

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Vliv pohlaví na vývoj svalových vláken a kvalitu
vepřového masa**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Šárka Nejedlá

**Obor studia: Kvalita potravin a zpracování zemědělských
produktů**

Vedoucí práce: doc. Ing. Jaroslav Čítek, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv pohlaví na vývoj svalových vláken a kvalitu vepřového masa" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.4.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala mému vedoucímu doc. Ing. Jaroslavu Čítkovi, Ph.D. za veškerou pomoc, odborné rady a dozor při psaní diplomové práce a Ing. Kamile Pokorné, Ing. Monice Okrouhlé, Ph.D. a Ing. Darině Chodové, Ph.D. za pomoc a spolupráci při výzkumné práci. Mé poděkování patří také všem mým blízkým, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia.

Vliv pohlaví na vývoj svalových vláken a kvalitu vepřového masa

Souhrn

Vepřové maso je v České republice stále tím nejvíce konzumovaným druhem. Už jen z toho důvodu je důležité zaměřovat se nejen na aktuálně diskutovanou problematiku ekonomiky chovu a welfare zvířat, ale také na kvalitu masa. Jedním z faktorů, který ji ovlivňuje jsou histochemické charakteristiky svalových vláken.

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit charakteristiky svalových vláken ve svalu *longissimus lumborum* u různých plemen a pohlaví prasat a také zjistit, jaký vliv má na svalová vlákna úroveň zmasilosti. Do experimentu bylo zahrnuto celkem 46 prasat čtyř plemen – české bílé ušlechtilé, duroc, pietrain a česká landrase. Zvířata byla po celou dobu výkrmu krmena *ad libitum* a jejich průměrná hmotnost JUT činila 87,8 kg.

Ke klasifikaci jednotlivých typů svalových vláken byly použity dvě metody – metoda hematoxylin-eosin a metoda podle Brooke & Kaisera (ATPázová reakce). Těmito způsoby se klasifikovaly tři typy – I, IIA a IIB. Dále byla u každého typu svalového vlákna stanovena průměrná plocha, zastoupení z plochy a z počtu. Také byla stanovena procentuální zmasilost vepřících, prasniček a kanečků. Pro podrobnější zhodnocení nejvíce zastoupeného typu svalových vláken IIB (78,4-82,6 % z celkové plochy) se vlákna rozdělila dle velikosti a následně byly provedeny analýzy, kterými se stanovilo procentuální zastoupení různých velikostí IIB vláken v kontextu celé jejich plochy i počtu. Veškeré výsledky byly vyhodnoceny pomocí počítačového programu SAS.

Vlákna IIB bývají spojována s větší světlostí masa a vyšší ztrátou odkapem, což negativně ovlivňuje jeho kvalitu. Dále u svalů s vysokým obsahem IIB vláken dochází k rychlejšímu poklesu pH, což může vyústit až v PSE vadu masa. V naší práci byla největší průměrná plocha svalových vláken IIB nalezena u prasniček plemene česká landrase, avšak bez statisticky průkazného rozdílu. Významná odlišnost byla nalezena ve velikosti IIB mezi prasničkami a vepřícími plemene duroc.

Co se týká podílu libové svaloviny, experiment ukázal, že kanečci byli nejzmasilejší, ale zároveň měli největší podíl IIB vláken, jejichž rozměry byly velké. Nejméně zmasilí byli vepřící, kteří měli i nejmenší podíl IIB a zároveň měla tato vlákna nejmenší rozměry. Na základě našich výsledků by bylo možné uvést, že čím bude zvíře zmasilejší, vzrůstá riziko častějšího výskytu abnormálních zracích procesů právě z důvodu velkých IIB vláken. Dále bylo

statisticky prokázáno, že čím mělo zvíře vyšší hmotnost JUT, tím mělo větší i všechny typy svalových vláken.

Výsledky práce poukazují na výrazné rozdíly ve složení jednotlivých typů vláken ve svalu s ohledem na pohlaví, plemeno a hmotnost JUT. Existuje mnoho způsobů, jak kontrolovat kvalitu masa, a ačkoliv je hodnocení na základě charakteristik jednotlivých typů svalových vláken delším procesem, rozhodně by se na tuto metodu nemělo zapomínat. Zároveň by se měla více zaměřit pozornost na různé velikosti IIB vláken a jejich vliv na kvalitu. Rozsáhlejší studie u více plemen prasat mohou velkou mírou přispět k výběru co nejvhodnějších zvířat, které zaručí tu nejlepší kvalitu masa.

Klíčová slova: prase; svalová vlákna; pohlaví; kvalita masa

The effect of gender on the muscle fibres development and on the quality of pork meat

Summary

Pork is still the most consumed kind of meat in the Czech republic. Not just for this reason is very important to focus not only on currently discussed problem of the economics of animal husbandry and animal welfare but also on meat quality. One of the factors which affects the quality are histochemical characteristics of muscle fibres.

The aim of the diploma theses was to evaluate the characteristics of muscle fibres of *longissimus lumborum* muscle in different breeds and genders of pigs and also to find out what effect has got the level of meatiness on the muscle fibres. A total of 46 pigs of four breeds were included into the experiment – Czech large white, duroc, pietrain and Czech landrace. Animals were fed *ad libitum* throughout the fattening period and their average carcass weight was 87.8 kg.

Two methods were used to classify individual types of muscle fibres – the hematoxylin-eosin method and the Brooke & Kaiser method (ATPase reaction). Three types were classified – I, IIA and IIB. Furthermore, the average area, the representation from the area and from the number were determined for each type of muscle fibre. Also was determined the percentage meatiness of barrows, gilts and boars. For a more detailed evaluation of the most represented muscle fibre type IIB (78.4-82.6 % of the total area), these fibres were divided by size and then they were analyzed to determine the percentage of different sizes of IIB fibres in the context of their entire area and number. All results were evaluated using the SAS computer programme.

IIB fibres are associated with greater meat lightness and higher drip loss, which negatively affects its quality. Furthermore, these muscles with a high content of IIB fibres occurs with faster decrease in pH, which can cause PSE meat quality defect. In our work, the largest average area of IIB muscle fibres was found in gilts of Czech landrace breed, but without a statistically significant difference. A significant difference was found in size of IIB between gilts and barrows of duroc breed.

As for the proportion of lean muscle, the experiment showed that boars were the most meaty, but they also had the largest percentage of IIB fibres, which were large in size. The least meaty were barrows, which had the smallest percentage of IIB and most of them were in small sizes. Based on our results, it could be stated that the more meaty the animal is, the higher risk

of more frequent abnormal maturation processes due to the large IIB fibres have. Furthermore, it was statistically proven that the higher weight of carcass is, the larger muscle fibres of all types are.

The results of the work point to big differences in the composition of individual muscle fibres types considering gender, breed and carcass weight. There are many ways how to control the meat quality and although the evaluation based on the characteristics of the individual muscle fibre types is a longer process, this method should definitely not be forgotten. At the same time, more attention should be focused on the different sizes of IIB fibres and their impact on meat quality. Extensive studies with more pig breeds can greatly help to select the most suitable animals that will guarantee the best quality of meat.

Keywords: pig; muscle fibres; gender; meat quality

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1 Úvod | 11 |
| 2 Vědecká hypotéza a cíle práce | 12 |
| 3 Literární rešerše | 13 |
| 3.1 Kosterní svalstvo | 13 |
| 3.2 Svalová vlákna | 13 |
| 3.3 Gigantická svalová vlákna | 16 |
| 3.4 Faktory ovlivňující růst svalových vláken a kvalitu masa | 17 |
| 3.4.1 Plemeno a genotyp..... | 17 |
| 3.4.2 Věk..... | 18 |
| 3.4.3 Výživa | 19 |
| 3.4.4 Pohlaví a kastrace | 20 |
| 3.4.4.1 Chirurgická kastrace | 21 |
| 3.4.4.2 Imunokastrace..... | 21 |
| 3.5 Postmortální změny v mase | 22 |
| 3.6 Kvalita masa | 23 |
| 3.6.1 Vzhled masa (AQT)..... | 24 |
| 3.6.2 Kulinární vlastnosti (EQT) | 25 |
| 3.6.3 Znaky ovlivňující důvěru spotřebitele (RQT)..... | 25 |
| 4 Metodika | 27 |
| 4.1.1 Metoda podle Brooke & Kaiser | 27 |
| 4.1.2 Metoda hematoxylin-eosin..... | 28 |
| 4.2 Zpracování vzorků | 28 |
| 4.3 Statistická analýza | 28 |
| 5 Výsledky | 29 |
| 5.1 Souhrnné ukazatele | 29 |
| 5.2 Zhodnocení svalových vláken na základě plemene | 31 |
| 5.3 Zhodnocení svalových vláken na základě pohlaví | 32 |
| 5.4 Rozdíly mezi pohlavími u jednotlivých plemen | 33 |
| 5.5 Vliv hmotnosti JUT na charakteristiku svalových vláken | 38 |
| 5.6 Zhodnocení velikostí IIB svalových vláken | 38 |
| 6 Diskuze | 42 |
| 7 Závěr | 44 |
| 8 Literatura | 45 |
| 9 Seznam obrázků | 51 |

| | |
|--|-----------|
| 10 Seznam použitých zkratek a symbolů | 52 |
|--|-----------|

1 Úvod

Maso je v lidské populaci konzumováno již po miliony let a tvoří významnou součást téměř každodenního života velké části lidí. Je součástí mnoha pokrmů a jeho použití je velmi variabilní. Velkým benefitem v dnešní době také je, že existuje nespočet druhů masných výrobků. Maso se také v průběhu let stává dostupnější i pro populace, pro které bylo dříve pouze výjimečnou záležitostí. Kvůli tomu však poptávka a produkce masa celosvětově roste.

Největším producentem vepřového masa na světě je Asie, která zaujímá téměř 60 % produkce. Na druhém místě je Evropa s více jak 25 %. Mezi evropské země s nejvyšší produkcí vepřového masa patří Německo, Polsko a Španělsko (López-Pedrouso et al. 2020). V České republice, podobně jako ve světě, ze všech druhů mas dominuje maso vepřové. Podle Českého statistického úřadu (2021) se v ČR vyprodukovalo za rok 2020 celkem 454 846 tun masa, což je o 0,9 % více než v roce 2019. Vepřové maso zaujímalo přibližně 46,5 % celkové produkce. Následovalo maso drůbeží (37,5 %) a hovězí (16 %).

Maso je z nutričního pohledu velmi kvalitním zdrojem zejména bílkovin, esenciálních aminokyselin, tuků a také mnoha mikronutrientů, jako například minerálních látek železa, zinku, fosforu nebo vitaminů A, B a E (Listrat et al. 2016).

Hlavním úkolem masného průmyslu je v dnešní době produkovat co nejvíce libové maso s minimem tuku. Za účelem co nejlibovějšího masa a rychlého přírůstku se provádí intenzivní šlechtění některých plemen prasat. To však přináší úskalí ve formě vyššího podílu IIB svalových vláken zejména v cenných partiích, jako je například pečeně. Tato vlákna jsou spojována s rychlejší glykolýzou *post mortem* a celkově s horší kvalitou masa. Navíc jsou zvířata s vyšším počtem vláken IIB náchylnější ke stresu, což může vést až k PSE vadě masa, která se týká z celkového počtu až 20 % prasat. Dále může šlechtění způsobovat různé svalové abnormality jako jsou například gigantická svalová vlákna.

Způsob produkce masa, jaký je v dnešní době, však není dlouhodobě udržitelný. Předpokládá se, že do roku 2030 nebude masný průmysl schopný uspokojit tak vysokou a stále rostoucí celosvětovou poptávku. Z toho důvodu je potřeba zmírnit konzumaci masa a masných produktů a více dbát spíše na kvalitu masa než na jeho kvantitu (Smil 2014). Vzhledem k pozvolně měnícímu se trendu spotřebitelů, kteří kladou čím dál tím větší důraz právě na kvalitu a původ masa, jaké mělo zvíře životní podmínky, jakého bylo plemene, věku, porážkové hmotnosti, čím bylo krmené a další (López-Pedrouso et al. 2020), než že by chtěli co nejvíc produktu za co nejnižší cenu a také vzhledem k tomu, že se producenti snaží najít způsob, jak vyprodukovat pro spotřebitele co nejlepší maso bez toho, aniž by to negativně ovlivnilo jiné aspekty je velká šance, že se celý trh během pár let stabilizuje.

Existuje také mnoho studií, kde autoři pozorují nejrůznější vlivy, které mohou ovlivnit růst prasat, stres, s čímž se pojí i vady masa, výživu a další. Snaží se dosáhnout co nejlepších výsledků v kvalitě, ať už pomocí křížení různých plemen, zkoumají vliv pohlaví nebo kastrace na kvalitu masa nebo genetické predispozice k určitým negativním vlastnostem.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cíle práce:

Cílem diplomové práce bylo zpracovat literární rešerši popisující vývoj svalových vláken na základě pohlaví a plemene a definovat, jakým způsobem jednotlivé typy vláken ovlivňují kvalitu masa. Dále bylo pomocí laboratorních testů přesněji zjištěno, jak se svalová vlákna samců a samic liší.

Vědecká hypotéza:

1. Vlivem samčích pohlavních rozdílů dochází u kanečků k odlišnému vývoji jednotlivých typů svalových vláken oproti prasničkám a vepříkům.
2. S vyšší hmotností zvířete dochází ke zvětšení jednotlivých svalových vláken.

3 Literární řešerše

3.1 Kosterní svalstvo

Kosterní neboli přičně pruhované svalstvo je složeno v průměru ze 75 % vody, 19 % proteinů, 0,5-0,8 % lipidů a 1 % glykogenu a je zodpovědné za pohyb těla. Je to velmi heterogenní tkáň skládající se z velkého množství funkčně rozdílných typů svalových vláken (Choi & Kim 2009; Lefaucheur 2010), jejichž svazky jsou uloženy v pojivové tkáni (Bechtel 1986). Morfologické a biochemické vlastnosti svalových vláken jsou hlavními faktory, které ovlivňují energetický metabolismus jak živých zvířat, tak i během postmortální přeměny svalů na maso (Choi & Kim 2009). Kromě svalových vláken je kosterní svalstvo tvořeno také vazivovou, tukovou, nervovou tkání a cévami (Listrat et al. 2016). Ve svalech se nachází několik typů bílkovin. Největší zastoupení mají myofibrilární bílkoviny, mezi které patří zejména aktin a myosin. Dále se zde nachází rozpustné sarkoplazmatické bílkoviny, což jsou enzymy, myoglobin a hemoglobin a nerozpustné strukturní neboli vazivové bílkoviny. Do této skupiny patří kolagen, elastin a keratin. Myofibrilární a sarkoplazmatické bílkoviny jsou navíc téměř plnohodnotné (Velíšek & Hajšlová 2009a).

Pro chov prasat jsou ekonomicky důležité faktory jako rychlost růstu a míra osvalení. Vývoj svalů je závislý na počtu a velikosti jednotlivých svalových vláken. Nejdůležitějším předpokladem pro vývoj svalů je plemeno. Různá plemena a linie prasat mají jinak předurčené sklony k vlastnostem, jako je složení jatečně upraveného těla a kvalita masa. Například čínské plemeno prasete dapulian se oproti plemenu landrase vyznačuje lepší kvalitou masa a také vyšší odolností vůči chorobám (Zhao et al. 2020).

3.2 Svalová vlákna

Svalové buňky neboli svalová vlákna jsou základními jednotkami kosterního svalstva, které mohou prodlužovat celou svou délku (Karlsson et al. 1999). Jejich průměr je obvykle 10 až 100 μm a jejich délka může být od několika milimetrů až do více jak 30 cm (Choi & Kim 2009). Patří mezi nejvíce organizované buňky v těle, jelikož vykonávají mnoho mechanických funkcí. Jsou potřeba jak k pohybu celého těla, tak pro udržení rovnováhy a koordinace. Pohyb svalů a energetický metabolismus jsou také propojeny s funkcemi jako je udržování tělesného tepla a proudění krve a lymfy (Lonergan et al. 2010).

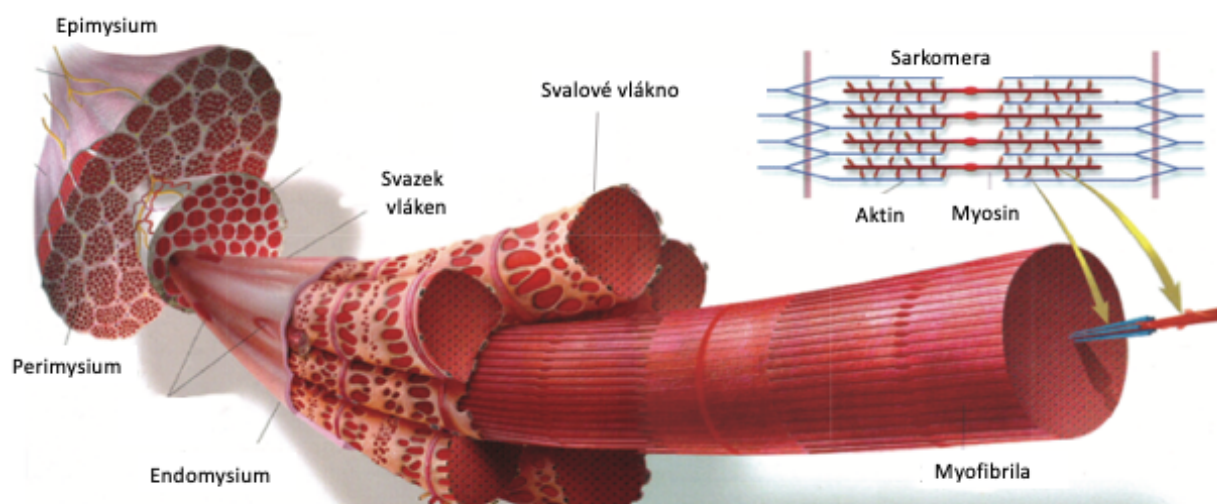
Vlákna jsou charakterizována jejich morfologickými, kontraktilními a metabolickými vlastnostmi. Morfologické vlastnosti, mezi které patří celkový počet vláken, průřezová plocha a délka svalového vlákna, jsou hlavními určujícími faktory svalové hmoty. Také kontraktilní a metabolické vlastnosti svalu se liší podle typů svalových vláken a kvalita čerstvého masa tak silně souvisí se složením typu vlákna ve svalu (Joo et al. 2013).

