

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



Restrikce krmiva a její vliv na kvalitu masa prasat

Diplomová práce

Autor práce: Mgr. Karolína Doležalová

Obor studia: Živočišná produkce

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

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Restrikce krmiva a její vliv na kvalitu masa prasat“ 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 11. 4. 2019

Doležalová Karolína

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala paní Ing. Monice Okrouhlé, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a vstřícnost, kterou mi poskytla během vypracování této práce.

Restrikce krmiva a její vliv na kvalitu masa prasat

Souhrn

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit, zda má restrikce krmiva vliv na jatečné vlastnosti vepřového masa a na složení svalových vláken *musculus longissimus lumborum et thoracis* (MLLT). Do pokusu bylo zařazeno 40 kusů prasat (ČBU x ČL) a (ČBU x Pn), z toho 20 prasniček a 20 vepříků. Prasata byla naskladněna ve věku 60 dnů, kdy jejich průměrná hmotnost byla 26,7 kg. Prasata byla rozdělena do dvou skupin dle typu krmení, v každé skupině byla zastoupena obě pohlaví. Jedna skupina byla krmena *ad libitum* (AL) a druhá restringovaně (R1). Každý týden probíhalo vážení a byl sledován denní příjem krmiva. Průměrná porážková hmotnost u obou skupin byla kolem 112 kg, ovšem délka výkrmu u skupiny AL trvala 112 dní a u skupiny R1 155 dní. Prasata byla poražena na menších komerčních jatkách.

U obou skupin byly sledovány růstové a jatečné parametry, vlastnosti vepřového masa a JUT a vlastnosti svalových vláken. Pro zjištění kvality JUT byly používány různé přístroje, jako jsou např. posuvné měřítko, pH metr, konduktometr, spektrofotometr, instron atd. Svalová vlákna byla obarvena a rozdělena na vlákna typu I, IIA a IIB. Pro každé vlákno byly zjišťovány vlastnosti hustoty vláken, plocha průřezu vláken (CSA) a podíl vláken. Vlákna typu IIB byla rozdělena na malá vlákna (průměr < 46 μm), střední vlákna (průměr 46 – 86 μm) a velká vlákna (průměr > 86 μm).

Restringovaná skupina měla statisticky průkazně nižší ($P \leq 0,001$) průměrný denní přírůstek a statisticky průkazně vyšší ($P \leq 0,01$) konverzi krmiva. Skupina, která byla krmena *ad libitum* měla statisticky průkazně vyšší ($P \leq 0,001$) tloušťku hřbetního tuku a nižší ($P \leq 0,001$) obsah libového masa. Maso od restringované skupiny v syrovém stavu bylo statisticky průkazně tužší ($P \leq 0,001$). Celkově skupina AL oproti skupině R1 měla sklon k lepším vlastnostem jakosti masa. Skupina AL měla statisticky průkazně nižší procentuální plochu vláken typu IIB ($P \leq 0,05$) a současně i nižší obsah velkých vláken typu IIB ($P \leq 0,05$). Podíl středních vláken byl naopak vyšší oproti restringované skupině ($P \leq 0,05$). Výsledkem této studie je, že pokud jsou prasata krmena restringovaně, dojde ke změně svalových vláken, zejména co se týče množství velkých vláken typu IIB, které ovlivňují špatnou kvalitu masa.

Závěrem můžeme říci, že technika podávání krmiva ovlivňuje konečnou produkční užitkovost prasat. V této studii nám restrikce krmiva negativně ovlivnila výkrmnostní ukazatele i kvalitu masa.

Klíčová slova: jatečná hodnota, prase, svalová vlákna, technika krmení, výkrmnost, výživa

Restriction of feed and its affects the quality of pork

Summary

The aim of this thesis was to evaluate whether a restriction of feed affects the quality of pork and the composition of *musculus longissimus lumborum et thoracis* (MLLT) muscle fibres. 40 pigs were included in the experiment (Pietrain x Large White_{sire}) and (Landrace x Large White_{dam}), of which 20 were gilts and 20 boars. Pigs were stabled at the age of 60 days when their average weight was 26.7 kg. Pigs were divided into two groups according to feed, in each group both sexes were represented. One group was fed *ad libitum* (AL) while the other restrictedly (R1). Every morning, weighing was executed and daily feed intake was monitored. The average slaughter weight in both groups was 112 kg, however, the duration of fattening lasted for 112 days in the AL group and 155 days in the R1 group. Pigs were slaughtered in a small commercial slaughterhouse.

Growth and slaughter parameters, properties of pork and carcass, as well as the characteristics of muscle fibres were monitored in both groups. Various tools were used to assess the quality of carcass, e.g. calliper, pH meter, conductometer, minolta, instron etc. The fibre density properties, fibre cross-sectional area (CSA) and fibre volume ratio were determined for each fibre. Type IIB fibres were divided into small fibres (diameter < 46 µm), medium fibres (diameter 46 – 86 µm) and large fibres (diameter > 86 µm).

The restricted group had a statistically significantly lower ($P \leq 0,001$) average daily gain and a statistically significantly higher ($P \leq 0.01$) feed conversion. The group that was fed *ad libitum* had a statistically significantly higher ($P \leq 0.001$) thickness of back fat and a lower ($P \leq 0.001$) content of lean meat. Meat from the restricted group in raw state was statistically significantly stiffer ($P \leq 0.001$). Overall, the AL group tended to have better meat quality compared to the R1 group. The AL group had a statistically significantly lower proportion of type IIB fibres ($P \leq 0.05$) and at the same time also a lower content of large type IIB fibres ($P \leq 0.05$). On the contrary, the proportion of medium fibres was higher than that of the restricted group ($P \leq 0.05$). The result of this study is that if pigs are fed restrictedly, muscle fibres will change, particularly in terms of the number of large IIB type fibres that affect poor quality of meat.

In conclusion, we can state that the feeding technique affects the final production efficiency of pigs. In this study, feed restriction negatively affected the fattening and meat quality indicators.

Keywords: slaughter value, pig, muscle fibres, feeding technique, fattening, diet

Obsah

1	Úvod	9
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	10
2.1	Vědecká hypotéza	10
2.2	Cíl práce	10
3	Literární rešerše	11
3.1	Výživa prasat	11
3.1.1	Restrikce krmiva	13
3.2	Vlivy na jakost masa	15
3.2.1	Plemenná příslušnost	15
3.2.2	Pohlaví a věk	15
3.2.3	Ustájení	16
3.2.4	Přeprava a zacházení	17
3.2.5	Způsob provedení porážky	17
3.3	Kvantitativní ukazatelé u vepřového masa	18
3.3.1	Systém SEUROP	18
3.3.2	Jatečná výtěžnost	19
3.3.3	Podíl svaloviny	19
3.4	Kvalitativní ukazatelé u vepřového masa	19
3.4.1	Chemické ukazatelé	19
3.4.1.1	Obsah vody	20
3.4.1.2	Obsah tuku	20
3.4.1.3	Obsah bílkovin	21
3.4.1.4	Extraktivní látky	22
3.4.1.5	Minerální látky a vitamíny	22
3.4.2	Fyzikální ukazatelé	23
3.4.2.1	Vaznost masa	23
3.4.2.2	pH masa	23
3.4.2.3	Vodivost masa	24
3.4.2.4	Barva masa	24
3.4.3	Senzorické ukazatelé	24
3.4.3.1	Chuť a vůně masa	24
3.4.3.2	Šťavnatost masa	24
3.4.3.3	Křehkost masa	25
3.5	Stres a vady vepřového masa	25

3.6	Svalová vlákna	27
4	Materiál a metody	29
4.1.1	Kvalita jatečně upraveného těla a masa.....	31
4.1.2	Histochemická analýza.....	31
4.1.3	Statistické vyhodnocení.....	32
5	Výsledky	33
6	Diskuze.....	36
7	Závěr	39
8	Literatura.....	40
9	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	49

1 Úvod

V roce 2018 bylo v České republice (ČR) chováno 1,56 milionů prasat. Spotřeba vepřového masa je 42,8 kg na osobu, přitom soběstačnost státu na vepřovém je jen 36,4 % (ČTK 2018). Tyto údaje nám ukazují, že vepřové maso je v ČR stále vyhledávané, ale bohužel nedostačující. Ekonomická stránka v chovu prasat se neustále zhoršuje, protože ceny jatečných prasat neustále klesají pod výrobní náklady a chovy prasat jsou postupně rušeny. Nedostatek vepřového masa je řešen dovozem prasat ze zahraničí. Tím je maso zase k prodeji dražší, nebo naopak levnější a mnohdy i méně kvalitní.

Právě konzumenti se čím dál častěji zajímají o kvalitu masa. Kvalitu masa lze ovlivnit mnoha faktory, jako je například zdravotní stav prasat, ustájení, pohlaví, plemenná příslušnost, přeprava či manipulace před porážkou. Ovšem nejdůležitějším faktorem je výživa. Aby bylo maso kvalitní, je nutné, aby měla prasata v krmivu vyvážený obsah živin. Ve většině chovech se používá krmení *ad libitum*. To znamená, že prasatům je krmivo podáváno neomezeně a přijímají ho podle své potřeby. Během této technologie krmení dochází k znehodnocení nespotřebovaného krmiva, což následovně zhoršuje hygienické podmínky v chovu. Aby se zamezilo tomuto „plýtvání“ využívá se tzv. restriktce krmení, což je dávka, která se podává v určitém čase, množství a je nutričně vyvážená. Prasata, která jsou krmena restrikcí, mají libovější maso a méně tuku, než prasata, která jsou krmena *ad libitum*. Bohužel, ale i restriktce má svou stinnou stránku. Při restrikcí mají prasata nižší přírůstky a jsou ve výkrmu delší dobu, což zase zvyšuje náklady na ustájení. Při neodborné restrikcí může dojít i ke zhoršení konverze krmiva či k žádnému zvýšení podílu svaloviny (Anonym 2018).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

2.1 Vědecká hypotéza

Předpokládám, že technika podávání krmiva ovlivní konečnou produkční užitkovost prasat.

2.2 Cíl práce

Cílem této práce bylo vyhodnotit vliv restrikce krmiva na užitkové vlastnosti vepřového masa a na složení svalových vláken.

3 Literární rešerše

3.1 Výživa prasat

Kvalitu masa podle Stupky et al. (2009) ovlivňuje výživa pomocí struktury krmné dávky. Pokud je krmná dávka biologicky vyvážená a plnohodnotná, prasata budou mít správný růst a vývin. Kdyby byla výživa nedostatečná, zvyšoval by se podíl kostry a méněcenných částí. Naopak kdyby hodnota potřebných živin byla vyšší, došlo by k vyššímu ukládání tuku. Výživu prasat ovlivňují i další prvky jako je technika krmení, intenzita a frekvence krmení, netradiční krmiva, růstové stimulatory či aplikace léčiv (Ingr 1996; 2003).

Největší podíl v krmivu by měla tvořit rostlinná krmiva. Také se používají krmiva živočišného původu a to buď mléko v různých formách, nebo rybí moučky, které jsou vhodné pro tvorbu svaloviny (Ingr 2003). Rybí moučka je nejdražší a nejvyhledávanější krmivo, protože ostatní masokostní moučky se nesmí používat. V rybí moučce je obsaženo 60 – 72 % bílkovin, asi deset esenciálních aminokyselin, je dobře stravitelná, obsahuje mnoho minerálních látek (fosfor 88 %) a rybí olej (6 – 10 %). Ovšem, aby byla moučka takto prospěšná a plnohodnotná, musí být řádně usušena a dobře skladována (Anonym 2005). Jsou vyhledávány náhrady, které mohou být přidány do krmné dávky místo masokostní moučky. Jedná se například o luskoviny (Jedlička 2005).

Bílkovinná krmiva studoval Herzig (2001), kdy zjistil, že všechny tyto krmné suroviny mají omezené použití. U krmení podzemnicí docházelo ke kontaminaci plísněmi. Řepkové extrahované šroty zase snižovaly obsah jódu. Optimum tohoto šrotu by mělo být okolo 5 %. Mezi velmi hodnotnou bílkovinu patří sója, kdy svým zastoupením aminokyselin nahrazuje živočišné bílkoviny.

Řepka obsahuje aminokyselinu lyzin, jehož podíl je u extrahovaného řepkového šrotu nižší, protože obsahuje větší množství slupek a buněčných stěn. Pokud se tyto slupky odstraní před zpracováním řepky, ochudíme olej o podíl vlákniny ve vedlejších produktech a tím se zlepší obsah a stravitelnost aminokyselin (Čermák & Jeroch 2005). Jako další alternativa se používá lupina. Ta totiž podle Strakové et al. (2006) obsahuje nízký obsah tuku a vyšší obsah hrubé vlákniny. Hýbl et al. (2005) uvádí, že lupina obsahuje 36 – 40 % dusíkatých látek, 6 – 10 % vlákniny a 4 – 12 % tuku. Další náhradou masokostní moučky může být semeno rostlin laskavce, tzv. *Amaranthus*. Obsahuje vysoký obsah lipidů a kyselinu linolovou (Zralý et al. 2006). Dle Herziga (2001) *amaranth* obsahuje 90 – 94 % sušiny, 15 – 18 % dusíkatých látek, 6 – 8 % tuku, 3 – 5 % popelovin a 60 – 65 % bezdusíkatých výtažkových látek. Sokol et al. (2001) zkoumali 25 % tepelně ošetřený šrot z *amaranthu* a nezjistili žádný významný efekt na fyzikálně – chemické a senzorické vlastnosti masa.

Tuk by neměl v krmné dávce přesahovat 4 %. Podle Steinhausera et al. (1995) může vyšší obsah tuku zhoršit jakost masa i sádla. Ovšem u krmiv, která mají větší množství tuku je možné jeho účinek odstranit zkrmováním zeleného krmiva. Pro prasata je důležité, aby jejich krmná dávka obsahovala: aminokyseliny, vápník, energii, fosfor, železo a vitamíny.

Medikovaná krmiva, krmné biofaktory a krmné doplňky jsou součástí krmných aditiv. Jedná se především o stopové prvky, vitamíny a aminokyseliny. Tato krmná aditiva přispívají k lepšímu využití živin, zlepšení růstu a také vylepšují i jakost masa. U aminokyselin se nejvíce používá methionin a lyzin (Ingr 1996). Dříve se u prasat využívaly stimulatory růstu, ale od 1. 1. 2016 je jejich používání zakázáno (Pulkrábek 2005). Stejně tak jsou i zakázána antibiotika používaná ke krmným účelům, proto jsou nahrazována tzv. neantibiotickými stimulatory růstu. U nás je nejvíce z nich používán carbadox a nitrovin. Avšak carbadox vytváří rezidua ve tkáních, proto musí být z krmné dávky vysazen 10 týdnů před porážkou. Probiotika se používají, aby se zlepšila stravitelnost a využitelnost krmiva. Probiotika jsou zdravotně nezávadná a nemusí se u nich dodržovat ochranná lhůta (Steinhauser et al. 1995).

