

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Typologie svalových vláken a její vliv na kvalitu vepřového  
masa**

**Bakalářská práce**

**Nikola Jelínková**

**Chovatelství**

**Vedoucí práce – doc. Ing. Jaroslav Čítek, Ph.D.**

**© 2022 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

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

V Praze dne 23.4.2022

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce doc. Ing. Jaroslavu Čítkovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc a rady při tvoření této bakalářské práce. Zároveň bych ráda poděkovala svým blízkým za morální oporu a pomoc během celého studia.

# Typologie svalových vláken a její vliv na kvalitu vepřového masa

## Souhrn

Tato bakalářská práce byla zaměřena zejména na typologii svalových vláken a kvalitu masa, konkrétně vepřového masa. Práce popisuje anatomii a fyziologii svalů, složení svalů a jednotlivé typy svalových vláken. V souvislosti s tím byly popsány různé klasifikační metody pro určení typů vláken. Během mnoha let se postupně objevovaly rozdílné klasifikace. Jedna z prvních používaných klasifikací rozdělovala svalová vlákna na bílá a červená. Tím to však nekončilo a objevovaly se klasifikace, které rozdělovaly vlákna na typ I a II; I, IIA, IIB, IIC a v neposlední řadě i na vlákna typu I, IIa, IIb, IIx. Byla dokonce zmíněna některá hybridní vlákna jako IIax a IIxb.

V bakalářské práci byly popsány i vybrané faktory, které mohou mít vliv na svalová vlákna. Mezi ty byly zařazeny faktory jako výživa, věk, pohlaví jedinců, plemeno, druh svalu a další. Zmíněné faktory mohly ovlivnit celkový počet vláken ve svalu, typové složení a zároveň mohla být ovlivněna i velikost svalových vláken.

Druhá část bakalářské práce se naopak věnovala kvalitě masa a vlivu svalových vláken na kvalitu. Jako hlavní determinanty kvality vepřového masa byla uvedena vaznost masa, barva masa a také křehkost masa. U všech zmíněných determinantů byl zjištěn určitý vztah se svalovými vlákny. U vaznosti masa byl například zjištěn negativní vliv vláken IIB právě na vaznost, zatímco u vláken typu I bylo zjištěno zlepšení vaznosti při vyšším výskytu těchto vláken. Vlákna typu I zároveň měla pozitivní vliv na křehkost masa a také na barvu masa.

**Klíčová slova:** vlákna, vepřové maso, svalovina, typy, kvalita

# Muscle fibre typology and its effect on pork quality

## Summary

This bachelor thesis focused mainly on muscle fibre typology and meat quality, specifically pork. The thesis describes muscle anatomy and physiology, muscle composition and the different types of muscle fibres. In this context, various classification methods for determining fibre types were described. Over many years, different classifications have gradually emerged. One of the earliest classifications used divided muscle fibres into white and red. However, it did not stop there and classifications appeared which divided the fibers into type I and II; I, IIA, IIB, IIC and last but not least into type I, IIa, IIb, IIx. Some hybrid fibres such as IIax and IIxb were even mentioned.

Selected factors that may affect muscle fibres were also described in the bachelor thesis. These included factors such as nutrition, age, sex of the individuals, breed, type of muscle and others. The factors mentioned could have influenced the total number of fibers in the muscle, the type composition and also the size of the muscle fibers could have been affected.

The second part of the bachelor thesis, on the other hand, focused on meat quality and the influence of muscle fibres on quality. The main determinants of pork quality were water holding capacity, meat colour and also meat tenderness. For all of these determinants a certain relationship with muscle fibres was found. For example, for water holding capacity, a negative effect of type IIB fibres on water holding capacity was found, whereas type I fibres were found to improve water holding capacity at higher fibre abundance. Type I fibres also had a positive effect on meat tenderness and also on meat colour.

**Keywords:** fibres, pork meat, muscle, types, quality

## Obsah

1. Úvod .....	8
2. Cíl práce.....	9
3. Literární rešerše .....	10
3.1. Maso.....	10
3.2. Příčně pruhovaná svalovina .....	10
3.3. Srdeční svalovina.....	11
3.4. Hladká svalovina.....	12
3.5. Vepřové maso a jeho složky .....	12
3.6. Svalová vlákna .....	13
3.7. Klasifikace svalových vláken.....	16
3.7.1. Typizace, počítání a velikost vláken.....	19
3.8. Faktory ovlivňující typové složení, počet a velikost svalových vláken.....	19
3.8.1. Věk .....	19
3.8.2. Pohlaví .....	20
3.8.3. Druh .....	20
3.8.4. Šlechtění .....	21
3.8.5. Plemeno .....	21
3.8.6. Svaly .....	21
3.8.7. Hormony .....	22
3.8.8. Divoká prasata .....	23
3.8.9. Výživa .....	23
3.8.10. Tělesná zátěž a okolní teplota .....	24
3.9. Kvalita vepřového masa .....	25
3.9.1. Vaznost masa .....	25
3.9.2. Barva masa.....	26
3.9.3. Křehkost masa .....	27
3.10. Vliv svalových vláken na kvalitu masa .....	27
3.10.1. Vaznost, barva, křehkost a svalová vlákna .....	30
4. Závěr.....	32
5. Literatura.....	33



## 1. Úvod

Maso bylo a je v lidské výživě velice důležitou složkou již od dávných dob (Mathijs 2015). Když se zaměříme na velice dávnou historii v konzumaci masa, tak je velmi častým názorem to, že lidé byli na úplném začátku výhradními býložravci. Postupem času ovšem docházelo k požívání živočišných zbytků. To se následně překlenulo v lov volně žijících živočichů. Díky tomu začal být člověk považován za vrcholového masožravce (Mann 2018).

V dnešní době se úloha masa s postupem času mění a mnohdy se úloha masa odlišuje v různých zemích. V dnešní době je zároveň trend ve zvýšené spotřebě masa a masných výrobků na místech, kde je ekonomika na vzestupu. Zároveň však dochází i ke zpochybňování úlohy masa v lidské výživě. I přes to je velmi pravděpodobné že spotřeba masa v budoucnu stále poroste (Mathijs 2015). Spotřeba masa je ovšem u jednotlivých typů masa rozdílná. Spotřeba červeného masa postupem času upadá a spotřeba bílého masa naopak roste. Jako červené maso považujeme hovězí maso, u kterého mezi lety 1990 a 2009 klesla celosvětová spotřeba až o 8 % na obyvatele. Jako bílé maso považujeme vepřové maso a drůbeží maso, jehož nárůst spotřeby je nejvýraznější. Jedná se o celosvětové zvýšení o 75 % mezi lety 1990 a 2009 v porovnání s předchozími lety (Henchion et al. 2014).

Existuje předpoklad, že postupem času vepřové maso začne nahrazovat hovězí. To je s velkou pravděpodobností možné kvůli tomu, že cena hovězího masa byla vždy vyšší, než je tomu u vepřového masa. Cena masa může časem ovlivnit celkovou poptávku po mase, i přes potencionální zlepšení ekonomiky. Zároveň dochází k zájmu spotřebitele o dobré životní podmínky zvířat, bezpečnost masa a samozřejmě i kvalitu masa (Henchion et al. 2014). Kvůli zájmu spotřebitele je proto velice důležité, aby se producenti zaměřili na to, jak kvalitu zlepšit. Jedním z nástrojů pro zlepšení kvality může být i zaměření se na svalová vlákna a celkově zaměření na jejich typologické složení. Z toho důvodu je tato práce zaměřená právě na typologii vláken a jejich vliv na kvalitu.



## **2. Cíl práce**

- Cílem této bakalářské práce bylo popsání jednotlivých typů svalových vláken.
- Dalším cílem bylo uvedení a popsání faktorů, které mohou mít vliv na svalová vlákna. Mezi těmito faktory byla uvedena například potrava, plemeno a další.
- Posledním cílem bylo zhodnocení vlivu typů svalových vláken na kvalitu vepřového masa.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1. Maso

Maso můžeme vnímat jako všechny jedlé části, které získáme z jatečně opracovaných těl zvířat, v užším smyslu to je pouze kosterní svalovina. Mezi zvířata, která jsou chovaná pro produkci masa, lze zařadit skot, prasata, drůbež, kozy a ovce (Pereira & Vicente 2013).

Maso tvoří významnou část našeho jídelníčku, postupem času ve světě narůstá také spotřeba masa. Pokud se budeme bavit o konkrétních případech, tak například mezi roky 1990 až 2009 vzrostla celková spotřeba masa o 60 % v porovnání s předešlými roky. Faktor, který se mohl zasadit o takový růst ve spotřebě masa, je nárůst celosvětové populace. Dalšími faktory jsou i zvyšující se životní úroveň, globalizace, a rostoucí dostupnost. Jedním z významných faktorů, které zájem spotřebitele mohou ovlivňovat, je kvalita. Kvalita masa ovšem může být velice subjektivní. Hodnocení tohoto ukazatele se může odlišovat u různých kultur, jednotlivců a také společností. Zkoumání kvality tedy může být složitou disciplínou (Henchion et al. 2014).

Poptávka po mase s vysokou kvalitou je v 21. století vysoká, zároveň spotřebitelé vyžadují maso, které je bezpečné, zdravé a také chutné. Pro vysokou kvalitu masa je dobré znát faktory, podle kterých lze určovat kvalitu, jako je vaznost masa. Samotná kvalita masa může úzce souviset se svalovými vlákny (Joo et al. 2013). Jedním z faktorů, které mohou zapříčinit rozdílnou kvalitu masa, může být i nerovnoměrné zastoupení jednotlivých typů svalových vláken (Kim et al. 2018).

#### 3.2. Příčně pruhovaná svalovina

Pojmenování příčně pruhovaná svalovina je odvozeno od vzhledu. Jedná se zejména o uspořádání regulačních a kontraktilních bílkovin, které jsou uspořádány do řad tak, aby docházelo k pravidelnému opakování obou bílkovin. Tyto jednotky jsou známé jako sarkomery. Sarkomery mají velice podobné složení, konkrétně jde o ultrastrukturu a molekulární složení. Tato podobnost je tedy přítomná i u jednotlivých typů svalových vláken, rozdíl mezi vlákny tedy tkví hlavně v jejich molekulární variabilitě. Variabilita je způsobená různými izoformami myofibrilárních složek (Choi & Kim 2009).

