

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra speciální zootechniky**



**Charakteristika svalových vláken v mase různých plemen  
skotu a její vztah ke kvalitě hovězího masa**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Nicole Lebedová**

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

© 2015 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Charakteristika svalových vláken v mase různých plemen skotu a její vztah ke kvalitě hovězího 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10. 4. 2015

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Jaroslavu Čítkovi Ph.D. a Ing. Danielu Burešovi Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a čas, který mi poskytli při vypracování této diplomové práce.

# Charakteristika svalových vláken v mase různých plemen skotu a její vztah ke kvalitě hovězího masa

## Souhrn

Cílem předložené diplomové práce bylo vyhodnotit vliv plemenné příslušnosti a svalu na histochemické charakteristiky svalových vláken a jejich vztah k vybraným parametrům kvality hovězího masa. Do experimentu bylo zařazeno celkem 40 býků čtyř plemen skotu, kteří byli vykrmováni v identických podmínkách výživy a ustájení. Masný užitkový typ byl zastoupen plemeny aberdeen angus a gasconne, kombinovaný užitkový typ českým strakatým skotem a mléčný užitkový typ holštýnským plemenem. Zvířata byla porážena ve věku 17 měsíců při průměrné živé hmotnosti 657 kg. Po porážce byly u každého jedince z pravé jatečné půlky odebrány vzorky svalů čtyř svalů (*longissimus lumborum*, *semitendinosus*, *biceps femoris* a *psaos major*), které byly pro determinaci histologických vlastností zamrazeny a nakrájeny na kryostatu aby z nich byl následně vytvořen trvalý histologický preparát. Svalová vlákna byla v souladu s aktivitou ATPasy klasifikována na typy: I, IIA a IIB. Následně byly preparáty převedeny na digitální obraz, který byl analyzován prostřednictvím grafického software. Po vyhodnocení byla stanovena jejich průměrná plocha, procentuální podíl z počtu a procentuální podíl z plochy. Statistickou analýzou bylo provedeno vyhodnocení vlivu jednotlivých svalů a plemenné příslušnosti na utváření svalových vláken. Hodnocena byla rovněž závislost mezi instrumentálně hodnocenou tuhostí masa (síla stříhu Warner-Bratzler) a histochemickými parametry hodnocených svalů

Ze zjištěných výsledků je zřejmé, že byly pozorovány výraznější rozdíly mezi jednotlivými svaly než v závislosti na plemenné příslušnosti býků. Nejmenší plocha řezu vláken byla u svalu *psaos major*, naopak nejvyšší u svalu *biceps femoris*. Plocha řezu svalových vláken rovněž signifikantně pozitivně korelovala s instrumentálně měřenou tuhostí masa. V případě vyhodnocení vlivu plemenné příslušnosti byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly u svalů kýty (*semitendinosus*, *biceps femoris*), zatímco u svalů *longissimus lumborum*, a *psaos major* nebyly rozdíly signifikantní. Plemena aberdeen angus a holštýn, která jsou ve srovnání s českým strakatým a gaskoňským skotem charakteristická vyšším obsahem intramuskulárního tuku v mase zaznamenala vyšší podíl vláken typu I. Naopak plemena s nízkým ukládáním tuku vykazovala vyšší podíl vláken typu IIA a IIB.

**Klíčová slova:** hovězí maso, kvalita masa, svalová vlákna, fyzikální vlastnosti

# Effect of muscle fibre characteristics of different cattle breeds on meat quality properties

## Summary

The objective of the present diploma thesis was to evaluate the effect of breed and muscle on histochemical characteristics of muscle fibres as well as the relationship between muscle fibre characteristics and meat quality parameters. A total of 40 bulls of four cattle breeds were included in the experiment. Whereas Aberdeen Angus and Gascon represented beef breeds, Czech Fleckvieh and Holstein represented dual-purpose and dairy breeds, respectively. The bulls were finished in identical conditions of nutrition and housing and slaughtered at the average age of 17 months and live weight 657 kg. After slaughter, the samples of *longissimus lumborum*, *semitendinosus*, *biceps femoris* and *psaos major* muscles were collected from the rights side of the carcass. The samples were snap-frozen and cut on a cryostat to obtain permanent histological preparations. Muscle fibres were classified according to the activity of ATPase in I, IIA and IIB types. The preparations were then transformed into digital images and further analysed using a graphic software. Fibre cross-sectional area ( $\mu\text{m}^2$ ), fibre type proportions (%) and relative area of muscle (%) were determined. The effects of muscle anatomical location and breed on muscle fibre characteristics as well as the relationship between Warner-Bratzler shear force and histochemical parameters of muscles were analysed using appropriate statistical methods.

The results revealed that the differences between muscles were markedly higher than the differences between breeds. The smallest cross-sectional area was observed in *psaos major*, whereas the largest in *biceps femoris*. The cross-sectional area also positively and significantly correlated with shear force. Significant breed differences were found only in *semitendinosus* and *biceps femoris* muscles. Higher proportions of type I fibres were detected in Aberdeen Angus and Holstein breeds for which elevated contents of meat intramuscular fat are typical. On the contrary, the other breeds with lower intramuscular fat contents had higher proportion of IIA and IIB fibres.

**Keywords:** beef, meat quality, muscle fibres, physical characteristics

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a vědecká hypotéza .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Cíl práce .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2</b>	<b>Vědecká hypotéza .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Maso.....</b>	<b>3</b>
3.1.1	Svalová tkáň a sval .....	3
3.1.2	Chemické složení masa .....	4
<b>3.2</b>	<b>Svalové vlákno .....</b>	<b>6</b>
<b>3.3</b>	<b>Typy svalových vláken .....</b>	<b>8</b>
<b>3.4</b>	<b>Faktory ovlivňující velikost, počet a zastoupení svalových vláken .....</b>	<b>9</b>
<b>3.5</b>	<b>Vliv složení svalových vláken na kvalitu masa .....</b>	<b>11</b>
<b>3.6</b>	<b>Plemena skotu.....</b>	<b>13</b>
3.6.1	Aberdeen angus .....	13
3.6.2	Gasconne .....	13
3.6.3	Český strakatý skot .....	14
3.6.4	Holštýnský skot .....	15
<b>4</b>	<b>Materiál a metodika .....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>25</b>
<b>5.1</b>	<b>Porovnání histochemických charakteristik svalových vláken mezi jednotlivými svaly .....</b>	<b>25</b>
<b>5.2</b>	<b>Porovnání vlivu plemenné příslušnosti na histochemické charakteristiky svalových vláken .....</b>	<b>28</b>
<b>5.3</b>	<b>Porovnání vlivu masné partie a plemene na texturní vlastnosti masa .....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>37</b>
<b>6.1</b>	<b>Vliv plemenné příslušnosti na kvalitativní parametry hovězího masa .....</b>	<b>37</b>
<b>6.2</b>	<b>Vliv svalu na histochemické charakteristiky a kvalitu hovězího masa.....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury .....</b>	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>Seznam zkratk .....</b>	<b>50</b>

# 1 Úvod

Chov skotu spojený s produkcí masa je v České republice jedním z mála odvětví živočišné výroby, které v posledních letech vykazuje určitou stabilitu. Hlavním důvodem jsou podpory z evropských i národních zdrojů směřované do tohoto odvětví, ale také dobrá možnost exportu, zejména živého skotu do zahraničí. Výsledkem je kladná obchodní bilance a vysoká míra soběstačnosti, která je v současnosti na úrovni 132 % (Abrahámová a Boudný, 2013).

Ekonomika výkrmu skotu se však potýká s velmi nízkou až zápornou rentabilitou. Z tohoto důvodu je značná část telat prodávána k výkrmu do zahraničí, a pokud se chovatelé rozhodnou přece jen dále vykrmovat, je stále větší část jatečných zvířat exportována a porážena v zahraničí. Hlavním důvodem tohoto exportu jsou vyšší realizační ceny (Bureš a Bartoň, 2012c).

Celková spotřeba masa v České republice v roce 2013 byla 74,8 kg na obyvatele a rok, v hodnotě na kosti a bez ryb. Největší podíl na spotřebě zaujímá maso vepřové, a to z více jak 50 %. Spotřeba masa hovězího neustále klesá. V roce 1985 se pohybovala na úrovni téměř 30 kg a dnes je jeho spotřeba v podstatě čtvrtinová, tedy 7,5 kg na obyvatele a rok (Hnídková a Kobes, 2014). Příčiny poklesu lze spatřovat v kombinaci více faktorů, z nichž nejvýznamnější je především cena, která je ve srovnání s masem drůbežím a vepřovým podstatně vyšší. Dále také nevyrovnaná kvalita na trhu nabízeného produktu a také ne vždy fakty podložené informace o negativním vlivu konzumace tohoto druhu masa na lidské zdraví. Dochází také k určitým změnám stravovacích návyků a zvýšení spotřeby nepřispívá ani poměrně nízká informovanost spotřebitelů, jak s hovězím masem různých partií zacházet a jak je optimálně tepelně zpracovávat (Bureš a Bartoň, 2012b).

Dnešní společnost klade na kvalitu potravin vysoké požadavky. Kvalita masa je dána jeho výživnou hodnotou, fyzikálními, senzorickými, technologickými a hygienickými vlastnostmi. U masa hovězího jde především o jeho texturní vlastnosti, neboť právě ty rozhodují o preferencích spotřebitelů. Kvalita masa je ovlivňována mnoha faktory, jedním z nich jsou i svalová vlákna. Ta tvoří 75 – 90 % objemu svalu, a tak jejich zastoupení podstatně ovlivňuje kvalitu masa (Lee a kol., 2010).

## **2 Cíl práce a vědecká hypotéza**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem práce bylo vyhodnotit vztah mezi utvářením svalových vláken různých užitkových typů skotu a kvalitou hovězího masa.

### **2.2 Vědecká hypotéza**

Rozdíly v počtu, ploše a zastoupení různých typů svalových vláken ve vybraných svalech kontrastních plemen skotu ovlivňují kvalitu hovězího masa zejména z hlediska jeho texturních charakteristik.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Maso

Pojem maso má dvě základní definice. V širším slova smyslu jsou jako maso definovány všechny části těl živočichů, včetně ryb a bezobratlých, v čerstvém nebo upraveném stavu, které se hodí k lidské výživě. V užším slova smyslu se však masem rozumí jen kosterní svalovina, a to buď samotná svalová tkáň, nebo svalová tkáň včetně vmezeřeného tuku, cév, nervů, vazivových a jiných částí, které jsou v ni obsaženy (Pipek, 1995).

Hovězí maso zaujímá ve výživě lidí celosvětově a dlouhodobě významnou pozici. Až do začátku šedesátých let minulého století bylo nejvíce konzumovaným druhem masa ve světě. V polovině šedesátých let však byla produkce hovězího masa předstížena produkcí masa vepřového a v polovině devadesátých let i produkcí masa drůbežního. Hlavní příčinou jsou velmi rozdílné produkční náklady, způsobené rozdíly v plodnosti zvířat, různých generačních intervalech, technologiích chovu a výkrmu a době potřebné k dosažení porážkové hmotnosti. Ty se následně odrážejí na spotřebitelské ceně hovězího masa (Ingr, 2004).

#### 3.1.1 Svalová tkáň a sval

Svalová tkáň je kontraktilní tkáň zvířat, která má schopnost vykonávat pohyb. Její základní funkce je přeměna energie chemických vazeb na mechanickou práci. Základem svalové tkáně jsou buňky nebo soubuní uspořádané do vyšších strukturálních úrovní. Podle buněčné stavby, vzhledu a způsobu inervace rozdělujeme svalovou tkáň na příčně pruhovanou, neboli kosterní, hladkou a srdeční, která tvoří jediný sval v těle – srdce (Pipek, 1995).

Hladká svalová tkáň se vyskytuje především ve stěně dutých orgánů, cév a ústí žlázových vývodů. Tvoří stěny orgánů trávicího traktu, dýchacího, močového a pohlavního ústrojí. Jejím základem je hladká štíhlá buňka, větvenovitěho tvaru (Ingr, 2003).

Kosterní svalovina, tedy maso v užším slova smyslu, je tvořena svalovým vláknem. To vzniká splynutím velkého počtu buněk, a proto se tento mnohjaderný útvar nazývá také soubuní neboli syncytium. Základní funkcí kosterní svaloviny je zabezpečení pohybu a

žádoucí polohy těla. Přeměna energie na mechanickou práci však probíhá pouze z 30 % a její převážná většina (70 %) se mění v energii tepelnou. Svalstvo je nejvíce rozvinutou orgánovou soustavou těla, dosahující u hospodářských zvířat 30 – 50 % živé hmotnosti. Velikost tohoto podílu je ovlivněna mnoha faktory. Svalovina je tedy také nejvýznamnější složkou masa, hlavní suroviny získávané z jatečných těl (Marvan a kol., 2007).

Sval se skládá ze svalového bříška a svalové šlachy. Svalové bříško, tedy masitá část svalu, se skládá z velkého počtu svalových vláken uspořádaných do snopců. Nejmenší – primární snopce jsou již makroskopicky viditelné a skládají se z 20 – 30 svalových vláken spojených endomysiem. Primární snopce se sdružují ve snopce sekundární a u objemnějších svalů ještě ve snopce terciální případně snopce vyššího řádu. Prostory mezi snopci vyplňuje vnitřní perimysium, které na povrchu zesiluje v epimysium (Marvan a kol., 2007). Perimysium má význam pro křehkost masa, neboť s rostoucí tloušťkou perimysialní tkáně roste hodnota síly ve střihu, zhoršuje se tedy křehkost masa (Pipek, 1995).

### **3.1.2 Chemické složení masa**

Chemické složení masa závisí na tom, zda hodnotíme pouze čistou svalovinu, průměrné maso (včetně mezsvalového tuku a jiných tkání) nebo jatečně upravený kus jako celek. Dále o složení rozhoduje také přítomnost kostí (podíl v hovězím mase činí 16 – 22 %) a podíl tuku (intramuskulární i depotní), jehož množství bývá velice proměnlivé (Kadlec a kol., 2009). Libová svalovina se tedy skládá asi ze 75 % vody a 20 % bílkovin. Velká část ze zbývajících 5 % je tuk a velmi malé množství tvoří sacharidy (hlavně glykogen), volné aminokyseliny, nukleotidy a dipeptidy (Warriss, 2010).

Nejvýznamnější složkou jsou z hlediska nutričního i technologického bílkoviny. Z nutričního hlediska se jedná především o plnohodnotné bílkoviny obsahující všechny esenciální aminokyseliny (Tabulka 1). Z hlediska technologického dělíme bílkoviny v mase do tří skupin podle jejich rozpustnosti ve vodě a solných roztocích, protože rozpustnost bílkovin má zásadní význam pro další zpracování masa. Z tohoto hlediska tedy rozdělujeme bílkoviny na:

- Sarkoplasmatické - rozpustné ve vodě a slabých solných roztocích, patří sem hemová barviva myoglobin a hemoglobin

- Myofibrilární - ve vodě nerozpustné ale rozpustné v solných roztocích, z nichž 90 % tvoří šest bílkovin – myosin, aktin, titin, tropomyosin, troponin a nebulin
- Stromatické – při nízkých teplotách nerozpustné v žádném z uvedených roztoků, vyskytují se především ve vazivech, šlachách, kůži, chrupavkách a kostech a patří sem kolagen, elastin, retikulin a dále keratiny, muciny a mukoidy (Steinhauser a kol., 2000).

Tabulka 1: Aminokyselinové složení čerstvého masa v % z hrubého proteinu (Lawrie a Ledward, 2006)

<b>Amino acid</b>	<b>Category</b>	<b>Beef</b>	<b>Pork</b>	<b>Lamb</b>
Isoleucine	Essential	5.1	4.9	4.8
Leucine	Essential	8.4	7.5	7.4
Lysine	Essential	8.4	7.8	7.6
Methionine	Essential	2.3	2.5	2.3
Cystine	Essential	1.4	1.3	1.3
Phenylalanine	Essential	4.0	4.1	3.9
Threonine	Essential	4.0	5.1	4.9
Tryptophan	Essential	1.1	1.4	1.3
Valine	Essential	5.7	5.0	5.0
Arginine	Essential for infants	6.6	6.4	6.9
Histidine	Essential for infants	2.9	3.2	2.7
Alanine	Non-essential	6.4	6.3	6.3
Aspartic acid	Non-essential	8.8	8.9	8.5
Glutamic acid	Non-essential	14.4	14.5	14.4
Glycine	Non-essential	7.1	6.1	6.7
Proline	Non-essential	5.4	4.6	4.8
Serine	Non-essential	3.8	4.0	3.9
Tyrosine	Non-essential	3.2	3.0	3.2

Více než 99 % všech lipidů v masě tvoří estery mastných kyselin a glycerolu, zbylou část tvoří převážně fosfolipidy a doprovodné látky jako je cholesterol (Lawrie a Ledward, 2006). Z hlediska jakosti je důležitý tuk intramuskulární (IMT), uložený přímo uvnitř svaloviny. Jeho intracelulární podíl, který je rozložen mezi svalovými vlákny ve formě žilek, tvoří takzvané mramorování masa, které výrazně ovlivňuje chuť a křehkost (Steinhauser a kol., 2000).

