skupiny glycerolů patří estery glycerolu (acylglyceroly) a zahrnují tri-, di-, a monoacylglyceroly. Triacylglyceroly můžeme najít ve formě oleje ze semen, anebo jako tuky v živočišných tkáních. Největší část triacylglycerolů se skládá z nasycených mastných kyselin (SFA) a mononenasycených mastných kyselin (MUFA). Polynenasycené mastné kyseliny (především kyselina linolová a linolenová) v triacylglycerolech se mohou pohybovat mezi 2-30 g/ 100 g celkové mastné kyseliny. Glycerolfosfolipidy jsou součástí buněčných membrán a vyskytují se v olejích. Mohou být významným zdrojem esenciálních mastných kyselin (Ratnayake a Galli, 2009).

## 3.1.1.1 Fosfolipidy

Fosfolipidy se vyznačují vysokým obsahem PUFA (20 - 25 % z celkového obsahu mastných kyselin ve fosfolipidech), reprezentované především dlouhými řetězci mastných kyselin s 18, 20 a 22 atomy uhlíků a dvěma až šesti dvojnými vazbami. PUFA podíl fosfolipidů je přísně kontrolován enzymatickým systémem, skládající se z desaturace a elongace, zodpovědný za přeměnu kyseliny linolové, tak i kyseliny linolenové a jejich dlouhých řetězců metabolitů (Raes et al., 2004). Svaly, které jsou více oxidovány, obsahují vyšší podíl fosfolipidů vzhledem k vyššímu počtu mitochondrií.

## 3.1.2 Sfingolipidy

Sfingolipidy obsahují nasycené a mononenasycené mastné kyseliny s délkou řetězce od 14 do 26 atomů uhlíků. Je zde známý Acetylkoenzym (CoA). Sfingolipidy jsou součástí buněčných membrán. Velké změny v profilu mastných kyselin v buněčné membráně mohou zapříčinit membránové vlastnosti a jiné fyziologické funkce (Martin et al., 2008).

## 3.1.3 Cholesterol (steroly)

Tuky živočišného původu, zelenina a oleje obsahují steroly. Cholesterol je hlavní živočišný tuk sterolů a také se nachází v rostlinných olejích ve stopovém množství. Je důležitou součástí membránových lipidů.

Ratnayake a Galli (2009) uvádí, že steroly rostlinného původu se dělí na rostlinné steroly a fytoosteroly. Mezi rostlinné steroly patří sitosteroly, campesteroly a stigmasteroly. Většina rostlinných olejů obsahuje 0,2 – 1 % sterolů. Rafinace rostlinných olejů odstraňuje až 40 % sterolů. U živočichů nalezneme steroly ve formě žlučových kyselin, které jsou syntetizovány z cholesterolu v játrech.

## 3.1.4 Prenol lipidy

Prenol lipidy jsou tvořeny z isoprenoidů, a jsou klasifikovány podle počtu terpenových jednotek. Struktury, které obsahují 40 uhlíků a více, nazýváme polyterpeny. Do jednoduchých

isoprenoidů patří karotenoidy, které jsou důležité jako antioxidanty a některé karoteinody jsou prekurzory vitamínu A (Ratnayake a Galli, 2009).

### 3.2 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny přítomné v různých lipidových molekulách jsou hlavní složkou tuků v potravě. V těle jsou uloženy jako triacylglyceroly a jsou důležitým zdrojem uložené energie (Wang et al., 2013). Mají velmi odlišné body tání, např. kyselina stearová se rozpouští v 69,6 °C, kyselina olejová v 13,4 °C, kyselina linolová v 5 °C a kyselina  $\alpha$ -linolenová v 11 °C (Wood et al., 2003).

Změny v jejich složení mívají významný vliv na tvrdost nebo měkkost tuku v mase, zejména v podkoží a intermuskulárním (kostra, tuky), ale i v intramuskulárním tuku. Mastné kyseliny jsou přítomny v intramuskulární tukové tkáni a ve svalových vláknech (Raes et al., 2004). Skupiny tukových buněk, které obsahují ztužený tuk s vysokým bodem tání, jsou běžejší než tukové buňky, které obsahují tekutý tuk. Barva tuku je další aspekt kvality tuku (Wood et al., 2008).

Dlouhé řetězce mastných kyselin metabolismu jsou řízeny komplexním enzymatickým systémem, skládající se z desaturace a elongace. Tyto enzymy působí i na  $\omega$ -6 a  $\omega$ -3 mastné kyseliny, ale mají preference pro  $\omega$ -3 (Juárez et al., 2010).

Jsou tvořeny uhlovodíkovými řetězci, na jedné straně karboxylová skupina a na druhé straně methylová skupina. Dělí se na nasycené a nenasycené mastné kyseliny. Živočišné tuky obsahují vysoký podíl nasycených mastných kyselin. Naopak rostlinné oleje mají vyšší zastoupení nenasycených mastných kyselin (Wang et al., 2013).

Složení mastných kyselin v krmivu můžeme analyzovat pomocí plynové chromatografie. Obvykle jsou mastné kyseliny vyjádřeny v g/100 g celkové mastné kyseliny (Inserra et al., 2015).

### 3.2.1 Nasycené mastné kyseliny

Tyto mastné kyseliny obsahují pouze jeden uhlík, bez dvojně vazby. Většina nasycených mastných kyselin, které se vyskytují v přírodě, mají nerozvětvenou strukturu a sudý počet atomů uhlíků. Jejich obecný vzorec je R-COOH. Nasycené mastné kyseliny jsou charakteristické tím, že jsou nejméně chemicky reaktivní, tím pádem jsou stabilnější a mají delší trvanlivost než nenasyčené kyseliny. Jejich bod tání se zvyšuje s délkou řetězce. Kyselina kaprinová a mastné kyseliny s delším řetězcem jsou pevné při běžné pokojové teplotě (Ratnayake a Galli, 2009).

#### Dělení nasycených mastných kyselin

Nasycené mastné kyseliny se dělí podle délky řetězce:

- 1) **krátké** (méně než 6 atomů uhlíku): kyselina máselná, kapronová,
- 2) **střední** (6-12 atomů uhlíku): kyselina kaprylová, kaprinová a laurová,
- 3) **dlouhé** (14-20 atomů uhlíku): kyselina palmitová a stearová,
- 4) **velmi dlouhé** (více než 20 atomů uhlíku): kyselina behenová a lignocerová.

Kyseliny máselná a kapronová se vyskytují v mléčných tucích. V mléku, v tucích můžeme najít kyselinu kapronovou a kaprinovou, laurová je obsažena v kokosovém a palmojádrovém oleji.

V živočišných, rostlinných tucích a v mléce je přítomna nejčastěji vyskytující se kyselina palmitová. Mezi její hlavní zdroje patří palmový olej, bavlníkový olej, vepřové sádlo a hovězí lůj. Stearová kyselina je zastoupena v menší míře než kyselina palmitová a objevuje se v rostlinných tucích, např. v bambuckém nebo kakaovém másle. Dále stearová kyselina bývá zastoupena i v palmojádrovém oleji (Teye et al., 2006).

Jako poslední jsou mastné kyseliny s velmi dlouhým řetězcem a do této skupiny patří kyseliny behenová a lignocerová. Tyto kyseliny můžeme najít ve stravovacích tucích, arašíděch a ve slunečnicovém oleji (Ratnayake a Galli, 2009).

Alvarenga et al. (2014) uvádějí, že porodní hmotnost může mít vliv na profil mastných kyselin. Dospěli k závěru, že vyšší obsah tuku zvyšuje tvorbu nasycených mastných kyselin (hlavně C16:0 a C18:0) a v důsledku toho se snižuje obsah polynenasycených mastných kyselin.

U krmiva s konjugovanou kyselinou linolovou (CLA) bývá nárůst nasycených mastných kyselin, a to především kyseliny palmitové, stearové (Martin et al., 2008).

Nuernberg et al. (2005) uvádějí, že vyšší podíl nasycených mastných kyselin a nižší podíl PUFA ve svalu, hřbetním tuku a srdci je spojený s vyšším obsahem intramuskulárního tuku a vyšší hřbetní tloušťkou.

### 3.2.2 Nenasycené mastné kyseliny

Nenasycené mastné kyseliny mají na svém řetězci jednu nebo více dvojných vazeb (Catalá, 2013). Téměř všechny nenasycené mastné kyseliny se nachází v *cis* konfiguraci a jsou obvykle umístěny na 3., 6. nebo 9. atomu uhlíku. *Cis* konfigurace znamená, že vodíkové atomy připojené k dvojně vazbě jsou na stejné straně. Pokud jsou vodíkové atomy na opačných stranách je to tzv. *trans* konfigurace (Ratnayake a Galli, 2009).

Schopnost nenasycených mastných kyselin (zejména těch s více než dvěma dvojnými vazbami) rychle oxidovat, je důležitá především v regulaci trvanlivosti masa (Wood et al., 2003).

Nenasycené mastné kyseliny jsou děleny na MUFA a PUFA (Ratnayake a Galli, 2009).

#### 3.2.2.1 Mononenasycené mastné kyseliny

MUFA obsahují jednu dvojnou vazbu (Ratnayake a Galli, 2009). Do této skupiny patří kyselina palmitolejová, olejová, elaidová a eruková. Nejznámější je kyselina olejová, která je obsažena v olivovém, řepkovém a slunečnicovém oleji. Mononenasycené mastné kyseliny nejsou ovlivněny typem oleje přidaného do potravy, ale závisí na množství oleje (Marco et al., 2009).

Větší obsah MUFA pozitivně ovlivnily technologické kvality a oxidační stabilitu masa (Alvarenga et al., 2014). Wood et al. (2003) zjistili, že tuk od velmi tlustého dobytka je měkký, a to především v důsledku zvýšení kyseliny olejové.

### 3.2.2.2 Polynenasycené mastné kyseliny

PUFA obsahují více dvojných vazeb (Catalá, 2013). Mezi polynenasycené kyseliny jsou také řazeny  $\omega$ -3 a  $\omega$ -6 mastné kyseliny. Tyto mastné kyseliny vykazují větší náchylnost k oxidaci než MUFA.

U prasat, která byla krmena stravou s větším množstvím PUFA bylo ve hřbetním tuku obsaženo méně SFA tj. palmitové a stearové a naopak více kyseliny linolové a linolenové (Bryhni et al., 2002).

Na PUFA obsahu v jakékoliv tkáni závisí množství a struktura tuků v potravě, de novo syntéza mastných kyselin, míra konverze do jiných mastných kyselin a metabolitů, podíl oxidace za energii spotřeby (Nuernberg et al., 2005).

Existují různé typy mastných kyselin: eikosanoidy, mastné alkoholy, mastné aldehydy, mastné estery, amidy, nitrily, ethery a uhlovodíky. Eikosanoidy jsou odvozené od  $\omega$ -6 a  $\omega$ -3 polynenasycených mastných kyselin (Ratnayake a Galli, 2009).

#### 3.2.2.2.1 Omega-3 mastné kyseliny

Mastné kyseliny  $\omega$ -3 jsou podskupinou polynenasycených mastných kyselin. Do  $\omega$ -3 mastných kyselin jsou řazeny  $\alpha$ -linolenová, eikosapentaenová (EPA) a dokosahexaenová (DHA) kyselina. Nacházejí se v rybím tuku a v menším množství v rostlinných olejích.

Kyselina  $\alpha$ -linolenová je ovlivněna dobou krmení a typem tuku, do kterého je uložena (Martínez-Ramírez et al., 2014). Polynenasycené mastné kyseliny, jako eikosapentaenovou a dokosahexaenovou kyselinu, můžeme najít ve velkém množství v rybím tuku. PUFA a rybí tuk mají sníženou stabilitu při skladování a problémy s oxidací lipidů (Bryhni et al., 2002). Množství  $\omega$ -3 PUFA ve vepřovém mase závisí na množství tukové tkáně (Enser et al., 2000). Zvýšeným příjmem  $\alpha$ -linolové kyseliny se zvyšuje podíl EPA a DPA kyselin. DHA v mase roste pouze tehdy, jestliže je ve stravě prasat zahrnut rybí olej (Haak et al., 2008).

$\omega$ -3 polynenasycené mastné kyseliny (n-3 PUFA) jsou pro prasata prospěšné. Zvýšit koncentraci těchto mastných kyselin ve vepřové tkáni, lze krmením různých zdrojů tuků. Nuernberg et al, 2005 zjistili, že zvýšení  $\omega$ -3 mastných kyselin doprovází odpovídající snížení kyseliny arachidonové ve svalech a hřbetním tuku. Huang et al. (2008) uvádějí, jako zdroj  $\omega$ -3

PUFA, celé lněné semínko. Studie ukázaly, že zkrmování 100 g celého lněného semínka nebo 5 % lněného oleje, jako hlavního zdroje  $\omega$ -3 PUFA, může vést ke zvýšené koncentraci  $\omega$ -3 PUFA ve svalové a tukové tkáni, aniž by vznikly škodlivé účinky na růst, výkon a kvalitu masa.

