

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat

**Vliv úrovně prošlechtění vybraných živočišných druhů na
histochemické charakteristiky svalových vláken**

Doktorská disertační práce

Doktorand: Ing. Nicole Lebedová
Školitel: prof. Ing. Roman Stupka, CSc.
Konzultant: doc. Ing. Jaroslav Čítek, Ph.D.

Praha 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou disertační práci "**Vliv úrovně prošlechtění vybraných živočišných druhů na histochemické charakteristiky svalových vláken**" vypracovala samostatně a použila jsem vědecké a odborné literatury, která je citována v práci a uvedena v seznamu literatury. Jako autorka uvedené práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce prof. Ing. Romanu Stupkovi, CSc., konzultantovi práce doc. Ing. Jaroslavu Čítkovi, Ph.D. a kolegům z katedry chovu hospodářských zvířat za odborné vedení, pomoc a spolupráci při zpracování této disertační práce. Dále RNDr. Vratislavu Horákovi, CSc. a Kateřině Kramerové z AV ČR za odborné rady a poskytnutí metodik pro imunohistochemické barvení svalových vláken. V neposlední řadě patří poděkování Danielu Volfovi a jeho týmu ze společnosti Bidfood Kralupy s.r.o. a firmě Amaso CZ s.r.o. za poskytnutí vzorků divokých a přeštických černostrakatých prasat.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Literární přehled.....	2
2.1	Kosterní svalovina	2
2.2	Klasifikace svalových vláken	3
2.3	Vnitřní faktory ovlivňující svalové vlákno.....	8
2.3.1	Masná partie	8
2.3.2	Živočišný druh.....	10
2.3.3	Plemeno a genotyp	10
2.3.4	Pohlaví a hormony	12
2.3.5	Věk	13
2.4	Vnější faktory ovlivňující svalové vlákno.....	14
2.5	Kvalita masa a svalová vlákna.....	15
2.5.1	Barva masa	16
2.5.2	Vaznost masa.....	17
2.5.3	Textura masa	18
3	Metodika práce.....	19
3.1	Vědecké hypotézy.....	19
3.2	Cíle práce.....	19
3.3	Vlastní metodika práce	19
3.3.1	Klasifikace svalových vláken.....	19
3.3.2	Porovnání klasifikačních metod.....	24
3.3.3	Vliv plemenné příslušnosti.....	26
4	Výsledky	32
4.1	Porovnání klasifikačních metod	32
4.2	Vliv plemenné příslušnosti	36
4.2.1	Pokus 1 – Plemena býků	36
4.2.2	Pokus 2 – Plemena prasat.....	42
5	Diskuse.....	48
5.1	Porovnání klasifikačních metod	48
5.2	Vliv plemenné příslušnosti	53
5.2.1	Pokus 1 – Plemena býků	53
5.2.2	Pokus 2 – Plemena prasat.....	57

6	Závěr	64
7	Seznam literatury	67
8	Seznam grafů	82
9	Seznam obrázků	83
10	Seznam tabulek	84
11	Seznam zkratk	86
12	Seznam publikací autorky	89

1 Úvod

Maso, jako zdroj plnohodnotných bílkovin, je i přes neustále se měnící stravovací návyky nedílnou součástí lidské výživy. Tyto změny se týkají nejen složení jídelníčku, ale také požadavků na kvalitu jednotlivých druhů potravin rostlinného i živočišného původu. Díky těmto změnám dochází k významnému ovlivnění spotřeby jednotlivých druhů masa, vybraných jatečných partií i nároků spotřebitelů na chemické složení masa, zejména obsah tuku. Požadavky společnosti na vysoký podíl libové svaloviny a nízký obsah tuku v jatečném těle tak ovlivnily i směr šlechtění hospodářských zvířat. Toto šlechtění s sebou ovšem, kromě vysoké zmasilosti některých plemen či masných hybridů, přineslo také zhoršení kvality masa a jakostní odchylky, které negativně ovlivňují ekonomiku produkce a zároveň i chuťové a technologické vlastnosti masa.

Spotřeba masa v hodnotě na kosti se v České republice pro rok 2018 pohybovala kolem 82 kg na obyvatele a rok. Z toho více jak 50 % tvoří maso vepřové (43,2 kg), následované drůbežím (28,4 kg) a hovězím masem (8,7 kg; ČSÚ, 2019). Spotřeba vepřového masa je v České republice dlouhodobě stabilní, zatímco spotřeba hovězího masa výrazně klesala a k stabilizaci či mírnému nárůstu dochází až v posledních několika letech.

Dnešní společnost věnuje kvalitě potravin mnohem větší pozornost, než tomu bylo dříve. Kvalita masa je dána součtem jeho nutričních, sensorických, technologických a hygienických vlastností a ovlivňuje jí mnoho faktorů, ať vnitřních nebo vnějších. Jedním z nich jsou i svalová vlákna, neboť právě ta tvoří 75–90 % objemu svalu (Lee et al. 2010). Charakteristikami svalových vláken a jejich vztahu ke kvalitativním parametrům masa se ve svých studiích zabývají autoři již řadu let. Výsledky těchto studií se však mnohdy rozcházejí. Jednou z hlavních příčin mohou být rozdílné metody klasifikace svalových vláken, a to obzvláště při využití klasických histochemických metod, které využívají ke stanovení typů vláken reakce různých enzymů a jejich kombinací. Tyto systémy klasifikace však nejsou zcela kompatibilní a tak mohou být jednotlivá vlákna klasifikována odlišně. Dále také na histochemické charakteristiky svalových vláken působí v různé míře celá řada faktorů. Mezi nejvýznamnější patří živočišný druh, a v rámci něj plemeno a jeho úroveň prošlechtění. Dalšími faktory jsou masná partie, věk, pohlaví a také vnější vlivy, jako výživa nebo fyzická aktivita. Ovlivnění kompozice svalových vláken pomocí těchto faktorů by tak mohlo být jednou z možností, jak dosáhnout požadované kvality masa.

2 Literární přehled

Pojem maso má různé definice. V užším pojetí se jedná pouze o kosterní svalovinu zvířat, která se používá k lidské výživě. V praxi bývá tato definice omezena na několik desítek živočišných druhů, ale rozšířena také o vnitřní orgány jako jsou játra, ledviny, mozek a další požitelné tkáně (Lawrie & Ledward 2006). Průměrná celosvětová spotřeba masa na osobu a rok se pohybuje kolem 41 kg. Největší podíl zaujímá maso vepřové (15,3 kg), dále drůbeží (13,8 kg) a hovězí (10,1 kg). Ještě v šedesátých letech bylo nejvíce konzumovaným druhem maso hovězí. Později však bylo předstiženo spotřebou masa vepřového a v polovině devadesátých let i spotřebou drůbežního masa (FAO 2017). Příčiny tohoto vývoje jsou různé. Jednou z hlavních jsou velmi rozdílné produkční náklady. Ty jsou způsobené rozdíly v plodnosti zvířat, generačních intervalech, technologiích chovu a výkrmu, a velmi rozdílné době potřebné k dosažení porážkové hmotnosti jednotlivých druhů zvířat. Všechny zmíněné faktory se následně odrážejí na spotřebitelských cenách masa.

2.1 Kosterní svalovina

Základní jednotku masa tvoří kosterní svalovina. Jedná se o velmi heterogenní tkáň, která je složena z velkého množství různých typů vláken. Svalové vlákno je mnohojaderný útvar, jehož průměr je obvykle 10–100 μm a délka může dosahovat od několika milimetrů až po více jak 30 cm (Choi & Kim 2009). Svalová vlákna se během embryonálního vývoje diferencují z myoblastů, které pocházejí z myotomů – prekurzorových buněk mezodermálního původu. Během myogeneze se svalová vlákna vyvíjí ze dvou rozdílných populací myoblastů. Vlákna, která se formují během počáteční stadia splynutí myoblastů, tvoří primární vlákna a poskytují základní kostru pro větší populaci menších sekundárních vláken. Ta se vytvářejí ze zárodečných myoblastů během druhé vlny diferenciací (Wigmore & Evans 2002). Počet těchto sekundárních vláken kolem každého primárního vlákna je různý a u velkých savců, jako jsou prasata, může být vyšší jak 20. U prasat se primární vlákna formují přibližně do 60. dne a sekundární od 54. do 90. dne prenatalního vývoje (Stickland et al. 2009). U skotu jsou primární vlákna pozorována od 30. dne prenatalního vývoje a plně diferencovaná na konci druhého trimestru (180 dní). Sekundární generace vláken se vytváří od konce prvního trimestru březosti a dále (Picard et al. 2006). Část

myoblastů zůstává nediferencovaná a tvoří takzvané satelitní buňky, které jsou schopné se dělit a do jisté míry vytvářet nová svalová vlákna během postnatálního vývoje. Přesto je zvětšování svalové hmoty po narození převážně důsledkem rostoucí velikosti vláken, tedy svalové hypertrofie. Tento proces je doprovázen proliferační aktivitou satelitních buněk, která zde slouží jako zdroj nových jader začleňovaných do již existujících svalových vláken (Rehfeldt et al. 2004). Kosterní svalstvo dospělých zvířat se skládá z velkého množství funkčně rozdílných typů vláken. Jednotlivé typy vláken se liší svými molekulárními, metabolickými a strukturními vlastnostmi a tak mohou být klasifikovány podle různých parametrů. Tyto vlastnosti svalových vláken jsou hlavním faktorem, který ovlivňuje metabolismus energie v kosterních svalech zvířat a následně také probíhající posmrtné změny (Choi & Kim 2009).

2.2 Klasifikace svalových vláken

Pro stanovení jednotlivých typů vláken jsou využívány různé histochemické metody. Základní barvicí metody, jako je např. barvení hematoxylin-eosin (HE), sice neumožňují rozlišit jednotlivé typy vláken, ale mají význam pro barvení orientačních řezů, podle kterých lze vybrat vhodný řez pro následné histochemické či imunohistochemické reakce, jež jsou pro typizaci svalových vláken stěžejní (Peinado et al. 2004; Francisco et al. 2011).

K rozlišení svalových vláken na červená (typ I) a bílá (typ II) se původně využívalo histochemického barvení pomocí barviv takzvané sudanové řady (např. sudan black B, oil red O), která umožňují rozlišit svalová vlákna podle rozdílného obsahu lipidů (Karlsson et al. 1999; Prats et al. 2013).

Ke stanovení tří typů vláken – červených, bílých a přechodných, 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 et al. 1998).

Rutinní metodou klasifikace svalových vláken je metoda dle Brooke & Kaiser (1970) založená na rozdílné aktivitě ATPázy (adenosin trifosfatázy) v kyselém či zásaditém prostředí. Ti pomocí této metody klasifikovali svalová vlákna na typ I, IIA, IIB a minoritní skupinu IIC. Vlákna typu I jsou červená s pomalou kontrakcí, mají více myoglobinu, mitochondrií, krevních kapilár a lipidů a obsahují méně glykogenu. Jejich metabolismus je oxidativní a jsou nejvíce odolná proti vyčerpání. Typ IIB, vlákna bílá s rychlou kontrakcí,

mají zcela opačné vlastnosti. Přechod mezi typem I a IIB tvoří vlákna IIA. Stejně jako typ I mají více mitochondrií a myoglobinu a oproti vláknům IIB jsou pomalejší (Choi & Kim 2009). Vlákna typu IIC jsou považována za přechodnou formu mezi typem I a II a mohou být pozorována u novorozenců a během regenerace poškozeného svalu (Pette & Staron 1990; Karlsson et al. 1999). Brooke & Kaiser (1970) ve své práci provedli jako doplňující reakci PAS (periodic acid schiff) metodu, která slouží k průkazu tkáňových polysacharidů – glykogenu obsaženého ve svalových vláknech. Touto metodou lze určit převládající typ metabolismu svalového vlákna.

Ashmore & Doerr (1971) použili ke stanovení vláken kombinaci barvení pomocí SDH a rozdílné aktivity ATPázy, a stanovili tři typy svalových vláken: β R – ATPáza v kyselém prostředí stabilní a oxidativní, α R – ATPáza v kyselém prostředí labilní a oxidativní, α W – ATPáza labilní a glykolytický typ.

Kombinací barvení pomocí rozdílné aktivity ATPázy a barvení pomocí oxidativního enzymu NADH-TR (nikotinamid adenin dinukleotid-tetrazolium reduktáza) určili Peter et al. (1972) tři typy svalových vláken: SO – oxidativní vlákno s pomalým stahem, FOG – oxidativně glykolytické vlákno s rychlým stahem, FG – glykolytické vlákno s rychlým stahem.

Larzul et al. (1997) dále využili barvení SDH k rozdělení vláken typu IIB na oxidativní (r) a neoxidativní (w). Kombinací s barvením pomocí ATPázy tak klasifikovali vlákna na typ I, IIA, IIBr a IIBw. Vlákna typu IIA a IIBr odpovídala vláknům typu α R podle metody Ashmore & Doerr (1971), vlákna I a IIBw korespondovala s typy β R a α W.

Výše zmíněné systémy klasifikace však nejsou zcela kompatibilní při porovnání jednotlivých typů vláken. Vlákna SO odpovídají typu I, ale vlákna FG a FOG se již zcela neshodují s vlákny IIA, IIB nebo IIC (Pette & Staron 1990). Essén-Gustavsson & Lindholm (1984) klasifikovali svalová vlákna u různých svalů prasat pomocí ATPázy a NADH-TR. Z vláken, která byla při použití enzymu ATPázy stanovena jako tmavá (IIB), bylo 15–20 % stanoveno jako přechodná při použití NADH-TR. Podobně Fernandez et al. (1995) při použití ATPázy a SDH zjistili, že 7 % z vláken IIB může být klasifikováno jako α R při použití SDH.

Přesnější a detailnější klasifikaci svalových vláken umožňuje imunohistochemická (IHC) nebo imunofluorescenční analýza. Molekulární základ této typologie spočívá v polymorfismu těžkých řetězců myozinu (myosin heavy chain – MyHC). MyHC je nejvíce

zastoupený protein vytvářený v kosterní svalovině, zahrnující okolo 35 % proteinového základu (Lefaucheur 2010). Každá jednotlivá izoforma je kódována jedním genem (Weiss et al. 1999). V kosterní svalovině savců existují 4 dospělé MyHC izoformy – I, IIa, IIx a IIb. Navzdory přítomnosti genu *MyHC-IIb* (*MYH4*) u všech savců byla izoforma typu MyHC IIb původně nalezena pouze u malých savců, jako je myš, krysa nebo králík, a předpokládalo se, že u velkých savců k jeho expresi nedochází (Lefaucheur 2010). Novější studie ovšem prokázaly expresi MyHC IIb v glykolytických svalech prasat a lam (Graziotti et al. 2001; Chang et al. 2003).

Tabulka 1: Hlavní fyziologické a biochemické vlastnosti jednotlivých typů svalových vláken (převzato z Picard & Gagaoua 2020).

Typ	I	IIA	IIx	IIb
Gen	<i>MYH7</i>	<i>MYH2</i>	<i>MYH1</i>	<i>MYH4</i>
Rychlost kontrakce	+	+++	++++	+++++
Aktivita ATPázy	+	+++	++++	+++++
Aktivita SDH	+++++	++++	++	+
Práh kontrakce	+	+++	++++	+++++
Počet kontrakcí za den	+++++	++++	+++	+
Odolnost proti vyčerpání	+++++	++++	++	+
Oxidativní metabolismus	+++++	++++	++	+
Glykolytický metabolismus	+	++++	++++	+++++
Kreatinfosfát	+	+++++	+++++	+++++
Glykogen	+	+++	+++	++++
Triglyceridy	+++++	+++	+	+
Fosfolipidy	+++++	++++	+++	+
Vaskularizace	+++++	+++	+, ++	+
Myoglobin	+++++	++++	++	+
Mitochondrie	++++	+++	++	+
Pufrovací kapacita	+	++++	+++++	+++++
Šířka Z linií	+++++	+++	+++	+
Plocha vláken	+	++	++++	+++++
Červenost	+++++	+++	++	+

+: velmi nízká; ++: nízká; +++: střední; ++++: vysoká; ++++: velmi vysoká

ATPáza: adenosin trifosfatáza; SDH: sukcinát dehydrogenáza

Imunohistochemické metody využívají monoklonální protilátky proti jednotlivým MyHC izoformám a umožňují tak rozlišení čistých i hybridních (exprese dvou nebo více MyHC izoform) typů svalových vláken (Kim et al. 2013c). Jednotlivé typy svalových vláken se liší svými fyziologickými a biochemickými vlastnostmi (tabulka 1). Klasifikace svalových vláken pomocí IHC metod se jeví jako vhodná metoda především při posuzování vláken ve svalovině prasat. Ta při použití klasických histochemických metod mají ve svalu *longissimus dorsi*, který je v řadě studií využíván jako referenční sval, velmi vysoký podíl glykolytických vláken, jež zaujímají i více než 90 % z celkové plochy vláken (Ruusunen & Puolanne 2004; Choe et al. 2008). Nízké až zanedbatelné zastoupení vláken zbývajících typů tak nemusí mít vypovídající vliv na kvalitativní parametry vepřového masa. Ve svalech prasat se dále také vyskytují všechny 4 čisté MyHC izoformy (Realini et al. 2013; Kim et al. 2014), přičemž v případě skotu byla exprese MyHC IIB popsána jen v okohybných svalech (Toniolo et al. 2005) a ve svalech *semitendinosus* a *longissimus dorsi* plemene blonde d'aquitaine (Picard & Cassar-Malek 2009). Například Kim et al. (2013c) ve své práci stanovili podle MyHC izoform celkem 6 typů svalových vláken (I, IIA, IIX, IIB a dvě hybridní formy IIXA a IIXB) ve svalu *longissimus dorsi* prasat. Graziotti et al. (2001) ve své práci popsali u samců lam osm typů vláken (4 čisté a 4 hybridní formy) ve svalu *semitendinosus*. Toniolo et al. (2005) popsali dále také vývojové izoformy MyHC u očních svalů skotu. Výhodami imunohistochemie je možnost identifikace hybridních vláken a rozlišení nezralých a regenerujících vláken od vláken dospělých. Dále tyto metody také podávají přesnější výsledky u vzorků odebíraných *post mortem*, kdy výrazně klesá aktivita enzymu ATPázy, která je stěžejní pro některé výše zmíněné klasifikační metody (Pette & Staron 2000). Zastoupení svalových vláken ve svalu *longissimus dorsi* prasat dle jednotlivých autorů a zvolených klasifikačních metod je pro ilustraci uvedeno v tabulce 2.

Vlastní klasifikace a měření velikosti a počtu svalových vláken mohou být prováděny pomocí různých technik. Velikost vláken je nejčastěji určována měřením průměru nebo plochy příčného histologického řezu vláken. Pro tyto účely se využívají různé moderní programy analýzy obrazu. Nesprávných výsledků může být dosaženo, pokud jsou svalová vlákna seříznuta šikmo. Tak může být naměřena mnohem vyšší hodnota průměru nebo plochy vláken. Také čas odběru vzorků je velmi důležitý pro správné stanovení velikosti vláken, neboť rozdílné stádium svalové kontrakce (*rigor mortis* a následná relaxace) může ovlivnit naměřené hodnoty.

Tabulka 2: Zastoupení jednotlivých typů svalových vláken ve svalu *longissimus dorsi* prasat v závislosti na klasifikační metodě.

Klasifikace / barvicí metoda	Studie	Zastoupení jednotlivých typů vláken (%)					
<i>Peter et al. 1972</i>	Maltin et al. 1997	SO 4,6–15,3		FOG 20,3–39,6		FG 53,7–73,6	
<i>Ashmore & Doerr 1971</i>	Čandek-Potokar et al. 1999	βR 10,4–11,9		αR 9,9–10,5		αW 77,7–79,7	
<i>Brooke & Kaiser 1970</i>	Ruusunen & Puolanne 2004	I 6,5–13,0		IIA 3,2–17,3		IIB 69,7–90,3	
	Ryu et al. 2008	I 5,4–7,5		IIA 5,6–7,1		IIB 85,1–88,2	
	Hwang et al. 2018	I 5,8		IIA 4,7		IIB 89,5	
<i>Larzul et al. 1997 ATP/SDH</i>	Larzul et al. 1997	I 6,5	IIA 3,5	IIBr 7,5		IIBw 82,5	
IHC	Chang et al. 2003	I 10,6–15,4	IIa 3,5–6,2	IIx 28,7–35,5		IIB 48,6–54,4	
	Fazarinc et al. 2013	I 10,8–17,0	IIa 11,5–26,3	IIx/b 15,7–31,0		IIB 25,7–62,0	
	Kim et al. 2014	I 8,6–14,5	IIA 5,7–9,4	IIAX 1,7–5,5	IIx 17,2–21,8	IIxB 2,9–11,9	IIB 54,7–62,8
	Song et al. 2020	I 6,2	IIA 3,4	IIAX 0,4	IIx 17,6	IIxB 4,3	IIB 68,1

ATP: adenosin trifosfatáza; IHC: imunohistochemie; SDH: sukcinát dehydrogenáza

Hodnocení počtu vláken je poněkud složitější a výsledky tohoto měření se mohou velmi lišit v závislosti na zvolené technice. Nejčastěji používanou metodou je počítání jednotlivých vláken na příčném řezu. Zde mohou být hodnocena všechna svalová vlákna na příčném řezu svalu (u malých svalů), anebo počet svalových vláken na jednotku plochy (Rehfeldt et al. 2004).

Kromě histologických metod existují i další možnosti jak klasifikovat svalová vlákna, například pomocí elektroforetické separace (SDS-PAGE) jednotlivých MyHC izoformem podle jejich molekulární hmotnosti nebo pomocí jiných imunologických technik jako je ELISA nebo Dot blot (Picard & Gagaoua 2020). Tyto metody mohou být vhodné především u studií s velkým počtem zvířat, neboť nejsou tak časově náročné jako například imunohistochemická metoda. Na druhou stranu však umožňují pouze potvrzení přítomnosti daných izoformem a jejich kvantifikaci.

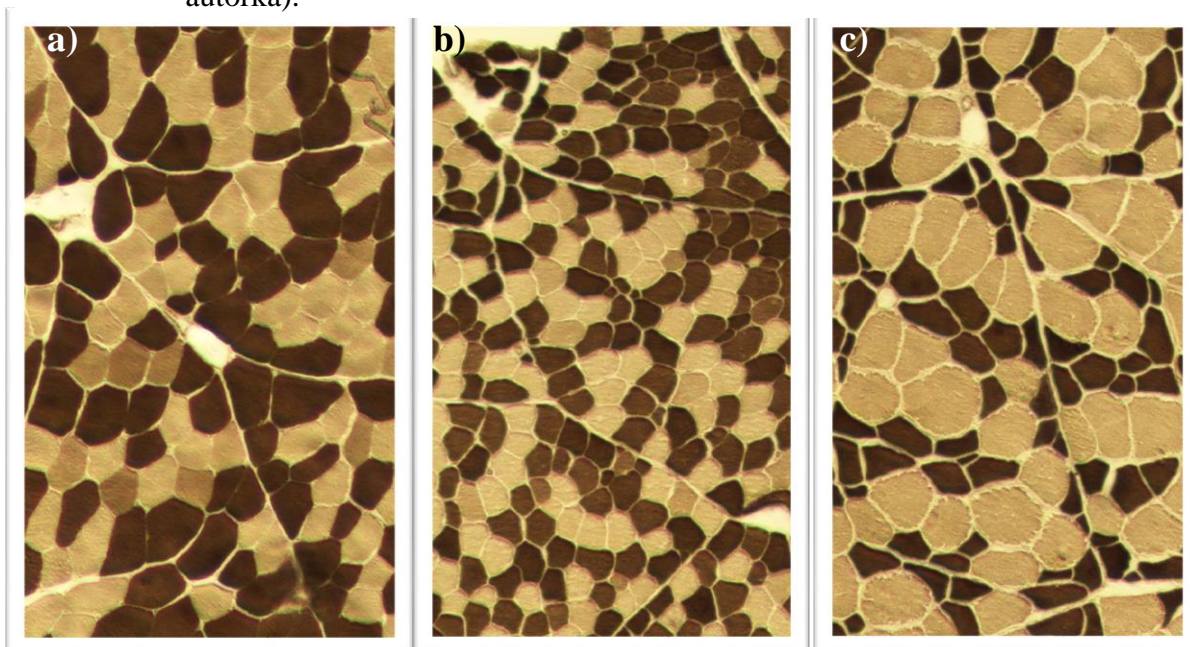
2.3 Vnitřní faktory ovlivňující svalové vlákno

2.3.1 *Masná partie*

Existuje mnoho faktorů, které ovlivňují charakteristiky svalových vláken. V rámci jednotlivce je kompozice svalových vláken primárně ovlivněna typem, umístěním a funkcí svalu. Obecně se mnohem větší rozdíly vyskytují mezi jednotlivými anatomickými svaly jedince než mezi identickými svaly různých plemen. Obvykle platí, že hluboké svaly, které se podílejí na udržování pozice těla, jsou více oxidativní a obsahují více vláken typu I. Oproti tomu svaly umístěné více na povrchu, využívané k rychlým pohybům, obsahují více vláken typu IIB (Joo et al. 2013). Vysoký podíl vláken typu I a IIA se vyskytuje u prasat ve svalech *masseter*, *trapezius*, *vastus intermedius*, *triceps brachii*, *infraspinatus* a *supra spinam* (Karlsson et al. 1999). Naopak vyšší zastoupení vláken typu IIB je ve svalech *longissimus dorsi*, *gluteus medius*, *biceps femoris*, *quadriceps femoris*, *vastus lateralis* a *semimembranosus* (Joo et al. 2013). Stejně tak u skotu mnohé studie prokázaly vyšší zastoupení vláken typu IIB ve svalech *longissimus dorsi*, *gluteus medius*, *biceps femoris* a *semimembranosus* a vyšší zastoupení vláken typu I například ve svalech *trapezius*, *biceps brachii*, *brachialis*, *infraspinatus* a *psaos major* (Ozawa et al. 2000; Kirchofer et al. 2002; Hwang et al. 2010). Kirchofer et al. (2002), kteří porovnávali 36 různých svalů skotu, klasifikovali svalová vlákna s využitím metody Ashmore & Doerr (1971) na βR , αR a αW a podle jejich zastoupení pak rozdělili svaly do skupin červených, bílých a přechodných svalů. Do skupiny svalů přechodných zařadili svaly *deep pectoral*, *supraspinatus*, *triceps*

brachii nebo také *vastus lateralis*. Rozdíly v zastoupení vláken jsou patrné také uvnitř svalu. V rámci svalu mají vnitřní oblasti vyšší podíl vláken typu I oproti oblastem periferním. Beermann et al. (1990) uvedli, že ve svalu *semitendinosus* prasat se zastoupení vláken typu I pohybuje od 4 % v periferní oblasti až k 45 % ve vnitřní části svalu. Dreyer et al. (1977) pozorovali ve svalu *semitendinosus* skotu, že se zvětšování průměru vláken zastavuje později ve světlé periferní oblasti svalu, shodně se zvýšením procentuálního zastoupení vláken typu IIB v této oblasti.

Obrázek 1: Svalová vlákna obarvená metodou Brooke & Kaiser (1970) ve svalech *longissimus lumborum* (a), *triceps brachii* (b) a *rectus abdominis* (c) skotu (foto autorka).



Jednotlivé svaly jedince se neliší pouze v zastoupení vybraných typů vláken, ale také v jejich velikosti – průměrné ploše příčného řezu vlákna. Hwang et al. (2010) ve své studii porovnávali sval *longissimus dorsi*, *psaos major* a *semimembranosus* u korejského skotu hanwoo. Největší svalová vlákna pozorovali u svalu *longissimus dorsi*, dále u svalu *psaos major* a nejmenší u svalu *semimembranosus* u všech tří typů vláken kromě typu IIA, kde byla nejmenší vlákna u svalu *psaos major*. Oury et al. (2010) porovnávali velmi specifický sval *rectus abdominis* se svaly *longissimus thoracis* a *triceps brachii*. Sval *rectus abdominis* měl v porovnání s ostatními svaly největší svalová vlákna a největší u tohoto svalu byla vlákna typu SO, tedy pomalá oxidativní a nejmenší rychlá glykolytická – FG. U svalu *triceps brachii* byl pozorován pravý opak. Tyto rozdíly jsou mnohdy patrné již při pohledu na

histologická skla (Obrázek 1). Realini et al. (2013) pozorovali také ve svalech prasat rozdílné zastoupení a velikost vláken u svalů *longissimus thoracis*, *semitendinosus* a *masseter*. U svalu *semitendinosus* dále pozorovali významné rozdíly v histochemických charakteristikách svalových vláken v rámci vnitřní a vnější oblasti svalu.

2.3.2 Živočišný druh

Histochemické charakteristiky svalových vláken se samozřejmě výrazně liší mezi jednotlivými živočišnými druhy. Velikost těla obratlovců je velice odlišná, avšak není odrazem rozdílné velikosti svalových vláken. Průměrná velikost příčného řezu vláken se pohybuje mezidruhově zhruba od 20 do 80 μm . Největší vlákna ale nenalzáme u velryb, jak by se mohlo dle velikosti těla zdát, ale u prasat. Odlišná velikost těla je tak spíše způsobena rozdíly v počtu svalových vláken. Například sval *longissimus dorsi* prasat obsahuje 6–7krát více svalových vláken v porovnání se stejným svalem králíka, ale průměr vláken je zhruba jen dvakrát větší (Rehfeldt et al. 2004). Mezidruhové rozdíly byly také pozorovány v zastoupení jednotlivých typů svalových vláken. Schiaffino & Reggiani (2011) uvádí, že svaly malých zvířat jako jsou myši, obsahují převážně vlákna typu IIX a IIB s hojným obsahem oxidativních enzymů. Zatímco svaly velkých savců, stejně tak člověka, mají nižší obsah oxidativních enzymů a jsou složena hlavně z vláken typu I a IIA.

