

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv mastných kyselin v krmné dávce prasat na kvalitu
hřbetního tuku**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Lucie Humeni

Obor: Výživa zvířat a dietetika

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

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Vliv mastných kyselin v krmné dávce prasat na kvalitu hřbetního tuku" 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 26.4.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Monice Okrouhlé, Ph.D. za trpělivost, vstřícný přístup, poskytnutí materiálů, mnoho cenných rad a odborné vedení při psaní této práce. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině a přátelům za podporu.

Vliv mastných kyselin v krmné dávce prasat na kvalitu hřbetního tuku

Souhrn

Vepřové maso je důležitou složkou lidské stravy po celém světě. Nejcennější součástí jatečně upraveného těla prasete jsou maso a tuk. Tuky a oleje řadíme mezi důležité složky lidské stravy, neboť mají vysokou energetickou hodnotu. Profil mastných kyselin ve vepřovém mase může ovlivnit lidské zdraví. Zaměření na povahu zdroje tuků v krmné dávce prasat je podstatné pro zajištění produkce kvalitního vepřového masa.

Bylo sledováno 40 kusů prasat (vepříků a prasniček) hybridů (České bílé ušlechtilé_(mateřské) × Česká Landrace) × České bílé ušlechtilé_(otcovské)). Prasata byla rozdělena na 1 kontrolní skupinu a 1 pokusnou skupinu, které bylo podáváno lněné semínko v krmné dávce 150 g/kg. 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 (A1), výkrm (A2) a CDP (prasata 65 - 120 kg). V kontrolní skupině bylo hodnoceno 24 prasat a ve skupině pokusné 16 prasat. Odběr vzorků hřbetního tuku byl proveden z pravé poloviny jatečně upraveného těla. Vzorky byly homogenizovány a podrobeny chemickým analýzám za účelem stanovení mastných kyselin.

Přídavek lněného semínka zlepšil průměrnou denní konverzi krmiva. Nebyl zjištěn žádný negativní vliv na vlastnosti výkrmu, kvantitativní a kvalitativní parametry jatečné hodnoty a kvalitu vepřového masa po suplementaci lněným semínkem.

Z výsledků měření bylo zjištěno, že suplementace KD lněným semínkem ovlivňovala zastoupení nasycených mastných kyselin (SFA), mononenasycených mastných kyselin (MUFA) a polynenasycených mastných kyselin (PUFA). Také měla vliv na omega-3 mastné kyseliny, poměr mezi omega-6 PUFA a omega-3 PUFA a trombogenní index. Obohacením krmiva o lněné semínko se zvýšila kvalita koncových produktů v rámci obsahu mastných kyselin.

Klíčová slova: prase, výživa, mastné kyseliny, kvalita hřbetního tuku

Influence of fatty acids in the feed of pigs on the quality of back fat

Summary

Pork is an important component of the human diet in the whole world. The most valuable parts of a pig's carcass are meat and fat. Fats and oils are important components of the human diet because they have a high energy value. The fatty acid character of pork can affect human health. Focusing on the nature of the fat source in the feed ration of pigs is essential to ensure the production of quality pork.

In the experiment we used 40 pigs (barrows and swines) of final hybrid combination Czech Large White_(Sire) × (Czech Landrace × Czech Large White_(Dam)). The pigs were divided into 1 control group and 1 experimental group, which were fed linseed at a feed rate of 150 g / kg. The pigs were fed *ad libitum* complete feed mixtures (KKS) throughout the fattening period. Feed mixtures for pre-fattening (A1), fattening (A2) and CDP (pigs 65 - 120 kg) were used in control and experimental groups. 24 pigs were judged in the control group and 16 pigs in the experimental group. Sampling of back fat was executed from the right half of the carcass. The samples were homogenized and subjected to chemical analyzes to determine fatty acids.

The addition of linseed improved the average daily feed conversion. No negative effect on fattening properties, quantitative and qualitative parameters of carcass value and quality of pork after linseed supplementation was found.

From the measurement results, it was found that the supplementation of feed mixture with linseed affected the proportion of saturated fatty acids (SFA), monounsaturated fatty acids (MUFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA). It also affected omega-3 fatty acids, the ratio between omega-6 PUFA and omega-3 PUFA and the thrombogenic index. The enrichment of the feed with linseed has increased the quality of the end products in terms of fatty acid content.

Keywords: pig, nutrition, fatty acids, quality of back fat

Obsah

1 Úvod	7
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	8
2.1 Vědecká hypotéza.....	8
2.2 Cíl práce	8
3 Literární rešerše	9
3.1 Význam a vývoj chovu prasat	9
3.2 Anatomie a fyziologie trávicí soustavy prasat	10
3.2.1 Trávicí soustava	11
3.2.1.1 Dutina ústní (<i>Cavum oris</i>)	11
3.2.1.2 Hltan (<i>Pharynx</i>)	11
3.2.1.3 Jícen (<i>Esophagus</i>).....	12
3.2.1.4 Žaludek (<i>Ventriculus</i>)	12
3.2.1.5 Tenké střevo (<i>Intestinum tenue</i>)	13
3.2.1.6 Tlusté střevo (<i>Instetinum crassum</i>)	13
3.2.2 Trávení lipidů.....	14
3.3 Lipidy a mastné kyseliny	15
3.3.1 Nasycené mastné kyseliny (SFA).....	16
3.3.2 Mononenasycené mastné kyseliny (MUFA)	18
3.3.3 Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA).....	19
3.4 Kvalita masa a tuku	21
3.4.1 Jatečná hodnota	22
3.4.1.1 Jatečná výtěžnost	22
3.4.1.2 Kvantitativní a kvalitativní ukazatele	23
3.4.1.3 Jakostní odchylky masa	24
3.4.2 Složení masa	25
3.4.3 Tuková tkáň.....	27
3.4.3.1 Hřbetní tuk.....	28
3.5 Výživa a krmné komponenty	29
3.5.1 Rostlinné komponenty	30
3.5.1.1 Řepka olejná	30
3.5.1.2 Slunečnice roční	31

3.5.1.3	Olivový olej.....	32
3.5.1.4	Sója.....	33
3.5.1.5	Len setý	34
3.5.2	Živočišné komponenty	35
3.5.2.1	Rybí tuk	35
3.5.3	Mikrobiální komponenty	36
3.5.3.1	<i>Spirulina</i> sp.....	37
4	Metodika	38
4.1	Materiál.....	38
4.1.1	Zvířata.....	38
4.1.2	Výživa.....	38
4.2	Metody.....	39
4.2.1	Kvantitativní a kvalitativní ukazatele	39
4.2.2	Analýza základních chemických ukazatelů	40
4.2.3	Analýza mastných kyselin ve hřbetním tuku.....	40
4.2.4	Statistické vyhodnocení	40
5	Výsledky.....	42
6	Diskuze	46
6.1	Výkrmnostní a fyzikální ukazatele	46
6.2	Mastné kyseliny	46
6.2.1	SFA.....	47
3.2.2	MUFA.....	47
3.2.3	PUFA	47
3.2.3.1	Omega-3 a omega-6	48
4	Závěr	49
5	Literatura.....	50
6	Seznam použitých zkratk a symbolů	60
10	Seznam tabulek, obrázků a grafů.....	61

1 Úvod

Domácí prase (*Sus scrofa*) pochází z prasete divokého a vzniklo několika nezávislými domestikacemi přibližně před 9 000 lety. V průběhu věků byla z morfologických a behaviorálních rysů nezávisle vybírána široká škála místních populací prasat, které byly dobře přizpůsobeny podmínkám prostředí, ve kterých byly chovány. Od druhé poloviny 20. století se prasata začala intenzivně šlechtit (Poklukar et al. 2020).

Nejcennější součástí jatečně upraveného těla prasete je maso a poté tuk (Lisiak et al. 2013). Šlechtění prasat na výbornou jatečnou hodnotu s vysokým podílem libového masa vedlo u užitkových prasat ke snížení celkového tuku v těle. Selektce nemění pouze celkový obsah tuku, ale také ovlivňuje distribuci tuku mezi orgány, a to umožňuje produkci zvířat s nižším podkožním tukem a bez snížení intramuskulárního tuku, což je velmi důležité pro organoleptické vlastnosti masa (Kouba & Mourot 2011). Kvalita a profil mastných kyselin vepřového masa a jeho výrobků je velmi variabilní (Arkfeld et al. 2017; Jasinska & Kurek 2017).

Trh s vepřovým masem byl v posledních letech vystaven několika změnám ovlivněným poptávkou spotřebitelů, které zaměřily produkci na méně tučné a zdravější maso. Jednou z nejrozšířenějších používaných strategií je změna zdroje krmného tuku z primárně živočišného tuku (více nasycených tuků) na více rostlinných tuků (více nenasycených tuků). Krmné směsi obohacené o rostlinné oleje (např. slunečnicový olej, sójový olej, lněný olej), které obsahují vysoké množství nenasycených mastných kyselin, by měly mít za následek zdravější produkty pro spotřebitele (Alonso et al. 2012).

Vepřové maso je důležitou součástí lidské stravy v mnoha zemích Evropy i ve světě. Složení mastných kyselin vepřového masa je velmi důležitý zejména pro lidské zdraví (Jasinska & Kurek 2017). V lidské výživě se doporučuje denní příjem lipidů okolo 30 % z celkové energie, z toho zhruba 10 % lipidů by měly být nasycené mastné kyseliny (SFA) a 10-20 % polynenasycené mastné kyseliny (PUFA) (Djordjevic et al. 2016). Podle Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) a Světové zdravotnické organizace (WHO) z roku 2010 by měl být příjem omega-6 PUFA 2,5–9 % a omega-3 PUFA 0,5–2% z celkového příjmu energie (Brát 2015). Tuky a oleje jsou důležitými složkami stravy díky své vysoké energetické hodnotě a profil jejich mastných kyselin se odráží ve výsledných živočišných produktech. Zaměření na povahu zdroje tuků v krmné dávce prasat je zásadní pro zajištění produkce vysoce kvalitního masa (Alonso et al. 2012).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

2.1 Vědecká hypotéza

Výživa je jedním z faktorů, které ovlivňují kvalitu masa. Z výživových složek mají mastné kyseliny vliv na stavbu a složení tukové tkáně. Předpokládám, že složení mastných kyselin ovlivní kvalitu hřbetního tuku, který je využíván pro masné výrobky.

2.2 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo si osvojit a pomocí realizace vlastní experimentální části vyhodnotit vliv mastných kyselin v krmné dávce prasat na kvalitu hřbetního tuku.

3 Literární rešerše

3.1 Význam a vývoj chovu prasat

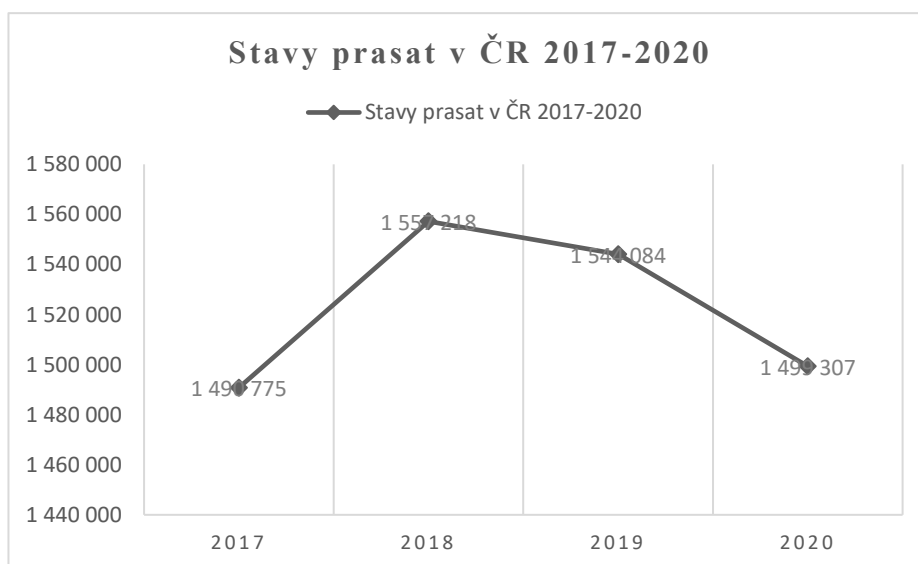
Prasata mají výbornou konverzi živin a vysokou schopnost syntézy proteinu a tuku. Patří mezi nejvýkonnější hospodářská zvířata díky reprodukčním i produkčním vlastnostem (multiparita, krátký generační interval, ranost, vysoká jatečná výtěžnost apod.) (Stupka et al. 2013b).

Chov prasat stále patří mezi významná odvětví živočišné výroby. Na celkové celosvětové spotřebě masa vepřové maso představuje 40 %. Prasata náležejí mezi čtvrtý nejčetnější druh chovaných hospodářských zvířat. Základními podmínkami úspěšného chovu z pohledu ekonomiky i produkce kvalitního masa patří zdravotní stav prasat (Otrubová 2018).

Tabulka č. 1 Stavby prasat v České republice (ČSÚ)

Rok	Počet kusů
2017	1 490 775
2018	1 557 218
2019	1 544 084
2020	1 449 307

K lednu 2020 bylo na celém světě zhruba 677,6 milionů prasat. Předním producentem vepřového masa ve světě je Čína, která každoročně produkuje přibližně 55 milionů tun vepřového masa. Z toho vyplývá, že Čína byla domovem více než poloviny světové populace prasat. Počet prasat v Číně se v roce 2020 pohyboval na 310,41 milionech kusů prasat. Za Čínou v počtu kusů následuje Evropská Unie při 148,2 milionech kusů prasat (Shahbandeh 2020; Statista 2021).



Graf č. 1 Vývoj stavů prasat v ČR 2017-2020 (ČSÚ)

Celosvětový vývoz vepřového masa z Číny v posledních několika letech klesá, zatímco EU zůstala v loňském roce největším vývozcem vepřového masa s více než 3 miliony tun. USA jsou také jedním z hlavních vývozců a dovozců vepřového masa po celém světě (Shahbandeh 2020). Dovoz vepřového masa do EU byl v roce 2020 okolo 19 tisíc tun (Kameník 2021).

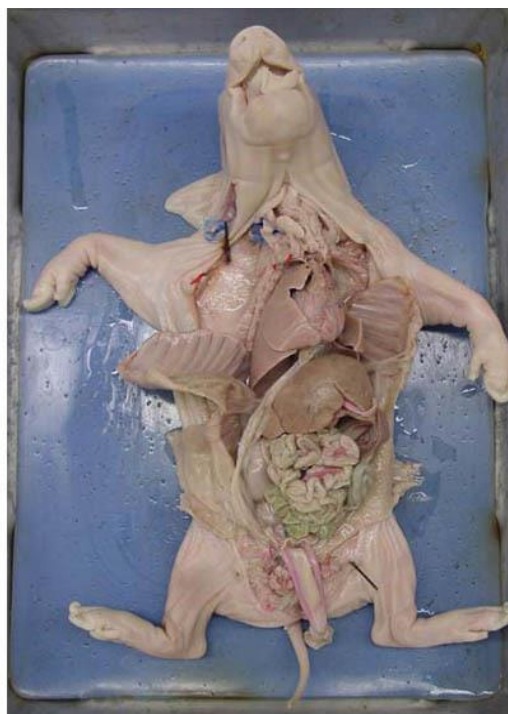
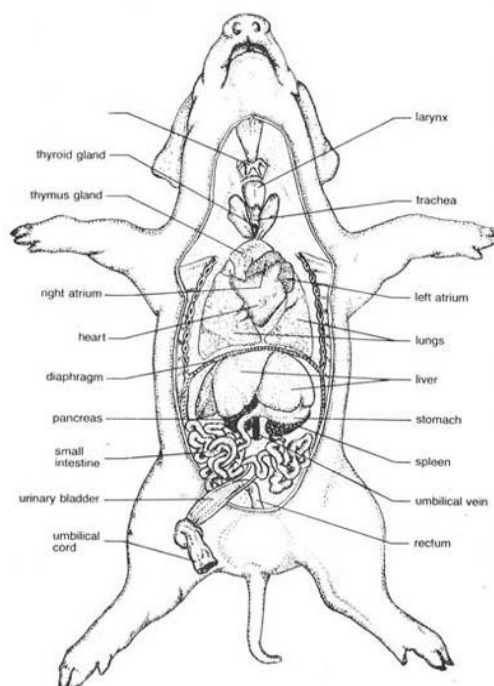
Průměrná spotřeba vepřového masa a vedlejších produktů v Evropě je obecně 40 kg/osoba/rok, v Číně 32 kg/osoba/rok a v USA nad 23 kg/osoba/rok (Jasinska & Kurek 2017).

Tabulka č. 2 Spotřeba vepřového masa v EU v 1 000 tunách JUT (Kameník 2021)

Rok	Spotřeba	Spotřeba osoba/kg
2017	21 100	32,1
2018	21 460	32,6
2019	21 216	32,2
2020	21 186	32,0
% 2019/2020	-0,1	-0,6

3.2 Anatomie a fyziologie trávicí soustavy prasat

Trávicí ústrojí prasete, jakožto všežravce (*omnivora*), je uzpůsobeno k příjmu a zpracování živočišné i rostlinné potravy, avšak nikoliv ke zpracování celulózy, proto musí být krmná dávka založena na vysoce stravitelných krmivech s vysokou biologickou hodnotou (Stupka et al. 2013b; Otrubová 2016).



Obrázek č. 1 Trávicí soustava prasete (dostupné z www.quizlet.com)

Funkce trávicí soustavy prasete spočívá v příjmu, mechanickém zpracování (rozmělnění), chemickém zpracování (rozklad krmiv) a následném vstřebávání látek a vylučování nestrávených zbytků krmiv. Každý úsek trávicí soustavy má jiné funkce

(Stupka et al. 2013b). Typickým znakem prasat je jednoduchý jednokomorový žaludek a méně prostorný trávicí trakt (Stupka et al. 2013a), což prase klasifikuje jako monogastrické zvíře (Rowan et al. 2010). Ve srovnání s přežvýkavci mají prasata až o polovinu kratší trávicí trakt (Otrubová 2016).

Gastrontestinální trakt není jen důležitým orgánem pro trávení, vstřebávání a metabolismus živin ve stravě, ale je také největším imunitním orgánem v těle, který zahrnuje více než 70 % imunitních buněk těla (Liu 2015).

3.2.1 Trávicí soustava

Trávicí trakt prasete má pět hlavních částí, a to ústní dutinu, jícen, žaludek, tenké a tlusté střevo (Rowan et al. 2010).

3.2.1.1 Dutina ústní (*Cavum oris*)

Trávicí soustava začíná dutinou ústní, která je nejkranialnější částí trávicí soustavy. Pomocí ní je potrava přijímána. Prasata mají málo pohyblivé pysky, přijímají potravu hltavě a ryvím pohybem. Dutina ústní prasete se nazývá rypák. V ústní dutině dochází k mechanickému rozmělnění přijaté potravy (Staněk 2009; Reece 2011; Otrubová 2016).

V ústech jsou tvořeny sliny, jež působí na změkčení a zvlhčení malých částí potravy. Prase vyprodukuje až 1,5 l slin/den, nicméně záleží na konzistenci přijatého krmiva. Sliny prasete obsahují 99 % vody, 0,7 % organických látek a 0,3 % anorganických látek. Organická α -amyláza, obsažena ve slinných prasete, štěpí škrob na sladový cukr, takže již v dutině ústní dochází k chemickému trávení potravy (Stupka et al. 2013b; Otrubová 2016). Podle konzistence a obsahu vody v krmivu sekrece slin klesá v pořadí obilný šrot, krmné směsi, vařené brambory a mléko (Otrubová 2016).

K rozmělnění potravy napomáhají zuby. Mléčný chrup se skládá z 28 zubů, trvalý chrup prasete má 44 zubů (Stupka et al. 2013b).

Potrava je následně pomocí jazyka a zubů promíchána se slinami a vytvoří se sousto neboli *bolus*. jazyk tlačí potravu směrem k jícnu (Rowan et al. 2010; Reece 2011).

Tabulka č. 3 Zubní vzorec prasete (www.zootecnika.cz)

mléčný chrup			trvalý chrup			
<i>i</i>	<i>c</i>	<i>p</i>	<i>I</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>M</i>
3	1	3	3	1	4	3
3	1	3	3	1	4	3

3.2.1.2 Hltan (*Pharynx*)

Za dutinou ústní následuje trubicovitý hltan, který je u prasat úzký a dlouhý. Prase má zřetelně rozdělené silné měkké patro na část dýchací a trávicí. Při polykání sousta je potravě reflexně a mechanicky zabráněn vstup do hrtanu a nosních dutin. Spolu s jícnem zajišťuje dopravu potravy do žaludku pomocí svalstva (Reece 2011; Stupka et al. 2013b).