Svaly jsou složeny z buněk, které jsou uspořádány v myofibrilách. Myofibrily jsou tvořené vlákny, kde první typ obsahuje myozin a druhý typ naopak bílkoviny aktin, tropomyozin a troponin. Vlákna s myozinem jsou považována za silná vlákna. Samotný myozin se skládá ze dvou párů lehkých řetězců a dvou těžkých řetězců. Naproti tomu jsou vlákna s aktinem považována za tenká vlákna (Karlsson et al. 1999).

Kosterní svalovina je považována za jednu z nejrozšířenějších tkání v těle. Důležitost této tkáně souvisí hlavně se schopností pohyblivosti těla a také s řízením metabolismu těla (Xu et al. 2012). Svalovinu můžeme charakterizovat jejími kontraktilními, morfologickými a

metabolickými vlastnostmi (Lee et al. 2010). Jedna z hlavních funkcí příčně pruhované svaloviny je přeměna látek. Zejména jde o přeměnu chemických látek na mechanickou energii. To je důležité mimo jiné i pro udržení postoje. Dále jsou svaly důležité kvůli termoregulaci a ukládání látek, mezi které lze zařadit aminokyseliny a sacharidy. Svaly ke své činnosti samozřejmě musí využívat ATP. To se vyrábí v jádru svalového vlákna (Gagaoua & Picard 2020). Kosterní svalovina je také velice rozmanitá. Rozmanitost tohoto typu svalů je způsobená například konstrukcí jednotlivých svalů, typem svalových vláken, heterogenitou jednotlivých vláken a také složením (Karlsson et al. 1999). Samotná vlákna ve svalovině zauímají zhruba 75–90 % z celkového objemu (Lee et al. 2010). Dalšími složkami svalu je vazivová tkáň, tuková tkáň, nervová tkáň a v neposlední řadě cévy (Listrat et al. 2016).

Morfologie vláken je jedním z nejvýznamnějších znaků, které určují svalovou hmotu. Morfologie svalových vláken zahrnuje například celkový počet vláken, který se označuje zkratkou TNF, z angličtiny total number of fibers. Dále pak plochu příčného průřezu svalového vlákna, která se označuje zkratkou CSAF, z angličtiny cross-sectional area of muscle fiber. V neposlední řadě sem můžeme zařadit i délku svalového vlákna (Lee et al. 2010).

Svaly se od sebe samozřejmě odlišují i podle toho, v jaké části těla se nacházejí a jaká je jejich funkce. Každý sval má totiž své biochemické, morfologické a také biologické vlastnosti (Kim et al. 2018). Odlišnosti v rámci kosterních svalů mohou být způsobeny i heterogenními vlastnostmi svalových vláken a mozaikovitým složením (Lee et al. 2010). K rozdílným funkčním schopnostem dochází i díky uspořádání svalových vláken, které je velmi organizované (Pette & Staron 2000).

Pokud se zaměříme na vývoj příčně pruhované svaloviny, jedná se o proces, který se dělí do čtyř částí. Vše začíná determinací myoblastů, po čemž následuje proliferace myoblastů. Třetí částí je diferenciace a sloučení myoblastů. Myoblasty se následně slučují do myotubů a myofiber. Čtvrtou a poslední částí je zrání svalů do postnatálního období. Mezi nejdůležitější časová období vývoje a růstu svalů můžeme zařadit čtyři různá období. Jedná se období, které probíhá zhruba 65 dní po koitu, dále 3 dny po porodu, 60 dní po porodu a v neposlední řadě 120 dní po porodu (Xu et al. 2012).

### **3.3. Srdeční svalovina**

Za zmínku stojí i srdeční svalovina, která je tvořena podobně jako kosterní svalovina. Stejně jako kosterní svalovina obsahuje kontraktilní bílkoviny aktin a myozin. Obsahuje regulační bílkoviny tropomyozin a troponin, které můžeme taktéž najít u kosterní svaloviny. Společným znakem mezi kosterní svalovinou a srdeční svalovinou je i to, že srdeční svalovina je příčně pruhovaná. Rozdíl je ovšem v tom, že pruhovanost není natolik uspořádaná, jak tomu je u kosterní svaloviny (Pinnell et al. 2007).

Když se zaměříme na strukturu tohoto typu svaloviny, tak zjistíme, že každá srdeční svalová buňka je obklopena buněčnou membránou a nachází se v ní jedno jádro. V každé

buňce můžeme najít mitochondrie, které jsou důležité pro zajištění stálého přísunu ATP, který je pro srdeční svalovinu kvůli její funkci velice důležitý. Srdeční svalovina totiž musí zajistit neustálé stahování a uvolňování se. Zároveň svalovina musí pracovat nepřetržitě a bez únavy (Pinnell et al. 2007).

### **3.4. Hladká svalovina**

Hladká svalovina je nejvíce rozdílná od všech typů svalovin (Webb 2003). Hladká svalovina je tvořena velmi malými buňkami. Jejich tvar je vřetenovitý a buňky mají vysokou tvarovou flexibilitu (Small 1995). Svalovina se nachází hlavně ve stěnách různých orgánů a také trubic v těle. Mezi některé příklady výskytu hladké svaloviny lze zařadit žaludek, cévy, močový měchýř, dutiny penisu, dýchací cesty, děloha a ostatní. Zároveň můžeme najít svazky buněk hladké svaloviny připojené k oční čočce, duhovce a k chloupkům. Buňky hladké svaloviny fungují tak, že se při stahu zkracují. Při zkrácení se například mění průměr trubice. Tím pádem dochází k regulaci průtoku obsahu trubice (Webb 2003).

Rozdílů mezi hladkou svalovinou a ostatními typy svalovin je mnoho. U tohoto typu svaloviny nenajdeme příčnou pruhovanost, která se vyskytuje u zbylých typů. Další rozdílností je i to, že kontraktilita je řízena hormony, lokálními chemickými signály a autokrinními/parakrinními látkami. Buňky hladké svaloviny využívají k vyvinutí síly cyklování příčných můstků mezi bílkovinami aktinem a myozinem. Vápníkové ionty potom iniciují kontrakci (Webb 2003).

### **3.5. Vepřové maso a jeho složky**

Vepřové maso je významné i kvůli svému vysokému obsahu bílkovin, které mají vysokou biologickou hodnotu. Zároveň jsou bohaté na vitamíny ze skupiny B, esenciální aminokyseliny, dále také minerální látky, z jakých jde zejména o hemové železo, různé stopové prvky a jiné látky. Je nutné podotknout, že vepřové maso obsahuje i tuky, nasycené mastné kyseliny a také cholesterol. Tyto látky mohou mít pro lidský organismus v nadměrném množství negativní účinky (Reig et al. 2013).

Cholesterol je ovšem důležitý pro fungování organismu. Má velice důležitou funkci v membránách a zároveň je prekurzorem vitamínu D, steroidních hormonů a žlučových kyselin. Negativní účinky, ke kterým dochází vlivem cholesterolu, mohou být u kardiovaskulárních nemocí, to ovšem není zcela jednoznačné. Je dobré zmínit, že cholesterol zřejmě moduluje membránový protein, který je velmi důležitý pro normální funkci arterií (Lecerf & de Lorgeril 2011).

Mezi hlavní složky svalů zařazujeme vodu, bílkoviny a lipidy. Složení vepřového masa je z velké části tvořeno vodou, která zaujímá zhruba 75 %. Bílkoviny naopak zaujímají asi 22 %. Další složky, jako jsou například lipidy a sacharidy, jsou ve svalovině obsaženy v různém množství. Samotné bílkoviny se dělí do třech hlavních skupin, ty se dělí na sarkoplazmatické, myofibrilární a v neposlední řadě stromální bílkoviny (Karlsson et al. 1999).

Nejméně obsaženými proteiny jsou stromální, které zaujímají ve svalovině zhruba asi 10 % a to z celkového počtu bílkovin. Tyto proteiny jsou tvořené kolagenem a elastinem. Další jsou sarkoplazmatické proteiny, jejichž složkou je svalové barvivo myoglobin. Tyto proteiny ve svalech zaujímají asi 30 % bílkovin z celkového množství. Nejobsazenějšími bílkovinami jsou zbylé myofibrilární, které představují cca 60 % bílkovin z celkového množství (Karlsson et al. 1999). Mnoho faktorů, jako jsou například věk, plemeno, genotyp, pohlaví, krmivo a specifické svaly ovlivňují i samotné složení masa a obsah živin. Velké množství vlastností masa ovlivňují právě uvedené faktory. Mezi ty náleží fyzikální vlastnosti, mezi které můžeme zařadit hmotnost, barvu a intramuskulární tuk. Dalšími faktory je senzorická vlastnost, výtěžnost a chemické složení (Reig et al. 2013).

### **3.6. Svalová vlákna**

Svalová vlákna jsou vlastně mnohoaderné buňky, které jsou obaleny membránou. Průměr jednotlivých vláken může nabývat hodnot od 10 do 100  $\mu\text{m}$  (Lee et al. 2010). Jejich délka ovšem nabývá mnohem větších rozměrů, mohou se totiž velikostně pohybovat v řádu milimetrů až 30 centimetrů, mohou však dosahovat větší délky (Choi & Kim 2009).

Jak je známo, tak jsou svaly tvořené svalovými vlákny, které se rozdělují na různé typy. Jednotlivé typy svalových vláken se od sebe odlišují svými vlastnostmi. Mezi ně můžeme zařadit biochemické a biofyzikální vlastnosti. Jako biofyzikální vlastnosti můžeme považovat například oxidační a glykolytickou kapacitu, velikost vláken, obsah myoglobinu, glykogenu a také rychlost kontrakce. Složení svalových vláken zároveň může působit na sval postmortem. Toto může ovlivnit například obsah metabolitů (Choe et al. 2008).