Rozdílnou kompozici svalových vláken je možné pozorovat i v rámci méně odlišných živočišných druhů. Zochowska-Kujawska et al. (2009) hodnotili svalová vlákna ve svalu *semimembranosus* u čtyř druhů lovné zvěře – jelena, srnce, daňka a prasete divokého. Prokazatelně vyšší zastoupení vláken IIB bylo pozorováno u daňků a srnců. Nejnižší obsah vláken IIA měli daňci, zatímco nejvyšší obsah byl u jelenů a prasat. Vlákna typu I byla nejvíce zastoupena u prasat a daňků, nejméně pak u srnců. Rovněž je zajímavý rozdíl v kompozici svalových vláken v prsních svalech kuřat a kachen. Kachní prsa obsahují přibližně 73 % vláken IIB a 27 % vláken IIA, zatímco u kuřat je prsní svalovina složena pouze z vláken IIB (Ismail & Joo 2017).

2.3.3 Plemeno a genotyp

Jedny z nejvýznamnějších faktorů, které působí na charakteristiky svalových vláken v rámci druhu, jsou plemeno a genotyp. Obecně platí, že ve svalech volně žijících zvířat se nachází více oxidativních vláken typu I a vlákna mají menší plochu řezu oproti domestikovaným zvířatům (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 svalových vláken (Joo et al. 2013). Například Rede et al. (1986) porovnávali silně prošlechtěná plemena prasat large white a švédská landrase s primitivními plemeny mangalica a černé slavonské. U prošlechtěných plemen našli vyšší podíl bílých vláken s větším průměrem než u plemen primitivních (Karlsson et al. 1999). Ryu et al. (2008) pozorovali ve svalu *longissimus* u plemene berkshire vyšší zastoupení vláken typu I v porovnání s plemeny landrase a yorkshire. Rozdíly mezi plemeny berkshire, duroc, landrase a yorkshire pozorovali i Lee et al. (2012). Essén-Gustavsson & Lindholm (1984), Rehfeldt et al. (2008) a další autoři našli rozdíly v histochemických charakteristikách svalových vláken mezi divokými a domácími prasaty.

Rozdíly v histochemických charakteristikách svalových vláken mezi pěti plemeny skotu (limousine, simmental, qinchuan, luxi a jinnan) našli Xie et al. (2012). Wegner et al. (2000) hodnotili svalová vlákna u plemen galloway, německý angus, holštýnské a belgické modrobílé. Neobjevili žádné signifikantní rozdíly mezi plemeny, kromě belgického modrobílého. Fenomén dvojitého osvalení nebo svalové hypertrofie, kterým se plemeno belgické modrobílé vyznačuje, je spojován s mutací genu pro myostatin (*MSTN*). Poprvé ho popsal Culley (1807) a byl nalezen u mnoha plemen skotu. Nárůst svalové hmoty je způsoben jak hyperplasií (zvýšení počtu) tak hypertrofií (zvětšení velikosti) svalových vláken, ačkoli převážně hyperplasií. Maso zvířat s dvojitým osvalením se dále také vyznačuje sníženým množstvím tuku, vyšší křehkostí a světlejší barvou než je tomu u zvířat bez této mutace, a to díky nižšímu obsahu pojivové tkáně, většímu zastoupení bílých vláken a nižšímu obsahu myoglobinu ve svalech (Kambadur et al. 2004). Dalším příkladem výskytu takto extrémního osvalení je mutace callipyge (*CLPG*) u ovcí, která se projevuje svalovou hypertrofií během časného postnatálního vývoje (3–8 týdnů věku), nejvíce u svalů *longissimus dorsi* a *biceps femoris* (Freking et al. 2004).

U prasat je dobře známá bodová mutace genu ryanodinového receptoru (*RYR1*) spojovaná se syndromem maligní hypertermie prasat. V kosterních svalech tato mutace vede k vyššímu uvolňování vápníku, které urychluje glykolýzu. Ta způsobuje rychlé snížení pH v časném stádiu *post mortem*, denuraci proteinů a ztrátu jejich funkce. Nositelé genotypu *nn* produkují bledé, měkké a vodnaté maso. Na druhou stranu mají v porovnání s jedinci, kteří tuto alelu nemají, vyšší jatečnou výtěžnost a vyšší obsah libového masa. Z hlediska mikroskopické struktury svalu se tyto změny projevují zvětšenou plochou vláken, sníženou

kapilární hustotou a vyšší frekvencí výskytu abnormalit jako jsou „obří“ vlákna (Rehfeldt et al. 2004).

Meziplenné rozdíly ve složení svalových vláken byly popsány i u dalších druhů hospodářských zvířat jako jsou králíci (Tůmová et al. 2014), kuřata (Jaturasitha et al. 2008) nebo nutrie (Tůmová et al. 2016). Zda a do jaké míry mohou být biologické znaky ovlivňovány selekcí zvířat, převážně závisí na genetické variabilitě a heritabilitě. Byla provedena řada studií pro odhad heritability charakteristik svalových vláken. Koeficienty heritability pro počet svalových vláken byly stanoveny v rozmezí od 0,12 do 0,88 dle různých autorů a živočišných druhů. Pro sval *longissimus* prasat: 0,28–0,41 (Fiedler et al. 1991), 0,66–0,88 (Staun 1963), ve svalu *longissimus* skotu: 0,35 (Osterc 1974). Tyto výsledky dokazují, že počet svalových vláken není výhradně určený geneticky, jak se původně předpokládalo vzhledem k jejich relativní stálosti během postnatálního života. Odhady dědivosti pro velikost svalových vláken se také pohybují od nízkých po vysoké dle různých autorů, nejvíce však mezi 0,2–0,3 (Rehfeldt et al. 2004). Pro kompozici jednotlivých typů svalových vláken stanovili Rivero & Barrey (2001) koeficient heritability 0,11–0,28 ve svalu *gluteus medius* andaluských koní.

2.3.4 Pohlaví a hormon

Některé studie prokázaly rozdíly v histochemických charakteristikách svalových vláken mezi pohlavím. Rehfeldt et al. (2004) uvádí, že nekastrovaní samci většinou vykazují větší svalová vlákna v porovnání s kastrovanými samci nebo samicemi, ačkoli u prasat jsou pozorována větší svalová vlákna u samic než u samců. Wojtysiak et al. (2010) sledovali vliv pohlaví a porážkové hmotnosti na histochemické charakteristiky svalových vláken ve svalu *longissimus thoracis* jehňat. Větší svalová vlákna pozorovali u samců a to bez rozdílu v procentuálním zastoupení jednotlivých typů. Naopak Spindler et al. (1980) zjistili ve svalu *biceps femoris* větší svalová vlákna u jaloviček v porovnání s volky. Bee (2004) pozoroval vliv pohlaví prasat na charakteristiky svalových vláken různých svalů. Ve svalu *longissimus* a *rectus femoris* zjistili statisticky významné rozdíly ve velikosti vláken SO. Vepřící měli větší plochu těchto vláken v porovnání s prasničkami. Naopak ve světlé části svalu *semitendinosus* u vláken FOG a FG měly prokazatelně větší svalová vlákna prasničky. Podle Rehfeldt et al. (2004) mají samci oproti samicím také větší celkový počet vláken. Tyto rozdíly pozorovali například Papstein et al. (1999) ve svalu *longissimus* skotu, Rehfeldt et al. (1997) ve svalu *extensor hallucis longus* kuřat, nebo Joubert et al. (1994) ve svalu *levator*

ani kryš. Dále Bee (2004) ve svalu *rectus femoris* prasat pozoroval statisticky průkazné rozdíly v zastoupení vláken FOG a FG. Některé jiné studie (Staun 1963; Miller et al. 1975; Rehfeldt et al. 1994) však tyto rozdíly nepotvrdily.

Rozdíly v počtu a velikosti vláken jsou v první řadě pod kontrolou pohlavního hormonu testosteronu (Rehfeldt et al. 2004). Yoshioka et al. (2007) uvádí, že ošetření testosteronem v pozdějším postnatálním období může stimulovat svalovou hypertrofii prostřednictvím proliferace satelitních buněk a syntézy svalového proteinu, a to bez navýšení celkového počtu vláken. Testosteron však může také stimulovat délkový růst vlákna a tak zvětšovat počet vláken na příčném řezu svalu. Rozdíly v počtu a velikosti vláken mohou být nakonec také způsobeny rozdílnou fyzickou aktivitou mezi pohlavími (Rehfeldt et al. 2004).

Svalová vlákna také ovlivňují některé další hormony, například hormony štítné žlázy. Hypotyreóza způsobuje přechod rychlých vláken typu IIB k pomalým vláknům typu I, oproti tomu hypertyreóza způsobuje přechod v opačném směru (Ianuzzo et al. 1977). Nízká hladina hormonů štítné žlázy také zpomaluje nebo inhibuje postnatální přeměnu červených vláken ve vlákna bílá, naopak vysoká hladina tento proces urychluje (Adams et al. 1999).

Také byl studován vliv růstového hormonu, β -agonistů a steroidů na svalová vlákna. Ryu et al. (2007) uvádí, že existuje negativní vztah mezi koncentrací IGF-I (insulin-like growth factor-I) a kompozicí vláken typu I, zatímco sérum epidermálního růstového faktoru pozitivně koreluje se zastoupením vláken typu I. β -agonisté stejně jako růstový hormon podporují růst čisté svaloviny a snižují ukládání tuku u skotu, prasat, ovcí a drůbeže (Rehfeldt et al. 2004). Beermann et al. (1987) pozorovali zvýšení plochy glykolytických vláken u ovcí krmených β -agonisty, vliv na kompozici svalových vláken však nebyl zcela zřetelný. Oksbjerg et al. (1994) zjistili zvýšení frekvence vláken typu IIB na úkor vláken IIA, po ošetření β -agonisty u prasat. Steroidy byly kdysi velmi používané ve Spojených státech amerických ke zlepšení produkce masa. Přesto jsou studie zabývající se efekty steroidů na morfologii svalu poměrně vzácné (Rehfeldt et al. 2004). Ono et al. (1996) pozorovali zvětšení velikosti všech tří typů vláken po kombinovaném podávání estradiolu a progesteronu pouze u jednoho ze šesti sledovaných svalů skotu. Clancy et al. (1986) sledovali zvýšení plochy pouze u pomalého typu vláken ve svalu skotu ošetřeného steroidy.

2.3.5 Věk

Svalová vlákna se také mění v závislosti na věku zvířat. Celkový počet vláken je považován za ustálený okolo 85. až 90. dne prenatálního vývoje u prasat (Wigmore &

Stickland 1983) a okolo 180. dne u skotu (Picard et al. 2006). Plocha vláken zůstává během prenatalního vývoje poměrně stálá, zatímco kompozice svalových vláken se dramaticky mění. Obecně platí, že postnatální přechody vláken probíhají směrem od oxidativního ke glykolytickému typu (Lefaucheur & Vigneron 1986). Jurie et al. (1995) uvádí, že u skotu podíl vláken typu I zůstává relativně konstantní, zatímco posun typu IIA k více glykolytickému typu IIB je v poporodní diferenciaci vláken velmi významný. Brandstetter et al. (1998) studovali charakteristiky svalových vláken u rostoucích býků plemene montbeliard. Podíl vláken ve svalu *longissimus dorsi* 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. Zastoupení vláken typu IIB se mezi těmito měsíci výrazně snížilo. Stejně tak jako podíl jednotlivých typů svalových vláken se měnil i procentuální podíl jejich plochy. Lefaucheur & Vigneron (1986) uvedli, že se ve třech sledovaných svalech prasat podíl červených vláken β R zvyšoval od narození do zhruba 2 měsíců věku a dále se jen nepatrně měnil. Zatímco podíl glykolytických vláken se přibližně od jednoho měsíce věku rapidně zvyšoval a v živé hmotnosti 30–50 kg tvořil ve svalu *longissimus* 60 %, *psaos major* 30 % a *tibialis cranialis* 12 % vláken. Podobně Kim et al. (2013b) pozorovali snížení zastoupení vláken typu I a IIA a zvýšení podílu vláken IIB se vzrůstající porážkovou hmotností prasat. Chrystall et al. (1969) uvedli, že se diametr svalových vláken prasat od narození do 25. dne věku zvýší o 100 %, zatímco od 100. do 125. dne vzrůstá pouze o 10 %.

2.4 Vnější faktory ovlivňující svalové vlákno

Nejen vnitřní ale také vnější faktory mohou ovlivňovat charakteristiky svalových vláken. Pro normální vývoj svaloviny je nezbytná adekvátní výživa během fetálního i postnatálního období. Podvýživa během fetálního vývoje způsobuje snížení počtu sekundárních vláken, které následně vede k trvalému snížení růstového potenciálu během postnatálního života (Joo et al. 2013). Naopak zdvojnásobení výživy prasnic mezi 25. a 50. dnem březosti může zvýšit celkový počet vláken ve svalech selat (Dwyer et al. 1994).

Zvětšování velikosti svalových vláken v průběhu postnatálního vývoje je negativně ovlivněno restrikcí krmiva, a to bez ohledu na stadium růstu prasat. Zatímco efekt restringovaného krmení na zastoupení jednotlivých typů svalových vláken je pravděpodobně na růstové fázi závislý (Joo et al. 2013). Podle Harrison et al. (1996) restrikce krmiva v raném věku (3–7 týdnů) neovlivnila kompozici svalových vláken ve svalu *longissimus* prasat, ale vedla k dramatickému zvýšení počtu vláken typu I ve svalu *rhomboideus* a snížení

celkové plochy všech vláken. Bee et al. (2007) neprokázali vliv rozdílné úrovně výživy na svalová vlákna ve svalu *rectus femoris* prasat, zatímco ve světlé části svalu *semitendinosus* zjistili menší plochu všech typů vláken u restringované skupiny prasat. Ve svalu *longissimus* byla u restringované skupiny prokazatelně menší plocha vláken SO. Ve světlé části svalu *semitendinosus* bylo u restringované skupiny také prokazatelně menší zastoupení vláken typu FG a vyšší zastoupení vláken FOG v porovnání s ad libitně krměnou skupinou.

Svalová vlákna jsou dynamické struktury, které vykazují vysokou plasticitu. Posun mezi typy vláken probíhá po následující dráze: I ↔ IIA ↔ IIX ↔ IIB. Zastoupení jednotlivých typů vláken lze měnit fyzickým tréninkem, v závislosti na jeho způsobu a délce trvání (Joo et al. 2013). Cílené cvičební programy nejsou v živočišné produkci používány, ale různé systémy chovu a technologie ustájení umožňují zvířatům rozdílnou pohybovou aktivitu. Přesto existují studie zaměřené na vliv cvičení na vývoj svalových vláken. Nejčastěji se jedná o laboratorní zvířata, jako jsou hlodavci nebo křepelky (Rehfeldt et al. 2004). Při tréninku zaměřeném na vytrvalost dochází k přechodu vláken ve směru IIB → IIX → IIA → I ve svalech zapojovaných při cvičení (Joo et al. 2013). Tento posun byl pozorován například u miniaturních prasat (McAllister et al. 1997) a také potvrzen u prasat ve studii Petersen et al. (1998). Zvětšení počtu vláken na příčném řezu při denním vytrvalostním tréninku na šlapacím kole byl pozorován u morčat ve svalu *plantaris* a ve svalu *rectus femoris* u myši. Toto zvýšení počtu vláken je pravděpodobně primárně způsobeno prodloužením jednotlivých vláken ve svalu (Rehfeldt et al. 2004).

Také teplota prostředí může ovlivnit složení svalových vláken. Například dlouhodobé působení nízkých teplot vyvolalo zvýšení podílu pomalých svalových vláken v oxidativních svalech zapojovaných do udržování tělesné polohy prasat (Joo et al. 2013).

2.5 Kvalita masa a svalová vlákna

Definovat kvalitu čerstvého masa je poměrně obtížné, neboť je to velmi komplexní pojem, který je závislý na preferencích spotřebitelů. Ty přímo souvisí s lidskými smysly, a tak spotřebitelé kvalitu masa posuzují především na základě jeho vzhledu, vůně a chuti (Joo et al. 2013). Kvalitu masa lze také shrnout do následujících tří skupin. Vzhled masa – AQT (appearance quality traits), který je určen barvou masa, barvou baleného masa, množstvím a distribucí tuku, barvou tuku, množstvím uvolněné šťávy na povrchu masa, texturou masa a celkovou čistotou v balení. Kulinární vlastnosti – EQT (eating quality traits) zahrnují křehkost, žvýkatelnost, chutnost a šťavnatost, tedy v podstatě jakýsi celkový pocit

v ústech. Poslední skupinu tvoří vlastnosti určující důvěru zákazníka – RQT (reliance quality traits). Mezi ně patří bezpečnost, výživová hodnota, welfare zvířat, cena, prezentace produktu, původ nebo také značka (Troy & Kerry 2010).

Zmíněné kvalitativní vlastnosti masa jsou ovlivňovány mnoha faktory. Mezi ně patří struktura svalu, chemické složení, stres a předporážkové efekty, průběh posmrtných změn, zpracování a skladování masa, jeho mikrobiologická kontaminace a další (Joo et al. 2013). Hlavní komponentou svalu jsou svalová vlákna. Ta zaujímají 75–90 % jeho objemu, a tak jsou jedním z hlavních faktorů, které určují finální kvalitu masa (Lee et al. 2010). S kvalitativními parametry masa jsou nejčastěji spojovány vlastnosti svalových vláken jako je celkový počet vláken, plocha vlákna a zastoupení jednotlivých typů vláken ve svalu (Joo et al. 2013). Ta je vyjadřována buď zastoupením jednotlivých typů vláken z celkové plochy vláken nebo z jejich počtu (Ruusunen & Puolanne 1997; Choe et al. 2008; Choi & Oh 2016).

2.5.1 Barva masa

Barva masa je prvním faktorem, který ovlivňuje spotřebitele při výběru masa. Působí na ni celá řada činitelů jako je živočišný druh, věk nebo masná partie. Rozdíly v barvě masa jsou způsobeny různým obsahem myoglobinu. Vyšší koncentraci myoglobinu, a tudíž i červenější barvu, mají svaly s vyšším zastoupením vláken typu I (Listrat et al. 2016). Tato vlákna v porovnání s vlákny IIB obsahují i více krevních kapilár, jejichž vyšší hustota také způsobuje tmavší barvu masa (Su et al. 2013).

Realini et al. (2013) pozorovali výrazně světlejší (L^*) i méně červenou (a^*) barvu masa u svalu *longissimus dorsi* a světlé části svalu *semitendinosus* v porovnání se svalem *masseter* a tmavou částí svalu *semitendinosus*, u kterých bylo výrazně vyšší zastoupení vláken typu I. Stejně tak Chang et al. (2003) pozorovali tmavší a červenější barvu u svalu *psaos major* v porovnání se svalem *longissimus dorsi*, u kterého zjistili vyšší zastoupení vláken MyHC IIB. Wegner et al. (2000) porovnávali svalová vlákna u 4 plemen skotu. Plemeno belgické modrobílé mělo výrazně vyšší zastoupení svalových vláken typu IIB a v porovnání s ostatními plemeny mělo nejsvětlejší barvu masa a nejméně intramuskulárního tuku.

Během skladování masa může být myoglobin oxidován na hnědý metmyoglobin (Listrat et al. 2016). Rychlejší změna barvy v průběhu skladování postihuje svaly s převahou červených – oxidativních vláken vzhledem k rychlejší spotřebě kyslíku (Joo et al. 2013). Tato vlákna, v porovnání s vlákny IIB, obsahují i více krevních kapilár, jejichž vyšší hustota také způsobuje tmavší barvu masa (Su et al. 2013). Tmavší barva vepřového masa ve

spojitosti s vyšším zastoupením vláken typu I, tedy negativní korelace mezi světlostí masa a zastoupením vláken typu I, byla pozorována v řadě studií (Ryu & Kim 2005; Kim et al. 2013c; Lee et al. 2016). Kim et al. (2013c) sledovali také hybridní vlákna typu IIXA a IIXB. Mezi světlostí masa a zastoupením vláken IIXA pozorovali významné záporné korelace, stejně jako tomu bylo u vláken typu I a IIA. U vláken IIXB byla tato korelace pozitivní. Ryu & Kim (2005) a Lee et al. (2016) klasifikovali svalová vlákna pomocí metody Brooke & Kaiser (1970) a stanovili pozitivní korelaci mezi zastoupením vláken typu IIB a světlostí masa. Nejen zastoupení, ale také velikost vláken může ovlivňovat barvu masa. Kim et al. (2013a) zjistili, že vyšší zastoupení velkých vláken typu IIB způsobuje světlejší barvu masa v porovnání se vzorky s vyšším zastoupením vláken malé nebo normální velikosti.

2.5.2 Vaznost masa

U vepřového masa je vyšší obsah vláken IIB spojován nejen se světlejší barvou, ale také s nižší vazností masa, která je u vepřového hlavním kvalitativním parametrem (Su et al. 2013). Schopnost masa vázat vodu souvisí s hodnotou pH *post mortem*. Svalová vlákna typu IIB jsou více glykolytická a jejich metabolismus přispívá k rychlému poklesu hodnot pH v raném *post mortem* stadiu. Což v souvislosti s vysokou teplotou masa v tomto období vede k denuraci proteinů a v některých extrémních případech k výskytu masa PSE (Listrat et al. 2016). To je problém obzvláště vepřového masa, které ve srovnání s masem hovězím nebo jehněčím obsahuje větší podíl svalových vláken typu IIB. Uvolněná voda na povrchu tohoto masa také odráží světlo a způsobuje tak světlejší barvu masa (Joo et al. 2013). Realini et al. (2013) stanovili nižší hodnoty pH ve svalu *longissimus dorsi* a periferní oblasti *musculus semitendinosus* v porovnání s *musculus masseter* a střední částí svalu *semitendinosus*, které obsahují výrazně vyšší podíl vláken typu I a IIA. Ryu et al. (2006) pozorovali, že prasata s vyšším zastoupením vláken typu IIB vykazovala nižší hodnotu pH a vyšší ztrátu odkapem v porovnání s prasaty s nižším zastoupením těchto vláken. Stejně tak Lee et al. (2016) uvádí pozitivní korelační koeficienty mezi zastoupením vláken typu IIB a ztrátou odkapem. Mezi vlákny typu I, IIA a ztrátou odkapem zjistili zápornou korelaci. Kim et al. (2013c) pozorovali záporné korelace mezi ztrátou masové šťávy odkapem a zastoupením vláken typu I, IIA, IIX a IIXA. U vláken typu IIB a IIXB byla korelace pozitivní. Dále stanovili významné negativní korelační koeficienty mezi plochou vláken typu I, IIA a IIX a ztrátou odkapem. Podobné výsledky zjistili i pro ztráty varem. Kim et al. (2013a) došli k závěru, že prasata s vyšším

zastoupením vláken s velkou plochou měla nejen světlejší, ale také více vodnaté a tužší maso než skupiny prasat s vyšším zastoupením vláken typu IIB malé nebo normální velikosti.

2.5.3 *Textura masa*

Textura masa je ovlivněna velikostí svalových vláken, množstvím pojivové tkáně a částečně i podílem intramuskulárního tuku. Silná svalová vlákna a velké svalové svazky jsou odpovědné za hrubou strukturu na příčném řezu masa (Zochowska et al. 2005). Tu ještě zvyšuje zesílení pojivových tkání. Textura masa souvisí s jeho křehkostí, která je jednou z nejdůležitějších kulinárních vlastností masa. Křehkost masa závisí hlavně na množství a rozpustnosti pojivové tkáně, na složení svalových vláken a stadiu posmrtných změn (Joo et al. 2013).

Vliv charakteristik svalových vláken na křehkost masa je však stále poměrně nejasný. Křehkost masa negativně ovlivňuje množství kolagenu, který zvyšuje tuhost masa. Svaly s převahou pomalých červených vláken obsahují větší množství kolagenu než svaly s převahou bílých vláken (Kovanen et al. 1984), a tak by se vyšší obsah vláken typu I mohl zdát pro křehkost masa nevhodný. Vyšší zastoupení rychlých glykolytických vláken ve svalu také urychluje průběh zrání a má tak na křehkost masa pozitivní vliv (Ouali 1990). Na tu má ale také vliv obsah intramuskulárního tuku, který pozitivně koreluje se zastoupením právě vláken typu I v hovězím mase (Choi & Kim 2009). To ve své studii potvrdil i Hwang et al. (2010). Naproti tomu Kim et al. (2013b) objevili pozitivní korelaci mezi obsahem intramuskulárního tuku a podílem a velikostí vláken typu IIB ve svalu *longissimus* prasat. Renand et al. (2001) uvádí, že u skotu svaly s větší plochou vláken, především typu IIB, mají tužší maso v porovnání se svaly s menší plochou vláken. Berri et al. (2007) oproti tomu uvedli, že plocha vláken pozitivně koreluje s křehkostí masa prsních svalů brojlerových kuřat. Kim et al. (2013a) zjistili, že prasata s vyšším zastoupením vláken IIB s velkou plochou měla nejvyšší sílu stříhu a nejnižší podíl intramuskulárního tuku. Naopak podle Larzul et al. (1997) obsah intramuskulárního tuku pozitivně koreluje s plochou vláken ve vepřovém mase. To u vybraných typů vláken potvrzují i další autoři (Kim et al. 2013b, 2013c). Lefaucheur (2010) uvedl, že neexistuje žádný univerzální vztah mezi kompozicí svalových vláken a obsahem IMT v mase a předpokládá, že obě vlastnosti jsou spíše nezávislé.

3 Metodika práce

Na základě prostudované literatury byly pro disertační práci zvoleny dvě vědecké hypotézy a tomu odpovídající cíle práce.

3.1 Vědecké hypotézy

1. Imunohistochemické klasifikační metody umožňují stanovit více typů svalových vláken a tak lépe posoudit jejich vliv na kvalitu masa.
2. Úroveň prošlechtění (plemenná příslušnost) prasat a skotu má vliv na dosahované charakteristiky svalových vláken.

3.2 Cíle práce

1. Pomocí imunohistochemických metod podrobněji klasifikovat svalová vlákna, a tak lépe zhodnotit vztah mezi jejich charakteristikami a kvalitou masa.
2. Vyhodnotit vliv rozdílného stupně prošlechtění prasat a skotu na utváření svalových vláken a kvalitu masa.

3.3 Vlastní metodika práce

Vlastní metodika práce byla rozdělena do dvou samostatných okruhů navazujících na předložené hypotézy a cíle práce. Vzhledem k tomu, že samotná klasifikace svalových vláken tvoří stěžejní část práce, byla v rámci této kapitoly vyčleněna podkapitola zabývající se detailním popisem barvení svalových vláken pro jednotlivé pokusy.

3.3.1 *Klasifikace svalových vláken*

Vzorky pro klasifikaci svalových vláken byly po odběru z jatečného těla mraženy v isopentanu (2-methylbutanu) zchlazeným kapalným dusíkem a následně uloženy do hlubokomrazicího boxu ($-80\text{ }^{\circ}\text{C}$). Příprava pro samotnou analýzu vláken probíhala v kryostatu Leica CM1850 při $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ na katedře chovu hospodářských zvířat (KCHHZ) fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů (FAPPZ) ČZU v Praze. Zde byly odebrané vzorky svalů krájeny napříč svalovými vlákny na 10–12 μm tenké řezy, které byly následně umístěny na podložní sklíčka. Pro jejich obarvení/klasifikaci byly (v závislosti na experimentu) použity tři následující metody:

Barvení hematoxylinem & eosinem

Toto základní histologické barvení bylo v práci použito pro stanovení plochy vláken barvených pomocí imunohistochemických reakcí. Vzhledem k tomu, že jednotlivé protilátky značí vždy jen specifickou MyHC izoformu a ostatní vlákna tak zůstávají na řezech neobarvená, případně velice světlá, není možné na těchto řezech obkreslit celá zvolená pole svalových vláken. Postup barvení je následující:

Řezy na podložních sklíčkách jsou namočeny na 1 min do vody a následně vloženy do kyvety s hematoxylinem. Po 4 minutách jsou opláchnuty ve dvou kyvetách s vodou a vloženy na 3 min do eosinu. Následuje oplach v destilované vodě a odvodnění v alkoholové řadě. Po oschnutí jsou řezy zamontovány pod podložní sklíčka.