Další složku masa tvoří extraktivní látky. Jejich obsah v masě je poměrně malý. Vznikají v masě zejména v průběhu posmrtných změn a obvykle se dělí na bezdusíkaté

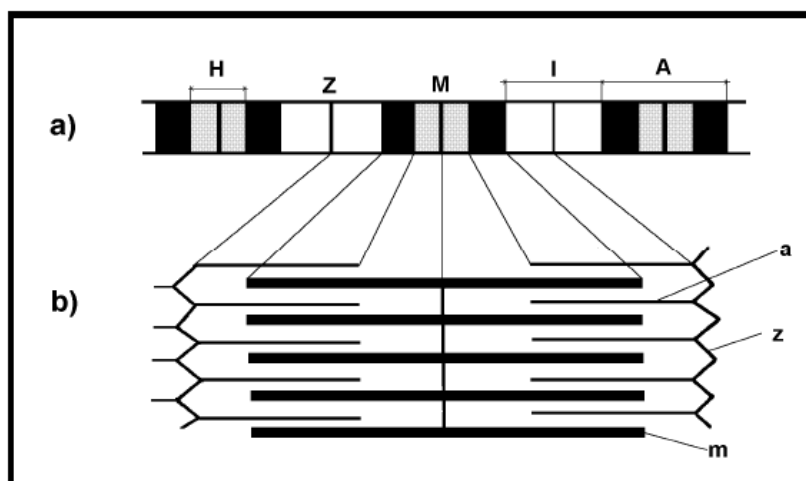
extraktivní látky (sacharidy), organické fosfáty (nukleotidy, nukleové kyseliny) a dusíkaté extraktivní látky (aminokyseliny a některé peptidy). Jedná se chemicky o velmi nesourodou skupinu látek důležitých pro vytvoření typické chuti a aroma (Steinhauser a kol., 2000). Z technologického hlediska je důležitý glykogen. Jeho obsah ve svalu v okamžiku porážky má vliv na okyselení tkáně, což má význam pro údržnost i vaznost masa, a tedy i pro rozsah hmotnostních ztrát. V některých případech dochází k jeho abnormálnímu odbourávání a vzniku vad masa (Pipek a Pour, 1998).

Maso je také důležitým zdrojem vitaminů a minerálních látek. Významný je především vitamin B12, který se vyskytuje výhradně v živočišných tkáních. Lipofilní vitaminy jsou obsaženy v tukové tkáni a játrech. Vitamin C se vyskytuje v zanedbatelném množství, vyšší obsah je pouze v játrech a čerstvé krvi (Pipek, 1995). Obsah vitaminů je podstatně vyšší v drobch než v čisté svalovině. Minerální látky tvoří v mase asi 1 % hmotnosti. Nejvýznamnější je draslík, vápník, hořčík a železo, v hovězím mase navíc zinek a v mase mořských ryb je vysoký obsah jódu (Steinhauser a kol., 2000).

### **3.2 Svalové vlákno**

Základní stavební jednotkou kosterní svaloviny je svalové vlákno. Z cytologického hlediska se jedná o soubuní. Má válcovitý tvar se zaoblenými nebo hrotitými konci, průměr je 10 – 150  $\mu\text{m}$  a délka i několik centimetrů (Pipek, 1995). Tloušťka vláken závisí na druhu, pohlaví, věku, způsobu výkrmu a mechanickém zatěžování. Délka závisí na stavbě svalu (Marvan a kol., 2007). U skotu je průměrná tloušťka vlákna 40 – 70  $\mu\text{m}$  (Pipek, 1995).

Povrch vlákna tvoří cytoplasmatická membrána – sarkolema, která obaluje vnitřní sarkoplasmu. Ta je tvořena sarkoplasmatickými bílkovinami jako je myoalbumin, myoglobin a myogen a kontraktilními vlákny myofibrilami. Myofibrily jsou základní funkční orgány svalového vlákna, jsou tvořeny z myofibrilárních kontraktilních proteinů, aktinu, myosinu, tropomyosinu a troponinu, mají schopnost se smršťovat a svou stavbou způsobují příčné pruhování kosterního svalstva (Steinhauser a kol., 2000). Příčné pruhování je dobře patrné ve světelném mikroskopu a podmiňuje ho pravidelné střídání tenkých a tlustých filament. Tlustá myofilamenta jsou složena z protáhlých molekul myozínu, ze kterých vystupují příčné můstky. Tenká myofilamenta tvoří dvě spirálovitě stočené molekuly aktinu (Marvan a kol., 2007). Struktura myofibrily je znázorněna na obrázku 1.



Obrázek 1: Struktura myofibrily (Pipek a Pour, 1998)

Tmavé úseky jsou anisotropní (A-proužky) a tvoří je tlustá myosinová filamenta, jejich středem probíhá světlejší M-proužek nazývaný mesofragma, světlé úseky jsou isotropní (I-proužky) a tvoří je tenká aktinová filamenta, uprostřed tohoto úseku je dobře patrný tmavý Z-proužek neboli telofragma. V elektronovém mikroskopu je kolem M-proužku ještě patrný světlejší H-proužek. Úsek mezi dvěma Z-proužky se označuje jako sarkomera a představuje základní funkční úsek myofibrily důležitý pro svalovou kontrakci (Steinhauser a kol., 2000).

Vývoj svalové hmoty do značné míry závisí na počtu a velikosti svalových vláken. Tyto vlastnosti svalového vlákna jsou určeny hyperplazií v průběhu prenatalního vývoje a postnatální hypertrofií. Různé studie plodu skotu prokázali, že celkový počet vláken je stanoven na konci druhého trimestru březosti. Velikost vláken se zvyšuje především v průběhu postnatálního života (Picard a kol., 2006). Svalstvo vzniká převážně ze středního zárodečného listu, mezodermy, v procesu zvaném myogeneze. Tvorba svalového vlákna, začíná vřetenovitým protažením myotomů a jejich diferenciací v myoblasty. Ty se v podélném směru štěpí nebo splývají a vytvářejí tak mnohojaderné základy svalových vláken – myotuby. V nich se postupně hromadí myofibrily a tak dochází k odtlačení jader na periferii a vzniku svalového vlákna (Marvan a kol., 2007).

### 3.3 Typy svalových vláken

Kosterní svalstvo je velmi heterogenní tkáň, která se skládá z velkého množství funkčně rozdílných typů vláken. Tyto typy vláken se liší svými molekulárními, metabolickými a strukturními vlastnostmi a tak mohou být seskupeny podle různých parametrů. Toto uspořádání svalových vláken je hlavním faktorem, který ovlivňuje metabolismus energie v kosterních svalech živých zvířat a následně také probíhající posmrtné změny (Choi a Kim, 2009).

Marvan a kol. (2007) rozdělují svalová vlákna podle obsahu myoglobinu na červená a bílá. Červená svalová vlákna jsou oproti bílým tenká, obsahují hodně mitochondrií a myoglobinu a mají méně myofibril. Smršťují se pomaleji a jsou vytrvalejší. K tomuto tradičnímu rozlišení sloužilo histochemické barvení pomocí sudanové černě B (Karlsson a kol., 1999). Reece (2011) rozeznává ještě vlákna přechodná, která svými vlastnostmi stojí mezi vlákny červenými a bílými. Ke stanovení těchto tří typů vláken použil Gauthier (1969) histochemickou reakci založenou na stanovení aerobní oxidační kapacity, pomocí enzymu sukcinát dehydrogenázy (SDH). Princip této metody je založen na rozdílném obsahu mitochondrií u jednotlivých typů vláken (Klont a kol., 1998).

Brooke a Kaiser (1970) rozdělili svalová vlákna na tři typy: I, IIA a IIB na základě rozdílné aktivity enzymu myozinové adenosin trifosfatázy (ATPázy). Vlákna typu I mají nižší aktivitu ATPázy, jsou červená s pomalou kontrakcí, mají nejmenší průměr, více myoglobinu, mitochondrií, krevních kapilár a lipidů a obsahují méně glykogenu. Mají oxidativní metabolismus a jsou nejvíce odolná proti vyčerpání. Vlákna typu IIA a IIB mají vyšší aktivitu ATPázy. Typ vláken IIB, bílá s rychlou kontrakcí, mají zcela opačné vlastnosti než vlákna typu I. Typ IIA tvoří přechod mezi typem I a IIB. Stejně jako typ I mají více mitochondrií a myoglobinu a oproti vláknům IIB jsou pomalejší (Choi a Kim, 2009). Eggert a kol. (2002) rozlišili ještě další typ vláken v rámci vláken IIB – vlákna IIX. Tato vlákna tvoří téměř polovinu vláken původně klasifikovaných jako IIB. Rozdílná je rychlost kontrakce jednotlivých vláken. Ta je prioritně určena aktivitou enzymu myozinové ATPázy a zvyšuje se v pořadí  $I < IIA < IIX < IIB$  (Kameník a Pospiech, 2014). Kim a kol. (2014) ještě popisují tři hybridní formy výše popsaných vláken, a to I/IIA, IIA/IIX a IIX/IIB.

Ashmore a Doerr (1971) určili, kombinací barvení pomocí SDH a barvení pomocí rozdílné aktivity ATPázy, tři typy svalových vláken:  $\beta$ R - ATPáza v kyselém prostředí stabilní a oxidativní,  $\alpha$ R - ATPáza v kyselém prostředí labilní a oxidativní,  $\alpha$ W - ATPáza labilní a glykolytické. Kombinací barvení pomocí rozdílné aktivity ATPázy a barvení pomocí oxidativního enzymu NADH-TR (nikotinamid adenin dinukleotid-tetrazolium reduktáza) určili Peter a kol. (1972) tři typy svalových vláken: SO - oxidativní vlákno s pomalým stahem, FOG - oxidativně glykolytické vlákno s rychlým stahem, FG - glykolytické vlákno s rychlým stahem.

Červená oxidativní vlákna s pomalým stahem tedy označujeme jako typ I,  $\beta$ R a SO. Bílá glykolytická vlákna s rychlým stahem jako typ IIB,  $\alpha$ W a FG, a rychlá oxidativně glykolytická přechodná vlákna jako IIA,  $\alpha$ R a FOG.

### **3.4 Faktory ovlivňující velikost, počet a zastoupení svalových vláken**

Různorodost svalů se odvíjí od zastoupení jednotlivých typů svalových vláken a jejich vzájemných podílů. Mnohem větší rozdíly se vyskytují mezi jednotlivými anatomickými svaly jedince, než mezi identickými svaly různých plemen. Obecně lze konstatovat, že podle umístění svalu v těle a jeho funkce se dá předpokládat zastoupení a podíl jednotlivých svalových vláken (Kameník a Pospiech, 2014). Kromě toho existuje mnoho faktorů, které ovlivňují rozdíly v rámci jednotlivých svalů (Choi a Kim, 2009).

Jedním z nejvýznamnějších faktorů, které působí na charakteristiky svalových vláken v rámci druhu je plemeno, tzn. genetické faktory. Obecně platí, že volně žijící zvířata mají ve svalech více oxidativních vláken typu I a menší plochu řezu vláken než domestikovaná zvířata (Lefaucheur, 2010). Šlechtění zvířat na vysokou rychlost růstu a vyšší podíl libové svaloviny tak posunulo metabolismus svalu od červeného oxidativního typu směrem k bílému glykolytickému typu vláken (Joo a kol., 2013). Charakteristiky svalových vláken také může ovlivňovat přítomnost některých genů, jako je mutace genu myostatinu, který působí zvýšení počtu svalových vláken ve svalech skotu (Lefaucher, 2010).

Existují studie, které uvádí rozdíly mezi pohlavím vzhledem k charakteristikám svalových vláken. Rozdíly v počtu a velikosti vláken, jsou v první řadě pod kontrolou pohlavních hormonů. Tyto rozdíly vznikají, pokud je v období prenatální tvorby vláken dostatečně velký rozdíl v obsahu androgenních hormonů (Choi a Kim, 2009). Obecně platí, že

zvířata samičího pohlaví mají silnější vlákna oproti samcům a to bez rozdílu v procentuálním zastoupení jednotlivých typů vláken (Kameník a Pospiech, 2014). Yoshioka a kol. (2007) dále uvádí, že léčba testosteronem v pozdějším postnatálním období může stimulovat svalovou hypertrofií.

Typy svalových vláken také značně ovlivňují hormony štítné žlázy. Hypotyreóza způsobuje přechod rychlých vláken typu IIB k pomalým vláknům typu I, oproti tomu hypertyreóza způsobuje přechod v opačném směru (Ianuzzo a kol., 1977). Nízká hladina hormonů štítné žlázy také zpomaluje nebo inhibuje postnatální přeměnu červených vláken ve vlákna bílá, vysoká hladina tento proces urychluje (Adams a kol., 1999).

Ashmore a kol. (1972) uvádí, že se u narozených zvířat vyskytují dva typy svalových vláken. Na základě jejich myozin ATPázové aktivity je rozlišujeme na typ  $\alpha$  typ  $\beta$ . Oba typy jsou zpočátku červená oxidativní vlákna, typ  $\alpha$  se však může transformovat ve vlákna bílá.

Brandstetter a kol. (1998) studovali charakteristiky svalových vláken u rostoucích býků plemene montbeliard. Podíl vláken ve svalu *longissimus dorsi* (LD) se nejprve mezi 4. a 8. měsícem změnil ve prospěch vláken typu IIB. Dále se však v období do 12. a 16. měsíce opět zvyšoval podíl vláken typu I. Zatímco podíl vláken typu IIB se mezi těmito měsíci výrazně snížil. Stejně tak jako podíl jednotlivých typů svalových vláken se měnil i procentuální podíl jejich plochy.

Vlastní počet svalových vláken je u skotu stanoven při narození. Postnatální vývoj je tedy způsoben především změnou (zvětšením) velikosti svalových vláken (Picard a kol., 2006). Obecně platí, že postnatální přechody vláken probíhají směrem od oxidativního typu k typu glykolytickému (Schiaffino a kol., 1990). Jurie a kol. (1995) uvádí, že u skotu podíl vláken typu I zůstává relativně konstantní, zatímco posun podílu typu IIA k více glykolytickému typu IIB je v poporodní diferenciaci vláken velmi významný.

Na vývoj svalových vláken v prenatalním období může mít také vliv výživa matky. Te Pas a kol. (2004) ve své práci uvádějí, že podvýživa během prenatalního vývoje vede k nižšímu počtu svalových vláken.

Významné rozdíly v zastoupení vláken se vyskytují mezi jednotlivými anatomickými svaly jedince. Podle umístění svalu v těle a jeho funkce lze předpokládat zastoupení jednotlivých typů vláken. Tam, kde je požadována vytrvalost nalézáme více vláken typu I. Jejich vysoký podíl mají dýchací svaly, zejména bránice a také svaly žvýkací. Naopak vlákna



typu IIX a IIB jsou velmi rychlá a vhodná pro okamžitý intenzivní svalový výkon (Kameník a Pospiech, 2014).

Ve svalech *longissimus dorsi* a *semimembranosus* skotu je vysoký podíl vláken typu IIB (Hwang a kol., 2010 a Ozawa a kol., 2000), zatímco vysoký podíl vláken typu I se nachází ve svalech *psaos major*, *biceps brachii* a *brachialis* (Kirchofer a kol., 2002). Obecně platí, že hluboké svaly podílející se na udržování pozice těla jsou více oxidativní a obsahují tedy více vláken typu I. Oproti tomu svaly umístěné více na povrchu, které jsou využívány k rychlým pohybům, obsahují více vláken IIB (Joo a kol., 2013).

Dále podle Rosser a kol. (1992) mají v rámci svalu vnitřní oblasti vyšší podíl vláken typu I a vyšší oxidační kapacitu než oblasti periferní.

Svalová vlákna jsou dynamické struktury, které vykazují vysokou plasticitu s posunem po následující dráze: I ↔ IIA ↔ IIB. Zastoupení jednotlivých typů vláken lze také měnit fyzickým tréninkem, v závislosti na jeho typu a délce trvání. Při tréninku zaměřeném na vytrvalost dochází k přechodu vláken od typu IIB k vláknům typu IIA a typu I (Joo a kol., 2013).

### **3.5 Vliv složení svalových vláken na kvalitu masa**

Kvalita masa se dá hodnotit různými charakteristikami. Lze ji definovat jako součet nutričních, sensorických, technologických a hygienicko-toxických vlastností (Steinhauser a kol., 1995) V případě výsekového masa je prioritní uspokojit požadavky spotřebitele. Z tohoto pohledu Joo a Kim (2011) specifikují kvalitu masa následujícími parametry:

- vzhled masa – AQT (z anglického appearance quality traits)
- kulinární vlastnosti – EQT (eating quality traits)
- vlastnosti určující důvěru zákazníka – RQT (reliance quality traits)

Vzhled masa je určen jeho barvou, množstvím a rozložením tuku, barvou tuku, množstvím uvolněné vody na povrchu masa a jeho strukturou (Becker, 2000). Tyto vlastnosti výrazně ovlivňují výběr spotřebitele při nákupu masa. Skutečnou kvalitu však spotřebitel určuje až na základě kulinárních vlastností, tedy v okamžiku konzumace masa. V případě hovězího masa je velmi důležitou kulinární vlastností především křehkost, dále šťavnatost, chutnost a žvýkatelnost (Acebron a Dopico, 2000). Mezi vlastnosti, které určují důvěru

zákazníka, patří zdravotní nezávadnost, výživová hodnota, původ potravin, welfare zvířat, značka nebo také cena (Troy a Kerry, 2010).