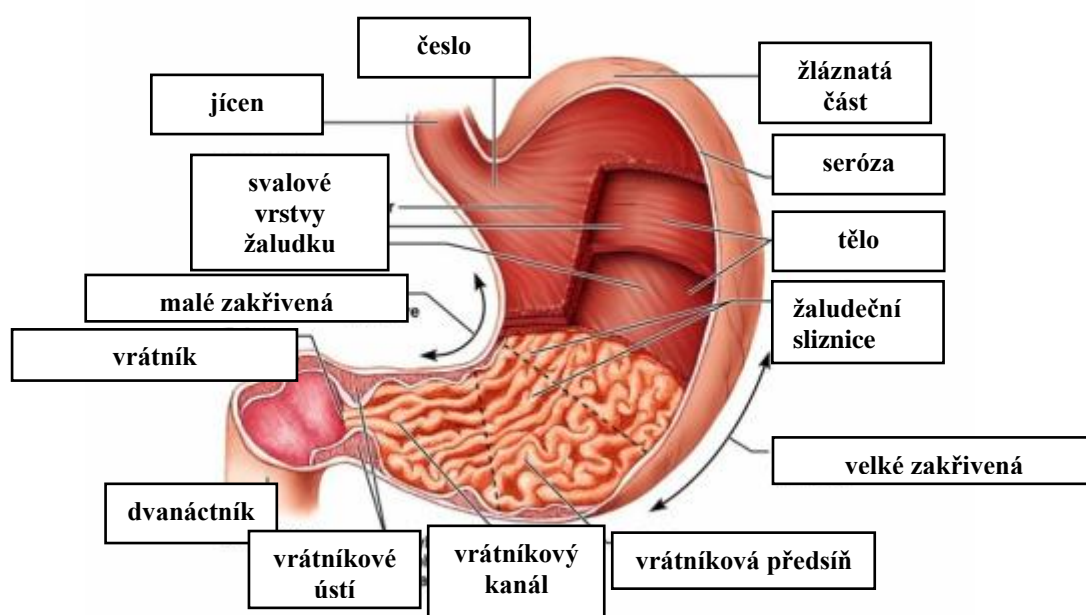
3.2.1.3 Jícen (*Esophagus*)

Jícen je dlouhá svalová trubice spojující hltan a žaludek. Transport potravy a vody je zajišťován pomocí peristaltických vln vznikajících činností svaloviny. Série svalových kontrakcí tlačí sousto směrem k žaludku. První z kontrakcí je polykání. Konec jícnu ústí do žaludku. Přejít potravě ze žaludku zpět do jícnu zabraňuje česlo (*cardie*) (Rowan et al. 2010; Reece 2011; Stupka et al. 2013b).

3.2.1.4 Žaludek (*Ventriculus*)

V levé horní části dutiny břišní pod bránicí nalezneme jednoduchý jednodukomorový žaludek (Reece 2011). Žaludek prasete ve tvaru silného válce má objem zhruba 2 – 6 litrů a můžeme ho rozčlenit na několik částí, a to žaludeční výduť, velké zakřivení, česlo, malé zakřivení a vrátník (Stupka et al. 2013b). Nejbližší část žaludku za jícnem se nazývá česlo (*cardie*) a u prasete je tato část pokryta žláznatou sliznicí. Dalšími částmi žaludku je žláznaté dno žaludku (*fundus*) a vrátník (*pylorus*). Pylorická část žaludku vyúsťuje do tenkého střeva, přesněji dvanáctníku (Staněk 2009; Rowan et al. 2010; Reece 2011).

Hlavními funkcemi žaludku je promísení potravy, vznik chymu (zažitiny) a produkce žaludeční šťávy. Prase vyprodukuje zhruba 2 litry žaludeční šťávy za den o pH 1 - 2. Žaludeční šťáva obsahuje anorganické látky (Na, K, Ca, Mg, Fe, sírany, fosforečnany) a organické látky (ty jsou ve formě enzymů – erepsin, pepsin, chymozin, peptidáza, lipáza, mucin) (Stupka et al. 2013b). Žláznatá sliznice žaludeční stěny obsahuje buňky hlavní, krycí a vedlejší. Vedlejší buňky produkují hlen, krycí buňky vylučují kyselinu chlorovodíkovou a buňky hlavní produkují proenzym pepsinogen (Reece 2010). Kyselina chlorovodíková aktivuje pepsin, způsobuje bobtnání potravy, ničí choroboplodné zárodky a zabraňuje kvašení žaludečního obsahu (Stupka et al. 2013b). Pylorické žlázy produkují hormon gastrin (Reece 2010).



Obrázek č. 2 Žaludek prasete (dostupné z www.fetalpiganatomylab.weebly.com)

Jelikož v žaludku dochází k vlastnímu chemickému trávení potravy, můžeme ho proto nazvat „reakční komorou“. Při chemickém trávení potravy dochází k rozkladu tuků, sacharidů a proteinů na menší částice. Některé částice jsou absorbovány ze žaludku do krevního řečiště (Rowan et al. 2010). V žaludku zůstává potrava bohatá na tuky 5 - 7 hodin, na proteiny 4 - 6 hodin a na sacharidy 3 - 4 hodiny (Stupka et al. 2013b). Částice, které nedokáže žaludek absorbovat, přecházejí do tenkého střeva (Rowan et al. 2010).

3.2.1.5 Tenké střevo (*Intestinum tenue*)

Tenké střevo ve tvaru spirály se dělí na tři části. V kaudálním směru začíná dvanáctníkem (*duodenum*), pokračuje lačníkem (*jejunum*) a končí kyčelníkem (*ileum*). Každá část tenkého střeva má jinou funkci (Rowen et al. 2010; Reece 2011). Jeho stěna má mnoho drobných prstovitých výstupků, známých jako klky, které zvyšují absorpční schopnost střeva (Rowen et al. 2010). U dospělého prasete dosahuje délka tenkého střeva zhruba 20 m (Stupka et al. 2013b).

Dvanáctník vytváří kličky, jež se ohýbají z levé strany na pravou a je dlouhý zhruba 80 cm. Ke dvanáctníku přilehá slinivka břišní (*pankreas*), která produkuje pankreatickou šťávu, jež významně ovlivňuje trávení. Žlučovým vývodem se do dvanáctníku vlévá žluč produkovaná játry (Reece 2011). Trávení tuků zajišťuje pankreatická a střevní lipáza. Působením žluči, tvořící žlučové kyseliny, se snižuje kyselost ve dvanáctníku, dochází k aktivaci lipolytických enzymů, vstřebávání monoglyceridů a mastných kyselin. Sacharidy jsou tráveny za působení pankreatické α -amylázy, sacharázy, maltázy a laktázy (Stupka et al. 2013b).

Avšak většina živin se vstřebává ve druhé a třetí části tenkého střeva, tj. v kyčelníku a lačníku. Nestrávené živiny a sekrety přecházejí do tlustého střeva (Rowen et al. 2010).

3.2.1.6 Tlusté střevo (*Instetinum crassum*)

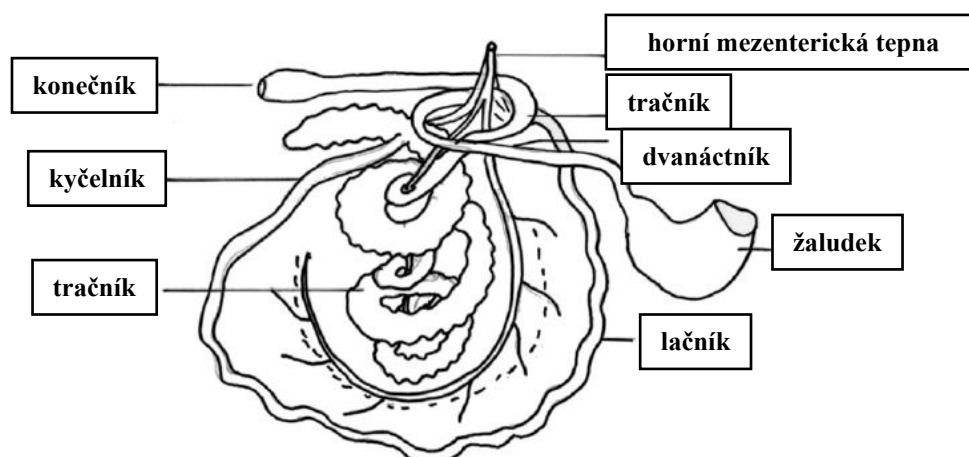
Poslední částí trávicího traktu je tlusté střevo, které se skládá ze slepého střeva (*ceacum*), tračnicku (*colon*) a konečnicku (*rektum*). Na rozdíl od tenkého střeva nemá klky. Objem tlustého střeva prasete je okolo 2 l a délka zhruba 4-5 m (Staněk 2009; Stupka et al. 2013 b). Je kratší, avšak v průměru širší než tenké střevo. Posun tráveniny zajišťuje svalová kontrakce (Rowen et al. 2010).

Obsah z kyčelníku vstupuje na rozhraní mezi slepým střevem a tračnickem. Tračník prasete je definován na část příčnou, sestupnou a vzestupnou. Vzestupný tračník prasete se nazývá tračnickový labyrint a připomíná spirálové ocelové pero (Reece 2011).

Slepé střevo prasete má ve stěně výdutě, které mohou pojmout významný objem střevního obsahu, a tak se může trávenina déle zdržet v těle. Umožňuje intenzivnější bakteriální trávení (Reece 2011).

V tlustém střevě fermentuje potrava, nicméně fermentace v tlustém střevě prasete není tak intenzivní jako u býložravců (nepřijímá tolik vláknité potravy). V tlustém střevě dochází především k vstřebávání vody a části těkavých mastných kyselin, což je jeho hlavní funkcí. Tlusté střevo je zásobárnou odpadních materiálů, které pak tvoří výkaly. Do zbývající potravy

se v tlustém střevě přidává sliz, který působením provlhčuje a usnadňuje tak průchod (Rowen et al. 2010).



Obrázek č. 3 Tenké a tlusté střevo prasete (dostupné z www.researchgate.net)

3.2.2 Trávení lipidů

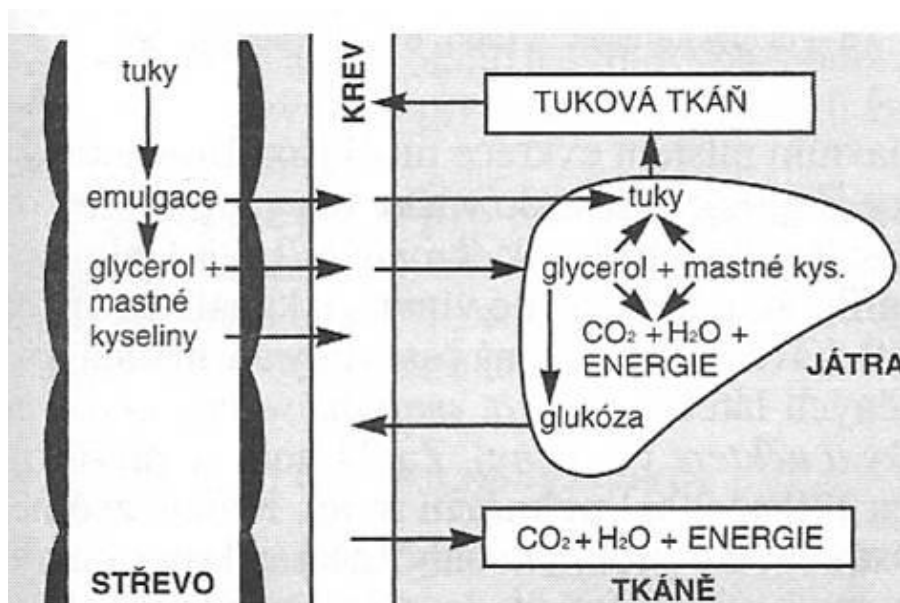
Většina přijatých tuků je ve formě triacylglycerolů. Určitá část tuků neboli lipidů je trávena v dutině ústní a žaludku pomocí slinné lipázy, avšak většina lipidů podléhá trávení v tenkém střevě, kde jsou tráveny pomocí střevní lipázy na monoglyceroly a mastné kyseliny. Glycerol je snadno absorbovatelný díky jeho rozpustnosti ve vodě. Jelikož mastné kyseliny nejsou rozpustné ve vodě, vstřebávají za pomoci žluči (Stupka et al. 2013 b).

Žlučové kyseliny jsou syntetizovány v hepatocytech z cholesterolu. Cholesterol se tvoří v játrech a je přítomný v krevní plazmě a ve všech živočišných tkáních, syntetizuje žlučové kyseliny, steroidní hormony a vitamin D. Zhruba polovina žlučových kyselin je transportována do žlučníku. Žlučové soli v tenkém střevě emulgují triacylglyceroly a estery cholesterolu na micely (malé kapénky) pomocí hydrolyzy střevními lipázami (Keller 2007; Litwack 2018; Britannica 2020).

Jak už bylo naznačeno, významné štěpení tuků probíhá v tenkém střevě. Tučky jsou zde štěpeny pomocí fosfolipázy a pankreatické lipázy, která získává přístup ke triacylglycerolům přes mezery mezi žlučovými solemi. Působením pankreatické lipázy se uvolňují dvě volné mastné kyseliny a jeden 2-monacyl-*sn*-glycerol, které se rychle vstřebávají střevní stěnou. Fosfolipázy, pocházející ze slinivky břišní, štěpí fosfolipidy na volné mastné kyseliny. Produkty trávení jsou absorbovány buňkami střevní sliznice (apikální strana zralých enterocytů) (Litwack 2018).

Následně po absorpci do enterocytů nastává zpětná syntéza tuku (tzv. resyntéza triacylglycerolů). Tento tuk nazýváme jako neutrální. Tučky jsou reesterifikovány na triacylglyceroly a estery cholesterolu a zabaleny do chylomikronů, velkých lipoproteinů s hustotou menší než voda (Keller 2007). Zhruba 70 % těchto tuků se dostává do mízy a asi tak 30 % přechází do jater. Lipidy jsou přenašeny krevním oběhem ve spojení s proteiny, což umožňuje jejich rozptýlení ve vodném plazmatickém médiu (Blanco & Blanco 2017). Chylomikrony se rychle vylučují díky působení lipoproteinové lipázy, která hydrolyzuje triacylglyceroly na volné mastné kyseliny. Tkáně využívají volné mastné kyseliny pro tvorbu

energie, přičemž přebytky se ukládají v tukové tkáni jako triacylglyceroly a játra odstraní zbývající „zbytky“ chylomikronu (Keller 2007).



Obrázek č. 4 Základní schéma metabolismu tuků (dostupné z www.ostrava.educanet.cz)

Lipogeneze je termín používaný k popisu procesu syntézy mastných kyselin a triglyceridů z glukózy nebo jiných substrátů. Tato specifická biosyntéza probíhá převážně v játrech, zatímco její výskyt v tukové tkáni má minimální význam, a to i za podmínek nadměrného překrmování sacharidy (Meštrovič 2018).

Lipolýza je proces, při kterém se triacylglyceroly hydrolyzují na volné mastné kyseliny a glycerol. Je toho dosaženo v adipocytech postupným působením tryacylglycerové lipázy, hormonálně citlivé lipázy a monoglyceridové lipázy. Procesy lipogeneze a lipolýzy v adipocytech jsou řízeny několika hormony, jako je inzulin, glukagon a katecholaminy (Nielsen et al. 2014; Poklukar et al. 2020).

3.3 Lipidy a mastné kyseliny

Lipidy jsou skupinou strukturně rozmanitých, ve vodě nerozpustných sloučenin, rozpustných v organickém rozpouštědle. Tuky mají jako hlavní část své chemické struktury uhlovodíkové řetězce nebo kruhy, přičemž primárními typy uhlovodíků jsou mastné kyseliny (FA = fatty acids) a steroidy (Kerr et al. 2016). Jakožto součást fosfolipidů (složitě lipidy obsahující fosfát) spolu s glycerolem a dusíkatou bází tvoří základní strukturu všech buněčných membrán. V tukové tkáni slouží jako tepelná izolace a zdroj energie (Tvrzická et al. 2011; Reece 2011). Lipidy indukují lepší resorpci vitamínů rozpustných (A, D, E, K) a zpomalují průchod potravy v trávicím traktu, čímž umožňují lepší natrávení potravy (Kacerovský et al. 1989; Baltič et al. 2017).

Mastné kyseliny (FA) jsou důležitou složkou lipidů v rostlinách, zvířatech a mikroorganismech (Rogers 2020). Mastné kyseliny se rozdělují podle délky řetězce a stupně nasycení. Délka řetězce se může lišit od 2 až 40 atomů uhlíku, ale nejběžnější mastné

sloučeniny obsahují 12 až 22 atomů uhlíku. Běžně je kategorizujeme jako FA s krátkým řetězcem (SCFA; do 4 C), středním řetězcem (MCFA; od 6 do 12 C) a s dlouhým řetězcem (LCFA; více než 12 C). Rozdíly ve struktuře tuků mezi MCFA a LCFA ovlivňují velikost molekul a rozpustnost ve vodě, což může vést k rozdílům při trávení, vstřebávání a transportu těchto látek ve tkáních a orgánech. Právě tyto dva typy FA procházejí organismem různými metabolickými cestami na základě jejich délky řetězce a stupně nasycení (Baltič et al. 2017). Obecně se mastná kyselina skládá z řetězce se sudým počtem atomů uhlíku, s atomy vodíku po celé délce řetězce, s atomem vodíku na jednom konci řetězce a karboxylovou skupinou ($-\text{COOH}$) na druhém konci řetězce. Pokud jsou vazby mezi uhlíky všechny jednoduché, je kyselina nasycená (SFA = saturated fatty acids). Nenasycenou mastnou kyselinu označujeme tu, která má některou z vazeb mezi uhlíky dvojitou či trojnou. Rozdělujeme je na mononenasyčené (MUFA = monounsaturated fatty acids), polynenasycené (PUFA = polyunsaturated fatty acids) a mastné kyseliny s trojnými vazbami a s různými substituenty. Nenasycené mastné kyseliny jsou oproti nasyceným reaktivnější (Rogers 2020). Komplex nenasycených mastných kyselin hromadně označujeme též jako vitamín F (Kacerovský et al. 1989). Tyto kyseliny nedovede organismus syntetizovat, a proto musí být dodávány do krmné dávky. Jsou také metabolickými substráty v mnoha biochemických drahách, buněčnými signálními molekulami a hrají zásadní roli jako imunomodulátory (Liu 2015). Mastné kyseliny se v přírodě volně nenacházejí, vždy se běžně vyskytují v kombinaci s glycerolem (alkoholem) ve formě triacylglycerolů (Rogers 2020).

Živočišný tuk zahrnuje vyšší množství nasycených mastných kyselin než rostlinné oleje (Okrouhlá et al. 2018). Vysoký podíl nasycených mastných kyselin obsahuje například loj, sádlo, maso a mléčné výrobky, zejména smetana, máslo a sýr. Dále také kokosový olej, bavlníkový olej a palmový olej (Sobley & Cymet 2008). Nasycené tuky jsou pevné při pokojové teplotě (Aenlle 2008).

Nenasycené tuky se vyskytují s větší pravděpodobností v produktech rostlinného původu a v rybách a jsou naopak spíše olejovitého charakteru (Aenlle 2008).

3.3.1 Nasycené mastné kyseliny (SFA)

Mastné kyseliny s řetězcem s méně než šesti atomy uhlíku, tedy kyseliny s krátkým řetězcem, se nazývají nasycené mastné kyseliny (SFA). Neobsahují v řetězci žádnou dvojnou vazbu. Řetězce zahrnují acetát, propionát a butyrát. Jejich molekula je velmi stabilní, těžko se rozkládá a umožňuje ji tak se ukládat a poskytovat více energie než sacharidy či bílkoviny. Zvyšuje pravděpodobnost, že se bude držet v těle jako cholesterol (Sebley & Cymet 2008; Liu 2015).

SFA jsou primárně produkovány mikrobiální fermentací dietních rezistentních sacharidů a vlákniny v tlustém střevě, zejména butyrátu. Jsou tak hlavním zdrojem energie pro kolonocyty (epitelové buňky tlustého střeva), kdy jim poskytují až 60 – 70 % energie. Odstavená i rostoucí prasata mají velkou schopnost absorbovat a metabolizovat nasycené mastné kyseliny z tlustého střeva. Nasycené mastné kyseliny jsou tedy nezbytné pro udržení normálního metabolismu sliznice tlustého střeva, regulaci růstu a proliferaci kolonocytů. Příznivý účinek SFA není omezen pouze na tlusté střevo, ale též stimulují buněčnou proliferaci

a růst tenkého střeva. Je prokázáno, že butyrát podporuje zdraví střev prasat a zmírňuje zánět střev (Liu 2015).

Tabulka č. 4 Významné nasycené mastné kyseliny (Pokorný 2006; Tvrzická et al. 2011)

Značení	Počet uhlíků	Triviální název	Systematický název
4:0	C4	máselná	butanová
6:0	C6	kapronová	hexanová
8:0	C8	kaprylová	oktanová
10:0	C10	kaprinová	dekanová
12:0	C12	laurová	dodekanová
14:0	C14	myristová	tetradekanová
16:0	C16	palmitová	hexadekanová
18:0	C18	stearová	oktadekanová

Kyselinu máselnou nazýváme taktéž jako butanovou kyselinu. Jako glycerid (ester obsahující kyselinu a glycerol) tvoří 3 – 4 % másla. Izomer kyseliny máselné (izomáselná kyselina) se nachází ve volném stavu i jako ethylester v několika rostlinných olejích (Brown 2014). Dle výzkumu Hanczakowka et al. (2016) kyselina máselná významně zvyšuje délku ilea u prasat.

Kyselina kapronová, známá též pod názvem hexanová kyselina, je olejovou bezbarvou kapalinou s velmi silnou vůní připomínající sýr. V současné době se kyselina kapronová vyrábí z plodin, jako je palma a kokos, tedy z olejů, obsahujícími < 1 % samotné kyseliny. Nízký obsah v rostlinných produktech vede k vysoké ceně a omezenému trhu, proto se vyrábí i průmyslově (například mikrobiální fermentací organického odpadu), ačkoli je kyselina kapronová komerčně dostupná z rostlinných produktů (Chen et al. 2017; Jackman et al. 2020).

Kyselinu kaprylovou definujeme jako bezbarvou olejovou kapalinu, avšak pouze s mírným zápachem. Přírodní potravinové zdroje jsou omezeny na specifické rostlinné oleje a mléčné výrobky. Kyselina kaprylová je vysoce obsažena v kokosovém oleji (6 – 10 % FA) a v palmovém oleji (2 – 5 % FA). Mléko je jediným přirozeným zdrojem živočišné kyseliny kaprylové se silnými rozdíly mezi druhy savců. Kyselinu kaprylovou obsahuje kravské mléko až z 1 - 2 %, kozí mléko ze 3 %, králičí mléko až z 15 - 18 % (Lemarié et al. 2016; Jackman et al. 2020).

Kyselina kaprinová vykazuje mírný zápach a chrání tělo před produkcí zánětlivých cytokinů, přičemž zmírňuje oxidační stres a napomáhá funkci střevní bariéry *in vivo* (Jackman et al. 2020). Nejvyšší obsah nalezneme v kokosovém oleji (5 - 10 % FA) a v palmovém oleji (3 - 5 % FA) (Lemarié et al. 2016).