Imunohistochemická analýza

K prokázání exprese jednotlivých MyHC izoform byly použity čtyři monoklonální protilátky:

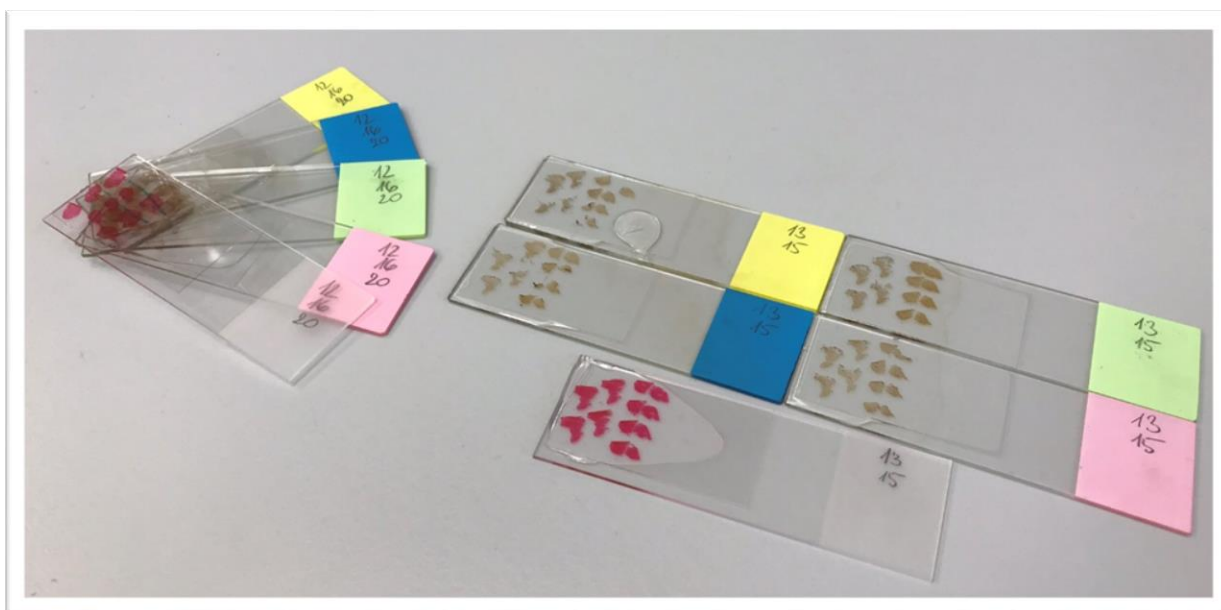
- **BA-D5** (specifická pro MyHC I),
- **BF-35** (specifická pro MyHC I/IIa),
- **BF-F3** (specifická pro MyHC IIb),
- **SC-71** (specifická pro MyHC IIa/IIx).

Všechny zmíněné protilátky byly pořízeny z Developmental Studies Hybridoma Bank (DSHB, University of Iowa, USA) a zvoleny na základě studií Fazarinc et al. (2013), Realini et al. (2013) a Kim et al. (2014). Sériové histologické řezy byly vždy umístěny na 5 podložních skel (4 pro IHC analýzu a 5. pro HE barvení). Pro lepší rozlišení při následné inkubaci byla použita barevně označená skla (obrázek 2).

Všechna skla byla nejprve oplachována v oplachovacím roztoku PBS (phosphate-buffered saline – fosfátový pufr) s 0,2% tritonem (3 x 5 min) a následně 20 min preinkubována v oplachovacím roztoku s 1 % NDS (normal donkey serum). Inkubace s primární protilátkou probíhala přes noc v boxu s vlhkým papírem (při 4 °C). Pro tyto účely již byla barevně odlišená skla rozdělena do jednotlivých boxů tak, aby nedošlo k nechtěnému přenesení specifických protilátek na jiná skla. Druhý den byly preparáty ohřáty na pokojovou teplotu (cca 30 min ponechány mimo ledničku) a opláchnuty oplachovacím roztokem (3 x 5 min). Následovala inkubace s biotinem (biotin anti-mouse; 2 h), oplach (1 x 5 min) a inkubace se streptavidinem konjugovaným s křenovou peroxidázou (2 h), vše při pokojové teplotě. Dále byla skla znovu

opláchnuta v roztoku PBS (3 x 5 min) a barvena v roztoku s DAB (diaminobenzidine tetrahydrochlorid) přibližně 10 min (dle intenzity barvení). Po dostatečném obarvení byla skla opatrně oplachována obyčejnou vodou a následně dehydratována ve vzestupné alkoholové řadě a xylenu. Řezy byly po odvodnění zamontovány pod podložní skla.

Obrázek 2: Využití barevných skel pro odlišení jednotlivých protilátek.



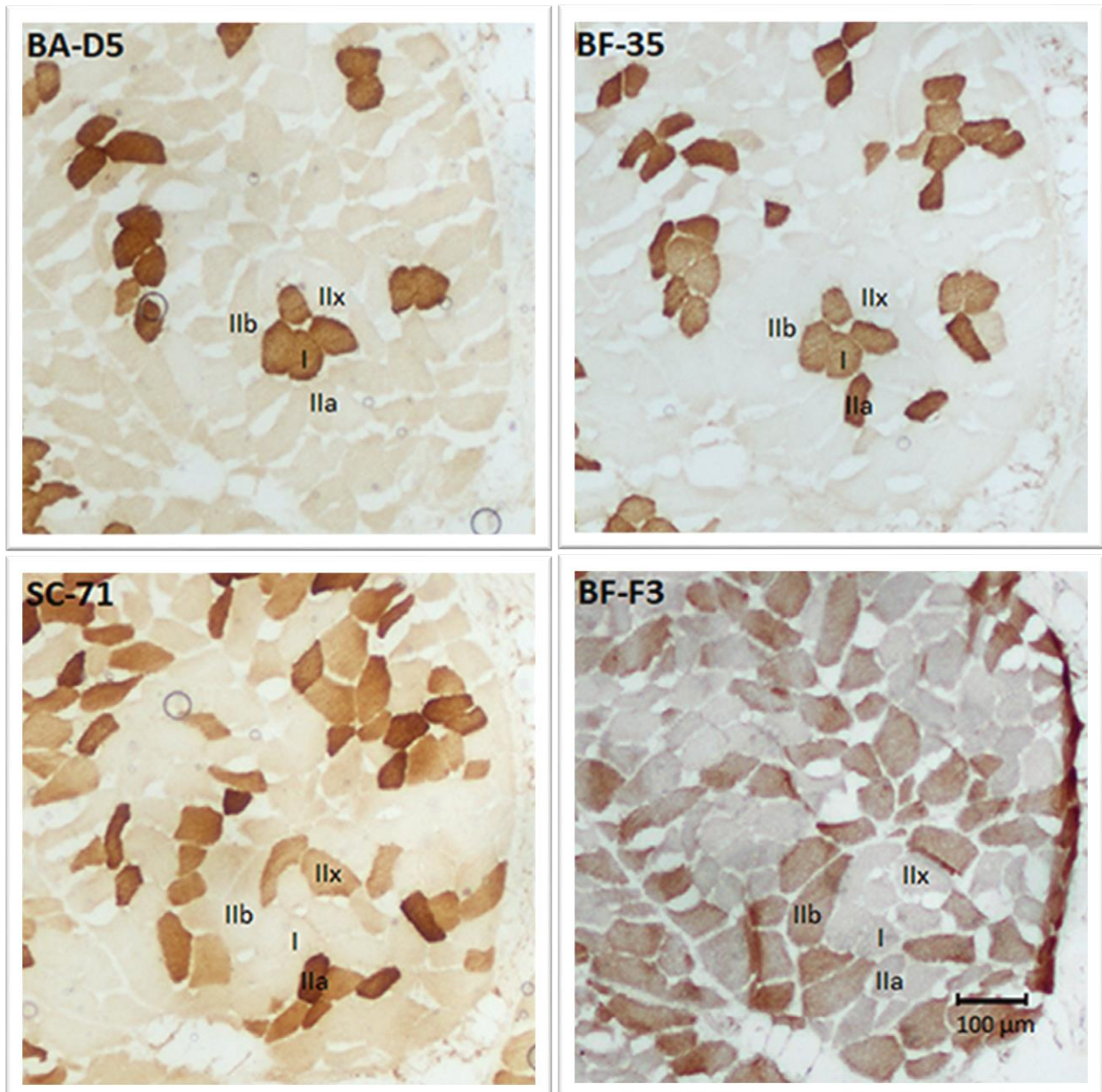
Metoda dle Brooka & Kaisera

Jako rutinní histochemická metoda pro klasifikaci svalových vláken byla zvolena metoda založená na rozdílné aktivitě ATPázy v kyselém či zásaditém prostředí podle Brooke & Kaiser (1970). Mikroskopické řezy z každého vzorku byly vždy montovány na dvě podložní sklíčka, vloženy do stojánku a následně barveny. Postup barvení zásadité i kyselé řady je velmi podobný. Skla jsou vložena na 5 min do fixačního roztoku (pH 7,6; 4 °C), opláchnuta v oplachovacím roztoku (pH 7,8; 1 min) a poté na 15 min vložena do kyselé (pH 4,3) nebo zásadité (pH 10,3) preinkubace. Dále je postup pro obě varianty stejný: oplach (2 x 1 min), inkubace při pH 9,4 v termostatu (37 °C; 15 min), oplachy v 1 % CaCl₂, CoCl₂ (3 min) a destilované vodě a ponoření do 1% roztoku sulfidu amonného, ve kterém se řezy zbarví. Následně jsou opláchnuty v několika kyvetách s vodou, dehydratovány v alkoholové a xylénové řadě, a zamontovány pod podložní sklíčka.

Snímky všech preparátů byly získány pomocí optického mikroskopu s fotoaparátem (Nikon Eclipse E200, Nikon, Tokyo, Japonsko) a následně zpracovávány pomocí programu obrazové analýzy NIS-Elements AR 3.2 (Laboratory Imaging s.r.o., Praha, Česká republika).

Na vzorcích s primárními protilátkami a HE vzorku byla vždy vyhledána nejvhodnější místa tak, aby bylo možné získat kvalitní nepoškozené plochy a zároveň určit jednotlivá svalová vlákna dle příslušných MyHC izoformem. Svalová vlákna byla klasifikována jako typ I, IIa, IIx a IIb (obrázek 3).

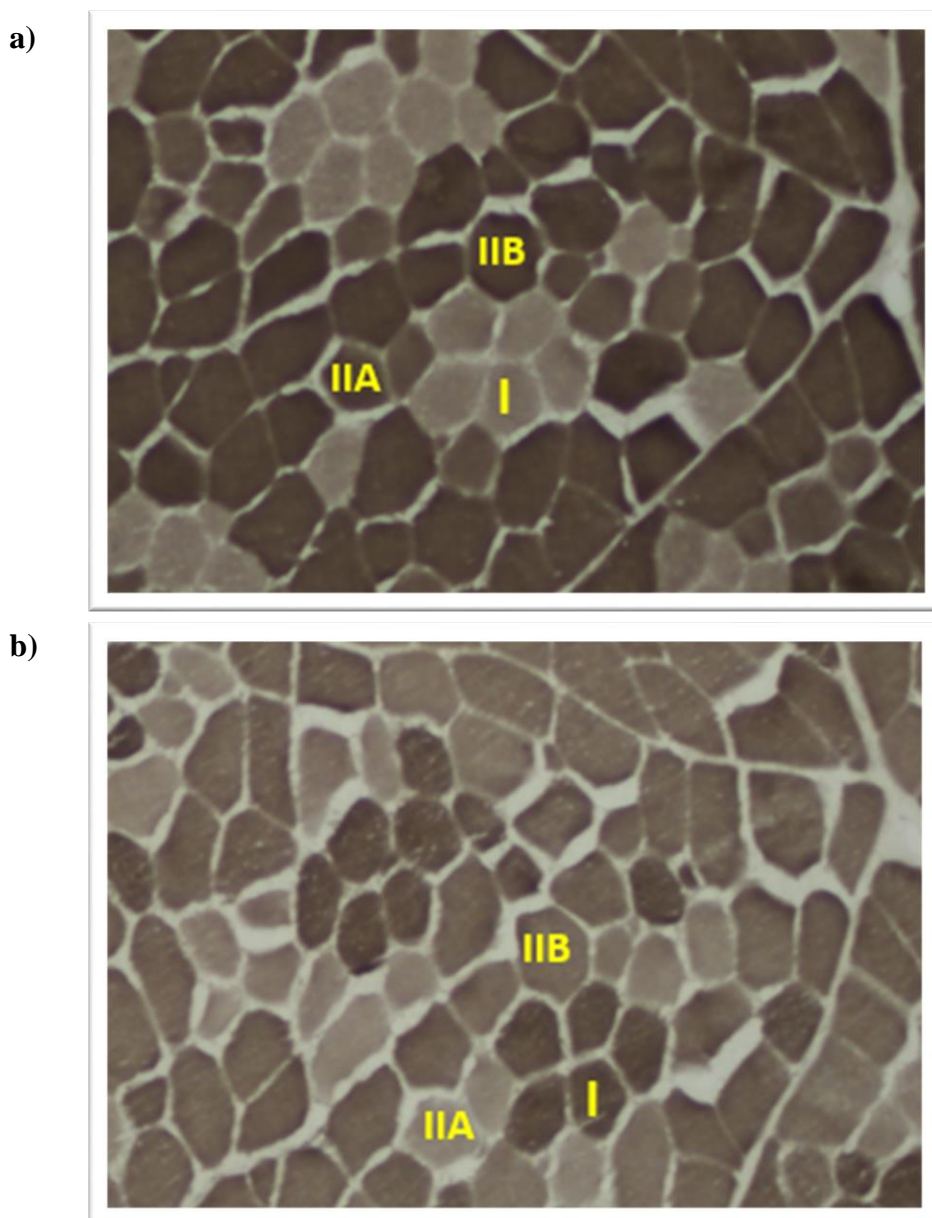
Obrázek 3: Imunohistochemická klasifikace svalových vláken ve svalu *longissimus lumborum* prasat.



I, IIa, IIx, IIb: Označení typů svalových vláken dle specifických protilátek.

Od vzorků obarvených metodou ATPázy byly rovněž získány shodné snímky ploch, aby mohla být co nejpřesněji klasifikována svalová vlákna typu I, IIA a IIB (obrázek 4). Pro jednotlivé typy svalových vláken byly hodnoceny následující parametry: průměrná příčná plocha řezu (μm^2) a zastoupení jednotlivých typů vláken z celkové plochy a počtu (podíl a relativní plocha vláken; %). Od každého vzorku bylo hodnoceno přibližně 200 vláken.

Obrázek 4: Klasifikace svalových vláken ve svalu *psoas major* pomocí metody Brooke & Kaiser (1970).



I, IIA, IIB: Označení typů svalových vláken na vzorcích svalu *psoas major* preinkubovaných v zásadité (a) a kyselém (b) barvicí roztoku.

3.3.2 Porovnání klasifikačních metod

Za účelem vyhodnotit vliv zvolené klasifikační metody svalových vláken na kvalitativní parametry masa byl proveden výkrmový experiment prasat v demonstrační a experimentální stáji (DEP) ČZU v Praze.

Zvířata

Do experimentu bylo zařazeno 25 kanečků hybridní kombinace (BU x L) x BO. Zvířata byla naskladněna ve věku 26 dní a průměrné hmotnosti $7,2 \pm 1,4$ kg. Byla rozdělena do 8 kotců a krmena *ad libitum* během celého experimentu (124 dní). V testu byly použity tři kompletní krmné směsi pro prasata (A1, A2 a A3) s kontinuálním přechodem dle věku a hmotnosti zvířat (Šimeček et al. 2000). Růstové parametry jsou popsány v tabulce 3. Zvířata byla poražena na experimentálních jatkách Výzkumného ústavu živočišné výroby (VÚŽV) v Praze-Uhřetěvesi v průměrné hmotnosti $108,5 \pm 7,9$ kg. Vzorky pro histologickou analýzu byly odebrány 1 h *post mortem* ze svalů *longissimus lumborum* (LL; na úrovni posledního žebra) a z kraniální části svalu *psoas major* (PM) a zpracovány tak, jak je popsáno v kapitole 3.3.1 *Klasifikace svalových vláken*.

Tabulka 3: Růstové parametry vykrmovaných zvířat.

Parametr	Průměr	SEM
Počáteční hmotnost (kg)	7,2	0,29
Porážková hmotnost (kg)	108,5	1,59
Hmotnost JUT (kg)	85,8	1,30
Průměrný denní přírůstek (g)	804,4	12,07
Průměrná konverze krmiva (kg/kg KKS)	1,8	0,03
Průměrná denní spotřeba krmiva (kg)	1,7	0,13

JUT: jatečně upravené tělo; KKS: kompletní krmná směs; SEM: standardní chyba průměru

Kvalita masa

Pro hodnocení jakostních abnormalit masa bylo měřeno pH 45 min *post mortem* společně s teplotou ve svalu LL na úrovni mezi 13. a 14. obratlem pomocí přenosného pH metru (pH 330i/set, WTW GmbH, Weilheim, Německo). Jatečná těla byla následně zchlazena (24 h, 4 °C) a podrobena dalším analýzám. Z jatečného těla byly druhý den po porážce vyjmuty svaly LL a PM. Příčný řez svalem LL společně s měřítkem byl vyfocen pro zhodnocení plochy pečeně

(plocha LL; NIS-Elements AR 3.2). Barva masa (CIE Lab*) byla měřena na povrchu příčného řezu svalu LL po 10 min vystavení světlu (Minolta CM-700d, Konica Minolta, Osaka, Japonsko). Vzorky pro hodnocení ztrát odkapem byly zváženy, umístěny do plastového sáčku a po 24 h (4 °C) osušeny a opět zváženy. Ztráty jsou uvedeny jako procentuální rozdíl těchto dvou hodnot. Za 48 h po porážce proběhlo měření síly stříhu na přístroji Instron 3342 (Instron, Norwood, MA, USA). Vzorky syrového a vařeného masa (vařeny ve vodní lázni o teplotě 80 °C do vnitřní teploty 75 °C) o velikosti 6 x 1 x 1 cm byly krájeny napříč svalovými vlákny pomocí Warner-Bratzlerova nože (WB; v newtonech; N). Rychlost hlavy byla 200 mm/min, vzorkování 20 bodů/s, snímač zatížení 20 N. Výsledná hodnota byla vypočtena jako průměr minimálně 6 stříhů.

Vzorky pro chemickou analýzu byly odebrány z obou svalů a uloženy při –80 °C po dobu dvou týdnů. Následně byly rozmrazeny, homogenizovány a podrobeny analýze pro stanovení obsahu vody (AOAC 2005; metoda 950.46), proteinu (Kjeldahlova metoda; AOAC 979.09; KjelFlex K-360, Büchi, Flavil, Švýcarsko), intramuskulárního tuku (IMT; extrakcí v petroletheru podle Soxhleta; ISO 1444:1996; SER 148, VELP Scientifica, Usmate, Itálie) a popelovin (AOAC 942.05; Ht40AL, LAC, Rajhrad, Česká republika).

Statistická analýza

Získaná data byla analyzována pomocí statistického softwaru SAS 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA). Dvou-faktorová analýza rozptylu (ANOVA) s pevným efektem svalu a barvicí metody a jejich interakce, byla použita pro hodnocení kompozice svalových vláken. Jedno-faktorová ANOVA s pevným efektem svalu byla použita pro analýzu chemického složení svalů. Výsledky jsou prezentovány jako nejmenší průměrné čtverce (LSM) s příslušnou standardní chybou (SEM). Pearsonovy korelační koeficienty byly kalkulovány pro vyhodnocení vztahů mezi charakteristikami svalových vláken a kvalitativními parametry masa. Rozdíly byly považovány za významné při dosažení hladiny významnosti 5 %.

3.3.3 Vliv plemenné příslušnosti

Pro zhodnocení vlivu plemenné příslušnosti na charakteristiky svalových vláken byly provedeny dva experimenty. První byl zaměřen na výkrm čtyř odlišných plemen býků a druhým byl výkrmový test prasat. Pokud se zaměříme na maso savců, jsou vepřové a hovězí maso nejvíce konzumovanými druhy masa. Kvalita masa ale není u těchto živočišných druhů hodnocena shodně a jednotlivým kvalitativním parametrům je přidělován rozdílný význam. Z těchto důvodů byly pro experiment vybrány právě tyto dva živočišné druhy.

3.3.3.1 Pokus 1 - Plemena býků

Za účelem vyhodnocení vlivu plemenné příslušnosti skotu na histochemické charakteristiky svalových vláken byl proveden výkrmový test v experimentální stáji VÚŽV v Praze-Uhřetěvesi.

Zvířata

Do experimentu bylo zařazeno celkem 39 býků čtyř plemen skotu. Masný užitkový typ byl zastoupen plemeny aberdeen angus (AA, 10 ks) a gasconne (GS, 10 ks), kombinovaný užitkový typ plemenem české strakaté (FL, 10 ks) a mléčný typ holštýnským plemenem (HO, 9 ks). Zvířata byla zastavena v průměrném věku 239 dnů a ustájena ve volných kotcích s přistýlaným ložem po deseti kusech v kotci. Po celou dobu výkrmu měli býci *ad libitum* přístup k identické krmné dávce složené z kukuřičné siláže, vojtěškové senáže, vojtěškového sena a jadrné směsi (hrách, ječmen, pšenice, minerálně-vitaminový premix). Při dosažení plánovaného věku 17 měsíců a průměrné živé hmotnosti $651,5 \pm 39,9$ kg následovala porážka na 2 km vzdálených experimentálních jatkách VÚŽV. Během deseti porážkových dnů byl vždy poražen jeden býk s nejvyšší živou hmotností od každého plemene. Do jedné hodiny po porážce byly od každého zvířete z pravé jatečné půlky odebrány vzorky pěti svalů: *longissimus lumborum* (LL, roštěnec), *semitendinosus* (ST, váleček), *biceps femoris* (BF, spodní šál), *semimembranosus* (SM, vrchní šál) a *psaos major* (PM, svičková) pro histochemickou analýzu svalových vláken. Následné zpracování vzorků je uvedeno v kapitole 3.3.1 *Klasifikace svalových vláken*. Pro hodnocení jednotlivých typů vláken byla použita metoda dle Brooke & Kaiser (1970). Růstové a porážkové parametry jednotlivých skupin jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: Růstové a porážkové parametry vykrmovaných býků.

	Plemeno				SEM	P-hodnota
	AA	GS	HO	FL		
N	10	10	9	10		
Počáteční hmotnost (kg)	324,8 ^a	298,7 ^{ab}	287,2 ^{ab}	253,7 ^b	14,99	<0,001
Porážková hmotnost (kg)	662,5	659,2	650,8	629,0	13,01	0,117
Prům. denní přírůstek (kg)	1,22	1,29	1,29	1,33	0,063	0,285
Hmotnost JUT (kg)	371,4 ^{ab}	397,3 ^a	340,6 ^b	351,9 ^b	8,82	<0,001
Jatečná výtěžnost (%)	56,0 ^b	60,3 ^a	52,6 ^c	55,9 ^b	0,58	<0,001
Podíl IMT v LL (%)	3,5 ^a	1,4 ^b	2,8 ^a	1,7 ^b	0,29	<0,001

^{a,b,c} Hodnoty označené rozdílnými symboly se vzájemně statisticky liší ($P < 0,05$)

AA: aberdeen angus; FL: český strakatý skot; GS: gasconne; HO: holštýnský skot; IMT: intramuskulární tuk; JUT: jatečně upravené tělo; LL: *longissimus lumborum*; N: počet zvířat; SEM: standardní chyba průměru

Kvalita masa

Vzorky pro zhodnocení křehkosti masa byly odebrány 24 h *post mortem* ze shodného místa jako při hodnocení svalových vláken. Textura masa byla hodnocena 48 h po porážce pomocí měření síly stříhu na přístroji Instron 3365 (Instron, Norwood, MA, USA) s využitím WB nože. Hranol syrového masa o přibližných rozměrech 2 x 1 x 1 cm byl stříhán napříč svalovými vlákny (rychlost vzorkovací hlavy 100 mm/min). Výsledná hodnota síly nutná k průchodu nože vzorkem (N) byla vypočtena jako průměrná hodnota minimálně 8 stříhů. Podíl intramuskulárního tuku byl stanoven extrakcí petroletherem podle Soxhleta (ISO 1444:1996; Soxtex Avanti 2055, FOSS Tecator AB, Höganäs, Švédsko).

Statistická analýza

Zpracování shromážděných dat bylo realizováno prostřednictvím statistického programu SAS 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA). Normalita souboru byla testována Shapiro-Wilkovým testem (procedura UNIVARIATE) a shoda rozptylů Leveneho testem (procedura GLM). Data byla následně analyzována prostřednictvím smíšeného lineárního modelu s využitím metody REML v proceduře MIXED. Smíšený model s opakovaným měřením (různé svaly u stejného jedince) zahrnoval pevný efekt plemene a svalu a vzájemnou interakci. Vyhodnocení statistické významnosti rozdílů mezi jednotlivými skupinami bylo provedeno Tukeyho testem. Výsledky jsou prezentovány jako nejmenší průměrné čtverce (LSM) s příslušnou standardní chybou (SEM). Dále byly stanoveny Pearsonovy korelační koeficienty (procedura CORR) mezi histochemickými charakteristikami svalových vláken

a silou stříhu WB a podílem IMT. Rozdíly byly považovány za významné při dosažení hladiny významnosti 5 %.

Pro vyjádření vztahů mezi texturními a histochemickými charakteristikami (podíl jednotlivých typů vláken) byla použita analýza hlavních komponent PCA (Principal Component Analysis, procedura PRINCOMP). Komponenty PC1 a PC2 byly složeny z následujících parametrů:

$$PC1 = 0,535039*WB - 0,094107*typI + 0,646661*typIIA - 0,535450*typIIB,$$

$$PC2 = 0,152452*WB - 0,816394*typI + 0,188929*typIIA - 0,523989*typIIB.$$

(typI: zastoupení vláken typu I z počtu; typ IIA: zastoupení vláken typu IIA z počtu; typIIB: zastoupení vláken typu IIB z počtu; WB: síla stříhu Warner-Bratzler)

Počet hlavních komponent byl zvolen podle hodnot korelační matice vyšších než 1.

3.3.3.2 Pokus 2 - Plemena prasat

Pro zhodnocení vlivu prošlechtění prasat na dosahované charakteristiky svalových vláken byl proveden výkrmový test 4 plemen prasat, která byla vykrmena v experimentální stáji ČZU v Praze. Navíc byly ve dvou zpracovatelských podnicích odebrány vzorky svalových vláken z divokých a přeštických černostrakatých prasat.

Zvířata

Do experimentu bylo zahrnuto celkem 109 prasat šesti různých plemen. Plemena bílé ušlechtilé (BU), duroc (D), landrase (L1) a pietrain (Pn) byla zakoupena od firmy CBS Genetics s.r.o. a v průměrné živé hmotnosti 14,2 kg naskladněna do demonstrační a experimentální stáje ČZU v Praze. Zvířata byla nejdříve rozdělena do 8 kotců s tubusovými krmítky a následně sloučena do 4 velkých kotců s automatickými krmnými boxy, které po dobu výkrmu zaznamenávaly individuální příjem krmiva a hmotnost prasat. Po celou dobu výkrmu byla krmena *ad libitum*. Četnost jednotlivých plemen a pohlaví je zaznamenána v tabulce 5. Po ukončení experimentu (průměrná živá hmotnost 106,2 kg) byla zvířata odvezena na experimentální jatky VÚŽV, kde byla s použitím elektrických omračovacích kleští omráčena a porážena. Jatečná těla byla zvážena a dvoubodovou metodou u nich byla stanovena zmasilost. Vzorky pečeně (LL) pro analýzu svalových vláken a kvality masa byly odebrány 24 h *post mortem*.

Ve firmě Bidfood Kralupy s.r.o. byly odebrány vzorky LL pro analýzu svalových vláken a intramuskulárního tuku od 19 divokých prasat (W) a byla zaznamenána hmotnost jatečných těl. Vzhledem k tomu, že hmotnost JUT zapsaná ze štítku ve firmě Bidfood, znamenala hmotnost těla bez hlavy, nožek a kůže, byl z prostudované literatury spočítán průměrný podíl těchto partií a hmotnost vynásobena koeficientem 1,27 (Sales & Kotrba 2013), pro dosažení srovnatelné hmotnosti jatečných těl. U těchto zvířat bohužel nebylo možné zjistit, kdy došlo k jejich odlovu. Ve firmě Amaso CZ s.r.o. byly získány vzorky 36 přeštických černostrakatých prasat (Pc) a 8 prasat plemene landrase (L2). U zvířat z této firmy byly odebrány vzorky pro analýzu svalových vláken, kvality masa, zaznamenány hmotnosti JUT a změřen podíl svaloviny dvoubodovou metodou. Část vzorků svaloviny odebraných v obou firmách byla použita pro určení pohlaví těchto zvířat a její analýza je popsána v následujícím odstavci. Četnosti jsou opět zaznamenány v tabulce 5. Zpracování vzorků pro analýzu svalových vláken proběhlo tak, jak je popsáno v kapitole 3.3.1

Klasifikace svalových vláken. Pro klasifikaci byla použita metoda dle Brooke & Kaiser (1970).

Tabulka 5: Četnost jednotlivých plemen a pohlaví.

	Plemeno						
	BU	D	L1	Pn	Pc	L2	W
Celkem	14	9	11	12	36	8	19
Vepřící	5	4	2	3	22	1	0
Prasničky	5	5	5	5	14	7	11
Kanečci	4	0	4	4	0	0	8

BU: bílé ušlechtilé; D: duroc; L1: landrase vykrmené v DEP ČZU; L2: landrase z firmy Amaso s.r.o.; Pc: přeštické černostrakaté; Pn: pietrain; W: divoká prasata

Určení pohlaví

Genetická analýza určení pohlaví studovaných zvířat probíhala v laboratořích KCHHZ FAPPZ ČZU v Praze. Pro izolaci DNA byly odebrány vzorky svalové tkáně ze svalu LL a uchovány při $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do následné izolace. Izolace DNA byla provedena pomocí izolačního kitu Genomic DNA Mini Kit Tissue (KRD - obchodní společnost s.r.o., Praha, Česká republika). Čistota a koncentrace DNA byla kontrolována na přístroji NanoDrop One (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA). Určení pohlaví bylo provedeno pomocí polymerázové řetězové reakce (PCR). Celkový objem PCR mix byl $10\text{ }\mu\text{l}$, složení PCR mixu a podmínky reakce jsou popsány v práci Pomp et al. (1995). Byl identifikován úsek genu *SRY* lokalizovaný pouze na samčím chromosomu Y u prasat. Pro amplifikaci příslušného fragmentu byly využity následující primery (KRD - obchodní společnost s.r.o.):

SRYB-1 (5'-TGAACGCTTTCATTGTGTGGTC-3') a

SRYB-2 (5'-GCCAGTAGTCTCTGTGCCTCCT-3').