Svalová vlákna se vytvářejí během prenatalního období a v postnatalním období. Jednotlivá období jsou velmi důležitá pro určení celkového množství vláken a také velikosti vláken, tyto parametry mimo jiné mohou v určité míře určovat svalovou hmotu a kvalitu masa. Když se zaměříme přímo na jednotlivá časová období, která jsou v této problematice důležitá, tak první období probíhá mezi 35 až 60 dny po pohlavním styku. Druhým obdobím je 54 až 90 dní po pohlavním styku. Třetí období probíhá až po narození, kdy se jedná o časové období od narození do 60 dnů po narození. Po narození dochází k přechodu pomalých oxidativních vláken na rychlé glykolytické typy (Xu et al. 2012). Te Pas et al. (2004) uvádějí, že vznik jednotlivých svalových vláken je považován za založený v období mezi 70. a 95. dnem po započatí březosti.

U prasat se v průběhu březosti postupně vyvíjejí 2 populace svalových vláken. První populace vláken je základnou pro následný vývoj sekundárních vláken. Vývoj primárních vláken můžeme začít pozorovat mezi 25. a 50. dnem od počátku březosti prasnice. K samotnému ukončení tvorby primárních i sekundárních vláken dochází kolem 80. a 90. dne a poměr se mezi jednotlivými typy pohybuje v rozmezí 20:1 až 24:1, kdy jsou početnější sekundární vlákna (Oksbjerg et al. 2013).

Svaly se po narození zvětšují hlavně díky zvětšení velikosti svalových vláken neboli hypertrofii. Je známo, že u savců po narození nevznikají nová svalová vlákna, to znamená, že po narození je počet svalových vláken daný. Některé studie ovšem uvádějí, že je po narození selat možné, že existuje možnost zvýšení počtu svalových vláken. Zároveň je však možné, že ke zvýšení počtu nedochází, ale děje se to kvůli zrání a prodlužování myotubic (te Pas et al. 2004).

Svalová vlákna se zkoumají již dlouhou dobu. V průběhu let se postupně identifikovalo několik typů svalových vláken. Mimo jiné se může jednat o čtyři hlavní typy vláken. Mezi jednotlivé hlavní typy zařazujeme tři typy rychlých vláken a jeden typ pomalých vláken. Tato vlákna jsou typická pro svalovinu končetin. U jiných částí těla se ovšem mohou nacházet i vlákna, která se odlišují od těch hlavních. Tato rozdílná vlákna můžeme najít například u svalů, které se nacházejí na hlavě a krku, dále také u svalů čelisti a dalších svalových skupin (Schiaffino & Reggiani 2011).

Jednotlivé typy vláken jsou různě pojmenovány. Typy od sebe dokážeme rozpoznat díky různým klasifikačním metodám. Jednou z nich je například metoda, která využívá histochemii myozin ATPázy. Díky této metodě rozlišujeme čtyři typy vláken. Jedná se o vlákna typu I, IIA, IIB a v neposlední řadě o typ IIC. Hybridní typy a čisté typy mohou být komplikovaně vymezené pomocí této metody (Kim et al. 2014). Rozdělování zmíněných typů vláken se považuje za tradiční metodu rozpoznávání jednotlivých vláken (Kim et al. 2013).

Jak už bylo řečeno v jednom z předchozích odstavců, tak vlákna můžeme dělit na čtyři hlavní typy a pojmenování závisí na zvolené metodě. Kontrakce svalových vláken jsou úzce vázány k izoformám myozinového těžkého řetězce (MyHC). Ty lze najít v tlustých vláknech. Mezi typy vláken, které můžeme exprimovat z MyHC, zařazujeme I, Ila, IIx a IIb. Jak bylo řečeno, tak máme jeden typ pomalých vláken a tři typy rychlých vláken. Mezi pomalé typy náleží typ I a mezi rychlé všechna zbývající vlákna, takže typy Ila, IIx a IIb (Listrat et al. 2016). Rozdíl v rychlosti mezi vlákny pomalými a rychlými jsou takové, že při rychlosti kontrakce jsou rychlosti zkracování pomalých svalových vláken třikrát nižší, než je tomu u vláken rychlých. V rámci rychlých vláken ovšem existují také nějaké rozdíly v rychlosti. Když porovnáme rychlost vláken IIx a Ila, tak je rychlost zkracování obou vláken pomalejší, než je tomu u vláken typu IIb (Choi & Kim 2009).

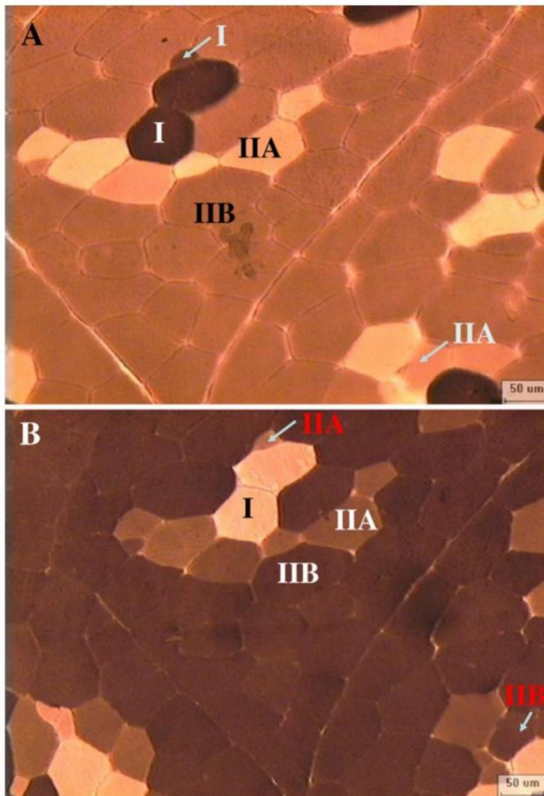
Vlákna typu I jsou odolná proti únavě a jejich kontrakce mají malou intenzitu. Můžeme je ve větším počtu najít v dýchacích svalech (Listrat et al. 2016). Vlákna typu I jsou vlákna taková, která vytváří energii aerobním způsobem pro resyntézu ATP (Choi & Kim 2009). Vlákna typu I jsou tedy schopná vydržet pracovat velmi dlouhou dobu při nízkém výkonu. Zároveň je známo, že tato vlákna mají nízký excitační práh. Také kvůli své funkci, kdy udržují kontrakce

nízké intenzity, potřebují velké množství energie. Tato vlákna obsahují i velké množství myoglobinu, triglyceridů a méně glykogenu (Lefaucheur 2010). Vlákna typu I zároveň obsahují poměrně velké množství mitochondrií, které jsou relativně velké. Vysoké množství mitochondriálních enzymů spolu s myoglobinem podporují aerobní metabolickou oxidaci (Choi & Kim 2009).

Vlákna typu IIb jsou oproti vláknům I velmi snadno unavitelná. Zároveň se odlišují velkým množstvím glykogenu a také jsou chudá na myoglobin. Tato vlákna vykazují krátké a velmi intenzivní kontrakce. Narozdíl od předchozího zmíněného typu vykazují i vysoký excitační práh. Jsou známá i tím, že *in vivo* nespotřebovávají takové množství energie. To z toho důvodu, že je využívána jen příležitostně k udržení prudkých krátkodobých pohybů. Například se může jednat o únik. (Lefaucheur 2010). Dalším rozdílem vláken IIb od ostatních je i ten, že rychlost štěpení ATP je u nich až čtyřikrát rychlejší než u vláken I. U vláken typu IIa a IIx je zmíněná rychlost střední (Choi & Kim 2009). Pokud bychom tedy dali typy vláken do pomyslné řady, tak zjistíme, že vlákna I a IIb vytvářejí dva extrémní metabolické profily (Chang et al. 2003).

Vlákna, která se označují jako IIC a IIx, kde každý typ zařazujeme do jiných klasifikací, jsou podle všeho přechodnými vlákny mezi typy I a II. Pokud je ovšem chceme najít v těle, tak je můžeme najít například při zranění, kdy se sval reparuje, či u novorozenců jedinců. Lze ovšem říct, že každé jednotlivé vlákno je svým způsobem jedinečné. Jednotlivé typy svalových vláken mohou mít i vlastnosti, které se vzájemně překrývají. V tomto případě se může jednat o funkční a strukturální vlastnosti (Karlsson et al. 1999). Vlákna IIx mají nižší rychlost kontrakce v porovnání s vlákny IIb a jejich oxidační metabolismus je pro změnu trochu vyšší (Lefaucheur 2010). Podle předchozích uvedených informací tedy víme, že vlákna IIx jsou oxidačně-glykolytická vlákna, tedy přechodná mezi rychlými a pomalými vlákny. Kromě vláken IIx jsou ovšem přechodná vlákna i vlákna typu IIa, která se také řadí mezi rychlá vlákna. Vlákna IIa ovšem mají v pomyslné řadě blíže k vláknům typu I. Naopak je tomu u přechodných vláken IIx, která jsou příbuznější vláknům IIb (Chang et al. 2003).

Jednotlivá svalová vlákna mohou určovat i barvu svalu. Svaly můžeme rozdělit na tmavé a světlé. Tmavé svaly jsou složeny hlavně z oxidativních vláken typu I a také vláken typu IIA. Světlé svaly se ve složení různí. Ty naopak od tmavých obsahují hlavně vlákna glykolytická, tedy vlákna typu IIB (Ruusunen & Puolanne 2004). Dalším aspektem rozdílů mezi jednotlivými vlákny je i jejich velikost. Je dobře známo, že vlákna typu I jsou nejmenší z vláken. Vlákna typu IIA jsou potom středně velká a vlákna typu IIB mají naopak největší průměr (Klont et al. 1998). Zároveň se vlákna I a IIA odlišují i tím, že mají okolo sebe větší množství kapilár (Ruusunen & Puolanne 2004).



