

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Kvalita masa z pohledu histochemických analýz

Diplomová práce

Bc. Zuzana Štemberková

Výživa a potraviny

Ing. Monika Okrouhlá, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci "Kvalita masa z pohledu histochemických analýz" 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 13.4.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Monice Okrouhlé, Ph.D. za její odborné vedení a své rodině, partnerovi a přátelům za jejich trpělivost a oporu při psaní této práce a během celého studia.

Kvalita masa z pohledu histochemických analýz

Souhrn

Tato diplomová práce se zabývá vztahem mezi vybranými kvantitativními a kvalitativními parametry jatečné hodnoty masa vepřků a prasniček a charakteristikami svalových vláken. V literární rešerši je definován pojem svalová tkáň a její ontogenetický vývoj, struktura a rozdělení svalových vláken. Dále jsou zde popsány vybrané vlastnosti masa a faktory působící na jeho kvalitu. V neposlední řadě kapitola zabývající se kvalitou masa v závislosti na zastoupení jednotlivých typů svalových vláken.

V druhé části práce byla vyhodnocena data, jež byla získána v rámci experimentu. Pokus pro tuto diplomovou práci byl prováděn v pokusné a Testační stanici chovu prasat v Ploskově u Lán. Do samotné práce bylo zahrnuto celkem 8 prasniček a 8 vepřků. Tato zvířata byla finální hybridní linie 38 firmy Genoservis. Ke krmení prasat byla využita kompletní krmná směs (KKS), jež obsahuje standardně tři hlavní složky (pšenici, ječmen a sójovou moučku) a premix (vitaminy, minerální látky a stopové prvky). V souladu s uvedenou metodikou byla pro každý box dávka míchána samostatně.

U jednotlivých zvířat byly sledovány kvantitativní ukazatelé jatečné hodnoty, tj. hmotnost jatečně upraveného těla, hmotnost pravé a levé půlky, jatečná výtěžnost, podíl libové svaloviny, hmotnost a podíl hlavních masitých částí a plocha jatečné partie pečeně. Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty byly sledovány v jatečné partii pečeně (*musculus longissimus lumborum et thoracis* - MLLT) a byly to: pH₄₅, teplota, elektrická vodivost, barva masa, světlost, textura syrového a vařeného masa a ztráta masové šťávy odkapem. V neposlední řadě byly sledovány parametry určující kvalitu svalových vláken, a to plocha svalových vláken (μm²) typu I, 2A a 2B, počet svalových vláken typu I, 2A a 2B na 1 mm² plochy a zastoupení svalových vláken (%) typu I, 2A a 2B na 1 mm² plochy.

Z výsledků je patrné, že prasničky měly vyšší průměrný denní přírůstek, porážková hmotnost však byla vyšší u vepřků. Dále také z výsledků vyplývá, že kvantitativní charakteristiky jatečné hodnoty ve většině ukazatelích vyšly lépe ve prospěch prasniček. U kvalitativních ukazatelů vyšla většina z nich lépe ve prospěch prasniček. Z výsledků je zřejmý statisticky průkazný ($P=0,001$) rozdíl u obsahu vody ve prospěch vepřků, a dále u obsahu intramuskulárního tuku ($P=0,017$), kdy u vepřků byl vyšší obsah IMT než u prasniček.

Zaznamenané charakteristiky svalových vláken jatečné partie pečeně (MLLT) ve vztahu k pohlaví prasat ukazují, že vepřici měli u svalových vláken všech typů větší průměr, ale nižší počet svalových vláken na 1 mm². Největší zastoupení mají svalová vlákna typu 2B u vepřků i u prasniček. Prasničky mají tedy menší plochu svalových vláken, ale větší jejich počet, což znamená, že jejich vlákna jsou drobnější, než vlákna vepřků.

U vepřků i u prasniček byly nalezeny výsledky některých korelačních ukazatelů mezi kvalitou masa a charakteristikami svalových vláken u jatečné partie pečeně za statisticky průkazné. Výsledky naznačily, že u skupiny vepřků závisí korelační koeficienty na hmotnosti jatečně upraveného těla, ploše MLLT, barevném odstínu a* a b*, světlosti L* elektrické vodivosti a procentu intramuskulárního tuku.

A u prasniček korelační koeficienty vykazují vztahy u ukazatelů barevný odstín a*, pH₄₅ a podíl libové svaloviny ke svalovým vláknům.

Dle výsledků práce lze částečně potvrdit hypotézu, tj. vepřici a prasničky vykazují rozdíly v charakteristice svalových vláken a tyto korelují s některými ukazateli kvality masa z hlediska kvantitativních i kvalitativních charakteristik.

Klíčová slova: zvíře, pohlaví, svalové vlákno, kvalita masa

Meat quality from the point of view of histochemical analyses

Summary

This thesis deals with the relationship between selected quantitative and qualitative parameters of carcass value of barrow and gilts meat and muscle fibre characteristics. The literature search defines the concept of muscle tissue and its ontogenetic development, structure and distribution of muscle fibres. Selected meat characteristics and factors affecting meat quality are also described. Last but not least, a chapter dealing with meat quality in relation to the representation of different types of muscle fibres.

In the second part of the thesis, the data obtained in the experiment were evaluated. The experiment for the thesis was carried out in the test and experimental station of pig breeding in Ploskov near Lány. A total of 8 barrows and 8 gilts were included in the work itself. These animals were the final hybrid line 38 of the Genoservis company. The pigs were fed a complete feed mixture (CFM), which contains three main ingredients (wheat, barley and soya meal) and a premix (vitamins, minerals and trace elements) as standard. In accordance with this methodology, the ration was mixed for each box separately.

The quantitative indicators of carcass value, i.e. carcass weight, right and left half weight, carcass yield, lean muscle percentage, weight and percentage of main fleshy parts and liver carcass area, were monitored for each animal. Carcass quality parameters were monitored in the *musculus longissimus lumborum et thoracis* (MLLT) and were: pH₄₅, temperature, electrical conductivity, meat colour, lightness, texture of raw and cooked meat and loss of meat juice through dripping. Finally, parameters determining the quality of muscle fibers were monitored, namely the area of muscle fibers (μm^2) of type I, 2A and 2B, the number of type I, 2A and 2B muscle fibers per 1 mm² of area and the percentage of type I, 2A and 2B muscle fibers per 1 mm² of area.

The results showed that gilts had higher average daily gain, but slaughter weight was higher in barrows. Furthermore, the results also show that the quantitative characteristics of carcass value in most parameters were better in favour of gilts. For the qualitative characteristics, most of them were better in favour of gilts. The results show a statistically significant ($P=0.001$) difference in water content in favour of gilts and in intramuscular fat content ($P=0.017$). Barrows had higher IMF content than gilts.

The observed muscle fibre characteristics of the ham carcass in relation to pig sex showed that male pigs had a larger diameter but a lower number of muscle fibres per 1 mm² for all muscle fibre types. Type 2B muscle fibres were the most abundant in both male and female pigs. Thus, gilts have a smaller fiber area but a greater number of fibers, which means that their fibers are smaller than those of barrows.

In both barrows and gilts, some of the results of the correlation between meat quality and muscle fibre characteristics in the ham carcass were found to be statistically significant. The results showed that for the group of barrows, the correlation coefficients depended on carcass weight, MLLT area, a* and b* colour shade, L* electrical conductivity lightness and percentage of intramuscular fat.

And in gilts, the correlation coefficients show relationships for the parameters colour shade a*, pH₄₅ and percentage of lean muscle to muscle fibre.

According to the results of the study, the hypothesis that barrows and gilts show different muscle fiber characteristics that are partially correlated with some meat quality indicators in terms of quantitative and qualitative characteristics can be confirmed.

Keywords: animal, gender, muscle fibre, meat quality

Obsah

1	Úvod	10
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	12
2.1	Vědecká hypotéza	12
2.2	Cíle práce	12
3	Literární rešerše	13
3.1	Svalová tkáň	13
3.1.1	Ontogenetický vývoj svalů	14
3.1.2	Struktura svalového vlákna	14
3.1.3	Typy svalových vláken	16
3.2	Faktory ovlivňující kvalitu masa	17
3.2.1	Vnitřní vlivy	17
3.2.1.1	Druh zvířete	17
3.2.1.2	Genotyp	19
3.2.1.3	Plemeno	20
3.2.1.4	Pohlaví	21
3.2.1.5	Věk	22
3.2.1.6	Porážková hmotnost	22
3.2.1.7	Chemické složení	22
3.2.1.8	Vlastnosti masa	24
3.2.2	Vnější vlivy	25
3.2.2.1	Výživa	25
3.2.2.2	Způsob chovu	26
3.3	Kvalita masa v závislosti na zastoupení typů svalových vláken	27
4	Metodika	28
4.1	Zvířata	28
4.2	Ustájení zvířat	28
4.3	Výživa zvířat	28
4.4	Jatečná hodnota	28
4.4.1	Kvantitativní ukazatelé jatečné hodnoty	28
4.4.2	Kvalitativní ukazatelé jatečné hodnoty	28
4.4.2.1	Fyzikální ukazatele jatečné hodnoty	28
4.4.2.2	Stanovení chemických analýz	29
4.4.2.3	Histologie	29
4.5	Statistické vyhodnocení	29
5	Výsledky	30

6	Diskuze	39
6.1	Vnitřní vlivy	39
6.2	Vnější vlivy.....	39
6.3	Kvalita masa v závislosti na zastoupení typů svalových vláken	40
7	Závěr	41
8	Literatura.....	42
9	Seznam použitých zkratk a symbolů	50
10	Seznam tabulek a obrázků	52

1 Úvod

Za dob našich prapředků, kteří začali používat oheň k úpravě pokrmů, došlo k velkému historickému přelomu, jelikož díky tomuto technologickému vývoji začali jíst maso nejen, aby přežili, ale také protože jim díky tomuto opracování jídlo začalo chutnat. To znamená, že již od počátku má maso pro člověka téměř nenahraditelnou roli. Přes to, že je trendem současnosti vegetariánství a veganství, spotřeba masa každým rokem stoupá. Od roku 1989 byl znatelný trend snižování konzumace masa z 97,4 kg/obyvatele na 74,8 kg, kde se v roce 2013 zastavil. Od té doby konzumace opět stoupla a v roce 2021 připadlo na jednoho obyvatele 86,0 kg masa.

Maso je důležitým zdrojem plnohodnotných bílkovin (obsahují všechny esenciální aminokyseliny), kterých je v libovém mase obsaženo okolo 21 %. Tyto bílkoviny nemohou být adekvátně nahrazeny rostlinnými produkty. Velkou součástí masa je tuk. Je uložený ve třech podobách, a to částečně uvnitř svalových buněk (intracelulární), částečně mezi svalovými vlákny (intercelulární) a nejvíce v základu celé tukové tkáně (extracelulární). Intramuskulární tuk je senzorycky nenahraditelný, jelikož zajišťuje křehkost masa, avšak jeho obsah ve svalovině není nijak vysoký, uvádí se jen pár procent. Tento typ tuku vytváří na svalovině tzv. mramorování, kterým je označován známý, na řezu viditelný, charakteristický vzhled. Bohaté je maso také na obsah železa (Fe), které je důležité pro správnou funkci krevního oběhu a pro okysličení orgánů v těle. Dále maso obsahuje draslík (K), jehož hlavní funkcí je snižování krevního tlaku, podpora svalového tonu, též se podílí na funkci kardiovaskulárního systému a v neposlední řadě ovlivňuje stabilitu vnitřního prostředí a nervový systém. Dalším prvkem, který můžeme najít v mase je fosfor (P), jež napomáhá v těle s látkovou výměnou a pomáhá vápníku (Ca) s péčí o tvorbu zubů a kostí. Maso je rovněž významným zdrojem vitaminů skupiny B, a to převážně vitaminy B₁, B₂ a B₃, které jsou důležité pro správnou funkci metabolismu.

Nejvýznamnějším odvětvím v živočišné výrobě je chov prasat, jelikož se jedná o velmi výkonná zvířata, která mají zároveň ideální intenzitu růstu. Vepřové maso je mezi konzumenty oblíbeno nejen pro své sensorické, ale také kulinařské vlastnosti. Za účelem zvýšení zmasilosti a snížení obsahu tuku, se provádí šlechtění prasat.

Faktory, jež ovlivňují kvalitu masa, můžeme rozdělit na vnitřní a vnější. Mezi vnitřní faktory patří chemické složení, vlastnosti masa, druh zvířete, plemeno, genotyp, pohlaví, věk a porážková hmotnost. Nejznámějšími vnějšími faktory jsou výživa a způsob chovu zvířete. Zmíněná výživa prasat je považována za nejdůležitější vnější faktor, jelikož ovlivňuje růst, vývoj, ale také ekonomickou produktivitu. Restrikce či *ad libitní* krmení mohou mít zásadní vliv na růst svaloviny a tím i svalových vláken. Na vlastnosti masa může mít vliv také samotné složení krmiva, zvolený druh zrna, dostatečné množství a podávání krmiva doplňkového.

Svalová tkáň je jedním ze čtyř základních typů tkání v těle jatečných zvířat, která jim umožňuje pohyb. Dělí se na svalovinu příčně pruhovanou, hladkou a srdeční. Hlavní stavební jednotkou příčně pruhované svaloviny je svalové vlákno, jehož stavba se liší na základě několika faktorů, jako je věk, druh zvířete, pohlaví a intenzita zatěžování svalů. Biologické procesy *post mortem* a kvalita masa jsou ovlivňovány právě různými typy svalových vláken, jejich složením a hustotou. Textura, jež zahrnuje vlastnosti, jako měkkost, křehkost a konzistenci, je nejvýznamnější vlastnost umožňující technologické zpracování masa. Na

konečné kvalitě masa se podílí tři stěžejní složky svalu, tedy svalová vlákna, pojivová tkáň a tuková tkáň.

Druh zvířete hraje bezpochyby velice důležitou roli v rozdílech kvality masa, jelikož se liší mezidruhově v chemickém složení a i v samotných vlastnostech masa. Nejvýznamnější jsou rozdíly v obsahu tuku, poměru svaloviny, pojivové tkáně, ale také v chemickém složení. Pouhým okem lze vidět barevné rozdíly, způsobené obsahem hemových barviv, které se liší druh od druhu.

Růst, vývin, složení a obecně většinu vlastností masa může ovlivňovat také věk. Nejdříve se vyvine hlava, končetiny a kosti, následně svalstvo a až úplně na závěr tuková tkáň. Během dospívání je aktivnější rozvoj svalové hmoty, kdežto v dospělosti je výrazně intenzivnější ukládání tukové hmoty. Počet svalových vláken u prasete je dán již od prenatálního stádia, později se zvětšuje už jen jejich průměr a délka.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

2.1 Vědecká hypotéza

Jednotlivá pohlaví mají různou intenzitu růstu a zároveň s vyšší hmotností zvířete dochází ke zvětšení jednotlivých svalových vláken. Předpokládáme, že mezi pohlavím zvířat dochází k odlišnému vývoji jednotlivých typů svalových vláken, které tak mohou mít vliv i na konečnou kvalitu masa.

2.2 Cíle práce

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit charakteristiky svalových vláken u zvířat různého pohlaví (vepřík, prasnička) s ohledem na kvalitu masa.