Vzhled masa určuje především jeho barva. Je prvním faktorem, který ovlivňuje spotřebitele při výběru masa. Barva masa je závislá na mnoha faktorech, jako je například druh zvířete, věk nebo masná partie. Barevné rozdíly jsou způsobeny různým obsahem myoglobinu. Vyšší koncentraci myoglobinu mají vlákna typu I, to je dáno jeho funkcí jako média pro zásobení svalu kyslíkem. Změna barvy masa při skladování tedy dříve postihuje svaly s převahou červených vláken typu I, v důsledku rychlejší spotřeby kyslíku (Joo a kol., 2013).

Dalším důležitým znakem je uvolňování šťávy, které souvisí s vazností masa. Schopnost masa vázat vodu je nejnižší při hodnotě pH 5,0. To je také průměrná hodnota izoelektrického bodu myofibrilárních bílkovin. Rychlý pokles hodnot pH a tedy i vyšší ztrátu odkapem vykazují svaly s vyšším podílem vláken typu IIB (Kameník a Pospiech, 2014). To je problém obzvláště vepřového masa, které ve srovnání s hovězím nebo jehněčím masem obsahuje větší podíl svalových vláken typu IIB. Uvolněná voda na povrchu masa také odráží světlo a způsobuje tak světlejší barvu masa (Joo a kol., 2013).

Textura masa je přímo ovlivněna objemem svalových vláken a množstvím pojivové tkáně. Velké svalové svazky jsou odpovědné za hrubou strukturu na příčném řezu masa, tu ještě zvyšuje zesílení pojivových tkání. Důležitý je rovněž obsah intramuskulárního tuku, který má vliv na chuť, šťavnatost a křehkost masa. Jeho obsah pozitivně koreluje s podílem červených svalových vláken, naopak záporně s množstvím vláken bílých (Joo a kol., 2013). Křehkost masa, která je u hovězího masa považována za nejvýznamnější vlastnost, je pozitivně ovlivněna zastoupením tenčích vláken a vláken typu I. Naopak vysoký obsah vláken IIB a silnější vlákna jsou spojována s tužším masem (Renand a kol., 2001). Oproti tomu Berri a kol. (2007) uvádí ve své studii, že v prsních svalech brojlerových kuřat měla silnější vlákna ke křehkosti masa pozitivní vztah.

## **3.6 Plemena skotu**

Tato část literární rešerše je zaměřena na plemena skotu, která jsou předmětem hodnocení předložené práce.

### **3.6.1 Aberdeen angus**

Plemeno Aberdeen angus patří k nejrozšířenějším masným plemenům na světě (Zahrádková a kol., 2009). Vzniklo na počátku 19. století na severovýchodě Skotska. Jeho záměrné šlechtění však započalo již na počátku osmnáctého století. O rozvoj plemene se nejvíce zasloužili chovatelé Hugh Watson, William McCombie a George Macpherson Grant. Plemenná kniha vznikla v roce 1862. (Aberdeen-Angus Cattle Society, 2014).

Aberdeen angus je masným plemenem malého až středního tělesného rámce s plášťově černým nebo červeným zbarvením (red angus). Zvířata mají hluboké tělo, krátké končetiny, trup je válcovitý a má obdélníkový tvar. Mezi hrudními končetinami zřetelně vystupuje hrudní kost. Hlava je malá a bezrohá. Bezrohost je dominantně dědičná (Sambraus, 2006). Hlavní předností plemene je snadné telení, životaschopnost narozených telat, vynikající mateřské vlastnosti, bezrohost, výborná plodnost a pastevní schopnost, dlouhověkost a odolnost vůči nepříznivým klimatickým podmínkám. Jatečná zvířata dosahují při nízkém podílu kostí vysokou jatečnou výtěžnost (až 60%). Kvalita masa je na vysoké úrovni. Maso se vyznačuje jemným mramorováním, křehkostí, šťavnatostí a specifickou chutí (Zahrádková a kol., 2009). Vzhledem k ranosti plemene se od hmotnosti 350 kg projevuje tendence k intenzivnějšímu ukládání tuku. Plemeno aberdeen angus bylo prvním masným plemenem v České Republice, u kterého se podařilo realizovat prodej masa pod ochranou obchodní známkou „Český angus“ (Kvapilík a kol., 2006).

### **3.6.2 Gasconne**

Současná podoba plemene vznikla na základě původní populace skotu chovaného v Gaskoňsku, krajině jižní Francie rozprostírající se od Středních Pyrenejí až do Garonské pánve. Původně bylo využíváno jako skot s trojstrannou užitkovostí, k tahu především v lesním hospodářství. Plemenná kniha byla založena v roce 1894 (Zahrádková a kol., 2009). V posledních 35 letech se intenzivně šlechtí na produkci masa v nepříznivých klimatických a přírodních podmínkách (Kvapilík a kol., 2006)

Plemeno je středního tělesného rámce s průměrnými hmotnostmi v dospělosti 660 kg u krav a 1000 kg u býků. Zvířata mají pláštěově světle šedou až stříbrnou srst, přičemž telata se rodí v barvě bílé kávy a během prvního půl roku života přebarvují. Černé sliznice poskytují zvířatům toleranci k slunečnímu záření a zabraňují přenosu infekčního zánětu spojivek (Zahrádková a kol., 2009). Pro krávy jsou charakteristické výborné mateřské vlastnosti, dobrá plodnost, bezproblémové porody, dobrá mléčnost a vysoká vitalita telat. Z dobré konstituce a odolnosti krav vyplývá i možnost jejich dlouhodobého využití v chovu (Kvapilík a kol., 2006). Velmi tvrdé podmínky oblasti původu daly plemeni vlastnosti, jako je odolnost vůči extrémnímu klimatu a změnám ve výživě, schopnost pást se i na chudé vegetaci na strmých svazích hor, dobré končetiny umožňují zvířatům překonávat velké vzdálenosti nepříznivým terénem (Zahrádková a kol., 2009). Zvířata vykazují velmi dobrou růstovou schopnost a jakost masa. Býky lze vykrmovat do hmotnosti kolem 600 kg bez nebezpečí většího ukládání tuku, a to při poměrně příznivé spotřebě jadrných krmiv. Kvalita masa odpovídá náročným kulinářským požadavkům francouzské kuchyně (Kvapilík a kol., 2006). Což dosvědčuje přidělení ochranné obchodní známky „*label rouge*“ v roce 1997 jako prvnímu rustikálnímu plemeni. Plemeno se s úspěchem využívá i v křížení, a to v mateřské i otcovské pozici, bez zvýšení obtížnosti telení a s velmi dobrým osvalením potomstva. První dovoz do ČR byl realizován v roce 1994 (Zahrádková a kol., 2009).

### 3.6.3 Český strakatý skot

Český strakatý skot patří do skupiny plemen horského strakatého skotu. Zemí původu pro plemena této skupiny je Švýcarsko, kde vznikl na úrodných pastvinách původní simentálský a bernský skot. V minulosti byl tento skot ve značné míře vyvážen do sousedních zemí, ve kterých vznikla plemena, která svůj původ od simentálského skotu odvozují. Podstatný vliv na chov skotu v ČR měl bernský skot, dovezený na začátku druhé poloviny 19. století na velkostatek v Napajedlích. Byl využíván ke křížení v oblasti Hané, kde vzniklo plemeno pojmenované jako bernskohanácké. Ve 30. letech začalo na základě zdůvodnění a doporučení prof. Taufera docházet k postupné unifikaci plemen a rázů skotu na celém území, pod názvem červenostrakatý skot. Po druhé světové válce prochází plemeno typologickou přestavbou z trojstranné na dvoustrannou užitkovost. V 60. letech se začalo uplatňovat zušlechťovací křížení ayrshirským skotem a následně red-holštýnem s cílem zvýšení produkčních schopností, mléčné užitkovosti a tělesného rámce. České strakaté plemeno získalo svůj současný název v roce 1967 (Hofírek a kol., 2009).

Plemeno je středního až většího tělesného rámce se silnými kostmi a dobrým osvalením. Zbarvení je strakaté, případně plášťové jen s malým množstvím bílých odznaků. Barva kolísá od světle žluté až k tmavě červené. Hlava je dominantně bílá, mnohdy s odznaky. Spodní část končetin je převážně bílá. Zvířata jsou rohatá (Sambraus, 2006). Plemeno je kombinovaného užitkového typu s užitkovostí mléko a maso v poměru 60 : 40. Mléčná užitkovost krav je 6 – 7000 kg mléka za normovanou laktaci, s vysokým obsahem tuku a bílkovin. Masná užitkovost je limitována schopností výkrmu mladých zvířat do vysokých porážkových hmotností. Přírůstky mladých býků by měli dosahovat více jak 1300 g denně. Jatečná výtěžnost více než 60 %, s podílem masa přes 70 %. Jako přednosti tohoto plemene jsou zdůrazňovány zdraví, plodnost, dlouhověkost, přizpůsobivost, schopnost přijímat velké množství objemných krmiv, perzistence laktace a hospodárnost produkce. Plemeno se také využívá ke křížení s masnými plemeny (Bouška a kol., 2006).

#### **3.6.4 Holštýnský skot**

Holštýnský skot je světově nejrozšířenější dojené plemeno skotu. Svůj původ odvozuje z populace černostrakatého skotu severozápadní Evropy, chovaného původně od Fríska, přes Šlesvicko-Holštýnsko až po Jutsko. V průběhu minulého století bylo intenzivně šlechtěno v podmínkách Severní Ameriky na funkční mléčný užitkový typ většího tělesného rámce. Vzniklo tak plemeno, které nemá konkurenci v produkci mléka, a zpětně, zejména cestou plemeníků, ovlivňuje původní populace černostrakatého skotu na celém světě (Bouška a kol., 2006).

Plemeno je charakteristické černostrakatým zbarvením s černou hlavou, která má většinou bílou hvězdu nebo lysinu. Část zvířat je nositeli recesivní alely, která dává zvířatům s homozygotně recesivním založením červenostrakaté zbarvení. Pro tato zvířata se vžil označení red holštýnský skot (Hofírek a kol., 2009). Zvířata jsou velkého tělesného rámce s vyvinutým středotrupím, zajišťujícím předpoklad konzumace velkého množství krmiva. Při hodnocení zevnějšku je kladen velký důraz na funkční utváření zádě, končetin a vemene krav. Krávy holštýnského plemene produkují v laktaci velké množství mléka. Rekordy v nejvyšší produkci mléka jsou evidovány právě u tohoto plemene. Nejvyšší denní produkce mléka na vrcholu laktace dosahuje u prvotelek 30 – 50 kg a u krav na dalších laktacích 50 – 80 i více kg mléka (Bouška a kol., 2006). V České Republice dosáhla v kontrolním roce 2012/2013 průměrná užitkovost černostrakaté holštýnské populace 9330 kg, při tučnosti 3,74 % a obsahu bílkovin 3,31 % (Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR, 2013). Masná užitkovost

holštýnského skotu je ve srovnání s plemeny kombinovaného zaměření poněkud horší. Růstová intenzita mladého skotu je stejná, horší je však podíl kvalitních částí jatečně opracovaného těla a jatečná výtěžnost (Bouška a kol., 2006).

## 4 Materiál a metodika

Do experimentu bylo zařazeno celkem 40 býků čtyř plemen skotu (10 kusů od každého plemene). Masný užitkový typ byl zastoupen plemeny aberdeen angus (AA) a gasconne (GS), kombinovaný užitkový typ plemenem české strakaté (C) a mléčný užitkový typ holštýnským plemenem (H). Býci byli vykrmováni v experimentální stáji Výzkumného ústavu živočišné výroby (VÚŽV) v Praze-Uhřetěvsi. Do výkrmu byla zvířata zastavena v průměrném věku 239 dnů a ustájena ve volných kotcových boxech s přistýlaným ložem po deseti kusech v jednom oddílu. Předkládaná byla identická krmná dávka *ad libitum* složená z kukuřičné siláže, vojtěškové senáže, vojtěškového sena a jadrné směsi. Experimentální stáj VÚŽV je vybavena automatickými krmnými žlaby Insentec (Marknesse), které umožňují přesnou evidenci denního příjmu krmné dávky každého zvířete. Intenzita růstu byla zjišťována vážením v pravidelných čtrnáctidenních intervalech. Při dosažení plánovaného věku 17 měsíců a průměrné živé hmotnosti  $657 \pm 32,7$  kg následovala porážka zvířat na 2 km vzdálených experimentálních jatkách VÚŽV. V rámci jednoho porážkového dne (z celkem 10) byl poražen vždy jeden jedinec každého plemene s nejvyšší dosaženou živou hmotností. Základní parametry výkrmu pro jednotlivá plemena jsou uvedena v tabulce 2.

Tabulka 2: Základní charakteristiky vykrmovaných zvířat

	<b>AA</b>	<b>GS</b>	<b>H</b>	<b>C</b>
Věk při zástavu (dny)	228	259	235	235
Hmotnost při zástavu (kg)	327,1	302,1	287,6	247,2
Hmotnost při porážce (kg)	676,2	670,7	655,6	626,7
Příjem krmiva za den (kg)	19,18 <sup>A</sup>	17,39 <sup>B</sup>	20,05 <sup>A</sup>	17,45 <sup>B</sup>
Spotřeba krmiva na tvorbu 1 kg přírůstku (kg)	15,69 <sup>A</sup>	13,17 <sup>B</sup>	15,20	13,11
Přírůstek ve výkrmu (kg/den)	1,262	1,325	1,323	1,342
Přírůstek za život (kg/den)	1,219	1,165	1,214	1,206
<b>Netto přírůstek (kg/den)</b>	<b>0,723</b>	<b>0,743</b>	<b>0,674</b>	<b>0,711</b>

V průběhu porážky proběhl jatečný rozbor, během kterého byla zjišťována hmotnost jatečně upraveného těla (JUT), jatečných půlek, jatečných lojů a jatečná těla byla zařazena vyškoleným klasifikátorem do třídy jakosti SEUROP s využitím podtříd.

Do jedné hodiny po porážce byly z pravé jatečné půlky odebrány vzorky svalů *longissimus lumborum* (obrázek 2), *semitendinosus* (obrázek 3), *biceps femoris* (obrázek 4) a *psoas major* (obrázek 5).