Vysoká koncentrace PUFA ve svalové tkáni u prasat zvyšuje citlivost na oxidaci lipidů, naopak vysoká koncentrace vitamínu E ho snižuje. Nuernberg et al. (2005) uvádějí, že vysoké koncentrace PUFA mohou způsobit problémy u masa (výroba a prodej), protože tuk může být příliš měkký. Rey et al. (2006) zjistili, že venkovní chov umožňuje vyšší akumulace n-3 mastných kyselin, a to díky zvýšené aktivitě z desaturace a elongace enzymů. Venkovní chov také pozitivně ovlivňuje nutriční hodnotu masa, zejména zlepšuje složení mastných kyselin.

### 3.2.2.2 Omega-6 mastné kyseliny

Do skupiny  $\omega$ -6 mastných kyselin patří tři nejznámější kyseliny, a to kyselina linolová,  $\gamma$ -linolenová a arachidonová.

Konjugovaná kyselina linolová (CLA) má stejnou délku řetězce jako kyselina linolová, a je derivátem kyseliny linolové. Je absorbována a začleněna, jak v tucích, tak v membránových fosfolipidech. Vstřebávání konjugované kyseliny linolové závisí na podaném množství a také na délce příjmu. Můžeme ji nalézt ve vepřovém mase, ale i v jiných živočišných produktech. Konjugovaná kyselina linolová může vyvolat změny ve složení mastných kyselin u zvířat. Poměr SFA:USFA se zvyšuje s množstvím CLA. Hur et al. (2007) zjistili, že CLA mění poměr nasycených a nenasycených mastných kyselin (SFA:USFA), zejména poměr kyseliny palmitové : palmitoolejové a stearové : olejové.

Prasata, která byla krmena 1-5 % smíšenou CLA, měla zvýšené hladiny SFA a snížené hladiny USFA v intramuskulární tkáni (Hur et al., 2007) a v tukové tkáni (Lauridsen et al., 2005). Hur et al. (2007) dále zjistili, že prasnice krmena 2 % smíšené CLA měla ve hřbetním tuku za 35 dní zkrmování více kyseliny palmitové (g/100g lipidů) a méně kyseliny olejové.

Lauridsen et al. (2005) také uvádějí, že u prasat, která byla krmena CLA, bylo zjištěno lepší využití krmiva. Tato kyselina obohatila vepřové maso s CLA-stereoizomery s výsledkem celkově přidané hodnoty, a maso se mohlo stát potenciálně zdravějším produktem pro lidskou spotřebu. Dalším zjištěním bylo, že prasata krmena CLA vykazovala



tendenci ke snížení intramuskulárního cholesterolu, snížení celkové koncentrace cholesterolu a vysokodenzitního lipoproteinu (HDL).

Eder et al. (2005) zjistili, že potrava bohatá na obsah kyseliny linolové zvyšovala hladinu kyseliny linolové v tukové tkáni na úkor kyseliny olejové.

Nelze vyloučit, že střevní mikroorganismy prasat jsou schopni tvořit CLA z linolové kyseliny obsažené v dietních triacylglyceridech poté, co jsou hydrolyzované z pankreatické lipázy (Lauridsen et al., 2005).

Biologické účinky CLA izomerů jsou antikarcinogenní a anti-aterosklerotické. Imunitní systém zvířete se zvyšuje a tělesný tuk se snižuje. Prasata krmena CLA mají v těle méně tuku (zejména hřbetního tuku) než prasata, která jsou krmena krmivem bez CLA. Dále bylo zjištěno, že suplementace CLA vyvolává nebo podporuje apoptózu tukových buněk u prasat. Qi et al. (2014) se domnívají, že konjugovaná kyselina linolová by mohla uplatnit svou „anti-obezitní“ funkci, a alespoň částečně navodit apoptózu tukových buněk.

CLA může neutralizovat některá zdravotní rizika spojená s vyšší spotřebou SFA (Martin et al., 2008). V tukové vrstvě bylo CLA zvýšeno hlavně na úkor kyseliny linolové, kyseliny  $\alpha$ -linolenové a kyseliny arachidonové (Lauridsen et al., 2005).

Větší podíl kyseliny arachidonové v mase ve srovnání s lněným olejem nebo rybím tukem, zapříčiňuje inhibici  $\alpha$ -linolové kyseliny na protažení a desaturaci linolové kyseliny k jeho delšímu řetězci metabolitů. Dochází ke konkurenci mezi kyselinou arachidonovou a dlouhým řetězcem  $\omega$ -3 PUFA pro zabudování do fosfolipidů (Haak et al., 2008).

Huang et al. (2008) uvádějí, že při zkrmování lněného semínka se zvyšuje koncentrace kyseliny linolenové ve svalové tkáni a podkožním tuku u prasat. Zvýšení  $\omega$ -3 mastných kyselin bylo doprovázeno poklesem kyseliny arachidonové ve svalech a hřbetním tuku. Poměr n-6 : n-3 se výrazně snížil, došlo k nárůstu kyseliny  $\alpha$ -linolenové, EPA, DPA a k poklesu kyseliny arachidonové.

## 3.3 Anatomie trávicího traktu

### 3.3.1 Monogastři

**Dutina ústní** slouží k příjmu potravy a dochází zde k mechanickému zpracování. Mechanické rozmělnění je způsobeno zuby a jazykem. Prase má 44 trvalých zubů. Potrava se tedy v dutině ústní rozmělnjuje a mísí se slinami. Sliny obsahují enzym amylázu, která štěpí škrob. Jazyk je svalový orgán sloužící k posunu potravy v dutině ústní. Na povrchu jazyka se nacházejí bradavky nitkovité, houbovité a hrazené (Reece, 2011).

Z dutiny ústní přes hltan se dostává potrava do jícnu. **Jícen** je svalová trubice a spojuje hltan se žaludkem. Potrava a voda jsou posouvány peristaltickými vlnami směrem k žaludku. U prasete je kaudální část svaloviny jícnu z hladké svaloviny.

Monogastři mají jednoduchý žaludek. **Žaludek** slouží ke shromažďování a k přechodnému zadržení potravy. Je složen z česla, dna a těla žaludku. Na tyto tři části navazuje vrátník (pylorus), který vstupuje do dvanáctníku. Vnitřní povrch žaludku je pokryt sliznicí a žaludečními žlázami (hlavní, vedlejší, krycí) (Reece, 2011) Dále jsou zde vylučovány trávicí enzymy (slinné amylázy, pepsin, žaludeční lipáza). Může být zjištěna přítomnost kyseliny mléčné a těkavých mastných kyselin (Strathe et al., 2008).

Na žaludek navazuje **tenké střevo**. Skládá se z dvanáctníku, lačnicku a kyčelníku. Ke kličce dvanáctníku přiléhá slinivka břišní, která produkuje pankreatické trávicí šťávy. Dále se do dvanáctníku vylučuje žluč, tvořená v játrech. Vnitřní povrch je tvořen sliznicí z podslizniční vrstvy a hladké svaloviny. Hladká svalovina způsobuje, že střešní sliznice vytváří řasy. Řasy zvětšují vnitřní povrch střeva (Reece, 2011). V tenkém střevu probíhají enzymatické procesy. Lipidy vstupují do tenkého střeva jako lipidové kapénky o průměru menším než 0,5 mikrometrů. Lipidové kapénky působí na žlučové soli, kolipázy a lipázy slinivky břišní (Strathe et al., 2008).

**Tlusté střevo** je tvořeno ze slepého střeva, tračnicku (vzestupný, příčný a sestupný) a konečnicku. Potrava se zde fermentuje a vstřebává. Slepé střevo a tračník u prasete mají ve stěně výdutě (haustra), které mohou pojmout velké množství střevního obsahu. Dochází tak k delšímu zadržení tráveniny a jejímu intenzivnějšímu bakteriálnímu trávení (Reece, 2011). Strathe et al. (2008) uvádějí, že všechny degradace v tlustém střevě způsobují mikrobiální aktivitu. Lipidy jsou degradovány na mastné kyseliny. Mikrobiální metabolismus je řízen

enzymatickými procesy, kdy dochází k rozdělení polymerů na povrchu mikrobů a následnému přijímání do jejich buněk.

### 3.3.2 Polygastrii

Přežvýkavá zvířata mají jinou trávicí soustavu než nepřežvýkavá. Trávicí soustava je složena ze tří předžaludků a jednoho žaludku. Předžaludky jsou pojmenovány bachor, čepce, kniha a vlastní žaludek slez. V předžaludcích probíhá bakteriální fermentace.

**Bachor** je situován do levé části břišní dutiny a je rozdělen do dorzálních a ventrálních vaků. Žijí zde mikroorganismy (bakterie a prvoci). Bakterie a prvoci produkují těkavé mastné kyseliny (octová, propionová, máselná), oxid uhličitý a metan. Hlavní funkcí bachoru je neustále promíchávání potravy. Při dostatečném promíchání je potrava přemístěna kontrakcemi dorzálního vaku do čepce a odtud je vyvrhuta do dutiny ústní k přežvýkání, kde je po nějaké době opět spolknuta. Přežvykováním se potrava rozmělnuje na menší částice a tím se lépe mikrobiálně fermentuje. Triacylglyceroly se v bachoru hydrolyzují a vznikají glycerol a mastné kyseliny. Hydrolyzu způsobují bachorové mikroorganismy, glycerol je fermentován na kyselinu propionovou. Naopak mastné kyseliny putují do dvanáctníku, kde jsou tráveny. Některé nenasycené mastné kyseliny mohou být hydrogenovány na nasycené mastné kyseliny (Reece, 2011).

Beenchar et al. (2014) uvádějí, že metabolismus mastných kyselin v bachoru má zásadní vliv na profil mastných kyselin v mléčném tuku. Mastné kyseliny jsou metabolizovány a hydrogenovány v bachoru, což vede k široké škále meziproduktů. Pokud je v bachoru pH 5,8 – 6, bývá ohroženo trávení vlákniny a růst celulólytických bakterií.

Dále se potrava posouvá do čepce. **Čepce** je nejmenší část předžaludku, a působí jako pumpa. Tekutina se dostává z bachoru a zase zpět. S bachorem bývá spojen tzv. čepcobachorovým ústím a čepcoknihovým otvorem s knihou. Čepce má na starosti řízení řídkého obsahu bachoru do knihy a pumpuje potravu k česlu (Reece, 2011).

**Knih**a obsahuje tzv. listy a je poslední částí předžaludku. Reguluje přemístování potravy mezi čepcem a slezem. Přijatá potrava zde bývá trávena a resorbována (Reece, 2011).

Tukové tkáně přežvýkavců jsou přirozeně pevnější než u prasat. V první fázi výkrmu skotu se koncentrace SFA/UNSFA zvyšuje jako u prasat. Ovšem do určité úrovně a pak tento poměr klesá (Wood et al., 2003).

Gillespie a Flanders (2010) uvádějí, že ve slezu jsou emulgované tuky štěpeny žaludeční lipázou na glycerol a mastné kyseliny. Do slezu se dostávají i tuky, které nejsou emulgované.

Krmivo je posíláno dále do tenkého střeva, kde je nazýváno chym nebo-li zažitina. Zde bývá chym smíšen se třemi trávicími šťávami – pankreatickou, střevní šťávou a žlučí. Pankreatická šťáva je vylučována slinivkou břišní a obsahuje enzymy trypsin, pankreatickou amylázu, maltázu a také pankreatickou lipázu. Pankreatická lipáza štěpí tuky v krmivu.

Hlavní funkcí tlustého střeva je resorpce vody. Materiál, který není stráven a absorbován v tenkém střevě přechází do tlustého střeva.

### 3.4 Antioxidanty

Antioxidanty neutralizují (vychytávají) volné radikály (ROS). Mezi volné radikály se řadí, např. superoxid ( $O_2\bullet$ ), hydroxylový radikál ( $OH\bullet$ ), peroxy ( $ROO\bullet$ ). Antioxidanty se dělí na enzymatické (superoxiddismutáza – SOD, glutathionperoxidáza – GPx, glutathiontransferáza - GST) a neenzymatické (transferin, feritin, vitamin A, C, E, flavonoidy, koenzym  $Q_{10}$ , kyselina močová). SOD je obsažena ve všech buňkách, GPx obsahuje selen a je také ve všech buňkách, GST odstraňuje produkty při peroxidaci.

**Vitamin E** je nejznámější antioxidant. Chrání buněčné membrány, má vliv na jaterní detoxikaci a vychytává volné radikály. Hlavní účinek tohoto vitamínu je změnění  $O_2\bullet$ ,  $OH\bullet$  a radikálů peroxy lipidů na méně reaktivní formy. Přerušuje se řetězové reakce peroxidace lipidů.

Vitamin E a K řadíme do skupiny ubichinonů. Z nutričního hlediska je vitamin E velmi důležitou složkou. Vitamin E (tokoferol) je tvořen postranním řetězcem z 16 atomů uhlíků. Dělí se na dvě podtřídy tokoferoly a tokotriely. Tokotriely působí jako antioxidanty v potravinách. Tokoferol má funkci ochranou, chrání PUFA proti oxidaci. Ratnayake a Galli

(2009) uvádějí rostlinné oleje, ořechy a semena jako bohatý zdroj tokoferolů - zejména  $\alpha$ ,  $\beta$  a  $\gamma$  izomerů. Dále tento vitamin můžeme nalézt v listové zelenině a rybách.