V optimální krmné dávce by mělo být dle Steinhausera et al. (2000) 6,6 g/kg lysinu, 4,5 g/kg sirných aminokyselin, 3,7 g/kg threoninu a 1,2 g/kg tryptofanu. Nedostatek proteinové výživy způsobí u prasat snížení konverze, přírůstku a vznik osteoporózy. Ovšem Fiedorowicz et al. (2016) zjistili, že pokud se obsah proteinu v krmné dávce sníží o 15 %, zvýší se obsah intramuskulárního tuku, ale neovlivní to obsah mastných kyselin. Pokud protein nahradíme lyzinem, obsah tuku se sníží.

Podle Buckley et al. (1995) vitamín E zlepšuje kvalitu vepřového masa a také se snižují ztráty odkapem. Že vitamín E snižuje ztráty odkapem, potvrdili ve své studii i Cheah et al. (1995). Swanek et al. (1997) dodávají, že i vitamín D₃ zlepšuje křehkost masa, díky zvýšení hladiny vápníku ve svalech. Jeleníková (2003) uvádí, že pokud mají prasata v krmné dávce dostatek selenu, zlepšuje se barva masa a jeho senzorické vlastnosti. I Lagin et al. (2008) zkoumali, zda má vliv na kvalitu masa a zjistili, že selen snižuje výskyt vady masa PSE a snižuje odkap masové šťávy. Pokud se přidá do krmné dávky konjugovaná kyselina linolová, selen a vitamín E, nezmění se kvalita masa, ale pouze vzhled a chutnost (Janz et al. 2008). Peres et al. (2014) studovali v krmné dávce přidání chromu a zjistili pozitivní vliv na denní přírůstek hmotnosti a konverzi krmiva. Chrom ve své studii zkoumali i Wang & Xu (2004), kde výskyt chromu v krmné dávce pozitivně ovlivnil ztrátu masové šťávy.

Podle Ingra et al. (1993) pokud jsou ječmen a pšenice zkrmovány ve formě šrotu, působí příznivě na jakost masa. Kukuřice by ale neměla přesahovat více jak 50 % v krmné dávce, protože zapříčiní nažloutlé zabarvení masa. Lipinsky et al. (2011) tvrdí, že pokud se přidá v poslední fázi výkrmu do krmné dávky hořčák, může dojít u prasat ke snížení citlivosti na stres a tím se sníží i výskyt vady masa PSE.

Stává se, že jsou prasata krmena i netradiční stravou, jako je například zelená píce nebo dušené brambory. Toto složení může zlepšit technologické nebo kulinářské vlastnosti, ale taktéž může negativně ovlivnit některé jatečné hodnoty masa (Turyk et al. 2014).

3.1.1 Restrikce krmiva

Cílem restrikce je použít co nejvhodnější krmivo a zároveň snížit spotřebu krmiva. Tudiž můžeme využít vysoké množství krmiva, snížíme ztrátu krmiv a můžeme krmit různé skupiny prasat podle potřeby živin a energie (Lád 2004). Pokud dojde k restrikci krmné dávky, je nutné počítat s tím, že sice ovlivníme poměr masa a tuku, ale také dojde k nižší intenzitě růstu. Stupka et al. (2009) uvádí, že pokud se sníží u masných hybridů hřbetní tuk o 1 mm, sníží se přírůstek o 100 g a naopak se o 10 % zvedne deprese růstu.

Zda měla restrikce krmiva vliv na růstové schopnosti u kříženců iberian a duroc zjišťovali Seranno et al. (2009). Prasata, která měla krmivo *ad libitum*, měla vyšší průměrný denní přírůstek. Ovšem prasata, která měla restringované krmivo, měla větší podíl kýty a plece. Také u nich byl naměřen nižší obsah tuku. Njoku et al. (2012) doporučují u prasat restrikci, protože má vliv na množství příjmu krmiva, ovšem může při ní docházet i k negativnímu ovlivnění tuku. Njoku et al. (2015) zjistili, že denní přírůstek, tloušťka hřbetního sádla a konečná hmotnost je nižší u prasat s restrikcí krmiva, naopak konverze krmiva, denní příjem vody a frekvence exkrece stolice se zvýšil.

Restrikcí krmiva lze ovlivnit nejen kvalitu masa, ale je možno díky ní ovlivňovat období růstu u prasat. O tuto studii se pokoušeli Daza et al. (2003). Ti vyzkoumali, že u skupin kde byla provedena restrikce krmiva, došlo k vyššímu průměrnému dennímu přírůstku. Žádný významný rozdíl nezpozorovali u průměrného denního příjmu krmiva, poměru konverze krmiva a u tloušťky hřbetního tuku. Rantzer et al. (1996) studoval jaký vliv má restrikce na trávicí a metabolické procesy u prasat po odstavu. Došli k závěru, že prasata během restrikce měli nižší výskyt průjmu, nižší výskyt hemolytické *Escherichie coli* a také menší počet použití antibiotik. Ovšem restrikce vedla k výrazně nižšímu přírůstku hmotnosti.

Další kdo prováděli pokus s restrikcí, byli Ishida et al. (1999). Ti zkoumali kvalitu chemických vlastností masa. Nejistili žádný statisticky průkazný rozdíl v obsahu intramuskulárního tuku a mastných kyselin. Došlo pouze ke snížení kyseliny linolové a palmitoolejové v intramuskulárním tuku (IMT). Je možné, že s vyšší úrovní restrikce může klesat i cholesterol. Restrikci krmiva se věnovali již dříve Vanschoubroek et al. (1967), u jejich restringované skupiny se denní přírůstek snížil, snížila se také tloušťka hřbetního sádla, ale zlepšila se konverze krmiva. Ovšem pokud by byla restrikce přísnější, denní přírůstek hmotnosti by byl dosti nižší, ale pokles hřbetního tuku by již nebyl tak menší. Využití krmiva se zpočátku zlepšuje a pak zhoršuje, protože se restrikce stává závažnější.

Restrikce krmiva se používá i u jiných druhů hospodářských zvířat. Ve Francii, kde prováděli restrikci krmiva u králíků, se snížila mortalita králíků ve výkrmu. Také zde počítali s pozitivním efektem na konverzi krmiva. Restrikci krmiva u králíků prováděl Barták (2018), který potvrdil svoji hypotézu, že restrikce krmiva zlepšuje konverzi krmiva.

Volek et al. (2012) zjistili ve své studii, že pokud se u králíků sníží denní spotřeba krmné směsi o 50 %, mezi 56. - 63. a 84. - 87. dnem věku se sníží náklady na krmivo o 10 %. Restrikce krmiva je také pozitivní v tom směru, že slouží jako prevence trávicích poruch. To potvrzuje i Di Meo et al. (2007), že je restrikce používána jako prevence zdravotních obtíží, jejíž příčinou může být přechod na pevné krmivo. Restrikce zlepšuje jak stravitelnost krmiva, tak i snižuje množství tuku v jatečném trupu (Tůmová et al. 2003).

Chodová et al. (2017) ve svém pokusu zjistili, že králíci, kteří byli vystaveni restrikci v 35 dnech věku, nevyrovnali živou hmotnost a měli i nižší jatečnou výtěžnost oproti králíkům, kteří byli krmeni *ad libitum*. Závěrem tedy zjistili, že králíci krmeni *ad libitum* a restringovaní králíci mají podobnou kvalitu masa. Ovšem u časně odstavených restringovaných králíků a to v 25 dnech věku, došlo k vyrovnání živé hmotnosti králíků, kteří byli krmeni *ad libitum*. Zde restrikce ovlivnila příznivě křehkost a šťavnatost masa. Restrikce tedy nemá negativní vliv na kvalitu masa, ale pokud probíhá restrikce u časně odstavených králíků, může se kvalita masa zlepšit.

U kuřat je restrikce krmiva používána jako prevence metabolických problémů, ovlivnění jatečných parametrů či zlepšení spotřeby krmiva. Van der Klein et al. (2017) zjišťovali vliv mírné restrikce krmiva během druhého a třetího týdne věku kuřat. Ve studii při restrikci krmiva nezjistili žádný významný vliv na konverzi krmiva, živou hmotnost nebo na množství abdominálního tuku. Ovšem restrikce krmiva může mít rozdílný vliv na kuřice a kohouty. U kuřic byl zjištěn například vyšší abdominální tuk v porovnání s kohouty.

Solomon et al. (1988) zjistili, že restrikce krmiva u prasat s jatečnou hmotností 55 kg, zvyšuje podíl červených svalových vláken u *m. longissimus dorsi*. Zda má vliv restrikce krmiva na plochu svalových vláken zjišťovali Dalle Zotte & Ouhayoun (1998), kteří nezaznamenali rozdíly mezi jednotlivými typy svalových vláken u králíků. Žádné rozdíly v ploše svalových vláken nezaznamenali ani Gondret et al. (2000). Dalle Zotte et al. (2005) zjistili ve své studii, že čím více je restrikce intenzivnější a dlouhodobější, tím je i větší plocha svalových vláken. Seideman & Crouse (1986) uvádějí, že u některých druhů hospodářských zvířat bylo zjištěno, že procento oxidativních svalových vláken je zvýšeno restrikcí. Zatímco Dalle Zotte et al. (2004) uvedli, že pokud budou králíci krmeni neomezeně po časné restrikci, dojde ke snížení podílu oxidativních vláken.

3.2 Vlivy na jakost masa

3.2.1 Plemenná příslušnost

Plemenná příslušnost je blízce spojena s užitkovostí. Šlechtitelskými zásahy nebo opatřeními při využívání genetických dispozic na určité plemeno se cíleně užitkovost zvyšuje (Ingr 1996).

Šimek (2003) uvádí, že se plemena prasat rozlišují podle užitkovosti na užitkovost masnou, masosádelnou, sádelnou a sádelnomasnou. Ovšem celosvětově je chov prasat nejvíce zaměřen na užitkovost masnou.

Podle Steinhausera et al. (2000) se na šlechtění prasat nejvíce podílí plemeno české bílé ušlechtilé a plemeno česká landrase. Plemeno české bílé ušlechtilé se chovalo v čistokrevných chovech nebo se využívalo k zušlechtování domácích plemen. České bílé ušlechtilé je přímouché plemeno a při intenzivním křížení s klápouchým plemenem vznikla klápouchá plemena landrase. Plemena, která mají význam v produkci masa, jsou spíše plemena pigmentovaná, kam patří například duroc, pietrain, hampshire.

Test na plemennou příslušnost a jeho vliv na jatečně upravené tělo (JUT) sledovali Gispert et al. (2007). Ve studii měli zařazená plemena české bílé ušlechtilé, česká landrase, duroc, pietrain a syntetickou populaci M, která vznikla křížením s linií české bílé ušlechtilé. Linie po plemeni pietrain měla JUT nejlibovější, v disekovaných částech měli nejvyšší podíl svaloviny, větší množství kýty a menší množství boku. Linie po populaci M měla JUT nejuťnější a ve všech partiích se nacházelo větší množství intramuskulárního tuku.

Li et al. (2013) ve své studii zjistili, že maso z plemene duroc mělo nejvyšší pH a obsah tuku. Jejich maso bylo dokonce i zažloutlé. Maso od plemene landrase mělo velice světlou barvu a vyšší ztráty při vaření.

U těch plemen, která mají pozitivní výsledky ve vysokém % libového masa, se bohužel projeví negativní vlastnost na jakosti masa z důvodu vznikajících vad mas, jako je např. PSE či DFD. Právě mezi jakostí masa a zmasilostí prasat vzniká negativní korelace, která je následkem kontraselekce (Ingr 2003).

3.2.2 Pohlaví a věk

Pohlaví je především rozlišeno temperamentem a také rozdílným metabolismem u samců a samic. U samic je metabolismus úsporný a ukládá energii ve formě rezervního tuku jak pro vývoj plodu, tak i pro případné nepříznivé podmínky. Samice mají tedy maso tučnější než samci. Na jakost masa má vliv i březost a říje prasnic, což se projevuje zvýšenou vodnatostí masa (Steinhauser et al. 1995).

Pokud dojde u kanců k vykastrování, jsou zdravější a klidnější a tudíž u nich dojde k vyššímu ukládání tuku. Stupka et al. (2009) zjistili, že prasničky mají více masitých částí než vepřici a také u prasniček je vyšší podíl svaloviny o 3 – 4 % než u vepřiků. Co se týká podílu tuku, vepřici mají o 3 – 6 % tuku více než prasničky. Okrouhlá et al. (2009) zjistili, že kanečci oproti prasničkám mají nižší podíl vody v krkovičce, kýtě a pleci. Rozdíl byl zjištěn i u intramuskulárního tuku, kde naměřili u vepřiků vyšší hodnotu než u prasniček. I Čobanovič et al. (2016) dělali studii mezi vepřiky a prasničkami. Zjistili, že vepřici měli vyšší: porážkovou hmotnost, hmotnost JUTu, tloušťku tuku a nižší osvalení než prasničky.

S pohlavím velice úzce také souvisí kančí pach. Ten se vyskytuje nejen u kanců, ale i u kryptorchidů. Podle Ingra (2003) může být maso s intenzivním kančím pachem posuzováno až jako nepoživatelné. Kančí pach lze zjistit pomocí tučného masa zkouškou varem nebo metodou vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC).

Věk podle Stupky et al. (2009) velice úzce souvisí s živou hmotností. S věkem zvířat, ale i s jejich hmotností se neustále mění jatečné složení těla. Steinhauser et al. (1995) je toho názoru, že s ukončeným tělesným vývojem se ukončuje vývoj svaloviny. Pokud je chov prasete dále prodlužován, je to neefektivní, protože se plýtvá krmivem a zhoršuje se jakost masa. Starší zvířata mají také maso tmavší a více prorostlejší tukem.

3.2.3 Ustájení

Stájové prostředí dle Steinhausera et al. (2000) je tvořeno ustájenými zvířaty, stájovými objekty, technologickými systémy, makro a mikroklimatem i lidským faktorem. U prasat je důležité dodržovat optimální teplotu, která se mění společně s jejich hmotností. Pokud není daná teplota dodržena, může dojít u prasat k chladovému nebo tepelnému stresu, což má dopadek na užitkovost a zdravotní stav. Optimální relativní vlhkost by měla být 50 – 75 %, rychlost proudění vzduchu 0,1 – 0,3 m. s. ⁻¹. U prasat, která jsou ustájena v optimálních teplotních podmínkách, se nachází nižší podíl tuku a vyšší podíl masa (Sallvik & Walberg 1984). Důležité je ve stáji zabránit průvanu. Dále se prasatům podává nezávadná pitná voda. Objekt pro ustájení slouží jako jednopodlažní přízemní objekt, kde jsou prasata ustájena v kotcích, které mohou být bezstelivové i stelivové. Arrey & Brooke (2006) zjistili, že podestýlání ovlivňuje pohodu prasat u všech kategorií. Právě podle Václavkové & Lustykové (2010) kvalitu masa u prasat ovlivňuje velikost skupin. Velké skupiny se sice tvoří za účelem snížení nákladů za ustájení, ale na druhou stranu ve velkých skupinách dochází ke snížení užitkovosti prasat, rozvíjí se zlozvyky, jako je např. okusování ocásků. Ve velkých skupinách se také více projevuje agresivita.