Obrázek 2: Hovězí nízký roštěnec (1 - *musculus rhomboideus*, 2 - *musculus longissimus thoracis et lumborum*; Kameník a kol., 2014)



Obrázek 3: Váleček – *musculuc semitendinosus* (Kameník a kol., 2014)





Obrázek 4: Spodní šál - *musculus biceps femoris* (1 - *m. biceps femoris*, 2 - *m. gluteus superficialis*; Kameník a kol., 2014)



Obrázek 5: Hovězí svíčková (1 – *musculus iliacus*, 2 - *musculus psoas major*; Kameník a kol., 2014)

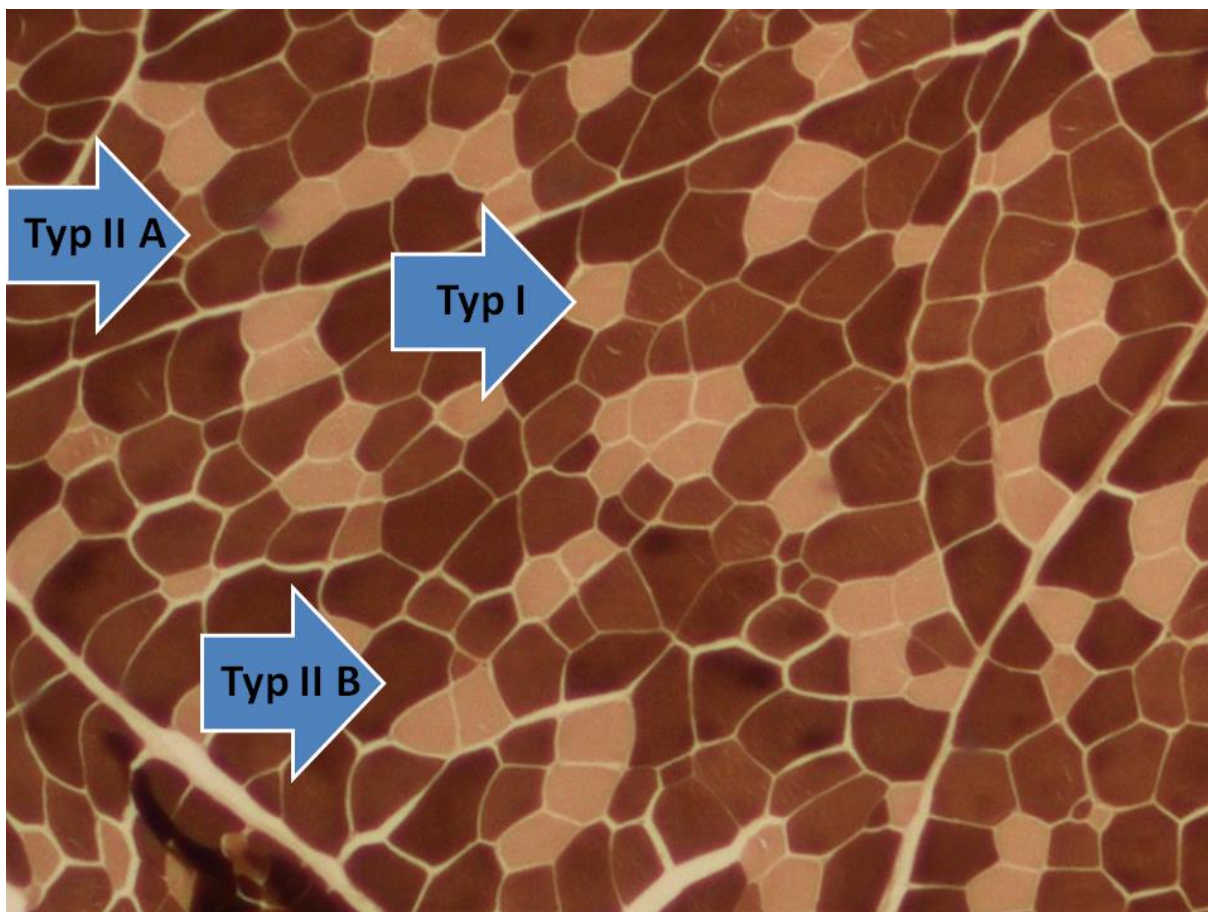
Od každého svalu byl odebrán hranol o přibližné velikosti 20 x 10 x 10 mm z jeho centrální části, s výjimkou svalu *psoas major*, u něhož byla odebrána kraniální partie. Získané vzorky byly označeny a převezeny do laboratoře analýzy masa ve VÚŽV, kde byly následně zamraženy ponořením do isopentanu (2-Methylbutan) zchlazeného kapalným dusíkem a vloženy do zkumavky, ve které byly uchovávány až do doby další analýzy při teplotě -80°C.

Po převezení do laboratoře Katedry speciální zootechniky FAPPZ ČZU v Praze byly vzorky nakrájeny napříč svalovými vlákny na plátky silné 10  $\mu\text{m}$ . Krájení probíhalo při teplotě  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  na kryostatu CM1850 (Leica Biosystems). Řezy svalů byly fixovány na podložním sklíčku (obrázek 6).



**Obrázek 6: Fixace řezů na podložním sklíčku**

K identifikaci typů svalových vláken byla použita metoda klasifikace dle Brooke a Kaiser (1970). Svalová vlákna na základě působení ATPázy byla klasifikována jako typ I, typ IIA a typ IIB. Poté byl vytvořen trvalý histologický preparát. Jelikož byl uplatněn způsob barvení preparátů zásaditou cestou, jsou svalová vlákna zbarvená opačně než je tomu ve skutečnosti (červená pomalá oxidativní vlákna - typ I se zbarvují bíle, zatímco rychlá glykolytická vlákna – typ IIB je na preparátech zbarven nejtmavším odstínem).

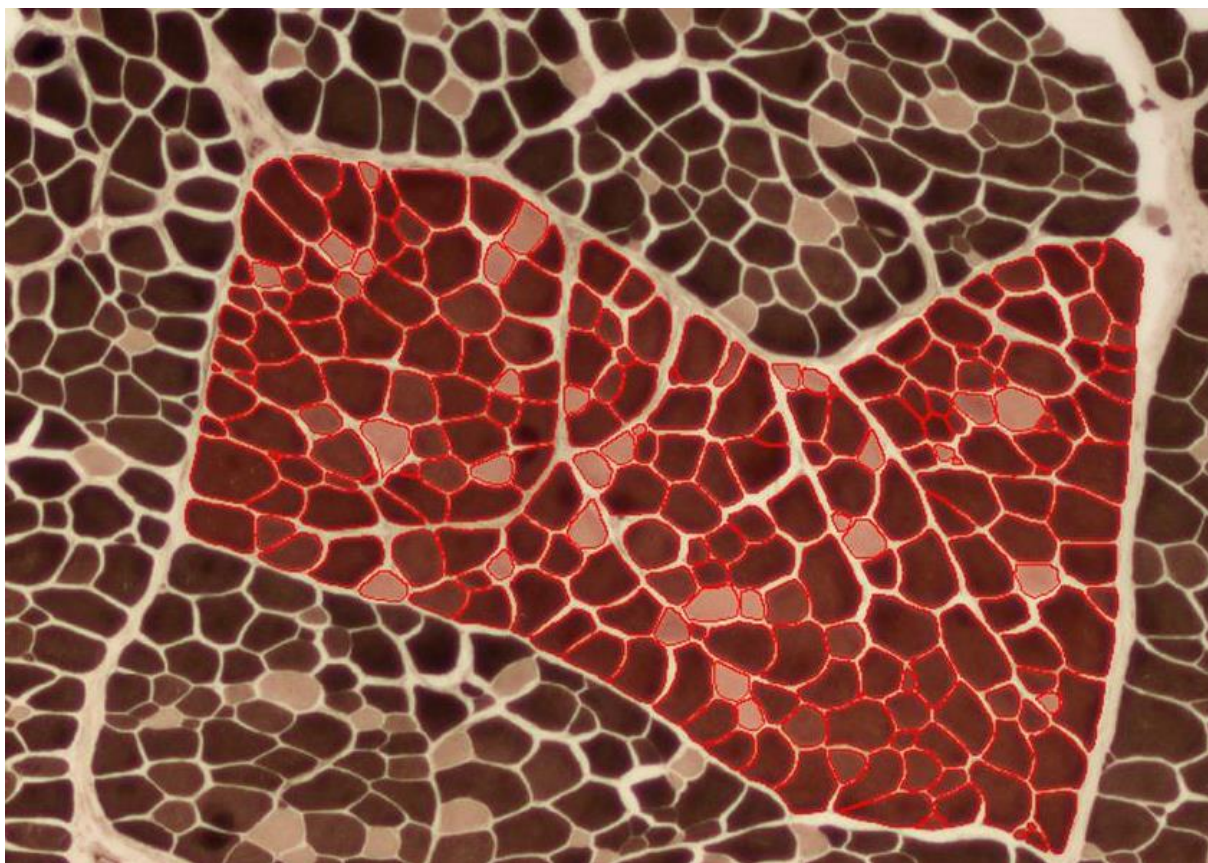


Obrázek 7: Klasifikace svalových vláken

Snímky preparátů (Obrázek 7) byly získány pomocí optického mikroskopu s fotoaparátem (CAMEDIA-5060, OLYMPUS) a následně vyhodnoceny pomocí programu obrazové analýzy NIS – Elements AR 3.2 (Laboratory Imaging s.r.o.). U každého hodnoceného svalu bylo hodnoceno minimálně 600 vláken, které byly získány ze svalových snopců pocházejících z třech různých řezů (obrázek 8).

Ze získaných dat byly získány následující ukazatele:

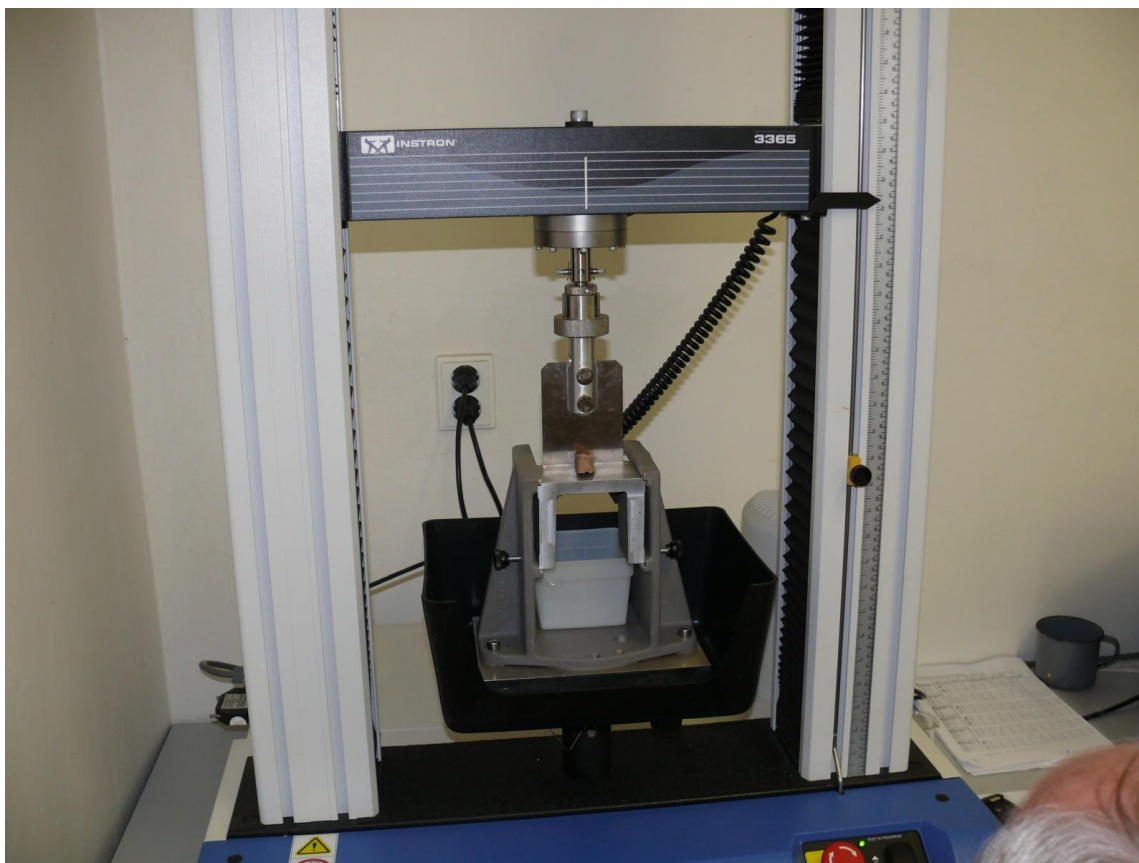
- Průměrná plocha řezu svalových vláken v  $\mu\text{m}^2$  bez rozlišení typů
- Průměrná plocha řezu svalových vláken v  $\mu\text{m}^2$  typu I
- Průměrná plocha řezu svalových vláken v  $\mu\text{m}^2$  typu IIA
- Průměrná plocha řezu svalových vláken v  $\mu\text{m}^2$  typu IIB
- Podíl plochy jednotlivých typů svalových vláken v %
- Podíl počtu jednotlivých typů svalových vláken v %



Obrázek 8: Hodnocena byla barevně obkreslená vlákna ve svalovém svazku

### **Měření síly stříhu WB**

Vzorky pro hodnocení síly stříhu byly odebrány 24 hodin po porážce ze zchlazeného jatečného těla v průběhu technologického rozboru pravé půlky. Maso bylo odebráno u každého svalu ze shodného místa, jako je uvedeno u odběru vzorků pro histochemickou analýzu svalových vláken. Bezprostředně po té byly vzorky převezeny do laboratoře VÚŽV, ve které proběhlo měření síly stříhu na přístroji Instron Universal Texture Analyzer 3365 využitím Warner-Bratzlerova (WB) nože (obrázek 9). Hranol masa o rozměrech přibližně 20 x 10 x 10 mm byl stříhán napříč svalovými vlákny. Výsledná hodnota síly nutná k průchodu nože napříč vzorkem byla vypočtena jako průměrná hodnota minimálně 8 stříhů.



Obrázek 9: Měření síly stříhu WB na přístroji Instron 3365

### Statistická analýza

Zpracování shromážděných dat bylo realizováno prostřednictvím statistického balíku SAS 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA). Normalita souboru byla testována Kolmogorov-Smirnovovým testem (procedura UNIVARIATE) a rovněž byl proveden test shody rozptylů (procedura GLM). Data byla následně analyzována prostřednictvím smíšeného lineárního modelu s využitím metody REML (procedura MIXED) Pro vyhodnocení rozdílů mezi jednotlivými svaly byla použita rovnice s pevným efektem svalu a náhodným efektem jedince, zatímco pro vyhodnocení efektu plemenné příslušnosti byla použita modelová rovnice pouze s pevným efektem plemene. Vyhodnocení statistické významnosti rozdílů mezi jednotlivými skupinami bylo provedeno Tukeyho testem. Data v tabulkách (3, 4, 5, 6 a 7) jsou vyjadřovány jako nejmenší průměrné čtverce (LSM) s příslušnou standardní chybou (SEM). Pearsonovy korelační koeficienty (procedura CORR) byly kalkulovány pro vyhodnocení vztahů mezi histochemickou charakteristikou svalových vláken a silou stříhu WB (tab. 8).

Modelová rovnice uplatněná při odhadu efektu svalů na charakteristiku svalových vláken:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + J_j + e_{ij},$$

kde:

$Y_i$  = sledovaný ukazatel

$\mu$  = průměrná hodnota

$S_i$  = pevný efekt svalů ( $i = 1$  až 4)

$J_j$  = náhodný efekt jedince ( $i = 1$  až 37)

$e_{ij}$  = reziduální chyba

Rovnice uplatněná při odhadu efektu plemenné příslušnosti:

$$Y_i = \mu + P_i + e_i,$$

kde:

$Y_i$  = sledovaný ukazatel

$\mu$  = průměrná hodnota

$P_i$  = pevný efekt plemene ( $i = 1$  až 4)

$e_i$  = reziduální chyba

Jelikož v průběhu výkrmového experimentu došlo k úhynu jednoho holštýnského býka a u dvou býků (plemen české strakaté a holštýnské) se nepodařilo správně odebrat, zmrazit a následně analyzovat vzorky masa pro hodnocení svalových vláken, jsou výsledky publikované v tabulkách (3 – 8) získány od 37 býků (AA 10, GS 10, H 8, C 9 jedinců).

## 5 Výsledky

V práci jsou v první části hodnoceny charakteristiky svalových vláken dle jednotlivých masných partií bez ohledu na plemeno a dále je posuzován vliv plemenné příslušnosti na utváření svalových vláken u jednotlivých svalů. Poslední část je věnována vztahu mezi histochemickou charakteristikou vláken a texturními vlastnosti masa.

### 5.1 Porovnání histochemických charakteristik svalových vláken mezi jednotlivými svaly

Stanovení průměrné plochy řezu svalových vláken, podílu jednotlivých typů vláken z celkového počtu a podílu plochy jednotlivých typů svalových vláken bylo provedeno ve svalech *longissimus lumborum* (MLL), *semitendinosus* (SET), *biceps femoris* (BIF) a *psoas major* (PM). Výsledky jsou uvedeny v tabulce 3.