Složení svalu je ukázáno na obrázku č.1. Základem všech svalových buněk jsou vlákna nazývané se myofibrily (Listrat et al. 2016). Každá myofibrila je složena ze dvou typů podélných vláken – z tlustých vláken, které obsahují především bílkovinu myosin a z tenkých vláken, které jsou složeny primárně z bílkoviny aktinu, dále pak z tropomyosinu a troponinu

(Karlsson et al. 1999). Tato podélná vlákna tvoří pruhovaný vzhled svalu (Lonergan et al. 2010).

Kontraktlní jednotkou myofibrily je sarkomera, která obsahuje jak aktinová, tak myosinová vlákna (Listrat et al. 2016). Aby došlo ke kontrakci svalu, tlustá a tenká vlákna spolu reagují v oblasti hlavy myosinu, což tvoří komplex zvaný aktinomyosin (Lonergan et al. 2010).

Svalová vlákna jsou obalena pojivovou tkání nazývanou se endomysium, díky které jsou seskupena do svazků. Tyto svazky jsou obaleny tkání zvanou perimysium. Malé svazky se poté seskupují do větších a tvoří sval, který je obalený epimysiem, což je tkáň složená převážně z kolagenu. Mezi samotnými svalovými svazky se také nachází cévní systém a nervy, v každé endomysialní vrstvě pak kapiláry a další nervová zakončení (Bechtel 1986).



Obrázek č.1: Složení svalu

Schiaffino & Reggiani (1996) popsali čtyři typy svalových vláken v kosterním svalstvu podle jejich kontraktlních vlastností. Jednotlivé typy jsou definovány pomocí izoforem těžkého řetězce myosinu (MHC), přičemž u většiny svalů se nachází všechny typy vláken:

- a) I – pomalý oxidativní typ (červená vlákna)
- b) IIA a IIX – rychlý oxidačně-glykolytický typ (bílá vlákna)
- c) IIB – rychlý glykolytický typ (bílá vlákna)

Označení izoforna zaštiťuje bílkoviny, které si jsou podobné natolik, aby se mohly vzájemně nahradit, ale zároveň jsou natolik odlišné, aby svalovému vlákně dodaly různé funkční vlastnosti (Reggiani & Mascarello 2004). Myosin je nejčastější bílkovina vyskytující se v kosterním svalstvu, tvoří asi 35 % svalových proteinů (Lefaucheur 2010). Je složený z těžkých a lehkých řetězců (Pette & Staron 2000) a považuje se za marker určující typ svalového vlákna, kdy pomalé izoforny těžkého řetězce myosinu tvoří pomalá oxidační svalová vlákna I a rychlé izoforny MHC tvoří rychlá vlákna IIA, IIX a IIB. Z toho důvodu myosinové těžké řetězce ovlivňují rychlost glykolýzy za života i během časné *post mortem* fáze (Choi et al. 2010).

Jednotlivá svalová vlákna se od sebe odlišují oxidační kapacitou, aktivitou myosinové ATPázy, velikostí, obsahem lipidů a myoglobinu. Také čím hlouběji v těle se sval nachází, tím má více oxidačních svalových vláken I, zatímco povrchovější svaly mají více glykolytických vláken IIB. Navíc jsou IIB vlákna u hlubokých svalů více oxidační a menší, než jsou IIB vlákna u povrchových svalů. Oxidativnější jsou svaly, které zajišťují držení těla a více glykolytické svaly jsou ty, které se zapojují při pohybu (Klont et al. 1998).

Všechny tyto vlastnosti vláken poté souvisí s kvalitou masa a vlastnostmi JUT. Kosterní svalstvo spotřebovává při fyzické aktivitě velké množství energie ve formě ATP. Když sval kontrahuje a energie se spotřebovává, musí se nová energie vyrobit v mitochondriích, aby nedošlo k jejímu vyčerpání. K výrobě energie dochází pomocí dvou metabolických drah – aerobní neboli oxidační a anaerobní neboli glykolytické.

Aerobní metabolismus je typický pro svalová vlákna s pomalými stahy I, která využívají glukózu a tuk jako zdroj energie. Tato vlákna jsou malá a mají kolem sebe velké množství kapilár, které usnadňují difúzi kyslíku, jenž je potřebný jako energie pro svalovou kontrakci. Vlákna I se dále vyznačují nízkou aktivitou ATPázy a nízkým obsahem glykogenu. Mají ale vysoký podíl myoglobinu a triglyceridů a jsou velmi odolná proti únavě. Oxidační dráha je dostačující právě při nízké intenzitě svalové práce a při dostatku kyslíku.

Pokud je aktivita vysoká, dochází ke krátkým a intenzivním svalovým stahům a kyslíku není dostatek, přechází se na rychlou anaerobní, jinak zvanou glykolytickou dráhu, při které se ze zásoby glykogenu tvoří laktát, který způsobuje rychlejší pokles pH. Glykolytickým metabolismem se vyznačují svalová vlákna s rychlými stahy IIB, která jsou větší a obsahují vysoké množství glykogenu, ale naopak malá množství myoglobinu a triglyceridů a velmi rychle se unaví.

Svalová vlákna typu IIX jsou podobná vláknům IIB, ale mají nižší rychlost kontrakce a vyšší oxidační metabolismus. Typ IIA je charakterizován střední velikostí, středními kontrakcemi, vyšším obsahem lipidů, myoglobinu a kapilár, než mají vlákna IIB a jejich metabolismus je na pomezí mezi metabolismem vláken I a IIX (Ruusunen & Puolanne 1997; Klont et al. 1998; Ryu & Kim 2005; Lefaucheur 2010).

Vlákna typu I, oxidativní, také zlepšují schopnost zadržovat vodu a souvisí také s křehkostí a větší šŕavnatostí masa (Kim et al. 2013a). Ryu & Kim (2005) uvedli, že čím větší je ve svalech zastoupení vláken typu IIB, tím se u masa zvyšuje ztráta odkapem, což má negativní dopad na kvalitu masa. Glykolýza a následně *rigor mortis* nastupuje rychleji u bílých vláken (II) než u červených (I) a jejich metabolismus vede k rychlejšímu poklesu pH. Zejména ve vepřovém mase dnes běžně využívaných plemen prasat, která jsou šlechtěna na vysokou zmasilost a intenzivní růst se vyskytují ve velkém množství právě svalová vlákna typu IIB, což souvisí s výskytem vady masa PSE, které je bledé, měkké a vodnaté (Listrat et al. 2016).

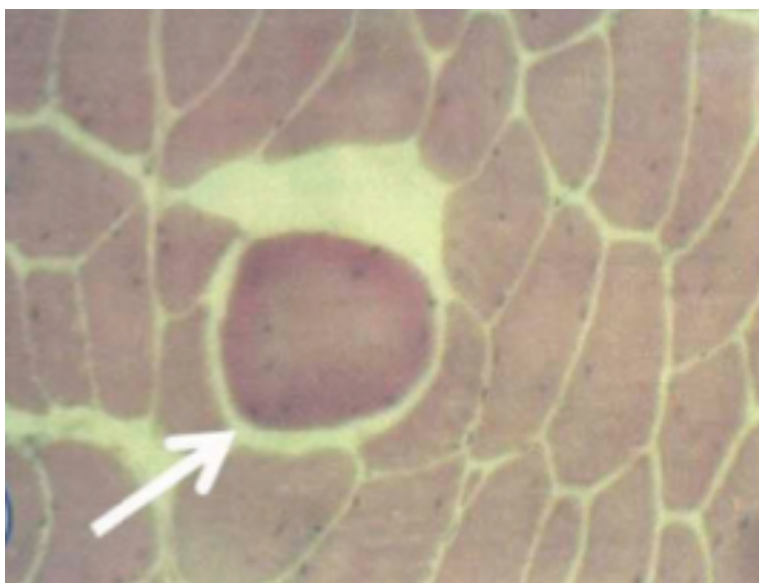
3.3 Gigantická svalová vlákna

V důsledku šlechtění zvířat k rychlému růstu může docházet ke svalovým abnormalitám a poruchám kvality masa. Mezi takové abnormality patří právě gigantická svalová vlákna, která se objevila na histochemicky obarvených svalech různých druhů zvířat. Nejčastěji se gigantická svalová vlákna objevují u rychlých glykolytických vláken a u plemen prasat, která jsou více citlivá na stres (Branciari et al. 2014; Fazarinc et al. 2002).

Gigantické vlákno, na obrázku č.2, lze charakterizovat jako kulatý útvar, který je větší než normální svalové vlákno. Kvůli své velikosti také utlačuje okolní vlákna normálních rozměrů (Demirtas 2016). Tato vlákna lze identifikovat pouze *post mortem* a většinou se nachází na okraji svazku svalových vláken (Branciari et al. 2014). Gigantická vlákna se více vyskytují u bílých svalových vláken ve velkých svalech se zvýšenou glykolýzou *post mortem* a jejich pravděpodobnost výskytu klesá se zvyšujícím se počtem pomalých oxidativních vláken (Fazarinc et al. 2002). Včasné rozpoznání náchylných jedinců pomáhá ke zlepšení kvality masa tím, že se daní jedinci vyloučí z chovu (Schubert-Schoppmeyer et al. 2008).

Branciari et al. (2014) ve studii uvedli, že má gigantické vlákno po barvení sytější barvu než ostatní vlákna, což podporuje hypotézu, že taková vlákna podléhají posmrtnému tuhnutí odlišným způsobem než vlákna normální. Jak zjistili Fazarinc et al. (2002), gigantická svalová vlákna se nemusí nutně pojít s mutací genu RYR1, která je zodpovědná za syndrom prasečího stresu, nicméně výskyt těchto vláken je vyšší u homozygotních prasat RYR1 nn. Tato mutace je zodpovědná také za rychlejší pokles hodnoty pH a k tomu vázanou vadu masa PSE (Listrat et al. 2016).

Podle Sobczak et al. (2010) bylo nejvíce gigantických svalových vláken nalezeno ve svalstvu plemene pietrain, nejméně pak u plemene duroc. Svalstvo prasat polské bílé ušlechtilé a polská landrase žádná gigantická vlákna neobsahovalo. Schubert-Schoppmeyer et al. (2008) dále pozorovali, že hustota kapilár kolem gigantických vláken byla nižší než u vláken normálních. Také ve shodě s předchozími studiemi uvedli, že se při barvení obří vlákna zbarvila intenzivněji. I v této studii měla prasata plemene pietrain nejvíce gigantických svalových vláken, a dokonce měla vlákna i největší rozměr. Co se týká kvality masa, pietrain vykazoval nejhorší vlastnosti, na rozdíl od plemene leicoma, jež mělo nejlepší kvalitu masa a zároveň i nejméně gigantických vláken.



Obrázek č.2: Gigantické svalové vlákno

3.4 Faktory ovlivňující růst svalových vláken a kvalitu masa

3.4.1 Plemeno a genotyp

Důležitým faktorem, který ovlivňuje vlastnosti jak čerstvého masa, tak masných výrobků je právě plemeno (Marino et al. 2013). Ryu et al. (2008) ve své práci pozorovali, že existují významné rozdíly ve vlastnostech masa a svalových vláken u různých plemen prasat. Složení svalových vláken tak může alespoň částečně vysvětlit rozdíly v kvalitě vepřového masa. Plemeno berkshire je charakteristické nejvyšším pH a nejnižší ztrátou vody odkapem. Je to dáno zejména tím, že toto plemeno má vyšší zastoupení svalových vláken typu I. Prasata landrase mají nižší pH svalů, které jsou lehčí a s vyšší ztrátou vody odkapem. Hodnoty jednotlivých ukazatelů u tohoto plemene mohou být dokonce podobné PSE masu. Lee et al. (2012) ve své studii uvedli, že pečeně z prasat plemene berkshire je jemnější a chutnější než pečeně z prasat landrase a yorkshire.

Z důvodu dlouhodobého úsilí vyselektovat a vyšlechtit taková plemena a linie prasat, která mají rychlý růst svalů, vyšší obsah čisté svaloviny a nízký obsah tuku byla nepříznivě ovlivněna struktura svalové tkáně, což způsobilo celkové zhoršení kvality masa (Wojtysiak 2012). Každé plemeno má specifické vlastnosti jako je odlišná intenzita růstu, akumulace tuku nebo také existují rozdíly mezi plemeny v anaerobní aktivitě svalů po porážce. Vlastnosti metabolismu jednotlivých plemen mají vliv na přeměnu svalu na maso a na kvalitu masa v raném stádiu, zatímco postmortální procesy metabolismu mají větší vliv na křehkost, technologické vlastnosti a na schopnost zadržovat vodu (WHC) (López-Pedrouso et al. 2020). Plemenem s výbornou kvalitou masa je například duroc. Duroc je odolný proti stresu a často se také používá pro křížení s jinými plemeny pro zvýšení kvality masa. Maso z tohoto plemene má ale o něco světlejší barvu a lehce nižší konečnou hodnotu pH (Sellier & Monin 1994). Duroc má také vyšší zastoupení intramuskulárního tuku, který bývá často spojen s lepší texturou,

šťavnatostí a lepší chutí masa (Bonneau & Lebret 2010). To vyplývá i ze studie Cameron et al. (1990) kde je patrné, že otcovské plemeno duroc je mezi spotřebiteli velmi oblíbené právě z důvodu vyššího obsahu intramuskulárního tuku, který tvoří v mase mramorování více než ve srovnání s jinými plemeny.

Další plemeno, které je odolné vůči stresu je large white. Henckel et al. (1997) hodnotili rozdíl plemen dánská landrase a dánský large white. Došli k závěru, že prasata large white měla o 6 % lepší konverzi krmiva, i když denní přírůstek, přírůstek svalové hmoty a obsah masa u JUT byly téměř totožné. Procentuální zastoupení jednotlivých typů svalových vláken bylo také podobné. Průřezová plocha svalového vlákna typu IIB byla větší u prasat plemene landrase, zatímco u vláken I a IIA byla průřezová plocha skoro stejná. Co se týče kulinárních vlastností, chuť, jemnost a celková přijatelnost byla lepší u prasat landrase, přičemž šťavnatost byla u obou plemen hodnocena podobně.

U prasat belgická landrase a pietrain je pozorována nejvyšší frekvence výskytu vady PSE. U plemene landrase však velmi záleží na přítomnosti genu proti halothanu, což je anestetický plyn. To samé platí i pro pietrain, u kterého se však halothanový gen vyskytuje mnohem více (Sellier & Monin 1994). Halothanový gen se v dnešní době označuje spíše jako mutace ryanodinového receptoru 1 (RYR1).

Výhodou přítomnosti takového genu u zvířete je lepší konverze krmiva, JUT má více libové svaloviny a méně tuku (Leach et al. 1996). Nevýhodou však je, že se snižuje kvalita masa (Eggert et al. 2002), jelikož je gen zodpovědný za rychlejší pokles pH ve svalech a za syndrom prasečího stresu neboli maligní hypertermii, což souvisí s výskytem PSE vady (Zhang et al. 1992). Mutace vede ke zhoršené schopnosti receptoru řídit uvolňování vápníku ze sarkoplazmatického retikula do svalových buněk. Nejčastěji se tak děje v návaznosti na různé stresové faktory (Huff-Lonergan & Lonergan 2005). Rychlé uvolňování vápníku má za následek hyperkontrakce svalů, zvýšení svalového metabolismu a tím pádem i rychlejší pokles hodnoty pH, což snižuje kvalitu masa a může to vést právě až k PSE vadě masa (Fazarinc et al. 2002).

Dalším problémem může být dominantní mutace genu RN⁻, Rendement Napole, která se vyskytuje u prasat plemene hampshire. Tato mutace má vliv na vysokou hladinu glykogenu především v glykolytických svalech. Glykogen je zodpovědný za pokles pH, které tím pádem klesá rychle, čímž se tvoří kyselé maso s nízkou zádržností vody (Milan et al. 2000). Maso takto postižených jedinců je také mnohem bledší (Hamilton et al. 2000) a obsahuje méně bílkovin (Sellier & Monin 1994).

3.4.2 Věk

Svalová vlákna se tvoří v prenatálním období a jejich tvorba končí přibližně v 85-90 dnech březosti prasnice. Jejich počet se už v tomto období stává stálým. Jediné, co se poté mění, je jejich velikost. Svalová vlákna rostou spolu s růstem a vývojem (Zhao et al. 2020). Při narození jsou většinou oxidativní, s věkem se stávají glykolytičtější (Bee et al. 2007). Pokud je však matka podvyživená, snižuje se počet svalových vláken v kosterních svalech u nenarozeného

jedince. Taková zvířata, s nízkým počtem svalových vláken, poté produkují maso špatné kvality (Dermatas 2016).