Street & Gonyou (2008) prováděli pokus, ve kterém měli prasata, která měla menší podlahovou plochu. U těchto prasat se snížila růstová schopnost o 9,8 % a využitelnost krmiva byla nižší o 11 %. Zranění a úhyn mezi prasaty se nelišil. Trnka & Okrouhlá (2007) zjistili, že pohyb prasat má vliv na kvalitu masa. A proto by bylo vhodné prasatům umožnit větší volnost v jejich pohybu. N nejen, že to odpovídá jejich etologickým potřebám, ale zároveň se zlepšuje látková výměna ve svalech.

3.2.4 Přeprava a zacházení

Při zacházení se zvířaty ovlivňujeme nejen ekonomiku produkce, ale i zpracování jatečných zvířat a jakost masa. Prasata převážena na jatka se vyskytují v nových prostorech a v nových situacích. Proto je důležité i z etického hlediska zacházet a přepravovat prasata tak, aby některé případy nemohly být považovány podle Ingra (1996; 2003) za týrání zvířat.

Velikost skupin má vliv i na manipulaci se zvířaty. Prasata, která pochází z velkých skupin, jsou ohleduplná k ostatním zvířatům. Díky tomu se při přepravě méně vyskytuje agresivní chování. A protože dochází ke snížení stresových situací, kvalita masa je příznivá (Václavková & Lustyková 2010).

I podle Stupky et al. (2009) je nutné dodržovat zásady při nakládání a přepravě prasat na porážku. Je nutné respektovat welfare zvířat, tudíž se při nahánění nepoužívají elektrické biče a tyče. Naháněcí ulička je z plných zábran, dopravní prostředky umožňují správné napájení, větrání popřípadě i ochlazování zvířat. Jatečná zvířata se převáží na jatky vylučněná v čistém stavu. Vzdálenost na nakládací rampu by měla být co nejkratší (Steinhauser et al. 2000). Délka transportu i klimatické podmínky mají velký vliv během přepravy na úhyn a kvalitu masa. Pokud jsou prasata na vozidle ve velkém počtu s nízkou cirkulací vzduchu, dochází k přehřátí jejich organismu. Prasata se snaží kdekoliv ochladit, hledají svou polohu a vzniká ve vozidle neklid (Bečková 1997).

3.2.5 Způsob provedení porážky

K předporážkovému ošetření jatečných prasat patří především sprchování. Prasata se zbaví většího podílu nečistot na své kůži, v letních měsících je to příjemně nejen ochladí, ale i uklidní (Steinhauser et al. 2000).

Podle Stupky et al. (2009) během porážky dochází ke glykolytickým procesům ve svalovině, což má vliv na kvalitu vepřového masa. Do způsobu omračování se stále více prosazují V – dopravníky, které prasata fixují a následně dopravují k omračení. Může se používat i pásový dopravník. První třetina poražených prasat má lepší jakost než poslední poražená prasata, protože kvalita masa je ovlivněna tím, kolik je umístěno v prostoru na omračování a vykrvování zvířat. Omračování prasat je možno dělat třemi způsoby: chemicky, elektricky a mechanicky. Mechanické omračování se provádí spíše jen na domácích porážkách. Na jatkách je typické omračování elektrické, výhodou je automatizace výroby. U elektrického omračování se hodnotí nejen použité napětí, ale i vhodná dávka podle prošlého náboje. Bývá doporučováno 12 – 15 As. Pokud by byla použita vyšší dávka, došlo by k podráždění svaloviny a ke vzniku myopatií. Chemické omračení není moc rozšířené z hlediska ekonomického. Lze jej provádět pomocí směsi oxidu uhličitého a vzduchu, ovšem u tohoto způsobu dochází k negativním změnám jakosti masa. Protože během vdechnutí oxidu uhličitého až do bezvědomí dochází ke strachu a stresu zvířat, který vyvolá vadu masa PSE. Jako další plyn se používá rajský plyn, který je lepší než oxid uhličitý (Steinhauser et al. 2000). Vrba et al. (2010) ve svém pokusu porovnávali omračování elektrické a chemické. Největší výskyt PSE byl

u omračování elektrického a to u těch prasat, která ihned po přepravě šla na porážku. Při chemickém omračování byl taktéž zjištěn největší výskyt masa PSE u prasat bez ustájení před porážkou. Nejpříjemnější doba ustájení je kolem 1,5 hodiny. Sice při okamžité porážce nemají zvířata čas na uklidnění, ale pokud jsou prasata na jatkách ustájena více než 12 hodin, může u nově vytvořených skupin docházet k soubojům o nové pozice. Při těchto soubojích se zvířata fyzicky vyčerpávají.

3.3 Kvantitativní ukazatelé u vepřového masa

3.3.1 Systém SEUROP

Od 1. dubna 2001 zákon č. 306/2000 Sb. ukládá povinnost provozovatelům jatek klasifikovat jatečně opracovaná těla metodou SEUROP. Cílem této metody je zjistit kvalitu masa a utřídit oceňování jatečných zvířat (Alterová 2001). Dle nařízení Rady EU č. 3220/1984 je na jatkách povinnost klasifikovat veškerá jatečná prasata u těch jatek, které porazí více jak 200 kusů v průměru za rok (Pulkrábek et al. 2006).

Pulkrábek (2005) uvádí, že k hodnocení jatečných prasat došlo v Evropě dlouholetým vývojem. Napřed se hodnotil nákup v živém, pak nákup na pevně v mase a skončilo se nákupem podle systému SEUROP.

Zařazení do tříd jatečně upraveného těla se provádí až po veterinární prohlídce. Pokud se jedná o jatečně upravená těla s přijímací hmotností od 60 do 120 kg, zařazuje se do obchodní třídy SEUROP podle podílu svaloviny, viz tabulka č. 1. Pokud jsou přijímány prasata s hmotností vyšší či nižší, nebo prasnice a kanci, jsou řazeni do jiných obchodních tříd (Vrchlabský & Golda 2000).

Tabulka č. 1: Zařazení JUT do obchodní třídy SEUROP podle podílu svaloviny

Obchodní třída	Podíl svaloviny v JUT s přijímací hmotností 60 – 120 kg
S	60 a více %
E	55 – 59,9 %
U	50 – 54,9 %
R	45 – 49,9 %
O	40 – 44,9 %
P	Méně než 40 %

Vrchlabský & Golda (2000)

3.3.2 Jatečná výtěžnost

Podle Stupky et al. (2009) je jatečná výtěžnost vyjádřena jako procentuální podíl hmotnosti JUT z živé hmotnosti před porážkou. U chovaných prasat dosahuje k 78 – 85 %. Ovšem pokud vzrůstá hmotnost, roste i jatečná výtěžnost.

Pulkrábek et al. (2005) popisuje výtěžnost jako poměr JUT za tepla k porážkové hmotnosti. Po porážce se tělo prasete rozdělí na dvě půlky, přičemž na obou rozdělených půlkách musí být viditelné obratle. Hmotnost, kterou zjistíme při vážení, je tzv. porážková hmotnost, která je snižena o srážku na nakrmenost. Výtěžnost jatečných půlek za studena je o 2 % nižší do 24 hodin po porážce.

3.3.3 Podíl svaloviny

Po veterinární kontrole a po určení hmotnosti, zjišťuje proškolený klasifikátor podíl svaloviny v JUT. Existují i různé přístrojové metody klasifikace, které nám pomůžou odhadnout podíl svaloviny v JUT prasat. Zde na základě naměřené tloušťky svalstva a sádla pak přístroj uvádí % podíl svaloviny v JUT, které se pak zařadí do příslušné obchodní třídy. Je možno využít aparatury invazní, které při měření proniknou do tkání. Jsou to např. vpichové sondy s fotodiodou, které vysílají a přijímají optické záření. Podle intenzity odražených paprsků lze poznat, zda se jedná o tukovou nebo svalovou tkáň. Při průchodu tkáněmi sonda zaznamená délku vpichu, elektronický přístroj údaje vyhodnotí a podle zabudované regresní rovnice udá podíl svaloviny v jatečné půlce prasete. Metody neinvazivní jsou jednodušší pro malé podniky. Jedná se například o tzv. dvoubodovou metodu, při které se odečítá tloušťka sádla včetně kůže v mm a tloušťka svalstva v mm. Tato metoda se může provádět mechanickým pravítkem např. z plexiskla a po odečtení obou měř se podle regresní rovnice vypočte podíl svaloviny v JUT. Složitější neinvazivní metoda je prováděna pomocí ultrazvuku. Novější metodou je tzv. VIA – metoda neboli metoda počítačové analýzy videokamerou. Pomocí této kamery je snímán obraz v bederní nebo hřbetní oblasti. Poté počítač analyzuje vrstvu sádla a svalstva a vyhodnotí podíl svaloviny do obchodní třídy. Korelační koeficient musí být u všech metod na úrovni minimálně 0,8. U těch aparatur, které podmínky nesplňují, nemohou být používány (Steinhauser et al. 2000). Tloušťka svalstva a sádla se zjišťuje po vykolení a kruponování v bederní krajině. Pokud v provozech používají k měření ultrazvukovou aparaturu, tloušťka svalstva a sádla se zjišťuje před vykolením a kruponováním (Vrchlabský & Golda 2000).

3.4 Kvalitativní ukazatelé u vepřového masa

3.4.1 Chemické ukazatelé

Ingr (1996) chemické složení masa popisuje jako významnou jakostní charakteristiku, od které se odvíjí další důležité vlastnosti masa, jako je např. sensorická hodnota, technologické a kulinární vlastnosti, nutriční hodnota atd.

V mase se přibližně vyskytuje 75 % vody, bílkovin 19 %, bezdusíkatých extraktivních látek (sacharidy, organické fosfáty) 3,5 % a tuku 2,5 % (Steinhauser et al. 2000).

3.4.1.1 Obsah vody

Dle Ingra (1996) je voda největší zastoupenou složkou v mase. Kadlec (2002) z technologického hlediska dělí vodu na volnou a vázanou, kde záleží na tom, zda voda z masa vytéká či nikoliv. Voda volná může z masa volně vytékat. Voda vázaná se v mase vyskytuje v několika formách. První formou je hydratační voda, která je vázána na různé polární skupiny bílkovin, dále se voda váže na organické látky pomocí vodíkových můstků. Druhou formou může být imobilizace v buněčných a mezibuněčných prostorech. Fixace vody na nosiči může být různě pevná. Vázaná voda, jejíž stav je nestálý může být dobrým zdrojem nejen pro chemické reakce, ale i pro rozvoj mikroorganismů (Ingr 2007). Podle Kubáňa & Kubáňa (2007) se obsah vody stanovuje pomocí sušení zhomogenizovaného vzorku s mořským pískem při teplotě kolem 100 °C. Obsah vody je stanoven rozdílem hmotnosti před a po sušení.

Okrouhlá et al. (2008) prováděli pokus se 116 ks jatečných prasat, kde zjistili celkový obsah vody v mase v rozmezí 72,5 – 72,8 %. V mase, kde se nacházel podíl svaloviny 60 % a více, byl naměřen nižší obsah vody, zatímco v mase s podílem svaloviny 55,0 – 55,9 % byl nejvyšší obsah vody.

3.4.1.2 Obsah tuku

Tuky jsou estery vyšších mastných kyselin a glycerolu a v mase tvoří největší podíl, asi tak 99 % přítomných lipidů. Ovšem tuk v těle zvířat je nerovnoměrně rozložen. Menší část tuku je uložen uvnitř svaloviny, jedná se o tzv. intramuskulární tuk. Většina tuku je samostatně tvořena jako základ tukové tkáně tzv. tuk zásobní. Zejména intramuskulární tuk je důležitý pro chuť a křehkost masa. Tuk je tedy zejména senzoryckým ukazatelem, který slouží jako nosič pro řadu aromatických a chuťových látek (Steinhauser et al. 2000).

Dle Bečkové & Václavkové (2006) je obsah intramuskulárního tuku ovlivněn několika faktory. Prvním faktorem je plemenná příslušnost, kdy barevná plemena mají vyšší podíl intramuskulárního tuku než plemena bílá. Druhým faktorem je pohlaví, kdy kastráti mají vyšší podíl intramuskulárního tuku než prasničky a kanečci. Třetím faktorem je denní přírůstek, kdy se zvyšujícím se přírůstkem roste i podíl intramuskulárního tuku. Čtvrtým faktorem je konverze krmiva, pokud se konverze zlepší, dojde ke snížení intramuskulárního tuku. Pátým faktorem je podíl svaloviny a tukové tkáně v jatečném těle, pokud je vysoký podíl libové svaloviny, klesá množství tukové tkáně a tím i podíl intramuskulárního tuku.

Ve své studii Bahelka et al. (2007) zjistili, že pohlaví prasat a hlavně podíl svaloviny a tučných částí má významný vliv na intramuskulární tuk. Ovšem vliv porážkové hmotnosti a genotypu nebyl zaznamenán. Co se týče pohlaví, byl u prasniček a vepříků zjištěn významný rozdíl např. u průměrné výšky hřbetního tuku (vepříci měli vyšší výšku hřbetního tuku), u podílu svaloviny (prasničky byly osvalenější). Obsah intramuskulárního tuku byl vyšší u vepříků.

Bečková & Václavková (2006) uvádějí, že intenzivním šlechtěním, kde je cílem zvýšení podílu libové svaloviny, došlo k úbytku intramuskulárního tuku, který ovlivňuje již zmiňované senzorycké vlastnosti. Maso, které má málo intramuskulárního tuku je tedy chuťově nevýrazné, suché a tuhé. Aby byla zachována správná senzorycká vlastnost, je zapotřebí udržovat množství intramuskulárního tuku kolem 3 %. Tuto domněnku potvrzuje i Daszkiewicz et al. (2005), kteří při svém pokusu zjistili, že pokud je obsah intramuskulárního tuku nad 3 %, je maso chutné, křehké a šťavnaté.

I Stupka et al. (2010) došli k závěru, že by měl být intramuskulární tuk v těle obsažen v obsahu 2,5 % při porážkové hmotnosti 100 kg. Pokud je obsah intramuskulárního tuku více než 4 %, je maso spotřebiteli vyhodnocováno jako maso tučné a tudíž nežádoucí.

Je ale možností, že by šlo podíl intramuskulárního tuku zlepšit selekcí, jelikož heritabilita pro podíl intramuskulárního tuku je dána intervalem 0,26 – 0,86 s průměrem 0,5. Tudíž takový koeficient heritability umožňuje v selekčních programech dosáhnout významného efektu (Stupka et al. 2010).

Obsah tuku se podle Straky & Maloty (2006) stanovuje dvěma metodami. První metodou je metoda dle Soxhleta, kde se stanovuje tuk extrakcí, která je využívána pro tukové tkáně, které jsou bohaté na neutrální lipidy a mají malý obsah vody. Druhou metodou je metoda dle Folshe, kde dochází k extrakci směsi chloroformu a methanolu v poměru 2:1.

3.4.1.3 Obsah bílkovin

Dle Veliška (2002) jsou základní stavební jednotkou bílkovin aminokyseliny. Bílkoviny obsahují přes sto aminokyselin, které jsou vzájemně spojeny peptidovou vazbou.