3 Literární rešerše

3.1 Svalová tkáň

Svalová tkáň patří mezi čtyři základní typy tkání těla jatečných zvířat a dalo by se říci, že je typem nejdůležitějším. Skládá se ze svalových buněk nebo tvoří soubuní, tzv. syncytium.

Svalová tkáň je kontraktilní tkáň, která umožňuje zvířatům provádět pohyb (Sláma 2015). Její základní vlastností je přeměna energie chemických vazeb na mechanickou práci. Svalová tkáň vzniká většinou ze středního zárodečného listu, tj. mesodermu, popř. i z mesenchymu. Jejím základem jsou buňky nebo soubory buněk (soubuní), které jsou uspořádané do vyšších strukturálních úrovní (Trochtová 2015).

Podle Reece (1998) lze svalovou tkáň rozdělit do tří skupin na:

- svalovinu příčně pruhovanou (kosterní), která je stavební tkání kosterních svalů,
- svalovinu hladkou, která je součástí vnitřních orgánů,
- svalovinu srdeční, tvořící jediný sval – srdce.

Příčně pruhovaná svalovina, nebo také kosterní či žíhaná je specifická tím, že se nachází v místech, kde se může upnout na pevný skelet a tím vytvořit vlastní pohybový aparát. Je zároveň ovládána somatickým nervovým systémem (Pipek 1993). Kosterní svalovina je velmi heterogenní tkáň, která se skládá z mnoha funkčně diferenciovaných typů svalových vláken (Choi & Kim 2009). Mimo svalová vlákna obsahuje kosterní svalovina také tukovou, vazivovou a nervovou tkáň a cévy. Počet a velikost svalových vláken ovlivňuje vývoj svalů, což je z velké části dáno plemenem zvířete. Každé plemeno má jinak geneticky dané sklony k vlastnostem, mezi které patří složení jatečně upraveného těla a kvalita masa (Zhao et al. 2020).

Hladká svalovina je součástí vnitřních dutých orgánů, ale také lze buňky hladké svaloviny najít v kůži. V trávicím traktu je při zpracovávání střev na obaly masných výrobků zásadní (Steinhauser et al. 1995).

Srdeční svalovina je tvořena pouze jedním svalem a tím je srdce. Je svou strukturou podobná příčně pruhované svalovině. Tím, že je ovládaná vegetativním nervstvem a tím pádem ji nelze ovládat vůlí je zase podobná hladké svalovině (Pipek 1993).

Podle Zochowski et al. (2005) mají mladá zvířata svaly složeny z vláken o menší ploše. Tato vlákna se vyznačují tenčím perimysiem a endomysiem, než vlákna starších zvířat. Bylo zjištěno, že s narůstajícím věkem zvířat dochází ke zvětšování průměru svalových vláken a také roste tloušťka perimysia a endomysia s rostoucí hmotností zvířat. U většiny druhů hospodářských zvířat se na příčném řezu svalů jeví zobrazení typů svalových vláken jako „dvoubarevná mozaika“.

3.1.1 Ontogenetický vývoj svalů

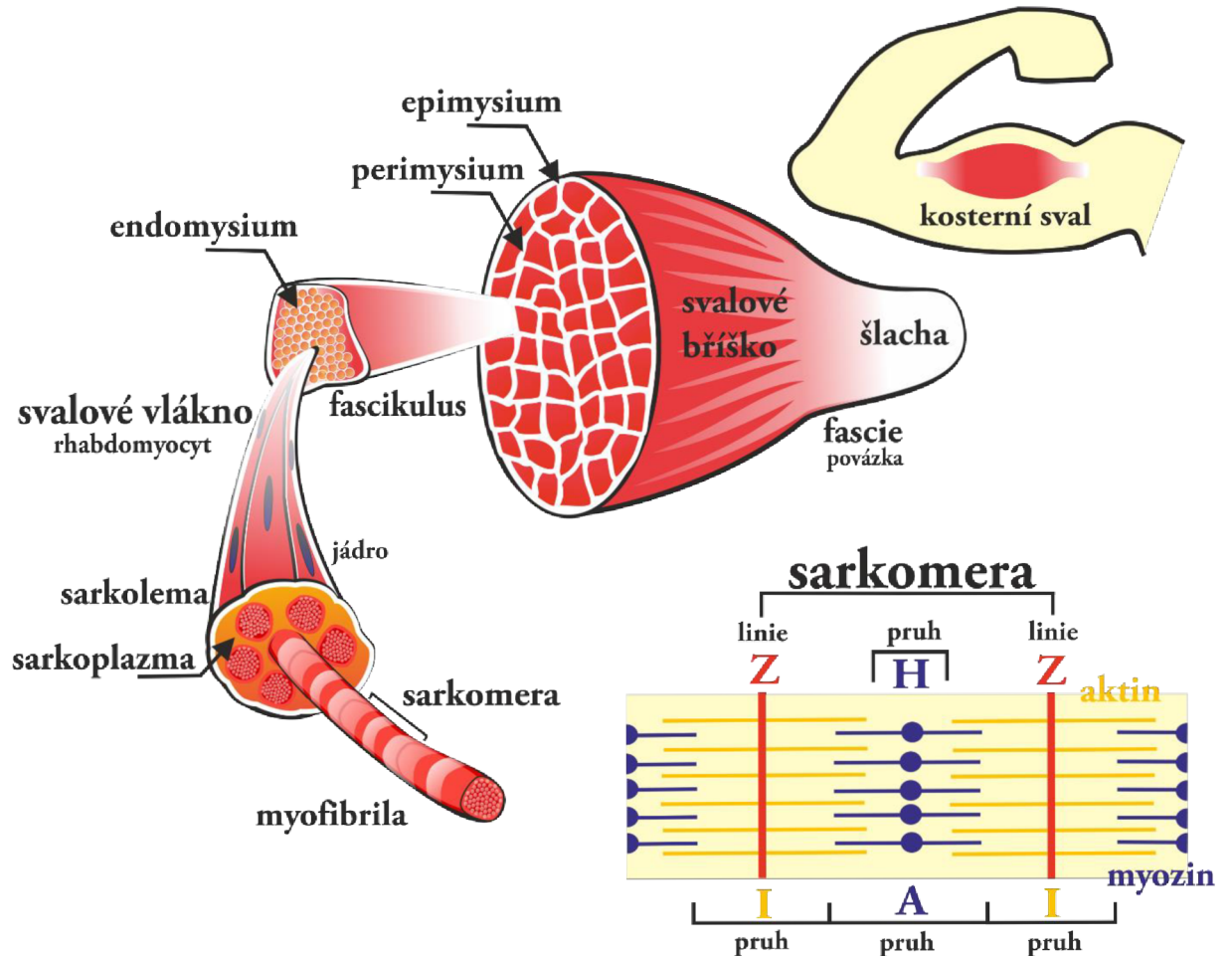
Svaly se, až na některé drobné výjimky, vyvíjí ze středního zárodečného listu, tzv. mezodermu. V oblasti trupu svaly vznikají z myotomů, což jsou ventrolaterální části tělních segmentů, které se dělí na episomatickou a hyposomatickou složku. Z hyposomatické, neboli podosové části vznikají hrudní, ventrální svaly páteře a břišní svaly a z episomatické, neboli nadosové části vznikají svaly hřbetní. V myomerách zůstávají myoblasty, které tvoří krátké svaly trupu a díky kterým zůstává zachováno uspořádání svalů. Povrchové části myomer spolu srůstají, čímž tvoří dlouhé svaly páteře a každé myomeře zůstane zachována její segmentální inervace. Další myoblasty myomeru opouštějí a díky tomu vznikají specializované svaly a skupiny svalů (König & Liebich 2003).

3.1.2 Struktura svalového vlákna

Svalové vlákno, neboli myofibra je hlavní funkční a stavební jednotkou příčně pruhované svaloviny (kosterního svalu). Jedná se o mnohjadernou strukturu, která vznikla splynutím velkého množství buněk, a jejíž délka je závislá na stavbě svalu a tloušťka na genetické determinaci. Tento útvar se jinak nazývá soubuní, neboli syncytium (Sláma 2015). Různé typy vláken se liší svými strukturními, metabolickými a molekulárními vlastnostmi, což znamená, že je lze klasifikovat dle různých parametrů. Vlastnosti svalových vláken jsou proto jedním z nejdůležitějších faktorů, ovlivňujících jak metabolismus energie v kosterní svalovině, tak následné posmrtné změny (Choi & Kim 2009). Histologicky se jedná o velké buňky, které se diferencují z myoblastů, které se vyvíjí z prekurzorových buněk mezodermálního původu - myotomů. Během procesu myogeneze se svalová vlákna tvoří ze dvou odlišných skupin myoblastů. Primární vlákna, která jsou formována během prvotního stádia splynutí myoblastů. A sekundární vlákna, která mají základní kostru z primárních vláken a jsou tvořena ze zárodečných myoblastů při druhé vlně diferenciaci (Wigmore & Evans 2002). Každé primární vlákno obklopuje různý počet vláken sekundárních. U prasat může toto číslo být i vyšší než 20. Primární vlákna jsou u prasat formována většinou do 60. dne života a sekundární vlákna od 54. do 90. dne prenatalního vývoje. Satelitní buňky jsou podskupinou myoblastů, které zůstávají nediferencované a jsou schopny se v postnatálním vývoji do určité míry dělit za vzniku nových vláken. Nárůst svalové hmoty po narození u zvířat je však připisován zvětšení velikosti vláken, tj. svalové hypertrofii. Aktivita satelitních buněk doprovází tento proces a slouží jako zdroj nových jader, která jsou integrována do již dotvořených svalových vláken (Rehfeldt et al. 2004). Svaly novorozenců jsou složeny z tenkých svalových vláken, okolo 5 - 10 μm tloušťky, zatímco svaly dospělých jedinců mají tloušťku 50 - 100 μm . Nejsilnější vlákna se nacházejí v nejvíce zatěžovaných svalech (Marvan et al. 2010). Sval se skládá ze $10^4 - 10^6$ svalových vláken, které mohou mít délku od několika mm do 30 cm (Sova et al. 1990).

Schiaffino & Reggiani (1996) popsali čtyři typy svalových vláken na základě jejich kontraktálních vlastností a charakterizovali je podle izoform těžkého řetězce myosinu (MyHC). Většina svalů obsahuje všechny čtyři typy vláken: I – pomalý oxidativní typ (červená vlákna), IIA a IIX – rychlý oxidačně-glykolytický typ (bílá vlákna) a IIB - rychlý glykolytický typ (bílá vlákna). Izoforma je termín, který popisuje proteiny, které jsou si podobné dostatečně na to, aby se mohly vzájemně zastoupit, ale zároveň tak odlišné, že pro svalová vlákna plní

různé funkce (Reggiani & Mascarello 2004). Nejhojněji se v kosterní svalovině vyskytuje bílkovina myosin, která se skládá z těžkých a lehkých řetězců a je považována za vzor určující typ svalového vlákna. Pomalá oxidační svalová vlákna I tvoří pomalé izoformy MyHC a rychlá vlákna IIA, IIX a IIB tvoří rychlé izoformy MyHC (Choe et al. 2010).



Obrázek 1 Struktura svalového vlákna dle (<https://1url.cz/JuPQD>)

3.1.3 Typy svalových vláken

Morfologicky lze svalová vlákna rozdělit na základě množství myofibril a sarkoplazmy na červená vlákna (pomalá) a bílá vlákna (rychlá). Bílá vlákna mají větší průměr, než vlákna červená, mají méně myofibril a svalového barviva myoglobinu. Svalové kontrakce bílých vláken mají kratší trvání a jsou schopny obratnějších pohybů. Červená vlákna získávají energii procesy oxidace a bílá vlákna anaerobní glykolýzou (Marvan et al. 2010).

Obecně vzato jsou červená vlákna tonická, což znamená, že jsou zodpovědná za stabilitu a fixaci těla při pohybu a za držení těla v prostoru. Také jsou uložena v hlubší vrstvě, jsou to vlákna pomalá, která se uplatňují při méně intenzivní svalové práci, jež trvá delší dobu, přesto je jejich kontrakce velice silná. Tato vlákna jsou hodně prokrvená a obsahují větší množství myoglobinu (svalového barviva), který jim dodává červenější barvu a sarkoplazmy (Lorencová 2016). Bílá vlákna, jinak nazývaná jako rychlá, mají menší obsah myoglobinu a menší počet mitochondrií. Jsou silnější než červená vlákna, smršťují se velice rychle, což však znamená, že se i rychle unaví. Příčinou rychlé únavy bílých vláken je malá energetická zásoba, která se projevuje menším obsahem myoglobinu (Jelínek 2010).

Reece (1998) dále klasifikoval vlákna na typ přechodný (intermediální), s charakteristikami někde mezi vláknem bílým a červeným, jako je vysoký obsah myoglobinu, pomalá rychlost kontrakce a minimální unavitelnost. Brooke & Kaiser (1970) klasifikují vlákna na typy I, IIA, IIB a IIC na základě citlivosti ATP na různé hodnoty pH. Vlákna I obsahují velmi malé množství ATP a fosforylázy, zato nízký obsah oxidativních enzymů. Vlákna typu II mají naopak vyšší obsah ATP a fosforylázy a naopak nízký podíl oxidativních enzymů. Tato vlákna jsou dále klasifikována na IIA, IIB a IIC na základě jejich nestability při různých hodnotách pH. Vlákna IIA a IIC jsou si velice podobná, liší se pouze ve barvou. Vlákna typu IIB do značné míry ovlivňují kvalitu vepřového masa svým obsahem ve svalu.

Lefaucheur & Gerrard (2000) zkoumali svalová vlákna dle rychlosti kontrakce svalu a metabolického typu, čímž rozdělili svalová vlákna na STO (pomalá oxidační), FTO (rychlá oxidační) a FTG (rychlá glykolytická). Peter et al. (1972) dle histochemického barvení oxidačním enzymem NADH (tetrazolium reduktázy) a rozdílné aktivity rozdělil svalová vlákna na SO, FOG a FG, přičemž SO jsou vlákna červená, pomalá oxidační, FOG jsou přechodná vlákna rychlá oxidační-glykolytická a FG jsou bílá vlákna rychlá glykolytická.

Na rozdělení svalových vláken se zaměřili i Reggiani & Mascarello (2004), kteří je sledovali podle dvou kritérií, a to rychlost kontrakce a schopnost vyrovnat se se ztrátou energie způsobenou kontrakcí. Proto se vlákna dělí na S = pomalá a vytrvalá, FR = rychlá a vytrvalá a FF = rychlá a snadno unavitelná.

Ashmore & Doerr (1971) klasifikovali vlákna dle kontrakce v kombinaci s metabolickými charakteristikami na αR a αW což jsou rychle stažitelná vlákna, přičemž R jsou oxidativní a W glykolytická a βR , neboli pomalu stažitelná oxidativní vlákna. Metabolické profily rozdělují vlákna na červená (R), neboli oxidativní a bílá (W), neboli glykolytická, která obsahují vysoké množství glykogenu. Podobně rozdělili vlákna také Larzul et al. (1997), kteří vlákna označili I, IIA, IIBr, IIBw. Malé r je index, jež značí oxidativní vlákna a w vlákna glykolytická. Vlákna typu IIA a IIBr mají podle Ashmore & Doerra (1971) stejné vlastnosti, jako vlákna αR . Vlákna typu I odpovídají vláknům βR a IIBw zase vláknům αW .