Velikost PCR fragmentu je 163bp. Výsledné PCR produkty byly zobrazeny pomocí elektroforézy na 2 % agarozovém gelu. V případě viditelného fragmentu na gelu se jedná o samce, v případě že se fragment nenasyntetizuje, chybí chromozom Y a jedná se tedy o samici.

Kvalita masa

Barva masa (CIE Lab*) byla měřena spektrofotometrem Minolta CM-700d (Konica Minolta, Osaka, Japonsko) na povrchu příčného řezu LL po 10 minutách expozice světlu. Vzorky pro hodnocení ztrát masové šťávy odkapem byly zváženy, vloženy do plastového sáčku a po 24 h (4 °C) osušeny a opět zváženy. Výsledná hodnota je udávána jako procentuální rozdíl těchto dvou hodnot. Měření síly stříhu WB syrového i vařeného masa (vodní lázeň o teplotě 80 °C, do vnitřní teploty 75 °C) probíhalo na přístroji Instron 3342 (Instron, Norwood, MA, USA). Vzorky o velikosti 6 x 1 x 1 cm byly krájeny napříč svalovými vlákny a výsledná hodnota byla vypočtena jako průměr alespoň 6 stříhů. Rychlost hlavy byla 200 mm/min, vzorkování 20 bodů/s, snímač zatížení 20 N.

Vzorky pro analýzu IMT byly po odběru uloženy při –80 °C a následně rozmrazeny, homogenizovány a podrobeny analýze podle Soxhleta s použitím petroletheru jako rozpouštědla (ISO 1444:1996; SER 148, VELP Scientifica, Usmate, Itálie).

Statistická analýza

Zpracování dat proběhlo pomocí statistického programu SAS 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA). K ověření normality rozdělení u sledovaných proměnných byl proveden Shapiro-Wilkův test (procedura UNIVARIATE) a následně byla data testována Leveneho testem na shodu rozptylů (procedura GLM). Dále byla data vyhodnocena pomocí obecného lineárního modelu (procedura GLM). Výsledky jsou stejně jako v předchozích experimentech prezentovány jako nejmenší průměrné čtverce (LSM) s příslušnou standardní chybou (SEM). Vyhodnocení statistické významnosti rozdílů mezi jednotlivými skupinami bylo provedeno Tukeyho testem. Pro vyhodnocení vztahů mezi charakteristikami svalových vláken a kvalitativními parametry masa byly kalkulovány Pearsonovy korelační koeficienty (procedura CORR). Rozdíly byly považovány za významné, pokud dosáhly hladiny významnosti 5 %.

4 Výsledky

4.1 Porovnání klasifikačních metod

Výsledky pro kompozici svalových vláken ve svalu LL a PM klasifikovaných pomocí rozdílných barvicích metod jsou uvedeny v tabulce 6. Vzhledem k tomu, že pro všechny klasifikované parametry svalových vláken nebyly pozorovány žádné interakce mezi vlivem svalu a barvicí metody, jsou tyto efekty hodnoceny samostatně. Sval PM měl menší plochu vláken všech typů v porovnání se svalem LL ($P < 0,001$).

Tabulka 6: Kompozice svalových vláken ve svalu *longissimus lumborum* (LL) a *psaos major* (PM) klasifikovaných pomocí imunohistochemie (IHC) a ATPázové metody.

Parametr	LL		PM		SEM	P-hodnota	
	IHC	ATP	IHC	ATP		Metoda	Sval
Průměrná plocha vláken (μm^2)							
Všechny typy	5224	4983	2291	2241	172,6	0,461	<0,001
Typ I	2638	2936	1661	1688	95,2	0,296	<0,001
Typ IIa	2375	2457	1573	1559	80,1	0,805	<0,001
Typ IIx	5724	-	2428	-	294,0	-	<0,001
Typ IIb/IIB	6318	5641	3003	2602	203,0	0,032	<0,001
Zastoupení vláken z počtu (%)							
Typ I	11,0	10,9	20,1	17,5	0,68	0,227	<0,001
Typ IIa	15,0	10,7	22,5	21,3	0,66	0,003	<0,001
Typ IIx	19,6	-	21,4	-	0,82	-	0,281
Typ IIb/IIB	54,4	78,4	36,1	61,3	1,69	<0,001	<0,001
Zastoupení vláken z plochy (%)							
Typ I	5,5	6,5	15,1	13,8	0,66	0,901	<0,001
Typ IIa	7,1	5,3	15,4	15,1	0,60	0,157	<0,001
Typ IIx	21,8	-	22,5	-	1,00	-	0,710
Typ IIb/IIB	65,6	88,3	47,0	71,1	1,69	<0,001	<0,001

SEM: standardní chyba průměru

Kompozice svalových vláken se mezi svaly rovněž lišila ($P < 0,001$), sval LL měl menší zastoupení vláken typu I a IIa a vyšší zastoupení vláken typu IIb/IIB než sval PM. Naopak kompozice vláken IIx byla mezi svaly srovnatelná.

Tabulka 7: Korelační koeficienty mezi charakteristikami svalových vláken a kvalitativními parametry masa ve svalu *longissimus lumborum* (LL).

Průměr	Plocha LL		pH ₄₅		Ztráty odkapem		L*		a*		b*		WB syrové		WB vařené	
	IHC	ATP	IHC	ATP	IHC	ATP	IHC	ATP	IHC	ATP	IHC	ATP	IHC	ATP	IHC	ATP
	5138 mm ²		6,59		4,96 %		52,45		-0,52		9,18		39,30 N		29,79 N	
Průměrná plocha vláken (μm²)																
Vše	-0,04	0,00	0,22	0,17	-0,03	-0,13	0,25	-0,06	-0,40*	-0,18	0,03	-0,10	-0,22	-0,11	-0,13	0,05
Typ I	-0,16	-0,26	0,03	0,15	-0,04	-0,15	0,20	0,04	-0,39 ⁺	-0,35 ⁺	0,26	0,19	-0,16	0,05	-0,05	0,04
Typ IIa	-0,01	-0,21	0,32	0,05	-0,12	-0,32	0,07	-0,07	-0,39 ⁺	-0,20	-0,17	-0,08	-0,28	0,12	-0,07	0,29
Typ IIx	-0,06	-	0,36 ⁺	-	0,05	-	0,23	-	-0,49*	-	-0,05	-	-0,14	-	-0,29	-
Typ IIb/IIb	0,06	0,05	0,17	0,15	-0,04	-0,13	0,24	-0,08	-0,26	-0,13	0,03	-0,14	-0,22	-0,11	-0,11	0,07
Zastoupení vláken z počtu (%)																
Typ I	-0,40*	-0,32	0,29	0,22	-0,46*	-0,38 ⁺	-0,12	-0,30	-0,17	0,09	-0,34 ⁺	-0,22	0,25	0,27	0,28	0,32
Typ IIa	0,45*	0,44*	-0,07	-0,23	0,25	0,02	0,01	0,04	0,31	0,15	0,20	-0,04	-0,09	0,03	-0,28	0,10
Typ IIx	0,45*	-	-0,36 ⁺	-	0,34 ⁺	-	0,30	-	0,06	-	0,22	-	-0,38 ⁺	-	-0,22	-
Typ IIb/IIb	-0,55**	-0,07	0,21	-0,01	-0,24	0,29	-0,21	0,21	-0,21	-0,19	-0,17	0,21	0,28	-0,24	0,27	-0,34
Zastoupení vláken z plochy (%)																
Typ I	-0,46*	-0,44*	0,15	0,19	-0,41*	-0,37 ⁺	-0,07	-0,16	-0,26	-0,07	-0,07	0,03	0,22	0,37 ⁺	0,25	0,25
Typ IIa	0,26	0,20	0,10	-0,23	0,07	-0,17	-0,12	0,01	0,30	0,10	0,12	-0,05	-0,03	0,18	-0,10	0,22
Typ IIx	0,37 ⁺	-	-0,18	-	0,33	-	0,22	-	0,01	-	0,13	-	-0,25	-	-0,31	-
Typ IIb/IIb	-0,33	0,27	0,10	-0,02	-0,24	0,44*	-0,15	0,14	-0,05	0,00	-0,15	0,00	0,19	-0,46*	0,27	-0,38 ⁺

⁺ $P < 0,1$; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; ATP: Barvení ATPázou; IHC: imunohistochemie; WB: síla stříhu měřená Warner-Bratzlerovým nožem

Výběr klasifikační metody ovlivnil kompozici vláken typu IIB/IIB ($P < 0,001$) a rovněž zastoupení vláken typu IIa z celkového počtu ($P < 0,003$).

Korelační koeficienty stanovené mezi parametry svalových vláken a kvalitativními parametry masa ve svalu LL uvádí tabulka 7. Negativní korelační koeficienty byly pozorovány mezi zastoupením vláken typu I a ztrátou odkapem a rovněž plochou pečeně. Pozitivní korelace byly pozorovány pro početní zastoupení vláken typu IIa a IIx a plochou pečeně. Naopak zastoupení vláken typu IIB bylo s plochou pečeně v negativní korelaci. Relativní plocha vláken typu IIB klasifikovaných ATPázovou metodou pozitivně korelovala se ztrátou odkapem a negativně se silou stříhu syrového masa. Průměrná plocha vláken všech typů identifikovaná IHC metodou negativně korelovala s červeností (a^*) masa.

Tabulka 8: Chemické složení svalů *longissimus lumborum* (LL) a *psaos major* (PM).

Obsah (%)	LL	PM	SEM	P-hodnota
Voda	73,7	75,0	0,18	<0,001
Protein	23,4	24,0	0,18	0,047
Intramuskulární tuk	1,6	2,0	0,06	<0,001
Popeloviny	1,2	1,3	0,02	0,591

SEM: standardní chyba průměru

Výsledky chemického složení svalů LL a PM jsou uvedeny v tabulce 8, a jejich korelace se svalovými vlákny v tabulce 9. Sval PM měl vyšší podíl vody ($P < 0,001$), proteinu ($P < 0,05$) a intramuskulárního tuku ($P < 0,001$) než sval LL. Obsah vody a popelovin negativně koreloval s plochou vláken všech typů u obou barvicích metod ve svalu LL. Naopak žádné statisticky významné korelace nebyly pozorovány pro plochu vláken a chemické složení svalu PM. Ve svalu LL podíl vody negativně koreloval s relativní plochou vláken typu IIB a pozitivně s relativní plochou vláken typu IIx. Obsah popelovin pozitivně koreloval se zastoupením vláken typu IIa barvených pomocí ATPázy ve svalu LL a se zastoupením vláken typu IIx ve svalu PM. Ve svalu PM byla rovněž pozorována negativní korelace mezi relativní plochou vláken typu IIa barvených ATPázou a obsahem vody.

Tabulka 9: Korelační koeficienty mezi charakteristikami svalových vláken ve svalech *longissimus lumborum* (LL) a *psoas major* (PM) a jejich chemickým složením.

Parametr	LL								PM							
	Voda		Protein		IMT		Popeloviny		Voda		Protein		IMT		Popeloviny	
	IHC	ATP	IHC	ATP	IHC	ATP	IHC	ATP	IHC	ATP	IHC	ATP	IHC	ATP	IHC	ATP
Průměrná plocha vláken (μm^2)																
Vše	-0,42*	-0,43*	0,08	-0,02	0,01	0,02	-0,58**	-0,55**	-0,04	0,03	-0,01	0,19	-0,10	-0,27	-0,03	0,00
Typ I	-0,32	-0,45*	0,03	-0,04	0,01	-0,05	-0,36 ⁺	-0,49*	-0,06	-0,01	0,13	0,18	-0,01	-0,10	0,04	0,07
Typ IIa	0,10	-0,42*	-0,04	-0,13	-0,13	-0,02	-0,07	-0,44*	0,02	-0,17	0,06	0,21	-0,14	-0,18	-0,01	0,02
Typ IIx	-0,08	-	0,24	-	0,25	-	-0,23	-	-0,01	-	-0,04	-	-0,16	-	-0,11	-
Typ IIb/IIb	-0,43*	-0,38 ⁺	0,02	-0,05	-0,10	0,04	-0,62**	-0,47*	-0,11	0,07	-0,02	0,21	-0,10	-0,27	0,05	-0,03
Zastoupení vláken z počtu (%)																
Typ I	-0,12	-0,25	0,24	0,07	0,04	0,14	-0,10	-0,15	0,01	-0,08	0,20	0,34 ⁺	0,00	0,23	0,17	0,09
Typ IIa	0,21	0,30	-0,34	-0,36	-0,12	0,00	-0,03	0,45*	-0,20	-0,38 ⁺	0,27	0,16	0,04	0,21	-0,18	-0,03
Typ IIx	0,31	-	0,01	-	0,01	-	0,21	-	0,03	-	-0,30	-	-0,03	-	0,44*	-
Typ IIb/IIb	-0,38 ⁺	-0,02	0,11	0,21	0,07	-0,11	-0,11	-0,21	0,10	0,23	-0,13	-0,32	-0,01	-0,26	-0,30	-0,06
Zastoupení vláken z plochy (%)																
Typ I	-0,14	-0,35 ⁺	0,23	0,04	0,00	0,08	-0,02	-0,19	0,02	-0,10	0,25	0,29	0,05	0,28	0,23	0,13
Typ IIa	0,35 ⁺	0,25	-0,41 ⁺	-0,31	-0,16	-0,09	0,10	0,39 ⁺	-0,11	-0,46*	0,34 ⁺	0,21	-0,04	0,19	-0,15	0,03
Typ IIx	0,40*	-	0,13	-	0,15	-	0,24	-	0,05	-	-0,34 ⁺	-	-0,09	-	0,35 ⁺	-
Typ IIb/IIb	-0,47*	0,15	-0,06	0,20	-0,08	-0,02	-0,26	-0,07	0,00	0,29	-0,12	-0,29	0,04	-0,27	-0,32	-0,10

⁺0.1; * 0.05; ** 0.01; ATP: Barvení ATPázou; IHC: imunohistochemie; IMT: intramuskulární tuk

4.2 Vliv plemenné příslušnosti

4.2.1 Pokus 1 – Plemena býků

Ve svalech LL a PM nebyly pozorovány žádné meziplemenné rozdíly v charakteristikách svalových vláken (Tabulka 10). Ve svalu ST mělo plemeno AA vyšší zastoupení vláken typu I z celkového počtu i plochy než plemena FL a GS, a také menší relativní plochu vláken typu IIB než GS ($P < 0,05$). Ve svalu BF byla pozorována větší průměrná plocha vláken typu IIA u plemene aberdeen angus v porovnání s českým strakatým skotem. Plemeno AA mělo v tomto svalu také vyšší podíl vláken typu I a menší relativní plochu vláken IIB než plemeno GS ($P < 0,05$). Podobně tomu bylo ve svalu SM, kde měli AA býci rovněž větší plochu vláken typu IIA než býci FL a ve srovnání s GS býky větší relativní plochu vláken IIA a menší relativní plochu vláken IIB ($P < 0,05$; Tabulka 10).

Tabulka 10: Histochemické charakteristiky svalových vláken ve svalech *longissimus lumborum*, *semitendinosus*, *biceps femoris*, *semimembranosus* a *psaos major* čtyř plemen skotu.

Sval	Plemeno				SEM	P-hodnota	
	AA	GS	HO	FL			
<i>Longissimus lumborum</i>							
Průměrná plocha vláken (μm^2)							
	I	2560,4	2601,6	2301,3	2338,3	206,30	0,602
	IIA	3293,2	2929,9	2578,0	2578,2	245,11	0,083
	IIB	3294,1	3351,5	3204,1	3272,3	215,40	0,956
Zastoupení vláken z počtu (%)							
	I	28,8	26,7	28,6	29,0	2,09	0,828
	IIA	12,7	12,4	9,0	15,8	2,17	0,159
	IIB	58,5	60,9	62,4	55,2	2,93	0,302
Zastoupení vláken z plochy (%)							
	I	23,4	22,6	22,3	23,7	2,49	0,969
	IIA	13,1	11,3	8,0	14,6	2,10	0,128
	IIB	63,5	66,1	69,7	61,7	3,06	0,263
<i>Semitendinosus</i>							
Průměrná plocha vláken (μm^2)							
	I	2840,9	2806,4	2893,4	2875,6	211,02	0,990
	IIA	3433,6	3047,9	3521,3	2889,6	273,62	0,255
	IIB	4040,9	4520,5	4293,5	4508,0	283,37	0,517
Zastoupení vláken z počtu (%)							
	I	26,7 ^a	18,4 ^b	23,5 ^{ab}	17,1 ^b	2,15	0,002
	IIA	25,5	27,3	28,4	29,4	2,07	0,527
	IIB	47,8	54,3	48,1	53,5	2,35	0,076
Zastoupení vláken z plochy (%)							
	I	21,7 ^a	13,8 ^b	18,3 ^{ab}	13,0 ^b	2,06	0,004
	IIA	24,0	21,4	26,5	22,9	1,88	0,240
	IIB	54,3 ^b	64,8 ^a	55,2 ^{ab}	64,1 ^{ab}	2,84	0,008

Pokračování tabulky 10.

Sval	Plemeno				SEM	P-hodnota	
	AA	GS	HO	FL			
Biceps femoris							
Průměrná plocha vláken (μm^2)	I	2898,3	2452,7	2905,8	2484,3	189,59	0,120
	IIA	4054,8 ^a	3036,5 ^{ab}	3710,6 ^{ab}	2882,9 ^b	313,62	0,016
	IIB	4702,4	4372,6	4211,9	4412,0	336,91	0,755
Zastoupení vláken z počtu (%)	I	32,6 ^a	24,5 ^b	28,9 ^{ab}	25,6 ^{ab}	2,32	0,041
	IIA	25,3	26,5	24,6	27,9	1,90	0,581
	IIB	42,1	49,0	46,5	46,5	2,01	0,090
Zastoupení vláken z plochy (%)	I	24,2	17,2	23,7	18,3	2,36	0,052
	IIA	25,4	22,6	24,5	23,2	2,09	0,728
	IIB	50,4 ^b	60,2 ^a	51,8 ^{ab}	58,5 ^{ab}	2,39	0,007
Semimembranosus							
Průměrná plocha vláken (μm^2)	I	2456,8	2533,3	2344,3	2143,9	172,52	0,343
	IIA	3080,2 ^a	2489,4 ^{ab}	2884,9 ^{ab}	2244,9 ^b	228,48	0,029
	IIB	3104,7	3858,7	3072,3	2986,9	277,91	0,072
Zastoupení vláken z počtu (%)	I	23,6	19,4	22,4	20,0	1,57	0,143
	IIA	21,0	20,2	18,3	21,5	1,62	0,499
	IIB	55,4	60,4	59,3	58,5	1,64	0,145
Zastoupení vláken z plochy (%)	I	19,5	15,0	18,3	16,2	1,50	0,068
	IIA	21,5 ^a	15,1 ^b	18,5 ^{ab}	18,2 ^{ab}	1,51	0,009
	IIB	59,0 ^b	69,9 ^a	63,2 ^{ab}	65,6 ^{ab}	1,87	0,002
Psoas major							
Průměrná plocha vláken (μm^2)	I	2022,2	2191,2	2234,1	2278,1	184,65	0,725
	IIA	1926,1	2115,3	2495,6	2328,8	216,10	0,220
	IIB	2832,9	3434,4	3419,1	3215,1	234,53	0,181
Zastoupení vláken z počtu (%)	I	27,7	23,6	27,2	30,0	2,48	0,261
	IIA	18,9	19,2	18,1	15,5	2,05	0,511
	IIB	53,4	57,2	54,7	54,5	2,29	0,627
Zastoupení vláken z plochy (%)	I	23,2	17,8	21,0	24,3	2,28	0,136
	IIA	14,5	14,3	15,1	12,5	1,74	0,713
	IIB	62,3	67,9	63,9	63,2	2,56	0,354

^{a,b} Hodnoty označené rozdílnými symboly se vzájemně statisticky liší ($P < 0,05$)

AA: aberdeen angus; FL: český strakatý skot; GS: gasconne; HO: holštýnský skot; SEM: standardní chyba průměru

Hodnoty měření síly stříhu WB nožem jsou uvedeny v tabulce 11. Zde byly naopak pozorovány rozdíly mezi plemeny pouze u svalů LL a PM. Ve svalu LL byla u býků FL naměřena významně vyšší síla stříhu než u plemene GS, naopak u svalu PM byla u FL býků zaznamenána významně nižší síla stříhu než u plemene HO ($P < 0,05$).

Tabulka 11: Hodnoty síly stříhu WB (N) u pěti svalů čtyř plemen skotu měřené na syrovém mase 48 h po porážce.

Sval	Plemeno				SEM	P-hodnota
	AA	GS	HO	FL		
<i>Longissimus lumborum</i>	58,2 ^{ab}	48,5 ^b	59,4 ^{ab}	64,9 ^a	4,35	0,035
<i>Semitendinosus</i>	108,1	105,8	121,3	107,2	7,18	0,371
<i>Biceps femoris</i>	123,8	115,4	134,3	114,2	8,66	0,303
<i>Semimembranosus</i>	119,2	121,1	117,8	119,9	9,57	0,995
<i>Psoas major</i>	43,3 ^{ab}	41,3 ^{ab}	51,5 ^a	35,8 ^b	4,11	0,032

^{a,b} Hodnoty označené rozdílnými symboly se vzájemně statisticky liší ($P < 0,05$)

AA: aberdeen angus; FL: český strakatý skot; GS: gasconne; HO: holštýnský skot; SEM: standardní chyba průměru

Rozdíly mezi jednotlivými svaly v histochemických charakteristikách svalových vláken a texturních vlastnostech, bez ohledu na plemeno, jsou pro informativní účely znázorněny v grafu 1. Z grafu je dobře patrný významný vliv masné partie na utváření svalových vláken i texturní vlastnosti.

Vztah mezi histochemickými charakteristikami svalových vláken a silou stříhu WB uvádí Tabulka 12. Byly pozorovány statisticky významné korelace pro všechny sledované parametry. U všech typů vláken byla síla stříhu WB pozitivně korelována s plochou vláken a dále pozitivně korelována se zastoupením vláken typu IIA z počtu i plochy. Pro zastoupení vláken typu I a IIB byly tyto korelace negativní.

Tabulka 12: Hodnoty korelačních koeficientů mezi silou stříhu WB a histochemickými charakteristikami svalových vláken u pěti svalů skotu.

	Typ I	Typ IIA	Typ IIB
Průměrná plocha vláken (μm^2)	0,15*	0,21**	0,19**
Zastoupení vláken z počtu (%)	-0,17*	0,51***	-0,34***
Zastoupení vláken z plochy (%)	-0,15*	0,54***	-0,34***

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

Vztah mezi silou stříhu WB a histochemickými parametry (podílem vláken z počtu) pěti svalů čtyř plemen skotu je znázorněn také v grafu komponentního skóre PCA (Graf 2). Kombinace dvou hlavních komponent (PC1 a PC2) vysvětluje 85,61% variability, z nichž PC1 vysvětluje 49,72 % a PC2 35,89 %. Zatímco jednotlivé svaly ukazují určitou separaci, u plemen žádné dělení zjevné není. Křehčí svaly LL a PM jsou soustředěny převážně vlevo od svislé osy, zatímco tuhé svaly ST a BF, jsou umístěny vpravo. Sval SM tvoří přechod mezi těmito skupinami.

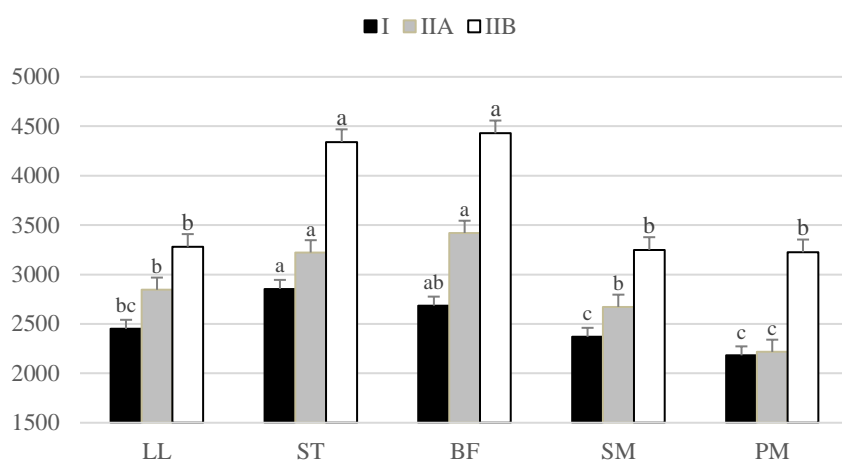
Tabulka 13 uvádí hodnoty korelačních koeficientů mezi histochemickými charakteristikami svalových vláken ve svalu LL a obsahem intramuskulárního tuku. Statisticky významné pozitivní korelace byly pozorovány u zastoupení vláken typu IIB z počtu i plochy, zatímco zastoupení vláken typu IIA z celkového počtu s podílem IMT korelovalo negativně.

Tabulka 13: Hodnoty korelačních koeficientů mezi obsahem intramuskulárního tuku a histochemickými charakteristikami svalových vláken ve svalu *longissimus lumborum* skotu.

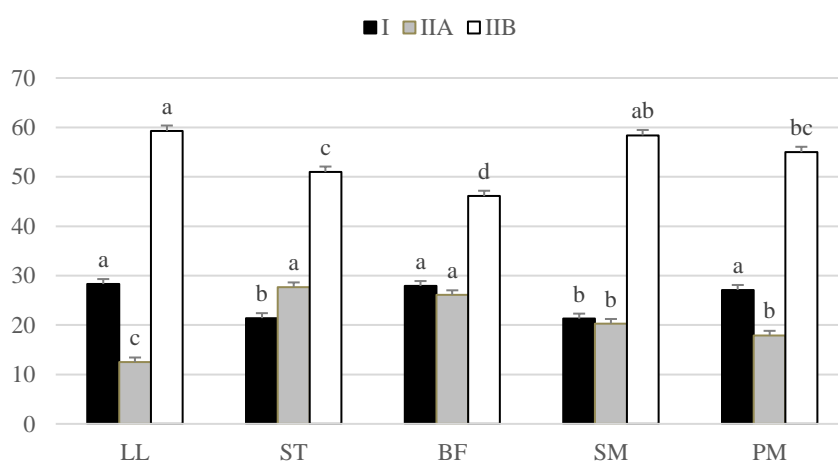
	Typ I	Typ IIA	Typ IIB
Průměrná plocha vláken (μm^2)	0,07	0,28	0,12
Zastoupení vláken z počtu (%)	-0,16	-0,35*	0,38*
Zastoupení vláken z plochy (%)	-0,23	-0,28	0,37*

* $P < 0,05$

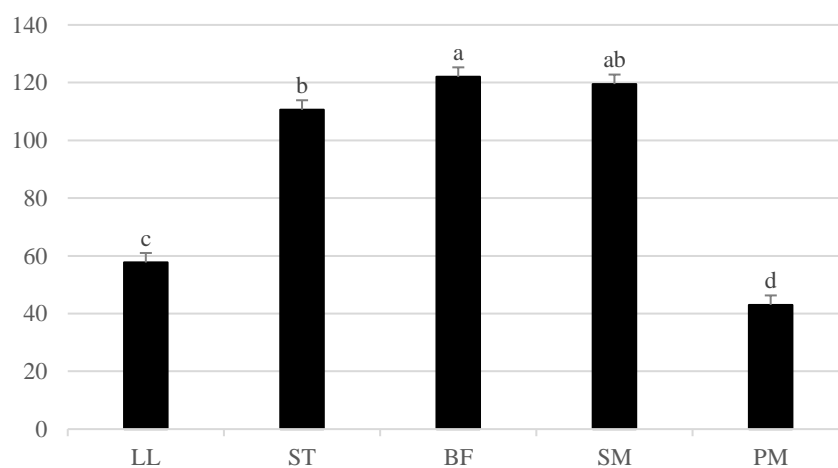
a)



b)

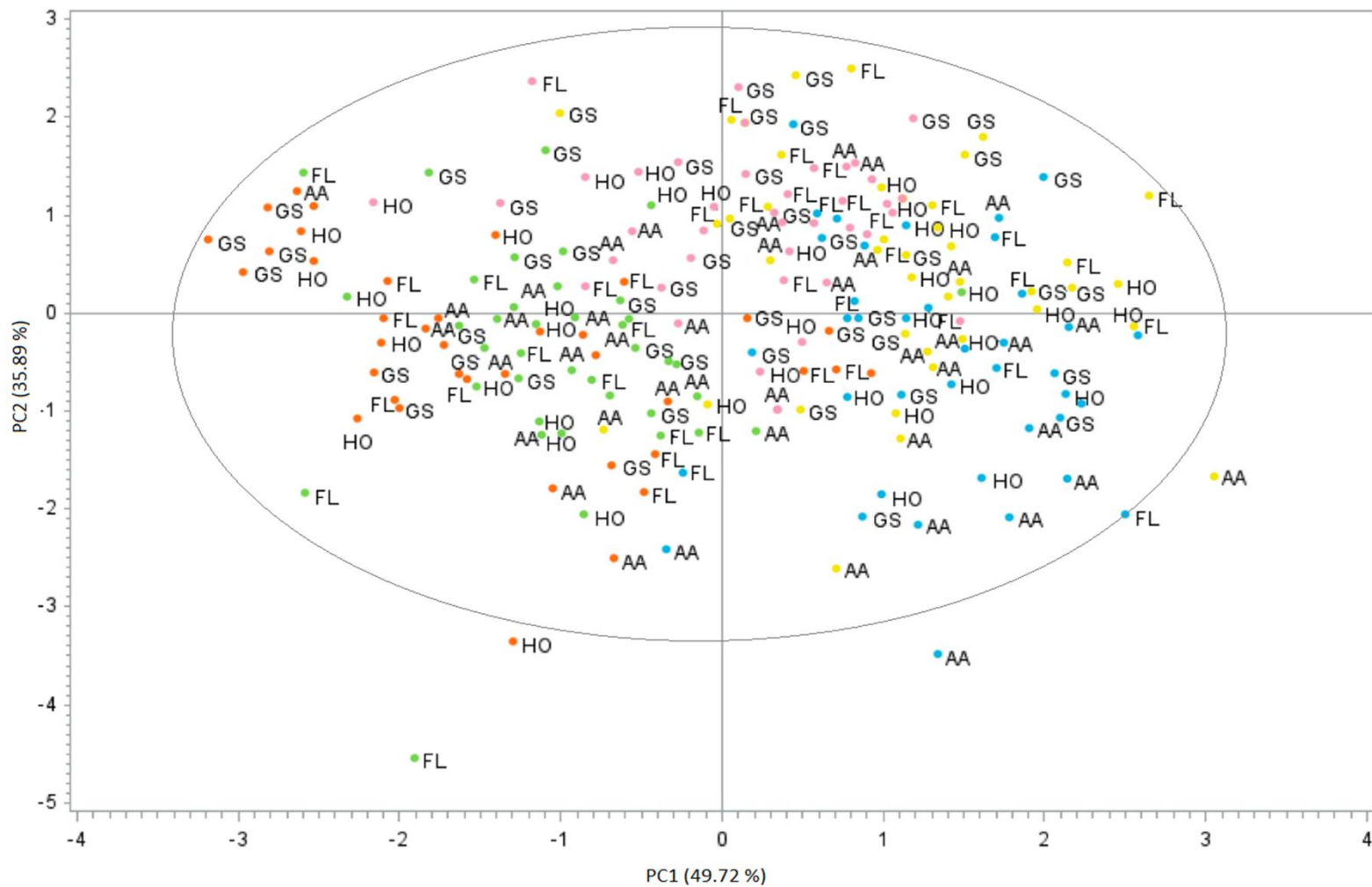


c)



Graf 1: Průměrná plocha vláken (μm^2 ; a), zastoupení vláken z počtu (%; b) a síla stříhu WB (N; c) ve svazech *longissimus lumborum* (LL), *semitendinosus* (ST), *biceps femoris* (BF), *semimembranosus* (SM) a *psaos major* (PM) skotu, bez ohledu na plemeno.