Vitamin E je známý antioxidant s vysokou tkáňovou činností a je běžně přidáván do krmiva pro prasata. Jeho hlavní funkcí je zabránění lipidové oxidaci. Hladiny vitamínu E větší než 200 mg/kg mohou zpomalit rychlost oxidace lipidů v tkáni. Antioxidační enzymy metabolizují volné radikály generované během několika metabolických procesů. Pokud jsou antioxidanty ve stravě sníženy, zvyšují se oxidované molekuly, které mohou zapříčinit snížený výkon zvířete, ale i znehodnotit čerstvé maso. Antioxidanty v krmivu také snižují oxidaci bílkovin a zlepšují trvanlivost při zkrmování oxidovaného tuku. Boler et al. (2015) zjistili, že koncentrace vitamínu E v tkáních byla největší, když byl vitamin E doplněn do řepkového nebo rybího oleje. Dále zjistili, že do krmiva pro prasata byly doplněny syntetické antioxidanty, které měly chránit vitamin E před jeho snížením. Toto očekávání bylo splněno v břišním tuku, ale ne ve hřbetním tuku.

### 3.5 Oxidační stabilita

Oxidační stabilitu určujeme pomocí barvy masa a oxidace lipidů (Haak et al., 2008). TBA (thiobarbiturové kyseliny) test je používán k měření oxidační stability (Bryhni et al., 2002). TBARs pojem znamená, že látky jsou reaktivní s thiobarbiturovou kyselinou (Inserra et al., 2015). MDA (malondialdehyd) je primárně tvořen z oxidace mastných kyselin s tří nebo více dvojných vazeb, množství MDA roste se zvyšujícím se počtem dvojných vazeb (Martin et al., 2008).

Oxidaci poznáme podle toho, že maso má specifický zápach, který vyplývá z oxidace lipidů. Vlivem oxidace myoglobinu může dojít k jinému zbarvení masa (Haak et al., 2008; Inserra et al., 2015). Oxidace myoglobinu a následné hromadění metmyoglobinu jsou hlavními faktory ve změně barvy masa. Metmyoglobin zapříčiňuje nežádoucí hnědou barvu masa a jeho vznik může být způsoben oxidací lipidů (Boler et al., 2015).

Nižší oxidační stabilitu vykazují krmiva s nižší koncentrací vitamínu E a lněného oleje (Nuernberg et al., 2005).

Nenasycené tuky ve tkáních mohou ovlivnit stabilitu při skladování jatečně upraveného těla prostřednictvím oxidace, což vede k rozvoji peroxidace (přeměně lipidů) a žluknutí.

Peroxidace lipidů je hlavní příčinou zhoršení kvality svalové hmoty a může mít vliv na vlastnosti masa - chuť, barvu, texturu, nutriční hodnotu a bezpečnost potravin. Rovnováha mezi antioxidanty, prooxidanty a složením kosterních svalů ovlivňuje citlivost svalové oxidace lipidů (Nuernberg et al., 2005).

Krmné dávky, které obsahují oxidovaný olej, upřednostňují přítomnost oxidace v tkáních při měření lipidů a obsahu bílkovin, které ovlivňují oxidačně-antioxidační rovnováhu v tkáních. Jestliže je do krmiva přidán antioxidant, může částečně zlepšit negativní účinky krmení oxidovaného oleje a to snížením oxidace bílkovin a zlepšením trvanlivosti (Boler et al., 2015).

TBARs hodnoty z tuků vepřů krmených CLA, byly nižší (Joo et al., 2002). Proto by maso prasat, která jsou krmena CLA, mohlo být méně náchylné k oxidaci lipidů. Ovšem Marco et al. (2009) zjistili, že hodnoty TBARs z tuků prasat byly vyšší u 2 % CLA v krmné dávce. Jedním z hlavních důvodů vysvětlující vyšší naměřené hodnoty TBARs by mohly být různé PUFA zdroje v krmné dávce. Vysoce nenasycené PUFA v intramuskulárním tuku, jsou zvláště náchylné ke vzniku a šíření oxidace lipidů (Inserra et al., 2015).

Nuernberg et al. (2005) uvádějí, že TBARs koncentrace ve svalu byla významně vyšší u vepřů krmených lněným olejem, v porovnání s těmi, co byli krmeni olivovým olejem. Prasnice vykazaly vyšší zastoupení nenasycených mastných tuků ve svalech oproti vepřům.

Inserra et al. (2015) zjistili, nízké hodnoty TBARs, v 9 dnech skladování. Hodnoty se pohybovaly od 0,07 – 0,52 mg MDA/kg masa, to znamená, že maso prošlo nízkým oxidačním poškozením. Jako prahové hodnoty TBARs pro hodnocení žluklé chuti byly hlášeny hodnoty 0,5 – 1 mg MDA/kg masa.

### 3.6 Faktory ovlivňující zastoupení mastných kyselin

Velmi důležitou roli hraje pohlaví, věk, genotyp, ale především výživa. Prvním faktorem je pohlaví. Prasničkám se v těle ukládá více tuku než prasatům. Ovšem kastovaná zvířata mají predispozice k většímu ukládání tuku v těle než nekastrovaná.

Druhým důležitým faktorem je věk. Přibližně do 60 kg živé hmotnosti prasete je tuk ukládán málo a s přibývajícím kilogramy se ukládání zvyšuje.

Třetím faktorem je genotyp. Genotyp je definován jako konkrétní kombinace dědičných vloh, nebo také soubor všech genů jedince. Některá plemena přibírají v určitých částech těla více než jiná plemena.

Výživa by měla být faktorem číslo jedna. Nasycené mastné kyseliny v krmných dávkách u prasat mívají více negativních než pozitivních dopadů. Dochází k vyššímu zastoupení intramuskulárního tuku a vyšší tloušťce hřbetního tuku. Polynenasycené mastné kyseliny jsou v krmné dávce u prasat velmi často zastoupeny.

### 3.6.1 Výživa

Genotypy moderních prasat mají vysoký růstový potenciál a potřebují velké množství živin. Zvýšením tuků a olejů v krmivu, může dojít ke zvýšení příjmu energie. Lizardo et al. (2002) uvádějí, že použití rostlinných olejů zapříčiňuje tzv. měkký tuk a dochází ke zvyšování citlivosti na peroxidázu.

Je známo, že dlouhé řetězce PUFA ( $\omega$ -3,  $\omega$ -6 mastné kyseliny) jsou vyráběny podle stejných enzymů. U prasat krmených lněnými semínky jsou enzymy více zaměřené na syntézu kyseliny eikosapentaenové (EPA) a dokosapentaenové (DPA). Obsah intramuskulárního tuku je hlavním ukazatelem kvality vepřového masa. Huang et al. (2008) zjistili, zvýšený obsah intramuskulárního tuku vlivem zařazení lněného semínka do stravy.

Zvýšení  $\omega$ -3 PUFA zapříčiňuje snížení  $\omega$ -6 PUFA a nasycených mastných kyselin v mase prasat. Je prokázáno, že krmením lnu se zvyšuje kyselina linolová, kyselina  $\alpha$ -linolenová, EPA, DPA (Huang et al., 2008).

Martínez-Ramírez et al. (2014) uvádějí, že mastné kyseliny v profilu vepřového masa mohou být upraveny pomocí krmné dávky prasat s využitím  $\omega$ -3 PUFA zdrojů a to lněným nebo rybím olejem. Nicméně byly vyjádřeny obavy o negativní dopad zkrmování  $\omega$ -3 a  $\omega$ -6 PUFA na kvalitu stavby kostry a dále na některé ukazatele kvality vepřového masa jako je barva, jemnost, oddělení tuku, oxidační stabilitu během skladování a rybí chuť.

Kyselina linolová může být v rozmezí 120 – 150 g/kg a kyselina stearová maximálně 120 g/kg z celkových mastných kyselin (Lizardo et al., 2002).

Také bylo zjištěno, že pohlaví ovlivňuje složení mastných kyselin ve hřbetním tuku. U prasniček se ukládá více  $\omega$ -6 mastných kyselin a méně SFA (Juárez et al., 2010). Hromadění tuku v těle je mnohem vyšší v období 100 – 130 kg ve vztahu k hromadění svalové hmoty. Vyšší obsah tuku a nižší svalové procento u těžkých zvířat zapříčiňuje snížení svalové hmoty a produkční výkonnosti (Lauridsen et al., 2005).

Inserra et al. (2015) krmili prasata karobem a zjistili, že kyseliny olejová a  $\alpha$ -linolenová, n-3 PUFA a MUFA, byly vyšší ve svalu prasat krmených dietami, které byly doplněny o vlákninu z karobu (zde byl karob pouze jako doplněk diety). Naopak maso ze zvířat, která byla krmena dietou s obsahem 8 % - 15 % karobu (karob v krmivu zastoupen ve větším množství), mělo nižší zastoupení kyseliny myristové, palmitové, palmitolejová a linolové.

### 3.6.2 Tuky v krmné dávce

Obsah tuku v krmné dávce by neměl být příliš velký. U selat, v předvýkrmu a výkrmu je dávkování krmného tuku v rozmezí 0 - 5 %. Lněná semena a chia semínka jsou velmi bohatá na mastné kyseliny. Lněná semena jsou zkrmovaná především selatům a prasatům v předvýkrmu, v rozmezí 0 – 5 % v krmné dávce. Dalším zástupcem tuku může být rybí moučka. V rybí moučce je obsažen tuk, který je výborným zdrojem nenasycených mastných kyselin. Je zkrmována prasnicím březím (0 – 10 %) a kojícím (0 – 7 %), kancům (0 – 5 %) a chovným prasatům (0 – 5 %).

V krmné dávce u prasat velmi záleží na typu tuku. Tuk ovlivňuje složení mastných kyselin ve hřbetním tuku a kvalitu masa (Bryhni et al., 2002). Strava, která obsahuje více PUFA, má za následek vyšší hladiny PUFA ve hřbetním tuku a rychlejší žluknutí masa než krmivo s méně PUFA. Jestliže je v 1 kg krmiva 50 g PUFA, předchází se problémům během skladování a zpracování. U prasat, která jsou krmena MUFA stravou, v jejich tuku lze očekávat vyšší podíl MUFA a nižší podíl SFA (Martin et al., 2008). Obsah MUFA v intramuskulárním tuku se může zvýšit, ovšem jen když se doplňuje MUFA v dietě prasat.

Bryhni et al. (2002) doporučují krmit PUFA (kyselina linolová, jako hlavní PUFA) do 18 g/kg krmiva, což by mělo za následek maximálně 22 % PUFA ve hřbetním tuku. Dále poukazují na to, že vyšší zastoupení PUFA ve hřbetním tuku (23 %) vykazuje nežádoucí



oxidaci než např. 15 % PUFA. Haak et al. (2008) uvádějí, že krmivo s nižším zastoupením kyseliny linolové bude mít nižší podíl  $\omega$ -6 PUFA v mase.

V chia semínku je obsažena  $\alpha$ -linolenová kyselina. Při zvýšené dávce chia semínka v krmivu se zvyšuje obsah linolové kyseliny. Dále bylo zjištěno snížení palmitové a nasycených mastných kyselin. Chia se liší od ostatních zdrojů  $\omega$ -3 mastných kyselin tím, že obsahuje několik sloučenin s antioxidační aktivitou. V několika případech bylo uvedeno, že přidáním sloučenin s antioxidanty vede ke zlepšení chuti vepřového masa (Coates a Ayerza, 2015).

### 3.6.3 Krmivo a zdroje mastných kyselin

Oleje se řadí do tuků a patří mezi energetické živiny. Při pokojové teplotě se stávají kapalnými. Je to velmi důležitá součást krmiva, protože obsahuje nenasycené mastné kyseliny. Jeho funkcí je spojení krmných komponentů dohromady. Převážně se zkrmuje ve formě oleje, nejčastěji řepkového.

Výsledky Teye et al. (2006) ukázaly, že palmojádrový a palmový olej, na určité úrovni začlenění, jsou vhodnými krmnými přísadami a potenciálně užitečné zdroje energie pro prasata, a mohou být použity bez nepříznivých účinků na růst a kvalitu jatečně upraveného těla.

#### 3.6.3.1 Kukuřičný olej

Kukuřičný olej obsahuje méně než 1 % kyseliny linolenové (Raes et al., 2004).

Rostlinné oleje s nenasycenými mastnými kyselinami, např. kukuřičný olej, jsou náchylnější k oxidaci lipidů. Oxidace lipidů může zvyšovat tvorbu volných radikálů v oleji, který je přítomen ve stravě. Jestliže je prase krmeno oxidovanou dietou, jeho výkon může být snížen. Oxidace kukuřičného oleje snížila koncentraci kyseliny olejové a kyseliny linolové, a naopak zvýšila koncentraci kyseliny palmitové. Boler et al. (2015) uvádějí, že prasata krmena čerstvým kukuřičným olejem měla vyšší zastoupení mastných kyselin ve hřbetním tuku.

### 3.6.3.2 Sójový olej

Sójový olej je používán jako tukový zdroj s relativně vysokými koncentracemi PUFA. Prasata, krmena sójovým olejem, měla ve svalech vyšší zastoupení kyseliny linolové a nižší hladiny kyseliny olejové. Nejnižší koncentrace vitamínu E byla v krmivu se sójovým olejem. Vepři, kteří byli krmeni sójovým olejem, měli 1,8x vyšší koncentraci PUFA.