Tabulka 1 Rozdělení typů svalových vláken (chronologicky)

Autoři	Dle	Typy svalových vláken			
Brooke & Kaiser (1970)	Citlivosti ATP k odlišnému pH	I	IIA	IIB	IIC
Ashmore & Doerr (1971)	Kontrakce a metabolické charakteristiky	α R	α W	β R	
Peter et al. (1972)	Histochemického barvení oxidačním enzymem NADH	SO	FOG	FG	
Larzul et al. (1997)	Metabolismu	I	IIA	IIBr	IIBw
Reece (1998)	Fyziologických vlastností a obsahu myoglobinu	Č*	B**	P***	
Lefaucheur & Gerrard (2000)	Rychlosti kontrakce svalu a druhu metabolismu	STO	FTO	FTG	
Reggiani & Mascarello (2004)	Rychlosti kontrakce a vyrováním se se ztrátou energie kontrakcí	S	FR	FF	

Poznámka: Č= červená ** B= bílá ***P= přechodná

3.2 Faktory ovlivňující kvalitu masa

3.2.1 Vnitřní vlivy

3.2.1.1 Druh zvířete

Rozdíl v kvalitě masa ovlivňuje také druh zvířete, jelikož mezi jednotlivými druhy se maso liší jak chemickým složením, tak samotnými vlastnostmi masa. Nejvýraznější rozdíly jsou především v obsahu tuku, poměru svaloviny, pojivové tkáně, ale také v chemickém složení jako je křehkost masa, vaznost, barva, aroma a především chuť (Steinhauser et al. 1995).

Barva je jedním z hlavních rozdílů, který lze vidět pouhým okem. Tento rozdíl je způsoben obsahem hemových barviv, který je u každého druhu odlišný (Simeonovová et al. 2003). Obsah hemového barviva dle druhů je uveden v Tabulce 2.

Tabulka 2 Obsah hemových barviv u jednotlivých druhů zvířat (Steinhauser et al. 1995)

Druh masa	Obsah hemových barviv (mg.kg ⁻¹)
kuřecí	126
vepřové	254 - 3500
hovězí	1700 - 7500
mufloni	7000 - 10000

Vlastnosti masa u různých druhů zvířat se tedy značně odlišují, například vepřové maso je typické pro své aroma a slabě nasládlou chuť. Zpravidla bývá prorostlé a tučnější, po uvaření

je bledě šedé. Hovězí maso bývá významně ovlivněno věkem, kdy bylo zvíře na porážce. Za syrova je tmavě červené a po uvaření šedohnědé (Simeonovová et al. 2003).

Zvířata se také odlišují svou náchylností ke stresu. Skot, kozy a ovce (přežvýkavci) nejsou ke stresu náchylní v takové míře, jako například drůbež a prasata (Adzitey 2011).

Skot

Plemena skotu se dělí na:

- masná,
- mléčná,
- kombinovaná (Simeonovová et al. 2003).

Intenzita růstu a ukládání vnitrosvalového tuku jsou nejdůležitějšími rozdíly mezi užitkovými typy skotu. Největší intenzity růstu a ukládání tuku dosahují masná plemena, mezi která patří například hereford, který je nejrozšířenějším masným plemenem nebo také charolais. Zvýšená intenzita ukládání vnitrosvalového tuku způsobuje tzv. mramorování masa. Na druhou stranu nejméně rostou a ukládají tuk plemena mléčná (Simeonovová et al. 2003).

Významný vliv má plemeno také na křehkost masa. Hanzelková et al. (2011) se ve své studii zabývali hodnocením masa masných plemen (charolais a galloway), plemen kombinovaných (český strakatý skot a simmental) a jejich kříženců. Nejlépe v testu hodnocení křehkosti dopadlo maso plemene galloway, nejhůře plemeno simmental. Také zaznamenávali změny textury v průběhu zrání masa a zjistili, že u českého strakatého skotu ve stavu *rigor mortis* maso velmi ztvrdlo, avšak později v průběhu zrání se tento stav výrazně zlepšil. Naopak plemeno simmental zaznamenalo nejmenší zlepšení textury v průběhu zrání. Závěrem této studie je zjištění, že plemeno do jisté míry ovlivňuje křehkost masa.

Prasata

Plemena prasat rozdělujeme podle užitkového typu na:

- masná,
- sádelná,
- kombinovaná (sádelnomasná, masnosádelná) (Simeonovová et al. 2003).

Pro produkci masa jsou z velké části používána masná plemena, která jsou cíleně šlechtěna na vysoký obsah zmasilosti (Simeonovová et al. 2003). Vyznačují se mimo jiné velmi kvalitně vyvinutým hřbetním a bederním svalstvem (Stupka et al. 2009).

Důraz na výběr plemene se klade hlavně proto, že na tom závisí, jak moc bude kvalita masa ovlivněna vnějšími faktory. Vybereme-li například plemeno šlechtěné pro rychlý růst a omezenou tučnost, ostatní faktory nebudou mít tak významný dopad na finální kvalitu masa. Naopak pokud vybereme plemeno, které neroste tak rychle a má větší podíl tukové hmoty, bude konečná kvalita masa záviset z velké části také na vnějších faktorech, jako je způsob chovu a výživa zvířete (Bonneau & Lebret 2010).

Kur domácí

Základní genotyp kuřat rozdělujeme podle užitkového typu na:

- masné,
- nosné.

Nosná plemena se využívají výhradně k chovu pro snášku vajec. Masná plemena neboli brojleři, jsou primárně pro masnou užitkovost. Jsou šlechtěna k optimální rychlosti a intenzitě růstu svalové hmoty, aby při porážce byla jejich svalová tkáň maximálně vyvinuta. S přibývajícím věkem dosahuje nejvyššího nárůstu (v druhé polovině výkrmu) prsní svalovina, a tím se zvyšuje její výtěžnost a naopak se snižuje zastoupení stehenní svaloviny (Petr & Louda 1998, Saláková 2014).

3.2.1.2 Genotyp

Při určení kvality masa, konkrétně vepřového, hraje další velmi důležitou roli genetika. Genetické vlivy lze rozdělit na polygenní (velké množství genů s malými účinky) a monogenní (menší počet genů, ale s velkým účinkem, např. RYR) (Miar et al. 2015, Keenan 2016).

Gen RYR 1

Vady vepřového masa, např. DFD nebo PSE, jsou nejčastějšími problémy, které mohou ovlivnit spotřebitele při nákupu masa. Mezi důvody pro tyto vady patří stres, špatné zacházení těsně před porážením zvířete, nebo dané genetické predispozice (Salas & Mingala 2017). Tlak moderní produkce vepřového masa na větší obsah libové svaloviny a rychlejší růst vede k výraznému zvýšení náchylnosti ke stresu, snížení rezistence vůči nemocem a celkovému zhoršení kvality masa.

Větší obsahu libové svaloviny může také způsobit vysoká četnost genu ryanodiového receptoru (RYR1). Tento gen má sice pozitivní účinky na celkové množství masa, ale negativní účinky na jeho kvalitu (Cobanovic et al. 2019). RYR 1 je považován za nejdůležitější příčinný gen prasat (Čítek 2019). Objevení tohoto receptoru umožnilo rozpoznání prasat citlivých na výskyt prasečího stresového syndromu (PSS), maligní hypertermii (MH) a odchylku PSE (Salas & Mingala 2017). Mutace RYR 1 v kosterních svalech zvyšuje uvolňování vápníku, který urychluje glykolýzu, následkem toho se sníží pH v počátečním stádiu *post mortem*, denaturaci bílkovin a ztráta jejich funkčnosti (Rehfeldt et al. 2004).

U prasat s genem RYR 1 ve formě recesivního homozygotu (genotyp nn) se vyskytuje lepší transformace krmiva, časnější růst, velmi dobrý obsah libového masa ve srovnání s prasaty, která tuto mutaci nemají (genotyp NN) a to kvůli horšímu poměru kostí a tuku a lepšího rozmístění hmotnosti. Zároveň bylo zjištěno, že prasata genotypu nn mají vyšší úmrtnost v období před porážkou a jsou náchylnější k produkci masa s vadou PSE (Cobanovic et al. 2019). Prasata, jež nosí tento genotyp, mívají bledé, měkké a vodnaté maso, avšak jak je již uvedeno výše, mívají větší jatečnou výtěžnost a zvýšený obsah libového masa. Co se týče mikroskopické struktury, tyto změny se na svalovém vlákne projevují zvětšením plochy vláken,

snížením kapilární hustoty a častějšímu výskytu abnormalit, jako jsou „obří“ vlákna (Rehfeldt et al. 2004).

Cobanovic et al. (2019) si stanovil jako cíl své studie zjistit účinky mutace RYR 1 na zdravotní stav, vhodné životní prostředí zvířat, JUT (jatečně upravené tělo) a kvalitu masa u jatečných prasat. Samotné výsledky studie potvrzují, že heterozygotní zvířata, obsahující alelu n, jsou citlivější na stres, negativně ovlivněni v ohledu životního prostředí a kvality masa, jelikož alela n zvyšuje obsah jak laktátu a glukózy v krvi a současně navyšuje výskyt odchylek masa PSE. Tato prasata mají zároveň i větší predispozice pro pneumonii, což je důkazem o vyšší náchylnosti k přenosným nemocem. Avšak na druhou stranu byla u prasat s alelou n prokázána větší živá hmotnost, kvalita a hmotnost JUT.

3.2.1.3 Plemeno

Jedním z faktorů, jež ovlivňují vlastnosti svalových vláken z živočišných druhů, je plemeno. Chov a šlechtění zvířat pro urychlení růstu a zvýšení podílu libové svaloviny ovlivňuje postupný posun svalového metabolismu od oxidativního typu (červeného) ke glykolytickému (bílému) typu vláken (Joo et al. 2013). Rede et al. (1986) ve své studii srovnávali původní plemena mangalica a černé slavonské s plemeny large white a švédská landrace, která jsou silně prošlechtěna. Výsledky této studie poukázaly na fakt, že prošlechtěná plemena měla větší zastoupení bílých vláken, než plemena primitivní a také, že měla tato svalová vlákna větší průměr.

Rehfeldt et al. (2004) srovnávali počty svalových vláken a jejich průměr v *m. longissimus* u plemen německá landrace, leicoma, německé velké bílé prase, schwerfurter, saddle back a pietrain. Největší průměr svalových vláken byl stanoven u prasat plemene peitrain. U plemene schwerfurter byl zaznamenán největší počet svalových vláken a u plemene saddle back byl zaznamenán nejmenší průměr, i počet svalových vláken.

Jaký má vliv plemeno na svalové charakteristiky ve své studii ověřovali Ryu et al. (2008). V této studii byla použita plemena landrace, berkshire, yorkshire a jejich tříplemenný hybrid. Nebyly zaznamenány žádné významné rozdíly v počtu svalových vláken, avšak největší průměr byl jednoznačně registrován u plemene berkshire a nejmenší u kříženého plemene. V tabulce 3 je znázorněno procentuální zastoupení jednotlivých typů svalových vláken u zkoumaných plemen.

Tabulka 3 Zastoupení typů svalových vláken u vybraných plemen prasat (Ryu et al. 2008)

Zastoupení typů svalových vláken (%)				
Plemeno	berkshire	yorkshire	landrace	hybrid (B x L x Y)
Typ I	10,69	8,92	9,14	8,13
Typ 2A	9,02	10,61	9,4	12,44
Typ 2B	80,29	80,47	81,53	79,43

Poznámka: %= procento

Choi et al. (2016) ve své studii srovnávali kvalitu vepřového masa u třicestných kříženců a čistokrevných prasat. V této studii bylo použito celkem 79 prasat, přičemž 15 prasat bylo čistokrevné plemeno landrace, 15 čistokrevných prasat duroc, 20 čistokrevných prasat yorkshire a 29 kříženců těchto tří druhů (LYD, LYD = landrace, yorkshire, duroc). V *m. longissimus* mělo největší podíl tuku plemeno duroc. Po dobu skladování (14 dní) si všechna jatečná těla zachovávala normální hodnoty pH (5,4 až 5,6). 24 hodin po porážce byly vyšší pH hodnoty naměřené u plemene landrace, než u kříženého plemene. Výsledkem tohoto pokusu bylo zjištění, že maso čistokrevných prasat lze z hlediska kvality masa považovat za lepší u čistokrevných plemen, než u křížených. Mezi hlavní důvody tohoto tvrzení patří hojnější mramorované maso, červenější barva, hodnoty pH a nízká ztráta šťávy odkapem.

3.2.1.4 Pohlaví

Největší vliv na kvalitu masa má hlavně rozdíl v povaze zvířat a síla metabolických procesů u samců a samic (Kadlec et al. 2012). Vliv pohlaví lze v největší míře sledovat na odlišnostech v tvorbě a ukládání tuku. Organismus samic má úspornější metabolismus a ukládá si část energie v podobě zásobního tuku, který později využije při vývinu plodu, nebo pro udržení při životě v neideálních podmínkách (Ingr 1996). Obecně je známo, že samci mají menší sklony k ukládání rezervního tuku a jsou náchylnější k déle trvajícím stresu před porážkou než kastráti nebo samice (Joo et al. 2013). Pohlaví také významně působí na tvorbu a ukládání svalové hmoty u prasnic a vepřů. Těla prasnic obsahují o 2 – 4 % více masité hmoty, než těla vepřů (Stupka et al. 2013).

Další významný vliv na kvalitu masa má březost a říje samic, která se projevuje obzvláště větší vodnatostí masa. Jde o faktor, který má nejprve menší vliv na jakost, ale v pozdějším stádiu je svalovina čím dál více vodnatá a zároveň je ochuzena o nutričně důležité složky. Tomu se dá předejít hlavně dostatečným krmením samic v této etapě, jinak se kvalita výrazně zhoršuje (Steinhauser et al. 1995).

Prokázalo se, že chuť masa je pohlavím také ovlivněna. Příčinou vlivu pohlaví na efekt chuti masa má tvorba testosteronu a skatolu u nekastrovaných samců a samic. Testosteron zároveň snižuje ukládání intramuskulárních tuků a zvyšuje růst svalové hmoty. S přítomností skatolu a také androstenonu souvisí kančí pach, který je velice nežádoucí, dostavuje se s dosažením pohlavní dospělosti a častý je u nekastrovaných samců (Joo et al. 2013). Indol má na kančí pach má také v menší míře vliv (Aluwé et al. 2013).

Androstenon se řadí mezi hormony steroidního typu. Vzniká z testosteronu a je syntetizován se ve varlatech a játrech. Může proniknout do slinných žláz a do tukové tkáně, odkud se postupně uvolňuje vlivem tepelného zpracování masa (Bernardy 2010). Jeho zápach se podobá potu a moči (Kouřimská et al. 2018). Citlivost na androstenon se liší člověk od člověka. V tomto ohledu se lidé rozdělují na tři třetiny. První třetina by maso nedokázala sníst, druhá třetina zápach vnímá, ale považuje ho za obohacující a poslední třetina zápach ani neregistruje (Bonneau & Weiler 2019).

Během trávicího procesu u prasat vzniká z tryptofanu za pomoci bakterií tlustého střeva skatol (3 - metylindol), který způsobuje zápach exkrementů, přičemž část odchází z těla zvířete výkaly, další část se metabolizuje v játrech a část se shlukuje v tukové tkáni (Bernardy 2010), což může zhoršit přijatelnost masa pro spotřebitele (Mörlein et al. 2013).