Stáří zvířete je faktor, který ve velké míře ovlivňuje texturu masa (Marino et al. 2013). Také barva může být ovlivněna. Uvádí se, že čím je zvíře starší a má vyšší hmotnost, tím může mít tmavší barvu masa a více intramuskulárního tuku. Tyto faktory však mohou vést také ke snížení senzorycké kvality masa. Například pokud se sníží krmná dávka za účelem vyššího věku při stejné porážkové hmotnosti, může to mít za následek houževnatější a méně šťavnaté maso (Čandek-Potokar et al. 1998). Bee et al. (2007) uvedli, že starší prasata poražená ve 154 dnech měla těžší a delší jatečné tělo s vyšším podílem tukové tkáně, než měla prasata poražená ve věku 113 dnů. Starší zvířata měla také větší plochu všech svalových vláken ve všech svalech, s výjimkou pomalých oxidativních vláken ve světlé části svalu *semitendinosus*. Vyšší věk prasat při porážce také způsobil nižší konečné pH ve všech svalech s výjimkou tmavé části svalu *semitendinosus*.

3.4.3 Výživa

Různé způsoby výživy mohou vést ke změnám typů svalových vláken, což způsobuje odlišný obsah glykogenu a laktátu ve svalu. Hladiny glykogenu a laktátu v rané fázi po porážce mohou mít vliv na kvalitu masa. Velké změny pak ale vedou ke špatným vlastnostem zpracovaných masných výrobků (López-Pedrouso et al. 2020). Například Han et al. (2020) došli ve své práci k výsledku, že prasata plemene erhualian krmená se 7% přídatkem vlákniny z otrub měla méně IIB svalových vláken a více vláken I oproti ostatním skupinám.

Pokud mají prasata nevyváženou krmnou dávku, mají málo bílkovin nebo aminokyseliny lysinu, vede to k pomalejšímu růstu a ke zvýšenému obsahu intramuskulárního tuku, což má za následek větší křehkost a šťavnatost masa. Zvýšení obsahu tuku je však zřetelné na celém JUT, což může mít naopak nepříznivý vliv na spotřebitele. Ideální volbou ve výživě je tak pomalé a postupné snižování lysinu a energie v krmné dávce ke konci výkrmu, což zvyšuje intramuskulární tuk bez toho, aniž by to ovlivnilo celkový tuk v těle a obsah libového masa (Bonneau & Lebret 2010).

Také se uvádí, že přídatek argininu do krmné dávky by měl zvyšovat obsah intramuskulárního tuku a zlepšovat kvalitu masa, aniž by byla ovlivněna rychlost růstu prasat (Madeira et al. 2015). Tan et al. (2009) pozorovali, že suplementace argininem opravdu zvýšila u prasat množství kosterního svalstva a intramuskulárního tuku, přičemž se snížilo procento podkožního tuku. Naopak Madeira et al. (2014) nezjistili žádný nárůst intramuskulárního tuku u prasat suplementovaných argininem. Rozdíl těchto dvou studií může být zapříčiněn mnoha faktory. Například se mohlo jednat o rozdílné složení celkové krmné dávky, jiný věk, počáteční hmotnost testovaných zvířat nebo se mohlo jednat o rozdíl v přístupu ke krmivu. Velký vliv ve studiích mohla mít také kastrace. V první zmíněné studii byli zkoumáni vepřiči, kteří měli ke krmivu volný přístup celý den, zatímco ve druhé si autoři vybrali kanečky, kteří dostávali krmivo vždy dvakrát denně.

S četností krmiva souvisí další studie, kdy podle Ellis et al. (1996) měla prasata krmená *ad libitum* více intramuskulárního tuku a pevnější podkožní tuk. Maso takto krmených zvířat mělo lepší texturu a bylo šťavnatější. Čandek-Potokar et al. (1998) uvedli, že omezení krmné dávky za účelem vyššího věku při určité porážkové hmotnosti u prasat způsobilo snížení intramuskulárního tuku a kolagenu. Byla pozorována horší barva masa a vyšší ztráta vody odkapem. Prasata jsou také kvůli omezenému krmivu více podrážděná, což může vést ke zvýšenému výskytu PSE vady, a to i u jedinců bez genu RYR1.

3.4.4 Pohlaví a kastrace

Larzul et al. (1997) pozorovali, že prasničky plemene large white rostly pomaleji a měly více libové svaloviny než vepřici. Prasničky také měly větší průřezovou plochu zejména IIB svalových vláken a nižší konečné pH svalu *longissimus* než vepřici. Ellis et al. (1996) zjistili, že vepři měli více mramorování než prasničky. Latorre et al. (2003) rovněž pozorovali, že kastrování samci měli vyšší obsah tuku oproti prasničkám. Co se týká hodnoty pH, nenalezli zde žádný vliv pohlaví. Maso vepřů obsahovalo méně bílkovin, více tuku a barvu mělo červenější a sytější než maso prasniček. Také Stupka et al. (2008) shodně uvedli, že ačkoliv měla obě pohlaví stejnou hmotnost, prasničky měly vyšší podíl libové svaloviny, než vepři, s výjimkou plece, kde byl zjištěn statisticky nevýznamný rozdíl. Dále uvedli, že vepři měli vyšší podíl intramuskulárního tuku.

Co se týká nekastrovaných samců, Petersen et al. (1998) došli k závěru, že průřezová plocha vláken I a IIA byla u prasniček větší než u kanečků. Kanečci však v některých svalech disponovali větším počtem cévních kapilár.

V dnešní době je obvyklé, že jsou selata kastrována. Děje se tak zejména kvůli zlepšení chovu prasat, a aby se zabránilo nežádoucí vůni a chuti, které maso nekastrovaných kanečků má, a které je většinou populací odmítáno (López-Pedrouso et al. 2020). Kanci jsou navíc více agresivní než kastráti. Jejich boje často vedou k poškození končetin a kůže a jsou také sexuálně aktivnější (Pauly et al. 2008). Maso kanečků má nižší obsah intramuskulárního tuku, je tužší a jejich svaly mají nižší konečné pH než je tomu u kastrováných jedinců (Škrlep et al. 2019). Nevýhodou kastrace je však ukládání tuku (Škrlep et al. 2012). Zajímavostí například na Novém Zélandu je, že se zde neprovádí kastrace kanců, ale místo toho jsou poráženi s nižší tělesnou hmotností ještě před tím, než dosáhnou pohlavní dospělosti, aby nedocházelo k nežádoucím pachům a chuti (Sutherland 2015). Rozdíly v přístupu ke kastraci jsou i v Evropě, například chovatelé ve Španělsku a Portugalsku většinou rovněž nekastrují.

Kančí pach se dostavuje nahromaděním skatolu a androstenonu v tukové tkáni dospívajících a dospělých kanečků (Škrlep et al. 2012). Skatol (3-methylindol) je produkt štěpení aminokyseliny tryptofanu ve střevě a androstenon je testikulární steroid. Koncentrace těchto látek se u nekastrovaných prasat v období puberty zvyšuje (Sutherland 2015). Část skatolu je v játrech degradována a vyloučena močí a další část, nedegradovaná, se ukládá v tuku a svalech (Jensen et al. 1995). Androstenon nefunguje jako hormon, ale jako feromon (Claus et al. 2007). Uvádí se, že zápach androstenonu je podobný moči a jeho koncentrace v tuku je závislá na věku zvířete, jeho hmotnosti a genotypu. Zápach skatolu je podobný hnoji, a navíc může způsobovat nahořklou chuť masa (Bonneau & Lebret 2010). Ukládání skatolu v tukové

tkání je z určité míry také ovlivněno teplotou prostředí, vodou, kterou zvíře přijme a množstvím výkalů ve výběhu (Jensen et al. 1995).

Citlivost lidí na androstenon je v populaci velmi proměnlivá. Uvádí se, že přibližně 25 % jedinců tuto látku vůbec necítí na rozdíl od skatolu, který cítí téměř všichni (Claus et al. 1994).

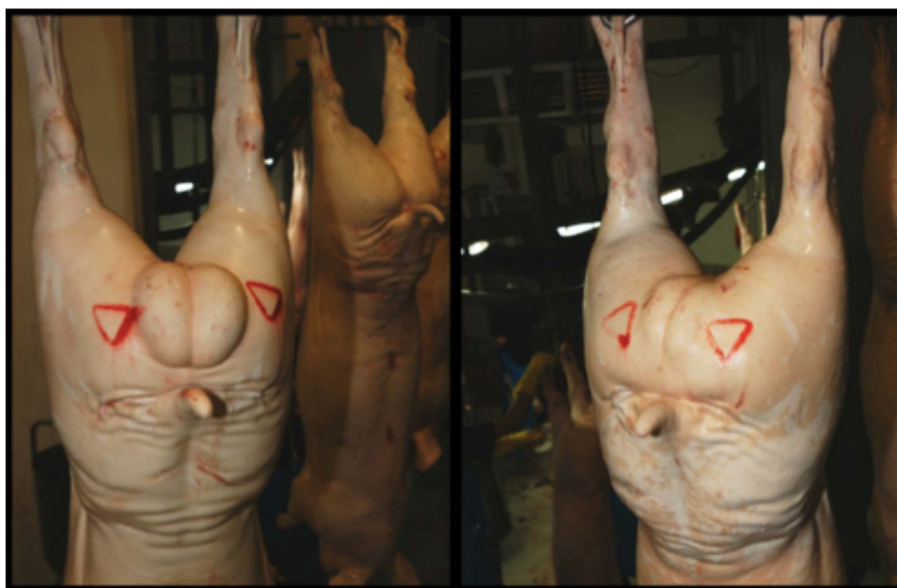
3.4.4.1 Chirurgická kastrace

Tento typ kastrace je v dnešní době tím nejpoužívanějším. Hlavním důvodem pro kastraci je snížení agresivního chování jedince a dále zlepšení kvality masa a prevence kančího pachu (Škrlep et al. 2019). Provádí se obvykle během prvního týdne života selete (Thun et al. 2006). Chirurgická kastrace je však velmi kritizována z důvodu bolestivosti, provádí se totiž bez anestezie. Některé evropské země už proto tento typ kastrace zakázalo (Škrlep et al. 2012). Alternativou může být použití anestézie a analgésie, což však zvyšuje finanční náklady (Gispert et al. 2010).

3.4.4.2 Imunokastrace

Tato metoda kastrace spočívá v očkování selat, které dočasně potlačuje uvolňování pohlavního hormonu gonadotropinu (GnRH) z hypotalamu (López-Pedrouso et al. 2020). Pro plnou účinnost jsou nutné 2 dávky očkování. Jako výhodu spozorovali Škrlep et al. (2012) více libového masa a menší ztrátu odkapem u prasat kastrovaných vakcínami oproti prasatům kastrovaných chirurgicky. Nevýhodu však shledali ve změnách metabolismu a v chování imunokastrovaných jedinců.

Imunokastrace po první dávce umožňuje podobný růst jako u kance až do druhé dávky vakcíny, kdy je kastrace účinná (Škrlep et al. 2012). První dávka se podává okolo věku 18 týdnů (Cronin et al. 2003) a pouze připraví imunitní systém prasete bez toho, aniž by byla změněna velikost nebo funkce varlat (Font-i-Furnols et al. 2012). Druhá dávka vede ke snížení velikosti varlat a produkci androstenonu, což je ukázáno na obrázku č.3 (Thun et al. 2006). Dávky musí být aplikovány s rozstupem alespoň 4 týdnů a druhá dávka musí být podána 4-6 týdnů před porážkou. Potlačení růstu a funkce varlat je dočasné. Pokud od druhé dávky vakcíny neproběhne během zmiňovaných 4-6 týdnů porážka zvířete, velikost varlat a s tím i jejich funkce se začne pomalu obnovovat (Gispert et al. 2010).



Obrázek č.3: Vliv imunokastrace

3.5 Postmortální změny v mase

Složení svalových vláken ovlivňuje energetický metabolismus během *post mortem* přeměny a tím ovlivňuje celkovou kvalitu masa (Lee et al. 2012). Celý tento proces přeměny svalstva na maso je velmi složitý a zahrnuje metabolické, fyzikální a strukturální změny. V okamžiku úmrtí zvířete přestává proudit krev do a ze svalů a vzhledem k tomu, že se tím přeruší dodávka kyslíku do těla, nemají svaly zdroj energie na jejich funkci. Dále již také nelze odvádět produkty metabolismu, a tak se hromadí v tkáních (Greaser 1986).

Tělo přechází z aerobního metabolismu na anaerobní. Vápenaté kationty Ca^{2+} i po smrti vyvolají reakci aktinu s myosinem, čímž vznikne komplex aktinomyosin. Tělo už však nemá dostatek ATP pro uvolnění vazby, jelikož se nová energie nesyntetizuje, a tak komplex zůstává, svaly jsou stažené a dochází k posmrtnému ztuhnutí = *rigoru mortis*. U prasat dochází k posmrtnému ztuhnutí při normální teplotě přibližně za 4-18 hodin po porážce a pak postupně odeznívá. Za nižších teplot probíhá *rigor mortis* pomaleji (Velíšek & Hajšlová 2009a). Při anaerobním metabolismu se pomocí glykolýzy degraduje glykogen na kyselinu mléčnou, čímž dochází k poklesu pH z téměř neutrální hodnoty až na konečnou hodnotu po 24 hodinách 5,5–5,8 (Lonergan et al. 2010). Pokles pH je v první fázi rychlý, ale později zpomaluje a dochází ke stabilizaci. Rychlost poklesu pH závisí na aktivitě ATPázy a rozsah snížení hodnoty závisí na zásobách glykogenu v těle před porážkou (Terlouw 2005). Dále rychlost poklesu pH závisí na typu svalu. U svalů s vyšším počtem IIB vláken dochází k poklesu pH rychleji a na nižší konečnou hodnotu, než je tomu u svalů s převahou vláken typu I, jelikož svalová vlákna IIB obsahují více glykogenu a glykolytických enzymů (Ruusunen & Puolanne 1997). Rychlost a rozsah poklesu značně ovlivňují charakteristiku bílkovin a konečnou kvalitu masa (Choe et al. 2008). Pokud glykolýza proběhne nepřiměřeně rychle v ještě teplém svalu, dochází k velmi rychlému poklesu pH, což může mít za následek vyšší denaturaci bílkovin a horší kvalitu masa. Může dojít i k PSE vadě, která nastane, pokud v raném *post mortem* stadiu klesne pH svalu pod 5,8 (Choi et al. 2010). V důsledku nízkého pH při této vadě masa jsou denaturovány

sarkoplazmatické a myofibrilární bílkoviny, což vede ke snížené schopnosti zadržovat vodu a také ke světlejší barvě masa, jelikož se kvůli většímu množství vody na povrchu masa více odráží světlo (Hou et al. 2020). Pro běžnou konzumaci je takové maso nevhodné, protože se při kulinárních úpravách často připéká a tepelně upravené je tvrdé (Terlouw 2005). Jediný způsob, jak lze takové maso alespoň zčásti využít, je přidavek do fermentovaných masných výrobků.

K rychlému poklesu pH může dojít také z důvodu předporážkového stresu zvířete nebo kvůli vysoce intenzivní fyzické aktivitě těsně před usmrcením, což způsobuje právě denaturaci svalových bílkovin (Listrat et al. 2016). Může se také stát, že konečné pH masa bude vyšší, než je obvyklé. Obecné pravidlo udává, že čím má maso vyšší pH (nad hodnotu 6), tím je tmavší. Takové maso je špatně údržné, protože je kvůli vysoké pH hodnotě náchylnější k mikrobiální kontaminaci (Terlouw 2005).

Po porážce se maso skladuje při 4 °C a teprve poté se JUT rozděluje na jednotlivé partie. Doba skladování záleží na druhu zvířete a následném způsobu zpracování a balení masa. Během skladování maso zraje (Listrat et al. 2016). Aktivují se proteolytické systémy (Lefaucheur 2010) a dochází ke štěpení aktinomyosinu a dalších bílkovin (Velíšek & Hajšlová 2009a). Díky těmto procesům se zvyšuje textura, šťavnatost a chuť (Endo et al. 2021). U vepřového masa je optimální doba zrání přibližně 5-7 dní (van Laack et al. 2001). Takto vyzrálé maso je poté vhodné k dalšímu zpracování.

3.6 Kvalita masa

Kvalitu masa lze definovat jako celkovou míru spokojenosti, kterou dává maso spotřebiteli (Karlsson et al. 1999). Hlavní úlohu při určování kvality mají svalová vlákna, intramuskulární pojivová tkáň a intramuskulární tuk (Listrat et al. 2016). Kvalitu masa a masných výrobků ovlivňují různé vnější faktory, jako například stresory, způsob porážky nebo manipulace s tělem po porážce a vnitřní faktory, což je například genetika nebo typ svalu. Rozdíly bývají patrné i u zvířat stejného plemene, pohlaví, pocházejících ze stejného prostředí (Klont et al. 1998). V 21. století ve většině zemí roste poptávka po vysoce kvalitním masu, proto by měl masný průmysl důsledně dbát na to, aby vyráběl a dodával takové maso a masné výrobky, které jsou pro spotřebitele bezpečné a zdravé, aby se zajistila nepřetržitá konzumace (Joo et al. 2013). Maso je totiž významným zdrojem bílkovin, esenciálních mastných kyselin, esenciálních aminokyselin, minerálních látek, zejména železa, fosforu nebo zinku a vitaminů A, B a E (Listrat et al. 2016).

Jakost čerstvého masa lze obtížně definovat, protože spotřebitelé z různých částí světa mají odlišné preference. Charakteristika kvality je ovlivňována mnoha faktory, jako je svalová struktura, chemické složení, posmrtné změny ve svalových tkáních, stres a účinky před zabitím zvířete, manipulace s produktem, jeho zpracování a skladování, mikrobiologické rozbory a další (Joo et al. 2013). Velmi velký význam v konečné kvalitě masa má metoda omráčení zvířete, doba od omráčení do vykrvení, poloha zvířete při vykrvení, způsob paření a dále jsou důležité podmínky, za kterých se JUT chladí (Sionek & Przybylski 2016).