Eder et al. (2005) zjistili, že zvýšená koncentrace vitamínu E snižuje tvorbu oxysterolů (oxidačních produktů cholesterolu) ve svalech prasat. Na tvorbu oxysterolů reagují také PUFA a to zvýšenou citlivostí produktů z vepřového masa, zvláště jestliže je nízká koncentrace vitamínu E.

Prase před porážkou má obsah oxysterolů ve svalech nízký. Naopak v tepelně zpracovaném vepřovém masu se výrazně zvyšuje jeho koncentrace. Eder et al. (2005) uvádějí, že prasata, která přijímala v krmivu nízké zastoupení PUFA a vyšší koncentrace vitamínu E, se lépe tepelně opracovávala a zpracovávala na masné produkty. Příčinou byl vznik oxysterolů.

### 3.6.3.3 Řepkový olej

V řepkovém oleji je obsaženo asi 7 - 11 % kyseliny linolenové, ale poukazuje se také na velké zastoupení kyseliny linolové. Řepkový olej má ovšem nízký dopad na  $\omega$ -3 mastné kyseliny v intramuskulárním tuku ve srovnání s lněným olejem (Raes et al., 2004).

Kralik et al. (2006) zjistili, že přidáváním řepkového oleje do krmiva pro prasata se zvyšuje obsah DHA ve svalové tkáni.

### 3.6.3.4 Lněný olej

Lněný olej je komerční alternativou k rybímu oleji. Je zdrojem  $\omega$ -3 mastných kyselin a obsahuje asi 60 % kyseliny  $\alpha$ -linolenové. Raes et al. (2004) uvádějí ve lněném oleji 53 % kyseliny linolenové. Tato kyselina je přednostně začleněna do hřbetního tuku. U vepřů je to 18,8 % a u prasnic 19 % (Nuernberg et al., 2005). Lněný olej je tvořen z PUFA. Krmení extrahovatelným lněným olejem poskytuje nejvíce stravitelné esenciální kyseliny  $\alpha$ -

linolenové, ale bývá poměrně nákladné. Juárez et al. (2010) zjistili, že zkrmuje-li se 4 % lněného oleje prasatům, ve hřbetním tuku dosahují  $\omega$ -3 mastné kyseliny 13,5 %. Nuernberg et al. (2005) uvádějí, že 3 % lněného oleje v krmné dávce zvyšují denní zisk rostoucích prasat a vyvolávají zvýšení tukové tkáně. Jestliže jsou prasata krmena lněným olejem, enzymy jsou více zaměřeny na syntézu z EPA a DPA, ale ne z DHA. Z toho vyplývá, že zařazení kyseliny linolenové do diety může zvýšit dlouhé řetězce  $\omega$ -3 mastných kyselin.

Juárez et al. (2010) zjistili, že zkrmování 15 % lněného semínka po dobu 4 týdnů nemělo žádný vliv na zastoupení  $\omega$ -3 mastných kyselin ve hřbetním tuku. Ovšem pokud se len zkrmoval v menším zastoupení - 5 % po dobu (12 týdnů),  $\omega$ -3 kyseliny byly ve hřbetním tuku vyšší.

Obecně platí, že zvyšuje-li se PUFA, dochází ke snížení SFA nebo MUFA. Úroveň SFA při zkrmování 10 % a 15 % extrudovaného lnu pouze mírně klesá. Efektivnější je kratší doba krmení s vyšším procentním zastoupením lnu než delší doba krmení s nižší úrovní dietního lnu (Juárez et al., 2010).

Vývoj  $\omega$ -3 mastných kyselin pro obohacení ve hřbetním tuku je velmi důležitý pojem, kdy se snaží mastné kyseliny dosáhnout určité úrovně obohacení pro konkrétní hmotnost prasete. Míra obohacení a doba trvání je však ovlivněna úrovní lnu a výchozí vahou prasat. Rychlost ukládání tuku je vyšší u těžších prasat a těžší prasata mají také více tělesného tuku k ředění n-3 mastných kyselin pocházejících ze lnu (Juárez et al., 2010).

### 3.6.3.5 Slunečnicový olej

Slunečnicový olej obsahuje kyselinu palmitovou, stearovou, olejovou a nejvíce kyselinu linolovou. Marco et al. (2009) uvádějí kyseliny palmitovou a stearovou jako nejhojnější kyseliny ve slunečnicovém oleji. Dále zjistili, že u prasat krmených slunečnicovým olejem bylo vyšší množství CLA ve vepřovém mase. Slunečnicový olej jako komponent v krmné dávce je levnější varianta než CLA. Prasata krmena CLA mají nižší zastoupení PUFA:SFA v tuku než prasata, která jsou krmena slunečnicovým olejem.

### 3.6.3.6 Olivový olej

Olivový olej je zdrojem MUFA a způsobuje snížení PUFA. Krmení olivovým olejem zvyšuje hladiny kyseliny olejové, např. ve hřbetním tuku je to u vepřů 49,5 % a u prasnic 51,1 % (Nuernberg et al., 2005).

### 3.6.3.7 Rybí tuk

Rybí tuk obsahuje dlouhé řetězce  $\omega$ -3 PUFA (Haak et al., 2008). Raes et al. (2004) zjistili, že rybí olej nebo moučka zvyšují depozice DHA. V rybím tuku jsou obsaženy kyseliny EPA a DHA (Wood et al., 2003).

### 4 Experimentální část

#### 4.1 Materiál

##### 4.1.1 Zvířata

Výkrm prasat pro výzkum byl proveden v pokusné a testační stanici prasat v Ploskově u Lán. Bylo sledováno 72 zvířat (36 vepříků a 36 prasniček) finální hybridní kombinace DanBred. Prasata byla 69 dní stará a jejich hmotnost se pohybovala okolo 29,2 kg. Ustájena byla v kotech po dvou kusech stejného pohlaví.

Zvířata po ukončení výkrmu byla porážena ve věku 152 dnů a průměrné živé hmotnosti 115,8 kg.

##### 4.1.2 Výživa

Prasata byla rozdělena na 2 pokusné skupiny s 4 % doplňkem oleje (řepkový, sójový) a jednu kontrolní skupinu, která byla bez přídavku oleje. Prasata byla krmena ad libitum kompletními krmnými směsmi (KKS), a to po celou dobu výkrmu. V kontrolních i pokusných skupinách byly využity krmné směsi pro předvýkrm (P1) a výkrm (P2). Směs P1 je určena pro mladá rostoucí prasata, která potřebují kvalitní směs s vysoce koncentrovanými živinami. Naopak KKS P2 je zkrmována prasatům před porážkou. Směs obsahuje méně energie a nižší koncentraci všech živin.

Krmná směs P2 byla zkrmována posledních 42 dnů výkrmu. Prasatům, která byla v pokusných skupinách, byl přidáván do krmné směsi P2 olej (řepkový nebo sójový), a to 6 týdnů před porážkou. V každé skupině bylo hodnoceno 6 kusů zvířat. Odběr vzorků byl proveden ze hřbetního tuku v úrovni 2 – 3 krčního obratle. Vzorky byly homogenizovány a podrobeny chemickým analýzám.

**Tabulka 1:** Živinové složení krmiva v kontrolní a pokusné skupině.

| Položky                     | Kontrolní skupina |           | Pokusná skupina |           |
|-----------------------------|-------------------|-----------|-----------------|-----------|
|                             | P1                | P2        | P1              | P2        |
| Průměrná živá hmotnost (kg) | 29 - 66           | 66 - 116  | 29 - 66         | 66 - 116  |
| Věk prasat (dny)            | 69 - 110          | 111 - 152 | 69 - 110        | 111 - 152 |
| Komponenty (g/kg)           |                   |           |                 |           |
| Ječmen                      | 500               | 270       | 500             | 620       |
| Pšenice                     | 313               | 610       | 313             | 200       |
| Sójová moučka               | 150               | 90        | 150             | 110       |
| Premix pro výkrm            | 30                | 30        | 30              | 30        |
| Monokalciumpfosfát          | 7                 | -         | 7               | -         |
| Tuk                         | -                 | -         | -               | 40        |
| Chemické složení (%)        |                   |           |                 |           |
| Sušina (%)                  | 87,6              | 87,3      | 87,6            | 88,1      |
| Hrubý protein (%)           | 16,4              | 14,8      | 16,4            | 14,5      |
| Tuk (%)                     | 1,8               | 1,8       | 1,8             | 5,7       |
| Hrubá vláknina (%)          | 3,7               | 1,8       | 3,7             | 3,8       |
| Škrob (%)                   | 45,4              | 50,8      | 45,4            | 44,6      |
| ME (MJ/kg)                  | 13,2              | 13,6      | 13,2            | 13,9      |
| Lysin/MEp                   | 0,73              | 0,60      | 0,73            | 0,62      |
| Aminokyseliny (g/kg)        |                   |           |                 |           |
| Lysin                       | 9,64              | 8,07      | 9,64            | 8,55      |
| Methionin                   | 2,95              | 2,81      | 2,95            | 2,67      |
| Threonin                    | 6,24              | 5,39      | 6,24            | 5,57      |
| Tryptofan                   | 2,06              | 1,74      | 2,06            | 1,86      |
| Síra                        | 6,01              | 5,80      | 6,01            | 5,38      |
| Glycin                      | 6,59              | 6,04      | 6,59            | 5,74      |

Poznámka: P1 = předvýkrm, P2 = výkrm, ME = metabolizovatelná energie

**Tabulka 2:** Složení mastných kyselin v dietě ve 2. fázi výkrmu.

| Mastné kyseliny [%]            | kontrolní skupina |              | pokusná skupina |  |
|--------------------------------|-------------------|--------------|-----------------|--|
|                                | kontrola          | řepkový olej | sójový olej     |  |
| C14:0, myristová               | 0                 | 0,06         | 0,17            |  |
| C16:0, palmitová               | 19,77             | 9,36         | 14,16           |  |
| C16:1, palmitolejová           | 0                 | 0,2          | 0,1             |  |
| C18:0, stearová                | 2,38              | 1,82         | 3,33            |  |
| C18:1n-9, olejová              | 14,98             | 45,67        | 20,45           |  |
| C18:2n-6, linolová             | 53,14             | 30,66        | 51,74           |  |
| C18:3n-3, $\alpha$ -linolenová | 6,17              | 9,62         | 7,15            |  |
| SFA                            | 23,46             | 12,15        | 19,4            |  |
| MUFA                           | 15,8              | 47,4         | 21,25           |  |
| PUFA                           | 59,31             | 40,38        | 59,27           |  |
| n-6 PUFA                       | 53,14             | 30,66        | 51,76           |  |
| n-3 PUFA                       | 6,17              | 9,62         | 7,38            |  |

Poznámka: SFA = nasycené mastné kyseliny, MUFA = mononenasyčené mastné kyseliny, PUFA = polynenasycené mastné kyseliny, n-6 PUFA = omega-6 mastné kyseliny, n-3 PUFA = omega-3 mastné kyseliny

## 4.2 Metodika

### 4.2.1 Stanovení mastných kyselin

Z mastných kyselin po extrakci byly determinovány celkové lipidy. Metanolýza byla provedena za použití katalytického působení hydroxidu draselného a extrakce kyselin ve formě methylesterů do heptanu. Obsahy mastných kyselin byly stanoveny pomocí plynové chromatografie Master GC od firmy Dani (split režim, detektor FID) na koloně se stacionární fází polyethylen glycol (FameWax – 30 m x 0,32 mm x 0,25  $\mu$ m). Helium bylo použito jako nosný plyn o průtoku 5 ml/1 minutu.

Aterózní index (AI) byl vypočítáván z  $(C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0) /$  (mononenasyčené + polynenasycené mastné kyseliny), a trombotický index (TI) z  $(C14:0 + C16:0 + C18:0) / (0,5 \times \text{mononenasyčené mastné kyseliny} + 0,5 \times \text{n-6 polynenasycené mastné kyseliny} + 3 \times \text{n-3 polynenasycené mastné kyseliny} + (\text{n-3/n-6})) \text{ polynenasycené mastné kyseliny}$ .

### 4.2.2 Stanovení oxidační stability

Reakce malondialdehydu (MDA) s thiobarbiturovou kyselinou (TBA) byl široce používán pro měření míry oxidačního poškození lipidů (Pikul et al., 1989; Salcedo – Sandoval et al., 2015).

Pro stanovení oxidační stability byly využity – destilační metoda, metoda vodní extrakce a spektrofometrie.

Vzorky ze hřbetního tuku byly rozděleny do tří skupin. Stanovovala se oxidační stabilita 0 (ihned po rozmražení), oxidační stabilita 3 (3 dny uchovávání v ledničce, 5 °C) a oxidační stabilita 5 (5 dnů uchovávání v ledničce, 5 °C). Vzorky tuku po rozmražení byly homogenizovány, zváženy a destilovány roztokem kyseliny chlorovodíkové.

Do zkumavek se zábrusem bylo odpipetováno 5 ml destilátu a 5 ml roztoku kyseliny 2 – thiobarbiturové v kyselině octové. Vzorky byly zahřívány ve vodní lázni 35 minut při teplotě 95 °C. Po uplynutí doby byly rozeřáté zkumavky ochlazeny pod tekoucí vodou po dobu 10 minut. V dalším kroku byly vzorky proměřeny proti kalibrační křivce na spektrofotometru (538 nm).