Bílkoviny jsou nejvýznamnější složkou masa. V mase je obsažen vysoký obsah bílkovin, jsou to tzv. plnohodnotné bílkoviny, které obsahují všechny esenciální aminokyseliny jako je např. cystein, fenylalanin, methionin, tryptofan, lysin atd. V libové svalovině je obsaženo 18 – 20 % bílkovin (Steinhauser et al. 1995).

Bílkoviny se dělí do třech skupin a to podle své rozpustnosti ve vodě a v solných roztocích. První skupinou jsou bílkoviny sarkoplazmatické, které jsou rozpustné jak ve vodě, tak i v solných slabých roztocích. Druhou skupinou jsou bílkoviny myofibrilární, které jsou ve vodě nerozpustné, jsou pouze rozpustné v solných roztocích. Tyto bílkoviny vážou největší podíl vody v mase. Třetí skupinou jsou bílkoviny stromatické, které nejsou rozpustné ani ve vodě ani v solném roztoku. Tato skupina je mnohdy označována jako neplnohodnotné bílkoviny, které se nacházejí v chrupavkách, kostech a šlachách, kde tvoří různé membrány (Steinhauser et al. 2000; Ingr 2003).

Saláková & Bořilová (2014) stanovují bílkoviny třemi způsoby. První způsob je stanovení na základě stanovení obsahu čistých bílkovin. Druhý způsob je stanovení obsahu celkového dusíku (celkových bílkovin a hrubých bílkovin) a třetím způsobem je stanovení obsahu čistých svalových bílkovin.

3.4.1.4 Extraktivní látky

Ingr (2003) popisuje extraktivní látky jako látky vyluhované vodou o teplotě 80 °C, které mají veliký význam při chutnosti a aromatu masa. Některé z těchto látek jako je např. karnitin, purinové báze či kreatin jsou ve větším množství obsaženy ve vnitřnostech (Hrubý 2001).

Mezi extraktivní látky jsou zařazeny sacharidy, dusíkaté extraktivní látky a organické fosfáty. Ovšem sacharidy jsou málo obsaženy v živočišných tkáních. V mase je největším zástupcem glykogen, který je důležitým energetickým zdrojem ve svalech. Do dusíkatých extraktivních látek patří aminokyseliny (lyzin, alanin, glycin) a peptidy (karnosin, anserin atd.). Do organických fosfátů patří nukleové kyseliny, nukleotidy a jejich produkty (Steinhauser et al. 2000).

Podle Pipka (1991) jsou tyto látky důležité nejvíce v průběhu postmortálních změn. Jelikož obsahují glykogen, ATP aj. a tím pádem rozhodují o tom, jak tyto změny budou probíhat. K přeměně extraktivních látek dochází během zrání masa, a proto je důležité nechat zrát maso dostatečně dlouho, aby se v něm vytvořila plná chutnost.

3.4.1.5 Minerální látky a vitamíny

Dle Steinhausera et al. (2000) tvoří minerální látky v mase asi 1 % hmotnosti. Minerální látky lze většinou zjistit v popelu po spálení masa v muflových pecích. Straka & Malota (2006) rozdělují minerální prvky následovně. Ve větším množství jsou obsaženy Na, K, Mg, Ca, Cl, S, P, v menšinovém množství jsou obsaženy Fe, Zn a ve stopovém množství jsou obsaženy Al, I, Mn, Mo, Se.

V mase se vyskytuje velké množství hydrofilních vitamínů skupiny B, které jsou nejvíce obsaženy ve svalovině a ve vnitřnostech. Nejzajímavější je vitamín B12, který je obsažen pouze v potravinách živočišného původu. V játrech a v tukových tkáních jsou obsaženy lipofilní vitamíny. Co se týče vitamínu C, ten je v mase obsažen v zanedbatelném množství (Ingr 1996). Ovšem množství vitamínů není vždy stejné, jelikož záleží nejen na druhu zvířete, ale také na typu krmení (Straka & Malota 2006).

3.4.2 Fyzikální ukazatelé

3.4.2.1 Vaznost masa

V mase je voda udržována pomocí bílkovin, které udržují část své vlastní vody a i vody přidané (Stupka et al. 2009). Schopnost masa vázat vodu podle Cheng & Sun (2008) ovlivňuje spousta faktorů. Jedná se například o faktory předporážkové, kde můžeme zařadit hladovění nebo omračování. Po porážce ovlivňují vaznost masa faktory jako je zrání masa, ochlazení (rychlost a teplota), nebo přidání přísad.

Po smrti je vaznost masa největší a pak postupně klesá v důsledku snížení pH a odbourávání ATP. Při fázi zrání masa (*rigor mortis*), je vaznost masa nejnižší a pak postupně v dalších fázích zrání masa opět vaznost stoupá. Vaznost masa se stanovuje během fáze *post mortem* od 24 do 48 hodin (Stupka et al. 2009). Podle Pipka & Poura (1998) je první metodou stanovení vaznosti masa ztráta šťávy samovolným odkapem. Zde se měří množství uvolněné vody z masa. Druhou metodou je lisovací metoda podle Graua a Hamma, kde se změří plocha masa, které leží na chromatografickém papíru a následně se změří plocha vylisované tekutiny. Třetí metodou je kapilární volumetrie, zde se volná voda nasaje do sádrové destičky a následně se změří vytlačený vzduch volnou kapalinou. Čtvrtou metodou je ztráta vývarem, kde se stanovuje množství vody, které je vyloučené z masa při jeho ohřevu. Poslední tři metody jsou starší a dnes se již tolik nepoužívají.

Pokud jsou ztráty vody ve formě odkapu vysoké, mohou ovlivnit jak výživovou hodnotu, tak i finanční výsledek a technologické vlastnosti vepřového masa (Jennen et al. 2007).

3.4.2.2 pH masa

Barvu, skladovatelnost, měkkost, schopnost masa vázat vodu nebo dokonce i chuť ovlivňuje zejména hodnota pH. Hodnota pH se měří 45 minut *post mortem*, aby byla co nejpřesnější. Provést toto měření je nezbytné, protože díky naměřenému výsledku zjistíme, zda v mase neprobíhají autolytické nebo proteolytické procesy. Pokud by v mase nějaký hnilobný proces započal, naměřili bychom hodnotu od 6,2 – 6,8. Pokud by hodnota pH masa byla ještě vyšší, pak bychom měření vyhodnotili tak, že je maso zkažené (Straka & Malota 2006).

Stupka et al. (2009) provádí měření pomocí přenosného pH metru, kde jsou kombinované vpichové elektrody. Mezní hodnoty pro normální maso je u pH_{45} více než 5,8 a u pH_{24} 6,2 a méně.

Jandásek et al. (2004) měřili hodnotu pH masa u finálních hybridů, kde v mateřské pozici byla prasnička F1 české bílé ušlechtilé (ČBU) X česká landrase (ČL) a do otcovské pozice byli zařazeni jedinci plemene duroc (D) a bílé otcovské (BO). Naměřené střední hodnoty vykazovaly rozmezí pH_1 5,88 – 6,41 a pH_{24} 5,47 – 5,64.

3.4.2.3 Vodivost masa

Buněčné stěny masa mají vysoký elektrický odpor. Během zrání masa dochází k narušení těchto buněčných stěn a tím dojde i k narušení jejich izolace. Tímto narušením stoupne elektrická vodivost střídavého proudu v závislosti na odporu prostředí. Elektrická vodivost se zjišťuje 50 minut *post mortem* ve svalu MLLT u posledního hrudního obratle pomocí konduktometru (Stupka et al. 2009).

3.4.2.4 Barva masa

Dle Xinga et al. (2007) barva masa ovlivňuje nejen konzumenta při výběru masa, ale ovlivňuje také další senzoričké vlastnosti. Barvu masa lze stanovit pomocí spektrofotometrie, např. přístrojem Minolta. Válková et al. (2005) uvádí, že tento přístroj barvu masa určuje třemi hodnotami a to L^* , a^* a b^* . Hodnota L^* ovlivňuje jas a uvádí se od hodnoty 0 – 100 (kdy hodnota 0 je pro černou barvu a hodnota 100 je pro barvu bílou). Hodnota a^* ovlivňuje přechod barvy ze zelené do červené a hodnota b^* ovlivňuje přechod barvy z modré do žluté. Podle Stupky et al. (2009) je hodnota u normálního masa pro jas (L^*) 52 – 58, (a^*) 10,5 a (b^*) 18,3.

Dle Ingra (1996) je barva masa ovlivněna především aktivitou a věkem zvířat. Jednotlivé svaly jsou barevně odlišeny. Tento rozdíl je ovlivněn koncentrací svalového barviva, plemennou příslušností, zdravotním stavem či únavou. Nejsvětlejší sval je nejdelší zádový sval (Hovorka et al. 1983).

3.4.3 Senzorické ukazatelé

3.4.3.1 Chuť a vůně masa

Chuť masa je dána obsahem tuku ve svalových vláknech, strukturou svaloviny a extraktivními látkami. Právě extraktivní látky obsahují nepřeberné množství aromatických látek a dávají jak masu, tak i masným výrobkům příjemnou chuť a vůni. Vůně čerstvého masa by měla být typická pro daný druh. Nežádoucím pachem je pach po rybině nebo kančí pach (Hovorka et al. 1983).

Chutnost masa se hlavně z hygienických důvodů hodnotí až po tepelné úpravě. Při hodnocení chutnosti se hodnotí křehkost, tuhost, jemnost, šťavnatost atd. Celkově se chuť a vůně hodnotí jako výrazná, typická nebo netypická, cizí, nepříjemná, dokonce až odporná pro daný druh. Proto je velice důležité dodržovat hlavně zásady tepelného opracování, jelikož tím může být chuť a vůně masa velice ovlivněna (Ingr 1996).

3.4.3.2 Šťavnatost masa

Podle Hovorky et al. (1983) obsahuje maso cca 75 % vody, a proto se této vlastnosti věnuje zvláštní pozornost. Podmínkou šťavnatosti je schopnost masa poutat vodu v tkáňových buňkách a také ji tam udržet při technologickém a kuchyňském zpracování.

Šťavnatost v tepelně opracovaném masu se liší jak živočišným druhem, tak i druhem svalu, nebo způsobem tepelné úpravy. Šťavnatost je velice závislá na množství intramuskulárního tuku, protože hodně mramorované maso je šťavnatější než maso méně mramorované (Jeleníková 2003).

3.4.3.3 Křehkost masa

Křehkost masa je společně se šťavnatostí podle Jelínkové (2003) ve velice těsném vztahu. Čím více je maso křehčí, tím více se z něj při žvýkání uvolňuje šťáva a tím pádem se zdá být maso šťavnatější. Maso může být šťavnatější, i když je maso méně křehké, pokud se tuk a šťáva z masa budou uvolňovat pomalu. Pokud je maso méně křehké i přesto může být šťavnatost vyšší a rovnoměrná, pokud se bude tuk a šťáva uvolňovat pomalu. S rostoucím věkem zvířete se zvyšuje křehkost masa, protože dochází k ukládání intramuskulárního tuku. Negativně na křehkost masa působí i síťování kolagenu (Steinhauser et al. 1995).

Nejznámější metodou k posouzení křehkosti je Warner – Bratzlerův test, Kramerovy mřížky, Hausenův tendometr nebo Texturová profilová analýza (TPA). Většina z těchto metod je na principu skousnutí a žvýkání masa. Např. Warner – Bratzlerovým testem se měří síla, která je zapotřebí k přestříhnutí vzorku masa. Jedná se o tzv. střížnou sílu a většinou je měřena kolmo na svalová vlákna (Mojto & Zaujec 2003).

TPA analýza, jak už bylo řečeno, je další možností jak stanovit křehkost masa. Válková et al. (2005) jej popisuje takto: vzorek je pomocí pístu stlačován určitou rychlostí na předem stanovenou velikost a je měřena síla, kterou potřebujeme ke stlačení. Dokonce De Huidobro et al. (2005) ve svém výzkumu zjistili, že TPA analýza vyhodnotí pevnost, žvýkatelnost a šťavnatost lépe než Warner – Bratzlerův test.

3.5 Stres a vady vepřového masa

Během posmrtných změn se u masa vyskytují dvě anomálie, které ovlivňují kvalitu masa a vedou k ekonomickým ztrátám. Tyto vady masa jsou závažným problémem jak pro masný průmysl, tak i pro spotřebitele. Příčinou vzniku těchto anomálií je stres a vznik myopatií, což způsobuje genetická dispozice zvířat, přeprava, hladovění, způsob chovu, předporážkové ustájení a vyláčení, doba pobytu na jatkách a jatečná technologie (Pipek 1991). Oproti normálnímu masu dochází především ke změnám hodnot pH, které buď klesají ihned po smrti zvířete a dosahují nižších hodnot - pH 5,6, než normální maso, nebo naopak dochází ke zvýšeným hodnotám - pH 6,2 (Hrabě et al. 2007). Mezi méně častější odchylky patří Hampshire efekt či cold shortening (Stupka et al. 2009).

U vepřového masa patří mezi nejčastější anomálii vada masa PSE (pale – soft – exudative -> bledé – měkké – vodnaté). Dle Matouška et al. (1997) se jakostní odchylka masa PSE nejčastěji a nejvýrazněji vyskytuje u nejdějšího zádového svalu prasat (*m. longissimus et thoracis*). K nárůstu vepřového masa PSE, v posledních 50 letech, přispěla mohutná selekce, která vedla k vyšší zmasilosti a k snížení obsahu tuku. Tudíž jakostní odchylka PSE je

průvodním jevem intenzivního šlechtění prasat pro jejich vysokou zmasilost (Jandásek et al. 2008). Pro maso PSE je charakteristický rychlý průběh glykolýzy. Ve svalovině se nachází vysoká koncentrace Ca^{2+} a ta způsobuje zvýšenou aktivitu adenosintrifosfátu (ATP). Vlivem nadbytku adenosindifosfátu (ADP) a anorganického fosfátu dochází v rychlém průběhu ke glykogenolýze. Protože dojde k rychlému štěpení glykogenu, ATP uvolňuje větší množství tepla, proto svalovina dosahuje teploty až 43 °C. Rychlým nástupem glykogenolýzy dojde k prudkému okyselení svaloviny, kvůli vznikající kyselině mléčné. A jelikož se zkombinuje zvýšená teplota a nízké pH, projeví se to částečnou denaturací svalových bílkovin. Proto vlivem denaturace svalových bílkovin, je omezena schopnost masa PSE vázat vlastní vodu, protože se struktura svalové tkáně otevírá a z masa odtéká větší množství masové šťávy (Lawrie 1998). Dále Šimek & Steinhäuser (2001) uvádí, že nežádoucí bledá barva je ovlivněna nízkým obsahem hemoglobinu, kvůli většímu zastoupení bílých svalových vláken a změnou hydratací svalových vláken. PSE maso má také zvýšenou elektrickou vodivost, proto se rychleji prosoluje, ale bohužel je náchylnější k rychlejší oxidaci svalových lipidů. Rosenvold & Andersen (2003) zjistili, že pokud by se prasatům před poražením přidával do krmné dávky hořčik, bylo by možné vyloučit vady PSE. Podle Hermesche (1995) se vada masa PSE vyskytuje hlavně u těch prasat, kde probíhá rychlý růst. Tyto prasata podléhají nejčastěji syndromu prasečího stresu, který se projevuje svalovým třesem, zvýšenou respirací, teplotou a acidózou.