Často se provádí konzumentské spotřebitelské testy, kde se hodnotí vzhled, vůně, chuť a celkový pocit v ústech (Joo et al. 2013). Kvalitu lze ale také hodnotit měřením biofyzikálních

a chemických vlastností, což je například schopnost zadržovat vodu, odraz světla a barvy, pH, obsah pigmentu, obsah tuku uvnitř svalu a obsah bílkovin (Karlsson et al. 1999). Tyto testy mají určit přijatelnost masa pro spotřebitele a jeho následké využití pro kulinární úpravu. Nejdůležitějšími vlastnostmi čerstvého masa jsou proto barva, struktura, množství tuku a schopnost zadržování vody. Pro vařené maso jsou nejdůležitějšími vlastnostmi textura, chuť a šťavnatost (Joo et al. 2013).

Kvalita masa úzce souvisí s histologickými vlastnostmi svalových vláken (Zhao et al. 2020). Producenti se z ekonomického hlediska nejvíce zaměřují na váhu jatečně upraveného těla (JUT), podíl libové svaloviny a celkové výnosy ze zpracování. V posledních letech rostou požadavky na vysokou kvalitu masa, proto se celý masný průmysl začal mnohem více soustředit na vlastnosti jako je šťavnatost a chuť a navíc producenti dbají na snížení výskytu vady bledého, měkkého a vodnatého masa (PSE) (Barbut et al. 2008).

Ze strany spotřebitele popsali Joo et al. (2013) 3 nejčastěji hodnotící se odvětví kvality:

- Vzhled masa – AQT
 - Barva, ztráta odkapem, struktura masa, poměr libové svaloviny
- Kulinární vlastnosti – EQT
 - Chuť, šťavnatost syrového a poté i vařeného masa, měkkost
- Znaky ovlivňující důvěru spotřebitele – RQT
 - Bezpečnost, výživa zvířat, dobré životní podmínky zvířete, etika, cena, původ, značka masného výrobku

3.6.1 Vzhled masa (AQT)

Barva masa je při nakupování nejdůležitější, protože je to první vlastnost, kterou spotřebitel vidí a také je to často jediný aspekt, podle kterého se rozhoduje o koupi. Barva je ukazatelem čerstvosti a nezávadnosti masa. Je závislá na druhu zvířete, jeho věku a také typu svalu. Každý sval má odlišné zastoupení jednotlivých svalových vláken, s čímž se pojí odlišný podíl myoglobinu. Vlákná typu I obsahují více myoglobinu, proto jsou svaly s převahou těchto vláken tmavší. Také budou tyto svaly rychleji měnit svou barvu z důvodu vyšší spotřeby kyslíku. Obsah myoglobinu je ovlivněn několika dalšími faktory, například fyzickou aktivitou, stravou zvířete nebo genetickými predispozicemi (Joo et al. 2013).

Deoxymyoglobin má vínově červenou barvu, která je charakteristická pro maso ihned po nařezání, než se k němu dostane kyslík nebo pro vakuově balené maso (Troy & Kerry 2010). Na vzduchu poté myoglobin reaguje s kyslíkem, přičemž vzniká oxymyoglobin, který má krásně jasnou červenou barvu, kterou spotřebitelé považují za barvu kvalitního čerstvého masa. Delší kontakt myoglobinu s kyslíkem ale vede oxidaci a k tvorbě metmyoglobinu, který má barvu více do hněda a pro spotřebitele už není tolik atraktivní. Jak rychle se bude barva měnit je závislé právě na typu svalu (Jeong et al. 2009). Aby se barva takto neměnila a zůstala stabilní, používají se dusitany a dusičnany.

Při tepelném záhřevu minimálně na 65 °C dochází k denaturaci bílkovin, mimo jiné i hemoglobinu, který se rozštěpí na molekuly hem a globin. Hem poté autooxiduje na hematin, což je pigment s tmavě hnědou barvou. Podle intenzity a délky trvání záhřevu dochází i k dalším strukturním změnám barviv v masu, odštěpuje se železo a další. Vzhledem ke všem reakcím probíhajících při záhřevu proto původně červené maso získává červenohnědou až našedlou barvu (Velíšek & Hajšlová 2009b).

Dalším důležitým faktorem je ztráta vody odkapem, která ovlivňuje strukturu jak syrového, tak vařeného masa. Odkapávající voda pochází z prostoru mezi svazky svalových vláken a perimysialní sítí a z prostoru mezi vlákny a endomysialní sítí (Offer & Cousins 1992). Tyto prostory se objevují během postmortální přeměny kosterní svaloviny na maso. Nadměrný odkap a velmi měkké maso se vyskytují při velmi rychlém poklesu pH, když je sval zvířete *post mortem* ještě teplý. Tento problém se vyskytuje zejména u vepřového masa, které obsahuje vyšší podíl svalových vláken typu II v porovnání s jinými druhy zvířat (Joo et al. 2013). Navíc při ztrátě vody odchází pryč i značné množství bílkovin, nejvíce sarkoplazmatických, které jsou ve vodě rozpustné (Huff-Lonergan & Lonergan 2005).

3.6.2 Kulinární vlastnosti (EQT)

Měkkost patří mezi nejdůležitější kulinární vlastnost, protože velmi významně ovlivňuje přijatelnost masa spotřebitelem. Tuto vlastnost ovlivňuje například množství a rozpustnost pojivové tkáně, zastoupení jednotlivých svalových vláken nebo rozsah proteolýzy v *post mortem* svalu (Lee et al. 2010). Prasata jsou obvykle porážena ve věku okolo 6 měsíců, kdy pojivová tkáň ještě není zcela zralá a z toho důvodu tolik neovlivňuje měkkost masa (van Laack et al. 2001). Dalším faktorem, který může měkkost ovlivňovat je množství intramuskulárního tuku (Warner et al. 2010) a doba zrání masa. Intramuskulární tuk, který tvoří mramorování masa je důležitý ve vztahu k pevnosti, šťavnatosti a celkové chuti (Faucitano et al. 2004). Ideální podíl intramuskulárního tuku jsou přibližně 2-4 % (Tan et al. 2009).

Pro kvalitu masa je také zásadní chuť, kterou ovlivňuje druh zvířete, pohlaví, věk, strava, úroveň stresu a množství tukové tkáně. Vliv pohlaví zvířete na chuť masa souvisí s hormony. Pach kance je velmi nepříjemný a připomíná zápach moči. Souvisí s přítomností androstenonu a skatolu. Androstenon je metabolit testosteronu. Testosteron zvyšuje růst svalů a snižuje ukládání intramuskulárního i podkožního tuku v těle. Kanci jsou také náchylnější k dlouhodobému stresu před porážkou více než prasničky nebo vepří (Joo et al. 2013).

3.6.3 Znaky ovlivňující důvěru spotřebitele (RQT)

Bezpečnost potravin je vždy tím nejdůležitějším faktorem. Provádí se mikrobiální hodnocení, identifikace zvířat v masných výrobcích, zjišťuje se obsah potravinářských přídatných látek, dále také chemické a fyzikální rezidua. Spotřebitelé hodnotí bezpečnost masa pomocí čichu a zraku, což je nejrychlejší hodnocení, ale není dostatečně spolehlivé. Maso je totiž velmi náchylné k mikrobiálnímu znečištění. Potenciálně škodlivé mikroorganismy,

například *Salmonella*, *E-coli*, *Campylobacter* nebo *Listeria monocytogenes*, které se mohou vyskytovat ve střevech nebo výkalech zvířat se mohou při porážce dostat až na JUT. Riziku kontaminace lze zabránit správnými postupy při zpracování zvířete. Opatřením proti otravě těmito mikroorganismy je důkladné tepelné opracování masa, čímž se případné patogeny zničí. V případě masa, které je určené ke konzumaci za syrova, je důležitá přísná hygiena. Masný průmysl dále řídí bezpečnost pomocí systému HACCP, který pokrývá všechny fáze od výroby až po prodej, aby se co nejefektivněji zabránilo všem vlivům, které negativně ovlivňují zdravotní nezávadnost potravin (Troy & Kerry 2010).

V poslední době také došlo k velkému rozvoji ekologického chovu zvířat. Lidé se zajímají o to, v jakém prostředí zvířata žijí, zda jsou poté přepravována na porážku v dobrých podmínkách a také zda jsou porážena humánně (Joo et al. 2013).

4 Metodika

V experimentu pro diplomovou práci bylo hodnoceno celkem 46 prasat čtyř plemen – české bílé ušlechtilé, duroc, česká landrase a pietrain. Zastoupení měli vepřici, prasničky i kanečci, jak je uvedeno v tabulce 1. Po celou dobu výkrmu byla prasata krmena *ad libitum*. Následně se odvezla na jatky, kde byla porážena. Průměrná hmotnost JUT činila 87,8 kg.

Od každého zvířete byly odebrány 24 hodin *post mortem* vzorky svalu *longissimus lumborum*. Po odebrání se vzorky zmrazily v isopentanu (2-methylbutanu) zchlazeným kapalným dusíkem a následně byly uloženy do hlubokomrazícího boxu, ve kterém byla udržována teplota -80 °C. Vzorky se před samotným experimentem nakrájely na 10-12 µm řezy v kryostatu Leica CM1850 při teplotě -22 °C (Lebedová 2020). Následně se histologické řezy upevnilly na 2 podložní sklíčka.

U vybraného souboru zvířat pak byla provedena analýza typologie svalových vláken. Výsledky byly vyhodnoceny na základě vztahu k pohlaví, porážkové hmotnosti a plemeni.

Tabulka 1: Plemenná příslušnost prasat a pohlaví.

| | BU | D | L | Pn |
|---------------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Vepřici | 5 | 4 | 2 | 3 |
| Prasničky | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Kanečci | 4 | 0 | 4 | 4 |
| Celkem | 14 | 9 | 11 | 12 |

BU: české bílé ušlechtilé; D: duroc; L: česká landrase; Pn: pietrain

4.1.1 Metoda podle Brooke & Kaiser

Tato metoda je běžně používaná pro klasifikaci svalových vláken na základě odlišné aktivity ATPázy buď v kyselém nebo v zásaditém prostředí. Při alkalické cestě jsou svalová vlákna I nejsvětlejší, při kyselém způsobu jsou svalová vlákna I naopak nejtmaší. V našem pokusu se se použil postup v alkalickém neboli zásaditém prostředí.

Podložní sklíčka s histologickými řezy byla vložena do stojánku, kde se barvila. Nejprve byly vzorky na 5 minut vloženy do fixačního roztoku, který měl pH 7,6 a teplotu 4°C. Po uplynutí této doby se 1 minutu oplachovaly v oplachovém roztoku, jehož pH bylo 7,8. Následně byla skla vložena na 15 minut do alkalické preinkubace o pH 10,3.

Po preinkubaci nastal oplach 2x1 minuta a inkubace v termostatu na 15 minut při pH 9,4 a teplotě 37 °C. Po inkubaci následovala řada oplachů. Nejprve v 1% CaCl₂ a poté v CoCl₂, vždy na 3 minuty. Následoval oplach v destilované vodě a poté se vzorky ponořily do 1% roztoku (NH₄)₂S – sulfidu amonného, kde se histologické řezy zbarvily. Po obarvení se skla opláchla v řadě kyvet s vodou a dehydratovala v řadě alkoholů a xylenů a nechala se uschnout. Poslední fází bylo zafixování pomocí Pertexu (Brooke & Kaiser 1970; Lebedová 2020).

4.1.2 Metoda hematoxylin-eosin

Tento způsob barvení neumožňuje identifikaci jednotlivých typů svalových vláken. Metoda byla použita z důvodu stanovení plochy svalových vláken. Histologické řezy byly na sklíčkách postupně nořeny do roztoků v kyvetách. Jako první se sklíčka ponořila na 1 minutu do vody. Následoval roztok hematoxylinu, kde byly vzorky ponechány po dobu 4 minut. Dále se opláchly ve dvou kyvetách s vodou, vždy po 4 minutách. Dalším krokem bylo ponoření do kyvety s eosinem, kde se skla nechala 3 minuty. Poté se vzorky opláchly v kyvetě s destilovanou vodou a odvodnily pomocí alkoholové řady. Po dokončení se skla nechala uschnout a a poté byla zafixována pomocí Pertexu (Lebedová 2020).

4.2 Zpracování vzorků

Snímky vzorků byly pořízeny optickým mikroskopem s fotoaparátem (Nikon Eclipse E200, Nikon, Tokyo, Japonsko) a zpracovány pomocí programu obrazové analýzy NIS-Elements AR 3.2 (Laboratory Imaging s.r.o., Praha, Česká republika). Na každém vzorku se vyhledávala nejvíce vhodná místa, která nebyla nijak poškozená a byla dobře viditelná (Lebedová 2020).

Svalová vlákna se poté hodnotila na základě několika charakteristik, mezi které patřily typy svalových vláken, plemeno, pohlaví, průměrná plocha vláken (μm^2), zastoupení vláken z počtu (%) a zastoupení vláken z plochy (%).

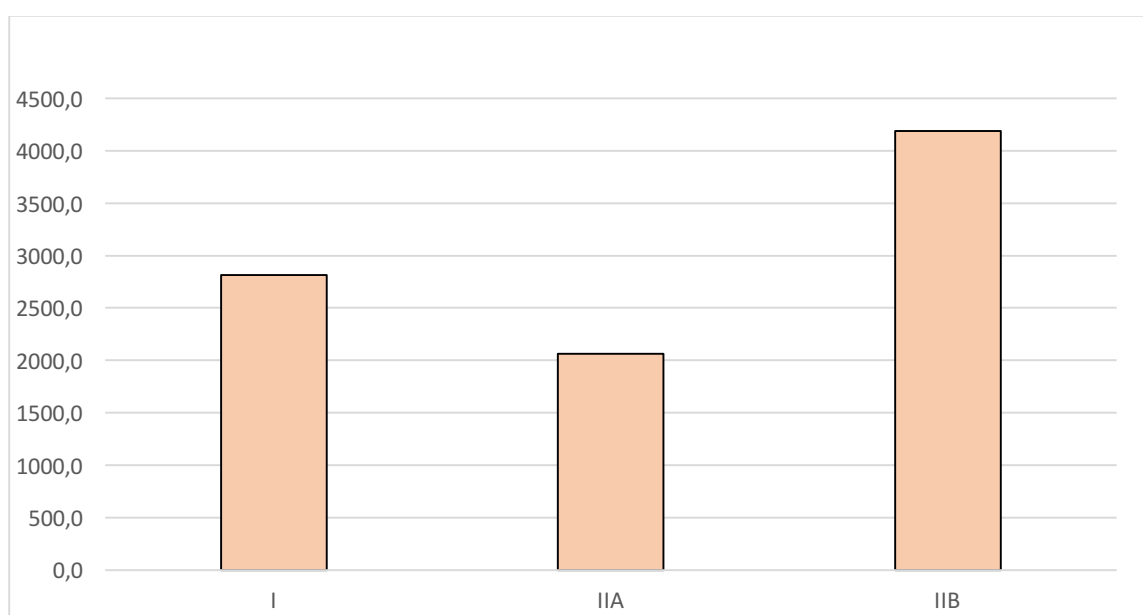
4.3 Statistická analýza

Data byla vyhodnocena ve statistickém programu SAS (Statistický systém analýzy, SAS Institute, Cary, NC, USA). Ke zhodnocení vztahů mezi svalovými vlákny byly použity Pearsonovy korelační koeficienty. Hodnoty se považovaly za statisticky významné na hladině 0,05.

5 Výsledky

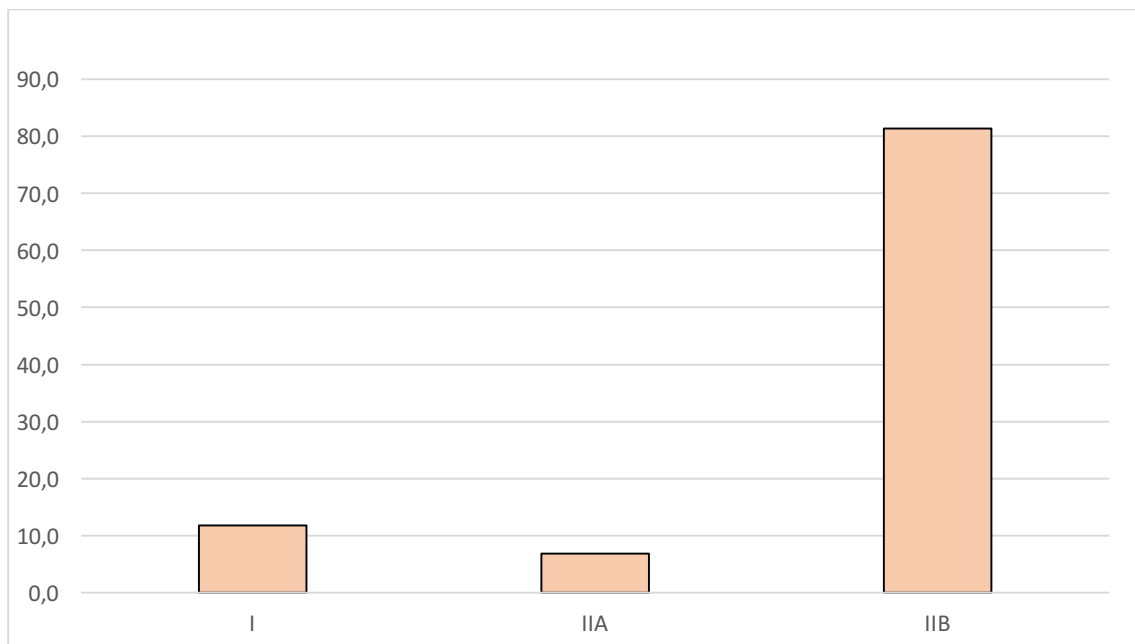
5.1 Souhrnné ukazatele

Na sloupcovém grafu 1 je znázorněna průměrná plocha jednotlivých svalových vláken ve svalu *longissimus lumborum* napříč všemi zkoumanými plemeny prasat a pohlavími. Na první pohled je patrné, že největší byla svalová vlákna IIB s průměrnou velikostí 4186,3 μm^2 . Následovala vlákna I s plochou 2814,2 μm^2 a nejmenší byla svalová vlákna typu IIA, která měla 2063,2 μm^2 .