Kyselina laurová vizuálně připomíná bílý prášek, mírně zapáchá po bobkovém oleji a je poměrně levnou mastnou kyselinou (National Center for Biotechnology Information 2021). Velmi vysoké množství jej vykazuje palmový olej a to až 44 - 51 % FA a kokosový olej 39 - 54 % FA (Lemarié et al. 2016).

MCFA (kyselina kaprylová, kaprinová, laurová) jsou považovány za kvalitní antibiotické náhražky, jelikož vykazují silnou antibakteriální aktivitu proti gram-pozitivním bakteriím (Hanczakowska et al. 2016) a navíc prokazují antikocidiální vlastnosti (Baltič 2017).

Kyselina myristová, bílá krystalická látka, se přirozeně nachází v palmovém oleji, kokosovém oleji a v mléčném tuku, tedy i másle. Je metabolitem hrotnatky velké (*Daphnia magna*) a řas (National Center for Biotechnology Information 2021).

Mezi nejrozšířenější mastné kyseliny patří **kyselina palmitová** a **stearová**. Kyselina palmitová i kyselina stearová se vyskytují v lipidech většiny organismů. Palmitová kyselina tvoří u zvířat až 30 % tělesného tuku. Obzvláště bohatý na zmíněnou kyselinu je palmový olej. Kyselinu stearovou též nalezneme v některých rostlinných olejích, avšak především tvoří relativně vysoký podíl lipidů nalezených v loji přežvýkavců (Rogers 2020).

3.3.2 Mononenasyčené mastné kyseliny (MUFA)

Mononenasyčené mastné kyseliny jsou v základě molekuly tuku, které obsahují jeden nenasycený nebo dvojně vázaný uhlík. Taková struktura dává molekule jedinečné vlastnosti a způsobuje, že interaguje odlišně od ostatních tuků v těle. MUFA jsou méně náchylné k oxidaci, a proto je méně pravděpodobné, že uvolní volné radikály, které mohou poškodit buňky a způsobit zánět (Jenkins et al. 2020). Jsou považovány za nejzdravější typy tuků, protože snižují celkový cholesterol, tzv. špatný (LDL) cholesterol a triacylglyceroly, tedy množství tuku cirkulující v krvi (Aenlle 2008).

MUFA poskytují velkou flexibilitu při skládání krmných dávek, protože je lze použít k nahrazení SFA či sacharidů. V závislosti na substituci může docházet k proměnlivé změně v celkovém obsahu tuku v dietě, a to od 15 % do 40 % energie, která se mění v podstatě od žádné nebo malé změny k přibližnému dvojnásobnému zvýšení. V průměru poskytují MUFA v dietě přibližně 15 % energie, avšak diety s vysokým obsahem MUFA obvykle poskytují až 20 – 22 % energie (Etherton et al. 2001).

Dle studie Aluko (2011) se na zvířatech i lidech prokázalo, že konzumace olejů bohatých na mononenasyčené mastné kyseliny může vést ke snížení úrovně rizikových faktorů spojených s chronickými kardiovaskulárními chorobami.

Tabulka č. 5 Významné mononenasyčené mastné kyseliny (Tvrzická et al. 2011)

Značení	Počet uhlíků	Triviální název	Systematický název
16:1 n-7	C16:1	palmitolejová	<i>cis</i> – 9 – hexadecenová
18:1 n-9	C18:1	olejová	<i>cis</i> – 9 – oktadecenová
22:1 n-9	C22:1	eruková	<i>cis</i> – 13 – dekosonová
24:1 n-9	C24:1	nervonová	<i>cis</i> – 15 – tetrakosenová

Nejběžnější mononenasyčené mastné kyseliny využívané ve výživě jsou kyselina olejová, následovaná kyselinou palmitolejovou (Schwingshackl & Hoffmann 2014). Velký význam mají MUFA ve vejcích, jelikož zmíněné kyseliny olejová a palmitolejová tvoří až 42 – 46 % MK (Cherian 2009). Mořské plody jsou též bohaté na MUFA, zhruba 16 - 29 % energie je poskytováno v potravě ve formě mononenasyčených mastných kyselin (Kumar et al. 2018).

Kyselina palmitolejová je produktem enzymu stearoyl-CoA desaturázy, který přeměňuje v játrech kyselinu palmitovou na kyselinu palmitolejovou (Norde et al. 2019). Kyselina palmitolejová funguje jako lipidový hormon odvozený z tukové tkáně, který

stimuluje působení inzulínu ve svalech. Nachází se především v rostlinných a mořských zdrojích. Nejvíce je obsažena v palmovém oleji, oleji z palmových jader, ale také v másle, sýrech, mléce a masu. Vysoké množství této kyseliny nalezneme i v rakytníkovém oleji a makadamových ořeších (Hernandez 2016).

Kyselina olejová představuje nejvyšší množství MUFA poskytovaných v potravě, až 90 % ze všech MUFA (Schwingshackl & Hoffmann 2014). Je to bezbarvá až světle žlutá kapalina s mírným zápachem (National Center for Biotechnology Information 2021). Kyselina olejová má velmi dobrou odolnost vůči žluknutí a také může zvyšovat aktivitu antioxidantů a antipolymeračních činidel (Hernandez 2016). Ve studii Okouhlé et al. (2018) je zmíněno, že kyselina olejová vede ke snížení hladiny cholesterolu, rizika aterosklerózy, vysokého krevního tlaku, vyvolává příznivé protizánětlivé účinky a zlepšuje funkci imunitního systému. Kyselina olejová je hojně přítomna v masu drůbežím, hovězím a vepřovém masu a také v rostlinných olejích, hojně ve slunečnicovém, palmovém, sójovém i arašídovém oleji (Lombardo et al. 2018).

Kyselinu erukovou řadíme mezi glukosinoláty (Bischoff 2016). Na žádost Evropské komise byl EFSA (Evropský úřad pro bezpečnost potravin) pro kontaminanty v potravinovém řetězci (CONTAM et al. 2016) požádán, aby vydal vědecké stanovisko k rizikům pro zdraví zvířat a lidí v souvislosti s přítomností kyseliny erukové v krmivech a potravinách. Kyselina eruková je přítomna ve vysokých koncentracích hlavně v semenech druhů *Brassicaceae* (řepka, hořčice a brukev). Přírodní formy řepky a hořčice obsahují více než 40 % kyseliny erukové na rozdíl od komerčně pěstovaných odrůd vyvinutých v 70. letech, které obsahují méně než 0,5 %. Odrůdy řepky s vysokým obsahem kyseliny erukové se stále pěstují, ale jsou určeny výhradně pro nepotravinářské účely. Nejvyšší průměrné hladiny kyseliny erukové byly hlášeny u řepkového oleje, nízké hladiny u expelerů z řepky a žádné hladiny u řepkového šrotu. V závislosti na druhu je velmi dobře absorbována v gastrointestinálním traktu v rozsahu 60 - 100 %. Bylo prokázáno, že množství kyseliny erukové v živočišných produktech bylo závislé na krmné dávce zvířat. Nejběžnějším a nejcitlivějším účinkem kyseliny erukové, pozorovaným u všech druhů, je myokardiální lipidóza, která snižuje kontraktilní sílu srdečního svalu. Dospělá prasata jsou schopna snášet vyšší hladiny kyseliny erukové než mladá zvířata, kvůli špatné β -oxidaci kyseliny erukové v mitochondriích (CONTAM et al. 2016).

Kyselina nervonová, jejíž název pochází z původního objevu v nervových tkáních savců, získala značnou pozornost kvůli svému blízkému vztahu s vývojem mozku. Zdroje kyseliny nervonové zahrnují především semena olejnin, mikrořasy produkující olej a další mikroorganismy. Bežně se vyskytuje v mateřském mléce a z rostlin například v konopí (*Cannabis sativa*). Kyselinu nervonovou lze získat jejím oddělením a očištěním pomocí adukční frakcionace močoviny, molekulární destilací a krystalizací (Li et al. 2019).

3.3.3 Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA)

Polynenasycené mastné kyseliny mají více než jednu nenasycenou dvojnou vazbu a jsou dobře známy jako esenciální mastné kyseliny (Aenlle 2008; Chang et al. 2020). Lze je lokalizovat zejména v buněčných membránách. Hrají důležitou roli v tekutosti membrány a mnoha fyziologických funkcích, z nichž některé zahrnují zánět, srážení krve, regulaci

krvniho tlaku a buněčnou signalizaci (Aslan & Aslan 2017). PUFA indukuje několik fyziologických reakcí po příjmu potravy, které moduluji chuť k jídlu, příjem potravy, výdej energie a metabolismus tuku. Z těchto důvodů je PUFA potenciálním kandidátem, jenž pomáhá dosáhnout negativní energetické bilance, redukuje tukovou hmotu, a to zejména v břišní oblasti (Tan 2014). Nicméně jsou kvůli nenasyčeným dvojným vazbám ve své struktuře chemicky nestabilní a náchylné k oxidaci tuku (Aslan & Aslan 2017).

Vzhledem k výhodám PUFA je snaha vyvinout bezpečné, udržitelné a ekonomické složky potravin obohacené o polynenasycené mastné kyseliny. Proto jsou v potravinářském průmyslu obecně preferovány oleje bohaté na PUFA, které jsou stabilnější než samotné polynenasycené mastné kyseliny. PUFA se tradičně získávají extrakcí olejů z rostlin, mořských ryb nebo z masa. Naštěstí existují přirozeně se vyskytující mikroorganismy, například kvasinky, plísně a sinice, které dokážou akumulovat lipidy bohaté na PUFA. V návaznosti na nedávný technologický pokrok je nyní možné vyrábět PUFA pomocí průmyslových mikroorganismů, které jej přirozeně syntetizují. Obecně průmysloví mikrobi mají rychlejší růst a vyšší akumulační kapacitu PUFA. Při jejich kultivaci se produkuje požadovaný lipid bohatý na PUFA s vyšší koncentrací a produktivitou než stávajícím procesem extrakce, čímž se rozšiřuje dostupnost zdrojů PUFA (Ji & Amaro 2020).

Tabulka č. 6 Významné polynenasycené mastné kyseliny (Tvrzická et al. 2011)

Značení	Počet uhlíků	Triviální název	Systematický název
18:2 n-6	C18:2	linolová	<i>cis, cis</i> -oktadeka-9,12-dienová
18:3 n-3	C18:3	α -linolenová	<i>cis, cis, cis</i> -9, 12, 15-oktadekatrienová
20:4 n-6	C20:4	arachidonová	<i>cis, cis, cis, cis</i> -5, 8, 11, 14-eikosatetraenová
20:5 n-3	C20:1	timnodonová	<i>cis-cis-cis-cis-cis</i> -5,8,11,14,17-eikosapentaenová
22:6 n-3	C22:6	cervonová	<i>cis-cis-cis-cis-cis-cis</i> -docosa-4,7,10,13,16,19-hexa-enoic acid

Ve studii Aluko (2011) zmiňuje, že kyselina linolová a α -linolenová chrání před zánětlivými chorobami, ačkoli kyselina linolenová má vyšší zdravotní přínosy. V pokusech na zvířatech byl poměr omega-3 (n-3) k omega-6 (n-6) důležitým určujícím přínosem pro zdraví. Vyšší poměr omega-3 ve potravě je žádoucí jako prostředek ke zlepšení lidského zdraví. Vepřové maso je nejrozšířenějším masem na světě, ale běžné KS pro prasata mu předávají nevhodný poměr omega-6 k omega-3 mastným kyselinám a činí z něj tak špatný zdroj omega-3 mastných kyselin.

Kyselina linolová je nejjednodušší omega-6 mastná kyselina, bezbarvá až žlutě zbarvená kapalina, polynenasycená mastná kyselina nezbytná pro lidskou výživu (National Center for Biotechnology Information 2021). Pro uplatnění dalších účinků musí sloučenina podléhat specifickému metabolismu. Prvním krokem je přeměna na kyselinu gama-linolenovou. Kyselina gama-linolenová se následně převádí na kyselinu dihomo-gama-linolenovou, která se metabolizuje na kyselinu arachidonovou (Mestrovic 2016). Kyselina linolová se prokázala jako potenciální činidlo proti cukrovce, brání poškození buněk pankreatických ostrůvků prostřednictvím zvýšené strukturální celistvosti a zvýšené produkce

mitochondrií (Aluko 2011). Primární omega-6 mastná kyselina je velmi rozšířená, hlavním jejím zdrojem jsou rostlinné oleje, například slunečnicový, světlicový a kukuřičný olej.

Kyselina α -linolenová, čirá bezbarvá kapalina a nejjednodušší omega 3 mastná kyselina, která může být v těle desaturována a prodloužena za vzniku kyseliny eikosapentaenové, dokosapentaenové a dokosahexaenové. Má roli jako mikroživina a nutraceutikum (Aluko 2011; National Center for Biotechnology Information 2021). Je přítomna v rostlinných zdrojích, jako jsou řepka, vlašské ořechy, lněné semínko a v produktech živočišných, jako je červené maso. Červené maso může obsahovat až 30 % omega-3 mastných kyselin s dlouhým řetězcem (Dugan et al. 2015).

Kyselina arachidonová se nachází v živočišném tuku, v játrech, mozku a žlázových orgánech a je složkou živočišných fosfolipidů. Syntetizuje se z kyseliny linolové v potravě a je prekurzorem biosyntézy prostaglandinů, tromboxanů a leukotrienů (National Center for Biotechnology Information 2021). Studie Weiler (2000) prokázala pozitivní účinek doplnění kyseliny arachidonové v krmné dávce prasat na zvýšení obsahu kyseliny arachidonové v játrech a kostech. Navíc podpořila lepší růst kostí a trvale vyšší množství minerálů v kostech u sledovaných prasat.

Kyselinu eikosapentaenová, s méně využívaným obecným názvem kyselina timnodonová, je jednou z několika omega-3 mastných kyselin. Nachází se v tučných rybách žijících ve studených vodách, jako je losos. Často se nachází v doplňcích rybiho oleje spolu s kyselinou dokosahexaenovou (Jorda & Upmacis 2013). Plní důležitou roli v regulaci biologických funkcí a prevenci a léčbě řady lidských onemocnění, jako jsou srdeční a zánětlivá onemocnění (Wen & Chen 2003).

Kyselina dokosahexaenová, nenasycená mastná kyselina s dlouhým řetězcem, patří do skupiny omega-3. Obecný název, který se používá jen zřídka, je **kyselina cervonová**. Kyselina dokosahexaenová metabolicky souvisí s jinými omega-3 mastnými kyselinami. Může být syntetizována z rostlinné kyseliny α -linolenové nebo získána přímo z krmiva. Nachází se v poměrně vysokých množstvích v mořských plodech a výrobcích z mořských plodů, v mořských řasách a v malém množství i v mase a ve vejcích (Calder 2016).

Ryby a mořské plody jsou nejbohatším zdrojem kyseliny eikosapentaenové a dokosahexaenové, zatímco rostlinné tuky a oleje je neobsahují.

3.4 Kvalita masa a tuku

Cíl výroby vysoce kvalitního vepřového masa je zaměřen na celá desetiletí (Dokmanovic et al. 2015). Moderní plemena prasat byla geneticky vylepšena pro dosažení rychlého růstu a tvorby libového masa (Poklukar et al. 2020).

V poslední době se však vepřový průmysl potýká s problémem kvůli omezenému intramuskulárnímu množství tuku v mase, protože produkce štíhlejších a těžších prasat má nepříznivý vliv na množství intramuskulárního tuku, což činí vepřové maso tvrdším, méně šťavnatým a se sníženou chutností. Na některých trzích s masem je úroveň mramorování nejsilnějším vizuálním a diskriminačním faktorem rozhodujícím při nákupu spotřebitelem, neboť vyšší úroveň intramuskulárního tuku a mramorování je spojena s lepší kvalitou masa (Hoa et al. 2019).

Nicméně v současné době nelze definovat vysoce kvalitní vepřové maso. Kvalita masa je kombinací subjektivních a objektivních měření, která se liší na různých trzích, a to zejména mezi národy (Towers 2016).

Kvalita vepřového masa se určuje danými vlastnostmi rozhodujícími o vhodnosti masa pro další zpracování. Nejvýznamnějšími vlastnostmi je schopnost masa zadržovat vodu, dále barva, obsah tuku a jeho složení, oxidační stabilita a uniformita. Technologickou kvalitu ovlivňují více vnitřní faktory jako je plemeno, genotyp, avšak i faktory vnější, a to výživa, manipulace před porážkou, omráčení a metody porážky, zchlazení a skladování. Některé vlastnosti ovlivňuje především genotyp a výživa (obsah tuku, složení tuku, uniformita, oxidační stabilita), zatímco například barvu masa ovlivňují téměř všechny zmíněné faktory (Rosenvold & Andersen 2003).

Zásadní roli v chemických a senzorických vlastnostech hraje tuková tkáň, složená z mastných kyselin a triacylglycerolů. Mastné kyseliny ovlivňují kritické fyzikální vlastnosti tuku, jako je barva (světlost). FA jsou také prekurzory většiny sloučenin pro aroma (Jiang et al. 2018).

3.4.1 Jatečná hodnota

Jatečnou hodnotou je myšlen soubor vlastností charakterizující kvantitativní ukazatele (složení jatečně upraveného těla = JUT) a kvalitativní ukazatele (kvalitu masa). Určuje ji procento libové svaloviny v JUTu, hmotnost a podíl hlavních masitých částí v % z hmotnosti jatečné půlky prasete, výška hřbetního tuku a plocha příčného řezu *musculus longissimus dorsi*. Zahrnuje kritéria výrobců, zpracovatelů a spotřebitelů. Mezi nejvýznamnější složky jatečné hodnoty patří kromě kvantitativních a kvalitativních ukazatelů i jatečná výtěžnost (Stupka et al. 2013a; Čechová 2015).

Z vnitřních vlivů ji ovlivňuje plemeno, užitkový typ, věk, pohlaví, porážková hmotnost a především dědivost, která má na jatečnou hodnotu, jako komplexní znak, vysoký vliv ($h^2 = 0,8$). Z vnějších vlastností má velký vliv výživa, ustájení, welfare při transportu a před porážkou a vykrvení (Čechová 2015).

3.4.1.1 Jatečná výtěžnost

Jatečná výtěžnost vyjadřuje poměr hmotnosti jatečně upraveného těla za tepla k porážkové hmotnosti (Čechová 2015).

Jatečná výtěžnost je závislá na hmotnosti jatečně upraveného těla, hmotnosti vnitřností a zbytkového obsahu nestráveného krmiva včetně vody v zažívacím ústrojí prasete. Zbytkový obsah v trávicím traktu představuje zhruba 5 % živé hmotnosti, avšak záleží na době lačnění před porážkou a obsahu vlákniny v krmivu (více vlákniny zvyšuje hmotnost). Výtěžnost se zvyšuje s rostoucí hmotností vlivem intenzivnějšího růstu svalstva a tuku než jiných tělesných částí (Vítek et al. 2010). Pohybuje se v rozhraní 78 - 84 % porážkové hmotnosti v závislosti na hmotnosti prasat (Čechová 2015). Rozdíl tvoří zvláště krev a vnitřnosti.

Hlavní faktory ovlivňující jatečnou výtěžnost jsou živá hmotnost, protučnělost a genotyp. Jatečná výtěžnost při živé hmotnosti 50 – 60 kg představuje okolo 70 %, zatímco

při živé hmotnosti 100 - 120 kg je hodnota zhruba 80 %. Také Víték et al. (2010) došli k závěru, že nárůstem živé hmotnosti jatečná výtěžnost stoupá, při snižování porážkové hmotnosti lze očekávat pokles výtěžnosti.

V České republice se odhaduje průměrná jatečná výtěžnost 79,4 % (Víték et al. 2010).

3.4.1.2 Kvantitativní a kvalitativní ukazatele

Mezi **kvantitativní ukazatele** zařazujeme podíl převážně masitých částí (kýta, plec, krkovička, pečeně), podíl převážně tučných částí (hřbetní tuk, plst' a bůček), podíl méněcenných částí (hlava, kolena a ocásek), výšku hřbetního tuku, % libového masa a poměr masa, tuku a kostí (Čechová 2015).

Kvalitativními ukazateli je barva, vaznost, mramorování, pH, šťavnatost a jemnost, chuť a vůně, chemické složení masa a v neposlední řadě také výživová a hygienická hodnota, technologické a kulinární vlastnosti masa (Čechová 2015).

Barvu vepřového masa lze popsat jako bledou, červenou nebo tmavou (Nold 2006). Charakteristickou červenou barvu dodává masu svalové barvivo zvané myoglobin, který je komplexní sloučeninou bílkoviny globinu a hemu (Dibďák 2012). Barva je velmi důležitou vlastností masa, a to především pro spotřebitele. Většina spotřebitelů upřednostňuje vepřové maso, které má červeno-růžové zbarvení před bledým zbarvením masa. Bledě zbarvené vepřové maso během vystavování v obchodě šedne nebo zelená, takže je pro spotřebitele ještě méně přitažlivé (Nold 2006).

Vaznost popisujeme jako schopnost masa vázat vlastní i přidanou vodu a je definována jako podíl vázané vody (hydratační a imobilizované) z celkového obsahu vody v mase (Nold 2006). Vaznost masa se zjišťuje ztrátou vody odkapem, jejíž vhodnou finální hodnotou je 3 - 6 %. Dále lze vaznost zjistit vařením masa s konečnou optimální hodnotou 16 - 24 %. Podstatou jsou co nejnižší ztráty vody a nejvyšší zadržovací kapacita (Towers 2016). Svalovou pevnost nebo vlhkost lze popsat jako měkkou a exsudativní, pevnou a normální nebo pevnou a suchou. Měkké a exsudativní maso označujeme takové, které nadržuje svůj tvar, propouští z něj vodu, při vaření je často sušší a tvrdší. Takové maso není pro spotřebitele zcela žádoucí a není ani vhodné pro další zpracování na masné výrobky (např. klobásy). Měkké a exsudativní maso je často spojováno s bledým zbarvením a vadou masa zvanou PSE. Za přijatelné maso dle spotřebitele a v masném průmyslu je považováno normální, pevné i suché maso (Nold 2006).