Vada masa DFD (dark – firm – dry -> tmavé – suché – tuhé) se spíše vyskytuje u masa hovězího, příležitostně i u masa vepřového. Podle Stupky et al. (2009) je tuto vadu možné levně eliminovat. K této vadě dochází při velkém fyzickém vyčerpání zvířat před porážkou. Při vadě masa DFD je maso velice tmavě zbarvené a podléhá mikrobiální destrukci.

Hampshire efekt vzniká především u plemene hampshire, které bylo rozšířeno především v 70. letech jako otcovské plemeno s cílem zvýšení zmasilosti a snížení náchylnosti na vadu masa PSE. Bohužel byl později objeven tzv. RN – gen, který je zodpovědný za Hampshire efekt. V těle je nízký obsah bílkovin a nízké pH. To se projevuje především velkými ztrátami varem (Fischer 2003). Stupka et al. (2009) se domnívají, že právě u prasat plemene hampshire se ukládá ve svalech větší množství glykogenu, což má za následek rychlejší postmortální glykogenolýzu.

Cold shortening neboli zkrácení svalových vláken chladem vzniká podle Ingra (2003) kvůli šokovému zchlazení JUTu. Maso se začíná chladit ještě před *rigorem mortis* a tak dochází k silné svalové kontrakci, která je nevratná. Maso pak ztuhne, což už nejde upravit ani kulinární úpravou. Prevencí této vady je maso postupně ochlazovat tzv. kondiciovat.

3.6 Svalová vlákna

Základní strukturální jednotkou kosterního svalu jsou svalová vlákna. Tvoří více než 75 % svalového objemu (Lee et al. 2016). Tato svalová vlákna jsou rozdělena do jednotlivých typů pomocí klasifikačních metod. Vlastnosti JUT jsou obvykle spojeny s vlastnostmi svalových vláken, jedná se o celkový počet vláken, hustotu vláken, plochu průřezu vláken a složení vláknového typu ve svalech (Joo et al. 2013; Kim et al. 2013). Plocha svalových vláken, typy a hustota kapilární sítě ovlivňují faktory, které následovně ovlivňují biochemické procesy *ante a post mortem*, čímž se navazuje na charakteristiku kvality masa, jako je textura a vaznost masa, barva nebo pH masa (Dalle Zotte et al. 1998).

Podle Brooke & Kaiser (1970) rozlišujeme vlákna podle citlivosti akto – myozinové adenosintrifosfatázy (ATP) k odlišnému pH. Vysoký podíl oxidativních enzymů a nízký obsah fosforylázy a ATP mají vlákna typu I. Nízký podíl oxidativních enzymů a vysoký obsah fosforylázy a ATP mají vlákna typu II. Ty se rozlišují na základě nestálosti pH na typy IIA, IIB a IIC. Typ vlákna IIC je histologicky podobný jako typ IIA, ale liší se ve zbarvení. Ve svalech vlákna typu IIB, jsou u prasat spojena se světlejším masem a nižší kapacitou zadržování vody (Ryu et al. 2005). I Kim et al. (2013) potvrzují, že vlákna typu IIB mají vliv na kvalitu vepřového masa. Jelikož prasata, která mají těchto vláken více, mají maso spíše podobné vadě PSE než prasata s jinými typy vláken. Podle Listrate et al. (2016) sval MLLT u prasat obsahuje přibližně 10 % vláken typu I, 10 % vláken typu IIA a 55 % vláken typu IIB.

Další metodika dělení svalových vláken je dle Ashmore & Doerr (1971), kde se kombinují kontraktilní a metabolické charakteristiky na αR = rychle stažitelná s aerobním metabolismem, αW = rychle stažitelná s anaerobním metabolismem a βR = pomalu stažitelná s aerobním metabolismem. Vlákna se odlišují pomocí metabolických charakteristik, glykolytický typ je bílý – W = white a oxidativní typ je červený – R = red. Na mitochondrie jsou bohatá červená vlákna, zatímco bílá vlákna mají málo mitochondrií a vysoký obsah glykogenu (Hulot & Ouhayoun 1999).

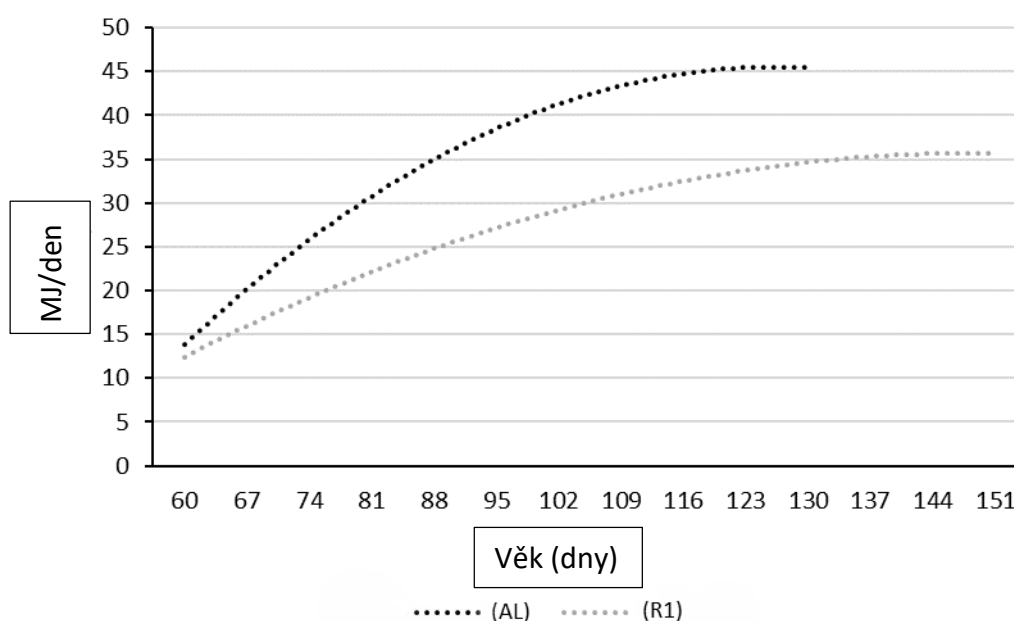
Svalová vlákna jsou ovlivňována mnoha faktory, jako je např. plemeno, pohlaví, věk atd. (Jeong et al. 2012). Z vnějších faktorů jsou svalová vlákna ovlivňována výživou. Podle Harrisona et al. (1996) pokud se restringuje krmivo již v raném stádiu u plemene prasat české bílé ušlechtilé, nezmění se složení svalového vlákna v *m. longissimus*, ale dojde k velkému nárůstu podílu vláken typu I v červené svalovině a dojde k nižšímu podílu plochy průřezu vláken příčného řezu (CSA). Další kdo se zabýval vlivem intenzity růstu prasat a jejich vlivem na parametry svalových vláken je Orzechowska & Wojtysiak (2008). V jejich studii počet a plocha svalových vláken byly v pozitivní korelaci s denním přírůstkem hmotnosti. Pokud byl zvýšen denní přírůstek, změnila se velikost svalových vláken. Naopak Rehfeldt et al. (1999) tvrdí, že restrikce krmiva nemá vliv na počet svalových vláken. Pokud by se jednalo o výraznou restrikci, došlo by dokonce k úbytku svalových vláken. Čandek – Potokar et al. (1999) uvádějí, že při zvýšení hmotnosti prasat společně s jejich věkem dojde k rozšíření svalových vláken βR . U restringované skupiny dochází spíše k rozšíření relativní plochy vlákna typu βR .

Larzul et al. (1997) zkoumali heritabilitu vlastností vláken, které byly střední až vysoké ($h^2 = 0,20 - 0,59$). Nejvyšší dědivost neboli heritabilita byla u procentuálního podílu vlákna typu I ($h^2 = 0,46$), u procentuálního podílu vlákna typu IIB ($h^2 = 0,58$) a u plochy průřezu vlákna typu I ($h^2 = 0,59$).

4 Materiál a metody

Tato studie byla prováděna na experimentální a zkušební stanici prasat České zemědělské univerzity v Praze. Byla prováděna na 40 křížencích prasat. Jednalo se o hybridní skupinu (ČBU x ČL) x (ČBU x Pn), tj. české bílé ušlechtilé x česká landrase a české bílé ušlechtilé x pietrain. Tato skupina byla tvořena 20 prasničkami a 20 vepříky. Studie začala v 60 dnech věku prasat, jejich průměrná hmotnost byla na začátku 26,7 kg. Prasata byla rozdělena do dvou skupin dle typu krmení, v každé skupině byla zastoupena obě pohlaví. První skupina, nazvána AL byla krmena *ad libitum* (10 prasniček a 10 vepříků). Druhá skupina, nazvána R1, byla krmena restringovaně (10 prasniček a 10 vepříků).

Obrázek č. 1. Krmná křivka pro skupinu *ad libitum* (AL) a restringovanou skupinu (R1).



Pro skupinu R1 byla použita rovnice $\text{MJ/den} = 8,6539 + 3,9408x - 0,1435x^2$, kdy x znamená věk ve dnech. Rovnice pro skupinu AL byla použita $\text{MJ/den} = 6,7786 + 7,4011x - 0,3534x^2$. Tato rovnice u skupiny AL ukazuje skutečné množství přijímaného krmiva u prasat. Ve studii byly použity dvě krmné směsi a to pro růstovou a konečnou hmotnost prasat. Množství a druh směsi byly v průběhu studie upravovány v závislosti na skutečné hmotnosti prasat (tabulka č. 2). Složení krmných směsí je uvedeno v tabulce č. 3.

Tabulka č. 2. Složení kompletní krmné směsi u obou skupin během výkrmu.

Váha prasat (kg)	AL			R1		
	Růstová fáze (%)	Konečná fáze (%)	KKS/den (kg)	Růstová fáze (%)	Konečná fáze (%)	KKS/den (kg)
27	100	0	1,80	100	0	1,25
45	85	15	2,26	85	15	1,80
72	43	57	2,92	43	57	2,57
91	10	90	3,27	10	90	2,72
112	0	100	3,44	0	100	2,81

Poznámka: AL = *ad libitum*, R1 = restrikce, kg = kilogram, % = procento.

Tabulka č. 3. Složení růstové a finální krmné směsi

Položka	Krmná dávka	
	Růstová fáze	Konečná fáze
Komponenta (%)		
Pšenice	42,12	42,8
Ječmen	20,2	20,0
Sójová moučka	13,8	2,9
Triticale	9,0	12,5
Řepkový extrahovaný šrot	4,0	7,0
Slunečnicový extrahovaný šrot	3,5	6,0
Oves	2,5	2,5
Živočišný tuk	2,0	1,15
Pšeničné otruby	-	2,3
Kalcium	1,15	1,2
Lysin – HCl	0,48	0,45
NaCl	0,45	0,45
Fosforečnan vápenatý	0,4	0,3
Vitamíny – minerální premix	0,3	0,3
Threonin	0,2	0,15
Methionin	0,1	-
Nutriční složení (g/100 g sušiny)		
Hrubý protein	17,48	14,95
Hrubý tuk	3,66	2,91
Hrubá vláknina	4,23	4,96
Lysin	1,12	0,91
Methionin	0,36	0,25
Ca	0,82	0,83
P	0,45	0,50
DE (MJ/kg sušiny)	13,89	13,35

Poznámka: HCl = kyselina chlorovodíková, NaCl = chlorid sodný, Ca = vápník, P = fosfor, DE = stravitelná energie, MJ = megajoul, g = gram, kg = kilogram, % = procento.

Aby mohly být stanoveny růstové parametry, prasata byla jednou týdně vážena a byl sledován jejich denní příjem krmiva. Pro každé prase byl vypočítán: průměrný denní přírůstek, konverze krmiva a denní příjem krmiva. Konečná hodnota byla vypočtena jako průměr těchto hodnot. Prasata z obou skupin byla vykrmena do průměrné porážkové hmotnosti 112 kg. Poté byla poražena na menších komerčních jatkách pomocí elektrického omráčení, podle rutinního postupu.

4.1.1 Kvalita jatečně upraveného těla a masa

Procentuální stanovení libového masa bylo provedeno pomocí metody ZP (Zwei – Punkt – Messverfahren), která je používána spíše na menších jatkách v České republice. Tloušťka hřbetu byla měřena 45 minut *post mortem* pomocí elektrotechnických posuvných měřítok na úrovni prvního hrudního obratle, prvního bederního obratle a nad svalem *gluteus medius* bez kůže. Výsledná hodnota byla vypočtena jako průměr z těchto tří měření. pH bylo určeno pomocí přenosného pH metru (pH 330i/ set, WTW GmbH, Weilheim, Německo). pH 45 bylo měřeno společně s teplotou a to 45 minut *post mortem* v jatečně upravených tělech u 13. a 14. hrudního obratle. Elektrická vodivost (EC50) byla vyhodnocena 50 minut *post mortem* taktéž v JUT u 13. a 14. hrudního obratle (Conductometer EV, plus, České vysoké učení technické v Praze, Česká republika).

Vzorky svalů byly odebrány 24 hodin *post mortem* z MLLT pravých stran jatečně upravených těl. Než byly vzorky odebrány, byly získány fotografie příčných řezů jatečné partie pečeně pro vyhodnocení plochy pečeně. Obrázky byly vyhodnoceny pomocí programu pro analýzu obrazu (NIS – Elements AR 3. 2., Nikon Instruments Europe B. V., Amsterdam, Nizozemsko). Barva (CIE L*, a* a b*) byla měřena 24 hodin *post mortem* na MLLT za použití spektrofotometru Minolta CM – 700d (Konica Minolta, Osaka, Japonsko). Hodnoty střížné síly Warner – Bratzler (WBSF; N) byly stanoveny pomocí Instron Universal Texture Analyzer 3342 (Instron, Norwood, Ma, USA). Svalové vzorky jak syrového tak i uvařeného masa (6 x 1 x 1 cm, vařené při teplotě 80 °C po dobu 1 hodiny) byly řezány napříč svalovými vlákny. Výsledná hodnota pro každý vzorek byla vypočtena jako průměrná hodnota alespoň 6 měření. Ztráta vody byla hodnocena metodou odkapu masové šťávy (24 hodin při 4 °C) podle Honikela (1998). Obsah intramuskulárního tuku byl stanoven gravimetricky pomocí Soxhletovy extrakce s použitím petroletheru jako rozpouštědla.

4.1.2 Histochemická analýza

Vzorky svalů pro histochemickou analýzu byly odebrány do 1 hodiny po porážce z části svalu *musculus longissimus lumborum et thoracis* (MLLT). Vzorky byly rozřezány na kousky o rozměrech 0,5 x 0,5 x 2,0 cm. Poté byly ihned zmrazeny v isopentanu, který byl ochlazený kapalným dusíkem podle metody Dubowitz & Brooke (1973). Vzorky byly uskladněny při teplotě – 80 °C. Příčné svalové řezy byly nařezány v kryostatnu Leica CM1850 (Leica Microsystems, Nussloch, Německo) na rozměr 12 μm, při teplotě – 20 °C a následně byla umístěna na podložní sklička. Sklička s vyhotovenými řezy byla inkubována pro histochemický rozbor myosin adenosintrifosfatázy za použití metody Brooke & Kaiser (1970).