3.2.1.5 Věk

Věk je dalším významným faktorem, který ovlivňuje růst, vývin, složení a vlastnosti masa. Nejdříve se u zvířete vyvine hlava, poté kosti a končetiny, následně svalovina a nakonec tuková tkáň. V období dospívání probíhá nejintenzivněji růst svaloviny a v dospělosti je větší nárůst a ukládání tuku (Ingr 2003). U prasat je již od prenatalního stádia dán počet svalových vláken. Během postnatálního období se zvětšuje délka a průměr svalových vláken, nikoli jejich počet (Wojtysiak 2013). Vhodný věk pro porážku zvířete musí být vždy předem stanoven a hlavně dodržen (Bykowska 2018). Volpelli et al. (2003) tvrdí, že nebyl potvrzen žádný významný vliv zvířecího věku na hodnotu pH, která je ukazatelem mikrobiologické kvality masa. Ve své studii Tůmová (2021) zkoumala vliv věku na mikrobiální kvalitu masa, zjistila však, že neexistuje žádný statisticky významný rozdíl mezi věkovými kategoriemi zvířat.

3.2.1.6 Porážková hmotnost

Porážková hmotnost má vliv na charakteristiku jatečně upraveného těla, kvalitu masa a jeho senzoričké vlastnosti.

Prasata, která mají vyšší hmotnost kolem 150 kg, mají delší jatečně upravené tělo, s větším obsahem masa a silnější vrstvou tuku v porovnání s prasaty, která váží okolo 110 kg. Porážková hmotnost má velmi významný vliv na obsah tuku a složení lipidů, což vede k charakteristice chuti a aroma masa. Čím větší je porážková hmotnost prasat, tím se zvyšuje zastoupení intramuskulárního tuku a polynenasycených mastných kyselin, na druhou stranu se snižuje procento nasycených mastných kyselin. Zároveň čím je větší porážková hmotnost, tím klesají ztráty při vaření (Li et al. 2021).

U kanců mimo jiné vede porážková hmotnost také k ovlivnění vzniku kančího pachu. Pach se objevuje u kanců poražených při 50 kg hmotnosti a ve vyšší míře se vyskytuje u kanců nad 90 kg (Aluwé et al. 2011).

3.2.1.7 Chemické složení

Maso se obecně skládá ze 75 % vody, dalších 15 – 20 % je bílkovina a až 35 % tuku. U libového masa se toto složení liší a to hlavně v obsahu tuku, který je u libového masa maximálně 5 %.

Bílkoviny v mase

Maso obsahuje snadno stravitelné a plnohodnotné (jsou v nich obsaženy všechny esenciální aminokyseliny) bílkoviny, které jsou nejdůležitější složkou z nutričního hlediska. Jejich obsah se pohybuje okolo 15 – 23 %. Bílkoviny rozdělujeme na myofibrilární, kterých je v mase asi 60,5 %, sarkoplazmatické (29 %) a stromatické (10,5 %). Obsah čistých svalových bílkovin charakterizuje jakost masa a je dán obsahem myofibrilárních a sarkoplazmatických bílkovin. Stanovuje se odečtem obsahu kolagenu od celkového obsahu bílkovin (Velíšek & Hajšlová 2009).

Myofibrilární bílkoviny odpovídají za svalovou kontrakci a tvoří největší část obsahu bílkovin v mase. Patří mezi ně více než 20 druhů bílkovin, přičemž svým zastoupením dominují

myosin (45 %) a aktin (20 %). Další významné myofibrilární bílkoviny jsou tropomyosin, troponin, nebulin, titin, desmin. Aktin a myosin vzájemným propojením spolu tvoří aktinomyosinový komplex, který významně ovlivňuje vlastnosti masa během postmortálního ztuhnutí (Steinhauser et al. 2000).

Sakroplazmatické bílkoviny, do jejichž skupiny patří 50 druhů bílkovin, jako je např. myoalbumin, myogen a myoglobin, denaturují při tepelné úpravě masa a tím se podílejí na zpevnění struktury během záhřevu. Z hlediska technologie jsou nejvýznamnější hemová barviva (myoglobin, hemoglobin), která se skládají z globinu (bílkovinný nosič) a hemu (barevná složka). V jejich molekulách se vyskytuje centrální atom železa, který má schopnost vázat plyny (Ingr 2003). Steinhauser et al. (2000) uvádí, že hemoglobin je červené krevní barvivo, které se nachází v erythrocytech. Obsah ve svalu je dán stupněm vykrvení zvířete. Myoglobin slouží jako zásoba kyslíku ve svalech a zároveň jim dává červené zabarvení.

Stromatické bílkoviny jsou tvořeny fibrilárními proteiny. Mezi nejdůležitější patří např. kolagen, elastin, retikulin, také mucin nebo keratiny. Kvalita masa je těmito proteiny přímo ovlivněna (Steinhauser et al. 2000). Stromatické bílkoviny jsou nerozpustné jak ve vodě, tak v solných roztocích (Ingr 2011). Tvoří specifickou skupinu mimobuněčných proteinů s podpůrnou nebo ochrannou funkcí. Tvoří strukturu pojivových tkání, šlach, vaziv, povázek, kůží, kloubů a mnoha dalších. Jedná se o bílkovinu neplnohodnotnou, jelikož neobsahuje všechny esenciální aminokyseliny (Velíšek 1999).

Tuky v mase

Rozložení tuku v těle je nevyrovnané. Je uložený částečně uvnitř svalových buněk (intracelulární), mezi svalovými vlákny (intercelulární) a nejvíce v základu celé tukové tkáně (extracelulární). Tuk se zjednodušeně dělí na intramuskulární a depotní (extramuskulární a zásobní). Intramuskulární tuk je senzorycky nepostradatelný, jelikož zajišťuje křehkost masa, avšak jeho obsah ve svalovině není nijak vysoký, uvádí se jen několik procent. Tento typ tuku vytváří na svalovině tzv. mramorování, kterým označujeme známý, na řezu viditelný, charakteristický vzhled. Tuk je také doprovázen steroly, např. cholesterolem, který můžeme najít jak v tučné, tak i v libové části masa. U cholesterolu nejsou napříč živočišnými druhy příliš velké rozdíly (Steinhauser et al. 2000).

Vitaminy v mase

V mase je obsaženo poměrně vysoké množství vitaminů. Významné zastoupení mají hydrofilní vitaminy skupiny B, především B₁₂, který se vyskytuje pouze v potravinách živočišného původu. Z lipofilních vitaminů je v mase zastoupení vitaminů A, D, E, K. Naopak deficitním je vitamin C, který je možné získat pouze z čerstvé krve. Významné pro maso jsou vitaminy skupiny B (B₁₂). Také se v mase vyskytují tokoferoly, konkrétně v tucích (Kameník 2014). Vitaminy jsou látky velice důležité pro život. Lipofilní vitaminy působí jako antioxidanty. Další významnou roli mají jako koenzymy biochemických reakcí. Pro syntézu nukleových kyselin, aminokyselin, hemu a také pro metabolismus mastných kyselin je důležitý vitamin B₁₂. Ten je z potravy vázaný na bílkovinu a aktivuje se v žaludku. Projevem nedostatku,

který se projeví až po kompletním vyčerpání zásob v těle, je demyelinizace neuronů, poruchy kognitivních funkcí, nebo také makrocytární anémie (Svačina 2008).

Minerální látky v maso

Minerální látky jsou většinou rozpustné ve vodě a tvoří okolo 1% hmotnosti masa. Mají nejen nutriční, ale také technologický význam. Ve svalcích se vyskytují ve formě iontů. Maso je významným zdrojem železa (Fe), vápníku (Ca), zinku (Zn) a dalších prvků. Nejlépe pro člověka využitelné je železo vázané v hemoglobinu, nebo myoglobinu. V současné době se uvádí, že je maso, konkrétně hovězí, také zdrojem selenu (Kameník 2014).

3.2.1.8 Vlastnosti masa

pH

Hodnota pH ovlivňuje maso po senzoričké, technologické i hygienické stránce. pH svaloviny se pohybuje obvykle okolo 7, avšak tato hodnota není stálá. Po porážce dochází vlivem anaerobního odbourávání glykogenu k poklesu, zároveň také vznikem kyseliny mléčné a pH se tedy začne pohybovat v rozmezí 5,4 - 5,7. Zvířata, která byla před porážkou ve stresovém stavu, vyčerpají zásoby glykogenu a tím pádem má maso po porážce hodnotu pH kolem 6,2 (Andrés-Bello et al. 2013). U spotřebitelů hraje nejdůležitější roli vliv pH na barvu masa. Když je pH nižší, maso má světlejší barvu. Naopak je maso tmavší, je-li hodnota pH vyšší (Dostálová & Kadlec 2014). Významný vliv má pH také na zdravotní nezávadnost masa. Není-li maso adekvátně okysličenou vzniklou kyselinou mléčnou a dosáhne tak vyššího pH, může snáz docházet k rozvoji mikrobiální aktivity a následnému zkažení masa (Stupka et al. 2009).

Barva

Světlo při kontaktu s povrchem se může buď rozptýlit, odrazit nebo být pohlceno. Barva masa se skládá z těchto tří atributů. Nejvýznamnější je však světlo, které se odrazí do lidského oka (Hughes et al. 2014). Barva masa je dána svalovým barvivem ve svalu, tedy myoglobinem (Kameník 2016). Zároveň však barvu masa ovlivňuje typ a množství pigmentu, typ svalových vláken, obsah intramuskulárního tuku a obsah vody na povrchu (Castigliero et al. 2012). Myoglobin ve své molekule váže kyslík na atom železa. Pokud se tak stane, má myoglobin jasně červenou barvu, známou jako barva „čerstvého masa“. Avšak na vzduchu dochází k oxidaci dvojmocného železa (Fe^{2+}) na trojmocné železo (Fe^{3+}). Tento přeměněný myoglobin se jinak nazývá metmyoglobin. Maso tedy vlivem oxidace ztrácí červenou barvu a zhnědne. Hnědá barva nám tedy indikuje, že maso není plně čerstvé. Jelikož hraje barva důležitou roli při výběru masa spotřebitelem, jsou v dnešní době oblíbené obaly s modifikovanou atmosférou. Tato atmosféra je tvořena ze 70 – 80 % O_2 a zbytek je CO_2 (Kameník 2016).

Křehkost

Křehkost masa je ovlivněna hned několika faktory před poražením zvířete (pohlaví, věk, plemeno, výživa, stupeň stresu) a po porážce (procesy *rigor mortis* a zrání masa). Dále také strukturou, chemickým složením a stavem masa (Destefanis et al. 2008). Největší problém s křehkostí bývá u masa hovězího, které potřebuje minimálně 14 dnů skladování v chladicích podmínkách pro dosažení požadované křehkosti, vepřovému masu stačí 5 - 7 dnů a jehněčímu 7 - 10 (Koohmaraie & Geesink 2006). Dále je velice významný obsah pojivové tkáně ve svalu. Čím větší podíl pojivových tkání, tím menší křehkost a naopak maso s větším zastoupením intramuskulárního tuku je křehčí (Kadlec et al. 2012).

Křehkost lze ovlivnit použitím různých metod, například velmi účinné je použití elektrostimulace o napětí 350 V, frekvenci 17 Hz a faktoru plnění 0,9. Takto nastavená elektrostimulace je použita 20 minut po poražení zvířete. Podle Mikołajczak et al. (2019) byly hodnoty pH 45 minut po porážce výrazně nižší u ošetřeného masa oproti masu neošetřenému a to vlivem rychlejšího okyselení svaloviny. Při kontrolním měření křehkosti po 3 dnech skladování, byly u elektrostimulovaného masa naměřeny nejlepší hodnoty křehkosti a zároveň také lepší rozpustnost kolagenu.

Vaznost

Vaznost masa znamená schopnost zadržovat vodu, buď vlastní, nebo přidanou. Ovlivňuje nejen sensorické vlastnosti důležité pro spotřebitele, ale také hmotnostní ztráty při přepravě, skladování a zpracování masa (Warner 2017). Vaznost je ovlivňována velkým množstvím faktorů, jako je: pH, koncentrace soli, intravitální vlivy, průběh posmrtných změn, stupeň rozmělnění masa, teplota masa, přídavek cizích bílkovin, podíl svalové tkáně, podíl plazmatických bílkovin a podíl kolagenních bílkovin (Fürstová 2021).

3.2.2 Vnější vlivy

Kromě vnitřních faktorů jsou velice důležité pro kvalitu masa také faktory, které na zvířata působí zvenčí, tzv. vnější faktory. Patří mezi ně například výživa a také způsob chovu.

3.2.2.1 Výživa

Krmivo by mělo být kvalitní a snadno stravitelné. Pro prasata se využívají hlavně krmiva jadrná, a jelikož mají prasata velmi jednoduchý komorový žaludek a v jejich trávicím traktu je poměrně malý prostor, tak dokáží objemná krmiva zpracovat a zužitkovat pouze limitovaně. Nejdůležitější složkou potravy pro prasata jsou obiloviny, které se doplňují o další složky potravy (Stupka et al. 2009).

Maiorano et al. (2013) porovnali krmiva obilná s kukuřičným zrnem a obilná bez kukuřičného zrna a zjistili, že při krmení obilninami bez kukuřice se u prasat vyskytuje překvapivě větší procento libového masa a intramuskulárního tuku. V dalších kvalitativních a

chemicko-fyzikálních parametrech se kvalita masa nikterak významně neliší v porovnání podaného krmiva.

Channon et al. (2018) se věnovali vlivu výživy na finální kvalitu masa. Vybrali 75 hybridů prasnic, které rozdělili do tří skupin, a každá tato skupina měla odlišnou dietu. Skupina č. 1 dostávala kukuřičnou a sójovou moučku, skupina č. 2 pšeničnou a řepkovou moučku a skupina č. 3 byla krmena pšenicí a čirokem. Následně byly prasnice poraženy a po 24 hodinách od porážky, po 7 a 28 dnech zrání byly hodnoceny vlastnosti upraveného masa. Výsledky byly jednoznačné. Skupina č. 1 vyprodukovala tučnější a těžší maso. U skupin 1 a 2 bylo po 24 hodinách nejvyšší pH, ale naopak ve stavu zrání po 7 a 28 dnech měla vyšší pH skupina č. 3. Skupina č. 1 měla také o poznání žlutější a méně šťavnaté maso.

Pozitivní dopad na konečnou kvalitu masa může mít také přídavek dalších přídatných látek do krmiva, jako je například ostropestřec mariánský (*Silybum marianum L.*). Grela et al. (2020) se ve své studii zaměřili na dopady přidání ostropestřce do krmiva a zjistili, že přidáním ostropestřce do krmné dávky dosáhnou intenzivnější červené barvy masa a mírně vyššího pH, zároveň se zlepšila schopnost zadržovat vodu společně se strukturou masa. Nahrazením 6 % krmné dávky ostropestřcem dosáhli snížení obsahu cholesterolu v mase. Dalším velice pozitivním zjištěním byl denní přírůstek hmotnosti, který se v této skupině prasat zvýšil, přestože bylo konzumováno stejné i menší množství krmiva, akorát prasata efektivněji využila energii pro svůj růst. Odolnost masa vůči oxidaci a složení mastných kyselin se podařilo pozitivně ovlivnit přidáním konkrétně semen ostropestřce. Zároveň měl ostropestřec vliv na zvýšení obsahu kyseliny linolové v mase a tuku. Závěrem této studie je tedy fakt, že přidáním ostropestřce do krmiva prasat lze dosáhnout zlepšení celkové kvality masa a jeho oxidační stability.