**Obr.1** Na obrázku můžeme vidět vlákna typu I, IIA a IIB (Choi & Kim 2009).

### 3.7. Klasifikace svalových vláken

Názvosloví jednotlivých svalových vláken může být složitou disciplínou. Každé názvosloví by mělo mít několik základních vlastností. První z nich je vycházení ze zkoumaných vlastností vláken. Druhou je jednoznačnost rozlišení jednotlivých vláken. Třetí a poslední vlastností je to, že by názvosloví mělo být využitelné v experimentálních a také patologických situacích (Brooke & Kaiser 1970).

Klasifikace mají různá pojmenování vláken. To se odvíjí od faktu, že vlákna byla charakterizována pomocí jejich barvy, také podle metabolických vlastností a kontraktilních vlastností (Klont et al. 1998). V minulosti se svaly rozdělovaly podle vzhledu. Velkým faktorem byla i barva svalů, kdy se jednotlivé svaly dělily na bílé a červené (Gagaoua & Picard 2020). Toto se dá považovat na jednu z nejstarších klasifikací. Vlákna bílých svalů, která převažovala nad ostatními vlákny, se nazývala bílá vlákna. Naopak vlákna, která převažovala v červené svalovině, se nazývala červená vlákna. Je ovšem důležité dodat, že bílá a červená barva vláken je sporná (Brooke & Kaiser 1970).

Samozřejmě se v průběhu let objevily i jiné klasifikace svalových vláken. Jednou z nich může být i klasifikace vláken na bílá, červená a přechodná. U této klasifikace se hlavně zkoumal obsah mitochondrií pomocí elektronového mikroskopu (Brooke & Kaiser 1970). Studie byla



založena na aerobní oxidační kapacitě a histochemických reakcích. Byl pro to použit referenční enzym sukcinátdehydrogenáza (Klont et al. 1998).

Kontrakce jednotlivých vláken se lišila například tak, že bílá vlákna vykazovala rychlé šhubání. Měla totiž tendenci ke glykolytickým vlastnostem, protože spotřebovávala glukózu. Dalším typem byla vlákna červená, která naopak od bílých měla pomalejší kontrakci. Zároveň měla vyšší aktivitu oxidačních enzymů. V neposlední řadě autoři rozlišovali i přechodná vlákna, která měla alternativní metabolické schopnosti (Lee et al. 2010). Toto však v pozdějších letech odsoudil jeden z autorů samotné studie. (Brooke & Kaiser 1970).

Pro upřesnění je dobré dodat, že ve svalu se tedy uplatňují dvě hlavní cesty, kdy se regeneruje ATP. První z nich je zmíněná oxidativní cesta. Jedná se o aerobní cestu, kdy se uvnitř mitochondrií oxiduje pyruvát. Opakem je glykolytická cesta, která je anaerobní. Tam se naopak pyruvát mění na kyselinu mléčnou v sarkoplasmě. Podle tohoto rozlišujeme oxidativní a glykolytická vlákna. Glykolytická vlákna jsou považována za bílá, kvůli nedostatku myoglobinu, který je přenašečem kyslíku. Oxidativní vlákna mají červenou barvu kvůli velkému množství myoglobinu (Listrat et al. 2016).

Zároveň hrály velkou roli i kontrakční vlastnosti, kde se svaly rozdělovaly na rychlé a pomalé. Rychlost a pomalost je závislá na různých charakteristikách, mezi které můžeme zařadit dobu záškubu. Další klasifikace může být i na úrovni histochemické. Jedna z prvních histochemických klasifikací byla založena na rozdílné citlivosti ATPázové aktivity izoform těžkých myozinových řetězců na zásadité a kyselé prostředí. Díky tomuto můžeme rozlišit vlákna typu II od vláken typu I. Vlákna typu II jsou rychlá a křečová a typu I jsou pomalá a křečová. Oba typy vláken jsou citlivá na kyselinu. ATPázová aktivita je při kyselém pH inhibována (Gagaoua & Picard 2020).

S rozdělením vláken na typy I a II přišla i studie, kde se klasifikace odvíjela od enzymatických histochemických reakcí. Vlákna mezi sebou měla rozdíl takový, že vlákna I měla nízký obsah ATPázy a fosforylázy, naopak však měla vysoký obsah oxidačních enzymů. Opačně to potom měla vlákna typu II. Někteří autoři však rozpoznávali i vyšší počet typů svalových vláken. Někteří se dokonce domnívali, že existuje až osm typů vláken. To ovšem nemá tak velké praktické uplatnění (Brooke & Kaiser 1970).

Další metodou pro klasifikaci je od Kaisera & Brooka (1970), která se zaměřila na zkoumání svalových vláken například u člověka, králíků a potkanů. Rozděluje vlákna na čtyři typy. Tři z nich, tedy I, IIA, IIB, jsou nejběžnější svalová vlákna. Naproti tomu vlákna typu IIC nejsou příliš početná. Rozdíly mezi vlákny jsou dané reakcí myozinové ATPázy, kdy je rozhodující délka preinkubace a také pH. Choi & Kim (2009) uvádějí, že zmíněná metoda je jedna z nejčastěji přijímaných metod klasifikace. Tato metoda využívá rozdíly v kyselé a zásadité stabilitě myozinové ATPázové reakce. Při této metodě se vymezi vlákna, kdy vlákna typu I měla vysokou a stabilní ATPázovou aktivitu po preinkubaci, kdy bylo pH 4,3 nebo 4,6. Naopak při pH 10,4 byla nízká ATPázová aktivita. U vláken typu IIA bylo vyzorováno, že měla stabilní ATPázovou aktivitu při pH preinkubace 10,4. Opak vykazovala vlákna IIB, která měla velmi silnou reaktivitu při stejném pH preinkubace. U pH 4,3 a 4,6 měla vlákna IIA a IIB rozdílnou reaktivitu, kdy vlákna IIA nevykazovala žádnou reakci a naproti tomu vlákna IIB

vykazovala silnou reaktivitu. Obecně lze říct, že histochemické metody, jako je právě zmíněná metoda, jsou jedny z nejpoužívanějších metod na rozlišování jednotlivých vláken (Kim et al. 2014). Ačkoliv jsou histochemické metody skvělé pro popis biochemického stavu jednotlivých typů vláken, tak nejsou tolik spolehlivé při samotném definování vláken (Chang et al. 2003). Další nevýhodou histochemických metod je i to, že nelze jednoznačně vymezit, jestli se jedná o čisté vlákno nebo hybridní vlákno (Kim et al. 2014).

Jako poslední klasifikační metodu rozpoznávání vláken je dobré zmínit imunohistochemickou analýzu, která se dělá pomocí monoklonálních protilátek proti izofomám MyHC. Tato metoda již byla zmíněná v předchozí kapitole, ale pro připomenutí se jedná o rozlišení vláken typu I, IIa, IIb a IIx. Tato metoda umožňuje typizaci svalových vláken, která je závislá na expresi izoforem MyHC. Touto metodou jsou snadno rozpoznatelné hybridní typy vláken, mezi které lze zařadit vlákna IIax a IIxb (Kim et al. 2013). Pokud bychom chtěli vědět, co společného mají vlákna, která jsou založená na ATPáze a MyHC, tak bylo zjištěno, že ke čtyřem typům vláken založených na ATPáze byly přiřazeny čtyři typy izoforem MyHC. Jedná se třeba o MyHC IIa u vláken typu IIA, MyHC I u vláken I a také MyHC IIb u vláken IIB (Klont et al. 1998).

**Tab.1** V tabulce jsou uvedeny klasifikační metody od různých autorů a také označení svalových vláken v závislosti na použité metodě.

AUTOŘI	OZNAČENÍ	METODA	ROZDÍLY
<b>DUBOWITZ &amp; PEARSE (1960)</b>	Vlákna I a II	Enzymatická histochemická analýza	Rozdíl v ATPáze, fosforyláze a oxidačních enzymech
<b>GUTH &amp; SAMAHA (1970)</b>	Vlákna I a II	Histochemická analýza	ATPázová aktivita na kys. a zás. pH
<b>BROOKE &amp; KAISER (1970)</b>	Vlákna I, IIA, IIB a IIC	Histochemická analýza	Reakce myozinové ATPázy (pH preinkubace)
<b>SCHIAFFINO ET AL. (1989)</b>	Vlákna I, IIa, IIb a IIx	Imunohistochemická analýza	Reakce protilátek s izoformami MyHC
<b>KIM ET AL. (2013)</b>	Vlákna I, IIa, IIb, IIx, IIax, IIxb	Imunohistochemická analýza	Reakce protilátek s izoformami MyHC

### 3.7.1. Typizace, počítání a velikost vláken

Typizace svalových vláken je pro spoustu oborů v biologii velice důležitým faktorem (Karlsson et al. 1999). U počtu svalových vláken ve svalech se jedná o problematiku, která je časově velmi náročná. Výpočty spočívají v dělení plochy příčného průřezu s průměrnou plochou vláken. V provozu však není možné, aby se počítala jednotlivá vlákna v průřezu. Z toho důvodu je možné dělat dílčí odběry. Pro přesné spočítání množství vláken je ovšem klíčové, jaký počet dílčích odběrů děláme. Ve většině případů se u prasat získává jeden až pět dílčích vzorků. U většího počtu vzorků je ovšem velké riziko chybovosti (Oksbjerg et al. 2013). Počet vláken lze zjistit i takovým způsobem, kdy se počítají jednotlivá vypreparovaná vlákna ze zkoumaného svalu, který je ošetřen kyselinou dusičnou (te Pas et al. 2004).

Dalším aspektem zkoumání je také měření velikosti vláken. Je možné ji měřit pomocí průměru, dalším způsobem je potom měření plochy příčného řezu vláken. Při měření ovšem mohou vznikat nesprávné výsledky, důvodem chybovosti u měření velikosti vláken mohou být například šikmě řezaná vlákna. Jedním z aspektů, který může měření v určité míře ovlivňovat je i doba odběru vzorků. Kvůli tomuto je potřebné, aby se jednotlivé vzorky odebíraly ve stejnou dobu (te Pas et al. 2004).