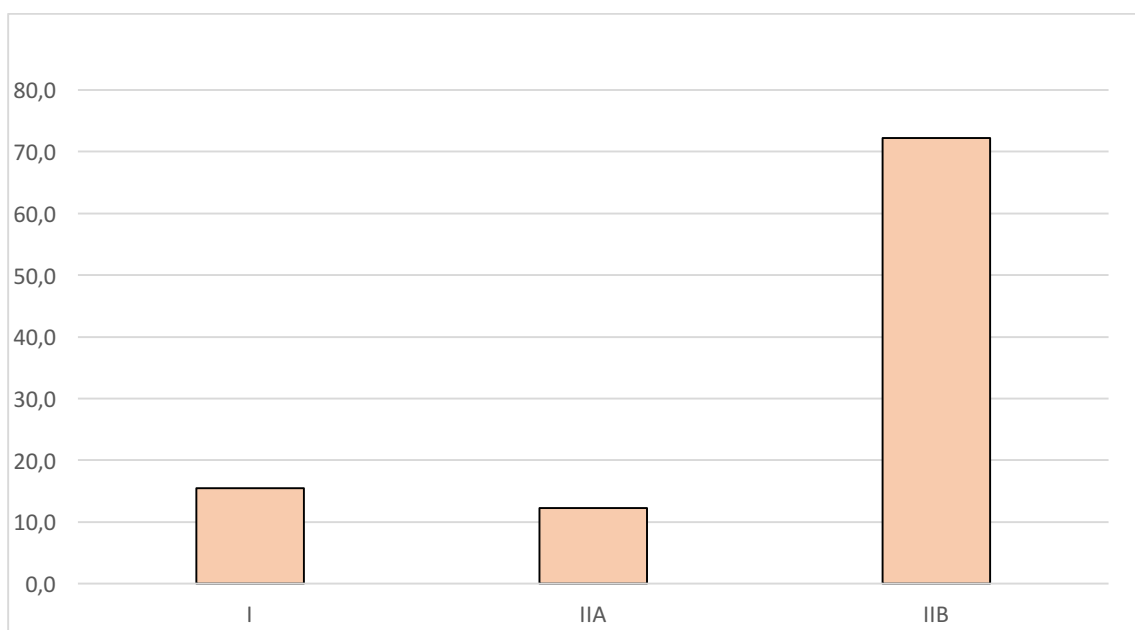
Graf 1: Průměrná plocha jednotlivých typů vláken (μm^2) všech plemen a pohlaví.

Kolik procent z celkové plochy zabírají jednotlivé typy svalových vláken je ukázáno na grafu 2. Naprostou většinu, celých 81,3 % plochy zabírají největší vlákna IIB. Typ I zaujímá 11,8 % a IIA svalová vlákna, která jsou zároveň i nejmenší, zabírají pouhých 6,9 % z celkového prostoru.



Graf 2: Průměrné zastoupení vláken z plochy (%) všech plemen a pohlaví.

Graf 3 zobrazuje procentuální zastoupení jednotlivých svalových vláken v kontextu celého jejich počtu. Opět je zřetelné, že vláken IIB je nejvíce, a to 72,2 %. Další typy svalových vláken se svou četností liší jen o pár procent. Svalových vláken I je 15,5 % z celkového počtu a vláken typu IIA je 12,3 %.



Graf 3: Zastoupení vláken z počtu (%) všech plemen a pohlaví.

5.2 Zhodnocení svalových vláken na základě plemene

Charakteristiky jednotlivých typů svalových vláken pečeně u čtyř různých plemen jsou uvedeny v tabulce 2. Největší plochu všech svalových vláken dohromady mělo plemeno L (4180,7 μm^2), což se však významně nelišilo od ostatních zkoumaných plemen prasat.

Průměrnou plochu vláken typu I měla největší plemena D a BU a to bez statisticky významného rozdílu. Plocha vláken IIA byla největší u plemene D, ale také bez významného rozdílu v porovnání s dalšími plemeny. Prasata L měla největší plochu IIB vláken (5059,5 μm^2), která se významně lišila od skupiny BU (3529,9 μm^2).

Nejvyšší procentuální zastoupení vláken I z celé plochy měla plemena D a BU. U skupiny D (13,8 %) byl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl od skupin Pn (10,5 %) a L (10,4 %). BU se od ostatních plemen významně nelišilo. Největší procento z plochy IIA vláken měla plemena D a L (7,7 % a 7,6 %), která však nebyla statisticky rozdílná od ostatních skupin. Nejvyšší zastoupení IIB vláken měla prasata Pn a L, která se nelišila od dalších plemen.

Co se týká zastoupení z počtu, největší procento vláken I vykazovalo plemeno D (17,5 %) a L (16,3 %), a to bez statisticky významného rozdílu. Nejvyšší podíl z celkového počtu IIA svalových vláken měla skupina L, která se významně lišila od plemene BU (10 %). V procentuálním zastoupení IIB vláken z počtu, byla nejvyšší hodnota zaznamenána u plemene BU (75,4 %), které se statisticky lišilo od plemen D a L. Prasata skupiny L (68,9 %) byla také rozdílná od plemene Pn (73,3 %).

Tabulka 2: Histochemické ukazatele jednotlivých typů svalových vláken v závislosti na plemeni.

| | BU | D | Pn | L | Významnost |
|--|--------|--------|--------|--------|------------------|
| Průměrná plocha všech vláken (μm^2) | 3259,4 | 3675,8 | 3711,5 | 4180,7 | ns |
| Svalová vlákna I | | | | | |
| Průměrná plocha vláken (μm^2) | 2906,5 | 2934,8 | 2741,1 | 2677,7 | ns |
| Zastoupení vláken z plochy (%) | 12,7 | 13,8 | 10,5 | 10,4 | D-Pn, D-L |
| Zastoupení vláken z počtu (%) | 14,6 | 17,5 | 14,3 | 16,3 | ns |
| Svalová vlákna IIA | | | | | |
| Průměrná plocha vláken (μm^2) | 1925,5 | 2274,8 | 2022,0 | 2110,2 | ns |
| Zastoupení vláken z plochy (%) | 5,9 | 7,7 | 6,8 | 7,6 | ns |
| Zastoupení vláken z počtu (%) | 10,0 | 12,6 | 12,4 | 14,9 | BU-L |
| Svalová vlákna IIB | | | | | |
| Průměrná plocha vláken (μm^2) | 3529,9 | 4127,4 | 4196,0 | 5059,5 | BU-L |
| Zastoupení vláken z plochy (%) | 81,4 | 78,4 | 82,6 | 82,0 | ns |
| Zastoupení vláken z počtu (%) | 75,4 | 69,9 | 73,3 | 68,9 | BU-D, BU-L, Pn-L |

BU: české bílé ušlechtilé; D: duroc; Pn: pietrain; L: česká landrase

Testováno pro hladinu významnosti $P > 0,05$; ns: statisticky nevýznamné

5.3 Zhodnocení svalových vláken na základě pohlaví

Jak je ukázáno v tabulce 3, při porovnání jednotlivých charakteristik svalových vláken v závislosti na pohlaví nebyl nalezen žádný statisticky průkazný rozdíl. Největší plochu všech svalových vláken měly prasničky (3856,5 μm^2), nejmenší naopak vepřici (3327,8 μm^2).

Největší průměrnou plochu vláken I měli kanečci. U vláken IIA a IIB převládaly prasničky. Co se týká procentuálního zastoupení svalových vláken typu I z celé plochy, největší bylo u vepřiků (13,1 %). IIA vláken měli také nejvíce vepřici. Největší procento IIB vláken bylo pozorováno naopak u kanečků (83 %), u vepřiků byla hodnota nejmenší (79,6 %).

Nejvyšší procentuální zastoupení z celkového počtu vláken zaujímaly podle očekávání svalová vlákna IIB, která měla u každé skupiny více než 70% podíl. Kanečci měli dokonce 74,6 % IIB vláken z celkového počtu. Co se týká svalových vláken typu I, vepřici a prasničky měli podobné zastoupení, a to lehce přes 16 %, zatímco kanečci měli těchto vláken nejméně. Podíl svalových vláken IIA byl u všech skupin skupin podobný. Vepři měli 12,6 %, prasničky 12,3 % a kanečci 12,1 %.

Tabulka 3: Histochemické ukazatele jednotlivých typů svalových vláken v závislosti na pohlaví.

| | V | P | K | Významnost |
|--|--------|--------|--------|------------|
| Průměrná plocha všech vláken (μm^2) | 3327,8 | 3856,5 | 3793,5 | ns |
| Svalová vlákna I | | | | |
| Průměrná plocha vláken (μm^2) | 2718,0 | 2789,4 | 2967,7 | ns |
| Zastoupení vláken z plochy (%) | 13,1 | 11,8 | 10,3 | ns |
| Zastoupení vláken z počtu (%) | 16,4 | 16,1 | 13,3 | ns |
| Svalová vlákna IIA | | | | |
| Průměrná plocha vláken (μm^2) | 1950,4 | 2132,0 | 2080,1 | ns |
| Zastoupení vláken z plochy (%) | 7,3 | 6,7 | 6,6 | ns |
| Zastoupení vláken z počtu (%) | 12,6 | 12,3 | 12,1 | ns |
| Svalová vlákna IIB | | | | |
| Průměrná plocha vláken (μm^2) | 3790,9 | 4430,7 | 4240,3 | ns |
| Zastoupení vláken z plochy (%) | 79,6 | 81,4 | 83,0 | ns |
| Zastoupení vláken z počtu (%) | 71,0 | 71,7 | 74,6 | ns |

V: vepřici; P: prasničky; K: kanečci

Testováno pro hladinu významnosti $P > 0,05$; ns: statisticky nevýznamné

5.4 Rozdíly mezi pohlavími u jednotlivých plemen

Tabulky v této kapitole uvádějí, jaký je u každého plemene rozdíl v charakteristikách jednotlivých svalových vlákních v kontextu pohlaví – u vepříků, prasniček a kanečků. Každou tabulku dále doplňují grafy 4, 5, 6 a 7 pro lepší znázornění rozdílů průměrných velikostí svalových vláken.

V tabulce 4 jsou srovnána pohlaví plemene české bílé ušlechtilé. Největší průměrnou plochu všech svalových vláken měli kanečci, nejmenší naopak vepři. Co se týče velikosti vláken I a IIB, opět byly nalezeny největší rozměry u kanečků ($3504,3 \mu\text{m}^2$ a $4127,9 \mu\text{m}^2$). Vepři měli svalová vlákna I větší než prasničky a u vláken typu IIB to bylo naopak. Zastoupení jednotlivých typů svalových vláken z plochy i z počtu bylo u vepřů, prasniček i kanečků podobné. Ani v jedné z charakteristik tohoto plemene se mezi pohlavími nenašel statisticky průkazný rozdíl.

Rozdíly u prasat plemene duroc jsou uvedeny v tabulce 5. V této skupině se bohužel nevyskytoval žádný kaneček. Statisticky průkazné rozdíly byly nalezeny mezi vepříky a prasničkami u průměrných ploch všech typů svalových vláken, přičemž byly velikosti vláken vždy větší u prasniček. Zastoupení jednotlivých typů svalových vláken z celkové plochy i z počtu bylo u obou pohlaví velmi podobné.

Srovnání charakteristik na základě pohlaví u plemene pietrain se nachází v tabulce 6. Všechny typy svalových vláken dosahují největších rozměrů u vepříků. Nebyl však nalezen žádný statisticky průkazný rozdíl. Procentuální zastoupení vláken typu I z celé plochy bylo nejvyšší u prasniček (12,6 %), se statisticky významným rozdílem oproti vepříkům (11,2 %) i kanečkům (7,5 %). Co se týká procentuálního podílu vláken I z celkového počtu, nejvyšší hodnota byla nalezena u prasniček (17,5 %) se statistickou odlišností od kanečků (10,4 %). Svalových vláken typu IIB měli v zastoupení z počtu nejvíce naopak kanečci (77,7 %) s významným rozdílem oproti prasničkám (70,7 %).

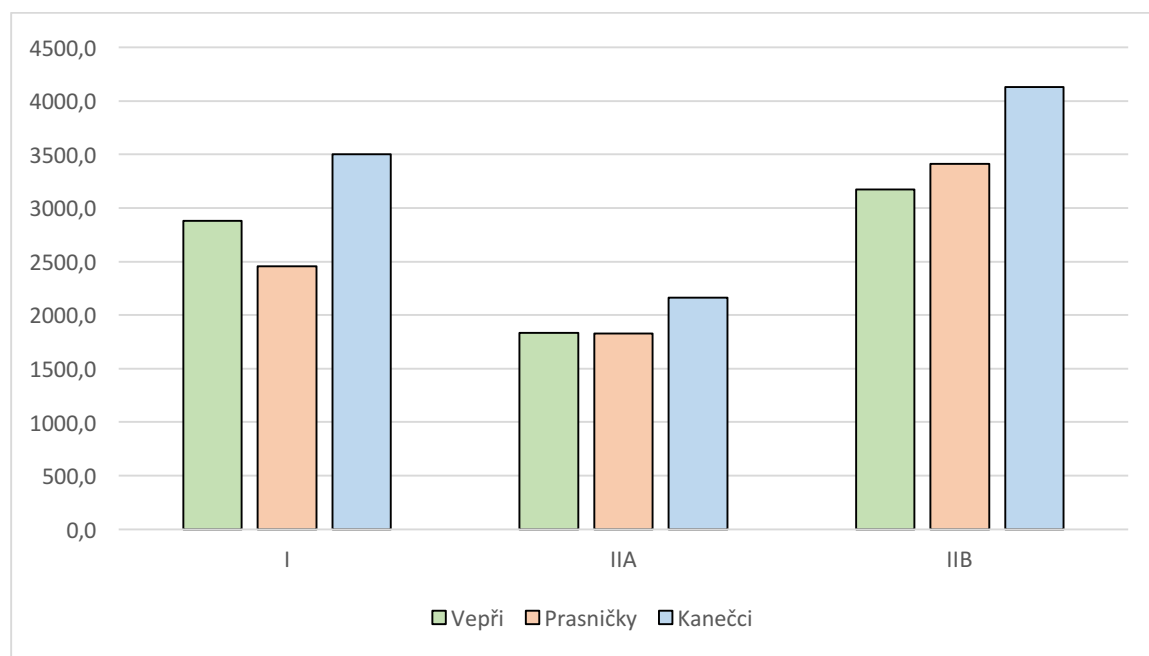
Tabulka 7 znázorňuje rozdíly pohlaví u plemene česká landrase. Celkovou průměrnou plochu svalových vláken mají prasničky ($4479,8 \mu\text{m}^2$). Nejvíce vláken I a IIA mají kanečci a typu IIB prasničky ($5440,2 \mu\text{m}^2$). V zastoupení vláken I z plochy měli největší podíl vepři (13,8 %), u svalových vláken IIA a IIB mají převahu naopak prasničky. Co se týká zastoupení svalových vláken z počtu, u typu I převládají opět vepřici (23,3 %), u typu IIA prasničky (16,7 %) a u typu IIB kanečci (72 %). Ani v jedné charakteristice však nebyl u tohoto plemene nalezen statisticky průkazný rozdíl.