### 4.3 Statistické vyhodnocení

Výsledky experimentu byly vyhodnoceny pomocí statistického programu SAS® Propriety Software Release 6.04 (2001). V experimentu byly sledovány 2 efekty, a to vliv přídatku oleje a vliv pohlaví s navazující interakcí.

Testování významných rozdílů bylo provedeno podle matematicko-statistického vzorce dvoufaktoriální analýzou:

$$Y_{ij} = \mu + d_i + s_j + (ds)_{ij} + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  = hodnota znaku

$\mu$  = celkový průměr

$d_i$  = vliv výživy (olej řepkový, sójový, kontrola)

$s_j$  = vliv pohlaví (vepřík, prasnička)



$(ds)_{ii}$  = kombinace účinku výživy a pohlaví

$e_{ij}$  = náhodný efekt.

### 5 Výsledky a diskuze

Interakce mezi podávanými oleji a pohlavím nebyla shledána za statisticky průkaznou u žádného sledovaného ukazatele. Ovšem zastoupení mastných kyselin v olejích bylo u pohlaví odlišné. Závěry mnoha studií (Warnants et al., 1999; Kouba et al., 2003; Raj et al., 2010; Park et al., 2012; Čítek et al., 2015) uvádějí, že obohacení krmiva o oleje s vyšším podílem USFA bylo příčinou změny kompozice mastných kyselin ve hřbetním tuku.

Z tabulky 3 vyplývá, že u vepříků ve hřbetní tukové tkáni bylo vlivem řepkového oleje více SFA, MUFA, n-3 PUFA, a také vyšší poměry S/P a M/P. To ovšem nepotvrzuje studie Martin et al. (2008) kteří zjistili, že u prasat krmených MUFA stravou, lze v jejich tuku očekávat vyšší podíl MUFA a nižší podíl SFA. Naopak sójový olej obsahoval více PUFA, n-6 PUFA, n-6/n-3 a M/P. Přestože nebylo pod vlivem řepkového oleje dosaženo tak výrazného navýšení PUFA jako pod vlivem sójového oleje, navýšení PUFA bylo dosaženo nejvýznamněji kyselinou  $\alpha$ -linolenovou. Podobné výsledky uvádějí také Rossi a Corino (2001), kteří zaznamenali pod vlivem řepkového oleje významné navýšení kyseliny  $\alpha$ -linolenové ve hřbetním tuku ve srovnání s výživou obohacenou olejem kukuřičným, ačkoli je pro kukuřičný olej charakteristický významně vyšší podíl PUFA, což je charakteristické také pro olej sójový. Poměr S/M byl vyšší u sóji než u řepky. Aterózní a trombotický index u vepříků u obou olejů byl poměrně stejný. Prasničky měly vyšší SFA v tuku ze sójového oleje. Ostatní zastoupení MK bylo totožné jako u vepříků. Aterózní a trombotický index byl nižší u prasniček než u vepříků.

Prasničky měly v tuku více PUFA než vepřici. Toto tvrzení potvrzují i Juárez et al. (2010) a Bryhni et al. (2002). Navýšení PUFA v tuku prasat bývá doprovázeno zvýšením poměru PUFA/SFA (Kouba et al. 2003; Okrouhlá et al., 2013; Čítek et al., 2015). Naopak u vepříků bylo zjištěno více SFA v tuku. Naměřené hodnoty v kontrolní skupině u vepříků byly nejvyšší u SFA, S/P, M/P, AI a TI. Nejnižší u MK PUFA, n-6, n-3, n-3/n-6. Prasničky měly v kontrolní skupině nejvyšší hodnoty u SFA, n-6/n-3, S/P, M/P a také jako vepřici u AI, a TI.

Podávání olejů do krmné dávky mělo vliv na zastoupení MK v tukové tkáni a to vysoce statisticky průkazné  $P \leq 0,001$ . Což znamená, že všechny MK v olejích, mají velký význam při tvorbě tuku. U pohlaví byla průkaznost na hladině významnosti  $P \leq 0,05$  zjištěna

## Výsledky a diskuze

u SFA, PUFA, n-6, n-3, n-6/n-3, S/P, AI a TI. Bez statistické průkaznosti byly zjištěny MK MUFA, n-6/n-3, n-3/n-6 a poměr S/M a M/P.

**Tabulka 3:** Zastoupení MK u vepřků a prasniček s různým zdrojem MK v krmné dávce.

| MK      | Vepřici (n=6)    |              |              | Prasničky (n=6)  |              |              | Průkaznost |         |                |
|---------|------------------|--------------|--------------|------------------|--------------|--------------|------------|---------|----------------|
|         | kontrola         | řepka        | sója         | kontrola         | řepka        | sója         | olej       | pohlaví | olej * pohlaví |
|         | $\bar{x} \pm SD$ |              |              | $\bar{x} \pm SD$ |              |              |            |         |                |
| SFA %   | 50,50 ± 1,47     | 45,03 ± 1,79 | 44,88 ± 2,08 | 47,77 ± 3,09     | 42,94 ± 3,15 | 44,03 ± 3,35 | ***        | *       | ns             |
| MUFA %  | 39,00 ± 0,90     | 40,19 ± 0,50 | 34,31 ± 0,74 | 40,11 ± 1,71     | 40,52 ± 0,76 | 33,22 ± 1,27 | ***        | ns      | ns             |
| PUFA %  | 10,39 ± 1,55     | 14,76 ± 1,59 | 20,79 ± 2,06 | 11,90 ± 1,59     | 16,52 ± 2,46 | 22,73 ± 3,25 | ***        | *       | ns             |
| n-6 %   | 9,05 ± 1,34      | 11,49 ± 1,15 | 17,84 ± 1,61 | 10,34 ± 1,37     | 12,95 ± 2,05 | 19,45 ± 2,77 | ***        | *       | ns             |
| n-3 %   | 0,83 ± 0,16      | 2,64 ± 0,24  | 1,97 ± 0,28  | 1,01 ± 0,17      | 2,86 ± 0,44  | 2,27 ± 0,26  | ***        | *       | ns             |
| n-6/n-3 | 11,01 ± 1,12     | 4,33 ± 0,10  | 9,13 ± 0,87  | 10,27 ± 0,86     | 4,55 ± 0,59  | 8,53 ± 0,55  | ***        | ns      | ns             |
| n-3/n-6 | 0,09 ± 0,01      | 0,23 ± 0,01  | 0,11 ± 0,01  | 0,09 ± 0,01      | 0,22 ± 0,02  | 0,11 ± 0,01  | ***        | ns      | ns             |
| S/M     | 1,29 ± 0,05      | 1,12 ± 0,05  | 1,30 ± 0,07  | 1,19 ± 0,12      | 1,06 ± 0,09  | 1,32 ± 0,12  | ***        | ns      | ns             |
| S/P     | 4,97 ± 0,94      | 3,08 ± 0,46  | 2,18 ± 0,29  | 4,09 ± 0,78      | 2,67 ± 0,69  | 1,98 ± 0,39  | ***        | *       | ns             |
| M/P     | 3,83 ± 0,64      | 2,74 ± 0,29  | 1,66 ± 0,16  | 3,41 ± 0,40      | 2,49 ± 0,38  | 1,48 ± 0,20  | ***        | ns      | ns             |
| AI %    | 0,81 ± 0,06      | 0,62 ± 0,06  | 0,61 ± 0,07  | 0,72 ± 0,06      | 0,56 ± 0,07  | 0,58 ± 0,09  | ***        | *       | ns             |
| TI %    | 1,86 ± 0,12      | 1,30 ± 0,11  | 1,37 ± 0,12  | 1,66 ± 0,21      | 1,18 ± 0,16  | 1,30 ± 0,17  | ***        | *       | ns             |

**Poznámka:** SFA = nasycené mastné kyseliny, MUFA = mononenasyčené mastné kyseliny, PUFA = polynenasycené mastné kyseliny, n-6 = omega-6 mastné kyseliny, n-3 = omega-3 mastné kyseliny, n-6/n-3 = omega-6/omega-3, n-3/n-6 = omega-3/omega-6, S/M = nasycené mastné kyseliny/mononenasyčené mastné kyseliny, S/P = nasycené/polynenasycené mastné kyseliny, M/P = mononenasyčené mastné kyseliny/polynenasycené mastné kyseliny, AI = aterózní index, TI = trombotický index, n = množství,  $\bar{x}$  = aritmetický průměr, SD = směrodatná odchylka, ns = bez statistické průkaznosti,  $P \leq 0,05^*$ ,  $P \leq 0,001^{***}$

Tabulka 4 se týká sumy mastných kyselin bez ohledu na pohlaví. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u kontrolní skupiny u ukazatelů SFA, n-6/n-3, S/P, M/P, AI a TI. Marco et al. (2009) uvádějí, že v řepkovém oleji se vyskytují MUFA. Také z naší studie je zřejmé, že u skupiny s přidavkem řepkového oleje byly nejvyšší hodnoty u MUFA. Dále pak byly nejvyšší hodnoty u n-3 a poměru n-3/n-6. Huang et al. (2008) došli k závěru, že zvýšení n-3 zapříčiní snížení n-6 a SFA v tuku prasat. Skupina s přidavkem sójového oleje měla nejvyšší hodnoty u ukazatelů PUFA, n-6 a S/M. To je shodné se závěrem studie Eder et al. (2005), která zjistila, že potrava bohatá na obsah n-6 zvyšovala hladinu n-6 v tukové tkáni na úkor MUFA.

Naměřené hodnoty u ukazatelů PUFA, n-6, n-3, n-6/n-3, n-3/n-6, S/P a M/P byly v rámci sledování různých zdrojů v krmné dávce odlišné. Aterózní a trombotický index měly shodné sumy a to u řepky a sóji. Všechny MK byly statisticky průkazné na hladině významnosti  $P \leq 0,001$ .

## Výsledky a diskuze

**Tabulka 4:** Zastoupení MK bez ohledu na pohlaví s různým zdrojem MK v krmné dávce.

| MK      | Suma                      |                           |                           | Průkaznost |
|---------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|
|         | kontrola                  | řepka                     | sója                      |            |
|         | $\bar{x} \pm SD$          |                           |                           |            |
| SFA %   | 49,26 <sup>a</sup> ± 2,63 | 43,98 <sup>b</sup> ± 2,62 | 44,46 <sup>b</sup> ± 2,69 | ***        |
| MUFA %  | 39,51 <sup>a</sup> ± 1,38 | 40,3 <sup>a</sup> ± 0,62  | 33,77 <sup>b</sup> ± 1,14 | ***        |
| PUFA %  | 11,07 <sup>c</sup> ± 1,68 | 15,6 <sup>b</sup> ± 2,14  | 21,76 <sup>a</sup> ± 2,78 | ***        |
| n-6 %   | 9,64 <sup>c</sup> ± 1,45  | 12,2 <sup>b</sup> ± 1,73  | 18,64 <sup>a</sup> ± 2,32 | ***        |
| n-3 %   | 0,91 <sup>c</sup> ± 0,18  | 2,75 <sup>a</sup> ± 0,35  | 2,12 <sup>b</sup> ± 0,30  | ***        |
| n-6/n-3 | 10,67 <sup>a</sup> ± 1,03 | 4,44 <sup>c</sup> ± 0,41  | 8,83 <sup>b</sup> ± 0,76  | ***        |
| n-3/n-6 | 0,09 <sup>c</sup> ± 0,01  | 0,22 <sup>a</sup> ± 0,01  | 0,11 <sup>b</sup> ± 0,01  | ***        |
| S/M     | 1,24 <sup>a</sup> ± 0,10  | 1,09 <sup>b</sup> ± 0,07  | 1,31 <sup>a</sup> ± 0,09  | ***        |
| S/P     | 4,57 <sup>a</sup> ± 0,94  | 2,88 <sup>b</sup> ± 0,58  | 2,08 <sup>c</sup> ± 0,34  | ***        |
| M/P     | 3,64 <sup>a</sup> ± 0,56  | 2,62 <sup>b</sup> ± 0,34  | 1,57 <sup>c</sup> ± 0,20  | ***        |
| AI %    | 0,77 <sup>a</sup> ± 0,07  | 0,59 <sup>b</sup> ± 0,07  | 0,60 <sup>b</sup> ± 0,07  | ***        |
| TI %    | 1,77 <sup>a</sup> ± 0,19  | 1,24 <sup>b</sup> ± 0,14  | 1,33 <sup>b</sup> ± 0,15  | ***        |

**Poznámka:** SFA = nasycené mastné kyseliny, MUFA = mononenasycené mastné kyseliny, PUFA = polynenasycené mastné kyseliny, n-6 = omega-6 mastné kyseliny, n-3 = omega-3 mastné kyseliny, n-6/n-3 = omega-6/omega-3, n-3/n-6 = omega-3/omega-6, S/M = nasycené mastné kyseliny/mononenasycené mastné kyseliny, S/P = nasycené/polynenasycené mastné kyseliny, M/P = mononenasycené mastné kyseliny/polynenasycené mastné kyseliny, AI = aterózní index, TI = trombotický index,  $\bar{x}$  = aritmetický průměr, SD = směrodatná odchylka,  $P \leq 0,001$ \*\*\*

Z tabulky 5 vyplývá, že oxidační stabilita tuku se s přibývajícím dnem zvyšovala. Kontrolní skupina vykazovala nejnižší naměřenou hodnotu v oxidační stabilitě 0, ovšem v oxidační stabilitě 3 a 5 měla zcela jednoznačně nejvyšší hodnoty oproti řepkovému a sójovému oleji. U řepkového oleje byla nejvyšší hodnota zaznamenána v oxidační stabilitě 5 a nejnižší v oxidační stabilitě 0. Nuernberg et al. (2005) došli k závěru, že vysoká koncentrace PUFA u prasat zvyšuje citlivost na oxidaci lipidů, což potvrzuje zjištění, že nejvyšší hodnota u sójového oleje byla zjištěna v oxidační stabilitě 5 (u prasniček). Naopak nejnižší hodnota byla v oxidační stabilitě 0.