Typizace svalových vláken a zároveň i počítání svalových vláken pomocí histochemické metody je poměrně složitá disciplína. Důvody složitosti je fakt, že metoda je velmi pracná a také náročná na čas. Když se počet vláken a typizace dělá pomocí série průřezů svalových vláken, tak může docházet ke spoustě technických problémů a velké chybovosti. Mezi faktory, které se na chybovosti mohou podílet, lze zařadit množství vzorků a podvzorků, místo odběru vzorku a také subjektivita měření. Snížení chybovosti lze docílit například použitím genomických technik, které používají mRNA a siRNA, metabolomik a také použitím protilátek (Lee et al. 2010).

## 3.8. Faktory ovlivňující typové složení, počet a velikost svalových vláken

### 3.8.1. Věk

Při narození mláděte se udává, že jsou vlákna oxidativní. To se samozřejmě mění v průběhu růstu jedince. Postupem času se tedy snižuje počet oxidativních vláken a počet glykolytických vláken se naopak s věkem zvyšuje, toto můžeme pozorovat například u svalu *longissimus dorsi* prasete. Jednotlivé typy vláken však můžeme rozlišovat až kolem jednoho až čtyř týdnů věku jedince, to se provádí pomocí metody myozinové Atpázy. Zároveň se v některých svalech zvyšuje počet vláken typu I s přibývajícím věkem. Mezi další změny, ke kterým v průběhu stárnutí jedinců dochází, můžeme zařadit i plochu průřezu vláken. Do 25 dnů věku selat se plocha průřezu může zvětšit až o 100 % od původní hodnoty. Postupem se ovšem intenzita růstu snižuje, to znamená, že například mezi 100 až 125 dny se tato hodnota může změnit o pouhých 10 %. Dále je intenzita ještě menší. Rychlost růstu se samozřejmě

odlišuje u jednotlivých typů svalových vláken. Příkladem může být porovnání růstu typu IIB a I, vlákna typu IIB zvětšují svůj průměr až dvakrát rychleji než vlákna typu I (Karlsson et al. 1999).

### 3.8.2. Pohlaví

Postupem času se zjistilo, že existují různé rozdíly mezi svalovými vlákny u samců a samic. K rozdílům dochází i díky působení pohlavních hormonů. Rozdíly mezi pohlavími mohou vznikat působením androgenních hormonů v dostatečně velké míře během prenatální tvorby vláken (Choi & Kim 2009). Vlivem pohlavních hormonů vznikají také rozdíly v CSAF a TNF. Pokud dojde k léčbě pomocí testosteronu později v postnatálním období, tak může docházet i ke stimulaci svalové hypertrofie (Joo et al. 2013).

Plocha průřezu vláken je většinou větší u nekastrovaných samců. Naopak u samic a kastrovaných samců hodnoty mohou být menší. U prasat však v některých případech můžeme zjistit podobná až větší vlákna u samic, než je tomu u nekastrovaných samců (Choi & Kim, 2009). U celkového počtu vláken (TNF) bylo zjištěno, že může být vyšší u svalu *longissimus dorsi* samců než u samic. Také se udává, že samice mají větší vlákna v porovnání se samci (Joo et al. 2013).

Dalším rozdílem, který udávají některé studie je i to, že samice mají větší podíl vláken typu I. To se však může lišit a bylo dokonce zjištěno, že vlákna typu I mohou být více obsažena u samců. Tudíž to není zcela jednoznačné. Některé studie uvádějí i ten fakt, že mezi pohlavími není jednoznačný rozdíl u svalových vláken. To je možné kvůli rozdílům ve velikosti vzorků, metodice, věku a dalších proměnných (Choi & Kim 2009). Larzul et al. (1997) ve své studii například udávají, že procentuální podíl typů svalových vláken není ovlivněn pohlavím.

### 3.8.3. Druh

Te Pas a kolektiv (2004) ve své práci uvádějí, že celková velikost jednotlivých druhů zvířat nemusí mít vliv na velikost svalových vláken. Velikost svalových vláken se mezi druhy může pohybovat kdekoliv mezi 20 až 80  $\mu\text{m}$ . Když porovnáme svalová vlákna velryby a prasete, tak zjistíme, že prase má větší svalová vlákna. Když se naopak zaměříme na počet vláken a rozdíly u jednotlivých druhů, tak prasata mají menší počet svalových vláken než skot, ale vlákna skotu vykazují stejnou či nižší velikost vláken, než je tomu u prasat. Počet svalových vláken se u druhů také odlišuje, jak již bylo naznačeno. Ve svalu *longissimus dorsi* můžeme u prasat pozorovat 6 až 7krát větší množství vláken než ve stejném svalu u králíka. V průměru velikosti vláken už ovšem tak markantní rozdíl není, protože je u prasat pouze dvakrát větší.

#### 3.8.4. Šlechtění

Plemenářská práce je v chovu prasat zaměřená na zvyšování užitkových vlastností. To vede k celkové změně v typovém složení svalových vláken. Toto může způsobit i selekce na libovější svalovinu. Změny mohou být ve větším podílu vláken typu IIB. Další věcí je i to, že primitivnější plemena prasat mají ve stejném věku jako prasata, která jsou více selektovaná, menší průměr vláken (Ruusunen & Puolanne 2004). Selekcí, která probíhá kvůli zrychlení růstu a obsahu libového masa, může měnit metabolismus, který se posouvá více k bílému glykolytickému typu, ale i méně k oxidativnímu typu (Joo et al. 2013). Kromě zvýšení podílu glykolytických vláken se zvyšuje i průměr jednotlivých vláken v porovnání s primitivnějšími plemeny (Klont et al. 1998).

Jedna studie uvádí to, že prasata plemene dánská landrace byla rozdělena na dvě skupiny, kdy jedna prošla selekcí a druhá nikoliv. Při dosažení porážkové hmotnosti, selektovaná skupina prasat dosahovala porážkové hmotnosti o 25 dní dříve. Tato skupina vykazovala i nižší obsah pigmentu. To tedy znamenalo, že maso bylo relativně bledé a mělo nižší skóre křehkosti. U selektovaných prasat byl zjištěn nižší počet vláken typu I, zároveň nebyla zjištěna větší plocha vláken (Klont et al. 1998).

#### 3.8.5. Plemeno

Mezi plemeny můžeme najít také nějaké rozdíly v typech svalových vláken, ačkoliv mají podobné složení vláken. Tyto rozdíly se mohou jednat například svalů *longissimus dorsi* a také svalů ze skupiny *gluteus*. Plemena, kterých se rozdíly týkají, jsou hampshire, yorkshire a také švédská landrace. Bylo zjištěno, že plemeno berkshire má větší procentuální objem vláken typu I u svalu *longissimus dorsi*. Toto bylo porovnáváno s dlouhým hrudním svalem u plemen landrace a yorkshire. Kvůli tomuto zjištění mají svaly plemene berkshire vyšší pH svaloviny a nižší ztráty odkapem (Choi & Kim 2009). Dalším rozdílem mezi složením svalů u různých plemen může být rozdíl mezi prasaty plemene bílé ušlechtilé a miniaturními prasaty. Rozdíl se týká v obsahu vláken I, který je u plemene bílé ušlechtilé vyšší (Joo et al. 2013).

#### 3.8.6. Svaly

Rozdílné složení svalových vláken můžeme objevit u různých svalů v rámci těla, ale rozdíly mohou být i v rámci stejných svalů u jiných jedinců. Podle některých studií je velké procento vláken typu IIB a malé procento typu I obsaženo v prasečím svalu *longissimus dorsi*. V tomto svalu bylo zjištěno 80–90 % vláken typu IIB a 5–15 % vláken typu I (Choi & Kim 2009). Listrat et al. (2016) ve své práci udává trochu jiné typové složení vláken u svalu *longissimus*

*dorsi*. V tomto případě vlákna typu I mohou zaujímat kolem 10 %, dále vlákna typu IIa mohou zaujímat stejných 10 %, vlákna IIx mohou zaujímat pro změnu 25 % a poslední typ vláken, tedy vlákna IIb, mohou zaujímat kolem 55 % z celkového počtu vláken.

Naproti tomu sval *vastus intermedius* má velmi velké procentuální zastoupení vláken typu I, konkrétně okolo 70–80 %. Zároveň můžeme u různých svalů v rámci těla pozorovat i unikátní rozložení svalových vláken. Jde o to, že vlákna typu I jsou seskupena do shluků. U těchto shluků se v blízké vzdálenosti nacházejí vlákna typu IIa a to je pak obalené vlákno typu IIb. Když se následně zaměříme na jeden sval, tak je běžné, že se v hlubší svalové oblasti nacházejí ve větším poměru vlákna typu I a zároveň je v této oblasti vyšší oxidační kapacita (Choi & Kim 2009).

Mezi jednotlivými svaly jsou samozřejmě velké rozdíly v rozložení jednotlivých vláken uvnitř svalu. Rozdíly se mohou jednat například svalů hlavy, končetin a také svalů trupu. Vlákna a jejich rozložení je závislé na tom, jakou funkci konkrétní sval zastává a také na anatomické lokalizaci. Výzkumníci se domnívají, že více oxidativní svaly jsou ty, které se nacházejí hluboko a jsou důležité pro udržení polohy. Naopak je tomu u svalů, které se vyskytují spíše na povrchu, zároveň jsou důležité pro rychlé pohyby (Gagaoua & Picard 2020).

Umístění svalu a jeho funkce mají značný vliv na vlastnosti svalových vláken, zejména na těchto faktorech závisí histochemické vlastnosti svalových vláken. Ve svalech jako je například *gluteus medius*, *longissimus dorsi*, *biceps femoris*, *quadriceps femoris*, *vastus lateralis* a *semimembranosus* se nachází velké procentuální zastoupení svalových vláken typu IIb. Naopak svaly jako je *masseter*, *trapezius* a *triceps brachii* obsahují velké procentuální zastoupení vláken typu I a IIa. Povrchové svaly, které se podílejí spíše na rychlejších pohybech, obsahují menší množství vláken typu I, než je tomu u hlubkových svalů, které se podílejí hlavně na udržení postoje. Kupříkladu u svalu *semitendinosus* se procentuální množství vláken typu I pohybuje okolo 4 % v povrchové části svalu a u hlubkové části svalu se vlákna pohybují okolo 45 %. Znalost zastoupení svalových vláken v jednotlivých svalech může být užitečná v masném průmyslu kvůli výrobě kvalitních kusů masa (Joo et al. 2013).