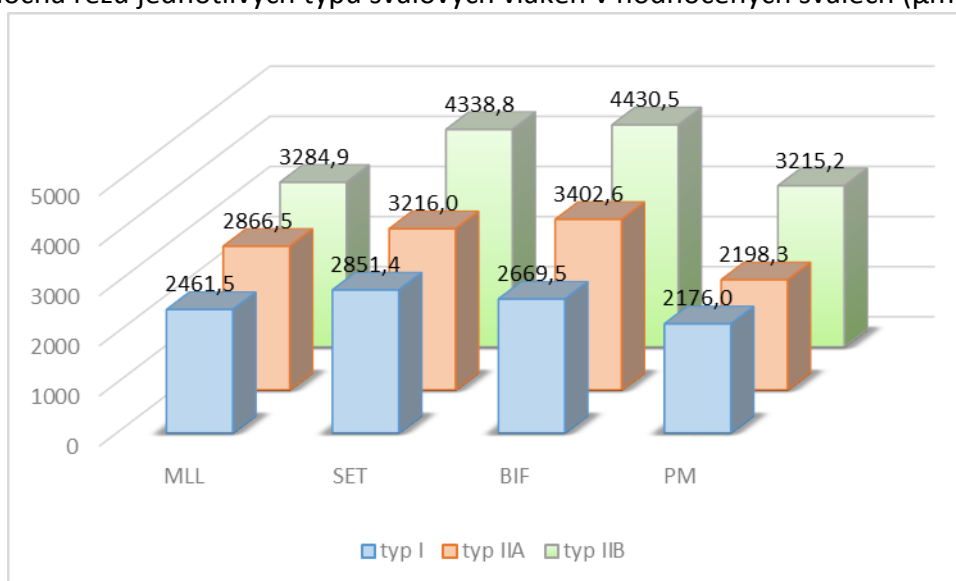
Tabulka 3: Charakteristika svalových vláken v hodnocených svalech bez ohledu na plemeno

	Sval				SEM	P-value
	MLL (n=37) LSM	SET (n=37) LSM	BIF (n=37) LSM	PM (n=37) LSM		
<b>Průměrná plocha vláken</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	3019,7 <sup>A</sup>	3750,5 <sup>B</sup>	3679,4 <sup>B</sup>	2732,0 <sup>C</sup>	101,29	<0,0001
<b>Plocha vláken typ I</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	2461,5 <sup>A</sup>	2851,4 <sup>B</sup>	2669,5 <sup>AB</sup>	2176,0 <sup>C</sup>	92,04	<0,0001
<b>Plocha vláken typ IIA</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	2866,5 <sup>A</sup>	3216,0 <sup>B</sup>	3402,6 <sup>B</sup>	2198,3 <sup>C</sup>	130,98	<0,0001
<b>Plocha vláken typ IIB</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	3284,9 <sup>A</sup>	4338,8 <sup>B</sup>	4430,5 <sup>B</sup>	3215,2 <sup>A</sup>	125,88	<0,0001
<b>Typ I</b> (% z celkového počtu)	28,22 <sup>A</sup>	21,40 <sup>B</sup>	27,78 <sup>A</sup>	27,03 <sup>A</sup>	1,122	<0,0001
<b>Typ IIA</b> (% z celkového počtu)	12,57 <sup>A</sup>	27,57 <sup>B</sup>	26,12 <sup>B</sup>	17,99 <sup>C</sup>	0,967	<0,0001
<b>Typ IIB</b> (% z celkového počtu)	59,21 <sup>A</sup>	51,04 <sup>B</sup>	46,09 <sup>C</sup>	54,98 <sup>D</sup>	1,169	<0,0001
<b>Typ I</b> (% z plochy)	23,01 <sup>A</sup>	16,70 <sup>B</sup>	20,65 <sup>A</sup>	21,54 <sup>A</sup>	1,135	<0,0001
<b>Typ IIA</b> (% z plochy)	11,89 <sup>A</sup>	23,55 <sup>B</sup>	23,86 <sup>B</sup>	14,10 <sup>A</sup>	0,926	<0,0001
<b>Typ IIB</b> (% z plochy)	65,10 <sup>A</sup>	59,73 <sup>B</sup>	55,49 <sup>C</sup>	64,36 <sup>A</sup>	1,382	<0,0001

<sup>A,B,C,D</sup> Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ( $P < 0,05$ )

Největší svalová vlákna obsahovaly svaly kýty, tedy svaly SET a BIF. Mezi těmito svaly také nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly v průměrné velikosti vláken. Naopak nejmenší svalová vlákna byla zjištěna ve svalu PM. Ten se ve velikosti vláken statisticky odlišoval od všech svalů v parametrech průměrná plocha vláken a plocha vláken typu I a IIA. Plocha vláken typu IIB byla velmi podobná jako u svalu MLL. Tento sval se také neodlišoval velikostí vláken typu I od svalu BIF. U všech sledovaných svalů byla shodně zjištěna největší plocha vláken u typu IIB, následovala vlákna IIA a nejmenší byl typ I. Průměrná plocha svalových vláken je patrná z následujícího grafu 1.

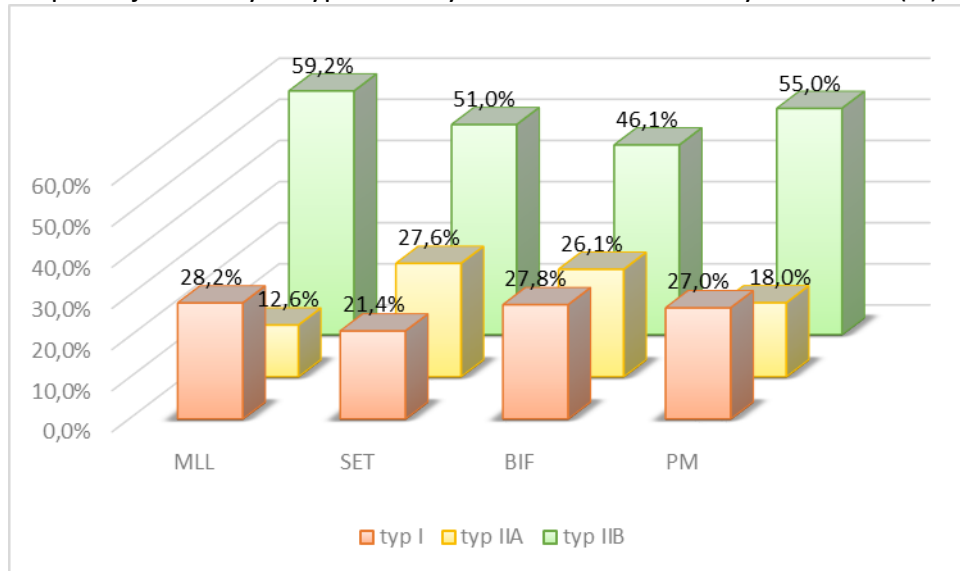
Graf 1: Plocha řezu jednotlivých typů svalových vláken v hodnocených svalech ( $\mu\text{m}^2$ )



Zastoupení jednotlivých typů svalových vláken z celkového počtu bylo u všech hodnocených svalů nejvyšší u vláken typu IIB. U tohoto typu byly zjištěny nejvýraznější signifikantní rozdíly zastoupení mezi všemi sledovanými svaly. Nejvyšší podíl vláken typu IIB byl zjištěn ve svalu MLL a nejnižší ve svalu BIF. Statisticky průkazně nejnižší podíl vláken typu I byl zjištěn u svalu SET. Naopak početní podíl vláken I v ostatních svalech byl velmi podobný. Zastoupení vláken typu IIA bylo nejnižší ve svalu MLL a naopak nejvyšší v obou svalech kýty. U svalu SET byl také jako u jediného svalu zjištěn vyšší podíl vláken typu IIA než vláken typu I. Jednotlivé podíly v početním zastoupení vláken jsou dobře patrné z následujícího grafu 2.

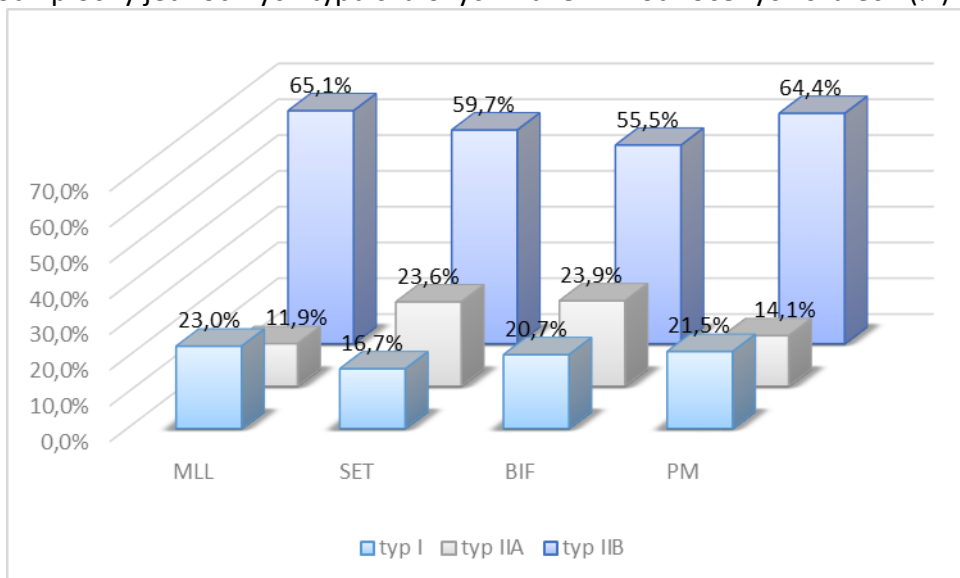


Graf 2: Podíl počtu jednotlivých typů svalových vláken v hodnocených svalech (%)



Rozdíly v procentuálním podílu plochy vláken typu I byly statisticky průkazně nejnižší u svalu SET. Svaly MLL a PM se průkazně lišili od svalů SET a BIF v procentuálním podílu plochy vláken IIA, která byla u obou svalů kýty téměř dvojnásobně velká. Svaly kýty měly v tomto parametru vyšší podíl vláken IIA oproti vláknům typu I, u MLL a PM byl tento poměr přesně opačný. Svaly SET a BIF se také významně lišili od svalů MLL a PM v podílu plochy vláken IIB. Jednotlivé podíly jsou patrné z grafu 3.

Graf 3: Podíl plochy jednotlivých typů svalových vláken v hodnocených svalech (%)



## 5.2 Porovnání vlivu plemenné příslušnosti na histochemické charakteristiky svalových vláken

Následující část práce se zabývá hodnocením vlivu plemenné příslušnosti na charakteristiky svalových vláken v jednotlivých svalech.

Tabulka 4 uvádí průměrné plochy řezu svalových vláken, podíl jednotlivých typů vláken z celkového počtu a podíl plochy svalových vláken ve svalu *longissimus lumborum* u býků plemen aberdeen angus (AA), gasconne (GS), holštýnské (H) a české strakaté (C).

Tabulka 4: Charakteristika svalových vláken ve svalu *longissimus lumborum* u býků čtyř plemen

	Plemeno				SEM	P -value
	AA (n=10) LSM	GS (n=10) LSM	H (n=8) LSM	C (n=9) LSM		
<b>Průměrná plocha vláken</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>3098,5</b>	<b>3106,3</b>	<b>2905,8</b>	<b>2937,0</b>	195,76	0,8044
<b>Plocha vláken typ I</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>2650,4</b>	<b>2601,6</b>	<b>2301,3</b>	<b>2338,3</b>	206,29	0,6053
<b>Plocha vláken typ IIA</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>3293,2</b>	<b>2929,2</b>	<b>2578,0</b>	<b>2578,3</b>	245,11	0,0985
<b>Plocha vláken typ IIB</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>3294,1</b>	<b>3351,5</b>	<b>3204,1</b>	<b>3272,3</b>	215,4	0,9657
<b>Typ I</b> (% z celkového počtu)	<b>28,76</b>	<b>26,73</b>	<b>28,56</b>	<b>28,98</b>	1,993	0,8066
<b>Typ IIA</b> (% z celkového počtu)	<b>12,65</b>	<b>12,43</b>	<b>8,99</b>	<b>15,83</b>	2,191	0,1800
<b>Typ IIB</b> (% z celkového počtu)	<b>58,59</b>	<b>60,84</b>	<b>62,45</b>	<b>55,19</b>	2,927	0,3024
<b>Typ I</b> (% z plochy)	<b>23,38</b>	<b>22,58</b>	<b>22,26</b>	<b>23,73</b>	2,42	0,9659
<b>Typ IIA</b> (% z plochy)	<b>13,15</b>	<b>11,34</b>	<b>7,99</b>	<b>14,57</b>	2,11	0,1478
<b>Typ IIB</b> (% z plochy)	<b>63,47</b>	<b>66,08</b>	<b>69,75</b>	<b>61,70</b>	3,06	0,2628

Největší průměrná plocha vláken byla u svalu *longissimus lumborum* zjištěna u plemene GS, podobně jako plocha vláken typu IIB. Vlákna typu I a typu IIA byla naopak největší u plemene AA. Největší podíl z celkového počtu i plochy zaujímala vlákna typu IIB u

plemene H, to také mělo nejmenší podíl vláken typu IIA. Vlákna typu I byla nejvíce zastoupena u plemene C. Rozdíly mezi plemeny ovšem nebyly statisticky průkazné.

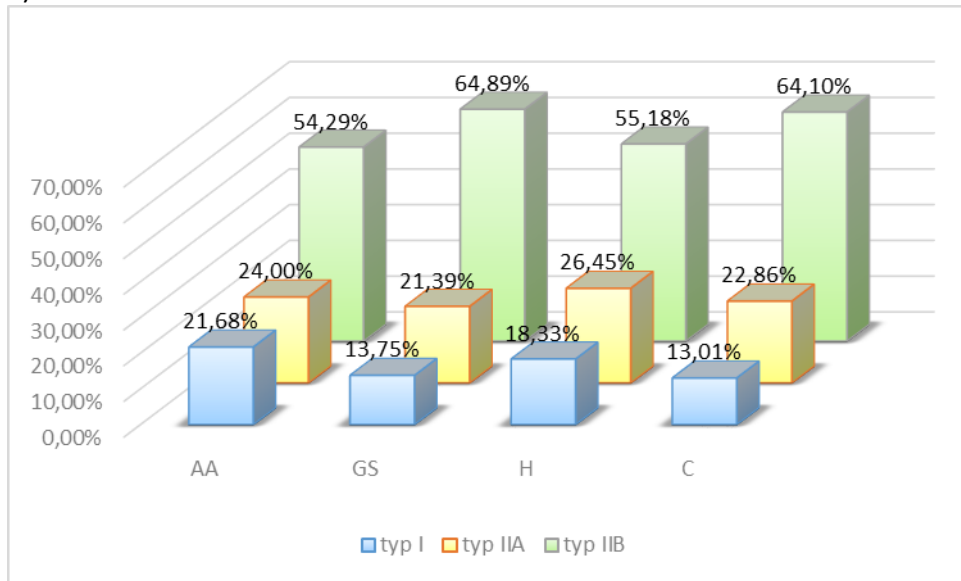
V tabulce 5 jsou uvedeny sledované charakteristiky svalových vláken ve svalu *semitendinosus*. Zde byly zjištěny statisticky významné rozdíly v procentuálním zastoupení počtu vláken typu I a také v podílu vláken typu I z celkové plochy. Jejich nejvyšší podíl byl u plemen AA a H, mezi kterými nebyl statisticky významný rozdíl. Plemeno AA se významně lišilo od býků GS a C, jenž se dále lišilo od skupiny H býků. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny také u podílu vláken IIB z celkové plochy. Zde se lišila plemena AA a H od plemen GS a C. Nejvyšší podíl plochy vláken IIB byl u plemene GS. Podíl plochy vláken typu I byl nejvyšší u plemene AA a vláken IIA u H plemene. Rozdíly v ploše jednotlivých typů svalových vláken ve svalu *semitendinosus* jsou patrné z grafu 4.

Tabulka 5: Charakteristika svalových vláken ve svalu *semitendinosus* u býků čtyř plemen

	Plemeno				SEM	P -value
	AA (n=10) LSM	GS (n=10) LSM	H (n=8) LSM	C (n=9) LSM		
<b>Průměrná plocha vláken</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>3638,9</b>	<b>3797,3</b>	<b>3753,1</b>	<b>3820,1</b>	240,57	0,9373
<b>Plocha vláken typ I</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>2840,9</b>	<b>2806,4</b>	<b>2893,4</b>	<b>2875,6</b>	211,02	0,9899
<b>Plocha vláken typ IIA</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>3433,6</b>	<b>3047,9</b>	<b>3521,3</b>	<b>2889,6</b>	273,62	0,2692
<b>Plocha vláken typ IIB</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>4040,9</b>	<b>4520,5</b>	<b>4293,5</b>	<b>4508,0</b>	283,4	0,5169
<b>Typ I</b> (% z celkového počtu)	<b>26,65<sup>A</sup></b>	<b>18,38<sup>BC</sup></b>	<b>23,47<sup>AC</sup></b>	<b>17,07<sup>B</sup></b>	2,174	0,0056
<b>Typ IIA</b> (% z celkového počtu)	<b>25,53</b>	<b>27,33</b>	<b>28,36</b>	<b>29,39</b>	2,074	0,5327
<b>Typ IIB</b> (% z celkového počtu)	<b>47,82</b>	<b>54,29</b>	<b>48,17</b>	<b>53,55</b>	2,351	0,0762
<b>Typ I</b> (% z plochy)	<b>21,68<sup>A</sup></b>	<b>13,75<sup>BC</sup></b>	<b>18,33<sup>AC</sup></b>	<b>13,01<sup>B</sup></b>	2,115	0,0098
<b>Typ IIA</b> (% z plochy)	<b>24,00</b>	<b>21,39</b>	<b>26,45</b>	<b>22,86</b>	1,916	0,2703
<b>Typ IIB</b> (% z plochy)	<b>54,29<sup>A</sup></b>	<b>64,89<sup>B</sup></b>	<b>55,18<sup>A</sup></b>	<b>64,10<sup>B</sup></b>	2,845	0,0082

<sup>A,B,C</sup> Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ( $P < 0,05$ )

Graf 4: Podíl plochy jednotlivých typů svalových vláken ve svalu *semitendinosus* u býků čtyř plemen (%)



Dalším hodnoceným svalem byl sval *biceps femoris*, výsledky jsou uvedeny v tabulce 6. Býci AA zaznamenali signifikantně větší plochu řezu svalových vláken typu IIA, než tomu bylo u skupin GS a C. Rovněž se statisticky významně lišila plemena AA a H od býků GS a C v procentuálním zastoupení vláken typu IIB z celkové plochy. Největší průměrná plocha vláken i plocha typů IIA a IIB byla v tomto svalu u plemene AA. Největší plochu vláken typu I mělo plemeno H, jenž současně zaznamenalo i nejmenší plochu vláken IIB. Nejmenší plocha vláken typu I byla u býků GS a vláken IIA u jedinců plemene C. Plemeno AA dále vykazovalo nejvyšší zastoupení vláken typu I z celkového počtu. Vlákna typu IIB byla nejvíce zastoupena u plemene GS a vlákna typu IIA u plemene C. Podobně tomu bylo i u podílu plochy, kterou zaujímaly jednotlivé typy svalových vláken s výjimkou vláken typu IIA, které dosáhly nejvyššího podílu u býků AA. Stejně jako u předchozích svalů byla největší plocha řezu svalových vláken typu IIB, následovaná vlákny typu IIA a nejmenší byla vlákna typu I.