Snímky s obarveným svalovým řezem byly získány za použití optického mikroskopu s fotoaparátem Nikon Eclipse E200 (Nikon, Tokio, Japonsko) a vyšetřeny za pomoci programu pro analýzu obrazu (NIS – Elements AR 3. 2., Nikon Instruments Europe B. V., Amsterdam, Nizozemsko). Svalová vlákna byla rozdělena do vláken typu I, IIA a IIB. Pro každý typ svalových vláken byla stanovena plocha průřezu vláken, hustota vláken, poměr vláken jakožto procento podle počtu a plochy. Pro vlákna typu IIB byla specifikace malých (průměr < 46 μm), středních (průměr 46 – 86 μm) a velkých (průměr > 86 μm) vláken.

4.1.3 Statistické vyhodnocení

Experimentální data byla analyzována jednovýběrovou a dvouvýběrovou analýzou rozptylu (ANOVA) za použití statistického softwaru SAS 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA). Vliv restrikce je roven věku zvířat, proto byly do modelu zahrnuty také účinky skupin krmení a hmotnosti. Výsledky jsou prezentovány jako průměr \pm standardní chyba průměru (SEM). Rozdíly mezi nejmenšími čtverci byly určeny pomocí Tukeyova testu rozsahu.

5 Výsledky

Jako první byly zkoumané růstové a jatečné parametry prasat, které jsou uvedeny v tabulce č. 4. Průměrná počáteční tělesná hmotnost byla u skupiny AL 26,12 kg a u skupiny R1 27,27 kg. Průměrná konečná živá tělesná hmotnost byla u skupiny AL 112,18 kg a u skupiny R1 112,41 kg. Mezi počáteční tělesnou hmotností a konečnou živou tělesnou hmotností nevznikl žádný statisticky průkazný rozdíl. Statisticky průkazný rozdíl ($P \leq 0,01$) vznikl u vlastnosti konečného věku a u poměru konverze krmiva. Průměrný konečný věk byl u skupiny AL 135,42 dnů a u skupiny R1 155,65 dnů. Průměrný poměr konverze krmiva byl u skupiny AL 2,27 kg a u skupiny R1 2,42 kg. Ke statisticky vysoce průkaznému rozdílu ($P \leq 0,001$) došlo u vlastností jako je průměrný denní přírůstek a denní příjem krmiva. Průměrný denní přírůstek byl u skupiny AL 1229,40 g a u skupiny R1 935,60 g. Průměrný denní příjem krmiva byl u skupiny AL 2,78 kg a u skupiny R1 2,23 kg.

Tabulka č. 4. Růstové a jatečné parametry prasat.

Vlastnosti	Skupiny ve výkrmu		Průkaznost
	AL	R1	
Počáteční tělesná hmotnost (kg)	26,12 ± 3,02	27,27 ± 4,10	ns
Konečná živá tělesná hmotnost (kg)	112,18 ± 7,15	112,41 ± 10,95	ns
Konečný věk (dny)	135,42 ± 2,63	155,65 ± 2,98	**
Průměrný denní přírůstek (g)	1229,40 ± 92,44	935,60 ± 114,99	***
Poměr konverze krmiva (kg/kg)	2,27 ± 0,23	2,42 ± 0,25	**
Denní příjem krmiva (kg)	2,78 ± 0,41	2,23 ± 0,10	***

Poznámka: ns = statisticky neprůkazné, ** = $P \leq 0,01$ statisticky průkazné, *** = $P \leq 0,001$ statisticky vysoce průkazné, AL = *ad libitum*, R1 = restrikce, g = gram, kg = kilogram.

V tabulce č. 5 je zaznamenáno jaký vliv měla restrikce krmiva na vlastnosti masa a na jatečně upravená těla prasat. Statisticky vysoce průkazný rozdíl ($P \leq 0,001$) byl zaznamenán u vlastností libové maso, tloušťka hřbetu, žlutost a Warner – Bratzlerova síla stříhu (WBSF) syrového masa. Průměr libového masa byl u skupiny AL 57,27 % a u skupiny R1 60,59 %. Průměrná tloušťka hřbetu byla u skupiny AL 23,69 mm a u skupiny R1 17,68 mm. Průměrná žlutost masa byla u skupiny AL 9,16 a u skupiny R1 10,68. Průměr WBSF syrového masa byl u skupiny AL 38,77 N a u skupiny R1 49,26 N. Statisticky průkazný rozdíl ($P \leq 0,01$) byl zaznamenán u t_{45} a u červenosti masa. Průměr t_{45} bylo u skupiny AL 39,53 °C a u skupiny R1 38,73 °C. Průměrná červenost masa byla u skupiny AL 0,10 a u skupiny R1 0,94. Statisticky neprůkazné rozdíly byly naměřeny u těchto parametrů: plocha hřbetu, obsah intramuskulárního tuku, pH₄₅, EC₅₀, světlost, WBSF vařeného masa a u ztráty masové šťávy.

Tabulka č. 5. Vliv restrikce krmiva na vlastnosti masa a jatečně upravená těla prasat.

Vlastnosti	Skupiny ve výkrmu		Průkaznost
	AL	R1	
Libové maso (%)	57,27 ± 0,33	60,59 ± 0,32	***
Tloušťka hřbetu (mm)	23,69 ± 0,61	17,68 ± 0,59	***
Plocha hřbetu (mm²)	4737 ± 112,8	5002 ± 112,8	ns
Obsah intramuskulárního tuku (%)	2,35 ± 0,17	2,16 ± 0,16	ns
pH₄₅	6,34 ± 0,06	6,29 ± 0,06	ns
t₄₅ (°C)	39,53 ± 0,17	38,73 ± 0,17	**
EC₅₀ (mS)	3,42 ± 0,09	3,61 ± 0,09	ns
Světlost (L*)	51,49 ± 0,66	52,91 ± 0,64	ns
Červenost (a*)	0,10 ± 0,25	0,94 ± 0,23	**
Žlutost (b*)	9,16 ± 0,29	10,68 ± 0,28	***
WBSF syrového masa (N)	38,77 ± 2,02	49,26 ± 1,96	***
WBSF vařeného masa (N)	35,98 ± 1,57	38,88 ± 1,53	ns
Ztráta masové šťávy (%)	4,27 ± 0,42	4,69 ± 0,41	ns

Poznámka: ns: = statisticky neprůkazné, ** = $P \leq 0,01$ statisticky průkazné, *** = $P \leq 0,001$ vysoce statisticky průkazné, AL = *ad libitum*, R1 = restrikce, WBSF = Warner – Bratzlerova síla stříhu, mm = milimetr, mm² = milimetr čtvereční, mS = mili siemens, N = newton, °C = stupeň Celsia, % = procento.

Jaký vliv měla restrikce krmiva na vlastnosti svalových vláken, je uvedeno v tabulce č. 6. Statisticky neprůkazný rozdíl byl zjištěn u vlastností, jako je hustota vláken – u všech typů vláken. Dále u plochy průřezu u typu vlákna I a IIA, u všech typů vláken ve složení počtu vláken, složení plochy vláken u typu I a IIA a u podílu malé velikosti vlákna IIB. Statisticky průkazný rozdíl ($P \leq 0,05$) byl zjištěn u vlastností složení plochy vláken typu IIB, u středního a velkého podílu velikosti vlákna IIB. U vlastnosti složení plochy vláken typu IIB u skupiny AL byla naměřená průměrná hodnota 81,37 % a u skupiny R1 84,19 %. U středního podílu velikosti vlákna IIB byla u skupiny AL průměrná hodnota 72,34 % a u skupiny R1 60,70 %. U velkého podílu velikosti vlákna IIB byla u skupiny AL průměrná hodnota 10,81 % a u skupiny R1 21,27 %. Statisticky průkazný rozdíl ($P \leq 0,01$) byl zjištěn u průměrné plochy průřezu a u typu vlákna IIB. Průměrná plocha řezu byla u skupiny AL 2826,9 μm^2 a u skupiny R1 3063,3 μm^2 . Průměrná plocha průřezu u vlákna typu IIB byla u skupiny AL 3174,8 μm^2 a u skupiny R1 3477,8 μm^2 .

Tabulka č. 6. Vliv restrikce na vlastnosti svalových vláken *musculus longissimus lumborum et thoracis*.

Vlastnosti	Skupiny ve výkrmu		Průkaznost
	AL	R1	
Hustota vláken (počet/mm²)			
Typ I	38,46 ± 2,75	32,27 ± 2,68	ns
Typ IIA	32,33 ± 2,83	29,51 ± 2,76	ns
Typ IIB	192,25 ± 8,09	183,94 ± 8,59	ns
Plocha průřezu (μm²)			
Průměr	2826,9 ± 98,3	3063,3 ± 111,4	**
Typ I	2209,1 ± 89,5	2375,2 ± 101,3	ns
Typ IIA	1699,1 ± 131,6	1666,6 ± 198,8	ns
Typ IIB	3174,8 ± 124,6	3477,8 ± 161,2	**
Počet vláken (%)			
Typ I	14,70 ± 0,78	13,05 ± 0,76	ns
Typ IIA	12,00 ± 0,66	11,87 ± 0,64	ns
Typ IIB	73,30 ± 1,03	75,09 ± 1,00	ns
Plocha vláken (%)			
Typ I	11,20 ± 0,70	9,42 ± 0,69	ns
Typ IIA	7,43 ± 0,51	6,39 ± 0,50	ns
Typ IIB	81,37 ± 0,95	84,19 ± 0,92	*
Podíl velikosti vlákna IIB (%)			
Malé	16,85 ± 2,03	18,04 ± 1,98	ns
Střední	72,34 ± 3,24	60,70 ± 3,16	*
Velké	10,81 ± 3,57	21,27 ± 3,48	*

Poznámka: ns = statisticky neprůkazné, * = $P \leq 0,05$ statisticky průkazné, ** = $P \leq 0,01$ statisticky průkazné, AL = *ad libitum*, R1 = restrikce, mm² = milimetr čtvereční, μm² = mikrometr čtvereční, % = procento.

6 Diskuze

V této práci bylo zjišťováno, zda má restrikce krmiva vliv na vlastnosti vepřového masa a na svalová vlákna. Skupina 10 prasniček a 10 vepříků, která byla krmena *ad libitum* (AL) dosáhla konečné živé hmotnosti 112,18 kg ve věku 135 dnů. Skupina 10 prasniček a 10 vepříků, která byla krmena restringovaně (R1) dosáhla konečné živé hmotnosti 112,41 kg ve věku 155 dnů. Podle Českého statistického úřadu (2018) byla průměrná porážková hmotnost prasat 115,2 kg/ks. Přírůstek a denní příjem krmiva byl u skupiny R1 nižší než u skupiny AL, a proto byl konečný věk u skupiny R1 o 20 dnů vyšší. Podle Schneeberg & Novákové (2005) je v praxi dosahováno optimálního denního přírůstku okolo 900 g. Tohoto přírůstku jsme právě docílili u skupiny R1. U skupiny AL došlo k vyššímu přírůstku a dennímu příjmu krmiva. To stejné ve své studii zjistili Seranno et al. (2009), že při krmení *ad libitum* dojde u prasat k vyššímu průměrnému dennímu přírůstku a příjmu krmiva. Podle Senčiče et al. (2005) průměrné denní přírůstky jsou vyšší u prasat, které mají nižší hmotnost. Ovšem v naší studii měla prasata hmotnost stejnou. Njoku et al. (2015) ve své studii zjistili, že restrikce krmiva má pozitivní vliv na snížení konverze krmiva. V naší studii restringovaná skupina měla vyšší konverzi krmiva než skupina, která byla krmena *ad libitum*. Konverze krmiva byla u skupiny AL nižší možná z toho důvodu, že je možné předpokládat, že prasata byla schopna využít maximum ze svého genetického potenciálu při dosahování růstu. Restrikce krmiva se provádí za účelem snížení konverze krmiva, tedy za účelem snížení nákladů. Jelikož v naší studii byla při restrikci konverze krmiva vyšší, jsou tyto výsledky nežádoucí. Krmivo tvoří většinu nákladů, proto by to pro nás znamenalo vyšší ekonomickou ztrátu.

Restringovaná skupina měla procentuálně více libového masa a menší poměr tuku než skupina krmená *ad libitum*. Větší tloušťka hřbetního tuku u skupiny AL úzce souvisí s vyšší postmortální teplotou, která v této skupině byla větší, protože tlustá vrstva tuku zpomaluje ochlazování jatečně upravených těl. Elektrická vodivost, vaznost masa a pH₄₅ jsou parametry, které se používají pro klasifikaci abnormalit kvality masa. Mezi těmito parametry nedošlo k žádným statisticky průkazným rozdílům, ani my jsme v naší studii nezaznamenali žádné abnormality masa. Obsah intramuskulárního tuku byl mezi skupinami mírně odlišný, kdy u skupiny AL byl vyšší (2,35 %), než u skupiny R1 (2,16 %). I Bečková & Václavková (2006) uvádí, že se zvyšujícím se přírůstkem roste i podíl intramuskulárního tuku. Dále také uvádí, že pokud se zlepší konverze krmiva, dojde ke snížení intramuskulárního tuku. To v naší studii ale nemůžeme potvrdit, protože konverze krmiva je lepší u skupiny AL, přesto že u této skupiny je vyšší IMT. Naopak Heyer & Lebret (2007) uvádějí, že na obsah tuku ve svalu nemá restrikce krmiva žádný vliv. Restrikce krmiva obsah IMT ani v naší studii nijak významně neovlivnila. Můžeme ale říci, že obsah IMT u našich skupin je ideální, protože i Stupka et al. (2010) došli k závěru, že při porážkové hmotnosti 100 kg by měl být obsah IMT 2,5 %. pH₄₅ bylo naměřeno u obou skupin podobných hodnot, pH₄₅ u skupiny AL 6,34 a u skupiny R1 6,29. Stupka et al. (2009) uvádí mezní hodnoty pro normální maso pH₄₅ více než 5,8. Maso z restringované skupiny vykazovalo červenější odstín ($a^* = 0,94$), zatímco maso od skupiny AL mělo tendenci k barvě zelené ($a^* = 0,10$). Co se týče dalšího barevného odstínu, obě dvě skupiny vykazovaly žlutější zbarvení, které bylo o trochu výraznější u skupiny restringované ($b^* = 10,68$) než u skupiny *ad libitum* ($b^* = 9,16$). Světlost masa byla u obou skupin podobná, skupina AL = 51,49

a u skupiny R1 = 52,91. Podle Stupky et al. (2009) je referenční hodnota pro světlost masa $L^* = 52 - 58$, $a^* = 10,5$ a $b^* = 18,3$. Co se týče světlosti, maso z naší studie zapadá do referenčních hodnot, ovšem a^* a b^* je v obou skupinách oproti referenčním hodnotám velice nízké. Změna barvy masa probíhá podle toho, kolik obsahuje svalová tkáň myoglobinu. Červená svalová vlákna typu I a IIA mají vyšší obsah myoglobinu, a proto mají tmavší barvu (Listrat et al. 2016). Myoglobin během skladování masa oxiduje na metmyoglobin což může vést k zarudnutí masa. K rychlejší změně barvy dochází v těch svalech, ve kterých převládají červená oxidační vlákna díky jejich rychlejší spotřebě kyslíku (Joo et al. 2013). Choe et al. (2008) ve své studii zjistili, že pokud se ve svalových vláknech vyskytuje více vláken typu IIB, maso vykazuje nižší pH_{45} , menší vaznost a vyšší světlost. Ryu et al. (2008) naopak zjistili, že sval ve svalových vláknech typu I má nižší světlost i nižší ztrátu odkapem. Obě tyto zjištěné skutečnosti můžeme potvrdit i v naší studii. Syrové maso restringované skupiny mělo tužší konzistenci než maso od skupiny krmené *ad libitum*. Ovšem u vařeného masa nebyly zpozorovány žádné rozdíly mezi skupinami. Podle Jennena et al. (2007) vysoký odkap masové šťávy může ovlivnit nejen výživovou hodnotu, ale i technologické vlastnosti masa a následný finanční výsledek. Naše ztráty masové šťávy nebyly tak vysoké ani u jedné skupiny (AL = 4, 27 %, R1 = 4, 69 %), a proto nám tato vlastnost kvalitu masa neovlivní.