3.2.2.2 Způsob chovu

Způsob chovu může ovlivnit kvalitu svalových vláken. Jejich zastoupení lze měnit pomocí fyzického tréninku (Joo et al. 2013). Tyto programy se v živočišné produkci nevyužívají, avšak různé typy systémů chovu a technologie ustájení umožňují zvířatům specifickou pohybovou aktivitu v závislosti na celkovém způsobu chovu (Rehfeldt et al. 2004). Jedním z důležitých vnějších faktorů je teplota prostředí, která také může ovlivnit složení svalových vláken. Například u prasat bylo pozorováno zvýšení podílu pomalých svalových vláken v oxidativních svalech zapojených do udržování tělesné polohy, vlivem dlouhodobého působení nízké teploty (Joo et al. 2013).

Díaz (2020) ve své práci uvedl, že lze ovlivnit adaptaci na stres a celkovou odolnost právě způsobem chovu. Například býci z intenzivního způsobu chovu vykazují nižší odolnost a adaptaci v porovnání s býky z extenzivního chovu. Marco - Ramell et al. (2012) se zaměřili na dvě skupiny krav a porovnávali rozdílné způsoby venkovního ustájení a jejich vliv na stres. Jedna skupina byla ustájena ve velmi těžkých podmínkách bez pravidelného kontaktu s člověkem a druhá skupina byla ustájena na kultivovaných pastvinách s každodenním kontaktem s člověkem. Výsledky poukázaly na to, že první skupina byla vystavena vnějším prostředím vyšší míře oxidačního stresu.

Alternativním ustájením, jako vlivem na kvalitu masa prasat, se zabývali Foury et al. (2011). Ve své studii srovnávali čtyři způsoby ustájení (venkovní ustájení 150 m²/prase, na

slámě 1,30 m²/prase, přístřešek s výběhem 1,30 m²/ prase a konvenční způsob chovu na roštové podlaze 0,65 m²/prase) ve vztahu ke kvalitě masa. Výsledky ukázaly, že prasata z konvenčního chovu mají před porážkou vyšší hladinu katecholaminů v moči, větší výskyt lézí na kůži a vyšší hladinu pH v mase, než prasata z venkovního způsobu chovu. Dále se ukázalo, že u prasat z venkovního chovu se v menší míře objevuje agrese vůči ostatním zvířatům při transportu na jatka a následnému ustájení.

Prasata chovaná ve venkovním prostředí mají dle Maiorana et al. (2013) nižší obsah tukové tkáně a o něco vyšší obsah libového masa oproti prasatům z konvenčního chovu, zároveň však mají tyto dvě skupiny prasat téměř stejný podíl kůže. Foury et al. (2011) i Maiorano et al. (2013) konstatují, že je běžné, že prasata chovaná venku mají nižší hladinu pH v mase oproti prasatům chovaným uvnitř. Steinhauser et al. (1995) je toho názoru, že prasata by se měla chovat v adekvátně velké skupině (10 - 12 kusů) a za stejného složení skupiny (plemeno, hmotnost, věk).

3.3 Kvalita masa v závislosti na zastoupení typů svalových vláken

Různé studie uvádějí výsledky týkající se vztahu mezi charakteristikami svalových vláken a fyzikálně - chemickými vlastnostmi masa. Joo et al. (2013) a Kim et al. (2018) uvádějí, že relativní složení vláken typu I a 2A pozitivně koreluje s obsahem červené barvy v mase a schopností masa zadržovat vodu, zatímco složení vláken typu 2B koreluje s těmito vlastnostmi negativně. Svaly, které mají velké zastoupení svalových vláken typu I mají vysoký obsah intramuskulárního tuku (Karlsson et al. 1999). Ryu a Kim (2005) zjistili, že plocha vláken typu I je významně a pozitivně spojena s pH₄₅ a negativně se ztrátou masové šťávy odkapem a světlostí masa. Dále že 2A a 2B vykazují negativní korelace s konečným *post mortem* pH. Choe et al. (2008) uvádí, že svaly s vyšším procentuálním zastoupením svalových vláken typu 2B a nižším procentuálním zastoupením svalových vláken typu I vykazovaly vyšší glykolytickou rychlost (vyšší obsah laktátu 45 min *post mortem*, nižší pH₄₅ a vyšší R - hodnotu), zároveň byly bledší a vykazovaly vyšší ztrátu odkapem, než jiné svaly. Ryu et al. (2008) uvedli, že prasata berkshire měla vyšší procento zastoupení vláken typu I a nižší procento zastoupení vláken typu 2B, a proto vykazovala světlejší barvu a ztrátu odkapem. S výjimkou vláken typu 2A nebyly v této studii žádné významné rozdíly v procentuálním zastoupení vláken typu I a 2B, ačkoli jiné charakteristiky svalových vláken, jako je plocha průřezu, hustota vláken a celkový počet svalových vláken, se mezi plemeny lišily. Tato zjištění mohou částečně vysvětlit absenci abnormálních měřítek kvality u všech plemen prasat.

Podle Nama et al. (2009) pH₄₅ min *post mortem*, červený barevný odstín, ztráta masové šťávy odkapem, Warner-Bratzlerova smyková síla nebo tvrdost analýzy texturního profilu částečně souvisely s chutí, šťavnatostí nebo jemností vařených vepřových mas. Zejména křehkost masa souvisela s vyšším počtem kvalitativních parametrů vepřového masa, včetně pH₄₅ min, světlosti, červeného barevného odstínu a ztráty masové šťávy odkapem. Nam et al. (2009) také zjistili, že průřezová plocha svalových vláken a hustota svalových vláken korelovaly s abnormální chutí a že procento zastoupení svalových vláken typu I souviselo s chutí vepřového masa.

4 Metodika

4.1 Zvířata

Pokus pro diplomovou práci byl prováděn v Testační a pokusné stanici chovu prasat, jež se nachází v Ploskově u Lán. Do samotné práce bylo zahrnuto celkem 8 vepříků a 8 prasniček. Tato zvířata byla finální hybridní linie 38 firmy Genoservis. Vepřiči byli naskladněni v průměrném věku 61 dní a o průměrné hmotnosti 30,52 kg. Prasničky byly naskladněny v průměrném věku 58 dní a o průměrné hmotnosti 29,12 kg.

4.2 Ustájení zvířat

Dle metody Stupka et al. (2009) bylo provedeno ustájení prasat po dvojicích. Tato metoda je určena pro testování v podmínkách standardní stanice, jak čistokrevných prasat, tak i hybridů.

4.3 Výživa zvířat

Ke krmení prasat byla využita kompletní krmná směs (KKS), jež obsahuje standardně tři hlavní složky (pšenici, ječmen a sójovou moučku) a premix (vitaminy, minerální látky a stopové prvky). V souladu s uvedenou metodikou byla dávka míchána pro každý box samostatně.

Zvířata byla po ustájení vážena v pravidelných intervalech po týdnu až do konce pokusu a zároveň byla zaznamenávána spotřeba krmiva jednotlivých zvířat. Z těchto sledovaných údajů byl vypočítán průměrný denní přírůstek a průměrná konverze krmiva za celou dobu testu.

4.4 Jatečná hodnota

Zpeněžení prasat na jatkách bylo vypracováno systémem SEUROP, tj. dvoubodovou technikou ZP (ČSN 46 6160, Vrchlabský & Pavlásek 1992; Pulkrábek 2005). Jatečné analýze byla jatečná těla podrobena za 24 hodin *post mortem* (Smolák & Ivánek 1992).

4.4.1 Kvantitativní ukazatelé jatečné hodnoty

S cílem zhodnocení kvantitativní jatečné hodnoty byl proveden standardní jatečný rozbor (Scheper a Scholz 1985). Jatečné části krkovička, plec, kýta, pečeně a bok byly zváženy v celku, (tj. jako maso, kost a tukové krytí s kůží). Pro stanovení chemických analýz byly odebrány vzorky z jatečné partie pečeně a do doby zpracování zmrazeny při teplotě -20°C .

4.4.2 Kvalitativní ukazatelé jatečné hodnoty

4.4.2.1 Fyzikální ukazatele jatečné hodnoty

U jatečné partie pečeně (*musculus longissimus lumborum et thoracis*, MLLT) byla měřena hodnota pH (45 minut *post mortem*) pomocí pH metru (pH 330i/s, WTW, Weilheim, Německo) a 50 minut *post mortem* byla stanovena elektrická vodivost (EC50, Konduktometr, WTW, Weilheim, Německo). 24 hodin *post mortem* bylo měřeno hned několik údajů, a to barva masa, jež zahrnuje světlost (L^*) a barevné odstíny (a^* , b^*) pomocí spektrofotometru (CM-

700d, Minolta, Osaka, Japonsko). Dále také síla ve stříhu masa syrového a vařeného masa (Instron 3342, High Wycombe, USA) a ztráta masové šťávy odkapem. Při určování síly stříhu vařeného masa byla použita analýza po zahřátí vzorku ve vodní lázni po dobu 1 hodiny při teplotě 80 °C.

4.4.2.2 Stanovení chemických analýz

Vzorky jatečné partie pečeně byly po rozmrazení homogenizovány. Ze základních chemických rozborů byly stanovovány veličiny jako obsah sušiny × obsah vody. Jedná se o gravimetrické stanovení odečtu hmotnosti vzorků před sušením (105 °C po dobu 5 hodin) a po sušení. Obsah intramuskulárního tuku (IMT) byl stanoven gravimetricky po extrakci petroletherem. Stanovením amino - dusíku podle Kjeldahla (KjelFlex K-360, Búchi) byl zjištěn celkový obsah dusíkatých látek. Pro zjištění obsahu popelovin byl vzorek spalován při 550 °C až do úplného spálení organických látek.

4.4.2.3 Histologie

4.4.2.3.1 Odběr vzorku a zmrazení

Pro stanovení charakteristik svalových vláken byly odebrány vzorky z jatečné partie pečeně. Vzorky měly rozměry 0,5 x 0,5 x 2 cm. Z důvodu další údržnosti vzorků bylo za potřebí vzorky řádně označit a zamrazit pomocí tekutého dusíku a 2 - methylbutanu (-156 °C). Vzorky byly až do samotné analýzy uchovávány v hluboko mrazicím boxu při teplotě -80 °C.

4.4.2.3.2 Krájení, barvení a fixace histologických řezů

Při teplotě -20 °C byly zhotoveny 12 µm silné histologické řezy, a to za pomoci kryostatu Leica CM 1850 (Leica Biosystems, Wetzlar, Germany). Tyto řezy byly následně histologicky obarveny pomocí metody Brooke a Kaiser (1970). Hned na to byly zafixovány na podložní sklička za pomoci montovacího media PERTEX.

4.4.2.3.3 Vyhodnocení pomocí mikroskopu

Za použití optického mikroskopu s fotoaparátém Nikon Eclipse E 200 (Nikon, Tokio, Japonsko) byly zhotoveny obrazy histologických řezů a ty poté byly posuzovány za pomoci programu analýzy obrazu NIS – Elements 3. 2. (2010; Nikon Instruments Europe B. V., Amstelveen, Neutherland). Tímto postupem byly získány následující ukazatele:

- plocha svalových vláken (μm^2) typu I, 2A a 2B,
- počet svalových vláken typu I, 2A a 2B na 1 mm^2 plochy,
- zastoupení svalových vláken (%) typu I, 2A a 2B na 1 mm^2 plochy.

4.5 Statistické vyhodnocení

Všechny získané údaje o výkrmnostních parametrech, jatečné hodnotě a charakteristice svalových vláken byly statisticky analyzovány za použití klasického postupu lineárních modelů do statistického softwarového balíku SAS® (Statistical Analysis System, Version 9. 2., 2008). Výsledky této analýzy jsou demonstrovány jako aritmetický průměr a směrodatná odchylka. Význam rozptylu mezi skupinami byl testován pomocí Scheffeova testu. Hladina významnosti byla $P \leq 0,05$ pro všechna měření. Vztahy (korelace) mezi vzájemnými vlastnostmi byly vykalkulovány dle Pearsonova koeficientu.

5 Výsledky

Tabulka 4 uvádí základní výkrmnostní ukazatele ve vztahu k pohlaví. Z tabulky je patrné, že ukazatelé hmotnost selat na začátku pokusu ($P = 0,001$), průměrná denní spotřeba krmiva ($P < 0,001$) a průměrná konverze krmiva ($P = 0,001$) měly statisticky průkaznou hodnotu vyšší ve prospěch vepříků. U vepříků byl tento průměrný denní přírůstek 987,91g a u prasniček 1045,42 g. Byla vypočítána průměrná spotřeba krmiva na jeden krmný den u vepříků 2,52 kg a u prasniček 2,42 kg. U vepříků byla konverze 2,64 kg/kg a u prasniček 2,42 kg/kg, což odpovídá průměrné denní spotřebě krmiva. Vepřici byli poraženi při průměrné porážkové hmotnosti 120,42 kg a prasničky byly poraženy při průměrné porážkové hmotnosti 119,25 kg. Dále je z tabulky patrné, že prasničky měly vyšší průměrný denní přírůstek, avšak tento ukazatel nebyl statisticky průkazný.

Tabulka 4 Výkrmnostní ukazatelé ve vztahu k pohlaví prasat

Pohlaví Ukazatel	Jednotka	Vepřík		Prasnička		Průkaznost
		AP	SO	AP	SO	
Hmotnost selat na začátku pokusu	kg	30,52	2,82	29,12	2,20	0,001
Porážková hmotnost prasat	kg	120,42	6,94	119,25	5,11	NS
Průměrný denní přírůstek	g	987,91	70,66	1045,42	54,59	NS
Průměrná denní spotřeba krmiva	kg	2,52	0,03	2,42	0,04	<0,001
Průměrná konverze krmiva	kg/kg	2,64	0,06	2,42	0,11	0,001

Poznámka: NS = nesignifikantní, kg = kilogram, g = gram, AP = aritmetický průměr, SO = směrodatná odchylka

Z výsledků Tabulky 5 vyplývá, že u vybraných kvantitativních ukazatelů jatečné hodnoty nebyla nalezena statistická průkaznost. Tato tabulka shrnuje hodnoty, které ve většině ukazatelích vycházejí vyšší hodnoty ve prospěch prasniček a to konkrétně u hmotnosti jatečně upraveného těla, hmotnosti pravé půlky, jatečné výtěžnosti, podílu libové svaloviny, hmotnosti jatečné partie pečeně, kýty, krkovičky a podílu hlavních masitých částí.

U vepříků pozorujeme vyšší hodnoty u hmotnosti levé půlky těla, hmotnosti jatečné partie plece a boku, hmotnosti hlavních masitých částí a také plochy jatečné partie pečeně.