Hodnoty v kontrolní i v pokusných skupinách u obou pohlaví měly vzestupnou úroveň. V oxidační stabilitě 0 byla, jak u vepříků, tak u prasniček nejnižší. Oxidační stabilita u vepříků byla vyšší u řepkového oleje a u prasniček u sójového oleje. V rámci sledování zastoupení olejů, pohlaví a interakcí těchto ukazatelů nebyla prokázána statistická průkaznost.

## Výsledky a diskuze

**Tabulka 5.** Oxidační stabilita v hřbetním tuku u vepříků a prasniček s různým zdrojem MK krmné dávce.

|                        | Vepřiči (n=6)    |             |             | Prasničky (n=6)  |             |             | Průkaznost |         |                |
|------------------------|------------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|------------|---------|----------------|
|                        | kontrola         | řepka       | sója        | kontrola         | řepka       | sója        | olej       | pohlaví | olej * pohlaví |
|                        | $\bar{x} \pm SD$ |             |             | $\bar{x} \pm SD$ |             |             |            |         |                |
| <b>ox. stabilita 0</b> | 0,15 ± 0,06      | 0,27 ± 0,17 | 0,18 ± 0,06 | 0,16 ± 0,10      | 0,17 ± 0,05 | 0,20 ± 0,03 | ns         | ns      | ns             |
| <b>ox. stabilita 3</b> | 1,69 ± 3,35      | 0,43 ± 0,18 | 0,41 ± 0,16 | 0,53 ± 0,46      | 0,40 ± 0,29 | 0,45 ± 0,33 | ns         | ns      | ns             |
| <b>ox. stabilita 5</b> | 2,01 ± 3,47      | 0,85 ± 0,58 | 0,71 ± 0,23 | 1,14 ± 0,92      | 0,67 ± 0,70 | 1,16 ± 1,19 | ns         | ns      | ns             |

Poznámka: n = množství,  $\bar{x}$  = aritmetický průměr, SD = směrodatná odchylka, ns = bez statistické průkaznosti, ox. stabilita 0 = oxidační stabilita ihned po rozmražení, ox. stabilita 3 = oxidační stabilita (uchování v ledničce 3 dny při 5°C), ox. stabilita 5 = oxidační stabilita (uchování v ledničce 5 dní při 5°C)

Z tabulky 6 je patrné, že u ukazatelů oxidační stabilita 3 a 5 byla nejvyšší naměřená hodnota u kontrolní skupiny, naopak nejnižší hodnota byla v kontrolní skupině u oxidační stability 0. Boler et al. (2015) uvádějí, že rostlinné oleje s USFA jsou náchylnější k oxidaci lipidů. U řepkového oleje byla zjištěna nejvyšší hodnota v oxidační stabilitě 0 oproti sójovému. Nejnižší naměřená hodnota řepky byla u oxidační stability 5. Sójový olej měl vyšší hodnotu oproti řepkovému u ukazatelů oxidační stabilita 3 a 5. Nejnižší naměřená hodnota sójového oleje proti řepce byla u oxidační stability 0. Oxidační stability 0, 3, 5 v hřbetním tuku byly s ohledem na zastoupení různých zdrojů MK v krmné dávce statisticky neprůkazné.

**Tabulka 6.** Oxidační stabilita v hřbetním tuku bez ohledu na pohlaví s různým zdrojem MK v krmné dávce.

|                        | Suma             |             |             | Průkaznost |
|------------------------|------------------|-------------|-------------|------------|
|                        | kontrola         | řepka       | sója        |            |
|                        | $\bar{x} \pm SD$ |             |             |            |
| <b>ox. stabilita 0</b> | 0,15 ± 0,08      | 0,22 ± 0,12 | 0,19 ± 0,05 | ns         |
| <b>ox. stabilita 3</b> | 1,16 ± 2,46      | 0,41 ± 0,22 | 0,43 ± 0,25 | ns         |
| <b>ox. stabilita 5</b> | 1,62 ± 2,56      | 0,76 ± 0,60 | 0,93 ± 0,85 | ns         |

Poznámka:  $\bar{x}$  = aritmetický průměr, SD = směrodatná odchylka, ns = bez statistické průkaznosti

## Výsledky a diskuze

Korelace byla počítána pro kontrolní a pokusnou skupinu (řepkový a sójový olej) bez ohledu na pohlaví. V **tabulce 7** je zobrazena **korelace u kontrolní skupiny**. Na hladině pravděpodobnosti  $P \leq 0,05$  byly zjištěny za statisticky průkazné tyto ukazatele:

|                      |   |                                 |
|----------------------|---|---------------------------------|
| oxidační stabilita 0 | → | n-6/n-3 (0,59), n-3/n-6 (-0,59) |
| SFA                  | → | M/P (0,65)                      |
| PUFA                 | → | S/M (-0,63)                     |
| n-6                  | → | S/M (-0,63)                     |
| n-3                  | → | n-6/n-3 (-0,73)                 |
| S/M                  | → | S/P (0,7)                       |

Na hladině pravděpodobnosti  $P \leq 0,01$  a za statisticky průkazné jsou považovány ukazatelé:

|     |   |  |
|-----|---|--|
| n-3 | → | n-3/n-6 (0,75), S/P (-0,89), M/P (-0,88), AI (-0,75), TI (-0,83) |
| S/M | → | AI (0,81), TI (0,91)   |
| M/P | → | AI (0,8), TI (0,75)  |

Za statisticky průkazné byly považovány i tyto ukazatelé a to na hladině pravděpodobnosti  $P \leq 0,001$ :

|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| oxidační stabilita 3 | → | oxidační stabilita 5 (0,96)  |
| SFA                  | → | MUFA (-0,78), PUFA (-0,81), n-6 (-0,81), n-3 (-0,76),<br>S/M (0,96), S/P (0,86), AI (0,9), TI (0,98) |
| MUFA                 | → | S/M (-0,91)  |
| PUFA                 | → | n-6 (0,99), n-3 (0,93), S/P (-0,97), M/P (-0,95),<br>AI (-0,87), TI (-0,88)                          |
| n-6                  | → | n-3 (0,91), S/P (-0,96), M/P (-0,95), AI (-0,87),<br>TI (-0,87)                                      |

## Výsledky a diskuze

n-6/n-3 → n-3/n-6 (-0,99)

S/P → M/P (0,94), AI (0,93), TI (0,92)

AI → TI (0,92)

**Tabulka 7.** Korelace mezi ukazateli MK a oxidační stability u kontrolní skupiny.

|    | 2                      | 3                      | 4          | 5           | 6           | 7          | 8          | 9              | 10             | 11         | 12         | 13         | 14        | 15        |
|----|------------------------|------------------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|----------------|----------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
|    | <b>ox. stabilita 3</b> | <b>ox. stabilita 5</b> | <b>SFA</b> | <b>MUFA</b> | <b>PUFA</b> | <b>n-6</b> | <b>n-3</b> | <b>n-6/n-3</b> | <b>n-3/n-6</b> | <b>S/M</b> | <b>S/P</b> | <b>M/P</b> | <b>AI</b> | <b>TI</b> |
| 1  | 0,30                   | 0,21                   | 0,26       | -0,04       | -0,36       | -0,33      | -0,51      | 0,59*          | -0,59*         | 0,17       | 0,26       | 0,28       | 0,04      | 0,3       |
| 2  | <b>I</b>               | 0,96***                | 0,19       | 0,13        | -0,37       | -0,38      | -0,26      | -0,07          | 0,05           | 0,05       | 0,34       | 0,43       | 0,16      | 0,21      |
| 3  |                        | <b>I</b>               | 0,09       | 0,18        | -0,27       | -0,27      | -0,18      | -0,07          | 0,05           | -0,02      | 0,26       | 0,36       | 0,08      | 0,11      |
| 4  |                        |                        | <b>I</b>   | -0,78***    | -0,81***    | -0,81***   | -0,76***   | 0,36           | -0,38          | 0,96***    | 0,86***    | 0,65*      | 0,9***    | 0,98***   |
| 5  |                        |                        | <b>I</b>   | <b>I</b>    | 0,28        | 0,28       | 0,27       | -0,12          | 0,13           | -0,91***   | -0,37      | -0,05      | -0,55     | -0,69**   |
| 6  |                        |                        |            | <b>I</b>    | <b>I</b>    | 0,99***    | 0,93***    | -0,44          | 0,47           | -0,63*     | -0,97***   | -0,95***   | -0,87***  | -0,88***  |
| 7  |                        |                        |            |             |             | <b>I</b>   | 0,91***    | -0,4           | 0,43           | -0,63*     | -0,96***   | -0,95***   | -0,87***  | -0,87***  |
| 8  |                        |                        |            |             |             |            | <b>I</b>   | -0,73*         | 0,75**         | -0,59      | -0,89**    | -0,88**    | -0,75**   | -0,83**   |
| 9  |                        |                        |            |             |             |            |            | <b>I</b>       | -0,99***       | 0,26       | 0,41       | 0,39       | 0,25      | 0,43      |
| 10 |                        |                        |            |             |             |            |            |                | <b>I</b>       | -0,28      | -0,44      | -0,43      | -0,29     | -0,45     |
| 11 |                        |                        |            |             |             |            |            |                |                | <b>I</b>   | 0,7*       | 0,44       | 0,81**    | 0,91***   |
| 12 |                        |                        |            |             |             |            |            |                |                |            | <b>I</b>   | 0,94***    | 0,93***   | 0,92***   |
| 13 |                        |                        |            |             |             |            |            |                |                |            |            | <b>I</b>   | 0,8**     | 0,75**    |
| 14 |                        |                        |            |             |             |            |            |                |                |            |            |            | <b>I</b>  | 0,92***   |

**Poznámka:** ox. stabilita 0 = oxidační stabilita ihned po rozmražení, ox. stabilita 3 = oxidační stabilita, uchování v ledničce při 5 °C 3 dny, ox. stabilita 5 = oxidační stabilita, uchování v ledničce při 5 °C 5 dní, SFA = nasycené mastné kyseliny, MUFA = mononenasyčené mastné kyseliny, PUFA = polyenenasyčené mastné kyseliny, n-6 = omega-6 mastné kyseliny, n-3 = omega-3 mastné kyseliny, n-6/n-3 = omega-6/omega-3, n-3/n-6 = omega-3/omega-6, S/M = nasycené/mononenasyčené mastné kyseliny, S/P = nasycené/polyenenasyčené mastné kyseliny, M/P = mononenasyčené/polyenenasyčené mastné kyseliny, AI = aterózní index, TI = trombotický index,  $P \leq 0,05^*$ ,  $P \leq 0,01^{**}$ ,  $P \leq 0,001^{***}$



## Výsledky a diskuze

Korelace u pokusné skupiny (**řepkový olej**) je zobrazena v **tabulce 8**. Korelační koeficienty s danými ukazateli byly nalezeny na hladině pravděpodobnosti  $P \leq 0,05$  a jsou považovány za statisticky průkazné. Mezi ukazatele patří:

|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| oxidační stabilita 3 | → | n-6/n-3 (0,77), n-3/n-6 (-0,79)                               |
| SFA                  | → | MUFA (-0,82), n-3 (-0,82),                                    |
| MUFA                 | → | PUFA (0,71), n-6 (0,77), S/M (-0,88), S/P (-0,74), TI (-0,78) |
| n-6                  | → | n-3 (0,77)  |
| n-3                  | → | S/M (-0,78)   |

Hladina pravděpodobnosti  $P \leq 0,01$ , ukazatelé také statisticky průkazné.

|                      |   |                                      |
|----------------------|---|--------------------------------------|
| oxidační stabilita 5 | → | n-6/n-3 (0,74), n-3/n-6 (-0,77),     |
| PUFA                 | → | n-3 (0,86)                           |
| n-6                  | → | AI (-0,88)                           |
| n-3                  | → | S/P (-0,86), M/P (-0,87), AI (-0,91) |
| S/M                  | → | AI (0,89)                            |

Korelační koeficienty na hladině pravděpodobnosti  $P \leq 0,001$ :

|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| oxidační stabilita 3 |   | oxidační stabilita 5 (0,95)  |
| SFA                  | → | PUFA (-0,98), n-6 (-0,98), S/M (0,99), S/P (0,99), M/P (0,96),<br>AI (0,92), TI (0,99) |
| PUFA                 | → | n-6 (0,98), S/M (-0,95), S/P (-0,99), M/P (-0,99), AI (-0,94),<br>TI (-0,98)           |