^{a,b,c,d} Hodnoty označené rozdílnými symboly se mezi jednotlivými svaly vzájemně statisticky liší ($P < 0,05$)



Graf 2: Vztah mezi křehkostí masa (síla stříhu WB) a zastoupením vláken typu I, IIA a IIB z počtu u čtyř plemen skotu ve svalech *longissimus lumborum* (LL; oranžová), *semitendinosus* (ST; žlutá), *biceps femoris* (BF; modrá), *semimembranosus* (SM; růžová) a *psaos major* (PM; zelená) vyjádřené pomocí grafu komponentního skóre s predikční elipsou analýzy hlavních komponent (PCA).

AA: aberdeen angus; FL: český strakatý skot; GS: gasconne; HO: holštýnský skot

4.2.2 Pokus 2 – Plemena prasat

Vzhledem k tomu, že u divokých a přeštických černostrakatých prasat nebylo možné zjistit jejich věk, bylo pro porovnání vybraných charakteristik mezi jednotlivými plemeny zvoleno posouzení v rámci hmotnosti jatečného těla. Z tohoto důvodu byla divoká prasata a plemeno landrase rozdělena na dvě skupiny. Landrase získané ve firmě Amaso s.r.o. (L2, 8 kusů) byly díky vysoké průměrné hmotnosti JUT (126,6 kg) hodnoceny samostatně od zvířat vykrmených v DEP ČZU v Praze (L1). Rovněž divoká prasata byla rozdělena na dvě hmotnostní kategorie, tedy W1 (10 ks, průměrná hmotnost JUT 77,8 kg) a W2 (9 ks, průměrná hmotnost JUT 39,6 kg). Pro informativní účely jsou v následujících tabulkách (tab. 14 a 15) uvedeny všechny skupiny zvířat, skupiny L2 a W2 však vzhledem k hmotnostem JUT nebudou dále diskutovány při porovnání vlivu plemene na charakteristiky svalových vláken. Diskuze bude věnována především skupinám dosahujícím shodné průměrné hmotnosti JUT, tedy v průměrné hmotnosti 94,3 kg plemenům D, L1 a Pc a v hmotnosti 80,3 kg skupinám Pn, BU a W1.

Histochemické charakteristiky svalových vláken ve svalu *longissimus lumborum* prasat uvádí tabulka 14. Meziplenné rozdíly byly zjištěny u všech hodnocených parametrů. Největší plocha všech vláken byla zjištěna u plemene Pc a obou skupin L. Následovalo plemeno Pn a D a to bez statisticky významného rozdílu od skupin L1 a L2 a také plemene BU, které mělo plochu vláken srovnatelnou s divokými prasaty W1. U plochy vláken typu I se statisticky významně lišily skupiny Pc a L2 od všech ostatních, které měly nižší průměrnou plochu vláken, a nebyly mezi nimi pozorovány významné rozdíly. Vlákná typu IIA byla největší u plemene L2 a Pc. Přeštická prasata se však významně nelišila od plemene D, které mělo srovnatelnou plochu vláken s ostatními skupinami (L1, Pn, BU, W1). Největší plocha vláken IIB byla zjištěna u skupiny L1 ovšem bez významného rozdílu od skupiny L2, D, Pc a Pn. Plemeno BU se ve velikosti vláken IIB nelišilo od skupin D, Pn a W1. U skupiny W2 byly plochy vláken ve všech případech nejmenší, což odpovídá jejich hmotnosti. Kromě plochy vláken typu I se však významně nelišila od skupiny W1. U všech sledovaných skupin měla největší plochu vlákna typu IIB a nejmenší plochu vlákna IIA.

Zastoupení vláken typu I z počtu bylo významně vyšší u skupin D, L1, BU a Pn v porovnání s L2, W1, Pc a W2. U vláken typu IIA dosahovali významně vyšších hodnot obě skupiny divokých prasat (W1 21,5 %, W2 22,1 %). Přeštická černostrakatá prasata měla zastoupení těchto vláken nejnižší (8,7 %), zatímco u vláken typu IIB dosahovala tato skupina

absolutně nejvyšších hodnot (81,7 %). Nejnižší zastoupení vláken IIB z počtu měly skupiny W1, L1 a D, avšak bez statisticky významného rozdílu od skupin W2 a Pn.

Zastoupení vláken typu I z celkové plochy bylo nejvyšší u skupiny D (13,8 %) společně s BU (12,7 %), která se však nelišila od plemen L1, Pn a W1. Nejnižší zastoupení vláken typu I měla skupina W2, která se ovšem významně nelišila od skupin Pc a L2. Vyšší zastoupení vláken typu IIA bylo stejně jako v případě zastoupení z počtu pozorováno u skupin W1 a W2 (13,4 a 12,9 %). Plemena L2, L1, D a Pn měla statisticky srovnatelné zastoupení vláken IIA. Nižší zastoupení těchto vláken bylo u skupin Pc (5,3 %) a BU (5,8 %). V případě BU však bez významného rozdílu od skupin Pn, L1 a D. Zastoupení vláken typu IIB z celkové plochy bylo rovněž jako u zastoupení vláken IIB z počtu nejvyšší u skupiny Pc (86,7 %). Ostatní skupiny neukazovaly statisticky významné rozdíly, kromě skupiny W1, kde bylo zastoupení vláken IIB nejnižší (76,1 %), avšak bez významného rozdílu od skupin W2 a D.

Tabulka 15 uvádí hodnoty zmasilosti a vybraných kvalitativních parametrů masa sledovaných skupin zvířat. U vzorků divokých prasat odebraných ve firmě Bidfood Kralupy s.r.o. bylo možné vzhledem k jejich velikosti analyzovat pouze obsah intramuskulárního tuku. Obsah IMT byl nejvyšší u plemene Pc (5,5 %), který se lišil od všech ostatních skupin. Nejnižší hodnoty byly u skupiny W2 (1,4 %) a to bez významného rozdílu od skupin W1, L1 a Pn. Ostatní skupiny se od sebe v obsahu IMT významně nelišily.

Nejvyšší zmasilosti dosáhlo plemeno Pn (59,3 %), bez významného rozdílu od plemene BU (56,6 %), které se významně nelišilo od ostatních skupin mimo Pc, u kterých byla zmasilost nejnižší (49,6 %).

Ve světlosti masa (L^*) nebyly pozorovány žádné významné rozdíly mezi skupinami mimo skupiny L2, která měla nejsvětlejší barvu masa. Naopak nejčervenější barvu (a^*) masa mělo plemeno BU, následovala plemena D, Pn a L2. Skupina L2 se již nelišila od skupin Pc a L1, které měly barvu masa nejméně červenou. Žlutost masa (b^*) byla významně vyšší u skupiny L2 v porovnání se skupinami Pc, Pn a L1. Skupina L1 měla žlutost masa nejnižší a významně se lišila od všech ostatních skupin mimo Pn.

Ztráty masové šťávy odkapem byly nejvyšší u skupin L2 (5,2 %) a Pn (4,5 %). Skupina Pn se však významně nelišila od plemen Pc a D. Nejnižší ztráty měla skupina L1 (2,6 %) a to bez rozdílu od plemen BU (3 %) a D (3,1 %).

Tabulka 14: Histochemické charakteristiky svalových vláken ve svalu *longissimus lumborum* vybraných plemen prasat.

	Plemeno								SEM	P-hodnota
	L2	L1	D	Pc	Pn	BU	W1	W2		
N	8	11	9	36	12	14	10	9		
Hmotnost JUT	126,6 ^a	96,9 ^b	94,9 ^b	91,1 ^b	82,7 ^c	80,3 ^c	77,8 ^c	39,6 ^d	4,19	<0,001
Průměrná plocha vláken (μm²)										
Vše	4529,1 ^{ab}	4180,7 ^{ab}	3675,8 ^{bc}	4563,5 ^a	3711,5 ^{bc}	3259,4 ^{cd}	2636,0 ^{de}	1743,6 ^e	346,41	<0,001
Typ I	3574,3 ^a	2677,7 ^b	2934,8 ^b	3782,5 ^a	2741,1 ^b	2906,5 ^b	2634,6 ^b	1828,6 ^c	289,03	<0,001
Typ IIA	3029,0 ^a	2110,2 ^c	2274,7 ^{bc}	2739,0 ^{ab}	2021,9 ^c	1925,4 ^c	1633,2 ^{cd}	1018,5 ^d	252,65	<0,001
Typ IIB	4885,3 ^a	5059,5 ^a	4127,3 ^{ab}	4860,6 ^a	4195,9 ^{ab}	3529,8 ^{bc}	2945,7 ^{cd}	1980,3 ^d	406,02	<0,001
Zastoupení vláken z počtu (%)										
Typ I	10,2 ^b	16,2 ^a	17,5 ^a	9,5 ^b	14,2 ^a	14,5 ^a	10,0 ^b	6,5 ^b	1,56	<0,001
Typ IIA	12,7 ^{bc}	14,8 ^b	12,5 ^{bc}	8,7 ^d	12,4 ^{bc}	10,1 ^{cd}	21,5 ^a	22,1 ^a	1,37	<0,001
Typ IIB	76,9 ^b	68,8 ^c	69,8 ^c	81,7 ^a	73,3 ^{bc}	75,4 ^b	68,3 ^c	71,3 ^{bc}	2,16	<0,001
Zastoupení vláken z plochy (%)										
Typ I	8,1 ^{cde}	10,3 ^{bcd}	13,8 ^a	7,9 ^{de}	10,5 ^{bc}	12,7 ^{ab}	10,4 ^{bcd}	6,8 ^e	1,28	<0,001
Typ IIA	9,3 ^b	7,5 ^{bc}	7,7 ^{bc}	5,3 ^d	6,8 ^{bcd}	5,8 ^{cd}	13,4 ^a	12,9 ^a	1,06	<0,001
Typ IIB	82,4 ^b	82,0 ^b	78,4 ^{bc}	86,7 ^a	82,6 ^b	81,4 ^b	76,1 ^c	80,2 ^{bc}	1,90	<0,001

BU: bílé ušlechtilé; D: duroc; JUT: jatečně upravené tělo; L1: lehké landrase; L2: těžké landrase; N: počet pozorování; Pc: přeštické černostrakaté; Pn: pietrain;

SEM: standardní chyba průměru; W1: těžší divoká prasata; W2: lehká divoká prasata

^{a,b,c,d,e} Hodnoty označené rozdílnými symboly se vzájemně statisticky liší ($P < 0,05$)

Tabulka 15: Hodnoty zmasilosti a vybraných kvalitativních parametrů masa sledovaných plemen prasat.

	Plemeno								SEM	P-hodnota
	L2	L1	D	Pc	Pn	BU	W1	W2		
N	8	11	9	36	12	14	10	9		
Hmotnost JUT	126,6 ^a	96,9 ^b	94,9 ^b	91,1 ^b	82,7 ^c	80,3 ^c	77,8 ^c	39,6 ^d	4,19	<0,001
Obsah IMT (%)	3,8 ^b	2,6 ^{bcd}	3,0 ^{bc}	5,5 ^a	2,6 ^{bcd}	2,8 ^{bc}	1,7 ^{cd}	1,4 ^d	0,59	<0,001
Zmasilost (%)	54,2 ^b	53,9 ^b	53,7 ^b	49,6 ^c	59,3 ^a	56,6 ^{ab}	-	-	1,99	<0,001
Barva masa L*	59,0 ^a	52,4 ^b	53,3 ^b	54,2 ^b	55,3 ^b	53,9 ^b	-	-	1,37	0,009
a*	-0,2 ^{bc}	-0,8 ^c	0,7 ^b	-0,5 ^c	0,3 ^b	1,6 ^a	-	-	0,38	<0,001
b*	11,4 ^a	8,9 ^d	10,6 ^{abc}	10,0 ^c	10,0 ^{bcd}	11,1 ^{ab}	-	-	0,55	0,004
Ztráty odkapem (%)	5,2 ^a	2,6 ^d	3,1 ^{bcd}	3,9 ^{bc}	4,5 ^{ab}	3,0 ^{cd}	-	-	0,58	0,005
WB syrové (N)	33,1 ^c	40,8 ^b	43,1 ^b	33,0 ^c	42,0 ^b	53,1 ^a	-	-	2,77	<0,001
WB vařené (N)	26,2 ^b	42,8 ^a	37,8 ^a	28,4 ^b	44,7 ^a	42,3 ^a	-	-	3,27	<0,001

BU: bílé ušlechtilé; D: duroc; IMT: intramuskulární tuk; JUT: jatečně upravené tělo; L1: lehké landrase; L2: těžké landrase; N: počet pozorování; Pc: přeštické černostrakaté;

Pn: pietrain; SEM: standardní chyba průměru; W1: těžší divoká prasata; W2: lehká divoká prasata; WB: síla stříhu Warner-Bratzler v Newtonch (N)

^{a,b,c,d} Hodnoty označené rozdílnými symboly se vzájemně statisticky liší ($P < 0,05$)

Tabulka 16: Hodnoty korelačních koeficientů mezi histochemickými charakteristikami svalových vláken a kvalitativními parametry masa prasat (všechna plemena).

Parametr	Hmotnost JUT	IMT	Zmasilost	L*	a*	b*	Ztráty odkapem	WB syrové	WB vařené
N	109	109	90	90	90	90	90	90	90
Průměrná plocha vláken (μm^2)									
Vše	0,59***	0,42***	-0,24*	-0,10	-0,27**	-0,13	-0,10	-0,49***	-0,21*
Typ I	0,47***	0,41***	-0,29**	-0,07	-0,06	0,06	-0,01	-0,26*	-0,25*
Typ IIA	0,53***	0,35***	-0,17	0,04	-0,14	0,06	-0,00	-0,34**	-0,20
Typ IIB	0,56***	0,36***	-0,20	-0,12	-0,27*	-0,17	-0,15	-0,46***	-0,13
Zastoupení vláken z počtu (%)									
Typ I	0,17	-0,17	0,21*	-0,10	0,28**	0,09	-0,25*	0,29**	0,35***
Typ IIA	-0,35***	-0,44***	0,20	-0,06	0,11	-0,10	-0,04	0,14	0,18
Typ IIB	0,15	0,45***	-0,26*	0,10	-0,25*	-0,01	0,20	-0,28**	-0,35***
Zastoupení vláken z plochy (%)									
Typ I	0,09	-0,21*	0,21*	-0,09	0,41***	0,22*	-0,23*	0,43***	0,29**
Typ IIA	-0,26**	-0,39***	0,15	0,07	0,17	0,07	0,07	0,11	0,08
Typ IIB	0,11	0,39***	-0,23*	0,02	-0,39***	-0,20	0,12	-0,36***	-0,25*

IMT: intramuskulární tuk; JUT: jatečně upravené tělo; N: počet pozorování; WB: síla stříhu Warner-Bratzler

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

Nejvyšší síla stříhu WB, tedy nejvyšší tuhost syrového masa, byla pozorována u plemene BU (53,1 N). Skupiny D, Pn a L1 se od sebe významně nelišily a nejkřehčí syrové maso měly skupiny Pc a L2. Rovněž u vařeného masa měly významně nižší tuhost masa skupiny Pc a L2 než ostatní skupiny.

Tabulka 16 uvádí hodnoty korelačních koeficientů mezi histochemickými charakteristikami svalových vláken a kvalitativními parametry masa prasat. Hmotnost JUT pozitivně korelovala s průměrnou plochou všech typů vláken ($P < 0,001$) a negativně korelovala se zastoupením vláken typu IIA z počtu ($r = -0,35$; $P < 0,001$) i plochy ($r = -0,26$; $P < 0,01$). Rovněž obsah IMT byl v pozitivní korelaci s plochou všech typů vláken. Mezi obsahem IMT a zastoupením vláken z počtu byla zjištěna negativní korelace pro vlákna typu IIA ($r = -0,44$; $P < 0,001$) a pozitivní pro vlákna typu IIB ($r = 0,45$; $P < 0,001$). Podobně tomu bylo i pro zastoupení vláken z celkové plochy, kdy podíl IMT negativně koreloval se zastoupením vláken typu I a IIA ($r = -0,21$ a $r = -0,39$) a pozitivně se zastoupením vláken IIB ($r = 0,39$; $P < 0,001$).

Zmasilost negativně korelovala s průměrnou plochou vláken typu I ($r = -0,29$) a vláken bez ohledu na typ ($r = -0,24$). Dále byla zjištěna pozitivní korelace mezi zmasilostí a zastoupením vláken typu I z počtu i plochy ($r = 0,21$). Zastoupení vláken typu IIB z počtu a plochy bylo se zmasilostí korelováno negativně ($P < 0,05$).

Zatímco pro světlost masa (L^*) nebyly zjištěny žádné statisticky významné korelace, červenost masa (a^*) negativně korelovala s plochou vláken IIB a vláken bez určení typu. Dále byly zjištěny pozitivní korelace mezi červeností masa a zastoupením vláken typu I z počtu ($r = 0,28$) i plochy ($r = 0,41$). Pro zastoupení vláken typu IIB byly tyto korelace negativní. Žlutost masa pozitivně korelovala se zastoupením vláken typu I z celkové plochy ($r = 0,22$; $P < 0,05$). Ztráty masové šťávy odkapem negativně korelovaly se zastoupením vláken typu I z počtu ($r = -0,25$) a celkové plochy ($r = -0,23$; $P < 0,05$).

Plocha všech typů vláken negativně korelovala se silou stříhu WB syrového masa a rovněž u masa vařeného byly pozorovány negativní korelace s plochou vláken typu I a vláken bez ohledu na typ. Pro sílu stříhu WB syrového i vařeného masa byly dále pozorovány pozitivní korelace se zastoupením vláken typu I z počtu i celkové plochy a negativní korelace pro toto zastoupení u vláken typu IIB.

5 Diskuse

5.1 Porovnání klasifikačních metod

Charakteristiky svalových vláken jsou ovlivněny funkcí a umístěním svalu v rámci jedince. Obecně jsou hluboké svaly zapojené do držení těla více oxidativní a obsahují více vláken typu I než povrchové svaly zapojené do rychlých pohybů (Joo et al. 2013). Podobně jako výsledky současné studie, Chang et al. (2003) pozorovali vyšší zastoupení typů IIA a IIX a nižší zastoupení typu IIB ve svalu PM než ve svalu LL vybraných plemen prasat. Ve své studii ovšem nezaznamenali vyšší podíl vláken typu I ve svalu PM u plemene bílé ušlechtilé, jak tomu bylo v našem experimentu u jejich kříženců. Výsledky této studie jsou však v souladu s pracemi Kim et al. (2017) a Lefaucheur & Vigneron (1986).

Neexistuje mnoho studií zaměřených na barvení svalových vláken pomocí IHC ve svalu PM prasat. Výsledky klasického histochemického barvení (ATPáza, SDH, NADH-TR) ovšem rovněž potvrzují, že ve svalu PM je vyšší podíl pomalých oxidativních (I) a rychlých oxidoglykolytických (IIA) vláken ve srovnání se svalem LL prasat (Velotto et al. 2012; Lösel et al. 2013; Hwang et al. 2018). Kromě toho Velotto et al. (2012) pozorovali větší průměrnou plochu vláken všech tří typů u svalu LL než PM, což je rovněž v souladu s výsledky naší studie.

Rozdílné zastoupení vláken typu IIB/IIB mezi barvicími metodami bylo očekáváno, protože metoda ATPázy nerozlišuje mezi typy IIX a IIB. Barvení IHC se tak u prasat jeví jako vhodnější pro detekci a hodnocení typů vláken, protože všechny tři rychlé izoformy MyHC jsou ve svalovině prasat exprimovány (Lefaucheur 2010; Fazarinc et al. 2013). Ve srovnání s jinými velkými hospodářskými zvířaty, jako je skot, obsahují svaly prasat vysoký podíl vláken IIB klasifikovaných pomocí ATPázy a v případě svalu LL je relativní plocha vláken IIB udávána v rozmezí 69–90 %, v závislosti na plemeni a věku prasat (Ruusunen & Puolanne 2004; Ryu et al. 2008). Pokud je však zastoupení vláken IIB ve svalu LL prasat hodnoceno pomocí barvení IHC, uvádí se relativní plocha 26–65 % (což odpovídá výsledkům této studie) v závislosti na plemeni a použitém systému klasifikace (zda jsou zahrnuta hybridní vlákna; Chang et al. 2003; Fazarinc et al. 2013; Kim et al. 2013b, 2013c). Vlákna IIX tedy mohou tvořit až 50 % objemu vláken IIB hodnocených pomocí barvení ATPázy. Metody barvení IHC také poskytují přesnější výsledky ve vzorcích odebíraných *post mortem* se sníženou enzymatickou aktivitou ATPázy, což je rozhodující pro některé klasifikační techniky (Pette & Staron 2000). Barvení pomocí ATPázy je rovněž velmi citlivé na pH a může tak vést k nesprávné klasifikaci vláken (Fazarinc

et al. 2013). Rozdíly v zastoupení vláken typu IIa pozorované v naší studii mezi barvicími metodami mohou být tedy způsobeny jak touto nesprávnou klasifikací při použití ATP metody, tak zahrnutím hybridních vláken (IIax) do vláken typu IIa v případě klasifikace pomocí IHC.

Rozdíly v kvalitativních vlastnostech masa souvisejí s rozdílným složením svalových vláken v kosterních svalech zvířat (Lefaucheur 2010; Lee et al. 2010; Joo et al. 2013). V této studii byl hodnocen vliv kompozice svalových vláken klasifikovaných ve svalu LL pomocí dvou rozdílných metod na kvalitativní parametry masa. Svalová vlákna IIb/IIB jsou obvykle spojována s nepříznivým vlivem na kvalitu vepřového masa, jako je nižší vaznost, rychlý pokles pH a světlejší barva masa, zatímco vlákna typu I mají opačné, příznivější vlastnosti (Choe et al. 2008; Lefaucheur 2010; Joo et al. 2013; Su et al. 2013). Svalová vlákna jsou dynamické struktury, které vykazují vysokou plasticitu a mohou se přeměňovat z jednoho na druhý typ následujícím směrem: I ↔ IIa ↔ IIx ↔ IIb. Tak se liší také biologické vlastnosti jednotlivých typů svalových vláken. Například typ I je spojen s vysokým obsahem myoglobinu, lipidů, vyšší vaskularizací a nízkou rychlostí kontrakce, zatímco typ IIb má opačné vlastnosti (Pette & Staron 2000; Lefaucheur 2010; Schiaffino & Reggiani 2011; Joo et al. 2013; Listrat et al. 2016). Vyšší podíl vláken typu I je také spojován s menší plochou pečeně (Lefaucheur 2010; Joo et al. 2013; Kim et al. 2013c), což potvrzuje i tato studie. I přes přítomnost genu *MyHC-IIb* u všech savců není izoforma vláken MyHC IIb u všech velkých savců exprimována (Lefaucheur 2010; Listrat et al. 2016). Silná exprese MyHC IIb je však pozorována u plemen prasat šlechtěných na vysoký podíl libové svaloviny a vysokou intenzitu růstu (Listrat et al. 2016), a lze očekávat, že vysoký podíl vláken IIb ve svalu tak bude spojen s problematickými parametry vepřového masa. Naše studie nečekaně ukazuje, že tyto parametry by mohly být spojeny se svalovými vlákny typu IIx. Trend korelace ukazuje, že vyšší podíl vláken IIx by mohl být asociován s větší plochou pečeně, nižším pH a vyšší ztrátou masové šťávy odkapem, zatímco vyšší podíl vláken typu IIb negativně koreloval s plochou pečeně a nebyly pozorovány žádné souvislosti s kvalitativními parametry masa.

Vaznost je hlavním kvalitativním parametrem čerstvého vepřového masa a souvisí s rozsahem denaturace proteinů (Su et al. 2013). Glykolytický metabolismus převládá ve svalových vláknech typu IIB, což přispívá k rychlému poklesu hodnot pH v časném *post mortem* stádiu. To je problém především vepřového masa, které ve srovnání s hovězím nebo jehněčím obsahuje vyšší podíl svalových vláken typu IIB. V souladu s výsledky naší práce, ukazují jiné studie pozitivní vliv vyššího obsahu vláken typu I na snížení ztrát odkapem (Kim

et al. 2013c; Lee et al. 2016). Chang et al. (2003) nepozorovali žádné významné korelace mezi ztrátou masové šťávy odkapem a podílem MyHC I, Iix a Iib ve svalu LL, zatímco ve svalu PM se závěry lišily v závislosti na plemeni. Korelace mezi ztrátou odkapem a MyHC Iib byla negativní u plemene berkshire a pozitivní u plemene tamworth, naopak pro MyHC Iix byl tento korelační koeficient pozitivní u berkshirů a negativní u plemene tamworth. Každopádně lze očekávat, že nízký počet analyzovaných vzorků bude mít vliv na zjištěné korelační koeficienty, což bylo jak v případě naší, tak studie Chang et al. (2003). Kim et al. (2013c) zaměřili svou studii na charakteristiky svalových vláken a vlastnosti vepřového masa s různými abnormalitami (tmavé, tuhé a suché – DFD; bledé, měkké a vodnaté – PSE; narůžovělé, tuhé a nevodnaté – RFN, narůžovělé, měkké a vodnaté – RSE). Rovněž pozorovali statisticky významné korelace mezi parametry svalových vláken a kvalitou masa. Srovnání s naší studií je ovšem částečně omezené, protože autoři kromě zmíněných čistých typů vláken zkoumali také hybridní typy Iiax a Iixb. Rozdílné výsledky získané v této studii by mohly být částečně vysvětleny existencí těchto hybridních vláken, která jsou zahrnuta do jednoho ze tří typů rychlých vláken, podle převahy MyHC izoformy. Kim et al. (2013c) například pozorovali negativní korelace mezi ztrátou masové šťávy odkapem a relativní plochou vláken Iiax a rovněž mezi rozpustností sarkoplazmatických bílkovin a relativní plochou vláken Iixb, které rovněž ovlivňují křehkost masa. Zahrnutí hybridních vláken do jednoho z čistých typů může tedy významně ovlivnit výsledky vztahů mezi vlastnostmi svalových vláken a parametry kvality masa, což je také patrné z tabulky 7. V mnoha případech, například mezi zastoupením vláken a ztrátou masové šťávy odkapem nebo silou stříhu WB, lze pozorovat rozdíly mezi výsledky barvicích metod. Při barvení ATPázou jsou do vláken IIB zahrnuty všechny typy vláken – Iix, Iib a Iixb (případně Iiaxb), zatímco v metodě IHC mohou neočekávané výsledky pro vlákna Iix a Iib souviset s rozdílnou/nesprávnou klasifikací hybridních vláken. Rozdíly mezi výsledky jednotlivých studií mohou být také vysvětleny existencí jiných proteinových izoform, jako jsou myosinové lehké řetězce, troponiny nebo tropomyosinové izoformy (Choi & Kim 2009). Například Oe et al. (2007) uvedli, že složení izoform tropomyosinu může ovlivnit posmrtné změny masa a tím i jeho výslednou kvalitu. Účinek těchto proteinových izoform na kvalitativní parametry masa však není zcela prokázán (Choi & Kim 2009). V této studii nebyly nalezeny žádné významné korelace mezi plochou vláken a kvalitativními parametry masa, s výjimkou a*, která byla negativně korelována s plochou vláken u IHC metody. Svaly s vyšší koncentrací myoglobinu jsou červenější a mají vyšší zastoupení červených vláken typu I a IIA (Listrat et al.