Živý sval má neutrální pH 7,0 - 7,2. Ideální rozmezí pro počáteční pH se pohybuje mezi 6,7 - 6,3 a pro konečné pH 6,1 - 5,7. Při přeměně živé svaloviny na maso pH klesá, což způsobuje, že maso je stále více kyselé. Jak rychlost této změny, tak konečná úroveň pH jsou důležité při určování kvality vepřového masa. pH se obvykle měří do jedné hodiny od porážky (počáteční pH₁) nebo do 24 hodin (konečné pH₂₄). Pokud je počáteční pH pod 5,8, může být vepřové maso s vadou PSE, protože pH kleslo příliš nízkou a příliš rychle a takové maso bude mít obvykle konečné pH pod 5,5. Maso s konečným pH nad 6,1 lze klasifikovat jako maso s vadou DFD, protože pH nekleslo na normální úroveň (Towers 2016).

Mramorování je tuk ve svalu, který také lze nazvat tukem intramuskulárním. Dodává masu šťavnatost a chuť. Maso s přiměřeným mramorováním má nižší pravděpodobnost, že bude tvrdé (Nold 2006). Tvrdost se měří na stupnici od 1 (velmi měkká) do 5 (velmi tvrdá).

Mramorování se měří na podobné stupnici od 1 (prakticky žádné mramorování) do 10 (četné mramorování). Požadavky na skóre mramorování určuje trh, jelikož každý trh na světě může vyžadovat jiné hodnoty (Towers 2006).

Hlavním faktorem určujícím šťavnatost masa je teplota koncového bodu. Čím vyšší je teplota koncového bodu, tím vyšší je ztráta při vaření a tím bude nižší šťavnatost (Aaslyng et al. 2009).

Hodnocení masa zahrnuje jemnost, šťavnatost a chuť. Obecně platí, že vyšší jemnost a šťavnatost se vyskytuje u masa z tučnějších prasat, přičemž důležitým faktorem je koncentrace tuku ve svalu (Whittemore 2014).

Nutriční hodnota je souhrnem obsahu energie, živin a míry jejich využitelnosti lidským organismem. Vychází z chemického složení masa. Maso je v lidské výživě zdrojem plnohodnotných bílkovin, vitaminů a minerálních látek. Nositelem živin je voda, takže lze říct, že nutriční kvalita syrového masa je úměrná obsahu vody v mase (Dibďák 2012).

V technologii mají význam vlastnosti masa, jako je barva, nejvyšší podíl svalové tkáně, nejvyšší podíl bílkovin, nejvyšší podíl plazmatických bílkovin, nejnižší podíl kolagenních bílkovin, vaznost, dobrá oxidační stabilita, normální průběh postmortálních změn, typická chuť a vůně masa (Dibďák 2012).

3.4.1.3 Jakostní odchylky masa

Kvalitní maso lze definovat červeno-růžovou barvou, pevnou strukturou a s normální exudací, což je považováno za ideální pro výrobce a spotřebitele (Cazedey 2016). Působením různých vnitřních a vnějších faktorů mohou ve svalovině a v mase probíhat atypické autolytické procesy a tím ovlivní výsledný produkt, který má odlišné vlastnosti od normálního masa. Změna jakosti masa se projevuje v různých intenzitách. Postihuje zejména sensorické, technologické a kulinární vlastnosti masa. Zdravotní nezávadnost zůstává nezměněna (Ingr 2003).

Vady nebo-li jakostní odchylky masa mnohdy vznikají stresem. Před porážkou často prasata zažívají stres z mnoha manipulačních postupů, jako je půst, nakládka, přeprava a interakce s lidmi. Tyto faktory ovlivňují životní podmínky prasat, následně jatečně upravené tělo a kvalitu masa. Špatné zacházení s prasaty před porážkou může také vést ke ztrátám hodnoty jatečně upraveného těla a důsledkem je snížený výnos (Faucitano 2018). Postmortální přeměna glykogenu na kyselinu mléčnou hraje důležitou roli ve znacích kvality vepřového masa (Ngadi et al. 2015).

Kombinace kyselého prostředí (zvýšená produkce kyseliny mléčné) s vysokými teplotami jatečně upraveného těla zvyšuje denaturaci bílkovin, kontrakci myofibrilárního svalu, vylučování vody z masa a zvýšený rozptyl světla. Výsledkem je bledé, měkké a exsudativní maso (PSE) (Ngadi et al. 2015).

Obdobnou výraznější variantou PSE je Hampshire faktor vzniklý šlechtěním prasat na zmasilost. Ve svalech se ukládá vyšší obsah glykogenu, což vyvolává rychlejší průběh postmortální glykogenolýzy a způsobuje nízké pH. Hampshire faktor se projevuje zhoršenou vazností a světlejší barvou masa (Ingr 2003).

Pomalá glykolýza po porážce způsobuje odchylku masa DFD. Glykolýza ovlivňuje produkci kyseliny mléčné, která je v tomto případě omezená. To vede k vysokému konečnému

pH ve svalech a tmavému, pevnému a suchému masu. U vepřového masa se této odchylce nedostává vysoké pozornosti, neboť více dominuje vada PSE (Ingr 2003; Shange et al. 2019).

U prasat byla popsána jakostní odchylka masa pod označením RSE. Toto maso se vyznačuje normálním poklesem pH hodnoty a obvyklým zbarvením, avšak vykazuje typickou sníženou vaznost vody, jako PSE maso. Maso se považuje za spotřebitelsky přijatelné (Adamová 2003; Ingr 2003).

Tabulka č. 7 Jakostní odchylky masa (Adamová 2003; Ingr 2003; Towers 2016)

Maso	Význam zkratky	Barva	pH po 24 hod.	Vaznost
Optimální maso (RFN)	reddish-pink, firm, non-exudative	červená, růžová	5,2-6,1	ztráta odkapem 3 - 6 %; ztráta z vaření 16 - 24 %
RSE	red, soft, exudative	červeno, růžová	< 5,6	snížená
PSE	pale, soft, exudative	bledá	< 5,5	snížená
DFD	dark, firm, dry	tmavá	> 6,1	zvýšená
Hampshire faktor	-	bledá	< 5,4	snížená

3.4.2 Složení masa

Maso patří mezi jeden z nejvýznamnějších, výživných a energeticky bohatých přírodních potravinářských produktů pro lidi (Ahmad et al. 2018).

Je dobrým zdrojem bílkovin, tuku, zinku, železa, selenu, fosforu a vitamínů A a B-komplexů. Z nutričního hlediska je maso považováno za bohatý zdroj esenciálních aminokyselin a esenciálních mastných kyselin. Nejčtenější chemickou látkou v mase je voda následovaná bílkovinami a poté tuky. Sacharidy, minerály a vitaminy se vyskytují v mnohem menším množství, ale přesto jsou metabolicky a nutričně velmi důležité (AMSA 2015; Ahmad et al. 2018).

Vepřové maso obsahuje zhruba 30 - 60 % **vody**. Velké procento vody ve svalové tkáni je jako volná molekula uvnitř svalových vláken, menší procento se nachází v pojivové tkáni. Voda zadržovaná pod tlakem se označuje jako vázaná voda, naopak volná voda částečně vyteká volně z masa. Schopnost masa zadržovat vodu lze snížit narušením jeho struktury (např. mletím, sekáním, solením). Tukové tkáně obsahují méně vody, takže pokud je zvíře tlustší, bude mít ve svém těle nižší obsah vody (Nistor et al. 2013; AMSA 2015; Ahmad et al. 2018).

Proteiny neboli bílkoviny, poskytují masu vysokou biologickou hodnotu. Oproti rostlinným zdrojům (např. čočka, fazole) má maso vyšší hodnotu stravitelných bílkovin. Stavební složkou proteinů jsou aminokyseliny. Obsah esenciálních aminokyselin ovlivňuje plemeno, věk zvířete a část jatečně upraveného těla (Ahmad et al. 2018). Dle studie Barbin et al. (2013) jsou menší rozdíly masa v množství bílkovin než rozdíly pozorované v obsahu tuku. Celkový naměřený obsah bílkovin ve vepřovém mase se pohybuje mezi 20,88 - 25,23 %.

Tabulka č. 8 Nezbytné esenciální aminokyseliny ve výživě člověka a jejich obsah v mase, porovnání vepřového a hovězího masa jako % celkových aminokyselin (Ahmad et al. 2018)

Aminokyselina	Vepřové maso	Hovězí maso
Lysin	7,9 %	8,2 %
Leucin	7,6 %	8,5 %
Isoleucin	4,8 %	5 %
Cystin	1,2 %	1,5 %
Threonin	5,2 %	4,2 %
Methionin	2,6 %	2,2 %
Tryptofan	1,5 %	1,3 %
Fenylalanin	4,3 %	4,1 %
Arginin	6,6 %	6,4 %
Histidin	3,1 %	2,8 %
Valin	5,2 %	5,6 %

Obsah celkového **tuku** v jatečně upraveném těle prasete se pohybuje 10 - 20 %. Tuk v mase se vyskytuje ve formě triacylglycerolů. Vepřové maso obecně představuje převahu mastné kyseliny olejové palmitové, linolové, stearové a arachidonové. Stupeň kvality jatečně upraveného těla prasete se určuje právě na základě jeho obsahu tuku. Vzhledem k významnosti složení masa z hlediska ekonomického a zdravotního je třeba analyzovat chemické složení čerstvého a mletého masa, aby se zajistilo, že spotřebitelé a zpracovatelé získají od svých dodavatelů správnou kvalitu masa. Vaření může ovlivnit složení mastných kyselin a obsah tuku v mase (Barbin et al. 2013; Faria et al. 2015; Ahmad et al. 2018). Profil mastných kyselin vepřového masa přímo odráží profil mastných kyselin v krmivu prasat (Okrouhlá et al. 2018).

Tabulka č. 9 Obsah polynenasycených mastných kyselin (% z celkových MK) a cholesterolu (mg/100 kg) ve svalových a vnitřních tkáních prasat (Ahmad et al. 2018)

Zdroj masa	Cholesterol	Kyselina linolová	Kyselina α -linolenová	Kyselina arachidinová
Libové maso	71 mg	7,5 %	1 %	stopy
Ledviny	415 mg	11,6 %	0,4 %	6,7 %
Játra	262 mg	14,8 %	0,4 %	14,4 %

Hlavním zdrojem **sacharidů** v těle zvířete jsou jeho játra, která obsahují asi 1/2 celkového množství sacharidů přítomných v těle. Ukládají se ve formě „glykogenu“ hlavně v játrech a svalech, ale v menší míře také ve žlázách a orgánech (Ahmad et al. 2018).

Důležitými prvky masa jsou také **minerály** a **vitaminy**. Vnitřnosti mají ve srovnání se svalovou tkání více minerálních látek, jako je železo, zinek a měď. Vitaminy rozdělujeme na rozpustné ve vodě a rozpustné v tucích. Velmi významnými ve vepřovém mase jsou vitaminy B komplexu (thiamin, riboflavin, kyselina nikotinová, kyselina pantheonová, biotin, B6, B12).

Tabulka č. 10 Obsah minerálních látek ve svalových a vnitřních tkáních prasat v mg/100 kg (Ahmad et al. 2018)

Zdroj masa	K	Cu	Fe	P	Zn	Mg	Na	Ca
Libové maso	399 mg	0,1 mg	1,5 mg	224 mg	2,5 mg	26,2 mg	44 mg	4,2 mg
Ledviny	291 mg	0,7 mg	5,1 mg	272 mg	2,7 mg	19,1 mg	191 mg	8,1 mg
Játra	319 mg	2,8 mg	21,2 mg	372 mg	7 mg	21,3 mg	88 mg	6,2 mg

3.4.3 Tuková tkáň

Typy a proporce mastných kyselin jsou ovlivňovány mnoha faktory (Jiang et al. 2018). Jedním z faktorů je genetika. Již zmíněná moderní plemena prasat se liší od nezušlechtěných (primitivních) plemen prasat v ukládání tuku a specifických metabolických vlastnostech tuku. Ve srovnání s moderními plemeny, primitivní plemena prasat akumulují vyšší množství tuku, který obsahuje více mononenasycených a nasycených mastných kyselin (Poklukar et al. 2020).

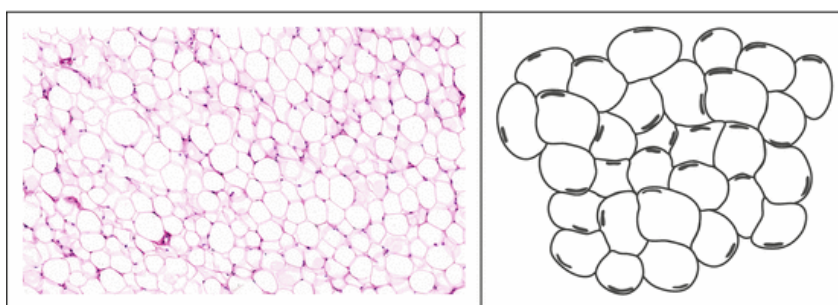
Kvalita tuku v živočišné tkáni je výsledkem nejen genetického faktoru, ale také složek krmiva, zejména olejů rostlinného původu bohatých na polynenasycené mastné kyseliny (PUFA) (Hanczakowska et al. 2015). Struktura tukové tkáně monogastrických zvířat (prasata, drůbež) je velmi podobná tukové struktuře krmiv, kterými jsou zvířata krmena. To znamená, že zdroj a typ tuku v krmivu pro zvířata může výrazně ovlivnit složení tukové tkáně v jatečně upravených tělech (Baltič et al. 2017). To samé lze říct i o složení mastných kyselin v dalších živočišných produktech jako jsou vejce nebo mléko (Kouba & Mourot 2011).

Tuková tkáň je největší a metabolicky velmi dynamický rezervoár energie. Většina energetických zásob je ukládána ve formě triacylglycerolů, které se začleňují do tukových buněk neboli adipocytů (Poklukar et al. 2020). V podkožní tukové tkáni se velmi špatně ukládají mononenasycené mastné kyseliny. U prasat to má zvláštní význam, protože jatečně upravená těla s menším obsahem tuku mají vyšší komerční hodnotu a tento druh masa je více žádaný spotřebiteli (Baltič et al. 2017).

Tuk může být v těle ukládán jako viscerální (okolo orgánů), subkutánní (podkožní), intermuskulární (mezi svaly) nebo intramuskulární (uvnitř svalu) s klesající intenzitou narůstání během vývoje. Každá tuková tkáň vykazuje specifické metabolické vlastnosti, které ovlivňují metabolismus celého těla vylučováním hormonů, adipocytokinů a regulačních proteinů. Hormony odvozené z tukové tkáně ovlivňují řadu procesů, jako je příjem výživy, zánětlivá odpověď nebo citlivost na inzulín. Hormonální regulace závisí také na plemeni a je spojena se syntézou tuků (lipogeneze) a rozkladem (lipolýza a oxidace mastných kyselin) (Poklukar et al. 2020).

Růst tukové tkáně je důsledkem hypertrofie (zvětšení velikosti adipocytů) a hyperplazie (zvýšení počtu adipocytů). Změny jsou vyvolány nerovnováhou v metabolismu lipidů, která je způsobena zvýšeným odtokem volných mastných kyselin do tukové tkáně. Adipocyty zvyšují svůj počet a velikost s hmotností a věkem zvířat, což ovlivňuje tloušťku hřbetního tuku a obsah intramuskulárního tuku. V raných fázích života roste tuková tkáň prasete hlavně v případě hyperplazie. Po významném zvýšení počtu buněk se adipocyty začnou zvětšovat v důsledku akumulace triacylglycerolů. Zvýšení velikosti adipocytů je omezené a rychlost hyperplazie se zvyšuje, když jejich velikost dosáhne maxima. Pokud jde o syntézu lipidů, adipocyty jsou

zpočátku malé buňky, které mají vysokou aktivitu. Po diferenciaci je většina jejich růstu způsobena hypertrofií lipidů cirkulujícími triglyceridy nebo *de novo* lipogenezi (Poklukar et al. 2020).



Obrázek č. 5 Histologie tukové tkáně (dostupné z www.link.springer.com)

3.4.3.1 Hřbetní tuk

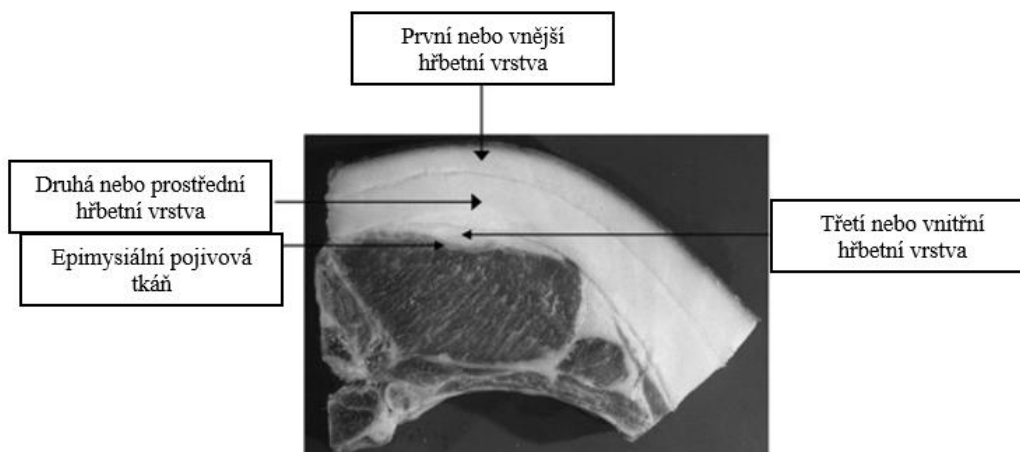
Kvalita hřbetního tuku je závislá na oxidační stabilitě a konzistenci tuku, což je dáno hlavně složením mastných kyselin. Oxidační stabilita je určena hlavně množstvím polynenasycených mastných kyselin, zatímco konzistence do značné míry závisí na množství nasycených mastných kyselin. Složení mastných kyselin v tukové tkáni může být významně ovlivněno lipidovým složením krmiva (Richli 2016).

Tabulka č. 11 Profil mastných kyselin ve hřbetním tuku prasat (Vehovský et al. 2015)

Mastná kyselina	% z celkových mastných kyselin
kyselina laurová	0,1 %
kyselina myristová	1,6 %
kyselina palmitová	26,8 %
kyselina palmitoolejová	2,7 %
kyselina stearová	15,9 %
kyselina olejová	33,5 %
kyselina linolová (omega-6)	10,0 %
kyselina α -linolenová (omega-3)	5,8 %
kyselina arachidonová (omega-6)	0,1 %

Obsah tuku a libového masa, a tedy i hodnota jatečně upraveného těla prasete, se obvykle předpovídá z hloubky tuku. K jeho měření se obvykle využívají ultrazvuky nebo optické sondy. Optické sondy pracují na principu odrazivosti světla mezi svalovou tkání a tukem, který následně poskytuje předpověď hloubky tuku a provádí se na jatečně upraveném těle. Na živých prasatech se měření tuku provádí pomocí ultrazvuku. Dědivost tloušťky hřbetního tuku je vysoká, a tak jsou ultrazvuková zařízení často využívána při výběru chovných zvířat (Magowan & McCann 2006).

Podkožní tuk má tři jednotlivé vrstvy pojivové tkáně mezi vrstvami tuku (Lonergan et al. 2019).



Obrázek č. 6 Tři vrstvy hřbetního tuku oddělených pojivovou tkání v bederní oblasti prasete (dostupné z www.sciencedirect.com)

3.5 Výživa a krmné komponenty

Chov prasat v České republice zaujímá zhruba 770 tis. tun roční spotřeby krmiv (Volek 2020). Výživa prasat vyžaduje zabezpečení všech základních živin, a to vodu, sacharidy, tuky, bílkoviny, minerály a vitamíny, aby pokryla potřeby organismu pro udržení tělesné hmotnosti, růst, reprodukci, laktaci a další funkce. Energie krmiva je primárně odvozena z oxidace sacharidů a tuků. Do krmné dávky prasat se často přidávají antibiotika, chemoterapeutika, mikrobiální doplňky (prebiotika a probiotika), enzymy a další látky za účelem zvýšení rychlosti a efektivity přírůstků, zlepšení stravitelnosti či jiné účely (Cromwell 2015).

Přední složku krmiva pro prasata představují jaderná krmiva, proto jsou prasata považována za potravního konkurenta člověku. Krmnou dávku prasat tvoří především obiloviny, mlýnská krmiva, různé bílkovinné komponenty rostlinného a živočišného původu, premixy a syntetické preparáty (Stupka et al. 2013b).

Tuk v krmné dávce je významným zdrojem energie, která je jednou z nejdražších nutričních složek krmiva. Tuky a oleje jsou významnými složkami krmné dávky prasat, neboť díky své vysoké energetické hodnotě a mastným kyselinám se odráží na kvalitě živočišných produktů. Zaměření na povahu zdroje tuků ve stravě prasat je zásadní pro zajištění produkce vysoce kvalitního masa (Alonso et al. 2012).

Kyselina linolová (omega-6), kyselina linolenová (omega-3) a kyselina arachidonová (omega-6) a další polynenasycené mastné kyseliny s dlouhým řetězcem jsou ve výživě prasat velmi důležitou složkou. Některé mastné kyseliny s dlouhým řetězcem lze syntetizovat *in vivo* z kyseliny linolové a linolenové (Rooke 2009; Cromwell 2015). Kyselina arachidonová se syntetizuje z kyseliny linolové a eikosapentaenové a dokosahexaenové z kyseliny linolenové. (Rooke 2009). Bohužel vepřové maso z prasat krmených dietou na bázi obilovin, má nízký obsah α -linolenové kyseliny a tudíž i nežádoucí vysoký poměr omega-6 k omega-3 PUFA (Huang et al. 2021).