## Výsledky a diskuze

|         |   |   |
|---------|---|---|
| n-6     | → | S/M (-0,97), S/P (-0,97), M/P (-0,96), TI (-0,96) |
| n-6/n-3 | → | n-3/n-6 (-0,99)                                   |
| S/M     | → | S/P (0,97), M/P (0,93), TI (0,98)                 |
| S/P     | → | M/P (0,99), AI (0,95), TI (0,99)                  |
| M/P     | → | AI (0,95), TI (0,97)                              |
| AI      | → | TI (0,95)   |

**Tabulka 8.** Korelace mezi ukazateli MK a oxidační stability u pokusné skupiny s přidavkem řepkového oleje.

|    | 2               | 3               | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       | 13       | 14       | 15       |
|----|-----------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|    | ox. stabilita 3 | ox. stabilita 5 | SFA      | MUFA     | PUFA     | n-6      | n-3      | n-6/n-3  | n-3/n-6  | S/M      | S/P      | M/P      | AI       | II       |
| 1  | ox. stabilita 0 | 0,47            | -0,2     | 0,25     | 0,16     | 0,18     | 0,09     | 0,13     | -0,15    | -0,21    | -0,22    | -0,19    | -0,19    | -0,18    |
| 2  | ox. stabilita 3 | <b>I</b>        | -0,6     | 0,53     | 0,53     | 0,61     | 0,12     | 0,77*    | -0,79*   | -0,57    | -0,56    | -0,54    | -0,43    | -0,49    |
| 3  | ox. stabilita 5 | <b>I</b>        | -0,48    | 0,39     | 0,47     | 0,55     | 0,08     | 0,74**   | -0,77**  | -0,47    | -0,50    | -0,49    | -0,33    | -0,41    |
| 4  | SFA             |                 | <b>I</b> | -0,82*   | -0,98*** | -0,98*** | -0,82*   | -0,41    | 0,39     | 0,99***  | 0,99***  | 0,96***  | 0,92***  | 0,99***  |
| 5  | MUFA            |                 | <b>I</b> | <b>I</b> | 0,71*    | 0,77*    | 0,5      | 0,52     | -0,49    | -0,88*   | -0,74*   | -0,65    | -0,64    | -0,78*   |
| 6  | PUFA            |                 |          | <b>I</b> | <b>I</b> | 0,98***  | 0,86**   | 0,35     | -0,34    | -0,95*** | -0,99*** | -0,99*** | -0,94*** | -0,98*** |
| 7  | n-6             |                 |          |          |          | <b>I</b> | 0,77*    | 0,51     | -0,49    | -0,97*** | -0,97*** | -0,96*** | -0,88**  | -0,96*** |
| 8  | n-3             |                 |          |          |          | <b>I</b> | <b>I</b> | -0,14    | 0,16     | -0,78*   | -0,86**  | -0,87**  | -0,91**  | -0,87**  |
| 9  | n-6/n-3         |                 |          |          |          |          |          | <b>I</b> | -0,99*** | -0,44    | -0,35    | -0,31    | -0,14    | -0,32    |
| 10 | n-3/n-6         |                 |          |          |          |          |          |          | <b>I</b> | 0,41     | 0,34     | 0,30     | 0,13     | 0,30     |
| 11 | S/M             |                 |          |          |          |          |          |          |          | <b>I</b> | 0,97***  | 0,93***  | 0,89**   | 0,98***  |
| 12 | S/P             |                 |          |          |          |          |          |          |          |          | <b>I</b> | 0,99***  | 0,95***  | 0,99***  |
| 13 | M/P             |                 |          |          |          |          |          |          |          |          |          | <b>I</b> | 0,95***  | 0,97***  |
| 14 | AI              |                 |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          | <b>I</b> | 0,95***  |

Poznámka: ox. stabilita 0 = oxidační stabilita ihned po rozmrazení, ox. stabilita 3 = oxidační stabilita, uchování v ledničce při 5 °C 3 dny, ox. stabilita 5 = oxidační stabilita, uchování v ledničce při 5 °C 5 dnů, SFA = nasycené mastné kyseliny, MUFA = mononenasyčené mastné kyseliny, PUFA = polyenenasyčené mastné kyseliny, n-6 = omega-6 mastné kyseliny, n-3 = omega-3 mastné kyseliny, n-6/n-3 = omega-6/omega-3, n-3/n-6 = omega-3/omega-6, S/M = nasycené/mononenasyčené mastné kyseliny, S/P = nasycené/polyenenasyčené mastné kyseliny, M/P = mononenasyčené/polyenenasyčené mastné kyseliny, AI = aterózní index, II = trombotický index,  $P \leq 0,05^*$ ,  $P \leq 0,01^{**}$ ,  $P \leq 0,001^{***}$

## Výsledky a diskuze

**Z tabulky 9** vyplývá, že ukazatelé v rámci sledování pokusné skupiny (**sójový olej**) jsou statisticky významní na hladině pravděpodobnosti  $P \leq 0,05$ , jedná se o:

|                      |   |                        |
|----------------------|---|------------------------|
| oxidační stabilita 0 | → | AI (-0,66), TI (-0,57) |
| oxidační stabilita 5 | → | n-3 (0,58)             |
| MUFA                 | → | S/M (-0,57)            |
| PUFA                 | → | S/M (-0,61)            |
| n-6                  | → | S/M (-0,60)            |

$P \leq 0,01$ , statisticky významné:

|     |   |                         |
|-----|---|-------------------------|
| SFA | → | n-3 (-0,73), M/P (0,77) |
| n-3 | → | AI (-0,71)              |
| S/M | → | S/P (0,71), AI (0,81)   |
| M/P | → | AI (0,74)               |

Hladina pravděpodobnosti  $P \leq 0,001$ , uvedené ukazatelé jsou považovány za statisticky významné:

|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| oxidační stabilita 3 | → | oxidační stabilita 5 (0,83)   |
| SFA                  | → | PUFA (-0,91), n-6 (-0,90), S/M (0,88), S/P (0,95), AI (0,93),<br>TI (0,98)  |
| PUFA                 | → | n-6 (0,99), n-3 (0,87), S/P (-0,98), M/P (-0,96), AI (-0,85),<br>TI (-0,93) |
| n-6                  | → | n-3 (0,83), S/P (-0,97), M/P (-0,95), AI (-0,82), TI (-0,90)                |
| n-3                  | → | S/P (-0,84), M/P (-0,88), TI (-0,83)  |
| n-6/n-3              | → | n-3/n-6 (-0,99)   |
| S/M                  | → | TI (0,82)   |
| S/P                  | → | M/P (0,92), AI (0,89), TI (0,96)  |
| M/P                  | → | TI (0,82)   |
| AI                   | → | TI (0,92)   |

**Tabulka 9.** Korelace mezi ukazateli MK a oxidační stability u pokusné skupiny s přísávkem sójového oleje.

|    | 2              | 3              | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       | 13       | 14       | 15       |
|----|----------------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|    | ox.stabilita 3 | ox.stabilita 5 | SFA      | MUFA     | PUFA     | n-6      | n-3      | n-6/n-3  | n-3/n-6  | S/M      | S/P      | M/P      | AI       | II       |
| 1  | 0,47           | 0,33           | -0,52    | 0,04     | 0,48     | 0,42     | 0,54     | -0,32    | 0,3      | -0,46    | -0,54    | -0,46    | -0,66*   | -0,57*   |
| 2  | <b>I</b>       | 0,83***        | -0,34    | -0,02    | 0,34     | 0,30     | 0,38     | -0,17    | 0,22     | -0,29    | -0,33    | -0,28    | -0,39    | -0,41    |
| 3  | <b>I</b>       | <b>I</b>       | -0,40    | -0,38    | 0,55     | 0,54     | 0,58*    | -0,20    | 0,21     | -0,17    | -0,47    | -0,53    | -0,37    | -0,47    |
| 4  | SFA            | <b>I</b>       | <b>I</b> | -0,13    | -0,91*** | -0,90*** | -0,73**  | -0,03    | 0,06     | 0,88***  | 0,95***  | 0,77**   | 0,93***  | 0,98***  |
| 5  | MUFA           |                |          | <b>I</b> | -0,28    | -0,29    | -0,39    | 0,25     | -0,22    | -0,57*   | 0,14     | 0,5      | -0,11    | -0,04    |
| 6  | PUFA           |                |          | <b>I</b> | <b>I</b> | 0,99***  | 0,87***  | -0,07    | 0,02     | -0,61*   | -0,98*** | -0,96*** | -0,85*** | -0,93*** |
| 7  | n-6            |                |          |          |          | <b>I</b> | 0,83***  | 0,009    | -0,05    | -0,60*   | -0,97*** | -0,95*** | -0,82*** | -0,90*** |
| 8  | n-3            |                |          |          |          |          | <b>I</b> | -0,54    | 0,5      | -0,43    | -0,84*** | -0,88*** | -0,71**  | -0,83*** |
| 9  | n-6/n-3        |                |          |          |          |          |          | <b>I</b> | -0,99*** | -0,13    | 0,04     | 0,14     | 0,04     | 0,13     |
| 10 | n-3/n-6        |                |          |          |          |          |          |          | <b>I</b> | 0,15     | -0,003   | -0,09    | -0,006   | -0,10    |
| 11 | S/M            |                |          |          |          |          |          |          |          | <b>I</b> | 0,71**   | 0,40     | 0,81**   | 0,82***  |
| 12 | S/P            |                |          |          |          |          |          |          |          |          | <b>I</b> | 0,92***  | 0,89***  | 0,96***  |
| 13 | M/P            |                |          |          |          |          |          |          |          |          |          | <b>I</b> | 0,74**   | 0,82***  |
| 14 | AI             |                |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          | <b>I</b> | 0,92***  |

Poznámka: ox. stabilita 0 = oxidační stabilita ihned po rozmrazení, ox.stabilita 3 = oxidační stabilita, uchování v lednici při 5 °C 3 dny, ox. stabilita 5 = oxidační stabilita, uchování v lednici při 5 °C 5 dnů, SFA = nasycené mastné kyseliny, MUFA = mononenasyčené mastné kyseliny, PUFA = polyenenasyčené mastné kyseliny, n-6 = omega-6 mastné kyseliny, n-3 = omega-3 mastné kyseliny, n-6/n-3 = omega-6/omega-3, n-3/n-6 = omega-3/omega-6, S/M = nasycené/mononenasyčené mastné kyseliny, S/P = nasycené/polyenenasyčené mastné kyseliny, M/P = mononenasyčené/polyenenasyčené mastné kyseliny, AI = aterózní index, II = trombotický index, P ≤ 0,05\*, P ≤ 0,01\*\*, P ≤ 0,001\*\*\*

## 6 Závěr

Cílem diplomové práce bylo sledovat oxidační stabilitu u hřbetního tuku v závislosti na přídatku řepkového a sójového oleje v krmné dávce. Hypotéza práce byla potvrzena. Byla zjištěna rozdílná skladba nenasycených mastných kyselin u řepkového a sójového oleje. Řepkový olej ve hřbetním tuku měl více SFA, MUFA, n-3 PUFA, S/P a M/P. Sójový olej naopak více PUFA, n-6 PUFA, n-6/n-3 a M/P.

U vepřků bylo zjištěno, že se ve hřbetním tuku ukládalo více nenasycených mastných kyselin z řepkového oleje. Naopak prasničkám se ukládalo více mastných kyselin ze sójového oleje. Oxidační stabilita v hřbetním tuku měla vzestupnou úroveň. Nejvyšší oxidační stabilita byla zaznamenána u vepřků z řepkového oleje, a to pátý den sledování (oxidační stabilita 5). Nejnižší oxidační stabilita byla u sóji v nultý den sledování (oxidační stabilita 0). Prasničky měly nejvyšší naměřenou hodnotu pátý den sledování u sójového oleje a nejnižší hodnotu třetí den sledování u řepkového oleje.

V řepkovém oleji byly nejvíce zastoupeny mastné kyseliny MUFA, n-3 a n-3/n-6. Nejvyšší hodnoty u sójového oleje byly naměřeny u PUFA, n-6 a S/M. Oxidační stabilita ve hřbetním tuku byla nejvyšší v nultý den sledování oproti druhým skupinám a nejnižší v třetím a pátém dni sledování. Sójový olej měl oproti řepkovému oleji nejvyšší hodnotu v pátý den sledování a nejnižší u třetího dne.

Pozitivní a nejtěsnější korelace u řepkového oleje byla zjištěna mezi oxidační stabilitou 3 a 5 (0,95), PUFA a n-3 (0,86) oxidační stabilitou 3 a n-6/n-3 (0,77), dále u MUFA a n-6 (0,77) a také u n-6 a n-3 (0,77). Zajímavá korelace byla zjištěna mezi ukazateli AI a S/M (0,89). U SFA a TI byl korelační koeficient 0,99 a u SFA a AI 0,92. u sójového oleje byla nejvyšší korelace mezi PUFA a n-6 (0,99). S/P a TI (0,96), S/P a M/P (0,92), S/P a AI (0,89), PUFA a n-3 (0,87), oxidační stabilita 3 a oxidační stabilita 5 (0,83). Sójový olej vykazoval pozitivní korelaci mezi SFA a TI (0,98), SFA a AI (0,93), AI a TI (0,92), M/P a TI (0,82). Korelace u kontrolní skupiny byla nejtěsnější u ukazatelů oxidační stabilita 3 a oxidační stabilita 5 (0,96), SFA a TI (0,98), SFA a S/M (0,96), SFA a AI (0,9), dále u S/M a TI (0,91), S/M a AI (0,81). Nejvyšší pozitivní korelace byla také zjištěna u ukazatelů PUFA a n-6 (0,99) a PUFA a n-3 (0,93).