Tabulka 5 Kvantitativní charakteristiky jatečné hodnoty ve vztahu k pohlaví prasat

Pohlaví	Jednotka	Vepřík		Prasnička		Průkaznost
		Aritmetický průměr	Směrodatná odchylka	Aritmetický průměr	Směrodatná odchylka	
Hmotnost jatečně upraveného těla	kg	96,90	5,00	97,13	4,43	NS
Hmotnost pravé půlky	kg	48,13	2,42	48,40	2,28	NS
Hmotnost levé půlky	kg	48,77	2,63	48,73	2,20	NS
Jatečná výtěžnost	%	80,20	1,20	80,78	0,37	NS
Podíl libové svaloviny	%	58,82	2,23	60,09	2,24	NS
Hmotnost pečeně (maso+tuk+kost)	kg	7,47	0,65	7,92	0,53	NS
Hmotnost kýty (maso+tuk+kost)	kg	12,38	0,50	12,46	0,70	NS
Hmotnost krkovičky (maso+tuk+kost)	kg	4,14	0,31	4,27	0,19	NS
Hmotnost plece (maso+tuk+kost)	kg	6,11	0,20	5,84	0,54	NS
Hmotnost boku (maso+tuk+kost)	kg	9,10	1,01	8,98	0,59	NS
Hmotnost HMČ (maso+tuk+kost)	kg	30,79	0,54	30,50	1,15	NS
Podíl HMČ (maso+tuk+kost)	%	31,09	2,46	31,40	2,13	NS
Plocha jatečné partie pečeně	mm ²	5215,00	272,64	5214,80	416,52	NS

Poznámka: NS = nesignifikantní, kg = kilogram, mm² = milimetr čtvereční, % = procento, HMČ = hlavní masité části

Tabulka 6 uvádí, že u ukazatelů pH a teploty měřené 45 minut *post mortem* je statisticky průkazný rozdíl ($P = 0,021$) mezi vepříkem a prasničkou, přičemž vepřici měli nižší pH (6,18) než prasničky (6,48) o 0,3 stupně a vyšší teplotu (39,57 °C) než prasničky (38,40 °C) o 1,17 °C. Dále je z tabulky patrný statisticky průkazný rozdíl u ztráty masové šťávy odkapem ($P = 0,007$), kdy vepřici měli o 3,12 % vyšší ztrátu oproti prasničkám. Naměřené hodnoty elektrické vodivosti nevykazovaly významný statistický rozdíl. Maso vepřίκů bylo dle naměřených hodnot světlejší, než maso prasniček. Ztráta mrazem byla o 0,16 % větší u vepřίκů. Poměrně významný rozdíl je viditelný u textury syrového i vařeného masa. U textury syrového masa měli vepřici o 2,81 N nižší naměřenou hodnotu, než prasničky a naopak u textury vařeného masa měly vepřici o 2,73 N vyšší hodnotu. Maso u vepřίκů ani u prasniček nevykazovalo známky anomálie PSE.

Tabulka 6 Kvalitativní charakteristiky jatečné hodnoty ve vztahu k pohlaví prasat

Pohlaví		Vepřík		Prasnička		Průkaznost
Ukazatel	Jednotka	Aritmetický průměr	Směrodatná odchylka	Aritmetický průměr	Směrodatná odchylka	
pH		6,18	0,25	6,48	0,17	0,041
Teplota	°C	39,57	0,53	38,40	0,90	0,021
Elektrická vodivost	mS	3,65	0,28	3,48	0,24	NS
Světlost L*		54,95	4,04	52,74	3,67	NS
Barevný odstín a*		1,09	1,13	0,31	1,01	NS
Barevný odstín b*		11,56	1,53	10,36	0,84	NS
Ztráta masové šťávy odkapem	%	6,67	2,00	3,55	1,01	0,007
Ztráta mrazem	%	1,12	0,64	0,96	0,33	NS
Textura syrové maso	N	42,67	11,79	45,48	3,16	NS
Textura vařené maso	N	36,60	6,84	33,87	6,17	NS

Poznámka: NS= nesignifikantní, °C= stupeň Celsia, mS= milisiemens

Z tabulky 7 je patrný statisticky průkazný ($P=0,001$) rozdíl 2 % u obsahu vody v jatečné partii pečeně ve prospěch vepřiků. Dále v tabulce vidíme statisticky průkazný rozdíl u obsahu intramuskulárního tuku ($P=0,017$). Vepřici měli vyšší obsah IMT o 0,95 % než prasničky. Statisticky neprůkazný je rozdíl v obsahu dusíkatých látek, kdy u vepřiků bylo naměřeno 23,99 % a u prasniček 24,49 %. Obsah popelnin byl u vepřiků i prasniček totožný, tj. 1,26 %.

Tabulka 7 Nutriční složení masa

Pohlaví	Ukazatel	Jednotka	Vepřík		Prasnička		Průkaznost
			Aritmetický průměr	Směrodatná odchylka	Aritmetický průměr	Směrodatná odchylka	
	Obsah vody	%	28,18	0,69	26,55	0,56	0,001
	Obsah sušiny	%	71,82	0,69	73,45	0,56	0,001
	Obsah IMT	%	2,74	0,78	1,79	0,22	0,017
	Obsah NL	%	23,99	1,33	24,49	1,29	NS
	Obsah popelu	%	1,26	0,10	1,26	0,08	NS

Poznámka: IMT = intramuskulární tuk, NS= nesignifikantní, NL = dusíkaté látky

V tabulce 8 jsou zaznamenány charakteristiky svalových vláken jatečné partie pečeně (MLLT) ve vztahu k pohlaví prasat. Zde pozorujeme velké množství rozdílů, avšak žádný z výsledků nebyl statisticky průkazný. Průměr plochy svalových vláken typu I je u vepřiků ($3036,92 \mu\text{m}^2$) o $609,57 \mu\text{m}^2$ větší, než u prasniček ($2427,35 \mu\text{m}^2$). Podobně velký rozdíl je i u plochy svalových vláken typu 2A, kdy u vepřiků ($2566,02 \mu\text{m}^2$) byl průměr plochy větší o $658,53 \mu\text{m}^2$ oproti prasničkám ($1907,49 \mu\text{m}^2$). Naopak u plochy svalových vláken typu 2B je rozdíl poměrně menší. U vepřiků je tato hodnota $3669,72 \mu\text{m}^2$ a u prasniček $3590,46 \mu\text{m}^2$, z čehož vyplývá, že rozdíl je pouhých $79,26 \mu\text{m}^2$. Z výsledků je tedy patrné, že u všech typů svalových vláken mají vepřici větší plochu, než prasničky. Počet svalových vláken na 1mm^2 je dle tabulky vždy větší u prasniček. Svalových vláken typu I je u vepřiků průměrně 27,86 na 1mm^2 a u prasniček průměrně 32,91 na 1mm^2 , tedy o 5,05 svalových vláken na 1mm^2 více. Svalových vláken typu 2A je u vepřiků průměrně 13,79 na 1mm^2 a u prasniček průměrně 22,55 na 1mm^2 , tedy o 8,76 více. A největší počet svalových vláken na 1mm^2 dle tabulky mají svalová vlákna typu 2B, kde je u vepřiků průměrně 192,51 na 1mm^2 a u prasniček průměrně 216,15 na 1mm^2 , což je o 23,64 více. Zastoupení svalových vláken u všech typů odpovídá celkové ploše a počtu svalových vláken na 1mm^2 . Z tabulky 8 tedy vyplývá, že největší zastoupení mají svalová vlákna typu 2B, jak u vepřiků (82,05 %), tak i u prasniček (79,89 %). Dále je patrné, že prasničky mají ve všech typech svalových vláken vyšší počet na 1mm^2 , což znamená, že jejich vlákna jsou menší, než u vepřiků, kteří mají větší plochu všech typů, ale nižší počty vláken.

Tabulka 8 Charakteristika svalových vláken (MLLT) ve vztahu k pohlaví prasat

Pohlaví	Ukazatel	Typ	Vepřík		Prasnička		Průkaznost
			Aritmetický průměr	Směrodatná odchylka	Aritmetický průměr	Směrodatná odchylka	
I	Plocha svalových vláken (μm^2)	I	3036,92	793,06	2427,35	637,28	NS
	Počet svalových vláken na 1 mm^2	I	27,86	8,64	32,91	6,31	NS
	Zastoupení svalových vláken (%)	I	12,01	2,27	12,62	3,00	NS
2A	Plocha svalových vláken (μm^2)	2A	2566,02	757,26	1907,49	438,58	NS
	Počet svalových vláken na 1 mm^2	2A	13,79	8,01	22,55	20,78	NS
	Zastoupení svalových vláken (%)	2A	5,94	3,66	7,49	4,78	NS
2B	Plocha svalových vláken (μm^2)	2B	3669,72	712,26	3590,46	936,81	NS
	Počet svalových vláken na 1 mm^2	2B	192,51	58,66	216,15	60,28	NS
	Zastoupení svalových vláken (%)	2B	82,05	3,52	79,89	4,63	NS

Poznámka: NS = nesignifikantní, μm^2 = mikrometr čtvereční, mm^2 = milimetr čtvereční,
MLLT = *musculus longissimus lumborum et thoracis*

Tabulky 9 a 10 shrnují o korelační ukazatele mezi kvalitou masa a charakteristikami svalových vláken u jatečné partie pečeně (MLLT).

Jak je patrné z tabulky 9 u vepříků byl nalezen za statisticky průkazný ($P \leq 0,05$) vztah mezi plochou svalových vláken typu I a hmotností jatečně upraveného těla (-0,838). Také korelační vztah mezi počtem svalových vláken typu I a plochou MLLT (0,933) byl shledán za statisticky průkazný ($P \leq 0,01$).

U svalového vlákna typu 2A byly nalezeny za statisticky průkazné korelační koeficienty s barevným odstínem (a^*) ($P \leq 0,001$) a barevným odstínem (b^*) ($P \leq 0,05$).

Dále byly za statisticky průkazné ($P \leq 0,05$) nalezeny korelační koeficienty mezi počtem svalových vláken typu 2B a světlostí (0,132) a mezi zastoupením 2B svalových vláken a elektrickou vodivostí (0,188) a zároveň intramuskulárním tukem (-0,071).

Z toho vyplývá, že korelační koeficienty u skupiny vepříků, závisí na hmotnosti jatečně upraveného těla, ploše MLLT, barevném odstínu a^* a b^* , světlosti L^* elektrické vodivosti a procentu intramuskulárního tuku.

Z tabulky 10 je zřejmé, že za statisticky průkazné ($P \leq 0,05$) byly nalezeny vztahy mezi plochou svalových vláken typu I a barevným odstínem a^* (0,861), dále mezi zastoupením svalových vláken typu I a pH_{45} (0,840), mezi plochou svalových vláken typu 2B a pH_{45} (-0,893) a počtem svalových vláken typu 2B a pH_{45} (0,899). Průkaznost s hodnotou $P \leq 0,01$ byla nalezena ve vztahu mezi zastoupením svalových vláken typu 2B a podílem libové svaloviny (0,969).

Z toho vyplývá, že korelační koeficienty u prasniček vykazují vztahy u ukazatelů barevný odstín a^* , pH_{45} a podíl libové svaloviny ke svalovým vláknům.

Tabulka 9 Korelační ukazatelé mezi kvalitou masa a charakteristikami svalových vláken (MLLT) u vepřiků

Ukazatel/ svalová vlákna	Typ I			Typ 2A			Typ 2B		
	Plocha	Počet	Zastoupení	Plocha	Počet	Zastoupení	Plocha	Počet	Zastoupení
Hmotnost JUT (kg)	0,838*	-0,769	0,119	0,321	-0,555	-0,239	0,301	0,725	0,925
Podíl libové svaloviny (%)	-0,466	0,598	-0,216	-0,336	0,272	-0,005	0,761	0,691	0,813
Plocha MLLT (mm ²)	-0,594	0,933**	0,399	-0,270	-0,129	-0,416	0,191	0,089	0,785
pH ₄₅	-0,053	-0,139	0,222	-0,215	-0,783	-0,735	0,144	0,268	0,822
Elektrická vodivost ₅₀ (mS)	0,228	-0,197	-0,675	-0,261	0,430	0,370	0,116	0,722	0,188*
Světlost (L*)	0,109	0,211	0,109	0,581	0,694	0,707	0,524	0,132*	0,066
Barevný odstín (a*)	0,603	-0,248	0,579	0,998***	0,106	0,393	0,906	0,486	0,030
Barevný odstín (b*)	0,442	0,016	0,455	0,891*	0,373	0,541	0,289	0,524	0,727
Ztráta masové šťávy odkapem (%)	0,042	0,474	-0,142	-0,100	0,389	0,203	0,288	0,932	0,053
Ztráta chladem	0,216	-0,165	0,332	-0,027	-0,494	-0,383	0,560	0,090	0,740
Textura syrové maso (N)	0,482	0,252	0,090	0,021	-0,116	-0,176	0,083	0,216	0,631
Textura vařené maso (N)	0,103	-0,564	0,100	0,024	-0,507	-0,304	0,146	0,213	0,893
IMT (%)	0,118	-0,367	0,387	0,250	-0,383	-0,172	0,669	-0,595	-0,071*

Poznámka: JUT = jatečně upravené tělo, IMT = intramuskulární tuk, pH₄₅ = pH 45 minut po porážce, * = $P \leq 0,05$, ** = $P \leq 0,01$, *** = $P \leq 0,001$, MLLT = *musculus longissimus lumborum et thoracis*

Tabulka 10 Korelační ukazatelé mezi kvalitou masa a charakteristikami svalových vláken (MLLT) u prasniček

Ukazatel/ svalová vlákna	Typ I			Typ 2A			Typ 2B		
	Plocha	Počet	Zastoupení	Plocha	Počet	Zastoupení	Plocha	Počet	Zastoupení
Hmotnost JUT (kg)	-0,006	-0,237	-0,484	-0,175	0,437	0,655	-0,309	0,137	-0,363
Podíl libové svaloviny (%)	-0,546	-0,382	-0,593	0,403	-0,604	-0,741	-0,448	0,551	0,969**
Plocha MLLT (mm ²)	-0,849	-0,214	-0,883	0,022	0,024	-0,209	0,657	-0,518	-0,488
pH ₄₅	0,494	0,178	0,840*	0,357	-0,197	-0,054	-0,893*	0,899*	0,742
Elektrická vodivost ₅₀ (mS)	0,514	-0,224	0,150	0,062	0,209	0,537	0,263	-0,355	-0,652
Světlost (L*)	-0,725	0,402	-0,410	-0,379	0,071	-0,166	-0,606	0,575	0,437
Barevný odstín (a*)	0,861*	-0,539	0,543	0,586	-0,339	-0,038	0,768	-0,804	-0,313
Barevný odstín (b*)	-0,694	0,159	-0,605	-0,211	0,155	0,139	-0,691	0,499	0,249
Ztráta masové šťávy odkapem (%)	-0,010	0,667	0,474	-0,326	0,101	0,137	0,068	-0,012	-0,449
Ztráta chladem	-0,709	0,169	-0,536	-0,234	-0,039	-0,266	-0,608	0,528	0,623
Textura syrové maso (N)	0,779	-0,799	0,228	0,248	-0,208	0,052	0,505	-0,620	-0,203
Textura vařené maso (N)	-0,754	0,613	-0,321	-0,433	0,279	0,200	-0,659	0,584	0,001
IMT (%)	0,004	-0,663	-0,578	0,244	-0,032	0,124	-0,204	-0,032	0,246

Poznámka: JUT = jatečně upravené tělo, IMT = intramuskulární tuk, pH₄₅ = pH 45 minut po porážce, * = $P \leq 0,05$, ** = $P \leq 0,01$, MLLT = *musculus longissimus lumborum et thoracis*

6 Diskuze

6.1 Vnitřní vlivy

Pohlaví je jedním z nejdůležitějších vlivů, které ovlivňují kvalitu masa. Vliv pohlaví lze do určité míry pozorovat na rozdílech v tvorbě a ukládání tuku. Organismus samic má úspornější metabolismus a ukládá si část energie ve formě zásobního tuku, který později využije při vývoji plodu, nebo pro udržení při životě v nepříznivých podmínkách (Ingr 1996). Tento jev se v této práci nepotvrdil, jelikož prasničky měly obsah intramuskulárního tuku statisticky průkazně nižší, než vepřiči o 0,95 %.