Tabulka 4: Rozdíly mezi ukazateli jednotlivých svalových vláken u plemene české bílé ušlechtilé.

| | V | P | K | Významnost |
|--|--------|--------|--------|------------|
| Průměrná plocha vláken (μm^2) | | | | |
| Celkem | 2979,2 | 3111,3 | 3795,0 | ns |
| I | 2882,5 | 2452,4 | 3504,3 | ns |
| IIA | 1834,4 | 1826,3 | 2163,2 | ns |
| IIB | 3170,4 | 3410,9 | 4127,9 | ns |
| Zastoupení vláken z plochy (%) | | | | |
| I | 13,3 | 12,0 | 13,0 | ns |
| IIA | 6,2 | 5,2 | 6,2 | ns |
| IIB | 80,5 | 82,8 | 80,9 | ns |
| Zastoupení vláken z počtu (%) | | | | |
| I | 14,1 | 15,3 | 14,4 | ns |
| IIA | 10,0 | 8,8 | 11,5 | ns |
| IIB | 75,9 | 75,9 | 74,1 | ns |

V: vepřici; P: prasničky; K: kanečci

Testováno pro hladinu významnosti $P > 0,05$; ns: statisticky nevýznamné



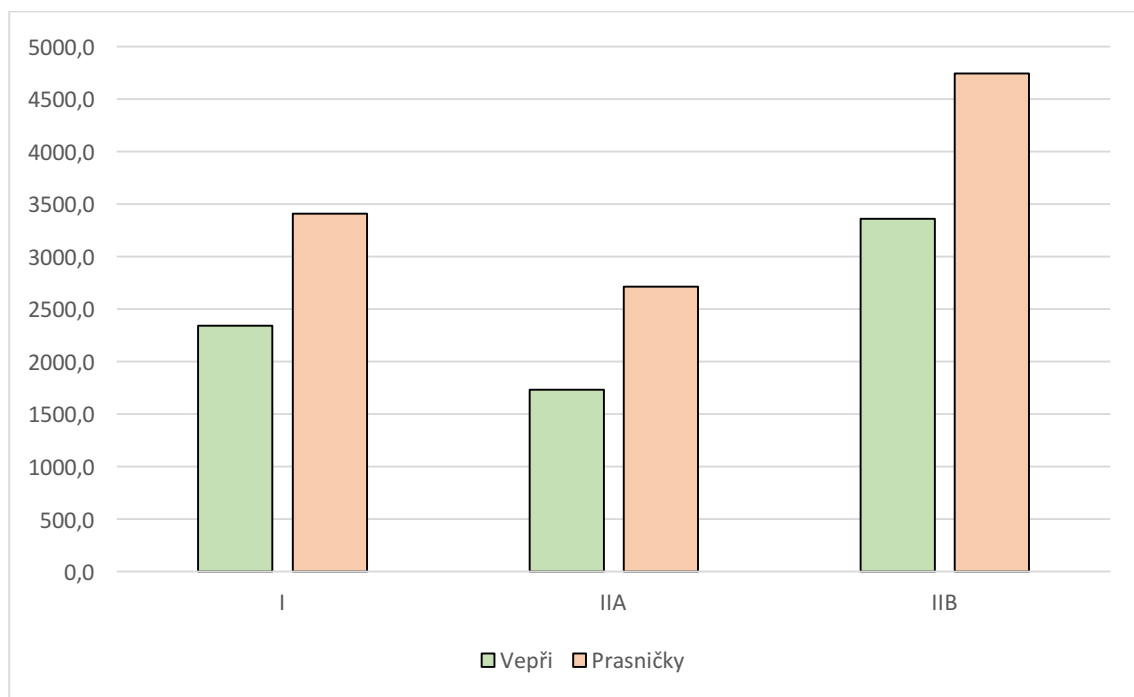
Graf 4: Průměrné plochy jednotlivých typů svalových vláken u různých pohlaví plemene české bílé ušlechtilé.

Tabulka 5: Rozdíly mezi ukazateli jednotlivých svalových vláken u plemene duroc.

| | V | P | Významnost |
|--|--------|--------|------------|
| Průměrná plocha vláken (μm^2) | | | |
| Celkem | 2945,8 | 4259,8 | V-P |
| I | 2342,2 | 3408,9 | V-P |
| IIA | 1730,7 | 2710,0 | V-P |
| IIB | 3359,4 | 4741,8 | V-P |
| Zastoupení vláken z plochy (%) | | | |
| I | 13,8 | 13,9 | ns |
| IIA | 8,1 | 7,5 | ns |
| IIB | 78,1 | 78,7 | ns |
| Zastoupení vláken z počtu (%) | | | |
| I | 17,8 | 17,3 | ns |
| IIA | 13,6 | 11,8 | ns |
| IIB | 68,6 | 70,9 | ns |

V: vepřici; P: prasničky

Testováno pro hladinu významnosti $P > 0,05$; ns: statisticky nevýznamné



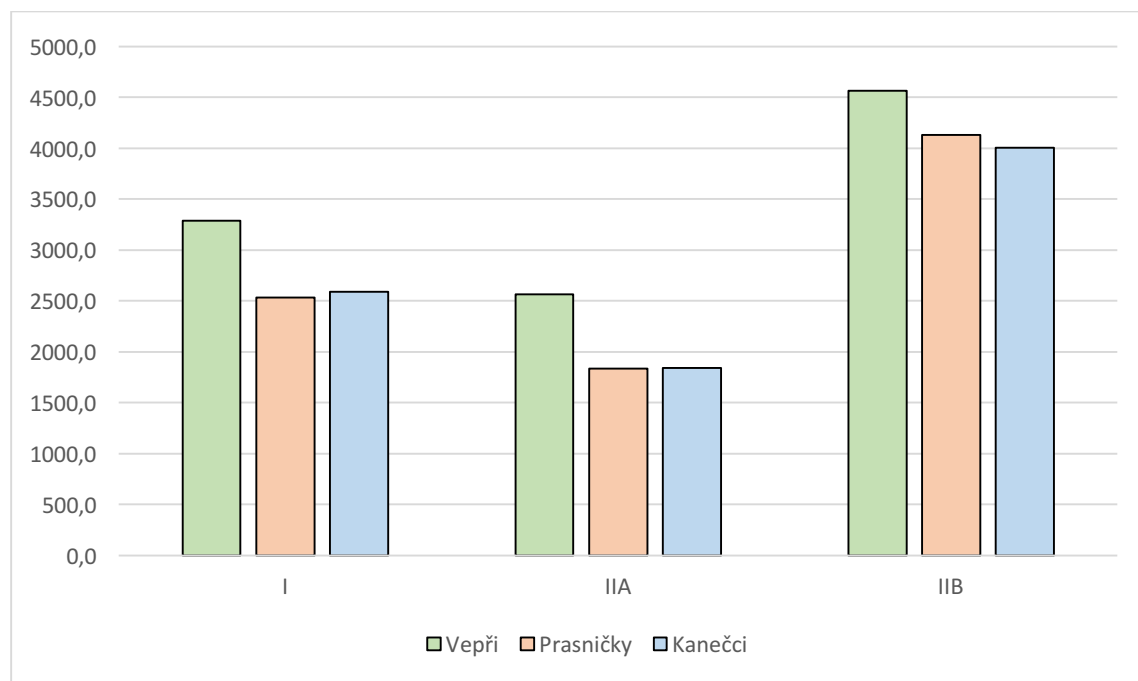
Graf 5: Průměrné plochy jednotlivých typů svalových vláken u různých pohlaví plemene duroc.

Tabulka 6: Rozdíly mezi ukazateli jednotlivých svalových vláken u plemene pietrain.

| | V | P | K | Významnost |
|--|--------|--------|--------|------------|
| Průměrná plocha vláken (μm^2) | | | | |
| Celkem | 4097,2 | 3574,9 | 3593,1 | ns |
| I | 3284,5 | 2535,8 | 2590,2 | ns |
| IIA | 2567,3 | 1836,9 | 1844,5 | ns |
| IIB | 4565,5 | 4129,9 | 4001,3 | ns |
| Zastoupení vláken z plochy (%) | | | | |
| I | 11,2 | 12,6 | 7,5 | V-P, P-K |
| IIA | 8,5 | 6,1 | 6,4 | ns |
| IIB | 80,3 | 81,3 | 86,1 | ns |
| Zastoupení vláken z počtu (%) | | | | |
| I | 14,0 | 17,5 | 10,4 | P-K |
| IIA | 14,1 | 11,8 | 12,0 | ns |
| IIB | 71,9 | 70,7 | 77,7 | P-K |

V: vepřici; P: prasničky; K: kanečci

Testováno pro hladinu významnosti $P > 0,05$; ns: statisticky nevýznamné



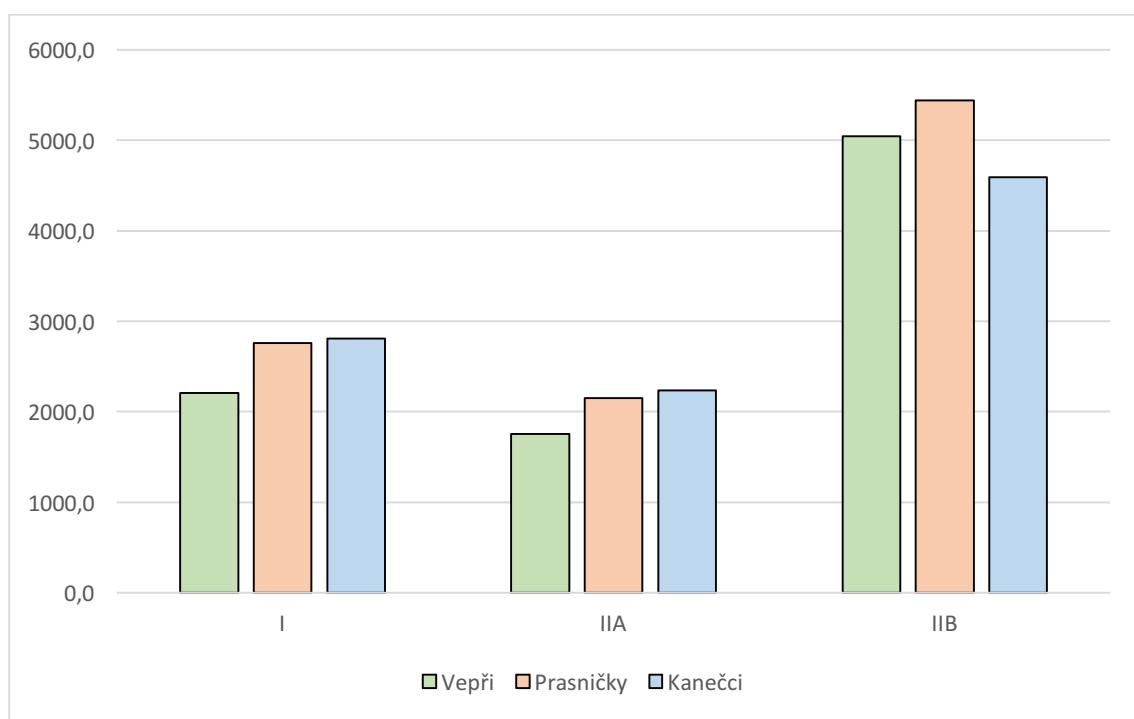
Graf 6: Průměrné plochy jednotlivých typů svalových vláken u různých pohlaví plemene pietrain.

Tabulka 7: Rozdíly mezi ukazateli jednotlivých svalových vláken u plemene česká landrase.

| | V | P | K | Významnost |
|--|--------|--------|--------|------------|
| Průměrná plocha vláken (μm^2) | | | | |
| Celkem | 3809,4 | 4479,8 | 3992,6 | ns |
| I | 2208,7 | 2760,7 | 2808,6 | ns |
| IIA | 1754,3 | 2154,7 | 2232,6 | ns |
| IIB | 5043,3 | 5440,2 | 4591,7 | ns |
| Zastoupení vláken z plochy (%) | | | | |
| I | 13,8 | 8,8 | 10,6 | ns |
| IIA | 6,8 | 8,2 | 7,2 | ns |
| IIB | 79,4 | 83,0 | 82,1 | ns |
| Zastoupení vláken z počtu (%) | | | | |
| I | 23,3 | 14,3 | 15,3 | ns |
| IIA | 14,6 | 16,7 | 12,8 | ns |
| IIB | 62,1 | 69,1 | 72,0 | ns |

V: vepřici; P: prasničky; K: kanečci

Testováno pro hladinu významnosti $P > 0,05$; ns: statisticky nevýznamné



Graf 7: Průměrné plochy jednotlivých typů svalových vláken u různých pohlaví plemene česká landrase.

5.5 Vliv hmotnosti JUT na charakteristiku svalových vláken

V tabulce 8 jsou uvedeny závislosti jednotlivých charakteristik svalových vláken na hmotnost jatečně upraveného těla, jejíž průměrná výše u hodnocených prasat byla 87,8 kg. Statisticky významné jsou vždy jen průměrné plochy jednotlivých typů vláken. Hodnoty průměrné plochy všech svalových vláken celkem, stejně tak průměrné velikosti jednotlivých typů středně korelovaly s hmotností JUT. To znamená, že čím bude vyšší hmotnost jatečně upraveného těla, tím bude průměrná velikost svalových vláken větší. U procentuálního zastoupení z celkové plochy a počtu vláken k hmotnosti JUT nebyla nalezena statisticky významná rozdílnost.

Tabulka 8: Vliv hmotnosti JUT na charakteristiku svalových vláken.

| | r (hmotnost JUT) | Významnost |
|--|------------------|------------|
| Průměrná plocha všech svalových vláken (μm^2) | 0,393 | 0,007 |
| Svalová vlákna I | | |
| Průměrná plocha vláken (μm^2) | 0,318 | 0,031 |
| Zastoupení vláken z plochy (%) | -0,095 | ns |
| Zastoupení vláken z počtu (%) | -0,047 | ns |
| Svalová vlákna IIA | | |
| Průměrná plocha vláken (μm^2) | 0,423 | 0,003 |
| Zastoupení vláken z plochy (%) | 0,111 | ns |
| Zastoupení vláken z počtu (%) | 0,082 | ns |
| Svalová vlákna IIB | | |
| Průměrná plocha vláken (μm^2) | 0,340 | 0,021 |
| Zastoupení vláken z plochy (%) | 0,011 | ns |
| Zastoupení vláken z počtu (%) | -0,018 | ns |

r: Pearsonův korelační koeficient

Testováno pro hladinu významnost $P > 0,05$; ns: statisticky nevýznamné

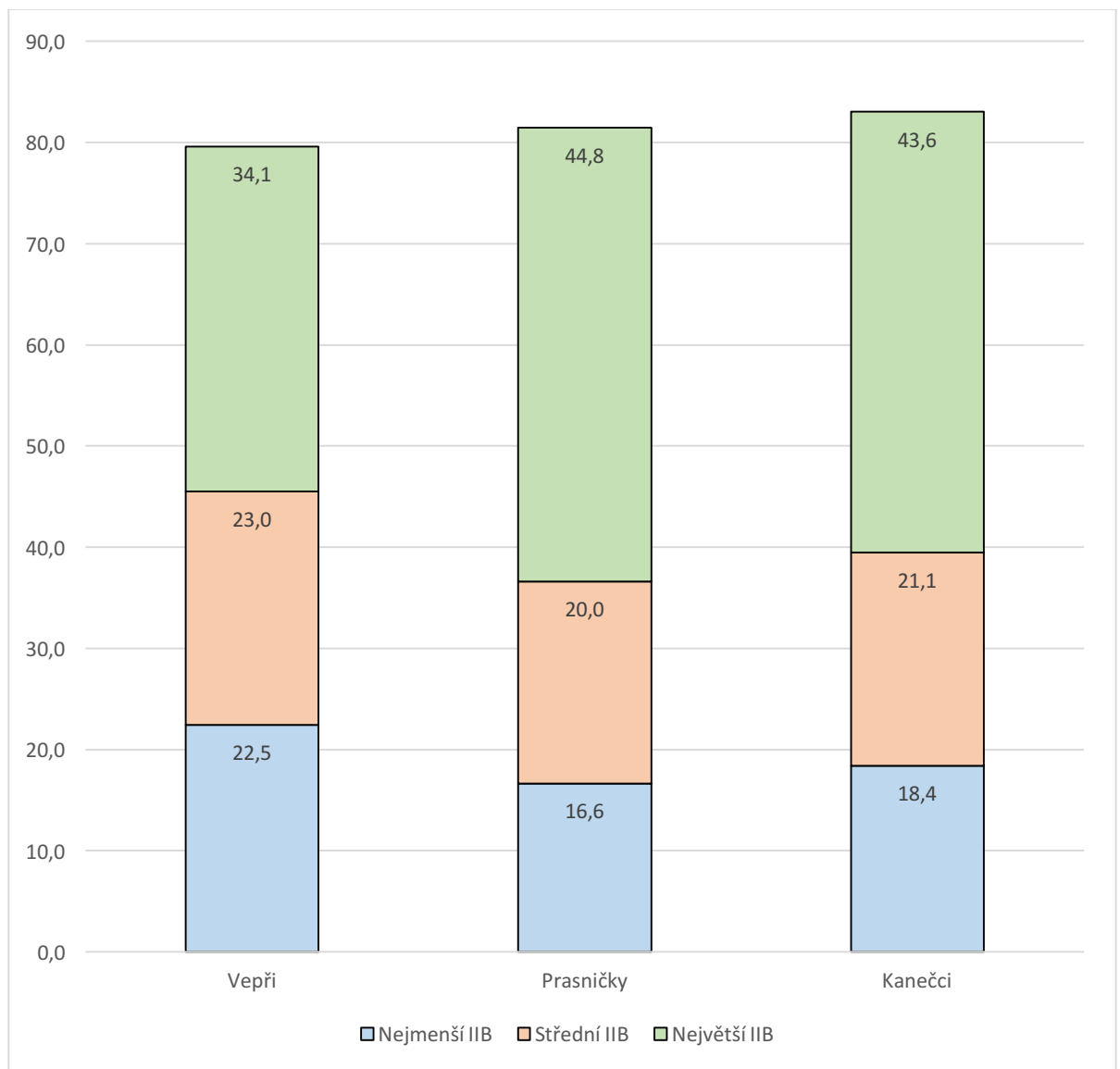
5.6 Zhodnocení velikostí IIB svalových vláken

Velkou převahu ve svalu *longissimus lumborum* mají svalová vlákna typu IIB, která byla dále rozdělena na 3 velikosti – nejmenší, střední a největší.