Tabulka 6: Charakteristika svalových vláken ve svalu *biceps femoris* u býků čtyř plemen

	Plemeno				SEM	P -value
	AA	GS	H	C		
	(n=10) LSM	(n=10) LSM	(n=8) LSM	(n=9) LSM		
<b>Průměrná plocha vláken</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>3947,6</b>	<b>3554,1</b>	<b>3764,3</b>	<b>3471,5</b>	251,51	0,4904
<b>Plocha vláken typ I</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>2889,8</b>	<b>2452,7</b>	<b>2905,8</b>	<b>2484,3</b>	189,59	0,1452
<b>Plocha vláken typ IIA</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>4065,8<sup>A</sup></b>	<b>3036,5<sup>B</sup></b>	<b>3710,6</b>	<b>2882,9<sup>B</sup></b>	313,62	0,0240
<b>Plocha vláken typ IIB</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>4702,4</b>	<b>4372,6</b>	<b>4211,9</b>	<b>4412,0</b>	336,91	0,7553
<b>Typ I</b> (% z celkového počtu)	<b>32,57</b>	<b>24,54</b>	<b>28,86</b>	<b>25,63</b>	2,454	0,0762
<b>Typ IIA</b> (% z celkového počtu)	<b>25,29</b>	<b>26,45</b>	<b>24,57</b>	<b>27,94</b>	1,906	0,5922
<b>Typ IIB</b> (% z celkového počtu)	<b>42,14</b>	<b>49,01</b>	<b>46,58</b>	<b>46,43</b>	2,012	0,0903
<b>Typ I</b> (% z plochy)	<b>24,26</b>	<b>17,24</b>	<b>23,72</b>	<b>18,27</b>	2,474	0,0815
<b>Typ IIA</b> (% z plochy)	<b>25,47</b>	<b>22,56</b>	<b>24,47</b>	<b>23,16</b>	2,083	0,7144
<b>Typ IIB</b> (% z plochy)	<b>50,27<sup>A</sup></b>	<b>60,20<sup>B</sup></b>	<b>51,82<sup>A</sup></b>	<b>58,57<sup>B</sup></b>	2,39	0,0071

<sup>A,B</sup> Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ( $P < 0,05$ )

Tabulka 7 uvádí histochemické charakteristiky u svalu *psoas major*. U tohoto svalu byla průměrná plocha svalových vláken u všech sledovaných typů ve srovnání s ostatními svaly nejnižší. Největší hodnota svalových vláken byla zaznamenána u holštýnské skupiny, podobně jako u plochy vláken typu IIA. Vlákna typu I byla největší u býků C a vlákna typu IIB u plemene GS. Průměrná plocha vláken a stejně tak vláken všech typů byla nejmenší u plemene AA. Vlákna typu I byla nejvíce zastoupena u plemene C, nejméně u skupiny GS. U vláken typu IIA tomu bylo přesně naopak ve srovnání s vlákny typu I. Vlákna typu IIB byla nejvíce zastoupena u plemene GS a nejméně u býků AA. Podíl z celkové plochy vláken typu I byl nejvyšší u plemene C, vláken IIA u H a vláken IIB u GS býků. Tyto hodnoty, stejně jako u svalu *longissimus lumborum*, ovšem nejsou statisticky signifikantní.

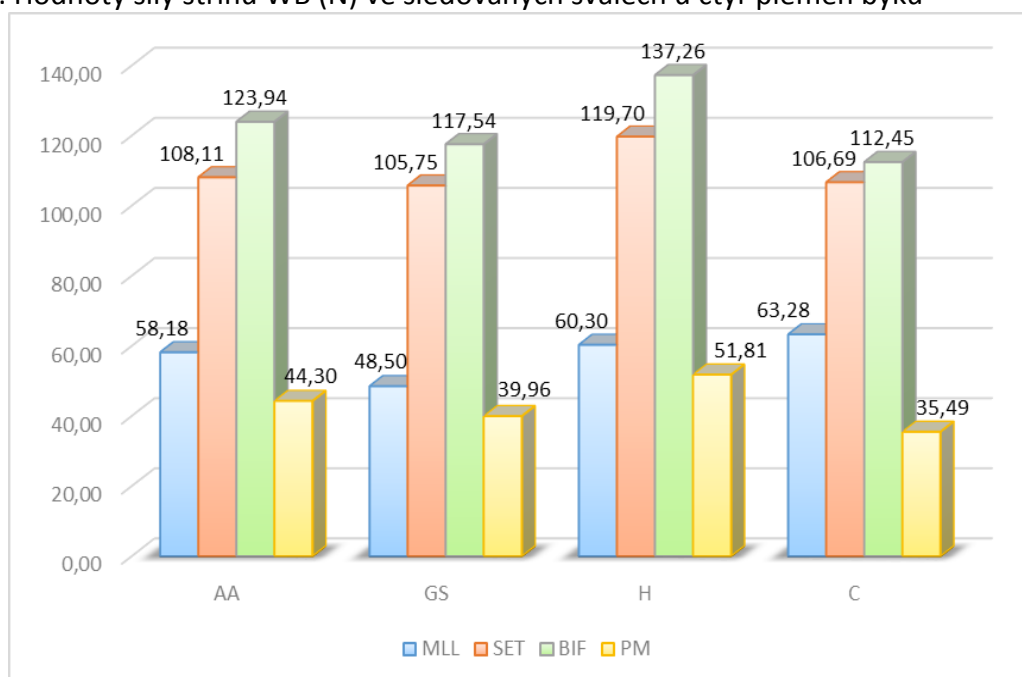
Tabulka 7: Charakteristika svalových vláken ve svalu *psaos major* u býků čtyř plemen

	Plemeno				SEM	P -value
	AA	GS	H	C		
	(n=10) LSM	(n=10) LSM	(n=8) LSM	(n=9) LSM		
<b>Průměrná plocha vláken</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>2446,7</b>	<b>2873,6</b>	<b>2901,6</b>	<b>2740,8</b>	180,01	0,2078
<b>Plocha vláken typ I</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>2022,2</b>	<b>2191,2</b>	<b>2234,1</b>	<b>2278,1</b>	184,72	0,7262
<b>Plocha vláken typ IIA</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>1926,1</b>	<b>2115,3</b>	<b>2495,6</b>	<b>2328,8</b>	216,10	0,2352
<b>Plocha vláken typ IIB</b> ( $\mu\text{m}^2$ )	<b>2832,9</b>	<b>3434,4</b>	<b>3419,1</b>	<b>3215,1</b>	234,53	0,1813
<b>Typ I</b> (% z celkového počtu)	<b>27,72</b>	<b>23,61</b>	<b>27,17</b>	<b>29,95</b>	2,376	0,2406
<b>Typ IIA</b> (% z celkového počtu)	<b>18,86</b>	<b>19,24</b>	<b>18,10</b>	<b>15,53</b>	2,024	0,5072
<b>Typ IIB</b> (% z celkového počtu)	<b>53,42</b>	<b>57,15</b>	<b>54,72</b>	<b>54,51</b>	2,287	0,6272
<b>Typ I</b> (% z plochy)	<b>23,17</b>	<b>17,85</b>	<b>20,96</b>	<b>24,34</b>	2,197	0,1272
<b>Typ IIA</b> (% z plochy)	<b>14,53</b>	<b>14,31</b>	<b>15,08</b>	<b>12,50</b>	1,682	0,6934
<b>Typ IIB</b> (% z plochy)	<b>62,30</b>	<b>67,83</b>	<b>63,96</b>	<b>63,16</b>	2,56	0,3536

### 5.3 Porovnání vlivu masné partie a plemene na texturní vlastnosti masa

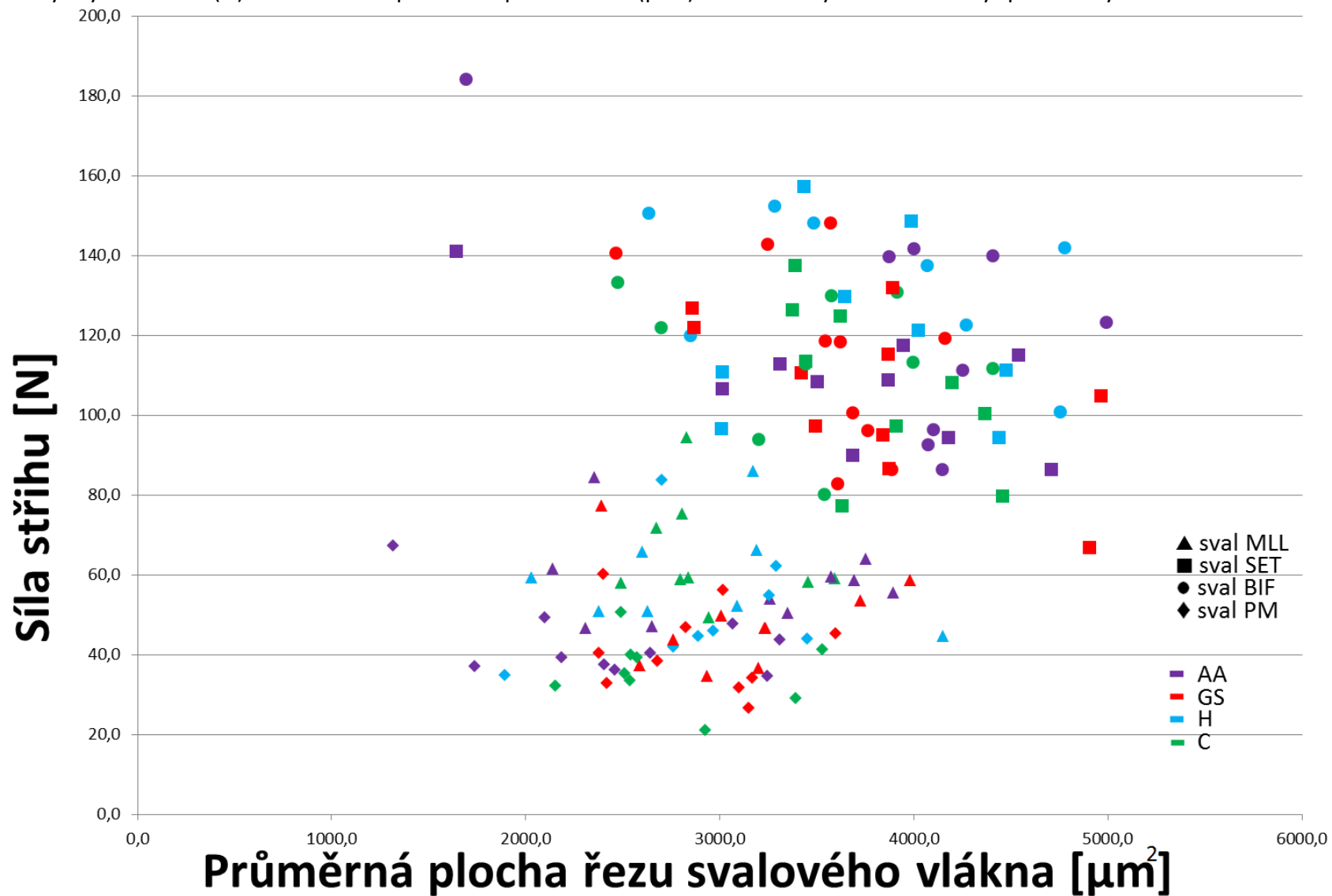
Měření síly stříhu bylo provedeno u syrového masa pomocí WB nože. Hodnoty zjištěné u jednotlivých svalů a plemen uvádí graf číslo 5. Přestože nebyly v žádném případě zjištěny signifikantní rozdíly mezi jednotlivými plemeny, značné rozdíly byly zaznamenány mezi jednotlivými svaly. Nejvyšší hodnoty a tedy zároveň nejvyšší tuhost masa byla naměřena ve svalu *biceps femoris* u všech sledovaných plemen. Následoval druhý sval kýty, tedy sval *semitendinosus*. U obou těchto svalů byly nejvyšší hodnoty zjištěny u holštýnských býků. Nejnižší hodnoty měření u svalu BIF byly zjištěny u plemene české strakaté a u svalu SET u býků gasconne. Dále následoval s již výrazným odstupem sval *longissimus lumborum*. U tohoto svalu byly zjištěny nejvyšší hodnoty u plemene C a nejnižší u býků GS. Nejnižší hodnoty měření síly stříhu byly naměřeny ve svalu *psaos major*. Zde dosáhli nejvyšší hodnoty jedinci H plemene, kde byla síla nutná k přestřížení vlákna dokonce vyšší než u svalu MLL plemene GS. Následovala plemena AA, GS a nejnižší hodnoty byly naměřeny u býků C.

Graf 5: Hodnoty síly stříhu WB (N) ve sledovaných svalech u čtyř plemen býků



V grafu číslo 6 jsou uvedeny hodnoty síly stříhu v závislosti na průměrné ploše vlákna u jednotlivých svalů a plemen. Je patrné, že svaly kýty (BIF a SET) měli výrazně vyšší hodnoty síly stříhu oproti svalům MLL a PM. Tyto svaly měli také oproti svalům kýty menší průměrnou plochu řezu svalového vlákna (viz. tabulka 3). Ovšem jak je z grafu patrné, nemá na sílu stříhu rozhodující vliv pouze plocha řezu svalového vlákna.

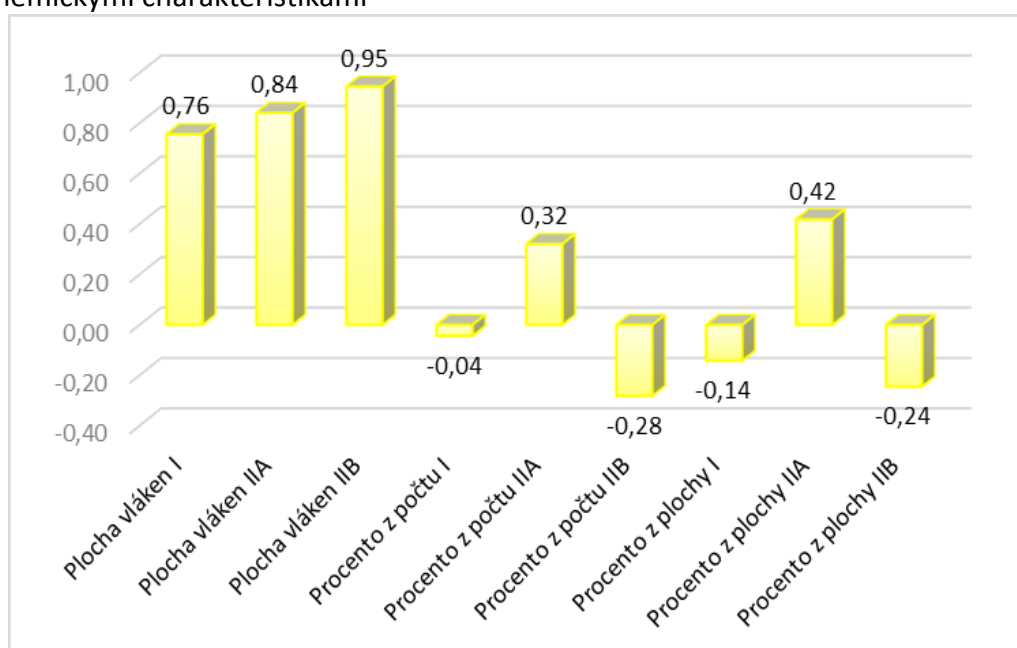
Graf 6: Hodnoty síly stříhu WB (N) v závislosti na průměrné ploše vlákna ( $\mu\text{m}^2$ ) v hodnocených svalech u čtyř plemen býků





V posledním grafu 7 jsou uvedeny hodnoty korelačních koeficientů mezi průměrnou plochou a ostatními histochemickými charakteristikami svalových vláken. Nejvyšší pozitivní korelace byly zaznamenány s plochou vláken IIB, následovala plocha vláken typu IIA a I. U procentuálního podílu z počtu i plochy byly u vláken typu IIB a I zaznamenány negativní korelace. Naopak u vláken typu IIA byly u procentuálního podílu z počtu i plochy korelace pozitivní.