Skupina, která byla krmena *ad libitum* měla výrazně nižší procento libového masa a vyšší tloušťku hřbetního sádla, což se odráží v bederní oblasti, tedy v oblasti průřezu svalových vláken. Mezi skupinami nebyly žádné průkazné rozdíly ve složení vláken. V obou skupinách bylo největší množství vláken typu IIB, pak vlákna typu I a nejméně bylo vláken typu IIA. Toto zjištění potvrzuje i Listrat et al. (2016), kteří uvádějí, že sval MLLT u prasat obsahuje přibližně 10 % vláken typu I a IIA a 55 % vláken typu IIB. Brzobohatý et al. (2015) zjistili ve své studii vyšší podíl vláken typu IIB u restringovaných kříženců, oproti skupině, s nižším obsahem libového masa, která byla krmena *ad libitum*. Vliv restrikce krmiva na vlastnosti svalových vláken zkoumali i Bee et al. (2007), ale nezaznamenali žádné rozdíly u plochy průřezu vláken (CSA) u plemene švýcarský bílý ušlechtilý při stejné tělesné hmotnosti. V jejich studii restringované skupiny prasniček nebyli ani hubenější než prasničky ve skupině *ad libitum*. Mezi našimi studovanými skupinami došlo k velkému rozdílu v průměrných hodnotách CSA a CSA vláken typu IIB. U průměru CSA vláken byla u skupiny R1 zjištěna vyšší hodnota $3063,3 \mu\text{m}^2$ než u skupiny AL, kde byla tato hodnota $2826,9 \mu\text{m}^2$. Tato vyšší hodnota odpovídá hodnotám hustoty vláken, jelikož hustota vláken byla vyšší u skupiny AL. To nejspíše souvisí s rozdílem v obsahu libového masa mezi těmito skupinami. Restringovaná skupina měla také vyšší procentuální plochu vláken typu IIB než skupina AL, která byla dokonce o 20 dní mladší. Věk zvířat má významný vliv na složení svalových vláken. Podle Oksbjerga et al. (1994) svalová vlákna typu II rostou rychleji než vlákna typu I. V naší studii byl dále zpozorován rozdíl ve velikost vláken typu IIB. Skupina AL měla výrazně menší zastoupení svalových vláken IIB s velkou plochou ($> 86 \mu\text{m}$) oproti středně velkým vláknům typu IIB ($46 - 86 \mu\text{m}$). U restringované skupiny lze vyšší podíl velkých vláken typu IIB vysvětlit tak, že by to mohlo být opět ovlivněno vyšším obsahem libového masa. To ve své skupině vyzoroval i Kim et al. (2013), že více svalové hmoty se vyskytuje tam, kde je větší obsah velkých vláken typu IIB. Ryu et al. (2005) uvedli, že pokud mají prasata větší svalovou hmotu, mají i vyšší vlákna CSA a nižší hustotu vláken typu IIB oproti prasatům s nižší svalovou hmotou. Křížená prasata

s velkými CSA vlákny měla větší plochu pečeně, než prasata, která měla střední nebo malé CSA vlákna (Lee et al. 2016). Menší CSA vlákna a nižší obsah vláken typu IIB měla skupina, která byla krmena *ad libitum*. To odpovídá i požadavkům, pokud je vlákno CSA vyšší a zejména vlákno typu IIB, dojde ke zvýšení instrumentální tuhosti masa (Joo et al. 2013; Kim et al. 2013). Harrison et al. (1996) prováděli studii, kde restringovali krmivo v raném stádiu u plemene ČBU. V *m. longissimus* se nezměnilo jeho složení, ale došlo k nárůstu podílu vláken typu I a došlo k nižšímu podílu vláken CSA.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit vliv restrikce krmiva na vlastnosti vepřového masa a na složení svalových vláken. Studie byla prováděna na 20 prasničkách a 20 vepřících, kteří byli rozděleni do dvou skupin podle technologie krmení.

Z výsledků je patrné, že restrikce krmiva má pozitivní i negativní vliv na jakost vepřového masa a na svalová vlákna. Prasata měla stejnou porážkovou hmotnost, ale odlišnou délku výkrmu, což bylo způsobeno restrikcí krmiva. Jakost vepřového masa byla lepší u skupiny, která byla krmena *ad libitum*, ale obsah libového masa byl v této skupině nižší. Skupina, která měla krmivo restringované, měla sice vyšší obsah libového masa, ale i jinou velikost svalových vláken. Restrikce krmiva také ovlivnila množství rychle oxidačních glykolytických vláken, neboli ve svalu typ vlákna IIB, a jejich podíl v celkovém složení vláken. Větší množství svalových velkých vláken typu IIB, je spojováno se špatnou kvalitou masa, které je v těsné spojitosti s obsahem libového masa.

Restrikce nám negativně ovlivnila ukazatele výkrmnosti, jelikož při restrikci krmiva by mělo docházet ke snížení konverze krmiva a v naší studii bylo dosaženo opaku. Zvýší se nám tedy nejen náklady na krmivo, ale i náklady za delší ustájení restringované skupiny. Dále nám naše výsledky ukazují, že pokud restringujeme krmivo, dojde k negativnímu složení svalových vláken *musculus longissimus lumborum et thoracis* u prasat. Z toho nám tedy vyplývá, že restrikce krmiva není správnou volbou, nebo bychom museli zkusit změnit obsah a množství krmné dávky. Jelikož nám restrikce snižuje obsah intramuskulárního a hřbetního tuku, byla by dobrá volba ji využít u sádelnatých plemen prasat.

Předpokládali jsme, že technika podávání krmiva ovlivní konečnou produkční užitkovost prasat. Tuto hypotézu potvrzují, protože jakost vepřového masa a vlastnosti svalových vláken byly částečně u obou skupin odlišné.

8 Literatura

Alterová L. 2001. Klasifikace SEUROP pro prasata již od dubna. Zemědělec [online] [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: <https://zemedelec.cz/klasifikace-seurop-pro-prasata-jiz-od-dubna/>.

Anonym. 2005. Zkrmování rybí moučky prasatům. Krmivářství **3**:14.

Anonym. 2018. Výkrm prasat - efektivně do finále. Biofaktory [online] [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: http://www.trouwnutrition.cz/siteassets/produkty-aservis/broura_vykrm_prasat_a5.pdf.

Arrey D, Brooke P. 2006. Animal welfare aspects of good agricultural practice: pig production. Chapter 11: Environmental enrichment 51-54.

Ashmore CR, Doerr L. 1971. Comparative aspects of muscle fiber types in different species. Experimental Neurology **31**:408–418.

Bahelka I, Hanusová E, Peškovičová D, Demo P. 2007. The effect of sex and slaughter weight on intramuscular fat content and its relationship to carcass traits of pigs. Czech Journal of Animal Science **5**:122–129.

Barták J. 2018. Restrikce krmiva ve výkrmu králíků [online] [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: <https://www.deheus.cz/databaze-znalosti/restrikce-krmiva-ve-vykrmu-kraliku-830>.

Bee G, Calderini M, Biolley C, Guex G, Herzog W, Lindemann MD. 2007. Changes in the histochemical properties and meat quality traits of porcine muscles during the growing-finishing period as affected by feed restriction, slaughter age, or slaughter weight. Czech Journal of Animal Science **85**:1030–1045.

Bečková R. 1997. Možnost zlepšování kvality vepřového masa. Náš chov **8**:17–19.

Bečková R, Václavková E. 2006. Vepřové maso je zdravé. Náš chov. Výzkumný ústav živočišné výroby Praha – Úhřetěves **1**:43-44.

Brzobohaty L, Stupka R, Citek J, Sprysl M, Okrouhla M, Vehovsky K. 2015. The influence of controlled nutrition intensity on the muscle fiber characteristics in fattening pigs. Journal of Central European Agriculture **16**:92–99.

Brook MH, Kaiser KK. 1970. Muscle fiber types: How many and what kind? Archives of Neurology **23**:369-379.

Buckley DJ, Morrissey PA, Gray JI. 1995. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. Journal Animal Science **73**:3122-3130.

Čandek – Potokar M, Lefaucheur L, Žledner B, Bonneau M. 1999. Effect of slaughter weight and/or age on histological characteristics of pig longissimus dorsi muscle as related to meat quality. *Meat Science* **52**:195-203.

Čermák B, Jeroch H. 2005. Výživná hodnota krmiv z řepky – monogastrická zvířata. *Krmivářství* **6**:26-28.

Český statistický úřad. 2018. Výroba masa se zvýšila, klesly ceny jatečných zvířat. [online] [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: http://www.akcr.cz/data_ak/18/k/Stat/Zem1803.pdf.

Čobanovič N, Boškovič M, Vasilev D, Dimitrijevič M, Parunovič N, Djordevič D, Karabasil N. 2016. Effects of various pre-slaughter conditions on pig carcasses and meat quality in a low-input slaughter facility. *South African Journal of Animal Science* **46**:380-390.

ČTK. 2018. V Česku se chová více prasat než loni. Jejich stavy ovšem dlouhodobě klesají [online] [cit. 2019-03-29]. <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/v-cesku-se-chovavice-prasatjejichstavyovsemdlouhodobek/r~88a99476575911e8a79a0cc47ab5f122/?redirected=1553870801>.

Dalle Zotte A, Ouhayoun J. 1998. Effect of genetic origin, diet and weaning weight on carcass composition, muscle physicochemical and histochemical traits in the rabbit. *Meat Science* **50**:471-478.

Dalle Zotte A, Rémignon H, Ouhayoun J. 2004. Effect of feed restriction during post weaning growth on fiber characteristic of Biceps femoris muscle in the rabbit. In: *Proceedings of 8th World Rabbit Congress, September 7 – 10, Puebla, Mexico* 1384-1389.

Dalle Zotte A, Rémignon H, Chiericato GM. 2005. Influence of maternal feed rationing on metabolic and contractile properties of *longissimus lumborum* muscle fibres in the rabbit offspring. *Meat Science* **70**:573-577.

Daszkiewicz T, Bąk T, Denaburski J. 2005. Quality of pork with a different intramuscular fat (IMF) content. *Polish Journal of Food Nutrition Science* **14**:55.

De Huidobro FR, Miguel E, Blázquez B, Onega E. 2005. Comparison between two methods (Warner – Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Science* **3**:527-536.

Daza A, Rodriguez I, Ovejero I, López-bote CJ. 2003. Effect on pig performance of feed restriction during the growth period. *Spanish Journal of Agricultural Research* **1**:3-8.

Di Meo C, Bovera F, Marono S, Vella N, Nizza A. 2007. Effect of feed restriction on performance and feed digestibility in rabbits. *Italian Journal of Animal Science* **6**:765-767.

Dubowitz V, Brooke MH. 1973. Muscle biopsy: A modern approach. W. B. Saunders, London, United Kingdom.

Fiedorowicz E, Sobotka W, Stanek M, Drazbo A. 2016. The effect of dietary protein restriction in finishing pigs on the fat content, fatty acid profile, and atherogenic and thrombogenic indices of pork. *Journal of Elementology* **3**:693-702.

Fisher K. 2003. Aktuelles aus der internationalen Fleischforschung. *Fleischwirtschaft*. Bd. 83, Heft **8**: 88–91.

Gispert M, Furnols MFI, Gil M, Velarde A, Diestre A, Carrion D, Sosnicki AA, Plastow GS. 2007. Relationships between carcass quality parameters and genetic types. *Meat Science* **3**:397–404.

Gondret F, Lebas F, Bonneau M. 2000. Restricted feed intake during fattening reduces intramuscular lipid deposition without modifying muscle fiber characteristics in rabbits. *Journal of Nutrition* **130**:228-233.

Harrison AP, Rowleson AM, Dauncey MJ. 1996. Selective regulation of myofiber differentiation by energy status during postnatal development. *American Journal of Physiology* **39**:667–674.

Hermesch S. 1995. Genetics of meat quality characteristics - australian work. *AGBU Pig Genetics Workshop* 1-5.

Herzig I. 2001. Možnosti náhrady živočišných mouček využitím amarantu. *Krmivářství* **3**:37-38.

Heyer A, Lebreton B. 2007. Compensatory growth response in pigs: effects on growth performance, composition of weight gain at carcass and muscle levels, and meat quality. *Journal of Animal Science* **3**:769-778.

Honikel KO. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* **49**:447–457.

Hovorka F. 1983. Chov prasat. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.

Hrabě J, Buňka F, Hoza I, Březina P. 2007. Technologie výroby potravin živočišného původu pro kombinované studium. UTB ve Zlíně.

Hrubý S. 2001. Nutriční hodnot masa a masných výrobků. *Výživa a potraviny* **5**:133-134.