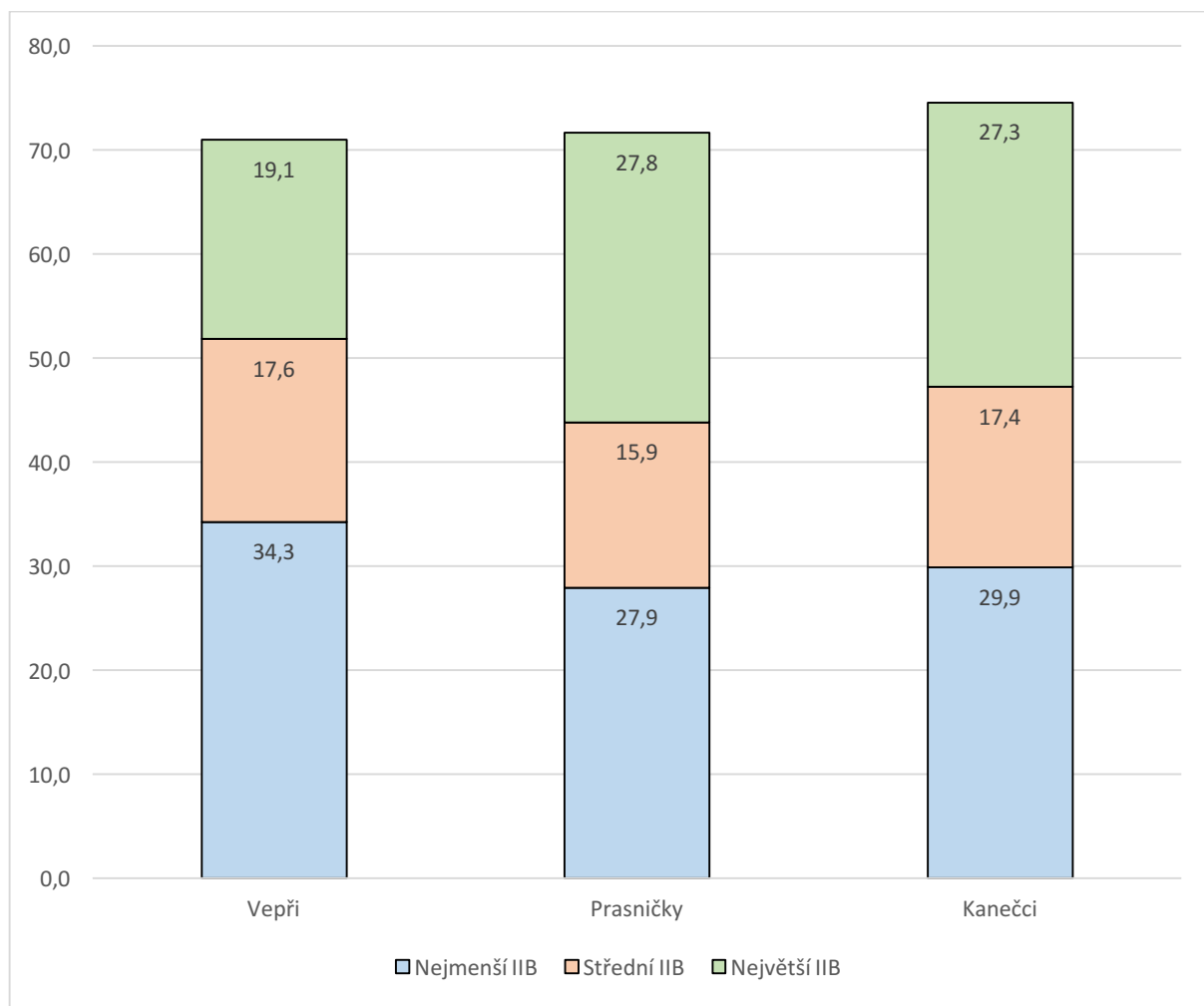
Graf 8 znázorňuje procentuální zastoupení jednotlivých velikostí IIB vláken z celé plochy všech IIB dohromady. Nejvíce největších IIB mají prasničky (44,8 %), které mají zároveň i nejméně malých a středních. Těch mají nejvíce vepřiči. Malých IIB mají 22,5 % a středních 23 %.

Zastoupení různých velikostí v kontextu celého počtu IIB vláken je ukázáno na grafu 9, kde je vidět, že vepři mají ze všech IIB vláken nejvíce těch malých (34,3 %) a prasničky mají nejvíce těch velkých (27,8 %).

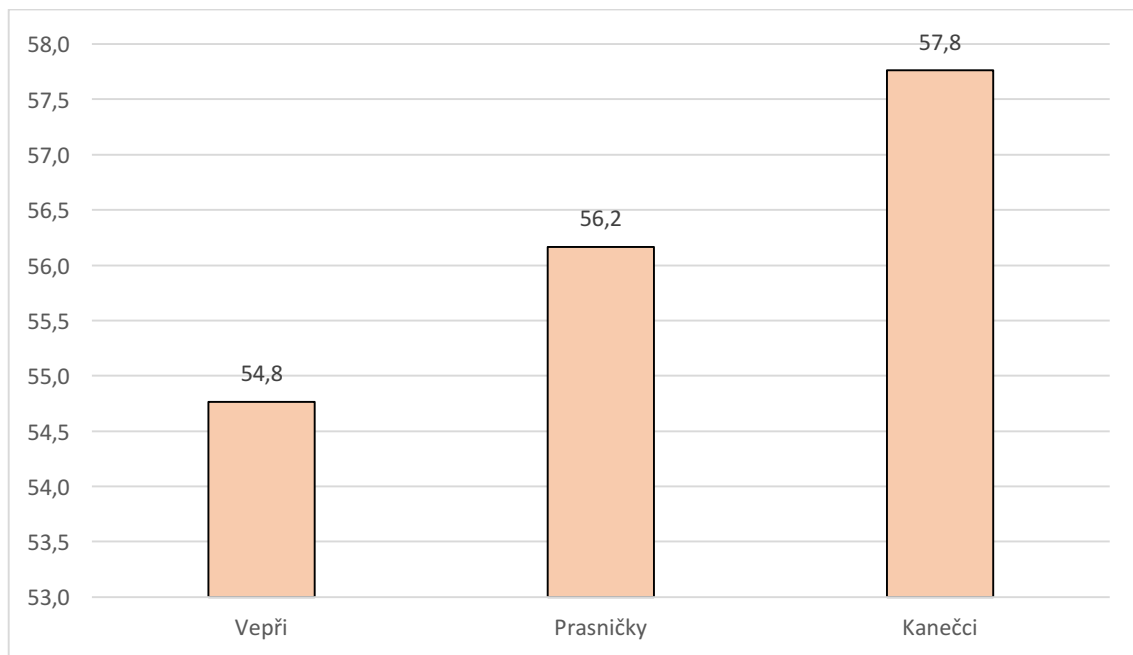
Kanečci mají IIB vláken nejvíce v kontextu všech jejich velikostí, což je na obou grafech zřetelné. Tento fakt souvisí s grafem 10, kde je vidět, že kanečci jsou nejzmasilejší (57,8 %). Vepřici mají naopak nejmenší celkové zastoupení IIB vláken a zároveň jsou také nejméně zmasilí (54,8 %). Dalo by se tedy uvést, že čím zmasilejší zvíře je, tím více svalových vláken IIB má a zároveň mají tato vlákna větší rozměry.



Graf 8: Procentuální zastoupení různých velikostí IIB vláken na celé ploše.



Graf 9: Procentuální zastoupení různých velikostí IIB vláken z jejich celkového počtu.



Graf 10: Procentuální zmasilost u vepříků, prasniček a kanečků.

6 Diskuze

Při hodnocení kvality masa je důležité zaměřit se mimo jiné na složení jednotlivých typů svalových vláken ve svalu. Dle izoform těžkého řetězce myosinu byly klasifikovány čtyři typy svalových vláken – I, IIA, IIX a IIB (Schiaffino & Reggiani 1996). V naší práci jsme se zaměřili pouze na tři z nich – I, IIA a IIB. Uvádí se, že svalová vlákna typu I jsou malá a zlepšují schopnost zadržovat vodu a souvisí s křehkostí a větší šťavnatostí masa (Kim et al. 2013a). Dále jsou tato vlákna spojována s červenější barvou masa díky vyššímu obsahu myoglobinu (Kim et al. 2013b). IIA by měla mít střední velikosti a IIB vlákna jsou charakterizována jako největší. Je pravděpodobné, že čím vyšší je ve svalu zastoupení vláken typu IIB, zvyšuje se ztráta vody odkapem a maso má horší kulinární vlastnosti. Metabolismus těchto vláken vede k rychlejšímu poklesu pH, což navíc může způsobovat vadu masa PSE. Maso s touto vadou je bledé, měkké, vodnaté a není vhodné ke kulinární úpravě. Je však možné ho při výrobě v malém množství přidat do fermentovaných masných výrobků.

U plemen prasat, která jsou v dnešní době hojně využívána, a která jsou šlechtěna na vyšší zmasilost a intenzivnější nárůst libové svaloviny, se vlákna typu IIB vyskytují ve velkém množství (Ryu & Kim 2005; Listrat et al. 2016). Uvádí se, že IIB vlákna ve svalech domestikovaných prasat navíc rostou přibližně dvakrát rychleji než vlákna I a IIA a z toho důvodu mají největší rozměry (Ruusunen & Puolanne 2004). V naší práci se hodnotila komerčně využívaná plemena prasat a největšími svalovými vlákny byla podle očekávání opravdu vlákna IIB. Následoval typ I a nejmenší byla svalová vlákna typu IIA, což s předchozí charakteristikou vláken nekorespondovalo.

Průměrná plocha všech typů svalových vláken navíc významně korelovala s hmotností zvířete, což znamená, že čím těžší zvíře bude, tím bude mít větší i všechna svalová vlákna. Hypotéza tak byla potvrzena. Problematikou hmotnosti a svalových vláken se zabírala také studie Lee et al. (2016) u svalu *longissimus* prasat křížených z plemen yorkshire, landrase a duroc, kde autoři došli ke stejnému závěru. Zároveň hodnotili i kvalitativní vlastnosti masa a ztráta vody odkapem silně a významně korelovala s počtem a plochou svalových vláken typu IIB. Kim et al. (2013b) však ve své studii na svalu *longissimus* u prasat kříženců korejského domorodého prasete a landrase nenašli žádnou významnost mezi plochou IIB vláken a ztrátou vody odkapem. Nalezli však negativní korelaci mezi tímto ukazatelem a plochou vláken typu I. Neshody těchto studií mohou být způsobeny například využitím jiných plemen prasat. Dále se například studie Ruusunen & Puolanne (2004) zabývala rozdíly ve svalu *longissimus dorsi* mezi domestikovanými a divokými prasaty. Výsledkem byl průkazný rozdíl v procentuálním zastoupení z plochy, kdy divoká prasata měla vyšší zastoupení vláken I a IIA, zatímco domestikovaní jedinci měli vyšší podíl IIB svalových vláken.

V procentuálním zastoupení jednotlivých typů svalových vláken z celkové plochy ve svalu *longissimus lumborum* v naší práci jasně dominovala vlákna typu IIB, která zaujímala 81,3 % z celé plochy. S tvrzením, že se ve svalu *longissimus* nachází více IIB vláken než I a IIA souhlasí také Kim et al. (2013a). Sval *longissimus* je totiž povrchový a z toho důvodu obsahuje více glykolytických IIB vláken. Čím je poté sval uložen hlouběji, obsahuje více oxidativních vláken I (Klont et al. 1998).

V procentuálním zastoupením z celkového počtu byl u vláken IIA nalezen významný rozdíl mezi plemenem české bílé ušlechtilé a česká landrase. Dále byl nalezen rozdíl u IIB

vláken mezi plemeny české bílé ušlechtilé a duroc, české bílé ušlechtilé a landrase a pietrain a česká landrase.

Při zhodnocení charakteristik svalových vláken mezi pohlavími bylo zjištěno, že největší plochu vláken I mají kanečci, největší procentuální zastoupení z plochy a počtu ovšem vepřici. U vláken IIA byla zjištěna největší plocha u prasniček, největší zastoupení z plochy i počtu měli kanečci. Největší IIB vlákna měly opět prasničky, největší procento z plochy i počtu však tato vlákna zabírala u kanečků. Z těchto výsledků je opravdu zřetelné, že u každého pohlaví se jednotlivé typy svalových vláken vyvíjí odlišně. Tuto hypotézu však nelze zcela potvrdit kvůli tomu, že právě mezi pohlavími nebyl nalezen žádný statisticky průkazný rozdíl.

Uvádí se, že nejvyšší frekvenci výskytu PSE vady masa mají některá plemena landrase – zejména belgická landrase a dále plemeno pietrain (Sellier & Monin 1994). To bylo mohlo být dáno i dle našich výsledků průměrně vyšším zastoupením IIB svalových vláken u těchto dvou plemen, nicméně to statisticky nebylo potvrzeno. Dokonce úplně největší svalová vlákna typu IIB byla nalezena právě u prasniček plemene česká landrase, ale bez statistické průkaznosti oproti dalším pohlavím.

Škrlep et al. (2019) ve své studii zjistili, že kanečci kříženců plemene landrase a large white byli zmasilejší a měli méně tuku než vepřici. Podle Škrlep et al. (2012) je kastrace samců prasat nevýhodná v tom, že vepři ve svých svalech ukládají více tuku. Pohlavní hormon testosteron, který u vepřů kvůli kastraci chybí, totiž snižuje ukládání intramuskulárního i podkožního tuku v těle zvířete. Nevýhodou kanců je ale fakt, že jsou náchylnější k dlouhodobému stresu před porážkou více než je tomu u prasniček nebo třeba právě u vepřiků (Joo et al. 2013). Problematikou tuku v těle prasat se dále zabývaly například studie Ellis et al. (1996) a Latorre et al. (2013). Obsah tuku v jatečných tělech v naší práci nelze zhodnotit, nicméně lze souhlasit s procentuální zmasilostí, kdy námi pozorovaní vepřici dosáhli nejnižší zmasilosti, zatímco kanečci měli libové svaloviny nejvíce. Prasničky vykazovaly střední zmasilost, což koresponduje s výzkumem Stupky et al. (2008), kteří došli k závěru, že prasničky měly vyšší podíl libové svaloviny než vepřici. S tím souhlasí také Larzul et al. (1997), kteří navíc dodali, že prasničky plemene large white měly větší průřezovou plochu zejména IIB svalových vláken než vepři, což s našimi výsledky také souhlasí.

IIB svalová vlákna byla v experimentu dále rozdělena do tří skupin podle velikosti – malé, střední a největší. Nejvíce se ve svalu prasat nacházela ta největší IIB vlákna, poté střední a nejméně bylo malých. Nejzmasilejší kanečci měli nejvíce IIB vláken, které zároveň vykazovali i větší rozměry. Nejméně zmasilí vepřici měli naopak vláken IIB nejméně, a navíc měla tato vlákna rozměry menší. Dalo by se tedy konstatovat, že čím má zvíře vyšší podíl libové svaloviny, tím obsahuje více IIB vláken, které mají navíc i větší rozměry. Kim et al. (2013a) dále tvrdí, že prasata, která ve svých svalech měla více velkých IIB svalových vláken měla tvrdší a světlejší maso s vyšší ztrátou vody odkapem než prasata, která měla více malých a středních IIB vláken. Pro zlepšení kvality vepřového masa proto doporučují řídit se raději velikostí IIB vláken bez ohledu na celkovou plochu nebo celkový počet. S tím souhlasí i Ryu & Kim (2005), kteří došli k výsledku, že světlost masa negativně koreluje s procentuálním podílem svalových vláken typu I a IIA, zatímco s podílem IIB koreluje pozitivně.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zpracovat literární rešerši zabývající se charakteristikou svalových vláken a jejich vlivem na kvalitu masa. Samotné kvalitativní aspekty masa byly také zmíněny. Dále byly popsány rozdíly ve složení svalových vláken na základě plemene, pohlaví, věku a výživy.

Hmotnost jatečně upravených těl prasat významně korelovala s velikostí všech typů svalových vláken. Tímto výsledkem byla potvrzena hypotéza, která říká, že s vyšší hmotností zvířete dochází ke zvětšení jednotlivých svalových vláken.

Při hodnocení charakteristik mezi pohlavími byly zjištěny velké rozdíly, nicméně nebyly statisticky průkazné. Hypotéza, že u kanečků dochází k odlišnému vývoji jednotlivých typů svalových vláken oproti prasničkám a vepříkům tak nemohla být potvrzena.

Ve zhodnocení procentuální zmasilosti a zastoupení různých velikostí IIB vláken vykazovali vepřáci zmasilost nejnižší, přičemž ve svém svalu měli nejvíce malých IIB vláken. Prasničky měly střední podíl libové svaloviny a kanečci byli nejzmasilejší a zároveň měli jak nejvíce IIB vláken celkem, tak měla tato vlákna i větší rozměry, což by mohlo negativně působit na kvalitu masa.

Z experimentu vyplývá, že sledovaná plemena a pohlaví se ve složení jednotlivých typů svalových vláken velmi liší a nelze tedy s přesností uvést, které zvíře by mohlo mít to nejkvalitnější maso. Pro přesnější určení je zapotřebí rozsáhlejší studie s více plemeny prasat a také s více kvalitativními aspekty. Také je důležité zmínit, že kvalita masa se hodnotí i mnoha jinými i rychlejšími metodami, například senzory. Ačkoliv je právě tato laboratorní metoda založena na hodnocení svalových vláken časově náročná, je důležité ji při hodnocení zařazovat, jelikož může do budoucna pomoci pro vyšlechtění prasat s těmi nejlepšími kvalitativními vlastnostmi. Zároveň by se měla více zaměřit pozornost na různé velikosti IIB vláken a jejich vliv právě na kvalitu masa.