### 3.8.7. Hormony

Svalová vlákna mohou být ve velké míře ovlivněna i hormony. Jedním z hormonů, které mezi ně můžeme zařadit, je hormon štítné žlázy. Ten ovlivňuje dění během vývoje a také zrání svalů. U hypotyreózy lze zjistit, že může způsobovat přechod rychlých vláken na pomalá vlákna. Naproti tomu je hypertyreóza, která může způsobovat opak, takže přechod pomalých vláken v rychlá vlákna. Další vliv hormonů štítné žlázy při nízké hladině je ten, že oddalují nebo potlačují vznik dospělých rychlých vláken. Vysoké hladiny naopak od nízkých hodnot zrychlují přechod vývojových vláken na dospělá vlákna. Další jsou  $\beta$ -agonisté, ti mohou zvýšit plochu vláken. Zároveň jejich působením může docházet k přeměně svalových vláken typu IIa na

vlákna typu IIB (Choi & Kim 2009). To má následně i vliv na oxidační aktivitu enzymů, která může být nižší (Joo et al. 2013).

Dalšími hormony jsou například růstové hormony, které u prasat zvyšují plochu vláken, konkrétně ve svalu *longissimus dorsi* (Choi & Kim 2009). Plocha průřezu se sice v tomto případě zvětšuje, ale typové složení vláken není ovlivněno. Růstový hormon ovšem neovlivňuje v takové míře svalová vlákna plemen, která mají přirozeně relativně velká vlákna. Také bylo zjištěno, že pokud je nedostatek hormonu inzulínu, tak může docházet k selektivní atrofii u vláken typu II (Karlsson et al. 1999).

### 3.8.8. Divoká prasata

Rozdíly ve svalových vláknech lze najít i mezi divokými prasaty a domácími prasaty. Bylo zjištěno, že divoká prasata a kříženci mezi divokými prasaty mají vyšší procentuální zastoupení vláken typu I ve svalu *longissimus dorsi*, než je tomu u domácích prasat. Bylo i zjištěno, že divoká prasata mají vyšší oxidační kapacitu svalů v porovnání se švédskou landrace. To také naznačuje, že se u divokých prasat vyskytuje vyšší množství myoglobinu (Karlsson et al. 1999). Z toho tedy vyplývá, že divoká prasata mají menší množství glykolytických vláken a také mohou mít celkově menší vlákna (Joo et al. 2013).

Když se zaměříme na plochu průřezu vláken, tak vlákna typu I a II měla u divokých prasat stejnou nebo větší hodnotu, než je tomu u domácích prasat. Domácí prasata mají větší podíl vláken IIB (Karlsson et al. 1999). Když se vrátíme k průřezu vláken, tak je také známo, že u domácích prasat je plocha vláken typu IIB o poznání větší, než plocha vláken typu I a IIA. Naopak je tomu u prasat divokých, protože nejsou žádné velké rozdíly v ploše průřezu vláken (Ruusunen & Puolanne 2004).

### 3.8.9. Výživa

I výživa jakožto vnější činitel může viditelně ovlivňovat svalová vlákna. Vše začíná již ve fetálním stádiu, kdy může dojít vlivem výživy matky ke snížení počtu sekundárních vláken, to může dále vést i ke snížení postnatálního růstového potenciálu svalů, takže důsledky jsou trvalé. Ke snížení počtu sekundárních vláken dochází hlavně podvýživou během zmíněného fetálního období. Opakem je také situace, kdy je prasnice nadměrně krmena během 25. až 50. dne od započetí březosti. To může mít takový vliv, že se vyvíjejícím selatům může zvýšit celkový počet vláken (Joo et al. 2013).

Pokud se proběhne snížení příjmu krmiva, tak dochází k narušení hypertrofie svalových vláken. To platí pro všechny věkové kategorie prasat. Rozdíl je ovšem u celkového typového složení vláken, to se totiž odlišuje podle toho, v jaké růstové fázi jedinec je. Konkrétním

případem může být omezení příjmu krmiva mezi 3. a 7. týdnem věku selete. To může potencionálně vést k výraznému zvýšení podílu vláken typu I ve svalu *rhomboideus* a zároveň to vede ke snížení CSAF všech typů vláken. Určité změny probíhají i díky omezení krmiva mezi 7 až 100 kg jedinců. V tomto případě bylo zjištěno, že nebyla pozorována změna v typovém složení vláken ve svalech *longissimus* a *tibialis cranialis*, ale došlo ke zvýšení CSAF (Joo et al. 2013).

Pokud dojde k omezení příjmu potravy během fáze růstu, tak tento omezený příjem může vyvolat nižší zastoupení vláken typu IIb a větší zastoupení vláken IIa u svalu *longissimus*. Změny vyvolané omezeným příjmem potravy také mohou souviset se zhoršením kvality masa. Mezi faktory kvality masa, které mohou být ovlivněny, zařazujeme například ztrátu vody odkapem a světlost masa (Joo et al. 2013). Samozřejmě může docházet ke změnám ve svalu, pokud jedinec přijímá vyšší množství krmiva na den. To totiž může souviset s několika kvalitativními faktory vepřového masa, jako je zvýšená vaznost a také tmavší barva. Zmíněné zjištění mohlo souviset s rozdílnou energetickou spotřebou, která byla způsobena rozdílným rozložením jednotlivých typů vláken. Některé studie uvádějí, že existuje negativní korelace mezi plochou průřezu vláken I a konverzí krmiva. Byla však zjištěna i pozitivní korelace mezi několika faktory. Mezi faktory zařazujeme přírůstek svaloviny, aktivita oxidačního enzymu citrát syntázy a také počet kapilár na jedno vlákno (Klont et al. 1998).

### 3.8.10. Tělesná zátěž a okolní teplota

Fyzická aktivita je jedním z faktorů, která může ovlivnit zvýšení podílu vláken typu I. Také může ovlivnit adaptaci u metabolismu kosterního svalstva. U prasat bylo prokázáno, že po pravidelném tréninku na běžeckém pásu nebyla pozorována změna v typovém složení svalových vláken. Změna ovšem proběhla v tom, že se zvýšila oxidační kapacita. U svalů, které byly zapojeny do nějakého cvičení, se tedy snížila glykolytická kapacita (Choi & Kim 2009). Může docházet k přechodu vláken ve směru IIb → IIx → IIa → I při dlouhodobém vytrvalostním tréninku. Zmíněný přechod mezi typy vláken byl zjištěn u miniaturních plemen prasat. Samotné cvičení u prasat a celkově u zvířat může být důležitým faktorem pro masný průmysl kvůli stále většímu zájmu spotřebitelů o welfare zvířat (Joo et al. 2013).

Složení svalových typů (FTC) lze ovlivnit nižší i vyšší teplotou prostředí v systémech chovu. U dlouhodobého vystavení prasat chladnému prostředí můžeme pozorovat, že FTC vykazuje posun k pomalejšímu typu vláken. To se děje například u oxidativních svalů, které jsou zapojené do postoje u prasat plemene bílé ušlechtilé. Když se zaměříme na prasata chovaná v teplém prostředí, tak u nich dochází ke snížení glykolytického a oxidativního metabolismu (Joo et al. 2013).



### 3.9. Kvalita vepřového masa

Produkce kvalitního masa je velmi důležitou disciplínou kvůli vysokým nárokům spotřebitelů. Preference spotřebitelů na maso jsou tak individuální, že se obtížně definuje kvalita (Joo et al. 2013). Kvalitu masa můžeme hodnotit pomocí složek, jako jsou senzorické, technologické a v neposlední řadě i nutriční. Nutriční složka je určována hlavně při porážce, zejména pomocí chemického složení svaloviny. Zbylé dvě složky kvality masa se zkoumají při porážce a následně po usmrcení zvířete kvůli probíhajícím biochemickým změnám. Tyto dvě složky jsou tvořené hlavně díky interakcím mezi chemickým složením svalu a metabolickými vlastnostmi svalů (Listrat et al. 2016).

Kvalitu můžeme určitými způsoby hodnotit objektivně. Jedná se například o schopnosti zadržet vodu, barva masa, pH, smyková síla, obsah vnitrosvalového tuku, obsah pigmentů a v neposlední řadě i extrahovatelnost bílkovin. U vepřového masa je však obzvláště zajímavá variabilita barvy a vaznost masa (Karlsson et al. 1999). Stejně tomu je i u kuřecího masa. U hovězího masa je důraz kladen hlavně na křehkost masa a jako zajímavost lze uvést i rybí maso, u kterého se klade důraz na pevnost masa (Listrat et al. 2016).

Nejdůležitějšími znaky pro hodnocení kvality masa jsou ovšem ty, které preferuje zejména koncový spotřebitel. Mezi parametry, které si může zhodnotit sám spotřebitel, lze zařadit vzhled, vůni, chuť a pocit v ústech. Z toho vyplývá, že velice záleží na hodnocení masa smysly. Jeden z nejdůležitějších znaků kvality je barva masa. Druhým nejdůležitějším znakem je křehkost, která je důležitá pro chuťový požitek konzumenta. Po barvě a křehkosti následuje na pomyslném žebříčku znaků kvality chuť a šťavnatost masa. V preferenci jednotlivých znaků kvality ovšem figurují různé proměnné. Mezi ty můžeme zařadit kulturní zvyklosti a zkušenosti během života spotřebitele. Pořadí znaků kvality se tedy mohou lišit v závislosti na konzumentovi. Někteří konzumenti se ovšem zaměřují na jiné znaky kvality. Těmi může být bezpečnost zakoupeného masa, dobré životní podmínky během života zvířat, cena, etika, původ, značka zakoupeného produktu a pro některé konzumenty je atraktivnost masa vázána na prezentaci (Joo et al. 2013).