Pohlaví má dále vliv na tvorbu a ukládání svalové hmoty u prasniček a vepřků. Těla prasnic obsahují dle Stupky et al. (2013) průměrně o 2 – 4 % více masité hmoty, než těla vepřů. V této práci nelze potvrdit toto tvrzení na základě výsledků, které udávají, že prasničky měly podíl libové svaloviny v těle pouze o 1,27 % větší, než vepřiči.

Rehfeldt (2004) zjistil, že rozdíly v počtu a velikosti svalových vláken mezi pohlavími jsou primárně dány hladinou testosteronu. Rozdíly v počtu svalových vláken mezi vepřičky a prasničkami mohou vzniknout působením hormonů, pokud jsou rozdíly v androgenních hormonech vysoké dostatečně v období prenatální tvorby vláken. Vliv pohlaví je nepatrný až do dosažení pohlavní dospělosti. Dále uvádí, že vepřiči často vykazují větší svalová vlákna než prasničky. V naší práci se toto tvrzení potvrdilo, a to proto, že rozdíly byly shledány mezi vepřičky a prasničkami v počtu svalových vláken a to u vláken typu I, 2A i 2B. Zároveň mají vepřiči větší plochu všech typů svalových vláken, než prasničky.

Dalším měřeným ukazatelem ovlivňujícím kvalitu masa bylo pH, které se ve svalovině pohybuje obvykle okolo 7, avšak tato hodnota není konstantní. Po porážce zvířete dochází vlivem anaerobního odbourávání glykogenu k poklesu, zároveň také vznikem kyseliny mléčné a pH se tedy začne pohybovat v rozmezí 5,4 - 5,7. Zvířata, která byla před porážkou ve stresovém stavu, vyčerpají zásoby glykogenu a tím pádem má maso po porážce hodnotu pH kolem 6,2 (Andrés-Bello et al. 2013). Vepřiči v této práci měli hodnoty pH 6,18 a prasničky 6,48. Z toho lze vyvodit, dle tvrzení Andrés-Bello et al. (2013), že zvířata nebyla před porážkou vystavena vysokému stresu. Lze však konstatovat, že vepřiči byli ve větším stresu, než prasničky, přesto můžeme potvrdit, že jejich maso nevykazovalo znaky anomálie PSE.

6.2 Vnější vlivy

Schneeberg a Nováková (2005) zjistili, že při dodržení optimálních chovatelských podmínek a také hygieny je běžně dosaženo průměrného denního přírůstku 900 g. Vepřiči v této práci měli průměrný denní přírůstek 981,91g a prasničky 1045,42g. Tento výsledek nebyl statisticky průkazný, avšak vyplývá z něj, že zvířata byla chována za optimálních chovatelských podmínek.

6.3 Kvalita masa v závislosti na zastoupení typů svalových vláken

Velké množství studií se zabývalo vlivem zastoupení svalových vláken na kvalitu masa. Joo et al. (2013) a Kim et al. (2018) uvádějí, že zastoupení vláken typu I a 2A pozitivně koreluje s obsahem červeného barviva v mase a také jeho schopností zadržovat vodu, zatímco svalová vlákna typu 2B korelují s těmito vlastnostmi negativně. V této práci se ukázalo, že vepřici i prasničky měli největší zastoupení svalových vláken typu 2B. Co se týče barevného odstínu, jak u vepřίκů, tak i u prasniček byl naměřen ve větším množství barevný odstín b^* . Lze tedy potvrdit tvrzení Joo et al. (2013) a Kim et al. (2018), že velké zastoupení svalových vláken typu 2B negativně koreluje s obsahem červeného barviva v mase.

Joo et al. (2013) dále poukazují na fakt, že šlechtěním prasat na zvýšenou rychlost růstu a vyšší podíl libové svaloviny dochází ke změnám metabolismu svalu od červeného oxidativního typu směrem k bílému glykolytickému typu svalových vláken. Toto tvrzení lze potvrdit i v naší práci, kde všechna prasata vykazovala největší počet i procentuální zastoupení svalových vláken typu 2B.

Karlsson et al. (1999) zjistili, že svaly, které mají vyšší zastoupení svalových vláken typu I, mají vysoký obsah intramuskulárního tuku. Tato práce uvádí, že zastoupení svalových vláken typu I bylo u vepřίκů 12,01 % a u prasniček 12,62 %. Zároveň u vepřίκů byl obsah intramuskulárního tuku 2,74 % a u prasniček 1,79 %. Zjištění Karlssona et al. (1999) tedy nelze potvrdit, jelikož prasničky, které měly vyšší zastoupení svalových vláken typu I, měly zároveň nižší obsah intramuskulárního tuku v porovnání s vepřίκy, kteří měli nižší zastoupení svalových vláken typu I a více IMT.

Choe et al. (2008) uvádí, že svaly s vyšším zastoupením svalových vláken typu 2B a nižším zastoupením svalových vláken typu I byly bledší a měly vyšší ztrátu odkapem, než jiné svaly. Zjistili jsme, že vepřici mají světlejší maso, než prasničky a zároveň mají také o 3,12 % větší ztrátu masové šťávy odkapem. Co se týče zastoupení svalových vláken, tak vepřici měli nižší zastoupení vláken typu I a vyšší zastoupení vláken typu 2B oproti prasničkám. Tato zjištění potvrzují také Choe et al. (2008), tj. svaly s nižším zastoupením vláken typu I a vyšším zastoupením vláken typu 2B mají světlejší maso a vyšší ztrátu masové šťávy odkapem, než jiné svaly.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit charakteristiky svalových vláken u zvířat různého pohlaví s ohledem na kvalitu masa. Z výsledků je patrné, že prasničky měly vyšší průměrný denní přírůstek, avšak tento ukazatel nebyl statisticky průkazný. Stejně tak i porážková hmotnost prasat, která byla vyšší u vepříků. Z výsledků vyplývá, že kvantitativní charakteristiky jatečné hodnoty ve většině ukazatelích vyšly lépe ve prospěch prasniček. Vepřici měli statisticky průkazně nižší pH než prasničky, vyšší teplotu (45 minut *post mortem*) a vyšší ztrátu masové šťávy odkapem, než prasničky. Maso vepříků bylo dle naměřených hodnot světlejší, než maso prasniček. Pečeně u vepříků, ani u prasniček nevykazovala známky anomálie PSE.

Zaznamenané charakteristiky svalových vláken jatečné partie pečeně ve vztahu k pohlaví prasat ukázaly, že prasničky mají ve všech typech svalových vláken vyšší počet na 1mm^2 , což znamená, že jejich vlákna jsou menší, než u vepříků, kteří mají větší plochu všech typů, ale nižší počty vláken.

Výsledky korelačních ukazatelů mezi kvalitou masa a charakteristikami svalových vláken u jatečné partie pečeně naznačují, že u skupiny vepříků závisí na hmotnosti jatečně upraveného těla, procentu intramuskulárního tuku, barevném odstínu a^* a b^* , světlosti L^* a elektrické vodivosti. U prasniček vykazují závislost u ukazatelů barevný odstín a^* , pH_{45} a podíl libové svaloviny ke svalovým vláknům.

Dle výsledků popsaných v této části lze říci, že pohlaví prasete může ovlivnit kvalitu masa z hlediska kvantitativních i kvalitativních charakteristik. Naše hypotéza, že jednotlivá pohlaví mají různou intenzitu růstu a zároveň s vyšší hmotností zvířete dochází ke zvětšení jednotlivých svalových vláken, se prokázala jako platná, jelikož u vepříků a prasniček byl zjištěn odlišný průměrný denní přírůstek a odlišné zastoupení jednotlivých svalových vláken. Také byly nalezeny výrazné rozdíly mezi zastoupením všech typů svalových vláken u vepříků a u prasniček, jejich plochami a počtem. Proto se hypotéza o předpokladu, že mezi pohlavím zvířat dochází k odlišnému vývoji jednotlivých typů svalových vláken, které tak mohou mít vliv i na konečnou kvalitu masa také částečně potvrdila.

Histochemická analýza svalových vláken je velice náročným způsobem, jak kontrolovat kvalitu masa, přesto vede k výsledkům, které mohou pozitivně ovlivnit produkci vepřového masa. Kombinací kontroly všech faktorů, jež ovlivňují kvalitu masa, může vést k jeho zkvalitnění a lze také tím předejít vzniku vad masa, jako je třeba PSE. Výběr vhodných plemen, nebo pohlaví prasat mohou ulehčit podobné, či rozsáhlejší studie a tím pozitivně ovlivnit tuto problematiku.

Při porovnávání výsledků studií, které se zaměřují na vliv zastoupení svalových vláken na kvalitativní charakteristiky masa, by se možná mnozí ptali, zda je vliv svalových vláken dostatečným indikátorem kvality masa. Je nutno nezapomínat, že to není jediný indikátor a že vztahy mezi všemi indikátory jsou velice složité a vzájemně závislé, a také ovlivněné mnoha postmortálními faktory. Není zaručený stoprocentní úspěch, bude-li se některý z daných indikátorů kvality hodnotit samostatně, či snad bude-li některý z nich opomenutý. Kvalita masa hodnocená pomocí svalových vláken je tedy nepostradatelnou součástí výzkumů zabývajících se touto problematikou a je potřeba tyto studie čas od času zopakovat nebo přezkoumat, protože výsledky se mohou měnit, stejně jako se mění genetika zvířat.

8 Literatura

Citace byly vytvořeny normou Mendeley Reference Manager.

Adzitey F. 2011. Effect of pre-slaughter animal handling on carcass and meat quality. *International Food Research Journal* 18:485–491.

Aluwé, M., Millet, S., Bekaert, K. M., Tuyttens, F. A. M., Vanhaecke, L., de Smet, S., & de Brabander, D. L. (2011). Influence of breed and slaughter weight on boar taint prevalence in entire male pigs. *Animal*, 5(8), 1283–1289. <https://doi.org/10.1017/S1751731111000164>

Aluwé, M., Langendries, K. C. M., Bekaert, K. M., Tuyttens, F. A. M., Brabander, D. L. de, Smet, S. de, & Millet, S. (2013). Effect of surgical castration, immunocastration and chicory-diet on the meat quality and palatability of boars. *Meat Science*, 94(3), 402–407. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.02.015>

Andrés-Bello, A., Barreto-Palacios, V., García-Segovia, P., Mir-Bel, J., & Martínez-Monzó, J. (2013). Effect of pH on color and texture of food products. *Food Engineering Reviews*, 5(3), 158–170. <https://doi.org/10.1007/s12393-013-9067-2>

Ashmore, C. R., & Doerr, L. (1971). Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Experimental Neurology*, 31(3), 408–418. [https://doi.org/10.1016/0014-4886\(71\)90243-3](https://doi.org/10.1016/0014-4886(71)90243-3)

Bernardy, J. (2010). Kastrace prasat jako evropské dilema. *Veterinářství* 60:372–374.

Bonneau, M., & Lebret, B. (2010). Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat Science*, 84(2), 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.03.013>

Bonneau, & Weiler. (2019). Pros and Cons of alternatives to piglet castration: welfare, boar taint, and other meat quality traits. *Animals*, 9(11), 884. <https://doi.org/10.3390/ani9110884>

Brooke, M. H., & Kaiser, K. K. (1970). Three “myosin adenosine triphosphatase” systems: The nature of their pH lability and sulfhydryl dependence. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, 18(9), 670–672. <https://doi.org/10.1177/18.9.670>

Bykowska, M. (2018). Influence of selected factors on meat quality from farm-raised and wild fallow deer (*Dama dama*): a review. *Canadian Journal of Animal Science*, 98(3), 405–415. <https://doi.org/10.1139/cjas-2017-0146>

Castigliengo, L., Armani, A., & Guidi, A. (2012). *Handbook of meat and meat processing* (Y. H. Hui, Ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11479>

Cobanovic, N., Stajkovic, S., Grkovic, N., Suvajdzic, B., Vasilev, D., & Karabasil, N. (2019). Effects of RYR1 gene mutation on the health, welfare, carcass and meat quality in slaughter pigs. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 333(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/333/1/012051>

Čítek, J. (2019). Geny a genetické markery ovlivňující užitkové vlastnosti prasat. Česká Technologická Platforma pro Zemědělství (ČTPZ).

Destefanis, G., Brugiapaglia, A., Barge, M. T., & Dal Molin, E. (2008). Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner – Bratzler shear force. *Meat Science*, 78(3), 153–156. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.031>

Díaz, F., Díaz-Luis, A., Sierra, V., Diñeiro, Y., González, P., García-Torres, S., Tejerina, D., Romero-Fernández, M. P., Cabeza de Vaca, M., Coto-Montes, A., & Oliván, M. (2020). What functional proteomic and biochemical analysis tell us about animal stress in beef? *Journal of Proteomics*, 218. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2020.103722>

Dostálová, J., & Kadlec, P. (2014). *Potravinářské zbožíznalství* (1st ed.). Key Publishing. ISBN 978-80-7418-208-2.

Edgerton, V. R., Barnard, R. J., Peter, J. B., Gillespie, C. A., & Simpson, D. R. (1972). Overloaded skeletal muscles of a nonhuman primate (*Galago senegalensis*). *Experimental Neurology*, 37(2), 322–339. [https://doi.org/10.1016/0014-4886\(72\)90077-5](https://doi.org/10.1016/0014-4886(72)90077-5)

Foury, A., Lebret, B., Chevillon, P., Vautier, A., Terlouw, C., & Mormède, P. (2011). Alternative rearing systems in pigs: consequences on stress indicators at slaughter and meat quality. *Animal*, 5(10), 1620–1625. <https://doi.org/10.1017/S1751731111000784>

Fürstová, M. (2021). Vybrané jakostní ukazatele dančího masa z farmových chovů. České Budějovice. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

Grela, E. R., Świątkiewicz, M., Florek, M., & Wojtaszewska, I. (2020). Impact of milk thistle (*Silybum marianum* L.) seeds in fattener diets on pig performance and carcass traits and fatty acid profile and cholesterol of meat, backfat and liver. *Livestock Science*, 239. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104180>

Hanzelková, Š., Simeonovová, J., Hampel, D., Dufek, A., & Šubrt, J. (2011). The effect of breed, sex and aging time on tenderness of beef meat. *Acta Veterinaria Brno*, 80(2), 191–196. <https://doi.org/10.2754/avb201180020191>

Hughes, J. M., Oiseth, S. K., Purslow, P. P., & Warner, R. D. (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science*, 98(3), 520–532. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.022>

Channon, H. A., D'Souza, D. N., & Dunshea, F. R. (2018). Diet composition and slaughter age up to 24 weeks have minimal impact on pork eating quality of loin steaks and silverside roasts from female pigs. *Meat Science*, 135, 94–101. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.09.005>

Choe, J. H., Choi, Y. M., Lee, S. H., Shin, H. G., Ryu, Y. C., Hong, K. C., & Kim, B. C. (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(2), 355–362. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.019>

Choe, J. H., Choi, Y. M., Ryu, Y. C., Lee, S. H., & Kim, B. C. (2010). Effects of maternal nutrition during pregnancy on the body weight, muscle fiber number, carcass traits, and pork quality traits of offspring. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(7), 965–971. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.90545>

Choi, Y. M., & Kim, B. C. (2009). Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. *Livestock Science*, 122(2–3), 105–118. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.08.015>

Choi, Y. M., & Oh, H. K. (2016). Carcass performance, muscle fiber, meat quality, and sensory quality characteristics of crossbred pigs with different live weights. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(3), 389–396. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.3.389>

Ingr, I. (1996). *Technologie masa*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.