Tabulka č. 12 Mastné kyseliny v běžně využívaných krmivech pro prasata v % z celkových mastných kyselin (Rooke 2009; Özcan et al. 2017)

PUFA	Pšenice	Kukuřice	Ječmen	Sója
Omega-3	3,7 %	< 3 %	0,9 %	7 %
Omega-6	56,3 %	50,5 %	51,7 %	52 %

Kyselina linoleová obsahující omega-6 vazbu je obsažena v dostatečném množství v rostlinných olejích (sojový, řepkový, slunečnicový) a tak její dostatečné zásobení organismu není obtížné. Naopak zdroje omega-3 mastných kyselin jsou omezené a tím pádem dražší (Popelář 2016). Systém NRC odhaduje potřebu kyseliny linolové na 0,1 % pro rostoucí a chovná prasata. Tento požadavek obecně splňují tuky přítomné v přírodních složkách (Cromwell 2015). Avšak začlenění polynenasycených mastných kyselin do krmné dávky je omezeno výsledným snížením oxidační stability lipidů, která ovlivňuje chuť, vůni, barvu a trvanlivost masa (Okrouhlá et al. 2018). Úprava krmné dávky za účelem změny složení mastných kyselin v masu je druhově specifická, přičemž hlavní rozdíly jsou mezi monogastrickými a polygastrickými zvířaty (Dugan et al. 2015).

Protože lipidy jsou koncentrovaným zdrojem energie, je známo, že zahrnutí lipidů do krmné dávky ovlivňuje rychlost růstu a efektivitu krmiva, ale také ovlivňuje chutnost krmiva, prašnost krmiva a kvalitu pelet (Kerr et al. 2016). Doplnění 1 - 2 % tuku do krmné dávky sníží prašnost krmení a opotřebení míchacích zařízení. V krmivářském průmyslu pro prasata je k dispozici široká škála zdrojů tuků (Okrouhlá et al. 2018).

3.5.1 Rostlinné komponenty

Rostlinné tuky jsou dnes běžnou součástí krmných směsí a patří k nejkonzentrovanějším zdrojům energie (Okrouhlá et al. 2018).

Mezi primární rostlinné oleje vyráběné na světě patří palmový olej (35 % z celkové produkce), sojový olej (26 %), řepkový olej (15 %) a slunečnicový olej (9 %). Ostatní rostlinné oleje představují pouze asi 15 % trhu. Olej z palmových jader, bavlníkový olej, arašídový olej, kokosový olej, olivový olej a kukuřičný olej doplňují v menším množství primární rostlinné oleje (Kerr et al. 2016).

Některé rostlinné oleje, jako je sojový nebo řepkový olej, obsahují vysoké množství nenenasycených mastných kyselin a mohou vést ke zdravějším produktům pro spotřebitele. Nicméně krmivo s vysokým obsahem rostlinných olejů bohatých na nenasyčené mastné kyseliny také ovlivňuje konzistenci tuku, a tím snižuje kvalitu masných výrobků (Okrouhlá et al. 2018).

3.5.1.1 Řepka olejná

Řepka patří do čeledi *Brassicaceae*, pěstuje se jako olejnatá plodina. Řepkový olej se používá od rané civilizace, ale jeho popularita klesla od 2. poloviny 19. století v důsledku přítomnosti kyseliny erukové a glukosinolátů. Glukosinoláty mají negativní účinky na štítnou žlázu u monogastrických zvířat. Bylo učiněno několik šlechtitelských pokusů o vývoj řepky bez těchto toxinů (Nath et al. 2016; Mailer 2016).

Řepka olejná (*Brassica napus* L.) je druhou nejdůležitější olejnatou plodinou mírného klimatického pásma, aktuálně je dostupných více odrůd, například řepka 00 s velmi nízkým obsahem glukosinulátů v semenech a s nízkým obsahem kyseliny erukové v oleji. Lisováním semen je získáván olej obsahující v průměru 7 % nasycených mastných kyselin, a to především palmitovou a stearovou, dále polynenasycené mastné kyseliny, zvláště olejovou, linolovou, linolenovou a arachidonovou (Bocianowski et al. 2011). Obsah tuku určuje zpracování řepky. Řepkové extrahované šroty obsahují až 40 g tuku/kg, řepkové pokrutiny 40 – 60 g tuku/kg a řepkové výlisky 60 – 180 g tuku/kg (Vyskočil et al. 2008).

Řepkový olej obsahuje velmi vhodný poměr 2:1 omega-3 a omega-6 mastných kyselin (Brodowska et al. 2019; Piravi-Vanak 2020). Dle studie Matthaus et al. (2016) se obsah sušiny oleje semen řepky pohybuje 48,3 - 30,6 %. Hlavními mastnými kyselinami v řepkovém oleji jsou kyselina, linolová a palmitová. Obsah ME_p kolísá mezi 35 - 36 MJ/kg sušiny krmiva. Může úspěšně obsahem energie konkurovat kafilérnímu tuku (Vyskočil et al. 2008). Řepka má nejvyšší obsah fenolu ve srovnání s jinými olejnatými semeny (např. sója, slunečnice) (Jahreis & Schäfer 2011). Kancům a prasnicím lze zařadit do krmné dávky 2 % řepkového oleje, prasatům v odchovu 3 %, ostatní kategorie mohou přijmout až 6 % řepkového oleje v krmné směsi (Vyskočil et al. 2008).

Tabulka č. 13 Významné mastné kyseliny v řepkovém oleji (Bocianowski et al. 2011)

Mastné kyseliny	Průměrné % množství z celkových MK
kyselina olejová	61 %
kyselina linolová	20 %
kyselina linolenová	10 %
kyselina palmitová	4,5 %
kyselina arachidonová	1 %

Co se týče zkrmování řepkového šrotu, též je doporučené množství v krmné dávce, a to pro selata do 20 kg a kojícím prasnicím nezařazovat, ostatním kategoriím ho lze zařadit do krmné dávky v množství 5 - 10 %. Hodnota ME_p je 13,1 MJ/kg sušiny krmiva (Vyskočil et al. 2008).

3.5.1.2 Slunečnice roční

Slunečnice (*Helianthus annuus* L.) je považována za jednu z nejdůležitějších olejnin s dalekou historií v zemědělství, která sahá až do roku 3000 př. n. l. (Akkaya et al. 2018). Celá semena slunečnice obsahují asi 16 % hrubého proteinu, 45 % oleje a 16 % hrubé vlákniny (Mavromichalis 2014). Na rozdíl od jiných komponentů neobsahuje žádné antinutriční složky. Kvůli dřevnaté slupce při srovnání s jinými olejninami obsahuje poměrně vysoké množství vlákniny a považuje se za jednu z nejbohatších zdrojů vitamínu E. Hodnota ME_p 17,45 MJ/kg sušiny krmiva (Vyskočil et al. 2008).

Slunečnicový olej obsahuje přibližně 15 % nasycených a 85 % nenasycených mastných kyselin. Slunečnicový olej standardního typu patří k nejdůležitějším rostlinným olejům z hlediska složení oleje (Akkaya et al. 2018). Slunečnicový olej je klasifikován do tří typů, a to typy obsahující standardní, střední a vysoké množství kyseliny olejové.

Dle studie Nuernberg et al. (2005) tzv. vysokoolejový slunečnicový olej v krmné dávce prasat snížil nasycené mastné kyseliny a součet PUFA ve vepřovém mase. Složení mastných kyselin ve slunečnicovém oleji je velmi ovlivněno ekologickými a klimatickými podmínkami pěstované plodiny (Akkaya 2018).

Tabulka č. 14 Významné mastné kyseliny ve slunečnicovém oleji (Akkaya 2018)

Mastné kyseliny	Průměrné % množství z celkových MK		
	standartní množství kyseliny olejové	střední množství kyseliny olejové	vysoké množství kyseliny olejové
kyselina olejová	14 - 39,4 %	43,1 - 71,8 %	75 - 90,7 %
kyselina linolová	48,3 - 74 %	18,7 - 45,3 %	2,1 - 17 %
kyselina linolenová	0 - 0,3 %	0 - 0,5 %	0 - 0,3 %
kyselina palmitová	5 - 7,6 %	4 - 5,5 %	2,6 - 5 %
kyselina stearová	2,7 - 6,5 %	2,1 - 5 %	2,9 - 6,2 %

Krom slunečnicového oleje je ve výživě prasat též využíván slunečnicový extrahovaný šrot. Slunečnicový extrahovaný šrot je produkt získaný po extrakci oleje. Vyrábí se tři typy slunečnicových extrahovaných šrotů, které se liší obsahem vlákniny, a to šrot z loupaných semen, z částečně loupaných semen a z neloupaných semen. Použití slunečnicového extrahovaného šrotu v krmné dávce prasat je však omezen vysokou koncentrací hrubé vlákniny, což není zcela žádoucí až na pár výjimek považováno za nežádoucí (jako v případě březích prasnic). MEp je 7,31 MJ/kg sušiny krmiva (Vyskočil et al. 2008; Mavromichalis 2014).

Prasata chutně přijímají slunečnicové komponenty za předpokladu, že není v krmné dávce překročen limit vlákniny 3 - 5 %. Chutnost slunečnice je způsobena nízkou koncentrací cukrů. Cukry ve slunečnici dodávají krmivu mírně sladkou chuť, proto je to velmi vhodný komponent ve směsích pro selata v případě, že nejsou podávána celá semena (Vyskočil et al. 2008; Mavromichalis 2014).

3.5.1.3 Olivový olej

Pěstování olivovníků (*Olea europaea*) hraje ve středomořských zemích Evropy velmi důležitou hospodářskou roli, jejich kultivaci jsou věnovány přibližně 4 miliony hektarů. Kolem 67 % celosvětové produkce olivového oleje pochází z Evropské unie (Evropská komise 2021). Olivový olej se získává extrahováním oliv. Skládá se především z kyseliny olejové a v menším množství z dalších mastných kyselin. Olivový olej také obsahuje řadu bioaktivních sloučenin, významně pak fenoly včetně flavonoidů. Klíčovým polyfenolem olivového oleje je oleuropein, který tvoří přibližně 80 % obsahu fenolů a je účinným vychytávačem hydroxidových radikálů (Schwingshackl & Hoffmann 2014; Panickar et al. 2018).

Olivový olej obsahuje malé množství nasycených tuků, avšak mnoho prospěšných mononenasycených mastných kyselin. Poskytnutím olivového oleje v krmivech pro prasata se ve vepřovém tuku dosáhne podobného složení mastných kyselin. To je dobré pro zdraví spotřebitele (Mouton & Laere 2019). Dle studie Nuernberg et al. (2005) diety doplněné olivovým olejem jako zdrojem mononenasycených mastných kyselin způsobily snížení PUFA v membránách červených krvinek.

Tabulka č. 15 Významné mastné kyseliny v olivovém oleji (Al-Bachir & Sahloul 2016)

Mastné kyseliny	Průměrné % množství z celkových MK
kyselina olejová	55 - 83 %
kyselina linolová	2,5 - 21 %
kyselina linolenová	< 1 %
kyselina palmitová	7,5 - 20 %
kyselina stearová	0,5 - 5 %

Dle studie Tsala et al. (2020) je poměrně málo studií zabývajících se olivovými produkty a jejich vlivy na vepřové maso. Nicméně vyvodili závěr, že při extrakci olivového oleje vzniká velké množství vedlejších produktů, zejména pokrutiny a výlisky, což je velkou zátěží pro životní prostředí. Využití těchto zbytků v krmných dávkách pro hospodářská zvířata může snížit znečištění životního prostředí, a přitom jsou velmi dobrým zdrojem energie kvůli jejich vysokému obsahu zbytkového oleje. Doplněk vedlejších produktů z oliv snižuje hladinu cholesterolu a podíl celkových nasycených mastných kyselin a zvyšuje hladinu MUFA, PUFA v živočišných produktech. Zahrnutí olivových vedlejších produktů do krmné dávky prasat je výhodné zvláště ve středomořských oblastech, což umožňuje snížit výrobní náklady na krmení prasat při zachování vysoké kvality vepřových masných výrobků (Tsala et al. 2020).

3.5.1.4 Sója

Sója (*Glycine max*) luštěninová plodina pocházející z východní Asie, která se pěstuje po celém světě kvůli vysokému obsahu proteinů a oleje. Produkce sóji se neustále zvyšuje, to lze připsat zvýšenému výnosu plodiny a poptávce po potravinách v rostoucí světové populaci. Největším producentem sóji je USA s 34% podílem na světové produkci, ale pouze 4 % z celkové produkce jsou využita jako krmivo či osivo (Clemente & Cahoon 2009; Medic et al. 2014).

Sójové boby jsou velmi důležitým zdrojem oleje a proteinů na světě. Sójová zrna mají nejvyšší energetickou hodnotu ze všech luskovin. Obsahují až 15 - 20 % tuku, který zahrnuje vysoké množství nenasyčených mastných kyselin, především kyselinu linolovou představující zhruba 50 %. Sója též obsahuje významné množství dusíkatých látek, asi 35 – 40 %. Avšak obsahuje antinutriční látky, jako například antigenní bílkoviny, které vyvolávají potravní alergie či inhibitory trypsinu, jež blokují trávicí enzymy a snižují využitelnost bílkovin. Hodnota ME_p sójových bobů je 17,85 MJ/kg sušiny krmiva (Vyskočil et al. 2008).

Sójový olej se vyznačuje příznivým poměrem mastných kyselin. Sójový olej má vysokou nutriční hodnotu, protože je bohatým zdrojem nenasyčených mastných kyselin, jako je kyselina olejová, linolová a linolenová. V podstatě neobsahuje cholesterol, obsahuje ale poměrně vysoké množství fytoosterolů, jež brání vstřebávání cholesterolu z krmiva v trávicím traktu. Lisovaný sójový olej patří k významným zdrojům fosfolipidů a pozitivně tak působí na organismus zvířat. Kancům a březím prasnicím ho lze zařadit do krmné dávky okolo 2 %, prasatům v odchovu do 3 % a ostatním kategoriím do 5 %. ME_p sójového oleje je 35,48 MJ/kg sušiny krmiva (Vyskočil et al. 2008; Medic et al. 2014). Dle studie Okrouhlé et al. (2018) prasata krmená sójovým olejem vykazovala vyšší zastoupení PUFA ve hřbetním tuku ve srovnání s řepkovým olejem.

Tabulka č. 16 Významné mastné kyseliny v sójovém oleji (Schicci et al. 2011)

Mastné kyseliny	Průměrné % množství z celkových MK
kyselina olejová	20,8 %
kyselina linolová	58,6 %
kyselina linolenová	5,0 %
kyselina palmitová	10,5 %
kyselina stearová	2,7 %

Kromě oleje je též využíván ve výživě prasat sójový extrahovaný šrot, ale to především jako kvalitní zdroj bílkovin. Obsahuje až 38 - 50 % dusíkatých látek. Jelikož celé semeno obsahuje řadu již zmíněných antinutričních látek, právě díky působení tepla při extrakci se z větší části inaktivují. ME_p sójového extrahovaného šrotu je 15,39 MJ/kg sušiny krmiva (Vyskočil et al. 2008).

3.5.1.5 Len setý

Len setý (*Linum usitatissimum*) je značně využíván ve výživě lidí i zvířat. Lněné semínko obsahuje přibližně 36 % lněného oleje ze své celkové hmotnosti, přičemž zbytkové výlisky a moučka se používají především ke krmení hospodářských zvířat (Sedaghati & Hokmabadi 2014).

Semeno lnu setého obsahuje asi 30 – 45 % tuku a 22 – 27 % proteinu. Lněný tuk obsahuje z 80 - 90 % nenasyčené mastné kyseliny, tradiční odrůdy lnu poskytují optimální poměr omega-3, omega-6 a omega-9 mastných kyselin. Lněné semínko, jako dobrý zdroj kyseliny α -linolenové, získalo pozornost jako alternativa k rybímu tuku ve stravě prasat (Vyskočil et al. 2008; Chang et al. 2020). Avšak též zahrnuje antinutriční látky, glykosidy, jejímiž hlavními představiteli ve lněném semínku jsou linamarin, neolinustatin a linustatin. Proto je nutné, aby před krmením zvířatům prošlo celé semeno tepelnou úpravou a došlo tak k inaktivaci jeho enzymu linázy. Len setý má velmi příznivé dietetické účinky. Je vhodným doplňkem pro zvířata mladá, březí, nemocná či v rekonvalescenci. Lněné semeno obsahuje slizové látky, které chrání sliznici trávicího traktu před poškozením. Taktéž příznivě působí na produkci mléka. Březím prasnicím se doporučuje přidávat do krmné dávky 0 – 3 %, selatům do 35 kg 0 – 5 %. Pro ostatní kategorie je doporučeno zařazovat spíše lněný extrahovaný šrot. Hodnota ME_p lněného semínka je 17,93 MJ/kg sušiny krmiva (Vyskočil et al. 2008).

Mnoho zpracovatelů vyrábí svůj lněný olej lisováním nebo lisováním za studena bez rozpouštědla, takže vedlejší produkty mohou být vhodnou přísadou pro krmení zvířat, protože jeho zbytkový obsah oleje je asi 10 % (Chang et al. 2020).

Tabulka č. 17 Významné mastné kyseliny ve lněném oleji (Viorica-Mirela et al. 2012)

Mastné kyseliny	Průměrné % množství z celkových MK
kyselina olejová	18,5 %
kyselina linolová	17,3 %
kyselina linolenová	53,1 %
kyselina palmitová	6,6 %
kyselina stearová	4,4 %

Dle studie Chang et al. (2020) je lněný šrot vhodným krmným komponentem pro zvýšení obsahu omega-3 PUFA ve vepřovém mase a má vliv na kvalitu hřbetního a bederního tuku. Při přidání lněného semene do krmné dávky se ukázal vyšší poměr kyseliny linolenové v tukové tkáni prasat. Vzhledem k mnohem vyšší koncentraci kyseliny α -linolenové v tukové tkáni ve stravě doplněné lněným semínkem lze předpokládat, že zlepšení výživy prasat může významně ovlivnit lidské zdraví. Přidáním lněného semínka do krmné dávky v nízkém množství (15 g/kg) se může změnit obsah nasycených mastných kyselin v tukové tkáni prasat.

3.5.2 Živočišné komponenty

Živočišné tuky jsou z hlediska jejich původu a způsobu zpracování odkázány na právní předpisy Evropské unie. Bezpečnost je základním zájmem využití živočišných tuků v potravinách a krmivech pro zvířata. Využití živočišných tuků musí být bez zdravotních rizik pro spotřebitele (Woodgate & Veen 2014).

V současné době má více než 66,8 % světové lidské populace ve více než 100 zemích velmi nedostatečný příjem omega-3 PUFA z mořských plodů (Huang et al. 2021). Přitom jsou mořské bioaktivity velmi dobrým zdrojem mastných kyselin, avšak v posledních letech jim začíná být věnována velká pozornost, a to zejména rybím olejům. Oleje obsahující omega-3 PUFA pocházejí primárně z mořských zdrojů. Spotřeba polynenasycených mastných kyselin může zabránit vzniku mnoha onemocnění u lidí, zejména kardiovaskulárních poruch, jako jsou srdeční arytmie, krevní tlak, koncentrace triglyceridů či agregace krevních destiček (Durmus 2018).

3.5.2.1 Rybí tuk

Mořské ryby, mořské plody a rybí olej jsou běžným zdrojem omega-3 mastných kyselin s dlouhým řetězcem (Huang et al. 2021). Kvůli řadě rozdílů mezi druhy, jako je metabolismus, strava a podmínky růstu, se množství a složení tuků u ryb značně liší. Například treska ukládá lipidy v játrech, zatímco tučné ryby jako losos či tuňák ukládají lipidy v těle. Olej z tresčích jater obsahuje větší množství kyseliny eikosapentaénové než kyselina dokosaheptaénové, zatímco u lososa a tuňáka je to naopak (Lee et al. 2019).

Rybí produkty nejsou lidmi široce přijímány kvůli vysoké ceně, obavám z akumulace rtuti a vysoké náchylnosti k peroxidaci lipidů. Peroxidace lipidů může mít za následek nežádoucí chuť masa. Avšak s rostoucím povědomím o významnosti omega-3 mastných kyselin se zvyšuje zájem a v budoucnu nemusí být jejich dostupnost nebo výroba dostatečná (Huang et al. 2021).

Složení mastných kyselin mořských druhů se pohybuje v rozmezí 27,68 - 36,59 % nasycených mastných kyselin, 8,99 - 35,84 % mononenasycených mastných kyselin a 10,69 - 39,57 % polynenasycených mastných kyselin (Durmus 2018). Rybí oleje mohou být dobrým zdrojem kyseliny dokosaheptaénové ve krmné dávce, i když skutečně nízká oxidační stabilita těchto složek může způsobit žluklou chuť a zápach živočišných produktů (Lee et al. 2019). Dle studie Overland et al. (1996) doplnění rybího oleje zvýšilo hladinu omega-3 mastných kyselin ve svalové a tukové tkáni a snížilo poměr omega-6 a omega-3

mastných kyselin. Krmení 1 – 3 % rybího oleje mělo nepříznivý účinek na senzorický profil produktu, zejména pokud byl používán až do dne porážky.

Tabulka č. 18 Významné mastné kyseliny v rybím oleji (Pellizzon et al. 2002)

Mastné kyseliny	Průměrné % množství z celkových MK
kyselina olejová	11,4 %
kyselina linolová	0,9 %
kyselina linolenová	1,4 %
kyselina palmitová	17,1 %
kyselina stearová	2,8 %
kyselina eikosapentaénová	12,0 %
kyselina dokosaheptaénová	10,3 %

Dalším využívaným zdrojem rybího tuku ve výživě prasat je rybí moučka. Rybí moučka obsahuje do 20 % tuku a je vynikajícím zdrojem nenasycených mastných kyselin, které mají ve výživě zvířat žádoucí účinky. Nicméně musí být dobře skladována, neboť rychle podléhá oxidaci lipidů. Jelikož vyšší obsah tuku ovlivňuje chuť a vůni vepřového masa, je nutné ryby obsahující velké množství tuku při výrobě mouček prvně vařit a obsah tuku snížit lisováním. Hodnota ME_p je 14,79 MJ/kg sušiny krmiva. Selatům do 20 kg a prasnicím se rybí moučka krmí zhruba do 10 %, prasatům v předvýkrmu a kojícím prasnicím do 7 %, ostatní kategorie ji mohou přijímat do 5 % (Vyskočil et al. 2009).