Čerstvé maso a jeho jakostní znaky mohou být ovlivňovány strukturou, chemickým složením, prostředím, zároveň i působením chemických složek postmortálně, stresem, skladováním, manipulací a spoustou dalších faktorů (Joo et al. 2013). Mezi jiné faktory, které mohou mít vliv na kvalitu svalové hmoty, zařazujeme i histochemické a biochemické vlastnosti, mezi které můžeme zařadit typ vlákn, plocha vláken, glykolytická a oxidační kapacita. Dalšími faktory jsou i obsah lipidů a obsah glykogenu (Karlsson et al. 1999).

#### 3.9.1. Vaznost masa

Vaznost masa je velmi důležitým aspektem pro kvalitu masa. Ovlivňuje to, jak maso vnímá konzument a zároveň vaznost ovlivňuje konečnou hmotnost masa (den Hertog-

Meischke et al. 1997). Ztráta hmotnosti může vést k odmítání masa konzumenty kvůli nižší kvalitě masa. To tedy vede až k finančním ztrátám producentů (Koomkrong et al. 2017). Vaznost masa také ovlivňuje jiné vlastnosti, které jsou důležité pro spotřebitele. Mezi ty zařazujeme texturu masa, vlastnosti vařeného masa a pevnost masa (Joo et al. 2013). Vaznost masa taktéž může do určité míry určovat šťavnatost masa (Warner 2017).

Ztráta vody může vznikat třemi způsoby, jedná se o ztátu odkapem, odpařením a vařením. K odpařování vody velice často dochází při chlazení jatečně upravených těl v době, kdy je rozdílná teplota těla a okolního prostředí. Zároveň vypařování závisí i na vlhkosti vzduchu v chladárně, kde je tělo uloženo (den Hertog-Meischke et al. 1997).

Mezi další způsob ztráty vody zařazujeme zmíněný odkap, ten je viditelný na povrchu masa. Ztrátu odkapem poznáme díky tomu, že se jedná o červený a koncentrovaný roztok. V této tekutině můžeme objevit intracelulární bílkoviny, kde je přítomný i myoglobin. Tekutina také obsahuje glykolytické enzymy. Ztráta odkapem tedy může způsobovat i značnou změnu v nutriční hodnotě masa. Změna v nutriční hodnotě je možná kvůli tomu, že tekutina, která uniká z masa, obsahuje zhruba dvě třetiny koncentrace všech bílkovin obsažených v mase. Samozřejmě není problém jen v úniku bílkovin z masa, dalším problémem, který vzniká právě při ztátě odkapem, je i to, že může docházet ke zmožení mikroorganismů na tekutině. Tím pádem maso nemá tak velkou životnost a výskyt mikroorganismů může ohrozit dokonce život konzumenta (den Hertog-Meischke et al. 1997).

Ztráta odkapem začíná mezi svazky svalových vláken a perimysiólní sítí a také mezi vlákny a endomysiólní sítí. Ke vzniku uvedených prostorů ve svalovině dochází při přeměně svaloviny na maso (Joo et al. 2013). Pro zjednodušení je dobré zmínit, že za života jedince je velice málo prostoru mezi buňkami. Po smrti jedince postupně vznikají mezi buňkami otevřené prostory. Vzniklá tekutina v těchto prostorách dále proniká na povrch masa s tím, že únik tekutiny z vnitřku masa probíhá ve směru svalových vláken (Hughes et al. 2014).

Třetí a poslední možností ztráty vody z masa je vařením. Ke ztrátám dochází zejména kvůli denaturaci bílkovin. Při denaturaci bílkovin dochází k narušení struktur bílkovin, to následně vede k vylučování tekutin z masa (den Hertog-Meischke et al. 1997).

### **3.9.2. Barva masa**

Barva je jedním z nejvýznamnějších znaků kvality, protože konzument na první pohled vidí právě tento ukazatel kvality. Barvu masa mohou ovlivnit faktory jako je stáří zvířete, druh a také typ svaloviny. Největší rozdíly v barvě vznikají v závislosti na obsahu myoglobinu ve svalovině (Joo et al. 2013). Úbytek myoglobinu a glykolytických enzymů vede ke světlosti vepřového masa, což pro spotřebitele nemusí být atraktivní (Koomkrong et al. 2017). Nejvíce myoglobinu je ve vlákněch typu I. Na myoglobin ve svalu má vliv i několik faktorů jako jsou genetické faktory, prostředí výskytu zvířete, cvičení a také potrava. Zároveň barvu může

ovlivnit zpracování masa, jeho skladování a vystavování. Pro stabilitu barvy masa je také velice důležitá rychlost oxidace myoglobinu (Joo et al. 2013).

### 3.9.3. Křehkost masa

Křehkost masa je dalším z velice důležitých aspektů, které určují celkovou kvalitu masa. Křehkost může ovlivňovat mnoho faktorů, jako je zpracování masa, faktory během zpracování masa, a dokonce vystavování masa v obchodě. Vliv na křehkost má i stupeň proteolytického rozkladu myofibrilárních bílkovin a také intramuskulární lipidy (Wood et al. 1996). U jatečně upraveného těla je méně než 10 % masa, které je vhodné k okamžité spotřebě, zbytek musí projít úpravami, které zlepšují křehkost masa, těmito úpravami se myslí například proces zrání masa. Mezi svaly, které jsou všeobecně křehké řadíme i sval *longissimus dorsi* (Bekhit et al. 2014).

Ačkoliv je křehkost masa velice důležitým aspektem kvality pro hovězí maso, které je řazeno mezi poměrně tuhá masa, tak křehkost masa můžeme posuzovat i u vepřového masa (Listrat et al. 2016). U hovězího masa je s křehkostí veliký problém zejména díky kolagenu, který zhoršuje křehkost masa. To i přes fakt, že kolagen zaujímá méně než 2 % svalu (Weston et al. 2002).

## 3.10. Vliv svalových vláken na kvalitu masa

Vliv svalových vláken na kvalitu masa je dlouho zkoumanou problematikou, která však potřebuje stále další zkoumání. Může docházet k nesrovnalostem a nejednoznačným výsledkům jednotlivých studií z toho důvodu, že se používají nejednotné klasifikace typů vláken. Jako příklad lze uvést histochemické metody, kdy se používá myozin ATPáza a sukcinátdehydrogenáza. (Chang et al. 2003). I přes to se uvádí, že kvalitu masa může ovlivňovat kontraktilní a metabolická povaha vláken (Lefaucheur 2010). Na začátku je dobré dodat, že většina studií, které se zabývají vlivem vláken na kvalitu, používají pro výzkum zejména sval *longissimus dorsi*. Sval je známý pro velký výskyt vláken typu IIB a nízkou oxidační kapacitu (Karlsson et al. 1993).

Chov prasat je mnohdy zaměřen na produkování libového masa a již zmíněnou kvalitu masa. V průběhu let postupně dochází k zaměření šlechtitelských podniků na selekci prasat tak, aby byla zajištěna rychlá produkce libové svaloviny. Tento fakt ovšem u některých plemen prasat může vést ke snížené odolnosti vůči stresu, a dokonce špatné kvalitě masa. Kvůli tomu je dobré dbát na kvalitu masa, která může být ovlivněna svalovými vlákny (Kim et al. 2008). Samotná svalová vlákna a jejich složení mohou ovlivňovat řadu aspektů kvality. Můžeme mezi

ně zařadit křehkost, šťavnatost, chuť, barvu a také schopnost zadržování vody, tedy vaznost masa (Lefaucheur 2010).

Libové maso a jeho produkce zároveň souvisí s TNF a také souvisí s hypertrofií svalových vláken. Už jenom kvůli tomuto faktu je důležité se zaměřit na svalová vlákna. Některé studie také udávají, že právě TNF pozitivně koreluje s kvalitou a svalovou hmotou. Dalším aspektem, který souvisí s kvalitou masa a svalovými vlákny, je CSAF. Vliv CSAF na lepší kvalitu masa je však sporný. Existuje totiž obava, že je přítomna negativní korelace mezi CSAF a libovým masem u selat, která mají rozdílné porodní hmotnosti (Lee et al. 2016).

Pokud se ve svalu nachází větší množství červených vláken, tak může docházet k pozitivnímu vlivu na barvu masa a obsah myoglobinu. Samozřejmě některá vlákna mohou ovlivňovat kvalitu i negativně, mezi tato vlákna můžeme zařadit vlákna typu IIb. Při zvýšeném množství tohoto typu totiž můžeme pozorovat větší světlost masa a také jejich zvýšené množství může snížit vaznost masa. Zároveň je ovšem pozorovatelná pozitivní korelace mezi intamuskulárním tukem a vlákny typu IIb ve svalu *longissimus* (Kim et al. 2013).

Další vliv svalových vláken na kvalitu masa souvisí s velikostí jednotlivých vláken. U vepřového a hovězího masa souvisí větší velikost vláken IIb s tužším masem. Naopak svalovina, která obsahuje svalová vlákna s menší velikostí, není tolik tuhá. Při zaměření se na vlákna typu I lze zjistit, že mohou pozitivně ovlivnit chuť. To může souviset s jejich vysokým obsahem fosfolipidů. Fosfolipidy jsou totiž jedny z důležitých látek, které určují chuť již tepelně opracovaného masa (Kim et al. 2013). Došlo se i k závěru, že pomalá oxidativní vlákna, tedy vlákna typu I, mohou spolu s procentuální plochou vláken pozitivně ovlivnit šťavnatost masa (Maltin et al. 1997).

Kromě již zmíněných faktorů může mít na kvalitu masa vliv i míra kapilarizace svalu. To se úzce váže na typové složení svalových vláken, protože vlákna I a IIA mají větší množství kapilár vázaných na jedno vlákno. Kapilarizace, velikost vláken a typ vláken mají vliv na metabolismus perimortálního svalu a samozřejmě i kvalitu masa. O kapilarizaci svalu se bavíme i z toho důvodu, že do určité míry je funkce svaloviny před porážkou závislá na zásobování kyslíkem (Klont et al. 1998). Dalším aspektem, který je důležitý pro kvalitu masa je intramuskulární tuk. Je dobré tento aspekt zmínit z toho důvodu, že pozitivně koreluje s procentuálním zastoupením červených svalových vláken. Negativně však intramuskulární tuk koreluje s bílými svalovými vlákny. Obsah intramuskulárního tuku je jedním z faktorů, které ovlivňují chuť, křehkost, šťavnatost a další (Joo et al. 2013).