- Hýbl M, Hochman M, Ondřej M, Nimrichterová H, Bubeník J, Seidenglanz M. 2005. Další vlna zájmu o pěstování lupiny. Vlastnosti a správná agrotechnika, Úroda **10**:32-34.
- Hulot F, Ouhayoun J. 1999. Muscular pH and related traits in rabbits: A review. World Rabbit Science **1**:15-36.
- Cheah KS, Cheah AM, Krausgrill DI. 1995. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. Meat Science **2**:255-264.
- Cheng Q, Sun DW. 2008. Factors affecting the water holding capacity of red meat product: A review of recent research advances. Critical Review in Food Science and Nutrition **2**:137-159.
- Choe JH, Choi YM, Lee SH, Shin HG, Ryu YC, Hong KC. 2008. The relation between glycogen, lactate content and muscle fiber type composition, and their influence on postmortem glycolytic rate and pork quality. Meat Science **80**:355–362.
- Chodová D, Tůmová E, Volek Z. 2017. Restrikce krmiva a kvalita masa brojlerových králíků. Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i. v Praze Uhřetěvesi 1-21.
- Ingr I. 2007. Základy konzervace potravin. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- Ingr I. 2003. Produkce a zpracování masa. Dotisk. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- Ingr I. 2003. Atypické zrání a kažení masa. Český svaz zpracovatelů masa [online] [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: <http://www.cszm.cz/clanek.asp?typ=2&id=895>.
- Ingr I. 1996. Technologie masa, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- Ingr I, Buryška J, Simeonová J. 1993. Hodnocení živočišných výrobků. 1. vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- Ishida M, Doudou Y, Suzuki K, Shimizu T. 1999. Effects of feed restriction on fatty acid composition of meat and adipose tissues in pig. Japanese Journal of Swine Science **4**:152.
- Jandásek J, Gál R, Kučera B, Ingr I. 2008. Kvalita vepřového masa v závislosti na přijímací hmotnosti prasat. Maso **3**:53.
- Jandásek J, Gál R, Ingr I, Sládek M, Poul F. 2004. Meat quality in two hybrid slaughter lines of pigs. Czech Journal of Animal Science **5**:220–225.

Janz J, Morel P, Purchas R, Corrigan V, Cumarasamy S, Wilkinson B, Hendriks W. 2008. The influence of diets supplemented with conjugated linoleic acid, selenium, and vitamin E, with or without animal protein, on the quality of pork from female pigs . *Journal of Animal Science* **6**:1402-1409.

Jedlička M. 2005. Výživa prasat očima odborníků, *Krmivářství* **2**:8-9.

Jeleníková J. 2003. Textura masa a masaných výrobků, Vysoká škola chemicko - technologická, Praha [Ph.D. Thesis].

Jennen DGJ, Brings AD, Liu G, Jungst H, Tholen E, Jonas E, Tesfaye D, Schellander K, Phatsara C. 2007. Genetic aspects concerning drip loss and waterholding capacity of porcine meat. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **124**:2–11.

Jeong JY, Kim GD, Ha DM, Park MJ, Park BC, Joo ST, Lee C. 2012. Relationships of muscle fiber characteristics to dietary energy density, slaughter weight, and muscle quality traits in finishing pigs. *Journal of Animal Science and Technology* **54**:175–183.

Joo ST, Kim GD, Hwang YH., Ryu YC. 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science* **95**:828–836.

Kadlec P. 2002. Technologie potravin I. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická.

Kim GD, Jeong JY, Jung EY, Yang HS, Lim HT, Joo ST. 2013. The influence of fiber size distribution of type IIB on carcass traits and meat quality in pigs. *Meat Science* **94**:267–273.

Kubáň V, Kubáň P. 2007. Analýza potravin. 1. vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

Lád F. 2004. Výživa a krmení prasat ve výkrmu. 2. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací.

Lagin L, Bobček B, Mrázová J, Debrecéni O, Adamec M. 2008. The effect of organic selenium on slaughter value, physical-chemical and technological quality characteristic of pork. *Biotechnology in Animal Husbandry* **24**:97-107.

Larzul C, Lefaucheur L, Ecoleau P, Gogué J, Talmant A, Sellier P, Le Roy P, Monin G. 1997. Phenotypic and genetic parameters for *longissimus muscle* fiber characteristics in relation to growth, carcass, and meat quality traits in large white pigs. *Meat Science* **75**:3126-3137.

Lawrie R. 1998. A Lawrie's meat science. Sixth edition. Woodhead Publishing Limited. Cambridge.

- Lee SH, Kim JM, Ryu YC, Ko KS. 2016. Effects of Morphological Characteristics of Muscle Fibres on Porcine Growth Performance and Pork Quality. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* **36**:583–593.
- Li YX, Cabling MM, Kang HS. 2013. Comparison and Correlation Analysis of Different Swine Breeds Meat Quality. *Asian - Australasian Journal of Animal Sciences* **26**:905-910.
- Lipinski K, Stasiewicz M, Purwin C. 2011. Effects of magnesium on pork quality. *Journal of Elementology* **16**:327–327.
- Listrat A, Lebret B, Louveau I, Astruc T, Bonnet M, Lefaucheur L, Picard B, Bugeon J. 2016. How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *The Scientific World Journal* **2016**:1-14.
- Matoušek V. 1997. Chov prasat a drůbeže. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita.
- Mojto J, Zaujec K. 2003. Analýza krehkosti (strižnej sily) hovadziho masa jatočnej populácie. *Maso* **1**:25-27.
- Njoku CP, Adeyemi OA, Sogunle OM, Aina ABJ. 2015. Growth performance, carcass yield and organ weight of growing pigs fed different levels of feed. *Slovak Journal of Animal Science* **1**:16-22.
- Njoku CP, Aina ABJ, Sogunle OM, Idowu OMO, Osofowora A. 2012. Effect of feeding duration on performace and carcass characteristics of growing pigs. *Online Journal of Animal and Feed Research* **5**:445-449.
- Okrouhlá M, Stupka R, Čítek J, Šprysl M, Kratochvílová H. 2009. The effect of the sex in chemical composition in pork meat. *Research in Pig Breeding* **2**:59–64.
- Okrouhlá M, Stupka R, Čítek J, Šprysl M, Trnka M, Kluzáková E. 2008. Effect of lean meat proportion on the chemical composition of pork. *Czech Journal of Food Sciences* **6**:464–469.
- Oksbjerg N, Henckel P, Rolph T. 1994. Effects of salbutamol, a β 2-adrenergic agonist, on muscles of growing pigs fed different levels of dietary protein: I. Muscle fibre properties and muscle protein accretion. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science* **44**:12-19.
- Orzechowska B, Wojtysiak D. 2008. Relationships between muscle fibre characteristics and physico – chemical properties of *longissimus lumborum* muscle and growth rate in pig fatteners of three breeds. *Animal science papers and reports* **4**:277-285.

Peres LM, Bridi AM, Silva CAD, Andreo N, Barata CCP, Dário JGN. 2014. Effect of supplementing finishing pigs with different sources of chromium on performance and meat quality. *Revista Brasileira de Zootecnia*.**7**:369-375.

Pipek P. 1991. *Technologie masa I.*, Praha, Vysoká škola chemicko – technologická.

Pipek P, Pour M. 1998. *Hodnocení jakosi živočišných produktů*, Praha. Česká zemědělská univerzita.

Pulkrábek J. 2005. *Chov prasat*. Praha: Profi Press, s.r.o.

Pulkrábek J, Vališ L, Vítek M. 2006. *Klasifikace jatečných prasat přístrojem FOM*. Praha Uhřetěves, Výzkumný ústav živočišné výroby.

Rantzer D, Svendsen J, Weström B. 1996. Účinky strategického omezení krmiv na výkonnost a zdraví prasat v období po odstavení, *Acta Agricultureurae Scandinavica*, oddíl A - Animal Science **46**:219-226.

Rehfeldt C, Stickland NC, Fiedler I, Wegner J. 1999. Environmental and genetic factors as sources of variation in skeletal muscle fibre number. *Basic and Applied Myology* **9**:235-253.

Rosenvold K, Andersen HJ. 2003. Factors of significance for pork quality – a review. *Meat Science* **3**:214–237.

Ryu YC, Choi YM, Lee SH, Shin HG, Choe JH, Kim JM. 2008. Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds. *Meat Science* **80**:363–369.

Ryu YC, Choi YM, Kim BC. 2005. Variations in metabolite contents and protein denaturation of the longissimus dorsi muscle in various porcine quality classifications and metabolic rates. *Meat Science* **71**:522–529.

Saláková A, Bořilová G. 2014. *Technologie a hygiena potravin živočišného původu – návody na cvičení*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno.

Sallvik K, Walberg K. 1984. The effect of air velocity and temperature on the behaviour and growth of pigs. *Journal of Agricultural Engineering* **30**:305-312.

Seideman SC, Crouse JD. 1986. The effects of sex condition, genotype and diet on Bovine muscle fiber characteristics. *Meat Science* **17**:55-72.

Senčić Đ, Antunović Z, Kanisek J, Šperanda M. 2005. Fattening, meatness and economic efficiency of fattening pigs. *Acta veterinari* **4**:327-334.

Serrano MP, Valencia DG, Fuentetaja A, Lázaro E, Mateos GG. 2009. Influence of feed restriction and sex on growth performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared indoors. *Journal of Animal Science* **5**:1676-1685.

Schneeberg E, Nováková J. 2005. Aminokyseliny ve výživě prasat. *Náš chov* **2**:40–41.

Sokol JL, Bobel BK, Fabijanskaja M, Bekta M. 2001. Preliminary results on the influence of amaranth seeds on carcass and meat quality of fatteners. *Journal of Animal and Feed Science* **10**:203-208.

Solomon MB, Campbell RG, Steele NC, Caperna TJ, McMurtry JP. 1988. Effect of feed intake and exogenous porcine somatotropin on longissimus muscle fiber characteristics of pigs weighing 55 kilograms live weight. *Journal of Animal Science* **66**:3279–3284.

Steinhauser L. et al. 1995. *Hygiena a technologie masa*. LAST, Tišnov.

Steinhauser L. et al. 2000. *Produkce masa*, Tišnov.

Straka I, Malota L. 2006. *Chemické vyšetření masa (klasické laboratorní metody)*. OSSIS, Tábor.

Straková E, Suchý P, Skřivanová V, Thiemejl J. 2006. Obsah základních živin v semenech vybraných odrůd rodu *Lupinus* z pohledu výživy zvířat, *Agromagazín* **12**:40-43.

Street BR, Gonyou HW. 2008. Effect of housing finishing pigs in two group sizes and two floor space allocations on production, health, behavior, and physiological variables. *Journal of Animal Science* **4**:982–991.

Stupka R, Šprysl M, Čítek J. 2009. *Základy chovu prasat*. 1. vyd. Praha: PowerPrint.

Stupka R, Šprysl M, Čítek J. 2010. Intramuskulární tuk a kvalita vepřového masa. *Náš chov* **1**:39–40.

Swanek SS, Morgan JB, Owens FN, Dolezal HG, Gill DR. 1997. Effects of vitamin D3 supplementation of beef steers on *longissimus muscle* tenderness. *Journal of Animal Sciences* **1**:252.

Šimek J. 2003. Hodnocení postmortálních procesů u vepřového a hovězího masa. [Disertační práce]. VFU Brno [Ph.D. Thesis].

Šimek J, Steinhauser L. 2001. Barva masa. *Maso* **4**:35-38.

Trnka M, Okrouhlá M. 2007. Svalová vlákna – významný ukazatel kvality vepřového masa. *Náš chov* **11**:32–34.

Tůmová E, Skřivanová V, Skřivan M. 2003. Effect of restricted feeding time and quantitative restriction in growing rabbits. *Archiv für Geflügelkunde* **67**:182-190.

Turyk Z, Osek M, Olkowski B, Janocha A. 2014. Pig Feeding under the Potato-green Forage Base System with or without Addition of Herbs versus a Concentrate Based System: Effect on Post-slaughter Performance and Pork Characteristics. *Asian Australian Journal of animal Science* **5**:683-689.

Van der Klein SAS, Silva FA, Kwakkel RP, Zuidhof MJ. 2017. The effect of quantitative feed restriction on allometric growth in broilers. *Poultry Science* **1**:118–126.

Vanschoubroek F, De Wilde R, Lampo P. 1967. The quantitative effects of feed restriction in fattening pigs on weight gain, efficiency of feed utilisation and backfat thickness. *Animal Science* **1**:67-74.

Václavková E, Lustyková A. 2010. Faktory ovlivňující kvalitu vepřového masa. *Náš chov* **7**:2–33.

Válková V, Saláková A, Tremlová B. 2005. Využití instrumentálních metod pro hodnocení barvy a textury u vepřových šunek. *Maso* **6**:8-21.

Velíšek J. 2002. *Chemie potravin* 1. 2. vyd. Tábor: OSSIS.

Volek Z, Tůmová E, Chodová D, Kudrnová E. 2012. Vliv techniky krmení a způsobu ustájení králíků plemene Český albín na redukci produkčních nákladů a zvýšení kvality masa. *Výzkumný ústav živočišné výroby* 1-17.

Vrba J, Kočib J, Gál R. 2010. Vliv způsobu omračování na kvalitu vepřového masa. *Maso* **1**:57–60.

Vrchlabský J, Golda J. 2000. Klasifikace těl jatečných zvířat - klasifikace těl prasat v jatečné úpravě v teplém stavu. *Maso* **3**:12-16.

Wang MQ, Xu ZR. 2004. Effect of chromium nanoparticle on growth performance, carcass characteristics, pork quality and tissue chromium in finishing pigs. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences* **8**:1118-1122.

Xing J, Ngadi M, Gunenc A, Prasher S, et al. 2007. Use of visible spectroscopy for quality classification of intact pork meat. *Journal of Food Engineering* **2**:135-141.

Zralý Z, Písaříková B, Trčková M, Herzig I. 2006. Produkční účinnost krmných směsí se zastoupením amarantu, *Krmivářství* **1**:39-42.

9 Seznam použitých zkratk a symbolů

- ADP – adenosindifosfát
- Aj – a jiné
- AL – *ad libitum*
- Al – hliník
- As – ampér sekunda
- Atd – a tak dále
- ATP – adenosintrifosfát
- BO – bílé otcovské
- Ca – vápník
- Cl – chlór
- CSA – plocha průřezu vláken
- ČBU – české bílé ušlechtilé
- ČL – česká landrase
- ČR – Česká republika
- D – duroc
- DE – stravitelná energie
- DFD – dark – firm – dry -> tmavé – tuhé – suché
- EC – elektrická vodivost
- EU – Evropská unie
- Fe – železo
- G – gram
- h^2 – heritabilita
- HCl – kyselina chlorovodíková
- HPLC – vysokoúčinná kapalinová chromatografie
- I – jód
- IMT – intramuskulární tuk
- JUT – jatečně upravené tělo
- K – draslík
- Kg – kilogram
- KKS – kompletní krmná směs
- Ks – kus
- $m \cdot s^{-1}$ – metr za sekundu
- Mg – hořčík
- MJ – megajoul
- MLLT - *musculus longissimus lumborum et thoracis* = nejdelší bederní a hřbetní sval
- Mm - milimetr
- mm^2 – milimetr čtvereční
- Mn – mangan
- Mo – molybden
- mS – mili siemens
- N – newton
- Na – sodík
- NaCl – chlorid sodný
- P – fosfor
- Pn – pietrain
- PSE – pale – soft – exudative -> bledé – měkké – vodnaté
- R – restrikce
- S – síra
- Se – selen
- TPA – texturová profilová analýza
- Tzv. – tak zvaně
- VIA – počítačová analýza videokamerou
- WBSF – Warner – Bratzlerova síla stříhu
- Zn – zinek
- μm – mikrometr
- μm^2 – mikrometr čtvereční
- αR – rychle stažitelná vlákna s aerobním metabolismem
- βR – pomalu stažitelná vlákna s aerobním metabolismem
- αW – rychle stažitelná vlákna s anaerobním metabolismem
- $^{\circ}C$ – stupně Celsia
- % - procento