3.5.3 Mikrobiální komponenty

V této době jsou na vzestupu mikrobiální komponenty krmiv, jako jsou mořské řasy. Předpokládá se, že v roce 2024 bude více než dvojnásobné zvýšení prodeje mořských řas oproti roku 2016. Pomáhá tomu však i rozvoj technologií na pěstování a zpracování řas, intenzivní výzkum v oblasti bioaktivních látek obsažených v řasách a jejich působení na zdraví zvířat a člověka (Ježková 2019).

Mořské řasy lze považovat za doplňky pozitivně ovlivňující parametry zdraví zvířat. Mořské řasy obsahují významné bioaktivní látky, které mají prebiotické, antimikrobiální, antioxidační, protizánětlivé a imunomodulační účinky. Mají velmi kontroverzní a složitou taxonomii, rozlišují se na dva druhy řas, a to mikrořasy a makrořasy. Živinné složení je velmi variabilní v závislosti na druhu, době sběru a lokalitě a vnějších podmínkách (teplota, světlo, koncentrace dostupných živin ve vodě). Obecně jsou mořské řasy především zdrojem dusíkatých látek bílkovinného i nebílkovinného původu, polynenasycených omega-3 a omega-6 mastných kyselin (především kyseliny dokosaheptaénová, eikosapentaénová a arachidonová), minerálních látek (zejména chelátů) a vitaminů (Ježková 2019; Corino et al. 2019). Nasyčené, mononenasyčené a polynenasycené mastné kyseliny jsou hlavními složkami biomasy mikrořas, které tvoří až 50 % sušiny (Uma & Dineshbabu 2020).

Mezi makrořasy patří hnědé řasy *Phaeophyceae*, červené *Rhodophyceae* a zelené *Chlorophyceae*. V případě červených řas je obsah tuku nízký, pouze okolo 0,3 - 0,8 % v sušině, avšak i přesto má příznivý profil mastných kyselin, především kyselin dokosaheptaénové, eikosapentaénové (Sedláková & Křížová 2019).

Mikrořasy se získávají pro produkci biomasy a cenných látek – karotenoidů, fykocyaninů a polynenasycených mastných kyselin (Sedláková & Křížová 2019). Biomasa mikrořas je pro prasata chutná, má přijatelnou nutriční kvalitu a lze ji částečně využít jako náhradu za sójovou nebo rybí moučku (Ježková 2019). Významnými řasami jsou řasy rodu *Chlorella* s obsahem lipidů 10 - 15 % a značným množstvím nenasycených mastných kyselin a karotenoidů. Nicméně jejich biomasa není jednoduše stravitelná, neboť má relativně silnou celulózovou buněčnou stěnu (Sedláková & Křížová 2019). Jednou z nejpoužívanějších řas při výrobě potravin a krmiv je spirulina (*Arthrospira platensis*) (Martins et al. 2020).

Ve studii Huang et al. (2021) byla vypořádována dávka vedoucí k ovlivnění kvality masa a tuku při krmení mikrořas prasatům. Řasy obsahující 18 % kyseliny dokosaheptaenové v množství 1,6 % v krmné dávce podávané prasatům po dobu 25 dní před porážkou zlepšily ukládání kyseliny dokosaheptaenové v masu a tuku prasat. Avšak při podávání řas s 26 % kyseliny dokosaheptaenové v dávce 1,2 % 45 dní před porážkou docházelo ke zvýšené oxidaci lipidů a nepříjemné vůni masa a tuku (Huang et al. 2021).

3.5.3.1 *Spirulina* sp.

Spirulina je jedlá, vláknitá, spirálovitá sinice, formálně klasifikovaná jako modrozelená mikrořasa. V současné době je celosvětově dostupná a přibližně polovina z celkové produkce se používá v krmivech pro hospodářská zvířata. Roste ve slané či sladké vodě a přirozeně se vyskytuje v alkalických jezerech Mexika a Afriky. Ve Středozeří je pěstována biotechnologicky v nádržích. Makroalgalní výtažky z řas se využívají jako vylepšení standardních krmných receptur (Sánchez et al. 2003; Holman et al. 2012).

Biomasa obsahuje lipidy z 5-6 % a polysacharidy z 19 %. Zahrnuje významné množství polynenasycených mastných kyselin α -linolenovou a γ -linolenovou, dále vlákninu, minerály, vitaminy skupiny B, tokoferoly, karotenoidy, fenylalanin. Buňky nemají celulózovou stěnu, proto může být podávána prasatům bez předchozího o narušení buněčné stěny. *Spirulina* sp. díky svému významnému biologickému účinku vykazuje protizánětlivou a antioxidační aktivitu. Antivirový účinek zprostředkovává sulfátový polysacharid, tzv. spirulan. Kromě této funkce řasa sorbuje kationty těžkých kovů, snižuje hladinu cholesterolu a chrání intestinální mikrobiom, zejména bakterie mléčného kvašení, a zlepšuje tak zažívání a hygienu střeva. Nevyvolává prakticky žádné vedlejší účinky a nevykazuje jakoukoliv toxicitu (Sánchez et al. 2003; Sedláková & Křížová 2019).

Tabulka č. 19 Významné mastné kyseliny ve spirulině (Diraman et al. 2009; Kashani 2015)

Mastné kyseliny	Průměrné % množství z celkových MK
kyselina olejová	9,8 %
kyselina linolová	12,2 %
kyselina linolenová	4,4 %
kyselina palmitová	24,8 %
kyselina eikosapentaénová	1,9 %
kyselina dokosaheptaenová	7,7 %

4 Metodika

4.1 Materiál

4.1.1 Zvířata

Pokus byl proveden na testovací stanici chovu prasat v Ploskově u Lán. Do pokusu bylo zařazeno celkem 40 kusů prasat (České bílé ušlechtilé_(mateřské) × Česká Landrace) × České bílé ušlechtilé_(otcovské), 69 dní staré prasničky a vepřici s průměrnou živou hmotností 28,7 kg. Prasata byla ustájena v kotcích po dvou kusech stejného pohlaví.

Průměrný denní přírůstek, průměrná denní spotřeba krmiva a konverze krmiva byly sledovány v týdenním intervalu od začátku pokusu až do konce pokusu. Na konci experimentu byla prasata poražena v průměrné živé hmotnosti 110 kg.

4.1.2 Výživa

Prasata byla krmena kompletní krmnou směsí (KKS) obsahující tři složky (pšenici, ječmen a sójový extrudovaný šrot) a premix. Prasata byla rozdělena do dvou skupin na kontrolní, tj. bez přidání lněného semínka a na pokusnou, která byla krmena KKS obohacenou o lněné semínko (*Linum ussitatissimum* L.) v dávce 150 g/kg. Přejít KKS z A1 (předvýkrm) na A2 (prasata 36 - 65 kg) a CDP (prasata 65 - 120 kg) byl během experimentu realizován nepřetržitě. Prasata byla krmena *ad libitum*.

Tabulka č. 20 Krmné položky a živinové složení KKS

Krmné položky (g/kg)	Kontrolní skupina			Pokusná skupina		
	A1	A2	CDP	A1	A2	CDP
Pšenice	400,0	445,5	465,0	281,0	307,4	320,0
Ječmen	383,0	394,9	400,0	400,0	400,0	400,0
Sójová moučka	182,0	124,6	100,0	137,0	111,1	100,0
Premix	35,0	35,0	35,0	32,0	31,5	30,0
Lněné semínko	-	-	-	150,0	150,0	150,0
Analýza živinového složení						
Sušina	881,5	880,1	879,6	885,4	884,7	884,3
MEp (MJ/kg)	12,71	12,67	12,64	13,40	13,40	13,41
Hrubý protein	182,74	162,10	153,2	181,3	172,1	168,1
Hrubá vláknina	36,99	36,20	35,86	42,15	41,70	41,54
Aminokyseliny						
Lysine	11,32	9,78	9,12	10,59	9,85	9,42
Threonine	6,87	6,00	5,62	6,83	6,43	6,24
Minerální látky						
Vápník (Ca)	8,68	8,57	8,52	8,22	8,06	7,70
Fosfor (P) využitelný	1,90	1,83	1,79	1,75	1,71	1,66
Sodík	2,02	2,01	2,01	1,89	1,87	1,80
Vitaminy						
Retinol (I.U.)	14,40	14,40	14,40	13,17	12,97	12,36
Kalciferol (I.U.)	2,31	2,31	2,31	2,11	2,01	1,98
α -tokoferol (mg/kg)	145,52	144,30	144,61	132,23	130,63	125,34
Thiamin (mg/kg)	6,25	6,38	6,44	6,27	6,30	6,24
Riboflavin (mg/kg)	6,93	6,82	6,78	6,66	6,54	6,29
Kyselina pantothenová (mg/kg)	21,43	21,17	21,06	19,94	19,65	19,06
Cholin (mg/kg)	1 654,6	1 555,5	1 513,0	1 695,4	1 643,6	1 605,7

Poznámka: A1, A2 a CDP jsou typy krmných směsí, které byly krmeny prasaty s průměrnou živou hmotností 28 až 35 kg, 35,1 až 60 kg a 60,1 až 110 kg.

4.2 Metody

4.2.1 Kvantitativní a kvalitativní ukazatele

K posouzení vlastností kvantitativní a kvalitativní hodnoty jatečně upraveného těla byla provedeno měření jatečně upraveného těla podle Schepera a Scholze (1985). Jatečně upravená těla 40ti kusů prasat byla zvážena a změřena pravá polovina.

Z kvantitativních charakteristik jatečně upraveného těla bylo hodnoceno procento libové svaloviny a procento hlavních masitých částí masa. Pečeně, kýta, krkovička a plec byly z jatečně upraveného těla naporcovány na maso s kostí a sádlem potažené kůží.

Kvalitativní charakteristiky jatečně upraveného těla byly hodnoceny v pečení (*musculus longissimus lumborum et thoracis*; MLLT). Hodnota pH45 byla měřena pomocí pH metru

(pH 330i/sada, WTW, Weilheim, Německo) 45 minut po porážce a elektrická vodivost byla stanovena 50 minut po porážce (EC50).

4.2.2 Analýza základních chemických ukazatelů

Reprezentativní vzorky pečeně a hřbetního tuku byly odebrány z pravé poloviny jatečně upraveného těla, homogenizovány a podrobeny chemickým analýzám. Obsah vody (z rozdílu hmotnosti vzorku před a po vysušení mořským pískem), intramuskulární tuk (IMF; gravimetrickým stanovením po extrakci benzetherem v extraktoru rozpouštědla; SER 148, VELP Scientifica, Usmate, Itálie), hrubý protein (amino dusík stanoven podle Kjeldahlovy metody; KjelFlex K-360, Büchi, Flavil, Švýcarsko) a popeloviny (prostřednictvím spalování vzorku při 550° C do spálení organických látek; Ht40AL, LAC, Rajhrad, Česká republika).

4.2.3 Analýza mastných kyselin ve hřbetním tuku

Methylestery mastných kyselin byly stanoveny po extrakci celkových lipidů podle Folch et al. (1957). Methanolýza byla provedena použitím katalytického účinku hydroxidu draselného a extrakcí kyselin ve formě methylesterů v heptanu. Obsah izolovaných methylesterů byl stanoven pomocí plynového chromatografu MasterGC od firmy Dani Instruments S.p.A. vybaveného detektorem ionizace plamene a kolonou s polyethylenglykolem jako stacionární fází (FameWax; 30 m×0,32 mm×0,25 μm). Jako nosný plyn bylo použito helium s průtokem 5 ml/min a rozděleným poměrem 1:9. Získané záznamy byly analyzovány pomocí softwaru Clarity 5.2 a kvantifikovány na základě známých retenčních časů dle standardního roztoku Food Industry FAME Mix od firmy Restek Corporation.

Aterogenní index (AI) byl vypočítán podle Chilliard et al. (2003) takto: $AI = (C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0) / (MUFA + PUFA)$, zatímco trombogenní index (TI) byl vypočítán podle následujícího vzorce: $TI = (C14:0 + C16:00 + C18:0) / (0,5 \times MUFA + 0,5 \times n-6 PUFA + 3 \times n-3 PUFA + n-3/n-6 PUFA)$, v souladu s Ulbrichtem a Southgatem (1991).

4.2.4 Statistické vyhodnocení

Výsledky pokusu byly vyhodnoceny pomocí statistického programu SAS® Propriety Software Release 6.04 (2001) pomocí analýzy rozptylu (ANOVA). Rozdíly mezi jednotlivými vlastnostmi byly testovány pomocí Scheffeova testu. Úroveň významnosti testu byla u všech měřených hodnot $p < 0,05$.

Testování významných rozdílů bylo provedeno podle následujícího matematicko-statistického vzorce jednosměrné analýzy:

$$Y_{ij} = \mu + d_i + e_{ij}$$

kde:

- Y_{ij} = hodnota znaku,
- μ = celkový průměr,
- d_i = vliv výživy ($i = 1,2$),
- e_{ij} = náhodný zbytek.

5 Výsledky

Účinky diety na vybrané vlastnosti výkrmu a fyzikální ukazatele jatečné hodnoty uvádí tabulka č. 21. Přidání lněného semínka do krmné dávky způsobilo zvýšení průměrné denní konverze krmiva u pokusné skupiny. Byla naměřena průkazná hodnota denní konverze krmiva u kontrolní skupiny 2,40 kg/kg a u pokusné skupiny 2,55 kg/kg ($p = 0,009$).

Živá hmotnost prasat, průměrný denní přírůstek a průměrná denní spotřeba krmiva nebyly významně ovlivněny přidáním lněného semínka do krmné dávky. Vliv suplementace lněného semínka na elektrickou vodivost kýty, pH kýty, teplotu kýty, elektrickou vodivost pečeně, pH pečeně, teplotu pečeně a plochu pečeně nebyl průkazný.

Tabulka č. 21 Vybrané výkrmnostní ukazatele a fyzikální ukazatele JUT (průměr ± SD)

Ukazatele	Kontrolní skupina (n=24)	Pokusná skupina (n=16)	Průkaznost
Živá hmotnost (kg)	113,39 ± 4,92	115,42 ± 9,47	0,379
Průměrný denní přírůstek (g/den)	1008,86 ± 61,99	1011,90 ± 85,95	0,897
Průměrná denní spotřeba krmiva (kg/den)	2,37 ± 0,23	2,49 ± 0,33	0,202
Průměrná denní konverze krmiva (kg/kg)	2,40 ± 0,18	2,55 ± 0,18	0,009
Elektrická vodivost MS (kýta) (mS)	3,84 ± 0,62	4,25 ± 1,16	0,153
pH kýty	6,13 ± 0,25	6,09 ± 0,26	0,595
Teplota kýty (°C)	31,68 ± 3,44	32,42 ± 3,12	0,496
Elektrická vodivost MLLT (pečeně) (mS)	4,39 ± 0,93	4,63 ± 1,18	0,476
pH pečeně	5,96 ± 0,26	5,92 ± 0,27	0,727
Teplota pečeně (°C)	31,51 ± 2,81	32,58 ± 2,34	0,214
Plocha MLLT (mm ²)	5340,58 ± 461,99	5403,63 ± 588,40	0,706

Poznámka: SD = směrodatná odchylka, JUT = jatečně upravené tělo, MS = *musculus semimembranosus*, MLLT = *musculus longissimus lumborum et thoracis*

Působení KKS na chemické ukazatele u svalu *musculus longissimus lumborum et thoracis* znázorňuje tabulka č. 22. Z tabulky je patrné, že vliv lněného semínka na chemické vlastnosti pečeně nebyl statisticky průkazný.

Tabulka č. 22 Základní chemické ukazatele u svalu *musculus longissimus lumborum et thoracis* (MLLT) (průměr ± SD)

Ukazatel (%)	Kontrolní skupina (n=24)	Pokusná skupina (n=16)	Průkaznost
Voda (%)	73,69 ± 0,82	73,94 ± 1,13	0,423
Sušina (%)	26,31 ± 0,82	26,06 ± 1,13	0,423
NL (%)	22,95 ± 0,55	23,00 ± 1,12	0,854
IMT (%)	1,76 ± 0,71	1,84 ± 0,50	0,692
Popeloviny (%)	1,21 ± 0,10	23,00 ± 1,12	0,235

Poznámka: SD = směrodatná odchylka, NL = dusíkaté látky, IMT = intramuskulární tuk, % = procento

Jak je patrné z tabulky č. 23, průkazných výsledků bylo dosaženo u kyseliny palmitové ($p = 0,001$), heptadecylové ($p = 0,022$) a heneikosanové ($p < 0,001$). Kyselina palmitová se u kontrolní skupiny rovnala 29,7 % a u pokusné skupiny se snížila na 27,67 %. Kyselina

heptadecylová se průkazně snížila u pokusné skupiny o 0,70 % v porovnání se skupinou kontrolní. Průkazného výsledku nasycených mastných kyselin bylo dosaženo také u kyseliny heneikosanové, které bylo naměřeno u kontrolní skupiny 0,29 % a pokusné skupiny 1,64 %.

Nedostatečně průkazný nárůst nasycených mastných kyselin u pokusné skupiny byl u kyseliny máselné, kapronové, kaprylové, laurové, myristové, stearové a behenové.

Tabulka č. 23 Nasycené mastné kyseliny (průměr ± SD)

Mastné kyseliny (%)		Kontrolní skupina (n=24)	Pokusná skupina (n=16)	Průkaznost
kyselina máselná	C4:0	0,01 ± 0,03	0,04 ± 0,09	0,155
kyselina kapronová	C6:0	0,00 ± 0,00	0,02 ± 0,05	0,076
kyselina kaprylová	C8:0	0,02 ± 0,04	0,05 ± 0,09	0,155
kyselina kaprinová	C10:0	0,31 ± 0,09	0,30 ± 0,15	0,844
kyselina laurová	C12:0	0,18 ± 0,09	0,24 ± 0,12	0,089
kyselina myristová	C14:0	2,50 ± 0,47	2,58 ± 0,41	0,583
kyselina pentadecylová	C15:0	0,04 ± 0,06	0,04 ± 0,06	0,653
kyselina palmitová	C16:0	29,70 ± 1,82	27,67 ± 1,76	0,001
kyselina heptadecylová	C17:0	0,22 ± 0,08	0,15 ± 0,10	0,022
kyselina stearová	C18:0	8,59 ± 1,11	8,74 ± 0,77	0,653
kyselina arachová	C20:0	0,10 ± 0,10	0,07 ± 0,11	0,369
kyselina heneikosanová	C21:0	0,29 ± 0,45	1,64 ± 0,64	<0,001
kyselina behenová	C22:0	0,00 ± 0,01	0,01 ± 0,03	0,388

Poznámka: SD = směrodatná odchylka, % = procento

Výsledky analýzy mononenasycených mastných kyselin ukazuje tabulka č. 24. Průkazného výsledku bylo dosaženo u kyseliny palmitoolejové ($p < 0,001$), kdy se množství kyseliny ve hřbetním tuku prasat snížilo o 1,84 % ve skupině pokusné po přidání lněného semínka. Snížily se průkazně též kyseliny heptadecenová ($p = 0,001$) a eikosenová ($p = 0,001$) u pokusné skupiny. Heptadecenová kyselina byla naměřena v hodnotě 0,44 % u kontrolní skupiny a 0,29 % u pokusné skupiny. Kyselina eikosenová vykazovala 0,39 % v kontrolní skupině a 0,27 % v pokusné skupině.

Mastné kyseliny myristoolejová, pentadecenová a dokosadienová neprokázaly významný rozdíl v jejich množství u kontrolní a pokusné skupiny, ale ve všech těchto případech došlo k jejich snížení v případě pokusné skupiny. Kyselina eikosadienová se mírně zvýšila v pokusné skupině, ale nelze to též považovat za statisticky průkazné.

Tabulka č. 24 Mononenasycené mastné kyseliny (průměr ± SD)

Mastné kyseliny (%)		Kontrolní skupina (n=24)	Pokusná skupina (n=16)	Průkaznost
kyselina myristoolejová	C14:1	0,08 ± 0,10	0,05 ± 0,09	0,422
kyselina pentadecenová	C15:1	0,05 ± 0,10	0,03 ± 0,07	0,613
kyselina palmitoolejová	C16:1	6,40 ± 1,09	4,56 ± 0,97	<0,001
kyselina heptadecenová	C17:1	0,44 ± 0,13	0,29 ± 0,15	0,001
kyselina eikosenová	C20:1	0,39 ± 0,09	0,27 ± 0,13	0,001
kyselina eikosadienová	C20:2	0,09 ± 0,14	0,12 ± 0,11	0,496
kyselina dokosadienová	C22:2	0,01 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,421

Poznámka: SD = směrodatná odchylka, % = procento

Obsahy polynenasycených mastných kyselin znázorňuje tabulka č. 25. Vliv lněného semínka byl shledán u kyselin olejové ($p < 0,001$), linolové ($p = 0,009$), γ -linolenové

($p < 0,001$), α -linolenové ($p < 0,001$), arachidonové ($p = 0,001$) a eikosapentaenové ($p < 0,001$). Kyselina olejová se průkazně snížila v důsledku suplementace lněného semínka u pokusné skupiny o 4,47 % v porovnání s kontrolní skupinou. U kyselin γ -linolenové a arachidonové došlo k průkaznému snížení ve hřbetním tuku prasat u suplementované skupiny. Kyselina α -linolenová se naopak velmi průkazně zvýšila, u kontrolní skupiny bylo naměřeno 1,07 % a u pokusné skupiny 7,12 %. K průkaznému nárůstu došlo v případě kyseliny eikosapentaenové u pokusné skupiny, kdy kontrolní skupina vykazovala 0,05 % a pokusná skupina 0,60 %. Těž se průkazně zvýšila kyselina linolová u pokusné skupiny o 2,08 % při porovnání se skupinou kontrolní.