Graf 7: Hodnoty korelačních koeficientů mezi průměrnou plochou vláken a jejich histochemickými charakteristikami



Tabulka 8: Hodnoty korelačních koeficientů mezi silou stříhu WB a histochemickými charakteristikami svalových vláken

	Typ I	Typ IIA	Typ IIB
<b>Plocha svalových vláken (<math>\mu\text{m}^2</math>)</b>	<b>0,25</b> **	<b>0,35</b> ***	<b>0,41</b> ***
<b>Zastoupení vláken (% z počtu)</b>	<b>-0,12</b> ns	<b>0,61</b> ***	<b>-0,51</b> ***
<b>Podíl vláken (% z plochy)</b>	<b>-0,14</b> ns	<b>0,65</b> ***	<b>-0,44</b> ***

ns statisticky neprůkazné, \*\* $p < 0,01$  \*\*\* $p < 0,001$

V tabulce 8. Jsou uvedeny hodnoty korelačních koeficientů mezi silou stříhu Warner-Bratzler a charakteristikami jednotlivých typů svalových vláken počítaných u celého souboru dat získaného hodnocením všech čtyř svalů. Jak z uvedené tabulky vyplývá, u všech třech typů vláken byla zjištěna signifikantní závislost mezi plochou vláken a instrumentálně

měřenou tuhostí syrového masa, která se u hodnocených vzorků s rostoucí plochou vláken zvyšovala. Tyto vztahy jsou těsnější u vláken typu IIB, než u typu I. Pokud se ve svalovině zvyšoval podíl i plocha vláken typu IIA, docházelo k nárůstu jeho instrumentální tuhosti, naopak pokud ve svalovině vzrůstal podíl typu IIB, byly vzorky hodnoceny jako více křehké. V případě typu vláken I byl tento vztah podobný jako u typu IIB, avšak méně těsný a nesignifikantní.

## 6 Diskuse

Do experimentu byli zařazeni býci čtyř plemen skotu. Vybrána byla plemena reprezentující tři základní užitkové typy skotu chované v ČR. Mléčný užitkový typ byl zastoupen holštýnskými býky, zatímco kombinovaný užitkový typ domácím českým strakatým skotem. V rámci masného užitkového typu byla do experimentu zařazena plemena, která náležejí do dvou odlišných skupin plemen, ať už je jejich dělení prováděno na základě geografického původu, ranosti, velikosti tělesného rámce či intenzity ukládání tuku v jatečném těle. Jak uvádí Bureš a Bartoň (2012a) jatečná zvířata kontinentálních plemen je možné díky nižšímu stupni ukládání tuku vykrmovat do vyšších porážkových hmotností. Obvykle se vyznačují vyšší jatečnou výtěžností i vyšším podílem masa z nejcennějších partií. Naopak zástupci britských plemen, mezi nimiž je aberdeen angus nejrozšířenějším zástupcem, jsou v důsledku značného ukládání tuku v jatečném těle častěji poráženi v nižší živé hmotnosti a jejich maso je charakteristické výraznějším mramorováním.

V naší studii byli býci poráženi ve srovnatelném věku a vykrmováni ve stejných podmínkách identickou krmnou dávkou, tak je tomu jen ve velmi málo pracích ostatních autorů. Jak vyplývá ze studia publikovaných literárních zdrojů, nejsou v současné době dostupné práce dalších autorů, které by hodnotily utváření svalových vláken u plemen české strakaté a gasconne.

### 6.1 Vliv plemenné příslušnosti na kvalitativní parametry hovězího masa

Jedním z faktorů, které výrazně ovlivňují kvalitu masa, je intramuskulární tuk. Množství intramuskulárního tuku a složení masných kyselin hraje velmi výraznou roli v parametrech kvality masa včetně jeho sensorických vlastností a charakteristik a zdravotního hlediska. Obecně je předpokládáno, že intramuskulární tuk pozitivně ovlivňuje sensorické charakteristiky včetně chuti, šťavnatosti a křehkosti, zatímco nízký obsah tuku souvisí s nízkou chutností masa (Hocquette a kol., 2010). Su a kol. (2013) uvádí, že IMT pozitivně koreluje s křehkostí masa a negativně s plochou řezu svalových vláken. A dále, že podíl vláken typu I pozitivně koreluje s obsahem IMT v hovězím mase, a jejich vyšší zastoupení přispívá k jeho lepší šťavnatosti a chuti, naopak nárůst vláken IIB je spojován s tužším masem. Bureš a Bartoň (2012a) v práci hodnotící chemické složení masa stejných zvířat, která byla využita pro analýzu svalových vláken v této diplomové práci zjistili, že plemena AA a H

mají ve svalech podstatně vyšší podíl IMT (3,62 a 2,77 %) oproti býkům GS a C (1,5 a 1,69 %). Christensen a kol. (2011) při porovnávání kvalitativních parametrů masa patnácti evropských plemen zaznamenali u plemen AA i H výrazně vyšší obsah IMT než u kontinentálních masných plemen pocházejících z Francie, Itálie a Španělska. Cuvelier a kol. (2006) uvádějí hodnotu IMT u vykrmovaných býků AA signifikantně vyšší ve srovnání se skupinami plemen limousin a belgické modrobílé. Pfuhl a kol. (2007) ve své práci porovnávali býky H s plemenem charolais (CH). Také zjistili podstatně vyšší obsah IMT u plemene H. Bartoň a kol. (2010) hodnotili složení masa u plemen CH a C a jejich kříženců. Pro obsah IMT uvádí následující hodnoty: CH 1,08 %, C 1,40 % a CH x C 1,28 %, které jsou pro plemeno C ve shodě s výsledky Bureš a Bartoň (2012a). Gotoh a kol. (2009) ve své práci nezjistili statisticky významné rozdíly v obsahu IMT mezi plemeny H a německý angus, které dále porovnávali s extrémně mramorovaným masem japonského černého skotu a naopak velmi libovou svalovinou plemene belgické modré. Stejně jako Pfuhl a kol. (2007) uvádějí obsah IMT ve svalu *longissimus dorsi* u plemene H kolem 4 %. Podobně jako v práci Bureš a Bartoň (2012a) uvádějí Guerrero a kol. (2013) nízký obsah IMT u vykrmovaných gaskoňských býků, který v závislosti na intenzitě výkrmu dosahoval hodnot 1,0, respektive 1,21 %.

Christensen a kol. (2011) porovnávali také sílu stříhu Warner-Bratzlerovým nožem na syrovém svalu *longissimus thoracis*. Z výsledků uvedené práce vyplývá, že byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi instrumentálně měřenou křehkostí masa, která byla vyšší u masných plemen, než tomu bylo u zástupců dojených plemen. V rámci skupiny masných plemen pak byla nejnižší hodnota vynaložená k přestřížení svalových vláken u býků plemen piemontese a limousin. Naopak holštýnští jedinci zaznamenali společně se skupinou dánských červinek nejvyšší tuhost masa. Toto zjištění je ve shodě s předloženou prací, kde byla v případě roštěnce zjištěna nejvyšší křehkost masa u býků GS, následovaná skupinou AA. Oba zástupci dojených plemen vykázali hodnoty pro sílu stříhu vyšší.

V naší práci nebyly zjištěny signifikantní rozdíly v průměrné ploše řezu svalových vláken stejně jako v ploše řezu jednotlivých typů. Podobné výsledky uvádějí také Girard a kol. (2011) u skupin volů kříženců plemen hereford x aberdeen angus, respektive charolais x red angus. Naopak Schreurs a kol. (2008) zjistili statisticky průkazné rozdíly v ploše řezu svalových vláken mezi francouzskými plemeny skotu, z nichž nejvyšší hodnoty zaznamenala plemena charolais, limousine a salers, naopak nejnižší hodnotu mělo plemeno aubrac.

Ve svalu MLL byl zjištěn nejnižší počet vláken typu IIB u býků plemene C. Ti také současně vykázali nejvyšší podíl vláken IIA. Brandstetter a kol. (1998) sledovali zastoupení jednotlivých typů vláken u kombinovaného plemene montbeliard. Oproti této studii zjistili vyšší zastoupení vláken typu I a IIA a nižší zastoupení vláken typu IIB. Tak tomu bylo i u svalu SET, kde ve srovnání s býky C byl nalezen téměř dvojnásobný počet vláken typu I na úkor vláken IIB. Obsah vláken IIA byl shodný s naší studií.

Costa a kol. (2008) hodnotili zastoupení svalových vláken u portugalského plemene mertolenga. Ve svalu MLL uvádí zastoupení vláken přibližně 30 % pro každý typ. Což se velmi liší od našich výsledků, kde u všech posuzovaných plemen silně převládala vlákna typu IIB a nejnižší byl podíl vláken typu IIA. Uvedená studie však hodnotila vzorky masa od býků porážených ve výrazně vyšším věku, což mohlo publikované výsledky ovlivnit. U svalu SET zjistili vyšší zastoupení vláken typu IIA oproti vláknům typu I, a opět nejvyšší zastoupení vláken typu IIB. Tyto výsledky jsou již naopak ve shodě s naší studií.

Wegner a kol. (2000) ve své práci sledovali změnu zastoupení jednotlivých typů vláken ve svalu SET u čtyř plemen skotu. Zpočátku u všech plemen narůstalo zastoupení vláken typu IIB, a to přibližně do 6 měsíce, poté došlo k jeho stagnaci nebo opětovnému snížení. Ve věku 18 měsíců (nejblíže naší studii) bylo zjištěno nejnižší zastoupení vláken IIB u plemene německý angus, následovala plemena galloway, holštýnské a nejvyšší zastoupení vláken IIB mělo plemeno belgické modré. U plemen H a belgické modré převažovala v tomto období vlákna typu I nad vlákny typu IIA, zatímco u plemen německý angus a galloway tomu bylo naopak. Ve srovnání s naší studií bylo zastoupení vláken IIB u svalu SET u všech skupin býků nižší. A u všech plemen, kromě AA kde bylo zastoupení přibližně stejné, převládala vlákna typu IIA nad vlákny typu I.

Při hodnocení meziplemenných rozdílů v této práci nebyly zjištěny statisticky průkazné diference u svalů MLL a PM, zatímco u obou svalů kýty byly nalezeny signifikantní rozdíly zejména u podílů jednotlivých svalových vláken a podílů plochy kterou ve svalovině zaujímají. Z tohoto úhlu pohledu je zřejmé, že se hodnocená plemena rozdělila do dvou skupin. Jedinci AA a H vykazovali ve svalech vyšší podíl (v počtu i ploše) u vláken typu I, zatímco býci GS a C měli vyšší podíl vláken typu IIB. Tyto rozdíly lze dát do souvislosti s obsahem IMT, který je u obou skupin plemen značně rozdílný, což je ve shodě se zjištěním dalších autorů (Hwang a kol. 2010; Su a kol. 2013).

V předložené práci nebyla potvrzena zjištění některých autorů, které uvádějí, že zvyšování podílu vláken typu IIB vede k poklesu křehkosti masa. Nejvyšší podíl tohoto typu

vláken zaznamenalo v případě svalu MLL plemeno H, zatímco u zbývajících svalů to bylo plemeno GS, které zaznamenalo hodnoty síly stříhu WB nižší než byl průměr celého souboru.

## 6.2 Vliv svalu na histochemické charakteristiky a kvalitu hovězího masa

V rámci tohoto experimentu byly hodnoceny čtyři svaly hovězí zadní čtvrtě. Jednalo se o svaly z partií kýta, roštěnec a svíčková, které jsou nejhodnotnější částí hovězí JUT a rozhodujícím způsobem ovlivňují jeho cenu.

Prvním byl sval *longissimus thoracis et lumborum*. Jedná se o nejsilnější sval hřbetu. Marvan a kol. (2007) uvádí, že jeho hmotnost u skotu je 4 – 4,5 kg a představuje tak druhý největší sval v těle. V zootechnické praxi a výzkumu slouží k hodnocení zmasilosti zvířat. Tento sval tvoří základ nízkého roštěnce, který je druhou nejhodnotnější částí hovězího JUT (Kameník a kol., 2014). Nejdelší zádový sval díky svým rozměrům a relativně homogennímu složení slouží jako referenční tkáň při celé řadě srovnávacích experimentů.

Dále byly hodnoceny dva svaly kýty, sval *semitendinosus* a *biceps femoris*. Váleček, anatomicky *musculus semitendinosus*, je u zákazníků velmi oblíbeným masem především k omáčkám. Sval *biceps femoris*, neboli dvouhlavý stehenní sval, tvoří partii označovanou jako spodní šál (Kameník a kol., 2014). U skotu má hmotnost 4,5 – 5 kg a je největším svalem celého těla (Marvan a kol., 2007).

Posledním hodnoceným svalem v této práci byl sval *psaos major*, neboli velký bedrovec. Společně se svalem *psaos minor* tvoří hlavní podíl pravé svíčkové. Ta má u skotu hmotnost 2,5 – 3 kg (Marvan a kol., 2007) a je nejcennější částí hovězího jatečně upraveného těla (Kameník a kol., 2014).

Z výsledků uvedených v grafu 5 vyplývá, že mezi jednotlivými svaly existují poměrně výrazné rozdíly v jejich instrumentálně měřené tuhosti. Oba svaly kýty byly výrazně tužší, než tomu bylo u vzorků roštěnce a svíčkové. Tyto výsledky jsou ve shodě se zjištěním Hwanga a kol. (2010), kteří rovněž uvádějí při hodnocení síly stříhu WB u tří svalů volů plemene Hanwo nejvyšší křehkost u PM, následovanou MLL a nevyšší síla stříhu byla zjištěna u svalu kýty *semimembranosus*. Podle některých autorů (Oury a kol., 2009) souvisí tuhost masa s obsahem celkového kolagenu. Naopak některé jiné studie tento vztah nepotvrzují (Christensen a kol., 2011). Lee a kol. (2010) naopak zdůrazňují význam morfologie svalových vláken a jejich jednotlivých typů, neboť ta v mase zaujímají 75-90 % hmoty a jsou tedy pro uvedené charakteristiky klíčové.

V naší studii jsme se nejprve zabývali charakteristikami svalových vláken dle jednotlivých svalů. Nejvyšší podíl vláken typu IIB z celkové plochy i počtu jsme zjistili u svalu *longissimus lumborum*. U tohoto svalu byl také nejnižší podíl vláken typu IIA. To ve shodě s námi zjistili ve své studii také Hwang a kol. (2010). Stejně tak Schreurs a kol. (2008) a Ozawa (2000) uvádějí ve shodě s námi velmi podobné hodnoty procentuálního zastoupení jednotlivých typů vláken v tomto svalu. Schreurs a kol. (2008) dále uvádí průměrnou plochu vláken, která se také shoduje s našimi výsledky. Kirchofer a kol. (2002) oproti našemu zjištění uvádí nižší zastoupení vláken typu IIB (o 16 %) a větší zastoupení vláken typu IIA (o 10 %).

Ve svalu *semitendinosus* jsme jako u jediného svalu v této práci zjistili nižší zastoupení vláken typu I oproti vláknům IIA. Ke stejným výsledkům došli také Kirchofer a kol. (2002). Jejich výsledky jsou tedy ve shodě jak v zastoupení vláken z celkového počtu, tak v procentuálním podílu z jejich plochy. Schreurs a kol. (2008) uvádí ve srovnání s naší studií o zhruba 10 % nižší zastoupení vláken typu I ve prospěch vláken typu IIB.

Sval *biceps femoris* obsahoval ze všech hodnocených svalů nejmenší počet vláken typu IIB. Zastoupení vláken typu I a IIA bylo přibližně stejné. Podobné výsledky ve své práci uvádí také Kirchofer a kol. (2002) a dále také Thornton (2012).

Posledním hodnoceným svalem byl sval *psaos major*. V naší studii bylo u tohoto svalu nejvyšší zastoupení vláken typu IIB (54,98 %). Následovala vlákna typu I (27,03 %) a nejméně bylo vláken typu IIA (17,99 %). V rozporu s námi uvádí Hwang a kol. (2010) ve své studii podstatně vyšší zastoupení vláken typu I (42,8 %) a nižší zastoupení vláken IIB (35,0 %). V zastoupení vláken typu IIA (20,9 %) nebyl rozdíl tak znatelný. V citované práci však byly hodnoceny uvedené charakteristiky u volů plemene Hanwoo s výrazně vyšším obsahem IMT.

Při hodnocení průměrné plochy vláken byla zjištěna největší plocha u vláken typu IIB a to ve všech sledovaných svalech. Ke stejnému zjištění došli ve své studii také Hwang a kol. (2010). Dále ve shodě s naší studií uvádí, že vlákna ve svalu *longissimus dorsi* byly podstatně větší než vlákna svalu *psaos major*.