2016). Tato vlákna ve srovnání s vlákny typu IIB obsahují také více krevních kapilár, což rovněž způsobuje tmavší barvu masa (Su et al. 2013). Hustota kapilár závisí také na průměrné ploše svalových vláken, která je často měněna v reakci na změny v tělesných požadavcích nebo metabolickém prostředí (Olfert et al. 2016). Statisticky významné negativní korelace pro plochu vláken a červenost masa (a^*) byly pozorovány pouze u IHC metody, což by mohlo být způsobeno měřením ploch vláken na různých obrázcích.

Byly pozorovány významné rozdíly v chemickém složení mezi svaly LL a PM a dále některé významné korelace mezi těmito chemickými parametry a charakteristikami svalových vláken. Řada významných korelací byla zjištěna pro parametry svalových vláken a obsah vody a popelovin ve svalu LL, přičemž průměrná plocha vláken negativně korelovala s těmito parametry. Tyto korelace nebyly pozorovány v PM svalu, ačkoli obsah vody i popelovin byl vyšší a průměrná plocha vláken menší ve svalu PM než LL. Kim et al. (2013c) rovněž sledovali korelace mezi obsahem vody a parametry svalových vláken ve vepřovém mase, ale nepozorovali žádné významné korelace mezi obsahem vody a plochou vláken. Nalezli však pozitivní korelace mezi obsahem vody a relativní plochou vláken IIB. V současné studii byla tato korelace negativní, ale Kim et al. (2013c) hodnotili šest typů svalových vláken. Negativní korelace mezi obsahem vody a podílem vláken IIB mohou být spojeny s vazností masa. Je obecně známo, že svaly obsahující vyšší podíl vláken IIB/IIB mají nižší vaznost, což je také spojeno s větší plochou vláken (Lefaucheur 2010; Joo et al. 2013; Kim et al. 2013c). Ve svalu PM však byla tato negativní korelace pozorována u vláken IIA stanovených ATP metodou. Vysvětlení těchto protichůdných výsledků mezi dvěma svaly lze připsat širokému rozsahu vnitřních biochemických a biofyzikálních charakteristik, které by mohly existovat v rámci jednotlivých typů vláken, tedy, že například typ vláken IIA v jednom svalu daného plemene by mohl být metabolicky více podobný vláknům typu IIX nebo IIB u jiného plemene či svalu (Chang et al. 2003). Několik studií ukazuje, že chemické a biochemické složky se liší mezi svaly s různou kompozicí svalových vláken, což má vliv také na vlastnosti masa. Hwang et al. (2018) uvádějí, že svaly LL a PM se liší v obsahu nukleotidových složek, jako je inosinmonofosfát, adenosinmonofosfát nebo hypoxantin. Tyto sloučeniny ovlivňují některé smyslové parametry masa (Hwang et al. 2018) a jejich různé koncentrace mohou ovlivňovat stanovený obsah popelovin v mase. Obsah popelovin je měřítkem celkového množství minerálů přítomných v mase, nicméně hlavní složky tvoří K, P, Mg, Na a Ca, a všechny z nich jsou důležité pro kontrakci svalových vláken. Soglia et al. (2016) pozorovali nižší obsah vody

a tuku, vyšší množství bílkovin a popelovin a sníženou hladinu vápníku a sodíku v normálních ve srovnání s “dřevnatými“ (wooden breast) kuřecími prsními svaly. Ta jsou typická histopatologickými změnami jako je zvýšení degenerativních a atrofických vláken, ztrátou příčných pruhů a změnami ve velikosti vláken. Dalším ovlivňujícím faktorem by mohla být délka sarkomery. Guzek et al. (2015) uvedli, že délka sarkomery je pozitivně korelována s obsahem intramuskulárního tuku a negativně korelována s obsahem proteinu. Také bylo zjištěno, že vlákna typu IIB se vyznačují kratší délkou sarkomery než vlákna typu I (Christensen et al. 2006).

Ačkoli měl sval PM významně vyšší obsah IMT a také vyšší obsah červených vláken I a IIa než sval LL, nebyly pozorovány žádné významné korelace mezi obsahem IMT a parametry svalových vláken. Kim et al. (2013c) zjistili pozitivní korelace pro obsah IMT a plochu vláken IIa a IIax ve svalu LL. V souladu s naší studií Čandek-Potokar et al. (1999) nezaznamenali žádné významné korelace mezi obsahem IMT a vlastnostmi svalových vláken.

Tyto výsledky tedy dále podporují závěr, že neexistuje žádný univerzální vztah mezi složením svalových vláken a obsahem intramuskulárního tuku v mase (Lefaucheur 2010). Chemické a histologické složení masa je ovlivněno mnoha faktory. Tato studie ukazuje, že použití IHC metod u různých svalů by mohlo pomoci lépe popsat vztahy mezi složením svalových vláken a kvalitou masa. Proto by budoucí studie popisující histochemické složení svalových vláken a kvalitativní parametry vepřového masa měly být zaměřeny na chemické a enzymatické parametry rychlých typů vláken (typ II), které podle výsledků studie tvoří velkou část ekonomicky hodnotných svalů prasat.

5.2 Vliv plemenné příslušnosti

5.2.1 Pokus 1 – Plemena býků

K produkci kvalitního masa je nutné zabývat se vnitřními i vnějšími faktory ovlivňujícími jeho zpracovatelskou i kulinární kvalitu (Christensen et al. 2011). Obrovská genetická variabilita založená na různorodém původu a následném šlechtění skotu pro různé účely vedla k vytvoření četných domestikovaných plemen skotu (Felius et al. 2011). Kvalita masa různých plemen skotu byla hodnocena v mnoha studiích, avšak vzhledem k podstatnému genetickému pokroku dosahovanému u komerčních plemen díky novým biotechnologickým metodám je nutné tyto parametry znovu přezkoumat (Clarke et al. 2009). Rovněž charakteristiky svalových vláken byly hodnoceny v mnoha studiích u řady různých svalů a plemen (Chriki et al., 2013; Hwang, Kim, Jeong, Hur, & Joo, 2010; Kirchofer, Calkins, & Gwartney, 2002; Ozawa et al., 2000; Wegner et al., 2000; Xie, Meng, Cui, & Ren, 2012). Přesto existuje jen několik dostupných studií hodnotících tyto parametry u plemen skotu chovaných v identických podmínkách ustájení a výživy, z nichž žádná nezahrnuje plemena gasconne a české strakaté.

Plemeno je důležitý faktor, který může ovlivnit vlastnosti a složení svalové tkáně a tak následnou kvalitu čerstvého i zpracovaného masa či masných produktů (Christensen et al. 2011). Ačkoli jsou plemena použita v této studii rozdílného původu i užitkového typu, v případě svalových charakteristik se zdá, že při chovu v identických podmínkách nemusí být tyto meziplemenné rozdíly tak významné, jak by se dalo očekávat. V naší studii byly nejvýznamnější rozdíly v histochemických charakteristikách pozorovány mezi masnými plemeny AA a GS ve svalech kýty. Důvodem může být rozdílný věk při dosažení fyziologické dospělosti tohoto britského a francouzského plemene, kdy plemeno AA je řazeno mezi raná, zatímco GS mezi pozdní plemena. To odpovídá i výsledkům Gagaoua et al. (2016), kteří pozorovali nižší zastoupení MyHC IIx+IIb ve svalu *longissimus thoracis* plemene HO a AA v porovnání s francouzskými plemeny limousine a blonde d'aquitane. I další studie ukazují rozdíly v histochemických charakteristikách mezi plemeny různého původu nebo užitkového směru. Studie Hocquette et al. (2007) provedená na patnácti plemenech skotu, ukázala, že tučnější masná plemena britského původu (AA a hereford) a plemeno jersey měla vyšší oxidativní aktivitu vláken typu I a vlákna IIA s vysokou glykolytickou aktivitou a nízké zastoupení vláken typu IIX, zatímco francouzská plemena limousine, charolais a plemeno

piemontese měla vysoké zastoupení rychlých glykolytických vláken IIX. Wegner et al. (2000) pozorovali významně nižší zastoupení vláken typu I a IIA u plemene belgické modrobílé v porovnání s plemeny galloway, německý angus a HO, mezi kterými nezjistili výrazné rozdíly.

Dalším ovlivňujícím faktorem by mohla být protučnělost zvířat. Ačkoli byl podíl IMT měřen pouze ve svalu LL, který byl vyšší u plemen AA a HO než GS a FL, lze očekávat rozdílný obsah IMT i v ostatních svalech. Tedy by tyto výsledky rovněž podporovaly tvrzení, že podíl IMT je pozitivně korelován s podílem červených vláken ve svalu (Hwang et al. 2010; Joo et al. 2013). Nicméně hodnoty korelačních koeficientů mezi charakteristikami svalových vláken a podílem IMT ve svalu LL ukazují opačný trend (tabulka 13). Vztah mezi podílem IMT a svalovými vlákny byl sledován v řadě studií u různých živočišných druhů a svalů, avšak výsledky se značně rozcházejí (Larzul et al. 1997; Choi & Kim 2009; Hwang et al. 2010; Joo et al. 2013; Kim et al. 2013b). Na základě těchto znalostí a našich výsledků se tak domníváme, že výsledky těchto korelací jsou významněji ovlivněny plemennou skladbou, či dalšími intravitálními faktory a podíl IMT a svalových charakteristik je spíše nezávislý. To, že pravděpodobně neexistuje žádný univerzální vztah mezi těmito parametry, uvádí také Lefaucheur (2010).

V této studii byly posuzovány vysoce hodnotné svaly jatečně upravených těl skotu, jejichž rozdílné kvalitativní vlastnosti jsou dobře popsány (Jeremiah et al. 2003a, 2003b; Torrescano et al. 2003). Rozdílné kvalitativní parametry těchto svalů či masných partií jsou výsledkem jejich různého histochemického složení, které je primárně stanoveno fyziologickou funkcí svalu (Kim et al. 2016). Rozdíly v kompozici svalových vláken mezi jednotlivými svaly byly pozorovány v řadě studií (Hwang et al. 2010; Kim et al. 2016; Joo et al. 2017) a ve všech těchto studiích, včetně naší, byla nejnižší síla stříhu WB u svalu PM a vyšší u svalů kýty. V naší práci byla síla stříhu hodnocena na nevařeném mase 48 h po porážce, tedy v době odeznění maximální posmrtné ztuhlosti, ale stále na počátku zracích procesů. Měření tohoto ukazatele na syrovém mase také eliminuje vliv kulinární úpravy na výslednou křehkost. Je zajímavé, že meziplemenné rozdíly v síle stříhu WB byly sledovány pouze ve svalech LL a PM, které se však nelišily v histochemických charakteristikách. Rozdíly v křehkosti masa po porážce a během zrání jsou výsledkem různých vzájemně souvisejících faktorů, včetně pH, kompozice svalových vláken, délky sarkomer, množství pojivové tkáně, obsahem IMT, aktivitou proteolytických enzymů a dalších (Christensen et al. 2011; Cawthorn et al. 2018). S ohledem na tyto faktory a vliv barvicí techniky, čas odběru vzorků či vnitrosvalové rozdíly (Realini et

al. 2013; Song et al. 2020; Picard & Gagaoua 2020), je velice obtížné jednoznačně stanovit vliv kompozice svalových vláken na křehkost masa. Vliv místa vzorkování je zvláště důležitý u svalů ST a SM, kde lze pozorovat velkou variabilitu ve složení svalových vláken vnitřní a vnější oblasti, jakož i mezi distální a proximální částí svalu (Realini et al. 2013; Picard & Gagaoua 2020). Rozdíly v kompozici svalových vláken mezi plemeny bez významného vlivu na sílu stříhu WB však pozorovali i další autoři (Wegner et al. 2000; Xie et al. 2012). Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že charakteristiky svalových vláken jsou slabým indikátorem křehkosti hovězího masa a větší vliv má obsah IMT a pojivové tkáně. Nicméně v předchozí studii Bureš & Bartoň (2018) nebyly pozorovány žádné meziplemenné rozdíly v obsahu celkového či rozpustného kolagenu v LL.

Bylo prokázáno, že kompozice svalových vláken ovlivňuje průběh posmrtných procesů, který je rychlejší v rychlých glykolytických svalech než v pomalých oxidativních svalech, a tak vyšší podíl glykolytických vláken ve svalu má příznivý efekt na křehkost masa (Lefaucheur 2010; Joo et al. 2013; Listrat et al. 2016). To potvrzují i námi zjištěné korelace mezi silou stříhu WB a charakteristikami svalových vláken u sledovaných svalů. Ovšem výsledky ukazují, že pozitivní vliv na křehkost masa mají v tomto případě jak vlákna typu IIB, tak typu I. Naproti tomu zastoupení vláken IIA a plocha vláken ovlivňuje křehkost negativně. Existují ovšem i studie, které prokázaly negativní efekt glykolytických vláken na křehkost masa nebo velkou variabilitu těchto výsledků v závislosti na jednotlivých svalech či plemenech (Calkins et al. 1981; Hwang et al. 2010; Chriki et al. 2013; Picard et al. 2014; Listrat et al. 2016). Z grafů č. 1 a 2 je patrné, že vliv anatomické partie na kompozici svalových vláken je výrazně větší než vliv plemene. K podobným výsledkům síly stříhu WB mezi jednotlivými svaly došli i Torrescano et al. (2003), kteří rovněž hodnotili sílu stříhu na syrovém mase. Také v tomto případě lze pozorovat, že vztah mezi křehkostí masa a histochemickými parametry svalových vláken se může lišit v závislosti na svalu. Ačkoli byl v naší studii sval SM více glykolytický a měl menší plochu vláken než další svaly kýty (ST, BF), síla stříhu WB byla významně vyšší než ve svalech LL a PM. Hwang et al. (2010) hodnotili svalová vlákna ve svalech LL, SM, a PM plemene hanwoo s výrazným mramorováním masa. Podobně jako v naší studii pozorovali vyšší podíl vláken IIB ve svalu SM než LL a PM a menší plochu vláken všech typů ve svalu SM v porovnání s LL. Stejně tak síla stříhu WB byla nejvyšší ve svalu SM a nejnižší u PM a korelační koeficienty mezi zastoupením vláken IIB a silou stříhu WB byly pozitivní, což je v kontrastu s jejich pozdější studií (Joo et al. 2017). Rozdílné vztahy mezi kompozicí svalových

vláken a silou stříhu WB u svalu SM lze pozorovat i v grafu 2, dle jeho umístění mezi těmito skupinami křehkých a tuhých svalů. Je třeba mít také na paměti, jaké hodnotící metody byly pro dané studie zvoleny. Neboť rozdílná délka zrání masa, anebo jeho kulinární úprava, opět významně ovlivňuje texturní charakteristiky masa (Gagaoua et al. 2019; Picard & Gagaoua 2020). Na základě těchto pozorování lze říci, že ačkoli je křehkost masa ovlivněna řadou faktorů, pravděpodobně existuje i určitý vztah mezi histochemickou kompozicí svalových vláken a křehkostí masa. Pro jeho zhodnocení je však nutné přesně definovat výběr jednotlivých živočišných druhů, plemen a masných partií a v neposlední řadě zvolených analytických metod.

5.2.2 Pokus 2 – Plemena prasat

Domestikace divokého prasete se datuje do období asi 9 tisíc let před naším letopočtem a pravděpodobně k ní docházelo v několika nezávislých centrech (Giuffra et al. 2000; Larson 2005). Podoba současných plemen domácích prasat je výsledkem tohoto mnohaletého procesu, který zahrnuje vliv jejich předků, divokých prasat, dlouholeté umělé selekce i změn v životním prostředí a je spojen s podstatnými morfologickými a fyziologickými změnami (Rehfeldt et al. 2008; Lösel et al. 2013). Tyto změny se odráží i na složení jatečného těla a kvalitě masa těchto zvířat. Prasata, vzhledem ke své multiparitě, poměrně krátkému generačnímu intervalu i rychlosti růstu, jsou celkem hojně prostudovaným druhem. Existuje řada studií zabývajících se kvalitou masa a histochemickými vlastnostmi svaloviny u různých plemen prasat či jejich kříženců (Henckel et al. 1997; Chang et al. 2003; Lefaucheur et al. 2004; Kim et al. 2008; Wimmers et al. 2008; Fazarinc et al. 2013; Wojtysiak & Połtowicz 2014), avšak výsledky nejsou zcela konzistentní a především máločetná či lokální plemena jsou nedostatečně popsána nebo tyto práce zcela chybí.

V naší studii jsme hodnotili histochemické parametry svalových vláken ve svalu *longissimus lumborum* celkem šesti plemen prasat, u kterých jsme pro porovnání zvolili shodnou průměrnou hmotnost JUT. Ve studii byla zastoupena jak moderní plemena prasat, která jsou v hybridizačním programu používána v otcovských (D, Pn) i mateřských (L, BU) pozicích, tak prasata divoká (W) a rovněž lokální plemeno přeštické černostrakaté (Pc). O toto máločetné plemeno, které je rovněž zařazeno mezi genové rezervy, se v posledních letech zvýšil zájem, neboť spotřebitelé se více zajímají o chutné lokální produkty (Nevrkla & Václavková 2018). Popsání histochemických charakteristik svalových vláken tohoto národního plemene však v dostupné literatuře chybí.

Z výsledků ukazujících průměrné plochy svalových vláken je patrné, že tyto hodnoty v rámci živočišného druhu ovlivňuje primárně hmotnost zvířat, což odpovídá také zjištěným korelačním koeficientům mezi plochou svalových vláken a hmotností JUT. Tento pozitivní vztah mezi plochou svalových vláken a hmotností JUT prasat byl stanoven i dalšími autory (Choi & Oh 2016; Lee et al. 2016). V naší studii byly pozorovány i meziplemenné rozdíly v rámci hmotnostních kategorií. Ty mohou být ovlivněny rozdíly v celkovém počtu vláken u těchto plemen. Jak uvádí Rehfeldt et al. (2004), postnatální růst svaloviny je způsoben především zvětšováním velikosti svalových vláken než zvyšováním jejich celkového počtu ve svalu, ačkoli je sledování tohoto ukazatele u svalů velkých savců velmi obtížné. Zde je podle

Rehfeldt et al. (2000) třeba zmínit, že postnatální hypertrofie svalových vláken nepřímou koreluje s celkovým počtem vláken ve svalu. Rychlost postnatálního růstu jednotlivých svalových vláken je tedy nižší, když je ve svalu celkový počet vláken vysoký a naopak rychlejší je růst vláken tam, kde je celkový počet vláken menší. Rozdíly mezi domácími a divokými prasaty ve velikosti plochy svalových vláken pozorovali také Lösel et al. (2013), avšak v jejich studii dosahovala divoká prasata nižší porážkové hmotnosti než prasata domácí. Naopak Ryu et al. (2008) při porovnání plemen berkshire, landrase, yorkshire a jejich kříženců poražených v identické hmotnosti (105 kg) nepozorovali žádné statisticky významné rozdíly v ploše svalových vláken. V případě studie Lefaucheur et al. (2004), kteří sledovali svalová vlákna u plemene bílé ušlechtilé a meishan v identické hmotnosti (62 kg), byly ve svalu *longissimus* pozorovány rozdíly pouze mezi průměrnou plochou vláken a plochou vláken typu IIB těchto plemen.

Další zajímavé rozdíly byly v rámci této studie pozorovány v zastoupení jednotlivých typů svalových vláken z jejich počtu a plochy. Při porovnání divokých a domestikovaných zvířat v rámci živočišného druhu se uvádí, že selekce zvířat na rychlost růstu a obsah libové svaloviny posunula svalový metabolismus těchto zvířat směrem k bílému glykolytickému typu (Ruusunen & Puolanne 2004; Lefaucheur 2010; Joo et al. 2013). V případě naší studie měla divoká prasata významně vyšší zastoupení červených vláken typu IIA v porovnání s ostatními plemeny a zastoupení vláken typu I a IIB bylo nižší nebo srovnatelné, což by mohlo být v případě vláken typu I překvapivé. Ke stejným výsledkům však ve své studii došli i Rehfeldt et al. (2008), kteří při barvení pomocí ATP pozorovali ve svalu *longissimus dorsi* divokých prasat ve věku 7 a 20 týdnů nižší zastoupení vláken typu I a IIB a významně vyšší zastoupení vláken typu IIA v porovnání s domestikovanými prasaty (německá landrase) poraženými ve stejném věku. Zatímco při použití NADH-TR měla domestikovaná prasata ve 20 týdnech věku významně nižší zastoupení červených vláken ve svalu *longissimus dorsi* než prasata divoká. Fazarinc et al. (2013) porovnávali svalová vlákna pomocí IHC metody u divokých prasnic (46–60 kg) a prasnic BU (185–200 kg). U divokých prasnic pozorovali významně vyšší zastoupení vláken typu I, IIA i IIX/b a nižší zastoupení vláken IIB než u BU prasnic. Rozdílné výsledky těchto studií mohou být zapříčiněny jednak zvolenou klasifikační metodou, ale také rozdíly ve věku a hmotnosti zvířat, kdy v naší studii byla na rozdíl od výše zmíněných prací porovnávána divoká prasata v přibližně shodné porážkové hmotnosti. Dále je také vhodné zvážit, zda mohlo dojít k ovlivnění výsledků barvení z důvodu neznámého času odběru vzorků *post mortem*

u divokých prasat. Avšak Zochowska et al. (2005) ve své studii pozorovali u všech třech sledovaných svalů (*quadriceps femoris*, *semimembranosus* a *biceps femoris*) nižší zastoupení vláken typu IIB a vyšší zastoupení vláken typu I u divokých prasat s hmotností 60 kg v porovnání s 20 kg divokými prasaty, což bylo pozorováno i ve svalu LL v naší studii.

Významně odlišné výsledky od ostatních plemen ukazovalo také plemeno Pc, které mělo v zastoupení vláken z počtu i plochy absolutně nejvyšší podíl vláken IIB a velmi nízké zastoupení vláken typu IIA. Bohužel nejsou dostupné studie zabývající se histochemickými charakteristikami svalových vláken u plemene přestické černostrakaté, a tak nelze přesně konstatovat, zda jsou tyto rozdíly způsobeny genetickou predispozicí u tohoto plemene, nebo dalšími faktory. Vzhledem k tomu, že moderní plemena prasat (D, BU, L, Pn) a jejich hybridy dosahují vyšší růstové intenzity a také vyššího podílu libové svaloviny než tradiční plemena (Nevrkla & Václavková 2018), lze očekávat, že stejné porážkové hmotnosti dosáhnou tato plemena v odlišném věku. Přestože nebyl věk u plemene Pc sledován, dalo by se dle výše zmíněných faktů předpokládat, že se jednalo o starší zvířata. Tomu by dále odpovídaly i hodnoty zjištěné pro kompozici svalových vláken IIB, neboť se udává, že s přibývajícím věkem dochází k posunu vláken směrem ke glykolytickému typu (Lefaucheur & Vigneron 1986; Kim et al. 2013b). Dále je třeba také zvážit ranost těchto zvířat. K velmi podobným výsledkům jako u Pc v naší studii došli i Ryu et al. (2008) u velmi raného plemene berkshire (zastoupení vláken z počtu: 10,7 % typ I; 9,0 % typ IIA, 80,3 % typ IIB). V jejich studii však při porovnání s plemeny L, yorkshire a kříženců (L x yorkshire x D) nepozorovali tak významné rozdíly a zastoupení vláken typu IIB z plochy bylo u plemene berkshire dokonce nejnižší (85 %). Lefaucheur et al. (2004) nepozorovali rozdíly v histochemickém složení svalových vláken obarvených pomocí ATP metody ani mezi plemeny bílé ušlechtilé a meishan ve stejné porážkové hmotnosti. Bocian et al. (2012) sledovali histochemické parametry svalových vláken u plemene zlotnické strakaté a kříženců polských bílých ušlechtilých a polských landrasí ve shodném věku. Rozdíly pozorovali v zastoupení a průměru vláken typu I a IIB, kde zlotnické strakaté plemeno mělo vlákna IIB menší a nižší zastoupení, naopak mělo více vláken typu I s větším průměrem. Plemeno zlotnické strakaté však mělo také významně nižší hmotnost JUT. Chang et al. (2003) porovnávali svalová vlákna pomocí kombinace klasifikačních metod u tradičních (berkshire a tamworth) a moderních plemen prasat (D, BU). Přestože pozorovali rozdíly mezi jednotlivými plemeny u svalů *longissimus dorsi* i *psoas major*, nelze z jejich výsledků jednoznačně určit, jakým směrem šlechtění zvířat kompozici vláken ovlivňuje. Jak

uvádí ve své další studii Wood et al. (2004), tato zvířata se rovněž lišila v porážkové hmotnosti.

Na základě posouzení těchto výsledků a dostupných informací lze konstatovat, že rozdíly v kompozici svalových vláken mezi jednotlivými plemeny prasat jsou mnohdy spíše výsledkem rozdílné porážkové hmotnosti, věku těchto zvířat či dalších faktorů. Jasnějších výsledků je dosaženo, pokud porovnáváme extrémně odlišné genetické modely, jako jsou divoká a domestikovaná zvířata, zatímco při posouzení konvenčních plemen mohou být výsledky poněkud kontroverzní (Lefaucheur 2010).

Dále byly v naší studii hodnoceny kvalitativní parametry masa těchto plemen a jejich vztah ke kompozici svalových vláken. U divokých prasat byla mimo svalových charakteristik sledována pouze hmotnost jatečných těl a podíl IMT. Hmotnost JUT korelovala pozitivně s plochou vláken a negativně se zastoupením vláken IIA. Na rozdíl od našich výsledků Lee et al. (2016) ve své studii zaznamenali tyto korelace pozitivní. Kim et al. (2013c) nepozorovali žádné významné korelace mezi charakteristikami svalových vláken a hmotností JUT. V našem případě by tedy mohly být výsledky ovlivněny plemennou skladbou zvířat.

Masosádelné plemeno Pc vyniká dobrým ukládáním tuku a není tak překvapivé, že dosáhlo nejvyššího podílu IMT ze všech sledovaných plemen. Mezi ostatními plemeny již nebyly pozorovány tak významné rozdíly v obsahu IMT. Nepatrně nižší podíl IMT u divokých prasat bylo možné vzhledem k jejich pomalému vývinu rovněž očekávat. Rovněž Marsico et al. (2007) ve své studii zjistili nižší podíl IMT u divokých prasat a jejich kříženců v porovnání s domestikovanými prasaty. Obsah IMT v naší studii významně koreloval s charakteristikami svalových vláken. Pozitivní korelace mezi plochou vláken a obsahem IMT ve vepřovém mase byly rovněž pozorovány ve studiích Larzul et al. (1997) a Kim et al. (2013b, 2013c). Tyto výsledky by mohly souviset i s tím, že vyšší hmotnostní kategorie prasat obvykle vykazují vyšší množství tuku (Kim et al. 2013b). Pozitivní korelace mezi obsahem IMT a zastoupením vláken IIB, jako v naší studii, uvádí rovněž Kim et al. (2013b), zatímco žádné statisticky významné korelace mezi obsahem IMT a zastoupením svalových vláken nebyly zaznamenány ve studiích Čandek-Potokar et al. (1999), Jeong et al. (2012), Kim et al. (2013c) a ani v naší předchozí studii (Lebedová et al. 2020). Ve studii Kim et al. (2013b) byly korelace stanovovány u skupin zvířat s různou porážkovou hmotností, což by rovněž mohlo ovlivňovat zjištěné výsledky.

Zmasilost zvířat a další kvalitativní parametry masa byly hodnoceny již jen u domestikovaných plemen (N = 90). Jak bylo zmíněno výše, plemeno Pc je masosádelného

užitkového typu a nedosahuje tedy takové zmasilosti jako ostatní sledovaná plemena. Nejvyšší zmasilost byla sledována u supermasného plemene Pn, které se však v nižší hmotnostní kategorii nelišilo od plemene BU. V souvislosti s těmito výsledky lze předpokládat, že zjištěné pozitivní korelace mezi zmasilostí a zastoupením vláken typu I a negativní korelace se zastoupením vláken IIB opět odráží plemennou a hmotnostní skladbu sledovaných zvířat. Porovnání s ostatními studiemi je však poměrně komplikované, neboť tento parametr většinou není sledován, případně je hodnocen jinou metodou, například hodnocením plochy příčného řezu nejdelšího zádového svalu. Tu ve své studii hodnotili i Kim et al. (2013c), kteří stanovili negativní korelace mezi plochou pečeně a relativním zastoupením vláken typu I a pozitivní korelace s plochou vláken typu IIB. Jejich studie používala také rozdílnou metodu hodnocení svalových vláken (IHC).