Výsledek kyseliny eikositrienové nebyl statisticky průkazný.

Tabulka č. 25 Polynenasycené mastné kyseliny (průměr \pm SD)

Mastné kyseliny (%)		Kontrolní skupina (n=24)	Pokusná skupina (n=16)	Průkaznost
kyselina olejová	C18:1n9c	34,22 \pm 1,98	29,75 \pm 2,51	<0,001
kyselina linolová	C18:2n6c	11,07 \pm 2,15	13,15 \pm 2,65	0,009
kyselina γ -linolenová	C18:3n6	0,14 \pm 0,08	0,00 \pm 0,01	<0,001
kyselina α -linolenová	C18:3n3	1,07 \pm 1,47	7,12 \pm 1,95	<0,001
kyselina eikositrienová	C20:3n6	0,36 \pm 0,15	0,28 \pm 0,15	0,116
kyselina arachidonová	C20:4n6	3,64 \pm 1,21	2,20 \pm 0,73	0,001
kyselina eikosapentaenová	C20:5n3	0,05 \pm 0,15	0,60 \pm 0,23	<0,001

Poznámka: SD = směrodatná odchylka, % = procento

V tabulce č. 26 jsou zaznamenány výsledné hodnoty profilu nasycených mastných kyselin (SFA), mononenasycených mastných kyselin (MUFA) a polynenasycených mastných kyselin (PUFA) ve hřbetním tuku.

Doplnění lněného semínka má průkazný vliv na snížení množství MUFA ($p < 0,001$) a zvýšení PUFA ($p < 0,001$). V případě PUFA byla v kontrolní skupině naměřena průměrná hodnota 16,43 % a ve skupině pokusné 23,50 %, tj. došlo ke zlepšení o 7,07 % po přidání lněného semínka do krmné dávky prasat. Suplementace lněného semínka měla též významný účinek na množství omega-3 mastných kyselin ($p < 0,001$), kdy u kontrolní skupiny hřbetní tuk vykazoval 1,12 % a pokusná skupina dosahovala průměrné hodnoty 7,72 % omega-3 mastných kyselin. Průkazného výsledku též dosáhly poměry mezi omega-3 a omega-6 MK ($p < 0,001$), kdy suplementace měla na jejich poměr průkazný vliv. Průkazně se také snížil trombogenní index ($p < 0,001$), kontrolní skupina vykazovala 1,31 % a pokusná skupina 0,82 %.

Dle výsledků nebyl prokázán význam suplementace lněného semínka na hodnoty SFA, n-6 PUFA a aterogenní index.

Tabulka č. 26 Profil mastných kyselin ve hřbetním tuku (průměr ± SD)

Mastné kyseliny (%)	Kontrolní skupina (n=24)	Pokusná skupina (n=16)	Průkaznost
SFA	41,97 ± 1,81	41,55 ± 2,00	0,495
MUFA	41,58 ± 2,66	34,95 ± 3,21	<0,001
PUFA	16,43 ± 3,93	23,50 ± 4,36	<0,001
n-6 PUFA	14,85 ± 3,17	15,39 ± 3,09	0,597
n-3 PUFA	1,12 ± 1,61	7,72 ± 2,13	<0,001
n-6/n-3 PUFA	18,79 ± 6,75	2,77 ± 3,47	<0,001
n-3/n-6 PUFA	0,07 ± 0,09	0,51 ± 0,16	<0,001
AI	0,69 ± 0,08	0,66 ± 0,08	0,189
TI	1,31 ± 0,16	0,82 ± 0,20	<0,001

Poznámka: SD = směrodatná odchylka, SFA = nasycené mastné kyseliny, MUFA = mononenasyčené mastné kyseliny, PUFA = polynenasycené mastné kyseliny, AI = aterogenní index, TI = trombogenní index, % = procento, n-3 = omega-3 mastné kyseliny, n-6 = omega-6 mastné kyseliny

6 Diskuze

6.1 Výkrmnostní a fyzikální ukazatele

V této studii byla naměřena průkazná hodnota denní konverze krmiva ($p = 0,009$), kdy se její hodnoty zvýšily po suplementaci lněného semínka.

U dalších výkrmnostní a fyzikální ukazatelích nebyl výsledek průkazný, což se shoduje se studií Nuernberg et al. (2005), kdy u prasat nebyl zjištěn žádný účinek při krmení lněného semínka na rychlost růstu, denní přírůstek živé hmotnosti, odkap a nebyl zaznamenán žádný účinek na hodnotu pH ($p > 0,05$). Složení jatečně upraveného těla a kvalita masa nebyly přídatkem lněného semínka ovlivněny.

Leikus et al. (2018) zjistili, že denní spotřeba krmiva se zvýšila po přidavku lněného semínka. Průměrný denní přírůstek nebyl průkazný ($p < 0,10$) stejně jako v této práci. Okrouhlá et al. (2013) též nezjistili žádný významný vliv krmení lněným semínkem na výkrmové vlastnosti prasat. Huang et al. (2008) nezjistili žádné významné rozdíly ($p > 0,05$), pokud jde o průměrnou tloušťku hřbetního tuku.

6.2 Mastné kyseliny

Tato studie prokázala vliv přidání lněného semínka do krmné dávky prasat na profil mastných kyselin ve hřbetním tuku. Okrouhlá et al. (2013) prokázali, že hlavní účinek přidání lněného semene v dietě nastává u profilu mastných kyselin v tukové tkáni prasat.

Celkové hodnoty SFA poklesly v pokusné skupině suplementované lněným semínkem ($p < 0,100$), ale výsledky nebyly dostatečně průkazné (Leikus et al. 2018), proto se shodují s naším výsledkem v této práci.

Hodnoty MUFA v případě toho výzkumu prokázaly průkazné snížení u skupiny pokusné ($p < 0,001$), což koreluje se studií Okrouhlé et al. (2013). Leikus et al. (2018) neshledali stejný výsledek, kdy sice došlo ke snížení MUFA u pokusné skupiny, ale výsledky nebyly dostatečně průkazné ($p = 0,636$).

Výsledky PUFA v naší studii byly statisticky průkazné a došlo k jejich zvýšení u suplementované skupiny ($p < 0,001$). K průkaznému zvýšení PUFA u pokusné skupiny zaznamenal i výzkum Leikus et al. (2018), ale pouze v případě suplementace lněného semínka ve vyšších dávkách 50 g/kg ($p = 0,043$). Ve studii Okrouhlé et al. (2013) se PUFA průkazně zvýšily v pokusné skupině ($p < 0,001$).

Trombogenní index (TI) a aterogenní index (AI) se v této studii snížil u pokusné skupiny, ale průkazný výsledek měl pouze TI ($p < 0,001$). Trombogenní index byl průkazně snížený i v dalších studiích při suplementaci lněného semínka (Okrouhlá et al. 2013; Leikus et al. 2018).

6.2.1 SFA

Dle našich výsledků se kyseliny palmitová ($p = 0,001$) a heptadecylová ($p = 0,022$) po přidání lněného semínka snížily, naopak kyselina heneikosanová se u pokusné skupiny zvýšila ($p < 0,001$).

Studie Leikus et al. (2018) popisuje snížení kyseliny palmitové po přidání lněného semínka do krmné dávky prasat ($p < 0,100$). Ve studii Alonso et al. (2012) se významně neovlivnilo zastoupení SFA po suplementaci lněným semínkem. Dle výzkumu Bryhni et al. (2002) u prasat krmených dietou s vysokým obsahem PUFA se snížilo množství nasycených mastných kyselin (SFA), jako kyselinu palmitovou a stearovou, ve hřbetním tuku ($p < 0,05$). Koczanowski et al. (2004) zjistili, že s rostoucí tloušťkou tuku (z 12 na 16 mm) se zvýšila koncentrace SFA (z 37,7 na 40,4 %). Studie Leikus et al. (2018) ukázala, že kyseliny palmitová a stearová se významně zvýšily po suplementaci lněného semínka, což v porovnání s touto studií platí pouze pro kyselinu palmitovou. Kyseliny palmitová a stearová jsou dominantními kyselinami mezi SFA (Okrouhlá et al. 2013). Dle Wiecek et al. (2010) doplněk lněného oleje neměl významný vliv na množství kyselin myristové a stearové ve hřbetním tuku pokusných prasat. Naopak významný účinek lněného semínka na hřbetní tuk se projevil u kyseliny palmitové.

3.2.2 MUFA

V našem výzkumu se kyseliny palmitoolejová ($p < 0,001$), heptadecenová ($p = 0,001$) a eikosenová ($p = 0,001$) průkazně snížily.

Ve studii Okrouhlé et al. (2013) z MUFA byly nejvíce zastoupeny kyseliny olejová a palmitoolejová, ale uvedli, že lněné semínko v krmné směsi prasat snížilo celkové MUFA. Výzkum Nuernberg et al. (2005) zjistili významný vliv lněného semínka na zastoupení kyseliny palmitoolejové ($p < 0,05$). Leikus et al. (2018) podobné výsledky neshledali.

3.2.3 PUFA

PUFA nelze syntetizovat z organismu, proto je musí prasata syntetizovat z potravy (Okrouhlá et al. 2013). Pokud se zaměříme na PUFA v této práci, tak při zhodnocení mastných kyselin se průkazně snížily kyseliny olejová ($p < 0,001$), γ -linolenová ($p < 0,001$) a arachidonová ($p = 0,001$). A naopak kyseliny linolová ($p = 0,009$), α -linolenová ($p < 0,001$) a eikosapentaenová ($p < 0,001$) se průkazně zvýšily.

Dle studie Okrouhlé et al. (2013) bylo dosaženo rozdílného výsledku u kyseliny arachidinové v porovnání s touto prací. Vliv lněného semínka na kyselinu arachidinovou nebyl dostatečně průkazný, což také potvrdila studie Leikus et al. (2018). Výsledky studie Leikus et al. (2018) ukázaly, že došlo k významnému nárůstu kyseliny α -linolenové a eikosapentaenové u suplementovaných skupin, tím pádem to potvrzuje naše výsledky.

Krmení lněného oleje v dávce 5 % z celkové KD zvýšilo koncentraci PUFA ve hřbetním tuku na velmi vysokou úroveň. Doplnění lněného oleje na těchto úrovních vede ke zdravému

masu pro čerstvou spotřebu, ale není vhodné ke zpracování na masné výrobky (Nuernberg et al. 2005).

Dle Jasińska & Kurek (2017) se PUFA ve hřbetním tuku lišily v závislosti na druhu doplňovaného tuku.

3.2.3.1 Omega-3 a omega-6

V této práci došlo k významnému zvýšení omega-3 PUFA, ke zvýšení poměru mezi omega-3 a omega-6 PUFA a též k průkaznému snížení poměru mezi omega-6 a omega-3 PUFA.

Pokus Nuernberg et al. (2005) potvrdil významný vliv krmení lněného semínka na n-3, n-6 a poměr n-6/n-3 PUFA ($p < 0,05$). Dle Lisiak et al. (2013) poměr n-6/n-3 PUFA u prasat krmených větším podílem lněného semene byl lepší než u prasat, která byla krmena řepkovým nebo rybím olejem. Nicméně poměr n-6/n-3 PUFA byl výrazně snížen krmením lněného oleje, což bylo způsobeno významným zvýšením kyseliny α -linolenové. Corino et al. (2008) ve své studii uvádějí významné snížení poměru n-6/n-3 PUFA u hřbetního tuku prasat ($p < 0,05$).

4 Závěr

- Z hlediska výživy prasat lze říci, že výběr vhodných komponentů krmiv a jejich profil mastných kyselin může ovlivnit kvalitu hřbetního tuku prasat. Obohacením krmiva lze zvýšit kvalitu koncových produktů, nicméně při zvýšení PUFA již nejsou produkty vhodné pro zpracování na masné výrobky.
- Přídavek lněného semínka zlepšil průměrnou denní konverzi krmiva. Kontrolní skupina spotřebovala na jednotku přírůstku 2,40 kg/KD, zatímco skupina pokusná 2,5 kg/KD ($p = 0,009$).
- Při suplementaci lněného semínka se změnil profil mastných kyselin. U pokusné skupiny se snížilo procentuální zastoupení MUFA a zvýšilo se procentuální zastoupení PUFA.
- Nebyl zjištěn žádný negativní vliv na vlastnosti výkrmu, kvantitativní a kvalitativní parametry jatečné hodnoty a kvalitu vepřového masa po suplementaci lněným semínkem.
- Výrazně se snížil trombogenní index u pokusné skupiny o 0,49 % ($p < 0,001$) poměr n-6 / n-3 PUFA z 18,79 % u kontrolní skupiny na 2,77 % u pokusné skupiny ($p < 0,001$) a tím se přiblížil k hodnotám doporučovaných Světovou zdravotnickou organizací (WHO).

5 Literatura

- Aaslyng MD. 2009. Trends in meat consumption and the need for fresh meat and meat products of improved quality. Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat **1**:3-18. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845693435500017>.
- Adamová H. 2003. Vlastnosti kosterní svaloviny ve vztahu ke kvalitě masa u prasat a drůbeže. Available from <https://www.naschov.cz/vlastnosti-kosterni-svaloviny-ve-vztahu-ke-kvalite-masa-u-prasat-a-drubeze/> (accessed January 4, 2021).
- Aenlle Lisa. 2019. "Unsaturated fat". Encyclopedia Britannica. Available from <https://www.britannica.com/science/unsaturated-fat> (accessed February 20, 2021).
- Ahmad RS, Imran A, Hussain MB. 2018. Nutritional composition of meat. Available from <https://www.intechopen.com/books/meat-science-and-nutrition/nutritional-composition-of-meat> (accessed January 4, 2021).
- Akkaya MR. 2018. Prediction of fatty acid composition of sunflower seeds by near-infrared reflectance spectroscopy. *Journal of food science and technology* **55**:2318–2325.
- Akkaya MR, Cil A, Cil AN, Yücel H, Kola O. 2019. The influence of sowing dates on the oil content and fatty acid composition of standard, mid-oleic and high-oleic types of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Food Science and Technology* **39**:448-453. Available from https://www.researchgate.net/publication/329331521_The_influence_of_sowing_dates_on_the_oil_content_and_fatty_acid_composition_of_standard_mid-oleic_and_high-oleic_types_of_sunflower_Helianthus_annuus_L.
- Al-Bachir M, Sahloul H. 2017. Fatty acid profile of olive oil extracted from irradiated and non-irradiated olive fruits. *International Journal of Food Properties* **20**:2550-2558. Available from https://www.researchgate.net/publication/309705570_Fatty_Acids_Profile_of_Olive_Oil_Extracted_from_Irradiated_and_Non-irradiated_Olive_Fruits.
- Alonso V, Najes LM, Provincial L, Guillén E, Gil M, Roncalés P, Beltrán JA. 2012. Influence of dietary fat on pork eating quality. *Meat science* **92**:366-373. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174012000058>.
- Aluko RE. 2011. 4.41 - Plant Derived Bioactives. Academic Press, Winnipeg.
- AMSA. 2015. Composition of meat water, carbohydrates, minerals and vitamins. Available from <https://meatscience.org/students/meat-judging-program/meat-judging-news/article/2015/07/31/composition-of-meat---water-carbohydrates-minerals-and-vitamins> (accessed January 4, 2021).
- Arkfeld EK, Mohrhauser DA, King DA, Wheeler TL, Dilger AC, Shackelford SD, Boler DD. 2017. Characterization of variability in pork carcass composition and primal quality. *Journal of animal science* **95**:697-708. Available from <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/95/2/697/4701985>.

- Aslan M, Aslan I. 2017. Chapter 56 - Plasma Polyunsaturated Fatty Acids After Weight Loss Surgery. Academic Press, Antalya.
- Baltić B, Starčević M, Đorđević J, Mrdović B, Marković R. 2017. Importance of medium chain fatty acids in animal nutrition. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science **85**. Available from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/85/1/012048/meta>.
- Barbin DF, ElMasry G, Sun DW, Allen P. 2013. Non-destructive determination of chemical composition in intact and minced pork using near-infrared hyperspectral imaging. Food chemistry **138**:1162-1171.
- Bischoff KL. 2021. Glucosinolates. Academic Press.
- Blanco G, Blanco A. 2017. Medical biochemistry. Academic Press, Cordoba.
- Bocianowski J, Mikołajczyk K, Bartkowiak-Broda I. 2012. Determination of fatty acid composition in seed oil of rapeseed (*Brassica napus* L.) by mutated alleles of the FAD3 desaturase genes. Journal of applied genetics **53**:27–30.
- Brát J. 2015. Vývoj výživových doporučení pro tuky. Výživa a potraviny **6**:146. Available from <https://www.vyzivapol.cz/vyvoj-vyzivovych-doporuceni-pro-tuky/>.
- Brown. 2014. Butyric acid. Available from <https://www.britannica.com/science/butyric-acid> (accessed January 4, 2021).
- Calder PC. 2016. Docosahexaenoic acid. Annals of Nutrition and Metabolism **69**:8-21. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27842299/>.
- Cazedey HP, Torres Filho RDA, Fontes PR, Ramos ADLS, Ramos EM. 2016. Comparison of different criteria used to categorize technological quality of pork. Ciência Rural **46**:2241-2248. Available from https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782016001202241&script=sci_arttext.
- Clemente TE, Cahoon EB. 2009. Soybean oil: genetic approaches for modification of functionality and total content. Plant physiology **151**:1030-1040. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19783644/>.
- CONTAM. 2016. Erucic acid in feed and food. EFSA Journal **14**:e04593. Available from <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2016.4593>.
- Corino C, Modina SC, Di Giancamillo A, Chiapparini S, Rossi R. 2019. Seaweeds in pig nutrition. Animals **9**:1126. Available from <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/12/1126>.
- Cromwell BG. 2015. Nutritional Requirements of Pigs. Available from <https://www.msdtvetmanual.com/management-and-nutrition/nutrition-pigs/nutritional-requirements-of-pigs> (accessed January 4, 2021).
- Čechová M. 2015. Reprodukční a produkční užitkové vlastnosti prasat. Available from <http://www.chovzvirat.cz/clanek/714-reprodukcni-a-produkcni-uzitkove-vlastnosti-prasat/> (accessed February 11, 2021).

- Dibďák T. 2012. Technologické vlastnosti masa – vaznost [BSc. Thesis]. Jihočeská univerzita, České Budějovice.
- Diraman H, Koru E, Dibeklioglu H. 2009. Fatty acid profile of *Spirulina platensis* used as a food supplement. Available from <https://evols.library.manoa.hawaii.edu/handle/10524/19280> (accessed January 4, 2021).
- Dokmanovic M, Baltic MZ, Duric J, Ivanovic J, Popovic L, Todorovic M, Pantic S. 2015. Correlations among stress parameters, meat and carcass quality parameters in pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **28**:435. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25656214/>.
- Dorđević V, Dorđević J, Baltić Ž. M, Laudanović M, Teodorović V, Bošković M, Peurača M, Marković R. 2016. Effect of sunflower, linseed and soybean meal in pig diet on chemical composition, fatty acid profile of meat and backfat, and its oxidative stability. *Acta Veterinaria-Beograd* **66**:359-372.
- Dugan ME, Vahmani P, Turner TD, Mapiye C, Juárez M, Prieto N, Aalhus JL. 2015. Pork as a source of omega-3 (n-3) fatty acids. *Journal of Clinical Medicine* **4**:1999-2011. Available from https://www.researchgate.net/publication/287406134_Pork_as_a_Source_of_Omega-3_n-3_Fatty_Acids.
- Durmus M. 2018. Fish oil for human health: omega-3 fatty acid profiles of marine seafood species. Available from https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612019000600454&tlng=en (accessed January 4, 2021).
- Faria PB, Cantarelli VS, Fialho ET, Pinto AMBG, Faria JH, Rocha MFM, Bressan MC. 2015. Lipid profile and cholesterol of pork with the use of glycerin in feeding. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **67**:535-546. Available from https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352015000200535.
- Faucitano L. 2018. Preslaughter handling practices and their effects on animal welfare and pork quality. *Journal of animal science* **96**:728–738. Available from <https://doi.org/10.1093/jas/skx064>.
- Hanczakowska E, Świątkiewicz M, Grela ER. 2015. Effect of dietary inclusion of a herbal extract mixture and different oils on pig performance and meat quality. *Meat Science* **108**:61-6
- Hernandez TC. 2016. Comenzamos un nuevo período. Nueva Junta Directiva de la Sociedad Española de Cirugía Torácica-Cardiovascular 2016-2018. *Cirugía Cardiovascular* **23**:273-275.
- Holman BWB, Malau-Aduli AEO. 2013. Spirulina as a livestock supplement and animal feed. *Journal of animal physiology and animal nutrition* **97**:615-623.
- Huang C, Chiba LI, Bergen WG. 2021. Bioavailability and metabolism of omega-3 polyunsaturated fatty acids in pigs and omega-3 polyunsaturated fatty acid-enriched pork: A review. *Livestock Science* **234**:104370. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141320319740>.