8 Literatura

- Barbut S, Sosnicki AA, Lonergan SM, Knapp T, Ciobanu DC, Gatcliffe LJ, Huff-Lonergran E, Wilson EW. 2008. Progress in Reducing the Pale, Soft and Exudative (PSE) Problem in Pork and Poultry Meat. *Meat Science* **79**: 46-63.
- Bee G, Calderini M, Biolley C, Guex G, Herzog W, Lindemann MD. 2007. Changes in the histochemical properties and meat quality traits of porcine muscles during the growing-finishing period as affected by feed restriction, slaughter age, or slaughter weight. *Journal of Animal Science* **85**: 1030-1045.
- Bechtel PJ. 1986. *Muscle As Food*. Academic Press, Cambridge.
- Bonneau M, Leuret B. 2010. Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat Science* **84**: 293-300.
- Branziari R, Castellini C, Dal Bosco A, Mammoli R, Rea S, Ranucci D. 2014. The Occurrence of Giant Fibres in Different Muscles of Two Chicken Genotypes. *British Poultry Science* **55**: 181-185.
- Brooke MH, Kaiser KK. 1970. Muscle fiber types: How many and what kind? *Archives of Neurology* **23**: 369-379.
- Cameron ND, Warriss PD, Porter SJ, Enser MB. 1990. Comparison of Duroc and British Landrace Pigs for Meat and Eating Quality. *Meat Science* **27**: 227-247.
- Claus R, Weiler U, Herzog A. 1994. Physiological Aspects of Androstenedione and Skatole Formation in the Boar – A Review with Experimental Data. *Meat Science* **38**: 289-305.
- Claus R, Lacorn M, Danowski K, Pearce MC, Bauer A. 2007. Short-term endocrine and metabolic reactions before and after second immunization against GnRH in boars. *Vaccine* **25**: 4689-4696.
- Cronin GM, Dunshea FR, Butler KL, McCauley I, Barnett JL, Hemsworth PH. 2003. The effects of immuno- and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. *Applied Animal Behaviour Science* **81**: 111-126.
- Čandek-Potokar M, Žlender B, Lefaucheur L, Bonneau M. 1998. Effects of Age and/or Weight at Slaughter on *longissimus dorsi* Muscle: Biochemical Traits and Sensory Quality in Pigs. *Meat Science* **48**: 287-300.
- Český statistický úřad. 2021. Zemědělství – 4. čtvrtletí a rok 2020. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/cri/zemedelstvi-4-ctvrtleti-a-rok-2020> (accesses March 2021).
- Dermitas B. 2016. Detection of giant fibres in undernourished fetal sheep muscle. *Thai Journal of Veterinary Medicine* **46**: 483-490.
- Eggert JM, Depreux FFS, Schinckel AP, Grant AL, Gerrard DE. 2002. Myosin heavy chain isoforms account for variation in pork quality. *Meat Science* **61**: 117-126.

- Ellis M, Webb AJ, Avery PJ, Brown I. 1996. The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter weight, feeding régime and slaughter-house on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on the organoleptic properties of fresh pork. *Animal Science* **62**: 521-530.
- Endo A, Koizumi R, Nakazawa Y, Shiwa Y, Maeno S, Kido Y, Irisawa T, Muramatsu Y, Tada K, Yamazaki M, Myoda T. 2021. Characterization of the microbiota and chemical properties of pork loins during dry aging. *Microbiology Open* (e1157) DOI: <https://doi.org/10.1002/mbo3.1157>
- Faucitano L, Rivest J, Daigle JP, Lévesque J, Gariépy C. 2004. Distribution of intramuscular fat content and marbling within the *longissimus* muscle of pigs. *Canadian Journal of Animal Science* **84**: 57-61.
- Fazarinc G, Čandek-Potokar M, Uršič M, Vrecl M, Pogačnik A. 2002. Giant Muscle Fibres in Pigs with Different Ryr1 Genotype. *Anatomia, Histologia, Embryologia: Journal of Veterinary Medicine Series* **31**: 367-371.
- Font-i-Furnols M, Gispert M, Soler J, Diaz M, Garcia-Regueiro JA, Diaz I, Pearce MC. 2012. Effect of vaccination against gonadotrophin-releasing factor on growth performance, carcass, meat and fat quality of male Duroc pigs for dry-cured ham production. *Meat Science* **91**: 148-154.
- Gispert M, Oliver MA, Velarde A, Suarez P, Pérez J, Font i Furnols M. 2010. Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. *Meat Science* **85**: 664-670.
- Greaser ML. 1986. Conversion of Muscle to Meat. Pages 37-102 in Bechtel PJ, editor. *Muscle As Food*. Academic Press, Cambridge.
- Hamilton DN, Ellis M, Miller KD, McKeith FK, Parrett DF. 2000. The effect of the Halothane and Rendement Napole genes on carcass and meat quality characteristics of pigs. *Journal of Animal Science* **78**: 2862-2867.
- Han P, Li P, Zhou W, Fan L, Wang B, Liu H, Gao C, Du T, Pu G, Wu C, Zhang Z, Niu P, Huang R, Li H. 2020. Effects of various levels of dietary fiber on carcass traits, meat quality and myosin heavy chain I, IIa, IIx and IIb expression in muscles in Erhualian and Large White pigs. *Meat Science* **169**: 108160.
- Henckel P, Oksbjerg N, Erlandsen E, Barton-Gade P, Bejerholm C. 1997. Histo- and Biochemical Characteristics of the *Longissimus Dorsi* Muscle in Pigs and their Relationships to Performance and Meat Quality. *Meat Science* **47**: 311-321.
- Hou X, Liu Q, Meng Q, Wang L, Yan H, Zhang L, Wang L. 2020. TMT-based quantitative proteomic analysis of porcine muscle associated with postmortem meat quality. *Food Chemistry* **328**: 127-133.
- Huff-Lonergan E, Lonergan SE. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science* **71**: 194-204.

- Choe JH, Chou YM, Lee SH, Shin HG, Ryu YC, Hong KC, Kim BC. 2008. The relation between glycogen, lactate content and muscle fiber type composition, and their influence on postmortem glycolytic rate and pork quality. *Meat Science* **80**: 355-362.
- Choi YM, Kim BC. 2009. Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. *Livestock Science* **122**:105-118.
- Choi YM, Lee SH, Choe JH, Rhee MS, Lee SK, Joo ST, Kim BC. 2010. Protein Solubility is Related to Myosin Isoforms, Muscle Fiber Types, Meat Quality Traits, and Postmortem Protein Changes in Porcine *longissimus dorsi* Muscle. *Livestock Science* **127**: 183-191.
- Jensen MT, Cox RP, Jensen BB. 1995. Microbial production of skatole in the hind gut of pigs given different diets and its relation to skatole deposition in backfat. *Animal Science* **61**: 293-304.
- Jeong JY, Hur SJ, Yang HS, Moon SH, Hwang YH, Park GB, Joo ST. 2009. Discoloration Characteristics of 3 Major Muscles from Cattle During Cold Storage. *Journal of Food Science*. **74**: C1-C5.
- Joo ST, Kim GD, Hwang YH, Ryu YC. 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science*. **95**: 828-836.
- Karlsson AH, Klont RE, Fernandez X. 1999. Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. *Livestock Production Science* **60**: 255-269.
- Kim GD, Jeong JY, Jung EY, Yang HS, Lim HT, Joo ST. 2013a. The Influence of Fiber Size Distribution of Type IIB on Carcass Traits and Meat Quality. *Meat Science* **94**: 267-273.
- Kim GD, Ryu YC, Jeong JY, Yang HS, Joo ST. 2013b. Relationship between pork quality and characteristics of muscle fibers classified by the distribution of myosin heavy chain isoforms. *Journal of Animal Science* **91**: 5525-5534.
- Klont RE, Brocks L, Eikelenboom G. 1998. Muscle Fibre Type and Meat Quality. *Meat Science* **49**: 219-229.
- 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**: 3126-3137.
- Latorre MA, Lázaro R, Gracia MI, Nieto M, Mateos GG. 2003. Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117 kg body weight. *Meat Science* **65**: 1369-1377.
- Leach LM, Ellis M, Sutton DS, McKeith FK, Wilson ER. 1996. The Growth Performance, Carcass Characteristics, and Meat Quality of Halothane Carrier and Negative Pigs. *Journal of Animal Science* **74**: 934-943.
- Lebedová N. 2020. Vliv úrovně prošlechtění vybraných živočišných druhů na histochemické charakteristiky svalových vláken [Doktorská disertační práce]. Česká zemědělská univerzita, Praha.

- Lee SH, Joo ST, Ryu YC. 2010. Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. *Meat Science* **86**: 166-170.
- Lee SH, Choe JH, Choi YM, Jung KC, Rhee MS, Hong KC, Lee SK, Ryu YC, Kim BC. 2012. The Influence of Pork Quality Traits and Muscle Fiber Characteristics on the Eating Quality of Pork from Various Breeds. *Meat Science* **90**: 284-291.
- Lee SH, Kim JM, Ryu YC, Ko KS. 2016. Effects of Morphological Characteristics of Muscle Fibers on Porcine Growth Performance and Pork Quality. *Korean Journal of Food Science and Animal Resources* **36**: 583-593.
- Lefaucheur L. 2010. A second look into fibre typing – Relation to meat quality. *Meat Science* **84**: 257-270.
- Listrat A, Lebret B, Louveau I, Astruc T, Bonnet M, Lefaucheur L, Picard B, Bugeon J. 2016. How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality. *The Scientific World Journal* **2016**: 1-14.
- Lonergan EH, Zhang W, Lonergan SM. 2010. Biochemistry of Postmortem Muscle – Lessons on Mechanisms of Meat Tenderization. *Meat Science* **86**: 184-195.
- López-Pedrouso M, Lorenzo JM, Gagaoua M, Franco D. 2020. Review: Application of Proteomic Technologies to Assess the Quality of Raw Pork and Pork Products: An Overview from Farm-To-Fork. *MDPI: Biology* **9**: 1-21.
- Madeira MS, Alfaia CM, Costa P, Lopes PA, Lemos JPC, Bessa RJB, Prates JAM. 2014. The combination of arginine and leucine supplementation of reduced crude protein diets for boars increases eating quality of pork. *Journal of Animal Science* **92**: 2030-2040.
- Madeira MS, Alfaia CM, Costa P, Lopes PA, Martins SV, Lemos JPC, Moreira O, Santos-Silva J, Bessa RJB, Prates JAM. 2015. Effect of betaine and arginine in lysine-deficient diets on growth, carcass traits, and pork quality. *Journal of Animal Science* **93**: 4721-4733.
- Marino R, Albenzio M, della Malva A, Santillo A, Loizzo P, Sevi A. 2013. Proteolytic Pattern of Myofibrillar Protein and Meat Tenderness as Affected by Breed and Aging Time. *Meat Science* **95**: 281-287.
- Milan D, Jeon JT, Looft C, Amarger V, Robic A, Thelander M, Rogel-Gaillard C, Paul S, Iannuccelli N, Rask L, Ronne H, Lundström K, Reinsch N, Gellin J, Kalm E, Le Roy P, Chardon P, Andersson L. 2000. A Mutation in PRKAG3 Associated with Excess Glycogen Content in Pig Skeletal Muscle. *Science* **288**: 1248-1251.
- Offer G, Cousins T. 1992. The mechanism of drip production – Formation of 2 compartments of extracellular-space in muscle post-mortem. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **58**: 107-116.
- Pauly C, Spring P, O'Doherty JV, Ampuero Kragten S, Bee G. 2008. Performances, meat quality and boar taint of castrates and entire male pigs fed a standard and a raw potato starch-enriched diet. *Animal* **11**: 1707-1715.
- Petersen JS, Henckel P, Oksbjerg B, Sorensen MT. 1998. Adaptations in muscle fibre characteristics induced by physical activity in pigs. *Animal Science* **66**: 733-740.

- Pette D, Staron RS. 2000. Myosin Isoforms, Muscle Fiber Types, and Transitions. *Microscopy Research and Technique* **50**: 500-509.
- Reggiani C, Mascarello F. 2004. Fibre Type Identification and Functional Characterization in Adult Livestock Animals. Pages 39-68 in te Pas MFW, Everts ME, Haagsman HP, editors. *Muscle development of livestock animals: physiology, genetics and meat quality*. CABI Publishing, Oxfordshire.
- Ruusunen M, Puolanne E. 1997. Comparison of Histochemical Properties of Different Pig Breeds. *Meat Science* **45**: 119-125.
- Ruusunen M, Puolanne E. 2004. Histochemical properties of fibre types in muscle of wild and domestic pigs and the effect of growth rate on muscle fibre properties. *Meat Science* **67**: 533-539.
- Ryu YC, Kim BC. 2005. The Relationship Between Muscle Fiber Characteristics, Postmortem Metabolism Rate, and Meat Quality of Pig *longissimus dorsi* Muscle. *Meat Science* **71**: 351-357.
- Ryu YC, Choi YM, Lee SH, Shin HG, Choe JH, Kim JM, Hong KC, Kim BC. 2008. Comparing the Histochemical Characteristics and Meat Quality Traits of Different Pig Breeds. *Meat Science* **80**: 363-369.
- Sellier P, Monin G. 1994. Genetics of pig meat quality: a review. *Journal of Muscle Foods* **5**: 187-219.
- Schiaffino S, Reggiani C. 1996. Molecular diversity of myofibrillar proteins: Gene regulation and functional significance. *Physiological Reviews*. **76**: 371-423.
- Schubert-Schoppmeyer A, Fiedler I, Nürnberg G, Jonas L, Ender K, Maak S, Rehfeldt C. 2008. Simulation of giant fibre development in biopsy samples from pig *longissimus* muscle. *Meat Science* **80**: 1297-1303.
- Sionek B, Przybylski W. 2016. The Impact of Ante- and Post-mortem Factors on the Incidence of Pork Defective Meat – a Review. *Annals of Animal Science* **16**: 333-345.
- Smil V. 2014 Eating meat: Constants and changes. *Global Food Security* **3**: 67-71.
- Sobczak M, Lachowicz K, Zochowska-Kujawska J. 2010. The Influence of Giant Fibres on Utility for Production of Massaged Products of Porcine Muscle *longissimus dorsi*. *Meat Science* **84**: 638-644.
- Stupka R, Čítek J, Šprysl M, Okrouhlá M, Kureš D, Líkař K. 2008. Effect of weight and sex on intramuscular fat amounts in relation to the formation of selected carcass cuts in pigs. *Czech Journal of Animal Science* **12**: 506-514.
- Sutherland MA. 2015. Welfare implications of invasive piglet husbandry procedures, methods of alleviation and alternatives: a review. *New Zealand Veterinary Journal* **63**: 52-57.
- Škrlep M, Batorek N, Bonneau M, Prevolnik M, Kubale V, Čandek-Potokar M. 2012. Effect of immunocastration in group-housed commercial fattening pigs on reproductive organs,

- malodorous compounds, carcass and meat quality. *Czech Journal of Animal Science* **6**: 290-299.
- Škrlep M, Tomažin U, Batorek Lukač N, Poklukar K, Čandek-Potokar M. 2019. Proteomic Profiles of the Longissimus Muscles of Entire Male and Castrated Pigs as Related to Meat Quality. *MDPI: Animals* **3**: 1-14.
- Tan B, Yin Y, Liu Z, Li X, Xu H, Kong X, Huang R, Tang W, Shinzato I, Smith SB, Wu G. 2009. Dietary L-arginine supplementation increases muscle gain and reduces body fat mass in growing-finishing pigs. *Amino Acids* **37**: 169-175.
- Terlouw C. 2005. Stress reactions at slaughter and meat quality in pigs: genetic background and prior experience. A brief review of recent findings. *Livestock Production Science* **94**: 125-135.
- Thun R, Gajewski Z, Janett F. 2006. Castration in male pigs: techniques and animal welfare issues. *Journal of Physiology and Pharmacology* **57**: 189-194.
- Troy DJ, Kerry JP. 2010. Consumer Perception and the Role of Science in the Meat Industry. *Meat Science* **86**: 214-226.
- Van Laack RLJM, Stevens SG, Stalder KJ. 2001. The influence of ultimate pH and intramuscular fat content on pork tenderness and tenderization. *Journal of Animal Science* **2**: 392-397.
- Velíšek J, Hajšlová J. 2009a. *Chemie potravin I.*, 3. vydání. OSSIS, Tábor.
- Velíšek J, Hajšlová J. 2009b. *Chemie potravin II.*, 3. vydání. OSSIS, Tábor.
- Warner RD, Greenwood PL, Pethick DW, Ferguson DM. 2010. Genetic and environmental effects on meat quality. *Meat Science* **86**: 171-183.
- Wojtysiak D. 2012. Pathological Changes in the Microstructure of *longissimus lumborum* Muscle from Five Breeds of Pigs. *Folia Biologica* **60**: 55-60.
- Zhang W, Kuhlers DL, Rempel WE. 1992. Halothane Gene and Swine Performance. *Journal of Animal Science* **70**: 1307-1313.
- Zhao X, Zhu R, Wang Y, Qi J, Wang J, Bai L, Wang H, Wu Y, Hu H. 2020. Differentiation Proliferative Capacity of Skeletal Muscle Satellite Cells from Dapulian and Landrace Pigs. *Italian Journal of Animal Science*. **19**: 574-585.

9 Seznam obrázků

Obrázek č.1: Složení svalu

Upraveno podle Listrat A, Lebret B, Louveau I, Astruc T, Bonnet M, Lefaucheur L, Picard B, Bugeon J. 2016. How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality. *The Scientific World Journal* **2016**: 1-14.

Obrázek č.2: Gigantické svalové vlákno

Branciaro R, Castellini C, Dal Bosco A, Mammoli R, Rea S, Ranucci D. 2014. The Occurrence of Giant Fibres in Different Muscles of Two Chicken Genotypes. *British Poultry Science* **55**: 181-185.

Obrázek č.3: Vliv imunokastrace

Gispert M, Oliver MA, Velarde A, Suarez P, Pérez J, Font i Furnols M. 2010. Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. *Meat Science* **85**: 664-670.

10 Seznam použitých zkratek a symbolů

ATP – adenosintrifosfát

GnRH – gonadotropin-releasing hormone

HACCP – Hazard Analysis Critical Control Points (Systém analýzy rizika a stanovení kritických kontrolních bodů)

JUT – jatečně upravené tělo

MHC – těžký řetězec myosinu

PSE – pale, soft, exudative (bledé, měkké, vodnaté)

RYR1 – ryanodinový receptor 1