Kvalita masa je subjektivně hodnocena spotřebiteli, kteří se při nákupu rozhodují podle jeho barvy, množství masové šťávy v obalu nebo obsahu tuku (Sionek & Przybylski 2016). Barva masa, měřená pomocí spektrofotometru, zahrnuje tři hodnoty, tedy jeho světlost (L^*), červenost (a^*) a žlutost (b^*). Významně světlejší barva masa byla pozorována pouze u skupiny těžkých landrasí L2, společně s vyšší žlutostí masa a většími ztrátami odkapem. Hodnoty zjištěné u této skupiny již mohou indikovat atypický průběh posmrtných procesů, spojený s výskytem PSE masa (Kim et al. 2013c). Barva masa je ovlivněna řadou faktorů zahrnujících živočišný druh, plemeno, věk, pohlaví, masnou partii, pokles pH *post mortem*, teplotu chladičného procesu či délku expozice světlu. Následné rozdíly v barvě masa souvisí s obsahem a chemickým stavem myoglobinu obsaženým ve svalových vláknech (Listrat et al. 2016). V naší studii nebyly mezi světlostí masa a svalovými vlákny pozorovány žádné významné korelace, avšak spojitost mezi těmito parametry byla sledována v řadě jiných studií (Ryu & Kim 2005; Kim et al. 2013c; Lee et al. 2016). Významné korelace mezi kompozicí svalových vláken a barvou masa byly zjištěny u červenosti (a^*), která stoupala se zastoupením vláken typu I a naopak klesala s podílem vláken IIB a jejich průměrnou plochou. Tyto výsledky rovněž podporují tvrzení, že vyšší koncentraci myoglobinu, a tudíž i červenější barvu, mají svaly s vyšším zastoupením vláken typu I (Listrat et al. 2016). K podobným závěrům došli také Jeong et al. (2012) a Lee et al. (2016), zatímco Kim et al. (2013c) žádné významné korelace mezi červeností masa a zastoupením vláken obarvených IHC metodou nepozorovali. U studie Chang et al. (2003) se některé zjištěné korelace, například mezi MyHC 2a a červeností masa, lišily v závislosti na plemeni.

Vaznost masa je u vepřového hlavním kvalitativním parametrem (Su et al. 2013). Většina vody ve svalu je vázaná ve struktuře svalu a svalových buněk. Voda, která se nachází v myofibrilách svalového vlákna (intra-myofibrilární voda), tvoří asi 85 %. Zbýlých 15 % je vázáno mezi jednotlivými myofibrilami, mezi myofibrilami a sarkolemou, mezi svalovými vlákny a svalovými svazky (extra-myofibrilární voda; Huff-Lonergan & Lonergan 2005; Pearce et al. 2011). Schopnost masa tuto vodu udržet je ovlivněna faktory působícími před i po smrti zvířete. K těm velmi významným patří genetické faktory (mutace v genu *RYR1*) a předporážkový stres (Huff-Lonergan & Lonergan 2005). Významné rozdíly ve vaznosti masa mezi skupinami L1 a L2 v naší studii by tak mohly být spojeny právě s předporážkovými faktory, neboť tato zvířata pocházela z rozdílných chovů a byla porážena na různých jatkách. Lehce vyšší hodnoty u plemene Pn jsou vzhledem k jejich náchylnosti ke stresu očekávány. Svalová vlákna typu IIB jsou vzhledem k svému metabolismu, který přispívá k rychlému poklesu pH *post mortem*, dávána do souvislosti se zhoršenou vazností masa (Listrat et al. 2016). Naopak je tomu u vláken červených. To je patrné i z našich výsledků a potvrzeno v dalších vědeckých studiích (Ryu et al. 2006; Kim et al. 2013c; Lee et al. 2016). Existují však i studie, které došly k opačným výsledkům, nebo rozporným výsledkům pro jednotlivá plemena (Čandek-Potokar et al. 1999; Chang et al. 2003). Lefaucheur (2010) uvádí, že rozdíly mezi plemeny souvisejí s řadou jiných faktorů, než je kompozice svalových vláken, tedy s rychlostí růstu, složením jatečného těla nebo obsahem IMT, a tak nejsou zcela vhodné pro hodnocení vztahů mezi charakteristikami svalových vláken a kvalitou masa.

Posledním hodnoceným parametrem byla křehkost masa, tedy měření síly stříhu WB syrového a vařeného masa. Křehkost masa závisí na kompozici svalových vláken, množství pojivové tkáně a průběhu posmrtných procesů, a v případě vepřového masa nepředstavuje takový problém jako u masa hovězího (Joo et al. 2013; Listrat et al. 2016). Při hodnocení syrového i vařeného masa byly nejnižší hodnoty zaznamenány u plemen Pc a L2, což by mohlo souviset s vysokým obsahem IMT u těchto zvířat. Jak již bylo zmíněno v souvislosti s předchozími studiemi, vztahy mezi charakteristikami svalových vláken a kvalitou masa jsou poněkud kontroverzní. V této studii jsme pro sílu stříhu WB pozorovali negativní korelace s plochou vláken všech typů a zastoupením vláken IIB, se stejnými trendy pro syrové i vařené maso. Pro zastoupení vláken typu I byly tyto korelace pozitivní. K podobným výsledkům a trendům jsme došli i v naší předchozí studii (Lebedová et al. 2020), kde byly tyto parametry hodnoceny u kanečků hybridní kombinace (BU x L) x BO. Další studie zjistily výsledky

opačné, nevýznamné nebo ovlivněné plemenem, masnou partií či klasifikační metodou (Čandek-Potokar et al. 1999; Chang et al. 2003; Kim et al. 2013b, 2013c). Tyto výsledky se také liší mezi jednotlivými živočišnými druhy (Renand et al. 2001; Berri et al. 2007; Joo et al. 2013). Na základě těchto poznatků se svalová vlákna zdají být slabým indikátorem kvality masa, neboť zjištěné rozdíly jsou pravděpodobně spojené s řadou dalších ovlivňujících faktorů, jako je plemeno, genotyp, věk, masná partie, klasifikační metoda a mnohé další intravitální a postmortální vlivy.

6 Závěr

Předkládaná závěrečná práce zahrnovala dva tématické okruhy. Cílem prvního z nich bylo pomocí podrobnějších klasifikačních metod stanovit jednotlivé typy svalových vláken a pokusit se tak lépe objasnit vztah mezi histochemickými charakteristikami svalových vláken a kvalitou masa. Pro tyto účely byla zvolena imunohistochemická analýza v porovnání s metodou barvení pomocí adenosin trifosfatázy u dvou ekonomicky hodnotných svalu prasat. Tato studie je jednou z mála dostupných prací, které porovnávají různé metody barvení svalových vláken a jejich vztah ke kvalitativním parametrům masa v rámci identických vzorků. Výsledky ukazují, že imunohistochemická metoda je velmi vhodná pro klasifikaci svalových vláken prasat, u kterých se vyskytují nejen všechny MyHC izoformy, ale také mají ve svalech vysoký podíl glykolytických vláken typu IIB. Pomocí imunohistochemie je tak možné množství těchto vláken rozčlenit do více skupin, kdy svalová vlákna typu IIX mohou tvořit až polovinu vláken původně klasifikovaných jako IIB.

Výsledky hodnotící vztahy mezi jednotlivými typy vláken a kvalitou masa pak dále naznačují, že nepříznivé parametry masa spojované s podílem vláken typu IIB nemusí přímo souviset s izoformou MyHC IIB. Předkládaná studie nečekaně ukazuje, že by tyto parametry mohly být u prasat spojeny se svalovými vlákny typu IIX. Rovněž zahrnutí hybridních vláken do jednoho z čistých typů může významně ovlivnit zjištěné vztahy mezi histochemickými charakteristikami svalových vláken a kvalitativními parametry masa a proto je vhodné se touto klasifikací zabývat.

Na druhou stranu se jedná o metodu časově velice náročnou a je tak třeba zvážit její použití na konkrétních vzorcích. Zde je třeba věnovat pozornost především množství hodnocených vzorků, zvoleným plemenům a svalům, neboť jak ukazují výsledky vědeckých studií, biochemické vlastnosti v rámci jednoho typu vlákna mohou být mezi plemeny a svaly významně odlišné. To následně ovlivňuje výsledky hodnocení vztahů mezi vlastnostmi svalových vláken a kvalitou masa. Řešením pro velké experimenty by tak mohlo být použití kombinace jednotlivých metod, například klasických histochemických (ATP, SDH, HE barvení) a metod molekulární biologie (SDS-PAGE, Dot blot), případně se sledováním dalších metabolických a biochemických parametrů.

Druhý okruh měl za cíl vyhodnotit vliv plemenné příslušnosti na utváření svalových vláken skotu a prasat a s tím související kvalitu masa. Přestože tématu svalových vláken u různých živočišných druhů a jejich plemen byla věnována řada pozorování, u některých především lokálních plemen, dle dostupných zdrojů, zatím nebyly tyto parametry hodnoceny. Tato studie tak pravděpodobně přináší první výsledky histochemické klasifikace svalových vláken u plemen skotu gasconne a české strakaté a u přeštického černostrakatého prasete.

Přestože byla v rámci studie hodnocena plemena skotu rozdílného původu i užitkového typu, meziplémenné rozdíly v charakteristikách svalových vláken nebyly tak významné, jak bylo očekáváno. Významné rozdíly byly pozorovány v rámci masného užitkového typu mezi plemeny aberdeen angus a gasconne, zatímco s holštýnským skotem si bylo plemeno aberdeen angus v histochemických charakteristikách velmi podobné. Rovněž při porovnání moderních plemen prasat nebyly rozdíly v kompozici svalových vláken příliš výrazné. Od ostatních plemen se lišila především divoká prasata a masosádelné plemeno přeštické černostrakaté. Výsledky ukazují, že výrazné meziplémenné rozdíly jsou patrné především při porovnání extrémně odlišných genetických modelů, jako jsou divoká či domestikovaná zvířata. Naproti tomu při porovnání konvenčních plemen mohou být výsledky poněkud kontroverzní a zjištěné difference mezi těmito plemeny jsou více než s užitkovým typem či směrem šlechtění, spojené s vlastnostmi daných plemen jako je ranost, věk při dosažení identické hmotnosti či podíl svaloviny a tuku v jatečných tělech.

Hodnoty korelačních koeficientů stanovené mezi charakteristikami svalových vláken a kvalitativními parametry masa v rámci našich i dalších vědeckých studií ukazují, že výsledky významně ovlivňuje zvolená klasifikační metoda, živočišný druh, hodnocená masná partie i plemenné složení zvířat. To může souviset s tím, že biochemické vlastnosti jednoho daného typu vlákna se mohou významně lišit v závislosti na výše zmíněných faktorech.

Přesto bylo v rámci všech tří experimentů této práce potvrzeno, že vyšší podíl vláken typu IIB má pozitivní vliv na instrumentálně měřenou křehkost masa. Dále byl zjištěn pozitivní vliv zastoupení vláken typu I na snížení ztrát masové šťávy odkapem ve svalu *longissimus lumborum* a to u čistokrevných plemen prasat i jejich kříženců. Ve studii porovnávací plemena prasat byl rovněž zjištěn pozitivní vliv zastoupení vláken typu I na červenost masa, který je uváděn i v dalších vědeckých studiích. Podíl intramuskulárního tuku pozitivně koreloval se zastoupením vláken IIB ve studiích porovnávacích plemena skotu a prasat, zatímco vědecká literatura mnohdy udává pozitivní vliv vláken typu I na podíl IMT ve svalu. Ve studii zaměřené

na porovnání klasifikačních metod u dvou svalu prasat nebyly zjištěny žádné významné korelace. Tyto výsledky tak mohou podporovat tvrzení, že pro některé parametry, například podíl intramuskulárního tuku, neexistuje žádný univerzální vztah mezi jejich hodnotou a kompozicí svalových vláken ve svalu.

Při porovnávání výsledků řady vědeckých studií, zaměřených na vliv svalových vláken na kvalitativní parametry masa, by se mnohdy dalo konstatovat, že svalová vlákna se zdají být slabým indikátorem kvality masa. Svalová vlákna však nejsou jediným indikátorem kvality masa. Tyto vztahy jsou velmi komplexní, závislé na řadě intravitálních i postmortálních faktorů a nelze je hodnotit samostatně. Rovněž nelze žádný z těchto hodnotících parametrů opomíjet. Hodnocení svalových vláken tak tvoří malou, ale nepostradatelnou součást výzkumů zabývajících se kvalitou masa, které je třeba čas od času znovu přezkoumat, protože se mohou měnit stejně tak, jak se mění jednotlivá plemena v průběhu let šlechtění.

7 Seznam literary

- Adams GR, McCue SA, Zeng M, Baldwin KM. 1999. Time course of myosin heavy chain transitions in neonatal rats: importance of innervation and thyroid state. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* **276**:R954–R961.
- AOAC. 2005. Official methods of analysis, 18th edition. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, USA.
- Ashmore CR, Doerr L. 1971. Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Experimental Neurology* **31**:408–418.
- Bee G. 2004. Effect of early gestation feeding, birth weight, and gender of progeny on muscle fiber characteristics of pigs at slaughter. *Journal of Animal Science* **82**:826–836.
- Bee G, Calderini M, Biolley C, Guex G, Herzog W, Lindemannt MD. 2007. Changes in the histochemical properties and meat quality traits of porcine muscles during the growing-finishing period as affected by feed restriction, slaughter age, or slaughter weight. *Journal of Animal Science* **85**:1030–1045.
- Beermann DH, Butler WR, Hogue DE, Fishell VK, Dalrymple RH, Ricks CA, Scanes CG. 1987. Cimaterol-Induced Muscle Hypertrophy and Altered Endocrine Status in Lambs. *Journal of Animal Science* **65**:1514–1524.
- Beermann DH, Fishell VK, Roneker K, Boyd RD, Armbruster G, Souza L. 1990. Dose-response relationships between porcine somatotropin, muscle composition, muscle fiber characteristics and pork quality. *Journal of Animal Science* **68**:2690–2697.
- Berri C, Le Bihan-Duval E, Debut M, Santé-Lhoutellier V, Baéza E, Gigaud V, Jégo Y, Duclos MJ. 2007. Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of Pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens1. *Journal of Animal Science* **85**:2005–2011.
- Bocian M, Wojtysiak D, Jankowiak H, Cebulska A, Kapelański W, Migdał W. 2012. Carcass, meat quality and histochemical traits of m. longissimus lumborum from Złotnicka spotted pigs and commercial pigs. *Folia Biologica* **60**:181–187.
- Brandstetter AM, Picard B, Geay Y. 1998. Muscle fibre characteristics in four muscles of growing male cattle II. Effect of castration and feeding level. *Livestock Production*

- Science **53**:25–36.
- Brooke MH, Kaiser KK. 1970. Muscle fiber types: How many and what kind? *Archives of Neurology* **23**:369–379.
- Bureš D, Bartoň L. 2018. Performance, carcass traits and meat quality of Aberdeen Angus, Gascon, Holstein and Fleckvieh finishing bulls. *Livestock Science* **214**:231–237.
- Calkins CR, Dutson TR, Smith GC, Carpenter ZL, Davis GW. 1981. Relationship of Fiber Type Composition to Marbling and Tenderness of Bovine Muscle. *Journal of Food Science* **46**:708–710.
- Čandek-Potokar M, Lefaucheur L, Žlender B, Bonneau M. 1999. Effect of slaughter weight and/or age on histological characteristics of pig longissimus dorsi muscle as related to meat quality. *Meat Science* **52**:195–203.
- Cawthorn DM, Fitzhenry LB, Muchenje V, Bureš D, Kotrba R, Hoffman LC. 2018. Physical quality attributes of male and female wild fallow deer (*Dama dama*) muscles. *Meat Science* **137**:168–175.
- Chang KC, Da Costa N, Blackley R, Southwood O, Evans G, Plastow G, Wood JD, Richardson RI. 2003. Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs. *Meat Science* **64**:93–103.
- Choe JH, Choi YM, Lee SH, Shin HG, Ryu YC, Hong KC, Kim BC. 2008. The relation between glycogen, lactate content and muscle fiber type composition, and their influence on postmortem glycolytic rate and pork quality. *Meat Science* **80**:355–362.
- Choi YM, Kim BC. 2009. Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. *Livestock Science* **122**:105–118.
- Choi YM, Oh HK. 2016. Carcass performance, muscle fiber, meat quality, and sensory quality characteristics of crossbred pigs with different live weights. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* **36**:389–396.
- Chriki S, Renand G, Picard B, Micol D, Journaux L, Hocquette JF. 2013. Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics. *Livestock Science* **155**:424–434.
- Christensen M et al. 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.
- Christensen M, Kok C, Ertbjerg P. 2006. Mechanical properties of type I and type IIB single porcine muscle fibres. *Meat Science* **73**:422–425.
- Chrystall BB, Zobrisky SE, Bailey ME. 1969. Longissimus muscle growth in swine. *Growth* **33**:361–70.
- Clancy MJ, Lester JM, Roche JF. 1986. The effects of anabolic agents and breed on the fibers of the longissimus muscle of male cattle. *Journal of animal science* **63**:83–91.
- Clarke AM, Drennan MJ, McGee M, Kenny DA, Evans RD, Berry DP. 2009. Intake, live animal scores/measurements and carcass composition and value of late-maturing beef and dairy breeds. *Livestock Science* **126**:57–68.
- ČSÚ. 2019. Spotřeba potravin, nápojů a cigaret na 1 obyvatele v ČR v letech 2009 - 2018. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2018> (accessed July 8, 2020).
- Culley G. 1807. *Observations in Livestock*, 4th edition. G. Woodfall, London.
- Dreyer JH, Naudé RT, Henning JWN, Rossouw E. 1977. The influence of breed, castration and age on muscle fibre type and diameter in friesland and Afrikaner cattle. *South African Journal of Animal Science* **7**:171–180.
- Dwyer CM, Stickland NC, Fletcher JM. 1994. The influence of maternal nutrition on muscle fiber number development in the porcine fetus and on subsequent postnatal growth. *Journal of animal science* **72**:911–917.
- Essén-Gustavsson B, Lindholm A. 1984. Fiber types and metabolic characteristics in muscles of wild boars, normal and halothane sensitive swedish landrace pigs. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* **78**:67–71.
- Fazarinc G, Uršič M, Kantura VG, Vukičević TT, Škrlep M, Čandek-Potokar M. 2013. Expression of myosin heavy chain isoforms in longissimus muscle of domestic and wild pig. *Slovenian Veterinary Research* **50**:67–74.
- Felius M et al. 2011. On the breeds of cattle - Historic and current classifications. *Diversity* **3**:660–692.

- Fernandez X, Lefaucheur L, Čandek M. 1995. Comparative study of two classifications of muscle fibres: Consequences for the photometric determination of glycogen according to fibre type in red and white muscle of the pig. *Meat Science* **41**:225–235.
- Fiedler I, Rehfeldt C, Ender K. 1991. Muskelfasermerkmale: neue Selektionskriterien? *Der Tierzüchter* **43**:444–445.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017. Meat food supply quantity (kg/capita/year). Available from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS> (accessed July 8, 2020).
- Francisco CL, Jorge AM, Dal-Pai-Silva M, Carani FR, Cabeço LC, Silva SR. 2011. Muscle fiber type characterization and myosin heavy chain (MyHC) isoform expression in Mediterranean buffaloes. *Meat Science* **88**:535–541.
- Freking BA, Smith TPL, Leymaster KA. 2004. The Callipyge mutation for sheep muscular hypertrophy - genetics, physiology and meat quality. Pages 317–342 *Muscle development of livestock animals: physiology, genetics and meat quality*. CABI, Wallingford.
- Gagaoua M et al. 2016. Sensory quality of meat from eight different types of cattle in relation with their biochemical characteristics. *Journal of Integrative Agriculture* **15**:1550–1563.
- Gagaoua M, Terlouw C, Richardson I, Hocquette J-F, Picard B. 2019. The associations between proteomic biomarkers and beef tenderness depend on the end-point cooking temperature, the country origin of the panelists and breed. *Meat Science* **157**:107871.
- Gauthier GF. 1969. On the relationship of ultrastructural and cytochemical features to color in mammalian skeletal muscle. *Zeitschrift für Zellforschung und Mikroskopische Anatomie* **95**:462–482.
- Giuffra E, Kijas JM, Amarger V, Carlborg O, Jeon JT, Andersson L. 2000. The origin of the domestic pig: independent domestication and subsequent introgression. *Genetics* **154**:1785–91.
- Graziotti GH, Ríos CM, Rivero JLL. 2001. Evidence for three fast myosin heavy chain isoforms in type II skeletal muscle fibers in the adult llama (*Lama glama*). *Journal of Histochemistry and Cytochemistry* **49**:1033–1044.
- Guzek D, Głabska D, Głabski K, Pogorzelski G, Barszczewski J, Wierzbicka A. 2015.

- Relationships between sarcomere length and basic composition of infraspinatus and longissimus dorsi muscle. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* **39**:96–101.
- Harrison AP, Rowleson AM, Dauncey MJ. 1996. Selective regulation of myofiber differentiation by energy status during postnatal development. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* **270**:R667–R674.
- Henckel P, Oksbjerg N, Erlandsen E, Barton-Gade P, Bejerholm C. 1997. Histo- and biochemical characteristics of the longissimus dorsi muscle in pigs and their relationships to performance and meat quality. *Meat Science* **47**:311–321. Elsevier Ltd.
- Hocquette JF et al. 2007. Metabolic and contractile characteristics of Longissimus thoracis muscle Longissimus thoracis muscle of young bulls from 15 European breeds in relationship with body composition. Pages 111–112 Annual Meeting de la EAAP. Vichy (Francia).
- Huff-Lonergan E, Lonergan SM. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science* **71**:194–204.
- Hwang Y-H, Ismail I, Joo S-T. 2018. The Relationship between Muscle Fiber Composition and Pork Taste-traits Assessed by Electronic Tongue System. *Korean journal for food science of animal resources* **38**:1305–1314.
- Hwang YH, Kim GD, Jeong JY, Hur SJ, Joo ST. 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.
- Ismail I, Joo ST. 2017. Poultry meat quality in relation to muscle growth and muscle fiber characteristics. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* **37**:873–883.
- ISO 1444. 1996. Meat and Meat Products – Determination of Free Fat Content. International Organization for Standardization.
- Jaturasitha S, Srikanchai T, Kreuzer M, Wicke M. 2008. Differences in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to Northern Thailand (Black-Boned and Thai native) and imported extensive breeds (Bresse and Rhode Island Red). *Poultry Science*

87:160–169.

- Jeong J-Y, Kim G-D, Ha D-M, Park M-J, Park B-C, Joo S-T, Lee C-Y. 2012. Relationships of Muscle Fiber Characteristics to Dietary Energy Density, Slaughter Weight, and Muscle Quality Traits in Finishing Pigs. *Journal of Animal Science and Technology* **54**:175–183.
- Jeremiah LE, Dugan MER, Aalhus JL, Gibson LL. 2003a. Assessment of the chemical and cooking properties of the major beef muscles and muscle groups. *Meat Science* **65**:985–992.
- Jeremiah LE, Gibson LL, Aalhus JL, Dugan MER. 2003b. Assessment of palatability attributes of the major beef muscles. *Meat Science* **65**:949–958.
- Joo SH, Lee KW, Hwang YH, Joo ST. 2017. Histochemical characteristics in relation to meat quality traits of eight major muscles from Hanwoo steers. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* **37**:716–725.
- Joo ST, Kim GD, Hwang YH, Ryu YC. 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science* **95**:828–836.
- Joubert Y, Tobin C, Lebart MC. 1994. Testosterone-Induced Masculinization of the Rat Levator Ani Muscle during Puberty. *Developmental Biology* **162**:104–110.
- Jurie C, Robelin J, Picard B, Geay Y. 1995. Post-natal changes in the biological characteristics of Semitendinosus muscle in male Limousin cattle. *Meat Science* **41**:125–135.
- Kambadur R, Bishop A, Salerno MS, McCroskery S, Sharma M. 2004. Role of myostatin in muscle growth. Pages 297–316 *Muscle development of livestock animals: physiology, genetics and meat quality*. CABI, Wallingford.
- Karlsson AH, Klont RE, Fernandez X. 1999. Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. *Livestock Production Science* **60**:255–269.
- Kim G-D, Jeong J-Y, Jung E-Y, Yang H-S, Lim H-T, Joo S-T. 2013a. The influence of fiber size distribution of type IIB on carcass traits and meat quality in pigs. *Meat Science* **94**:267–273.
- Kim GD, Kim BW, Jeong JY, Hur SJ, Cho IC, Lim HT, Joo ST. 2013b. Relationship of Carcass Weight to Muscle Fiber Characteristics and Pork Quality of Crossbred (Korean Native Black Pig × Landrace) F2 Pigs. *Food and Bioprocess Technology* **6**:522–529.

- Kim GD, Ryu YC, Jeong JY, Yang HS, Joo ST. 2013c. Relationship between pork quality and characteristics of muscle fibers classified by the distribution of myosin heavy chain isoforms1. *Journal of Animal Science* **91**:5525–5534.
- Kim GD, Ryu YC, Jo C, Lee JG, Yang HS, Jeong JY, Joo ST. 2014. The characteristics of myosin heavy chain-based fiber types in porcine longissimus dorsi muscle. *Meat Science* **96**:712–718.
- Kim GD, Yang HS, Jeong JY. 2016. Comparison of characteristics of myosin heavy chain-based fiber and meat quality among four bovine skeletal muscles. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* **36**:819–828.
- Kim GD, Yang HS, Jeong JY. 2017. Comparison of myosin heavy chain content determined by label-free quantification between porcine longissimus thoracis, psoas major and semimembranosus muscles. *Food Research International* **100**:504–513.
- Kim NK, Lim JH, Song MJ, Kim OH, Park BY, Kim MJ, Hwang IH, Lee CS. 2008. Comparisons of longissimus muscle metabolic enzymes and muscle fiber types in Korean and western pig breeds. *Meat Science* **78**:455–460.
- Kirchofer KS, Calkins CR, Gwartney BL. 2002. Fiber-type composition of muscles of the beef chuck and round. *Journal of Animal Science* **80**:2872–2878.
- Klont RE, Brocks L, Eikelenboom G. 1998. Muscle fibre type and meat quality. *Meat Science* **49**:S219–S229.
- Kovanen V, Suominen H, Heikkinen E. 1984. Mechanical properties of fast and slow skeletal muscle with special reference to collagen and endurance training. *Journal of Biomechanics* **17**:725–735.
- Larson G. 2005. Worldwide Phylogeography of Wild Boar Reveals Multiple Centers of Pig Domestication. *Science* **307**:1618–1621.
- Larzul C, Lefaucheur L, Ecolan P, Gogué J, Talmant A, Sellier P, Le Roy P, Monin G. 1997. Phenotypic and genetic parameters for longissimus muscle fiber characteristics in relation to growth, carcass, and meat quality traits in large white pigs. *Journal of Animal Science* **75**:3126–3137.
- Lawrie RA, Ledward DA. 2006. *Lawrie's meat science*, 7th edition. Woodhead Publishing

Limited.