## 7 Závěr

Na základě prezentovaných výsledků uvedených v kapitolách Výsledky a Diskuze lze konstatovat že:

- Byly zjištěny poměrně výrazné rozdíly v charakteristikách svalových vláken u jednotlivých svalů. Plocha řezu svalovými vlákny byla nejmenší u svalu *psaos major*, následoval sval *longissimus lumborum* a výrazně větší plocha byla zjištěna u obou svalů kýty *semitendinosus* a *biceps femoris*. Nejvýraznější rozdíly byly prokázány u podílu vláken typu IIB, který byl statisticky průkazně rozdílný u všech svalů. Dále se v průměrné ploše vláken, ploše vláken typu IIA a zastoupení vláken IIA výrazně odlišovaly svaly *longissimus lumborum* a *psaos major* od svalů kýty, *semitendinosus* a *biceps femoris*.
- Nebyly prokázány meziplemné rozdíly ve velikosti svalových vláken u svalu *longissimus lumborum* a *psaos major*, naopak byly zjištěny rozdíly mezi plemeny u svalů *semitendinosus* a *biceps femoris*. U svalu *semitendinosus* byly signifikantní rozdíly nalezeny u zastoupení vláken typu I a procentuálního podílu z plochy vláken typu I a typu IIB. Ve svalu *biceps femoris* se vyskytovaly rozdíly mezi jednotlivými plemeny u plochy vláken IIA a v procentuálním podílu plochy vláken IIB.
- Při měření instrumentální křehkosti masa byly zjištěny výrazné rozdíly mezi jednotlivými svaly, naopak meziplemné rozdíly nebyly v rámci jednotlivých svalů signifikantní. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u svalu *biceps femoris*, zatímco nejnižší u svalu *psaos major*. Byly stanoveny signifikantní hodnoty korelačních koeficientů mezi charakteristikami svalových vláken a instrumentálně měřenou tuhostí syrového masa.



## 8 Seznam literatury

Aberdeen-Angus Cattle Society. The history and development of the world's finest beef breed [online]. 2014 [cit. 2014-09-23]. Dostupné z <<http://www.aberdeen-angus.co.uk/page/our-history>>.

Abrahámová, M., Boudný, J. 2013. Trh s hovězím masem v ČR a ekonomika výkrmu skotu. *Maso*. 24 (6). 4 – 10.

Acebron, L., Dopico, D. 2000. The importance of intrinsic and extrinsic cues to expected and experienced quality: An empirical application to beef. *Food Quality and Preference*. 11. 229 – 238.

Adams, G. R., McCue, S. A., Bodell, P. W., Zeng, M., Baldwin, K. M. 1999. Time course of myosin heavy chain transitions in neonatal rats: importance of innervation and thyroid state. *American Journal of Physiology*. 276. 954 – 961.

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

Ashmore, C. R., Tompkins, G., Doerr, L. 1972. Postnatal development of muscle fiber types in domestic animals. *Journal of Animal Science*. 34. 37 – 41.

Bartoň, L., Bureš, D., Kudrna, V. 2010. Meat quality and fatty acid profile of the musculus longissimus lumborum in Czech Fleckvieh, Charolais and Charolais × Czech Fleckvieh bulls fed different types of silages. *Czech Journal of Animal Science*. 55 (11). 479 – 487.

Becker, T. 2000. Consumer perception of fresh meat quality: A framework for analysis. *British Food Journal*. 102. 158 – 176.

Berri, C., Bihan-Duval, E., Debut, M., Sante-Lhoutellier, V., Baeza, E., Gigaud, V. 2007. Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of Pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens. *Journal of Animal Science*. 85. 2005 – 2011.

Bouška, J. (eds.). 2006. Chov dojeného skotu. Nakladatelství Profi Press s.r.o. Praha. s. 186. ISBN: 80-86726-16-9.

Brandstetter, A. M., Picard, B., Geay, Y. 1998. Muscle fibre characteristics in four muscles of growing bulls: I. Postnatal differentiation. *Livestock Production Science*. 53 (1). 15 – 23.

Brooke, M. H., Kaiser, K. K. 1970. Muscle fiber types: How many and what kind. *Archives of Neurology*. 23 (4). p. 369 – 379.

Bureš, D., Bartoň, L. 2012a. The chemical composition and sensory characteristics of meat from Aberdeen Angus, Gascon, Holstein and Czech Fleckvieh bulls. *Maso International*. 2012 (2). 125 – 130.

Bureš, D., Bartoň, L. 2012b. Vliv plemenné příslušnosti býků na chemické složení a senzorycké charakteristiky masa. *Maso*. 23 (5). 57 – 60.

Bureš, D., Bartoň, L. 2012c. Výkrmnost a jatečná hodnota býků různých plemen. *Náš chov*. 72 (6). 31 – 34.

Choi, Y.M., Kim, B.C. 2009. Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. *Livestock Science*. 122 (2-3). 105 – 118.

Costa, P., Roseiro, L. C., Bessa, R. J. B., Padilha, M., Partidário, A., Marques de Almeida, J., Calkins, C. R., Santos, C. 2008. Muscle fiber and fatty acid profiles of Mertolenga-PDO meat. *Meat Science*. 78. 502 – 512.

Cuvelier, C., Clinquart, A., Hocquette, J.F., Cabaraux, J.F., Dufrasne, I., Istasse, L., Hornick, J.L. 2006. Comparison of composition and quality traits of meat from young finishing bulls from Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus breeds. *Meat Science*. 74. 522-531.

Christensen, M., Ertbjerg, P., Failla, S., Sañudo C., Richardson, R. I., Nute, G. R., Olleta, J. L., Panea, B., Albertí P., Juárez, M., Hocquette, J. F., Williams, J. L. 2011. Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Science*. 87. 61-65.

Eggert, J. M., Depreux, F. F. S., Schinckel, A. P., Grant, A. L., Gerrard, D. E. 2002. Myosin heavy chain isoforms account for variation in pork quality. *Meat Science*. 61 (2). 117 – 126.

Gauthier, G. F. 1969. On the relationship of ultrastructural and cytochemical features to color in mammalian skeletal muscle. *Zeitschrift für Zellforschung*. 95. 462 – 482.

Girard, I., Aalhus, J. L., Basarab, J. A., Larsen, I. L., Bruce, H. L. 2011. Modification of muscle inherent properties through age at slaughter, growth promotants and breed crosses. *Canadian Journal of Animal Science*. 91. 635-648.

Gotoh, T., Albrecht, E., Teuscher, F., Kawabata, K., Sakashita, K., Iwamoto, H., Wegner, J. 2009. Differences in muscle and fat accretion in Japanese Black and European cattle. *Meat Science*. 82. 300 – 308.

Guerrero, A., Sañudo, C., Albertí, P., Ripoll, G., Campo, M. M., Olleta, J. L., Panea, B., Khlijji, S., Santolaria, P. 2013. Effect of production system before the finishing period on carcass, meat and fat qualities of beef. *Animal*. 7. 2063-2072.

Hnídková, D., Kobes, Z. Spotřeba potravin 2013 [online]. ČSÚ. 1. prosince 2014 [cit. 2015-01-31]. Dostupné z <[http://www.czso.cz/csu/2014edicniplan.nsf/publ/270139-14-r\\_2014](http://www.czso.cz/csu/2014edicniplan.nsf/publ/270139-14-r_2014)>.

Hocquette, J. F., Gondret, F., Baéza, E., Médale, F., Jurie, C., Pethick, D. W. 2010. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal*. 4. 303-319.

Hofírek, B. (eds.). 2009. Nemoci skotu. Noviko a.s. Brno. s. 1149. ISBN: 978-80-86542-19-5.

Hwang, Y. H., Kim, G. D., Jeong, J. Y., Hur, S. J., Joo, S. T. 2010. The relationship between muscle fiber characteristics and meat quality traits of highly marbled Hanwoo (Korean native cattle) steers. *Meat Science*. 86. 456 – 461.

Ianuzzo, D., Patel, P., Chen, V., O'Brien, P., Williams, C. 1977. Thyroidal trophic influence on skeletal muscle myosin. *Nature*. 270. 74 – 76.

- Ingr, I. 2003. Produkce a zpracování masa. MZLU. Brno. s. 202. ISBN: 80-7157-719-7.
- Ingr, I. 2004. Jakou perspektivu má hovězí maso v naší výživě? [online]. Český svaz zpracovatelů masa. 22. července 2004 [cit. 2014-10-26]. Dostupné z <<http://www.cszm.cz/clanek.asp?typ=1&id=896>>.
- Joo, S. T., Kim, G. D. 2011. Meat quality traits and control technologies. Control of meat quality. Research Signpost. 1 – 29.
- Joo, S. T., Kim, G. D., Hwang, Y. H., Ryu, Y. C. 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. Meat Science. 95 (4). 828 – 836.
- Jurie, C., Robelin, J., Picard, B., Geay, Y. 1995. Postnatal changes in the biological characteristics of semitendinosus muscle in male limousine cattle. Meat Science. 41 (2). 125 – 153.
- Kadlec, P. (eds.). 2009. Co byste měli vědět o výrobě potravin? Technologie potravin. KEY Publishing s.r.o. Ostrava. s. 556. ISBN: 978-80-7418-051-4.
- Kameník, J., Kašpar, L., Putnová, I., Holubcová, S., Jůza, M. 2014. Hovězí maso pro výsek: názvosloví a svalová soustava. 2. část – maso zadní čtvrtě. Maso. 25 (5). 37 – 41.
- Kameník, J., Pospiech, M. 2014. Za vším hledej – svalová vlákna. Typy svalových vláken a jejich vliv na vlastnosti masa. Maso. 25 (1). 43 – 47.
- Karlsson, A. H., Klont, R. E., Fernandez, X. 1999. Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. Livestock Production Science. 60. 255 – 269.
- Kim, G. D., Ryu, Y. C., Jo, C., Lee, J. G., Yang, H. S., Jeong, J. Y., Joo, S. T. 2014. The characteristics of myosin heavy chain-based fiber types in porcine longissimus dorsi muscle. Meat Science. 96 (2). 712 – 718.
- Kirchofer, K.S., Calkins, C.B., Gwartney, B.L. 2002. Fiber type composition of muscles of the beef chuck and round. Journal of Animal Science. 80. 2872 – 2878.

- Klont, R. E., Brocks, L., Eikelenboom, G. 1998. Muscle fibre type and meat quality. *Meat Science*. 49 (1). 219 – 229.
- Kvapilík, J., Pytloun, J., Zahrádková, R., Malát, K. 2006. Chov krav bez tržní produkce mléka. VÚŽV. Praha. s. 99. ISBN: 80-7271-177-6.
- Lawrie, R. A., Ledward, D. A. 2006. *Lawrie's meat science*. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. p. 521. ISBN-13: 978-1-84569-159-2.
- Lee, S.H., Joo, S.T., Ryu, Y.C. 2010. Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. *Meat Science*. 86. 166 – 170.
- Lefaucheur, L. 2010. A second look into fibre typing – Relation to meat quality. *Meat Science*. 84 (2). 257 – 270.
- Marvan, F. (eds.) 2007. *Morfologie hospodářských zvířat*. ČZU v Praze. Nakladatelství Brázda s.r.o. ISBN: 978-80-213-1658-4.
- Oury, M. P., Picard, B., Briand, M., Blanquet, J. P., Dumont, R. 2009. Interrelationships between meat quality traits, texture measurements and physicochemical characteristics of *M. rectus abdominis* from charolais heifers. *Meat Science*. 83(2). 293–301.
- Ozawa, S., Mitsuhashi, t., Matsumoto, S., Itoh, N., Itagaki, K., Kohno, Y., Dohgo, T. 2000. The characteristics of muscle fiber types of longissimus thoracis muscle and their influences on the quantity and quality of meat from Japanese Black steers. *Meat Science*. 54 (1). 65 – 70.
- Peter, J. B., Bainard, R. J., Edgerton, V. R., Gillespie, C. A., Stempel, K. E. 1972. Metabolic profiles of free fiber type of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochemistry*. 11. 2627 – 2633.
- Pfuhl, R., Bellmann, O., Kühn, Ch., Teuscher, F., Ender, K., Wegner, J. 2007. Beef versus dairy cattle: a comparison of feed conversion, carcass composition, and meat quality. *Archives Animal Breeding*. 50 (1). 59 – 70.

Picard, B., Jurie, C., Duris, M. P., Renand, G. 2006. Consequences of selection for higher growth rate on muscle fibre development in cattle. *Livestock Science*. 102 (1-2). 107 – 120.

Pipek, P. 1995. *Technologie masa I. VŠCHT*. Praha. s. 334. ISBN: 80-7080-147-3.

Pipek, P., Pour, M. 1998. *Hodnocení jakosti živočišných produktů. ČZU v Praze*. s. 139. ISBN: 80-213-0442-1.

Reece, W. O. 2011. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Grada Publishing a. s. Praha. s. 480. ISBN: 978-80-247-3282-4.

Renand, G., Picard, B., Touraille, C., Berge, P., Lepetit, J. 2001. Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Science*. 59. 49 – 60.

Rosser, B. W., Norris, B. J., Nemeth, P. M. 1992. Metabolic capacity of individual muscle fibers from different anatomic locations. *J. Histochemistry and Cytochemistry*. 40. 819 – 825.

Sambraus, H. H. 2006. *Atlas plemen hospodářských zvířat*. Nakladatelství Brázda s.r.o. Praha. s. 295. ISBN: 80-209-0344-5.

Schiaffino, S. L., Gorza, S., Ausoni, S., Bottinelli, R., Reggiani, C., Larsson, L., Edstrom, L., Gundersen, K., Lomo, T. 1990. Muscle fibre types expressing different myosin heavy chain isoforms. Their functional properties and adaptive capacity. In: Pette, D. (eds.), *The Dynamic State of Muscle Fibres*. Walter de Gruyter. Berlin. p. 329 – 341.

Schreurs, N. M., Garcia, F., Jurie, C., Agabriel, J., Micol, D., Bauchart, D., Listrat, A., Picard, B. 2008. Meta-analysis of the effect of animal maturity on muscle characteristics in different muscles, breeds, and sexes of cattle. *Journal of Animal Science*. 86. 2872 – 2887.

Steinhauser, L. (eds.) 1995. *Hygiena a technologie masa*. LAST. Tišnov. s. 643. ISBN: 80-900260-4-4.

Steinhauser, L. (eds.) 2000. *Produkce masa*. LAST. Tišnov. s. 464. ISBN: 80-900260-7-9.

Su, L., Li, H., Xin, X., Duan, Y., Hua, X. Q., Jin, Y. 2013. Muscle Fiber Types, Characteristics and Meat Quality. *Advances in Chemical, Material and Metallurgical Engineering*. 2. 634-638. 1263 – 1267.

Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR. Ročenka kontroly užítkovosti 2013 [online]. 2013 [cit. 2014-10-25]. Dostupné z <<http://www.holstein.cz/index.php/menu-kontrola-uzitkovosti/prehledy-ku-v-danem-roce/menu-rocenka-ku-2013/file>>.

Te Pas, M. F. W., Everts, M. E., Haagsman, H. P. 2004. Muscle development of livestock animals – Physiology. *Genetics and Meat Quality*. CABI Publishing. p. 419. ISBN: 0-85199-811-9.

Thornton, K. J., Welch, C. M., Davis, L. C., Doumit, M. E., Hill, R. A., Murdoch, G. K. 2012. Bovine sire selection based on maintenance energy affects muscle fiber type and meat color of F1 progeny. *Journal of Animal Science*. 90. 1617 – 1627.

Troy, D. J., Kerry, J. P. 2010. Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Science*. 86. 214 – 226.

Warriss, P. D. 2010. *Meat science: an introductory text*. CABI Publishing. Wallingford. p. 310. ISBN: 0-85199-424-5.

Wegner, J., Albrecht, E., Fiedler, I., Teuscher, F., Papstein, H. J., Edner, K. 2000. Growth- and breed-related changes of muscle fiber characteristics in cattle. *Journal of Animal Science*. 78. 1485 – 1496.

Yoshioka, M., Boivin, A., Bolduc, C., St-Amand J. 2007. Gender difference of androgen on skeletal muscle transcriptome. *Journal of Molecular Endocrinology*. 39. 119 – 133.

Zahrádková, R. (eds.). 2009. *Masný skot od A do Z*. ČSCHMS. Praha. s. 397. ISBN: 978-80-254-4229-6.

## 9 Seznam zkratek

AA – aberdeen angus

AQT – appearance quality traits

ATPáza – adenosin trifosfatáza

BIF – *musculus biceps femoris*

C – český strakatý skot

EQT – eating quality traits

FG – glykolytické bílé svalové vlákno s rychlým stahem

FOG – oxidativně glykolytické červené svalové vlákno s rychlým stahem

GS – gasconne

H – holštýnský skot

IMT – intramuskulární tuk

JUT – jatečně upravené tělo

LD – *musculus longissimus dorsi*

LSM – Least-squares means – nejmenší průměrné čtverce

MLL – *musculus longissimus lumborum*

NADH-TR – nikotinamid adenin dinukleotid-tetrazolium reduktáza

PM – *musculus psoas major*

RQT – reliance quality traits

SDH – sukcinát dehydrogenáza

SEM – standard errors – standartní chyba

SET – *musculus semitendinosus*

SO – oxidativní červené svalové vlákno s pomalým stahem

Typ I – oxidativní červené svalové vlákno s pomalým stahem

Typ IIA – oxidativně glykolytické červené svalové vlákno s rychlým stahem

Typ IIB - glykolytické bílé svalové vlákno s rychlým stahem

Typ IIX – glykolytické bílé vlákno s rychlým stahem

VÚŽV – Výzkumný ústav živočišné výroby

WB – Warner-Bratzler

$\alpha$ R - oxidativně glykolytické červené svalové vlákno s rychlým stahem

$\alpha$ W - glykolytické bílé svalové vlákno s rychlým stahem

$\beta$ R - oxidativní červené svalové vlákno s pomalým stahem