Ingr, I. (2003). *Produkce a zpracování masa*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.

Ingr, I. (2011) *Produkce a zpracování masa*. 2. nezměněné vydání, Mendelova univerzita v Brně, 202s.

Jelínek, J. (2010). *Chemické a nutriční hodnoty masa jatečných zvířat a změny masa v průběhu zrání a skladování*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. <http://hdl.handle.net/10563/12008>

Joo, S. T., Kim, G. D., Hwang, Y. H., & Ryu, Y. C. (2013). Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science*, 95(4), 828–836. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.044>

Kadlec, P., Melzoch, K., & Voldřich, M. (2012). *Přehled tradičních potravinářských výrobní technologie potravin (1.)*. Key Publishing.

Kameník, J. (2014). Maso jako potravina: produkce, složení a vlastnosti masa (1.). Veterinární a farmaceutická univerzita, Brno.

Kameník, J. (2016). O barvě masa. *Společnost pro Výživu*.

Karlsson, A. H., Klont, R. E., & Fernandez, X. (1999). Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. *Livestock Production Science*, 60(2–3), 255–269. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00098-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00098-6)

Keenan, D. F. (2016). Pork meat quality, production and processing on. In *Encyclopedia of Food and Health*, 419–431, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00551-1>

Kim, G. D., Overholt, M. F., Lowell, J. E., Harsh, B. N., Klehm, B. J., Dilger, A. C., & Boler, D. D. (2018). Evaluation of muscle fiber characteristics based on muscle fiber volume in porcine longissimus muscle in relation to pork quality. *Meat and Muscle Biology*, 2(1). <https://doi.org/10.22175/mmb2018.07.0018>

König, E. H., Liebich H. G. (2003). Anatomie domácích savců: Pohybový aparát. Hajko a Hajková, Bratislava.

Koohmaraie, M., & Geesink, G. H. (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74(1), 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.025>

Kouřimská, L., Čítek, J., Zadinová, K., Okrouhlá, M., Panovská, Z., Khatri, Y., & Stupka, R. (2018). Sensory quality of meat from crossbred boars in relation to their age and slaughter weight. *Czech Journal of Food Sciences*, 36(5), 415–419. <https://doi.org/10.17221/151/2018-CJFS>

Larzul, C., Lefaucheur, L., Ecolan, 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. *Journal of Animal Science*, 75(12), 3126. <https://doi.org/10.2527/1997.75123126x>

Lefaucheur, L., & Gerrard, D. (2000). Muscle fiber plasticity in farm mammals. *Journal of Animal Science*, 77(E-Suppl), 1. <https://doi.org/10.2527/jas2000.77E-Suppl1b>

Li, J., Yang, Y., Zhan, T., Zhao, Q., Zhang, J., Ao, X., He, J., Zhou, J., & Tang, C. (2021). Effect of slaughter weight on carcass characteristics, meat quality, and lipidomics profiling in longissimus thoracis of finishing pigs. *LWT*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110705>

Lorencová, M. (2016). Vyhodnocení vlivu druhové a plemenné příslušnosti hospodářských zvířat na sílu svalových vláken. Brno. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně.

Maiorano, G., Kapelański, W., Bocian, M., Pizzuto, R., & Kapelańska, J. (2013). Influence of rearing system, diet and gender on performance, carcass traits and meat quality of Polish Landrace pigs. *Animal*, 7(2), 341–347. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001516>

Marco-Ramell, A., Arroyo, L., Saco, Y., García-Heredia, A., Camps, J., Fina, M., Piedrafita, J., & Bassols, A. (2012). Proteomic analysis reveals oxidative stress response as the main adaptative physiological mechanism in cows under different production systems. *Journal of Proteomics*, 75(14), 4399–4411. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.04.002>

Marvan, F., Hampl, A., Hložánková, E., Kresan, J., Massanyi, L., & Vernerová, E. (2010). Morfologie hospodářských zvířat. Česká zemědělská univerzita, Brázda.

Miar, Y., Plastow, G., & Wang, Z. (2015). Genomic selection, a new era for pork quality improvement. *Springer Science Reviews*, 3(1), 27–37. <https://doi.org/10.1007/s40362-015-0029-3>

Mikołajczak, B., Iwańska, E., Sychaj, A., Danyluk, B., Montowska, M., Grześ, B., Banach, J. K., Żywica, R., & Pospiech, E. (2019). An analysis of the influence of various tenderising treatments on the tenderness of meat from Polish Holstein-Friesian bulls and the course of changes in collagen. *Meat Science*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107906>

Mörlein, D., Meier-Dinkel, L., Moritz, J., Sharifi, A. R., & Knorr, C. (2013). Learning to smell: Repeated exposure increases sensitivity to androstenone, a major component of boar taint. *Meat Science*, 94(4), 425–431. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.03.020>

Nam, Y. J., Choi, Y. M., Lee, S. H., Choe, J. H., Jeong, D. W., Kim, Y. Y., & Kim, B. C. (2009). Sensory evaluations of porcine longissimus dorsi muscle: Relationships with postmortem meat quality traits and muscle fiber characteristics. *Meat Science*, 83(4), 731–736. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.015>

Petr, J., & Louda, F. (1998). Produkce potravinářských surovin (1.). Vysoká škola chemicko-technologická.

Pipek, P. (1993). Technologie masa I (3.). Ediční středisko VŠCHT, Praha.

Rede, R., Pribisch, V., & Rehelić, S. (1986). Untersuchungen über die Beschaffenheit von Schlachttierkörpern und Fleisch primitiver und hochselektierter Schweinerassen. *Fleischwirtsch*, 66.

Reece W. O. (1998). Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. Grada, Praha.

Reggiani, C., & Mascarello, F. (2004). Fibre type identification and functional characterization in adult livestock animals. In muscle development of livestock animals: physiology, genetics and meat quality (39–68). CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851998114.0039>

Rehfeldt, C., Fiedler, I., & Stickland, N. C. (2004). Number and size of muscle fibres in relation to meat production. In Muscle development of livestock animals: physiology, genetics and meat quality (1–38). CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851998114.0001>

Ryu, Y. C., & Kim, B. C. (2005). The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig longissimus dorsi muscle. *Meat Science*, 71(2), 351–357. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.015>

Ryu, Y. C., Choi, Y. M., Lee, S. H., Shin, H. G., Choe, J. H., Kim, J. M., Hong, K. C., & Kim, B. C. (2008). Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds. *Meat Science*, 80(2), 363–369. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.020>

Saláková, A. (2014). Hygiena a technologie drůbeže, vajec a zvěřiny (1.). Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. <https://fvhe.vfu.cz/files/hygiena-a-technologie-drubezevajec-a-zveriny.pdf>

Salas, R. C. D., & Mingala, C. N. (2017). Genetic factors affecting pork quality: halothane and rendement napole genes. *Animal Biotechnology*, 28(2), 148–155. <https://doi.org/10.1080/10495398.2016.1243550>

Schiaffino, S., & Reggiani, C. (1996). Molecular diversity of myofibrillar proteins: gene regulation and functional significance. *Physiological Reviews*, 76(2), 371–423. <https://doi.org/10.1152/physrev.1996.76.2.371>

Simeonovová J., Gajdůšek S., Ingr I. (2003). Zpracování a zbožiznalství živočišných produktů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.

Sláma, P., Pavlík A., Tančín V. (2015). Morfologie a fyziologie hospodářských zvířat. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-337-0.

Sova Z., Bukvaj J., Koudela K., Kroupová V., Pješčák M., Podaný J. (1990). Fyziologie hospodářských zvířat. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Steinhauser L., Beneš J., Budig J., Gola J., Hofmann I., Ingr I., Kameník J., Klíma D., Kozák A., Kužniar J., Látová J., Lukešová D., Matyáš Z., Míkulík A., Minks J., Palásek J., Petříček

M., Pipek P., Ruprich J., Sovjak R., Steinhäuserová I., Vrchlabský J. (1995). Hygiena a technologie masa. LAST, Brno.

Steinhäuser, L., Beneš, J., Ingr, I. 2000. Produkce masa. Tišnov: Last., 464. ISBN 80900260-7-9.

Stupka, R., Šprysl M., Čítek J. (2009). Základy chovu prasat. Praha: Powerprint. ISBN 978-80-904011-2-9.

Stupka, R., Čítek, J., Fantová, M., Ledvinka, Z., Navrátil, J., Nohejlová, L., Stádník, L., Šprysl, M., Štolc, L., Vacek, M., Zita, L. (2013). Chov zvířat. Powerprint, Praha.

Svačina, Š., Bretšnajdrová, A., Holcátová, I., Horáček, J., Kovářová, K., Kreuzbergová, J., Müllerová, D., Pejskerová, M., Rušavý, Z., Sulková, S., & Šmahelová, A. (2008). *Klinická dietologie*. Grada Publishing.

Trochtová, A. (2015). Vztah mezi kvantitativními a kvalitativními ukazateli jatečné hodnoty a charakteristikou svalových vláken u prasat. Praha. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.

Tůmová, L. (2021). Zhodnocení mikrobiologické kvality zvěřiny. České Budějovice. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

Velíšek, J. (1999). Chemie potravin II. OSSIS Tábor, 287.

Velíšek J. & Hajšlová J. (2009). Chemie potravin I. Osis, Tábor.

Volpelli, L. A., Valusso, R., Morgante, M., Pittia, P., & Piasentier, E. (2003). Meat quality in male fallow deer (*Dama dama*): effects of age and supplementary feeding. *Meat Science*, 65(1), 555–562. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00248-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00248-6)

Warner, R. D. (2017). The eating quality of meat — IV water-holding capacity and juiciness. In *Lawrie's Meat Science* (419–459). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00014-5>

Wigmore, P. M., & Evans, D. J. R. (2002). Molecular and cellular mechanisms involved in the generation of fiber diversity during myogenesis (175–232). [https://doi.org/10.1016/S0074-7696\(02\)16006-2](https://doi.org/10.1016/S0074-7696(02)16006-2)

Wojtysiak, D. (2013). Effect of age on structural properties of intramuscular connective tissue, muscle fibre, collagen content and meat tenderness in pig longissimus lumborum muscle. *Folia Biologica*, 61(3), 221–226. https://doi.org/10.3409/fb61_3-4.221

Zhao, X., Hu, H., Lin, H., Wang, C., Wang, Y., & Wang, J. (2020). Muscle transcriptome analysis reveals potential candidate genes and pathways affecting intramuscular fat content in pigs. *Frontiers in Genetics*, 11. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00877>

Żochowska, J., Lachowicz, K., Gajowiecki, L., Sobczak, M., Kotowicz, M., & Żych, A. (2005). Effects of carcass weight and muscle on texture, structure and myofibre characteristics of wild boar meat. *Meat Science*, 71(2), 244–248. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.019>

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

%	=	procento (měrná jednotka)
°C	=	stupeň Celsia (jednotka teploty)
2A	=	rychlá oxidační glykolytická vlákna (bílá)
2B	=	rychlá glykolytická vlákna (bílá)
ATP	=	adenosintrifosfát
Ca	=	vápník
cm	=	centimetr (jednotka délky)
CO ₂	=	oxid uhličitý
DFD	=	tmavé, tuhé, suché maso
Fe	=	železo
FF	=	rychlá a snadno unavitelná vlákna
FG	=	rychlá červená vlákna
FOG	=	rychlá bílá vlákna
FR	=	rychlá a vytrvalá vlákna
FTG	=	rychlá glykolytická vlákna
FTO	=	rychlá oxidační vlákna
g	=	gram (jednotka hmotnosti)
Hz	=	hertz (jednotka frekvence)
I	=	pomalá oxidační vlákna (červená)
IMT	=	intramuskulární tuk
JUT	=	jatečně upravené tělo
K	=	draslík
kg	=	kilogram (jednotka hmotnosti)
KKS	=	kompletní krmná směs
m ²	=	metr čtvereční (jednotka obsahu)
mg	=	miligram (jednotka hmotnosti)
MH	=	maligní hypertermie
MLLT	=	<i>musculus longissimus lumborum et thoracis</i> – bederní a hřbetní sval
mm	=	milimetr (jednotka délky)
mm ²	=	milimetr čtvereční (jednotka obsahu)
mS	=	millisiemens (jednotka elektrické vodivosti)
NADH	=	nikotinamidadeninukleotid (tetrazolium reduktázy)
NS	=	non significant, nejsou významné
O ₂	=	kyslík
P	=	fosfor
<i>P</i>	=	hladina průkaznosti
pH45	=	pH 45 minut po porážce
PSE	=	bledé, měkké, vodnaté maso
PSS	=	prasečí stresový syndrom
R _{YR} 1	=	ryanodinový receptor 1
S	=	pomalá a vytrvalá vlákna
SAS	=	statistický analytický systém

SD	=	směrodatná odchylka
SO	=	pomalá červená vlákna
STO	=	pomalá oxidační vlákna
Zn	=	zinek
mm	=	mikrometr (jednotka délky)
μm^2	=	mikrometr čtvereční (jednotka obsahu)

10 Seznam tabulek a obrázků

Seznam tabulek

Tabulka 1 Rozdělení typů svalových vláken (chronologicky)	17
Tabulka 2 Obsah hemových barviv u jednotlivých druhů zvířat (Steinhauser et al. 1995).....	17
Tabulka 3 Zastoupení typů svalových vláken u vybraných plemen prasat (Ryu et al. 2008) ..	20
Tabulka 4 Výkrmnostní ukazatelé ve vztahu k pohlaví.....	30
Tabulka 5 Kvantitativní charakteristiky jatečné hodnoty ve vztahu k pohlaví	31
Tabulka 6 Kvalitativní charakteristiky jatečné hodnoty ve vztahu k pohlaví	33
Tabulka 7 Nutriční složení masa	34
Tabulka 8 Charakteristika svalových vláken MLLT ve vztahu k pohlaví.....	35
Tabulka 9 Korelační ukazatelé mezi kvalitou masa a charakteristikami svalových vláken (MLLT) u vepřů.....	37
Tabulka 10 Korelační ukazatelé mezi kvalitou masa a charakteristikami svalových vláken (MLLT) u prasniček	38

Seznam obrázků

Obrázek 1 Struktura svalového vlákna dle (https://1url.cz/JuPQD).....	15
---	----