- Lebedová N, Needham T, Cítek J, Okrouhlá M, Zadinová K, Pokorná K, Stupka R. 2020. Comparison of two muscle fibre staining techniques and their relation to pork quality traits. *Czech Journal of Animal Science* **65**:193–204.
- Lee SH, Choe JH, Choi YM, Jung KC, Rhee MS, Hong KC, Lee SK, Ryu YC, Kim BC. 2012. The influence of pork quality traits and muscle fiber characteristics on the eating quality of pork from various breeds. *Meat Science* **90**:284–291.
- Lee SH, Joo ST, Ryu YC. 2010. Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. *Meat Science* **86**:166–170.
- Lee SH, Kim JM, Ryu YC, Ko KS. 2016. Effects of morphological characteristics of muscle fibers on porcine growth performance and pork quality. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* **36**:583–593.
- Lefaucheur L. 2010. A second look into fibre typing - Relation to meat quality. *Meat Science* **84**:257–270.
- Lefaucheur L, Milan D, Ecolan P, Le Callennec C. 2004. Myosin heavy chain composition of different skeletal muscles in Large White and Meishan pigs. *Journal of Animal Science* **82**:1931–1941.
- Lefaucheur L, Vigneron P. 1986. Post-natal changes in some histochemical and enzymatic characteristics of three pig muscles. *Meat Science* **16**:199–216.
- Listrat A, Lebret B, Louveau I, Astruc T, Bonnet M, Lefaucheur L, Picard B, Bugeon J. 2016. How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *Scientific World Journal* **2016**:1–14.
- Lösel D, Franke A, Kalbe C. 2013. Comparison of different skeletal muscles from growing domestic pigs and wild boars. *Archives Animal Breeding* **56**:766–777.
- Maltin CA, Warkup CC, Matthews KR, Grant CM, Porter AD, Delday MI. 1997. Pig muscle fibre characteristics as a source of variation in eating quality. *Meat Science* **47**:237–248.
- Marsico G, Rasulo A, Dimatteo S, Tarricone S, Pinto F, Ragni M. 2007. Pig, F1 (wild boar x pig) and wild boar meat quality. *Italian Journal of Animal Science* **6**:701–703.
- McAllister RM, Reiter BL, Amann JF, Laughlin MH. 1997. Skeletal muscle biochemical

- adaptations to exercise training in miniature swine. *Journal of Applied Physiology* **82**:1862–1868.
- Miller LR, Garwood VA, Judge MD. 1975. Factors Affecting Porcine Muscle Fiber Type, Diameter and Number. *Journal of Animal Science* **41**:66–77.
- Nevrkla P, Václavková E. 2018. Meat quality of indigenous prestige black-pied pig and commercial hybrid pigs. *RESEARCH IN PIG BREEDING* **12**:15–18.
- Oe M, Ohnishi-Kameyama M, Nakajima I, Muroya S, Chikuni K. 2007. Muscle type specific expression of tropomyosin isoforms in bovine skeletal muscles. *Meat Science* **75**:558–563.
- Oksbjerg N, Henckel P, Rolph T. 1994. Effects of Salbutamol, a β 2 -Adrenergic Agonist, on Muscles of Growing Pigs Fed Different Levels of Dietary Protein: I. Muscle Fibre Properties and Muscle Protein Accretion. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science* **44**:12–19.
- Olfert IM, Baum O, Hellsten Y, Egginton S. 2016. Advances and challenges in skeletal muscle angiogenesis. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology* **310**:H326–H336.
- Ono Y, Solomon MB, Elsasser TH, Rumsey TS, Moseley WM. 1996. Effects of Synovex-S and recombinant bovine growth hormone (Somavubove) on growth responses of steers: II. Muscle morphology and proximate composition of muscles. *Journal of Animal Science* **74**:2929–2934.
- Osterc J. 1974. Diameter and number of muscle fibers in musculus longissimus dorsi in connection with production properties of some cattle breeds. University of Ljubljana, Slovenia.
- Ouali A. 1990. Meat tenderisation: possible causes and mechanisms. A review. *Journal of Muscle Foods* **1**:129–165.
- Oury MP, Dumont R, Jurie C, Hocquette JF, Picard B. 2010. Specific fibre composition and metabolism of the rectus abdominis muscle of bovine Charolais cattle. *BMC Biochemistry* **11**:1–12.
- Ozawa S, Mitsuhashi T, Mitsumoto M, 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**:65–70.
- Papstein HJ, Losand B, Gabel M, Fiedler I, Ender K. 1999. Wachstums-untersuchungen an Fleischrindbullen und-färsen aus Zwillingsgeburten bei hohem Ernährungsniveau. 2. Mitteilung: Wachstumsverlauf, Fleischbeschaffenheit und Muskelstruktur. *Züchtungskunde* **71**:267–276.
- Pearce KL, Rosenvold K, Andersen HJ, Hopkins DL. 2011. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes - A review. *Meat Science* **89**:111–124.
- Peinado B, Latorre R, Vázquez-Autón JM, Poto A, Ramírez G, López-Albors O, Moreno F, Gil F. 2004. Histochemical skeletal muscle fibre types in the sheep. *Journal of Veterinary Medicine Series C: Anatomia Histologia Embryologia* **33**:236–243.
- Peter JB, Barnard RJ, Edgerton VR, Gillespie CA, Stempel KE. 1972. Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochemistry* **11**:2627–2633.
- Petersen JS, Henckel P, Oksbjerg N, Sørensen MT. 1998. Adaptations in muscle fibre characteristics induced by physical activity in pigs. *Animal Science* **66**:733–740.
- Pette D, Staron RS. 1990. Cellular and molecular diversities of mammalian skeletal muscle fibers. Pages 1–76 *Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology*.
- Pette D, Staron RS. 2000. Myosin isoforms, muscle fiber types, and transitions. *Microscopy Research and Technique* **50**:500–509.
- Picard B, Cassar-Malek I. 2009. Evidence for expression of IIb myosin heavy chain isoform in some skeletal muscles of Blonde d'Aquitaine bulls. *Meat Science* **82**:30–36.
- Picard B, Gagaoua M. 2020. Muscle Fiber Properties in Cattle and Their Relationships with Meat Qualities: An Overview. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **68**:6021–6039.
- Picard B, Gagaoua M, Micol D, Cassar-Malek I, Hocquette JF, Terlouw CEM. 2014. Inverse relationships between biomarkers and beef tenderness according to contractile and metabolic properties of the muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **62**:9808–

9818.

- Picard B, Jurie C, Duris MP, Renand G. 2006. Consequences of selection for higher growth rate on muscle fibre development in cattle. *Livestock Science* **102**:107–120.
- Pomp D, Good BA, Geisert RD, Corbin CJ, Conley AJ. 1995. Sex identification in mammals with polymerase chain reaction and its use to examine sex effects on diameter of day-10 or -11 pig embryos. *Journal of Animal Science* **73**:1408–1415.
- Prats C, Gomez-Cabello A, Nordby P, Andersen JL, Helge JW, Dela F, Baba O, Ploug T. 2013. An Optimized Histochemical Method to Assess Skeletal Muscle Glycogen and Lipid Stores Reveals Two Metabolically Distinct Populations of Type I Muscle Fibers. *PLoS ONE* **8**:e77774.
- Realini CE, Vénien A, Gou P, Gatellier P, Pérez-Juan M, Danon J, Astruc T. 2013. Characterization of longissimus thoracis, semitendinosus and masseter muscles and relationships with technological quality in pigs. 1. microscopic analysis of muscles. *Meat Science* **94**:408–416.
- Rede R, Pribish V, Rahelic S. 1986. Untersuchungen über die Beschaffenheit von Schlacttierkörpern und Fleisch primitiver und hochselektierter Schweinerassen. *Fleischwirtschaft* **66**:898–900.
- Rehfeldt C, Fiedler I, Dietl G, Ender K. 2000. Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. *Livestock Production Science* **66**:177–188.
- Rehfeldt C, Fiedler I, Stickland NC. 2004. Number and size of muscle fibres in relation to meat production. Pages 1–38 *Muscle development of livestock animals: physiology, genetics and meat quality*. CABI, Wallingford.
- Rehfeldt C, Henning M, Fiedler I. 2008. Consequences of pig domestication for skeletal muscle growth and cellularity. *Livestock Science* **116**:30–41.
- Rehfeldt C, Schadereit R, Weikard R, Reichel K. 1997. Effect of clenbuterol on growth, carcass and skeletal muscle characteristics in broiler chickens. *British Poultry Science* **38**:366–373.
- Rehfeldt C, Weikard R, Reichel K. 1994. Effekte des β -adrenergen agonisten clenbuterol auf das wachstum der skelettmuskulatur von ratten. *Archiv für Tierernaehrung* **45**:333–344.

- 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.
- Rivero JLL, Barrey E. 2001. Heritabilities and genetic and phenotypic parameters for gluteus medius muscle fibre type composition, fibre size and capillaries in purebred Spanish horses. *Livestock Production Science* **72**:233–241.
- Ruusunen M, Puolanne E. 1997. Comparison of histochemical properties of different pig breeds. *Meat Science* **45**:119–125.
- Ruusunen M, Puolanne E. 2004. Histochemical properties of fibre types in muscles of wild and domestic pigs and the effect of growth rate on muscle fibre properties. *Meat Science* **67**:533–539.
- Ryu YC, Choi YM, Ko Y, Kim BC. 2007. Relationship between serum endocrine factors, histochemical characteristics of longissimus dorsi muscle and meat quality in pigs. *Journal of Muscle Foods* **18**:95–108.
- Ryu YC, Choi YM, Lee SH, Shin HG, Choe JH, Kim JM, Hong KC, Kim BC. 2008. Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds. *Meat Science* **80**:363–369.
- Ryu YC, Kim BC. 2005. The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig longissimus dorsi muscle. *Meat Science* **71**:351–357.
- Ryu YC, Lee MH, Lee SK, Kim BC. 2006. Effects of muscle mass and fiber type composition of Longissimus Dorsi muscle on postmortem metabolic rate and meat quality in pigs. *Journal of Muscle Foods* **17**:343–353.
- Sales J, Kotrba R. 2013. Meat from wild boar (*Sus scrofa* L.): A review. *Meat Science* **94**:187–201.
- Schiaffino S, Reggiani C. 2011. Fiber types in Mammalian skeletal muscles. *Physiological Reviews* **91**:1447–1531.
- Šimeček K, Zeman L, Heger J. 2000. Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro prasata. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.
- Sionek B, Przybylski W. 2016. The Impact of Ante- and Post-Mortem Factors on the Incidence

- of Pork Defective Meat - A Review. *Annals of Animal Science* **16**:333–345.
- Soglia F, Mudalal S, Babini E, Di Nunzio M, Mazzoni M, Sirri F, Cavani C, Petracchi M. 2016. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poultry Science* **95**:651–659.
- Song S, Ahn C, Kim G. 2020. Muscle Fiber Typing in Bovine and Porcine Skeletal Muscles Using Immunofluorescence with Monoclonal Antibodies Specific to Myosin Heavy Chain Isoforms. *Food Science of Animal Resources* **40**:132–144.
- Spindler AA, Mathias MM, Cramer DA. 1980. Growth changes in bovine muscle fiber types as influenced by breed and sex. *Journal of Food Science* **45**:29–31.
- Staun H. 1963. Various Factors Affecting Number and Size of Muscle Fibers in the Pig. *Acta Agriculturae Scandinavica* **13**:293–322.
- Stickland NC, Bayol S, Ashton C, Rehfeldt C. 2009. Manipulation of muscle fibre number during prenatal development. Pages 69–82 *Muscle development of livestock animals: physiology, genetics and meat quality*. CABI, Wallingford.
- Su L, Li H, Xin X, Duan Y, Hua XQ, Jin Y. 2013. Muscle Fiber Types, Characteristics and Meat Quality. *Advanced Materials Research* **634–638**:1263–1267.
- Toniolo L, Maccatrozzo L, Patruno M, Caliaro F, Mascarello F, Reggiani C. 2005. Expression of eight distinct MHC isoforms in bovine striated muscles: Evidence for MHC-2B presence only in extraocular muscles. *Journal of Experimental Biology* **208**:4243–4253.
- Torrescano G, Sánchez-Escalante A, Giménez B, Roncalés P, Beltrán JA. 2003. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Science* **64**:85–91.
- Troy DJ, Kerry JP. 2010. Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Science* **86**:214–226.
- Tůmová E, Bízková Z, Skřivanová V, Chodová D, Martinec M, Volek Z. 2014. Comparisons of carcass and meat quality among rabbit breeds of different sizes, and hybrid rabbits. *Livestock Science* **165**:8–14.
- Tůmová E, Chodová D, Uhlířová L, Vlčková J, Volek Z, Skřivanová V. 2016. Relationship between muscle fibre characteristics and meat sensory properties in three nutria

- (*Myocastor coypus*) colour types. *Czech Journal of Animal Science* **61**:217–222.
- Velotto S, Vitale C, Crasto A. 2012. Muscle fibre types, fat deposition and fatty acid profile of Casertana versus Large White pig. *Animal Science Papers and Reports* **30**:35–44.
- Wegner J, Albrecht E, Fiedler I, Teuscher F, Papstein HJ, Ender K. 2000. Growth- and breed-related changes of muscle fiber characteristics in cattle. *Journal of Animal Science* **78**:1485–1496.
- Weiss A, Schiaffino S, Leinwand LA. 1999. Comparative sequence analysis of the complete human sarcomeric myosin heavy chain family: Implications for functional diversity. *Journal of Molecular Biology* **290**:61–75.
- Wigmore PM, Evans DJR. 2002. Molecular and cellular mechanisms involved in the generation of fiber diversity during myogenesis. *International Review of Cytology* **216**:175–232.
- Wigmore PMC, Stickland NC. 1983. Muscle development in large and small pig fetuses. *Journal of Anatomy* **137**:235–245.
- Wimmers K, Ngu NT, Jennen DGJ, Tesfaye D, Murani E, Schellander K, Ponsuksili S. 2008. Relationship between myosin heavy chain isoform expression and muscling in several diverse pig breeds. *Journal of Animal Science* **86**:795–803.
- Wojtysiak D, Kaczor U, Połtowicz K, Krzysztoforski K. 2010. The effects of sex and slaughter weight on muscle fibre characteristics and physico-chemical properties of lamb longissimus thoracis muscle. *Animal Science Papers and Reports* **28**:61–69.
- Wojtysiak D, Połtowicz K. 2014. Carcass quality, physico-chemical parameters, muscle fibre traits and myosin heavy chain composition of m. longissimus lumborum from Puławska and Polish Large White pigs. *Meat Science* **97**:395–403.
- Wood JD, Nute GR, Richardson RI, Whittington FM, Southwood O, Plastow G, Mansbridge R, Da Costa N, Chang KC. 2004. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Science* **67**:651–667.
- Xie X, Meng Q, Cui Z, Ren L. 2012. Effect of cattle breed on meat quality, muscle fiber characteristics, lipid oxidation and fatty acids in China. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **25**:824–831.
- Yoshioka M, Boivin A, Bolduc C, St-Amand J. 2007. Gender difference of androgen actions

on skeletal muscle transcriptome. *Journal of Molecular Endocrinology* **39**:119–133.

Zochowska-Kujawska J, Sobczak M, Lachowicz K. 2009. Comparison of the texture, rheological properties and myofibre characteristics of SM (Semimembranosus) muscle of selected species of game animals. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* **59**:243–246.

Zochowska J, Lachowicz K, Gajowiecki L, Sobczak M, Kotowicz M, Zych A. 2005. Effects of carcass weight and muscle on texture, structure and myofibre characteristics of wild boar meat. *Meat Science* **71**:244–248.

8 Seznam grafů

- Graf 1:** Průměrná plocha vláken (μm^2 ; a), zastoupení vláken z počtu (%; b) a síla stříhu WB (N; c) ve svalech *longissimus lumborum* (LL), *semitendinosus* (ST), *biceps femoris* (BF), *semimembranosus* (SM) a *psaos major* (PM) skotu, bez ohledu na plemeno.. 40
- Graf 2:** Vztah mezi křehkostí masa (síla stříhu WB) a zastoupením vláken typu I, IIA a IIB z počtu u čtyř plemen skotu ve svalech *longissimus lumborum* (LL; oranžová), *semitendinosus* (ST; žlutá), *biceps femoris* (BF; modrá), *semimembranosus* (SM; růžová) a *psaos major* (PM; zelená) vyjádřené pomocí grafu komponentního skóre s predikční elipsou analýzy hlavních komponent (PCA)..... 41

9 Seznam obrázků

- Obrázek 1:** Svalová vlákna obarvená metodou Brooke & Kaiser (1970) ve svalech *longissimus lumborum* (a), *triceps brachii* (b) a *rectus abdominis* (c) skotu (foto autorka). ... 9
- Obrázek 2:** Využití barevných skel pro odlišení jednotlivých protilátek. 21
- Obrázek 3:** Imunohistochemická klasifikace svalových vláken ve svalu *longissimus lumborum* prasat. 22
- Obrázek 4:** Klasifikace svalových vláken ve svalu *psoas major* pomocí metody Brooke & Kaiser (1970). 23

10 Seznam tabulek

Tabulka 1: Hlavní fyziologické a biochemické vlastnosti jednotlivých typů svalových vláken (převzato z Picard & Gagaoua 2020).....	5
Tabulka 2: Zastoupení jednotlivých typů svalových vláken ve svalu <i>longissimus dorsi</i> prasat v závislosti na klasifikační metodě.	7
Tabulka 3: Růstové parametry vykrmovaných zvířat.....	24
Tabulka 4: Růstové a porážkové parametry vykrmovaných býků.	27
Tabulka 5: Četnost jednotlivých plemen a pohlaví.	30
Tabulka 6: Kompozice svalových vláken ve svalu <i>longissimus lumborum</i> (LL) a <i>psaos major</i> (PM) klasifikovaných pomocí imunohistochemie (IHC) a ATPázové metody..	32
Tabulka 7: Korelační koeficienty mezi charakteristikami svalových vláken a kvalitativními parametry masa ve svalu <i>longissimus lumborum</i> (LL).	33
Tabulka 8: Chemické složení svalů <i>longissimus lumborum</i> (LL) a <i>psaos major</i> (PM).	34
Tabulka 9: Korelační koeficienty mezi charakteristikami svalových vláken ve svalech <i>longissimus lumborum</i> (LL) a <i>psaos major</i> (PM) a jejich chemickým složením.	35
Tabulka 10: Histochemické charakteristiky svalových vláken ve svalech <i>longissimus lumborum</i> , <i>semitendinosus</i> , <i>biceps femoris</i> , <i>semimembranosus</i> a <i>psaos major</i> čtyř plemen skotu.	36
Tabulka 11: Hodnoty síly stříhu WB (N) u pěti svalů čtyř plemen skotu měřené na syrovém mase 48 h po porážce.	38
Tabulka 12: Hodnoty korelačních koeficientů mezi silou stříhu WB a histochemickými charakteristikami svalových vláken u pěti svalů skotu.	38

Tabulka 13: Hodnoty korelačních koeficientů mezi obsahem intramuskulárního tuku a histochemickými charakteristikami svalových vláken ve svalu <i>longissimus lumborum</i> skotu.	39
Tabulka 14: Histochemické charakteristiky svalových vláken ve svalu <i>longissimus lumborum</i> vybraných plemen prasat.	44
Tabulka 15: Hodnoty zmasilosti a vybraných kvalitativních parametrů masa sledovaných plemen prasat.	45
Tabulka 16: Hodnoty korelačních koeficientů mezi histochemickými charakteristikami svalových vláken a kvalitativními parametry masa prasat (všechna plemena). .	46

11 Seznam zkratek

AA	– aberdeen angus
ANOVA	– Analysis of Variance – analýza rozptylu
AOAC	– Association of Official Analytical Chemists
ATPáza	– adenosin trifosfatáza
AQT	– appearance quality traits – vzhledové vlastnosti masa
a*	– červenost masa
BA-D5	– protilátka specifická pro MyHC I
BF	– <i>biceps femoris</i>
BF-F3	– protilátka specifická pro MyHC IIb
BF-35	– protilátka specifická pro MyHC I/IIa
BO	– bílé otcovské
BU	– bílé ušlechtilé
b*	– žlutost masa
CLPG	– callipyge mutace
ČSÚ	– Český statistický úřad
ČZU	– Česká zemědělská univerzita v Praze
D	– duroc
DAB	– diaminobenzidine tetrahydrochlorid
DFD	– dark-firm-dry – tmavé, tuhé, suché maso
DNA	– deoxyribonukleová kyselina
Dot blot	– technika v molekulární biologii využívaná k detekci RNA, DNA a proteinů
DSHB	– Developmental Studies Hybridoma Bank
ELISA	– enzyme-linked immuno sorbent assay – analytická metoda ke kvantitativnímu stanovení různých antigenů
EQT	– eating quality traits – kulinární vlastnosti masa
FAPPZ	– fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
FG	– glykolytické vlákno s rychlým stahem
FL	– český strakatý skot
FOG	– oxidativně glykolytické vlákno s rychlým stahem
GLM	– general linear model – obecný lineární model

GS	– gasconne
HE	– hematoxylin-eosin
HO	– holštýnský skot
I	– vlákna červená, oxidativní s pomalou kontrakcí
IIA	– vlákna červená, oxidativně-glykolytická s rychlou kontrakcí
IIB	– vlákna bílá, glykolytická s rychlou kontrakcí
IIC	– minoritní skupina přechodných/vývojových vláken
IGF-I	– insuline-like growth factor-I
IHC	– imunohistochemická analýza
IMT	– intramuskulární tuk
JUT	– jatečně upravené tělo
KCHHZ	– katedra chovu hospodářských zvířat
KKS	– kompletní krmná směs
L	– landrase
LL	– <i>longissimus lumborum</i>
LSM	– least squares mean – nejmenší průměrné čtverce
L*	– světlost masa
MSTN	– gen pro myostatin
MYH1	– <i>MyHC-IIx</i> , gen kódující svalová vlákna typu IIx
MYH2	– <i>MyHC-IIa</i> , gen kódující svalová vlákna typu IIa
MYH4	– <i>MyHC-IIb</i> , gen kódující svalová vlákna typu IIb
MYH7	– <i>MyHC-Slow</i> , gen kódující svalová vlákna typu I
MyHC	– myosin heavy chain – myozinové těžké řetězce
NADH-TR	– nikotinamid adenin dinukleotid-tetrazolium reduktáza
NDS	– normal donkey serum
PBS	– phosphate-buffered saline – fosfátový pufr
PAS	– Periodic Acid Schiff – metoda k průkazu tkáňových polysacharidů
Pc	– přeštické černostrakaté plemeno
PCA	– principal component analysis – analýza hlavních komponent
PCR	– Polymerase Chain Reaction – polymerázová řetězová reakce
PM	– <i>psoas major</i>
Pn	– pietrain

PSE	– pale-soft-exudative – bledé, měkké, vodnaté maso
RFN	– reddish-pink, firm, nonexudative – narůžovělé, tuhé, nevodnaté maso
RSE	– reddish-pink, soft, exudative – narůžovělé, měkké, vodnaté maso
RQT	– reliance quality traits – vlastnosti masa určující důvěru zákazníka
<i>RYR1</i>	– gen ryanodinového receptoru/vápníkového kanálu
SC-71	– protilátka specifická pro MyHC IIa/IIx
SEM	– standard error of the mean – standardní chyba průměru
SDH	– sukcinát dehydrogenáza
SDS-PAGE	– sodium dodecyl sulphate–polyacrylamide gel electrophoresis, metoda využívající separaci proteinů
SO	– oxidativní vlákno s pomalým stahem
SM	– <i>semimembranosus</i>
<i>SRY</i>	– sex-determining region Y gene – gen lokalizovaný na chromosomu Y
ST	– <i>semitendinosus</i>
VÚŽV	– Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.
W	– divoké prase
WB	– Warner-Bratzler
α R	– ATPáza v kyselém prostředí labilní a oxidativní vlákno
α W	– ATPáza v kyselém prostředí labilní a glykolytický typ
β R	– ATPáza v kyselém prostředí stabilní a oxidativní vlákno

12 Seznam publikací autorky

Publikace s IF

Lebedová, N. – Needham, T. – Čítek, J. – Okrouhlá, M. – Zadinová, K. – Pokorná, K. – Stupka, R. Comparison of two muscle fibre staining techniques and their relation to pork quality traits. **2020**. Czech Journal of Animal Science, 65(6), 193-204.

Pokorná, K. – Čítek, J. – Zadinová, K. – Okrouhlá, M. – **Lebedová, N.** – Komosný, M. – Stupka, R. Influence of the use of nurse sows on their lifetime performance. **2020**. Czech Journal of Animal Science, 65(3), 97-103.

Vehovský, K. – Zadinová, K. – Stupka, R. – Čítek, J. – Okrouhlá, M. – **Lebedová, N.** – Šprysl, M. Effect of the Ser638Arg variation in the CAST gene and causal SNP g.1843C>T in the RYR1 gene on carcass traits in crossbred pigs. **2019**. Genetika – Belgrade, 51, 61-68.

Vehovský, K. – Stupka, R. – Čítek, J. – Šprysl, M. – Okrouhlá, M. – Zadinová, K. – **Lebedová, N.** – Mlyneková, E. The effect of dietary rapeseed and soybean oil on growth performance, carcass traits and fatty acid composition in pigs. **2019**. Revista Brasileira de Zootecnia 48:e20180131.

Okrouhlá, M. – Stupka, R. – Čítek, J. – **Lebedová, N.** – Zadinová, K. Effect of duration of dietary rapeseed and soybean oil feeding on physical characteristics, fatty acid profile, and oxidative stability of pig backfat. **2018**. Animals, 8(11), 1-11.

Zadinová, K. – Stupka, R. – Stratil, A. – Čítek, J. – Vehovský, K. – **Lebedová, N.** – Šprysl, M. – Okrouhlá, M. Association analysis of SNPs in the porcine CYP2E1 gene with skatole, indole, and androstenone levels in backfat of a crossbred pig population. **2017**. Meat Science, 131, 68-73. ISSN: 0309-1740.

Publikace ve SCOPUS

Pokorná, K. – Čítek, J. – Zadinová, K. – Okrouhlá, M. – **Lebedová, N.** – Stupka, R. The effect of farming system type on piglet production. **2020**. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 68(3), 567-572.

Lebedová, N. – Stupka, R. – Čítek, J. – Zadinová, K. – Kudrnáčová, E. – Okrouhlá, M. – Dundáčková, P. Muscle fiber types and their relation to meat quality traits in pigs. **2019**. Scientia Agriculturae Bohemica, 50(3), 164-170.

Lebedová, N. – Stupka, R. – Čítek, J. – Okrouhlá, M. – Zadinová, K. Effect of feed restriction on muscle fibre characteristics and meat quality traits in pigs. **2019**. Agronomy Research, 17, 176-185.

Vehovský, K. – Zadinová, K. – Stupka, R. – Čítek, J. – **Lebedová, N.** – Okrouhlá, M. – Šprysl, M. Fatty acid composition in pork fat: De-novo synthesis, fatty acid sources and influencing factors – a review. **2018**. Agronomy Research, 16(5). 2211-2228.

Ostatní

Lebedová, N. – Bureš, D. – Fořtová, J. – Bartoň, L. Elektrostimulace jatečných těl skotu a její vliv na kvalitu masa. **2020**. Maso, 31(6), 22-24.

Bureš, D. – Bartoň, L. – **Lebedová, N.** – Fořtová, J. Vliv prodloužené doby zrání na fyzikální a organoleptické vlastnosti hovězího masa. **2020**. Maso, 31(6), 16-22.

Bureš, D. – Fořtová, J. – **Lebedová, N.** – Bartoň, L. Intramuskulární tuk v hovězím mase a jeho vliv na vnímání organoleptických vlastností tuzemskými konzumenty. **2020**. Výživa a potraviny, 75(2), 30-35.

Bureš, D. – Bartoň, L. – Panovská, Z. – Kudrnáčová, Eva. – **Lebedová, N.** – Fořtová, J. Vliv délky zrání na organoleptické vlastnosti masa daňků z farmového chovu. **2020**. Maso, 31(3), 34-40.

Pokorná, K. – Čítek, J. – Panuška, M. – **Lebedová, N.** – Okrouhlá, M. – Stupka, R. Porovnání kvality masa přeštického černostrakatého plemene a plemene česká landrace. **2020**. Maso, 31(1), 18-24.

Needham, T. – Bureš, D. – Kotrba, R. – Fořtová, J. – **Lebedová, N.** – Hoffman, L. Pelvic suspension improves the fresh meat tenderness of common eland. **2019**. 27th Animal Science Days 2019. 18-20th September 2019. Prague. Czech Republic.

- Needham, T. – Bureš, D. – Kotrba, R. – Fořtová, J. – **Lebedová, N.** – Hoffman, L. Effect of pelvic suspension on the fresh physical meat quality of male common eland (*Taurotragus oryx*). **2019**. 65th International Congress of Meat Science and Technology, 4-9th August 2019. Potsdam, Germany.
- Bureš, D. – Bartoň, L. – **Lebedová, N.** – Fořtová, J. Výkrmnost, složení jatečného těla a kvalita masa býků a jalovic českého strakatého skotu. **2018**. *Maso*, 29(3). 32-37.
- Fořtová, J. – Bureš, M. – Bartoň, L. – **Lebedová, N.** Physical attributes, chemical composition and sensory analysis of three muscles from heifers and bulls of Fleckvieh cattle. **2018**. In 2nd Nommensen International Conference on Technology and Engineering. 19th July 2018, Medan; Indonesia. Medan; Indonesia: Institute of Physics Publishing, 1-7.
- Zadinová, K. – Stupka, R. – Čítek, J. – **Lebedová, N.** Effect of CYP2E1 gene polymorphism and nutrition on skatole level in crossbred pig. 2018. 2nd Annual Meeting COST action CA15215 IPEMA, 8th February, Oeiras, Portugal.
- Zadinová, K. – Stupka, R. – Čítek, J. – **Lebedová, N.** Effect of the method of castration on growth performance and boar taint. 2018. The 69th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP), 27-31st August 2018, Dubrovnik, Croatia.
- Lebedová, N.** – Okrouhlá, M. – Zadinová, K. – Čítek, J. – Stupka, R. Muscle fibre composition and meat quality in pigs with different nutrition level. **2018**. In 2nd Nommensen International Conference on Technology and Engineering. 19th July 2018, Medan; Indonesia. Medan; Indonesia: Institute of Physics Publishing, 1-7.
- Lebedová, N.** – Zadinová, K. – Stupka, R. – Čítek, J. Co ovlivňuje charakteristiky svalových vláken? **2017**, *Náš chov*, 77, 66-68.
- Lebedová, N.** – Stupka, R. – Čítek, J. – Zadinová, K. Vliv utváření svalových vláken na kvalitu vepřového masa. **2017**. *Kvalita masa, Nitra*. 1-2.6.2017. 119-122.
- Bureš, D. – Čítek, J. – Bartoň, L. – **Lebedová, N.** – Zadinová, K. – Kudrnáčová, E. – Stupka, R. The effect of feeding Jerusalem artichoke on sensory properties of meat from musculus longissimus lumborum of entire male pigs. **2016**. *Euroscience*, 7th European conference on sensory and consumer research, 11-14th September 2016, Dijon-France.

Zadinová, K. – **Lebedová, N.** – Vaněk, R. – Stupka, R. Studie rozměrových parametrů prasat – dodatek. **2016**. Výzkumná zpráva – VÚŽV – Praha-Uhřetěves.

Zadinová, K. – **Lebedová, N.** – Vaněk, R. – Stupka, R. Studie rozměrových parametrů prasat. **2015**. Výzkumná zpráva – VÚŽV – Praha-Uhřetěves.

Bureš, D. – Bartoň, L. – Čítek, J. – **Lebedová, N.** Muscle fiber characteristics of four muscles from different cattle breeds and their relation to meat instrumental toughness. **2015**. 61st International Congress of Meat Science and Technology, 23-28th August 2015, Clermont-Ferrand, France.