- Huang FR, Zhan ZP, Luo J, Liu ZX, 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.
- Chang JPC, Chang SS, Yang HT, Chen HT, Chien YC, Yang B, Su KP. 2020. Omega-3 polyunsaturated fatty acids in cardiovascular diseases comorbid major depressive disorder—Results from a randomized controlled trial. *Brain, behavior, and immunity* **85**:14-20. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889159118311887>.
- Chen WS, Strik DPBTB, Buisman CJN, Kroeze C. 2017. Production of Caproic Acid from Mixed Organic Waste: An Environmental Life Cycle Perspective. *Environmental Science Technology* **51**:7159-7168. Available from doi:10.1021/acs.est.6b06220.
- Cherian G. 2009. Eggs and health: nutrient sources and supplement carriers. Academic Press, Oregon.
- Ingr I. 2003. Atypické zrání a kažení masa. Available from <http://www.cszm.cz/clanek.asp?typ=1&id=895> (accessed February 11, 2021).
- Jackman JA, Boyd RD, Elrod CC. 2020. Medium-chain fatty acids and monoglycerides as feed additives for pig production: towards gut health improvement and feed pathogen mitigation. *Journal of Animal Science Biotechnology* **11**: 44. Available from <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00446-1>.
- Jahreis G, Schäfer U. 2011. Chapter 114 - Rapeseed (*Brassica napus*) Oil and its Benefits for Human Health. Academic Press, Jena.
- Jasińska K, Kurek A. 2017. The effect of oil plants supplementation in pig diet on quality and nutritive value of pork meat. *Animal Science Papers and Reports* **35**:137-146.
- Jenkins WM, Jenkins AE, Jenkins AL, Brydson C. 2020. Chapter 3 - How It Works: Mechanisms of Action. Academic Press.
- Ježková A. 2019. Využití mořských a sladkovodních řas ve výživě hospodářských zvířat. Available from <https://www.naschov.cz/vyuziti-morskych-a-sladkovodnich-ras-ve-vyzive-hospodarskych-zvirat/> (accessed January 4, 2021).
- Ji XJ, Ledesma-Amaro R. 2020. Microbial lipid biotechnology to produce polyunsaturated fatty acids. *Trends in Biotechnology* **38**:832-834. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167779920300330>.
- Jiang S, Gou Z, Li L, Lin X, Jiang Z. 2018. Growth performance, carcass traits and meat quality of yellow-feathered broilers fed graded levels of alfalfa meal with or without wheat. *Animal Science Journal* **89**:561-569. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/asj.12968>.
- Jordan KD, Upmacis RK. 2013. Mass spectrometric Analysis of Oxidized eicosapentaenoic Acid sodium salt. *Lipid insights* **6**:21-35. Available from <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.4137/LPIS10862>.

- Kacerovský O, Mudřík Z, Vencel B. 1989. *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Vysoká škola zemědělská, Praha.
- Kameník J. 2021. Světová produkce vepřového a hovězího masa v r. 2020. *Maso*. Available from <https://www.maso.cz/svetova-produkce-veprveho-a-hoveziho-masa-v-r-2020/> (accessed February 14, 2021).
- Kashani A. 2015. Genetic and dietary enhancement of n-3 fatty acids in sheep meat. Available from <https://eprints.utas.edu.au/23218/> (accessed January 11, 2021).
- Keller KR. 2007. *xPharm: The Comprehensive Pharmacology Reference 1-6*. Available from <https://doi.org/10.1016/B978-008055232-3.60058-3>.
- Kerr BJ, Dozier III WA, Shurson GC. 2016. Lipid digestibility and energy content of distillers' corn oil in swine and poultry. *Journal of animal science* **94**:2900-2908.
- Kouba M, Mourot J. 2011. A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on n-3 polyunsaturated fatty acids. *Biochimie* **93**:13-17. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030090841000088X>.
- Kris-Etherton P, Hecker K, Taylor DS, Zhao G, Coval S, Binkoski A. 2001. Dietary macronutrients and cardiovascular risk. In *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease*. Academic Press
- Kumar A, Butt NA, Levenson AS. 2016. *Natural epigenetic-modifying molecules in medical therapy*. Academic Press, Mississippi.
- Lee KR, Midgette Y, Shah R. 2019. Fish oil derived omega 3 fatty acids suppress adipose NLRP3 inflammasome signaling in human obesity. *Journal of the Endocrine Society* **3**:504-515. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30788452/>.
- Leikus R, Juskiene V, Juska R, Juodka R, Stankeviciene D, Nainiene R, Siukscius A. 2018. Effect of linseed oil sediment in the diet of pigs on the growth performance and fatty acid profile of meat. Available from https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982018000100501&script=sci_arttext (accessed January 11, 2021).
- Lemarié F, Beauchamp E, Legrand P, Rioux V. 2016. Revisiting the metabolism and physiological functions of caprylic acid (C8: 0) with special focus on ghrelin octanoylation. *Biochimie* **120**:40-48.
- Lisiak D, Grześkowiak E, Borzuta K, Raj S, Janiszewski P, Skiba G. 2013. Effects of supplementary vegetable and animal fats on the slaughter values of fatteners, meat quality, and fatty acid profile in pigs. *Czech Journal of Animal Science* **58**:1.
- Litwack G. 2018. *Human biochemistry*. Academic Press.
- Liu Y. 2015. Fatty acids, inflammation and intestinal health in pigs. *Journal of animal science and biotechnology* **6**:1-9.
- Lombardo L, Grasso F, Lanciano, F, Loria S, Monetti E. 2018. *Broad-spectrum health protection of extra virgin olive oil compounds*. Elsevier, Portici.

- Lonergan SM, Topel DG, Marple DN. 2019. Chapter 8 - Methods to measure body composition of domestic animals. Academic Press, Iowa.
- Magowan E, McCann MEE. 2006. A comparison of pig backfat measurements using ultrasonic and optical instruments. *Livestock Science* **103**:116-123. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141306000357>.
- Mailer RJ. 2016. Oilseeds: Overview. Academic Press, Lambton.
- Martins MA, Da Dilva VF, Tarapuez PR, Hayashi L, Do Nascimento Vieira F. 2020. Cultivation of the seaweed *ulva* spp. With effluent from a shrimp biofloc rearing system: different species and stocking density. *Boletim do instituto de pesca* **46**:1-6. Available from https://www.researchgate.net/publication/347434932_CULTIVATION_OF_THE_SEA_WEED_Ulva_spp_WITH_EFFLUENT_FROM_A_SHRIMP_BIOFLOC_REARING_SYSTEM_DIFFERENT_SPECIES_AND_STOCKING_DENSITY.
- Mavromichalis I. 2014. Sunflower ingredients in pig feeds. Available from <https://www.wattagnet.com/articles/19237-sunflower-ingredients-in-pig-feeds> (accessed January 11, 2021).
- Medic J, Atkinson C, Hurburgh CR. 2014. Current knowledge in soybean composition. *Journal of the American oil chemists' society* **91**:363-384. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11746-013-2407-9>.
- Meštrović T. 2018. What is Lipogenesis?. News-Medical. Available from <https://www.news-medical.net/life-sciences/What-is-Lipogenesis.aspx>. (accessed February 11, 2021).
- Mouton B, Laere F. 2019. Olive oil as fat source for pigs. Available from <https://www.eupig.eu/meat-quality/olive-oil-as-fat-source-for-pigs> (accessed January 4, 2021).
- Nath UK, Kim HT, Khatum K, Park JI, Kang KK, Nou IS. 2016. Modification of Fatty Acid Profiles of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Oil for Using as Food, Industrial Feed-Stock and Biodiesel. *Plant Breeding and Biotechnology* **4**:123-134. Available from <https://doi.org/10.9787/PBB.2016.4.2.123>.
- National Center for Biotechnology Information. 2021. PubChem Compound Summary for CID 3893, Lauric acid. Available from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Lauric-acid> (accessed February 12, 2021).
- National Center for Biotechnology Information. 2021. PubChem Pathway Summary for Pathway FAOmega3And6Unsaturated. Available from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/pathway/LIPID-MAPS:FAOmega3And6Unsaturated> (accessed February 12, 2021).
- Ngadi M, Dev SR, Raghavan VG, Kazemi S. 2015. Dielectric properties of pork muscle. *International Journal of Food Properties* **18**:12-20.

- Nielsen T.S, Jessen N, Jørgensen JOL, Møller N, Lund S. 2014. Dissecting adipose tissue lipolysis: molecular regulation and implications for metabolic disease. *Journal of molecular endocrinology* **52**:3.
- Nistor E, Bampidis VA, Păcală N, Pentea M, Tozer J, Prundeanu H. 2013. Nutrient content of rabbit meat as compared to chicken, beef and pork meat. *Journal of animal production Advances* **3**:172-176. Available from https://www.researchgate.net/publication/290214524_Nutrient_Content_of_Rabbit_Meat_as_Compared_to_Chicken_Beef_and_Pork_Meat.
- Nold R. 2006. Meat Quality. Available from <https://porkgateway.org/resource/meat-quality/> (accessed February 12, 2021).
- Norde MM, Oki E, Rogero MM. 2019. *C-Reactive Protein and Fatty Acids: Public Health Concerns and Implications*. Academic Press, Sao Paulo.
- Nuernberg K, Nuernberg G, Ender K, Dannenberger D, Schabbel W, Grumbach S, Steinhart H. 2005. Effect of grass vs. concentrate feeding on the fatty acid profile of different fat depots in lambs. *European Journal of Lipid Science and Technology* **107**:737-745.
- Okrouhlá M, Stupka R, Čítek J, Lebedová N, Zadinová K. 2018. Effect of Duration of Dietary Rapeseed and Soybean Oil Feeding on Physical Characteristics, Fatty Acid Profile, and Oxidative Stability of Pig Back fat. *Animals* **8**:193.
- Otrubová M. 2016. Dusíkaté látky patří stále mezi nejvýznamnější. *Agropress*. Available from <https://www.agropress.cz/fyziologie-traveni-a-vyuziti-zivin-u-prasat/> (accessed October 10, 2020).
- Otrubová M. 2018. Produkční ukazatele chovu prasat. *Agropress*. Available from <https://www.agropress.cz/produkcni-ukazatele-v-chovu-prasat/> (accessed October 10, 2020).
- Overland M, Taugbøl O, Haug A, Sundstøl E. 1996. Effect of fish oil on growth performance, carcass characteristics, sensory parameters, and fatty acid composition in pigs. *Acta Agriculturae Scandinavica A-Animal Sciences* **46**:11-17. Available from <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09064709609410919>.
- Özcan MM, Aljuhaimi F, Uslu N. 2018. Effect of malt process steps on bioactive properties and fatty acid composition of barley, green malt and malt grains. *Journal of Food Science Technology* **55**:226–232. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141320319740>.
- Panickar KS, Tavener SK, Jewell DE. 2018. *Molecular and Intracellular Signaling Mechanisms of Herbs, Spices, and Food Components in the Mediterranean Diet in Improving Cognitive Function*. Academic Press, Topeka.
- Pellizzon M, Buisson A, Ordiz JF, Ana LS, Jen KLC. 2002. Effects of Dietary Fatty Acids and Exercise on Body-Weight Regulation and Metabolism in Rats. *Obesity research* **10**:947-955. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1038/oby.2002.129>

- Poklukar K, Čandek-Potokar M, Batorek Lukač N, Tomažin U, Škrlep M. 2020. Lipid Deposition and Metabolism in Local and Modern Pig Breeds: A Review. *Animals* **10**:424. Available from <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/3/424>.
- Pokorný J. 2006. Nasycené mastné kyseliny v tucích: nepůsobí všechny stejně. Společnost pro výživu. Available from <https://www.vyzivaspol.cz/nasycene-mastne-kyseliny-v-tucich-nepusobi-vsechny-stejne/> (accessed February 21, 2021).
- Reece WO. 2010. Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. Grada Publishing, Praha.
- Richli MM, Kaufmann D, Scheeder M. 2016. Prediction of the fatty acid composition in backfat of pigs as breeding tool. Available from https://www.researchgate.net/publication/301726297_Prediction_of_the_fatty_acid_composition_in_backfat_of_pigs_as_breeding_tool (accessed January 19, 2021).
- Rogers K. 2020. Fatty acids. Encyclopedia Britannica. Available from <https://www.britannica.com/science/fatty-acid> (accessed February 21, 2021).
- Rooke JA. 2009. Fatty acids and sows. Available from https://www.pig333.com/articles/fatty-acids-and-sows_453/ (accessed January 21, 2021).
- Rosenvold K, Andersen HJ. 2003. Factors of significance for pork quality—a review. *Meat science* **64**:219-237. Available from https://www.researchgate.net/publication/51777183_Factors_of_significance_for_pork_Quality_A_review.
- Rowan F, Docherty NG, Murphy M, Murphy B, Coffey JC, O'Connell PR. 2010. Desulfovibrio bacterial species are increased in ulcerative colitis. *Dis Colon Rectum* **53**:1530–1536. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20940602/>.
- Said D, Belinato G, Simencio Otero RL, Canale LC, Sarmiento GS, Gastón A, Totten GE. 2011. Effect of the oxidation stability of soybean oil and palm oil on steel quenching performance. Available from https://www.researchgate.net/publication/289068180_Effect_of_the_oxidation_stability_of_soybean_oil_and_palm_oil_on_steel_quenching_performance (accessed January 9, 2021).
- Sánchez M, Bernal-Castillo J, Rozo C, Rodríguez I. 2003. *Spirulina* (Arthrospira): an edible microorganism: a review. *Universitas Scientiarum* **8**:7-24.
- Sebley C, Cymet T. 2016. "Saturated fat". Encyclopedia Britannica. Available from <https://www.britannica.com/science/saturated-fat> (accessed February 12, 2021).
- Sedaghati E, Hokmabadi H. 2014. Safety of Food and Beverages: Oilseeds and Legumes. Academic Press, Rafsanjan.
- Sedláková K, Křížová L. 2019. Možnosti využití mořských a sladkovodních řas ve výživě. *Náš chov* **11**:53-57.
- Shahbandeh M. 2021. Production of pork worldwide 2013-2021. Statista. Available from <https://www.statista.com/statistics/237570/pork-production-worldwide>.

- Shange N, Gouws P, Hoffman LC. 2019. Changes in pH, colour and the microbiology of black wildebeest (*Connochaetes gnou*) longissimus thoracis et lumborum (LTL) muscle with normal and high (DFD) muscle pH. *Meat science* **147**:13-19. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174018303188>.
- Schwingshackl L, Hoffmann G. 2014. Mediterranean dietary pattern, inflammation and endothelial function: a systematic review and meta-analysis of intervention trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* **24**:929-939. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0939475314001094>.
- Staněk S. 2009. Chov prasat obecně. Available from <http://www.zootechnika.cz/clanky/chovprasat/chov-prasat-obecne/chov-prasat-obecne.htm> (accessed October 10, 2020).
- Stupka R a kolektiv autorů. 2013. Chov zvířat. Powerprint, Praha.
- Stupka R, Šprysl M, Čítek J. 2013. Základy chovu prasat. Powerprint, Praha.
- Tan SY. 2014. Chapter 36 - Effects of Different Dietary Fatty Acids on Human Energy Balance, Body Weight, Fat Mass, and Abdominal Fat. Academic Press, Adelaide.
- Towers L. 2016. Pork Meat Quality: Understanding Industry Measurements and Guidelines. Available from <https://www.thepigsite.com/articles/pork-meat-quality-understanding-industry-measurements-and-guidelines> (accessed February 12, 2021).
- Tsala A, Mpekelis V, Karvelis G, Tsikakis P, Goliomytis M, Simitzis P. 2020. Effects of dried olive pulp dietary supplementation on quality characteristics and antioxidant capacity of pig meat. *Foods* **9**:81.
- Tvrzická E, Staňková B, Vecka M, Žák A. 2011. 4 Mastné kyseliny.
- Uma VS, Dineshbabu G. 2020. Chapter 14 - Biobased fats and oils from microalgae. Academic Press.
- Van Ba Hoa PNS, Cho SH, Kang SM, Kim YS, Moon SS, Choi YM, Seol KH. 2019. Quality characteristics and flavor compounds of pork meat as a function of carcass quality grade. *Asian-Australasian journal of animal sciences* **32**:1448. Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6722317/>.
- Vehovský K, Stupka R, Čítek J, Šprysl M, Okrouhlá M, Brzobohatý L. 2015. Factors affecting the fatty acid composition and fat oxidative stability in pigs. *Journal of Central European Agriculture* **16**:122-129. Available from https://www.researchgate.net/publication/276932644_Factors_affecting_the_fatty_acid_composition_and_fat_oxidative_stability_in_pigs.
- Velechovská J. 2016. Výživa a krmení prasat. Available from <https://www.naschov.cz/vyziva-a-krmeni-prasat/> (accessed October 20, 2020).
- Viorica-Mirela P, Gruia A, Raba1 D, Dumbrava D, Moldovan C, Bordeand, Mateescu C. 2012. Fatty acids composition and oil characteristics of linseed (*Linum Usitatissimum* L.) from Romania. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* **18**:136-140. Available from

- https://www.researchgate.net/publication/268205116_Fatty_acids_composition_and_oil_characteristics_of_linseed_Linum_Usitatissimum_L_from_Romania.
- Vítek M, Pulkrábek J, Vališ L, David L. 2010. Odhad hmotnosti jatečných prasat při ukončení výkrmu. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha.
- Volek Z. 2020. Krmení monogastrů. Prezentace [online].
- Vyskočil I, Zeman L, Kratochvílová P, Večerek M, Vašátková A. 2008. Kapesní katalog krmiv. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.
- Weiler H. 2000. Dietary Supplementation of Arachidonic Acid Is Associated with Higher Whole Body Weight and Bone Mineral Density in Growing Pigs. *Pediatr Res* **47**:692–697. Available from <https://doi.org/10.1203/00006450-200005000-00022>.
- Wen ZY, Chen F. 2003. Heterotrophic production of eicosapentaenoic acid by microalgae. *Biotechnology advances* **21**:273-294. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S073497500300051X>.
- Whittemore CT. 2014. Nutrition of meat animals, pigs. Reference Module in Food Science Encyclopedia of Meat Sciences **2**: 455-462. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123847317000234>.
- Więcek J, Rekiel A, Skomial J. 2010. Effect of feeding level and linseed oil on some metabolic and hormonal parameters and on fatty acid profile of meat and fat in growing pigs. *Archives Animal Breeding* **53**:37-49.
- Woodgate SL, van der Veen JT. 2014. Fats and oils—animal based. Food processing: principles and applications **21**:481-499. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118846315.ch21>.

6 Seznam použitých zkratek a symbolů

aj.	jiné
AI	aterogenní index
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
C	uhlík
Ca	vápník
CoA	koenzym A
Cu	měď
DHA	kyselina dokosaheptaenová
DPA	kyselina dokosapentaenová
EPA	kyselina eikosapentaenová
FAO	Organizace pro výživu a zemědělství
FA	mastné kyseliny (fatty acid)
Fe	železo
h ²	dědivost
K	draslík
KS	krmná směs
KKS	kompletní krmná směs
LDL	nízkodenzitní lipoprotein
LCFA	mastné kyseliny s dlouhým řetězcem
MCFA	mastné kyseliny se středním řetězcem
Mg	hořčík
MLLT	<i>musculus lonigissimus lumborum et thoracis</i> (pečeně)
MS	<i>musculus semimembranosus</i> (kýta)
MUFA	mononenasyčené mastné kyseliny
n	četnost
např.	například
n-3	omega-3
n-6	omega-6
P	fosfor
PUFA	polynenasycené mastné kyseliny
SCFA	mastné kyseliny s krátkým řetězcem
SD	směrodatná odchylka
Se	selen
SFA	nasyčené mastné kyseliny
TI	trombogenní index
tj.	to je, to jest
tzv.	takzvané
WHO	Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)
Zn	zinek

10 Seznam tabulek, obrázků a grafů

- Tabulka č. 1 Stavby prasat v České republice (strana 9)
- Tabulka č. 2 Spotřeba vepřového masa v EU v 1 000 tunách JUT (strana 10)
- Tabulka č. 3 Zubní vzorec prasete (strana 11)
- Tabulka č. 4 Významné nasycené mastné kyseliny (strana 17)
- Tabulka č. 5 Významné mononenasyčené mastné kyseliny (strana 18)
- Tabulka č. 6 Významné polynenasycené mastné kyseliny (strana 20)
- Tabulka č. 7 Jakostní odchylky masa (strana 25)
- Tabulka č. 8 Nezbytné esenciální aminokyseliny ve výživě člověka a jejich obsah v mase, porovnání vepřového a hovězího masa jako % celkových aminokyselin (strana 26)
- Tabulka č. 9 Obsah polynenasycených mastných kyselin (% z celkových MK) a cholesterolu (mg/100 kg) ve svalových a vnitřních tkáních prasat (strana 26)
- Tabulka č. 10 Obsah minerálních látek ve svalových a vnitřních tkáních prasat v mg/100 kg (strana 27)
- Tabulka č. 11 Profil mastných kyselin ve hřbetním tuku prasat (strana 28)
- Tabulka č. 12 Mastné kyseliny v běžně využívaných krmivech pro prasata v % z celkových mastných kyselin (strana 30)
- Tabulka č. 13 Významné mastné kyseliny v řepkovém oleji (strana 31)
- Tabulka č. 14 Významné mastné kyseliny ve slunečnicovém oleji (strana 32)
- Tabulka č. 15 Významné mastné kyseliny v olivovém oleji (strana 33)
- Tabulka č. 16 Významné mastné kyseliny v sójovém oleji (strana 34)
- Tabulka č. 17 Významné mastné kyseliny ve lněném oleji (strana 34)
- Tabulka č. 18 Významné mastné kyseliny v rybím oleji (strana 36)
- Tabulka č. 19 Významné mastné kyseliny ve spirulině (strana 37)
- Tabulka č. 20 Krmné položky a živinové složení KKS (strana 39)
- Tabulka č. 21 Vybrané výkrmnostní ukazatele a fyzikální ukazatele JUT (strana 42)
- Tabulka č. 22 Základní chemické ukazatele u svalu *musculus longissimus lumborum et thoracis* (MLLT) (strana 42)
- Tabulka č. 23 Nasycené mastné kyseliny (strana 43)
- Tabulka č. 24 Mononenasyčené mastné kyseliny (strana 43)
- Tabulka č. 25 Polynenasycené mastné kyseliny (strana 44)
- Tabulka č. 26 Profil mastných kyselin ve hřbetním tuku (strana 45)
-
- Obrázek č. 1 Trávicí soustava prasete (strana 10)
- Obrázek č. 2 Žaludek prasete (strana 12)
- Obrázek č. 3 Tenké a tlusté střevo prasete (strana 14)
- Obrázek č. 4 Základní schéma metabolismu tuků (strana 15)
- Obrázek č. 5 Histologie tukové tkáně (strana 28)
- Obrázek č. 6 Tři vrstvy hřbetního tuku oddělených pojivovou tkání v bederní oblasti (strana 29)
-
- Graf č. 1 Vývoj stavů prasat v ČR 2017-2020 (strana 9)