### 7 Seznam použitých zkratek

AI = aterózní index

CLA = konjugovaná kyselina linolová

CoA = Acetylkoenzym

DHA = dokosahexaenová kyselina

DPA = dokosapentaenová kyselina

EPA = eikosapentaenová kyselina

GPx = glutathionperoxidáza

GST = glutathiontransféráza

HDL = vysokodenzitní lipoprotein

KKS = kompletní krmné směsi

MDA = malondialdehyd

MK = mastné kyseliny

M/P = mononenasyčené mastné kyseliny/ polynenasycené mastné kyseliny

MUFA = mononenasyčené mastné kyseliny

n = množství

ns = bez statistické průkaznosti

n-3 ( $\omega$ -3) = omega-3 mastné kyseliny

n-3/n-6 = omega-3/omega-6 mastné kyseliny

n-6 ( $\omega$ -6) = omega-6 mastné kyseliny

n-6/n-3 = omega-6/omega-3 mastné kyseliny

O<sub>2</sub>• = superoxid

## Seznam použitých zkratek

$\text{OH}\bullet$  = hydroxylový radikál

ox. stabilita 0 = oxidační stabilita ihned po rozmražení

ox. stabilita 3 = oxidační stabilita (uchování v ledničce po dobu 3 dnů při 5°C)

ox. stabilita 5 = oxidační stabilita (uchování v ledničce po dobu 5 dnů při 5°C)

P1 = krmná směs pro předvýkrm

P2 = krmná směs pro výkrm

PUFA = polynenasycené mastné kyseliny

$\text{ROO}\bullet$  = peroxy

ROS = volné radikály

SD = směrodatná odchylka

SFA = nasycené mastné kyseliny

S/M = nasycené/mononenasycené mastné kyseliny

SOD = superoxiddismutáza

S/P = nasycené/polynenasycené mastné kyseliny

TBA = thiobarbiturová kyselina

TBARs = látky reaktivní s thiobarbiturovou kyselinou

TI = trombotický index

USFA = nenasycené mastné kyseliny

$\bar{x}$  = aritmetický průměr



## 8 Seznam tabulek

|  |         |
|--|---------|
| <b>Tabulka 1:</b> Živinové složení krmiva (vepřiči, prasničky) v kontrolní a pokusné skupině.....                  | str. 28 |
| <b>Tabulka 2:</b> Složení mastných kyselin v dietě ve 2. fázi výkrmu.....  | str. 29 |
| <b>Tabulka 3:</b> Zastoupení MK u vepřičů a prasniček s různým zdrojem MK v krmné dávce. ....                      | str. 32 |
| <b>Tabulka 4:</b> Zastoupení MK bez ohledu na pohlaví s různým zdrojem MK v krmné dávce. ....                      | str. 33 |
| <b>Tabulka 5:</b> Oxidační stabilita v hřbetním tuku u vepřičů a prasniček s různým zdrojem MK v krmné dávce. .... | str. 34 |
| <b>Tabulka 6:</b> Oxidační stabilita v hřbetním tuku bez ohledu na pohlaví s různým zdrojem MK v krmné dávce. .... | str. 34 |
| <b>Tabulka 7:</b> Korelace mezi ukazateli MK a oxidační stability u kontrolní skupiny.....                         | str. 37 |
| <b>Tabulka 8:</b> Korelace mezi ukazateli MK a oxidační stability s přidavkem řepkového oleje.....                 | str. 40 |
| <b>Tabulka 9:</b> Korelace mezi ukazateli MK a oxidační stability s přidavkem sójového oleje.....                  | str. 42 |

### 9 Seznam použité literatury

Alvarenga, A. L. N., Sousa, R. V., Parreira, G. G., Chiarini-Garcia, H., Almeida, F. R. C. L. 2014. Fatty acid profile, oxidative stability of pork lipids and meat quality indicators are not affected by birth weight. *Animal*. 8. 4. 660-666.

Benchaar, C., McAllister, T. A., Petit, H. V., Chouinard, P. Y. 2014. Whole flax seed and flax oil supplementation of dairy cows fed high-forage or high-concentrate diets: Effects on digestion, ruminal fermentation characteristics, protozoal populations and milk fatty acid profile. *Animal Feed Science and Technology*. 198. 117-129.

Boler, D. D., Fernández-Dueñas, D. M., Kutzler, L. W., Zhao, J., Harrell, R. J., Campion, D. R., McKeith, F. K., Killefer, J., Dilger, A. C. 2015. Effects of oxidized corn oil and a synthetic antioxidant blend on performance, oxidative status of tissues, and fresh meat quality in finishing barrows. *Animal Science*. 90. 5159–5169.

Bryhni, E. A., Kjos, N. P., Ofstad, R., Hunt, M. 2002. Polyunsaturated fat and fish oil in diets for growing-finishing pigs: effects on fatty acid composition and meat, fat, and sausage quality. *Meat Science*. 62. 1–8.

Catalá, A. 2013. Five decades with polyunsaturated fatty acids: Chemical synthesis, enzymatic formation, lipid peroxidation and its biological effects. *Journal of lipids*. 1-19.

Coates, W., Ayerza, R. 2014. Chia (*Salvia hispanica* L.) seed as an n-3 fatty acid source for finishing pigs: Effects on fatty acid composition and fat stability of the meat and internal fat, growth performance, and meat sensory characteristics. *Animal Science*. 87. 3798–3804.

Čítek, J., Stupka, R., Okrouhlá, M., Vehovský, K., Brzobohatý, L., Šprysl, M., Stadník, L. Effects of dietary linseed and corn supplement on the fatty acid content in the pork loin and backfat tissue. *Czech Journal of Animal Science*. 2015. 60. 7. p. 319-326. ISSN 1212 1819.

## Seznam použité literatury

- Eder, K., Müller, G., Kluge, H., Hirche, F., Brandsch, C. 2005. Concentrations of oxysterols in meat products from pigs fed diets differing in the type of fat (palm oil or soybean oil) and vitamin E concentrations. *Meat Science*. 70. 15-23.
- Enser, M., Richardson, R. I., Wood, J. D., Gill, B. P., Sheard, P. R. 2000. Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. 55. 201-212.
- Gillespie, J. R., Flanders, F. B. 2010. *Modern livestock and poultry production*. Delmar, Cengage Learning. New York. p. 1073. ISBN: 978-1-4283-1808-3.
- Haak, L., De Smet, S., Fremaut, D., Van Walleghem, K., Raes, K. 2008. Fatty acid profile and oxidative stability of pork as influenced by duration and time of dietary linseed or fish oil supplementation. *Journal of Animal Science*. 86. 1418-1425.
- Huang, F. R., Zhan, Z. P., Luo, J., Liu, Z. X., Peng, J. 2008. Duration of dietary linseed feeding affects the intramuscular fat, muscle mass and fatty acid composition in pig muscle. *Livestock Science*. 118. 132-139.
- Inserra, L., Luciano, G., Bella, M., Scerra, M., Cilione, C., Basile, P., Lanza, M., Priolo, A. 2015. Effect of including carob pulp in the diet of fattening pigs on the fatty acid composition and oxidative stability of pork. *Meat Science*. 100. 256-261.
- Joo, S. T., Lee, J. I., Ha, Y. L., Park, G. B. 2002. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. *Animal Science*. 80. 1. 108-112.
- Juárez, M., Dugan, M. E. R., Aldai, N., Aalhus, J. I., Patience, J. F., Zijlstra, R. T., Beaulieu, A. D. 2010. Feeding co-extruded flaxseed to pigs: Effects of duration and feeding level on growth performance and backfat fatty acid composition of grower-finisher pig. *Meat Science*. 84. 578-584.

## Seznam použité literatury

- Kouba, M., Enser, M., Whittington, F. M., Nute, G. R., Wood, J. D. 2003. Effect of a high linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science*. 81. 1967-1979.
- Kralik, G., Csapó, Crnjac, T. 2006. Feeding rapeseed oil to increase n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle and adipose tissue. *Acta Alimentaria*. 35. 3. 251-258.
- Lauridsen, C., Mu, H., Henckel, P. 2005. Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and age at slaughtering on performance, slaughter - and meat quality, lipoproteins, and tissue deposition of CLA in barrows. *Meat Science*. 69. 393-399.
- Lizardo, R., van Milgen, J., Mourot, J., Noblet, J., Bonneau, M. 2002. A nutritional model of fatty acid composition in the growing-finishing pig. *Livestock Production Science*. 75. 167-182.
- Marco, A., Juarez, M. M., Brunton, N., Wasilewski, P. D., Lynch, B., Moon, S. S., Troy, D. J., Mullen, A. M. 2009. Enriching breakfast sausages by feeding pigs with CLA supplemented diets. *Food Chemistry*. 114. 984-988.
- Martin, D., Antequera, T., Muriel, E., Andres, A. I., Ruiz, J. 2008. Oxidative changes of fresh loin from pig, caused by dietary conjugated linoleic acid and monounsaturated fatty acids, during refrigerated storage. 111. 730-737.
- Martin, D., Muriel, E., Antequera, T., Perez – Palacios, T., Ruiz, J. 2008. Fatty acid composition and oxidative susceptibility of fresh loin and liver from pigs fed conjugated linoleic acid in combination with monounsaturated fatty acids. *Food Chemistry*. 108. 86-96.
- Martínez – Ramírez, H. R., Kramer, J. K. G., de Lange, C. F. M. 2014. Retention of n-3 polyunsaturated fatty acids in trimmed loin and belly is independent of timing of feeding ground flaxseed to growing-finishing female pigs. *Animal Science*. 92. 238-249.
- Nuernberg, K., Fischer, K., Nuernberg, G., Kuechenmeister, U., Klosowska, D., Eliminowska-Wenda, G., Fiedler, I., Ender, K. 2005. Effects of dietary olive and linseed oil

## Seznam použité literatury

- on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. *Meat Science*. 70. 63-74.
- Okrouhlá, M., Stupka, R., Čítek, J., Šprysl, M., Brzobohatý, L. 2013. Effect of dietary linseed supplementation on the performance, meat quality, and fatty acid profile of pigs. *Czech Journal of Animal Science*. 6. 58. 279-288.
- Rossi, R., Corino, C. 2001. Influence of long-term nutrition with different dietary fats on fatty acid composition of heavy pigs backfat. *Italy Journal Animal Science*. 1. 7-16.
- Park, J. C., Kim, S. C., Lee, S. D., Jang, H. C., Kim, N. K., Lee, S. H. Jung, H. J. 2012. Effects of dietary fat types on growth performance, pork quality, and Gene Expression in growing finishing Pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 25. 12. 1759-1767.
- Pikul, J., Leszczynski, D. E., Kummerow, F. A. 1989. Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *Agriculture Food Chemistry*. 37. 1309–1313.
- Raes, K., De Smet, S., Demeyer, D. 2004. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology*. 113. 199-221.
- Raj, S., Skiba, G., Werenko, D., Fandrjewski, H., Migdal, W., Borowiec, F., Polawska, E. 2010. The relationship between the chemical composition of the carcass and the fatty acid composition of intramuscular fat and backfat of several pig breeds slaughtered at different weights. *Meat Science*. 86. 324-330.
- Ratnayake, W. M. N., Galli, C. 2009. Fat and Fatty Acid Terminology, Methods of Analysis and Fat Digestion and Metabolism: A Background Review Paper. *Annals of nutrition and metabolism*. 55. 8-43.

## Seznam použité literatury

Reece, W. O. 2011. Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. Grada. Praha. 378 s. ISBN: 978 – 80 – 247 – 3282 – 4.

Salcedo – Sandoval, L., Cofrades, S., Ruiz – Capillas, C., Matalanis, A., McClements, D. J., Decker, E. A., Jimenez – Colmenero, F. 2015. Oxidative stability of n-3 fatty acids encapsulated in filled hydrogel particles and of pork meat systems containing them. *Food Chemistry*. 184. 207-213.

Strathe, A. B., Danfaer, A., Chwalibog, A. 2008. A dynamic model of digestion and absorption in pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 143. 328-371.

Teye, G. A., Sheard, P. R., Whittington, F. M., Nute, G. R., Stewart, A., Wood, J. D. 2006. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Science*. 73. 157-165.

Wang, T. Y., Liu, M., Portincasa, P., Wang, D. Q. H. 2013. New insights into the molecular mechanism of intestinal fatty acid absorption. *National Institutes of health – Public Access*. 43. 11. 1203-1223.

Warnants, N., van Oeckel, M. J., Boucque, C. V. 1999. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids into pork fatty tissues. *Journal of Animal Science*. 77 (9). 2478-2490.

Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., Sheard, P. R., Enser, M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*. 66. 21-32.

Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes, S. I., Whittington, F. M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*. 78. 343-358.