Před porážkou probíhají různé metabolické reakce. To je velmi důležité pro kvalitu a také postmortální změny, které následují po porážce. Reakce mohou být způsobené selekcí prasat pro libovou svalovinu. Zároveň se tato prasata selektují i na vysoký podíl velkých vláken, jedná se hlavně o vlákna typu IIB. Selekcce totiž může vést k nedostatečné kapilarizaci, což následně vede k nedostatečnému přísunu kyslíku a také k vyloučení konečných produktů. Tyto produkty je například laktát. Vlákna typu IIB a jejich vysoký výskyt mohou dokonce ovlivnit kvalitu masa kvůli vyšší šanci vzniku PSE. Ke vzniku PSE dochází například při rozsáhlé denaturaci bílkovin. K denaturaci dochází při rychlém nárůstu koncentrace kyseliny mléčné v teplém svalu (Karlsson et al. 1999).

Ke zmíněné vadě masa, která má zkratku PSE, si můžeme říct, že je to vada vepřového masa, kdy je maso bledé, měkké a vodnaté. Rozdíly kvality vznikají i díky rychlosti posmrtného metabolismu. V předchozím odstavci již byl řečen důvod vzniku PSE, je ovšem známo, že k extrémním případům této vady mnohdy přispívá i syndrom, který se nazývá tzv. stresový syndrom prasat. Tento syndrom se spojuje s autozomálně recesivním genem, který se nazývá halotanový gen (Barbut et al. 2008). Tento gen může způsobit maligní hypertermii. Ta je mnohdy vyvolávána stresem a také ji může vyvolat plyn halotan, který se používá jako anestetický plyn (Rosenvold & Andersen 2003).

Po omrácení a vykrvení jedince dochází k zastavení zásobování svalů kyslíkem a živinami. Zároveň dochází k posmrtné ztuhlosti, která je způsobena poklesem hladiny ATP a také se vytvářejí aktin-myosinové můstky, které jsou trvalé. K samotnému vzniku masa ze svalu se pojí s únikem  $CA^{2+}$  a aktivací ATPáz. Glykogen se mění na kyselinu mléčnou, a to následně vede k okyselení masa. Probíhá tam i stimulace proteolytických systémů. To vede k postupnému zrání masa (Lefaucheur 2010). Skladování masa probíhá v chladírnách, kde se teplota pohybuje kolem 4°C. Zrání masa probíhá v různém časovém úseku pro různé druhy zvířat, kdy se tento časový úsek může pohybovat od dvou dnů do třiceti (Listrat et al. 2016). Po porážce prasete zároveň dochází ke snížení pH. Míra poklesu pH a rychlost může ovlivnit vaznost a také barvu masa. Pokud se zaměříme na časové rozestupy kontroly pH, tak probíhá měření pH 45 minut po porážce a následně 24 hodin po porážce (Oksbjerg et al. 2013).

Když se vrátíme ke zrání masa, tak je tento proces velice důležitý kvůli postupnému křehnutí masa. Během tohoto procesu běžně dochází i ke zmenšení CSAF. Ke zmenšení dochází kvůli bočnímu smrštění myofibril. Zároveň během stárnutí masa dochází k ultrastrukturálním změnám. Zmíněné změny následně vedou k fragmentaci svalových vláken (Listrat et al. 2016).

Je samozřejmé, že jsou určité rozdíly ve složení svalových vlákních u jednotlivých plemen prasat. Tyto rozdíly se v tom případě mohou promítat i ve kvalitě masa. Pokud je ve svalu větší množství vláken typu IIb a zároveň menší množství vláken typu I, tak svaly mohou vykazovat vyšší obsah laktátu po uběhnutých 45 minutách od smrti zvířete, v tomto případě svaly vykazují nižší pH. Plocha vláken typu I souvisí negativně se světlostí svalu a zároveň i ztrátou odkapem. Plemenná příslušnost má na kvalitu vliv takový, že maso plemene berkshire vykazovalo ve studiích nejnižší ztrátu odkapem a světlost. To bylo možné, protože plemeno berkshire má vyšší zastoupení vláken typu I a nižší zastoupení svalových vláken typu IIB. Když se však podíváme na plemeno landrace, tak ze studií zjistíme, že svalovina má nižší pH a vyšší světlost (Lee et al. 2012).

Chang et al. (2003) se ve své studii zaměřili na kvalitativní znaky masa, na které mohou mít vliv vlákna I, IIa, IIb a IIx, tedy vlákna založená na izoformách MyHC. Ve studii byly zkoumány zejména dva svaly, jednalo se o svaly *longissimus dorsi* a *psaos*. Do studie byla taktéž zařazena různá plemena prasat. Výsledky studie ukazovaly, že kvalita masa u *psaos* úzce souvisela s vlákny IIa. U svalů *longissimus dorsi* se ovšem objevovala zhoršená kvalita masa kvůli vyššímu zastoupení vláken typu IIb. Konečné výsledky potom ukazují, že oxidativní vlákna, tedy vlákna typu I, značně zlepšují celkovou kvalitu masa, jejich větší množství je tedy žádoucí. Vliv těchto vláken může spočívat v lepší barevnosti, lepší vaznosti masa, ve vyšším

konečném pH a také křehkosti. Zároveň studie poukazovala na to, že mezi vlákna, která mají příznivý vliv na kvalitu jsou Ila a IIx. Ryu & Kim (2005) ve své práci zároveň uvádějí, že vlákna, která jsou velká, mají špatný vliv na kvalitu masa.

### 3.10.1. Vaznost, barva, křehkost a svalová vlákna

Vaznost masa a barva masa spolu v některých případech úzce souvisí. Mezi extrémy, které můžeme díky těmto parametřům hodnotit, lze zařadit PSE maso a DFD, kdy je maso tmavé, suché a pevné. To, jakou má maso vaznost či barvu, souvisí s několika faktory. Konkrétně to souvisí s rozsahem denaturace bílkovin, bočním smršťováním myofibril a na to následuje zvýšení rozptylových vlastností světla (Klont et al. 1998).

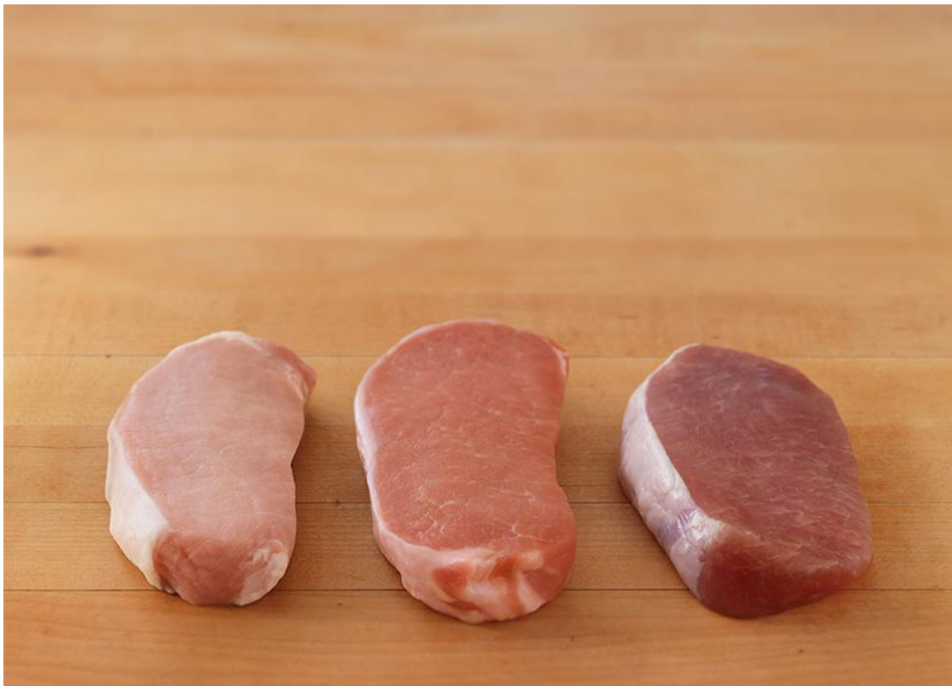
Ryu & Kim (2005) ve své práci uvádějí, že ztráta odkapem byla vyšší při vyšším počtu vláken typu IIB. Naopak u vláken I a IIA nebyl zjištěn žádný přímý vztah se ztrátou odkapem. Ve studii také uvádějí, že průměr vláken typu IIB měl úzký vztah s variabilitou křehkosti masa. Ze studie vyplývá, že při vyšším výskytu vláken typu I a IIA významně klesá ztráta vody odkapem. Ryu & Kim (2006) zase ve své práci uvádějí, že při větším množství vláken typu IIB doopravdy vzniká větší náchylnost k PSE masu. Dochází k tomu kvůli faktu, že vlákna IIB jsou anaerobního charakteru a mají vyšší množství glykogenu. Kim et al. (2013) ve své práci zmiňují, že relativní plocha u svalových vláken typu I, Ila a IIx vykazovala negativní korelaci mezi vlákny a ztrátou odkapem. Zároveň uvádějí, že vlákna typu I doopravdy zlepšují vaznost masa, navíc zlepšují i křehkost. Hybridní typy vláken potom mohou mít značný vliv na barvu masa a vaznost. Vlákna typu IIX měla v této studii pozitivní vliv na pH masa a také vaznost. Tento vliv byl spojený zejména se zvýšením počtu vláken IIX a zvětšením velikosti. Vlákna typu IIXb byla naopak spojována se světlou barvou masa a sníženou vazností.

Když se zaměříme na vliv různých typů svalových vláken na vaznost a barvu masa, tak některé studie z dřívějších let měly problémy s přítomností halotanového genu u zkoumaných prasat. Ten totiž mohl způsobovat značné rozdíly ve svalových vláknech. Některé studie totiž uvádějí, že prasata, která byla pozitivní na halotanový gen, měla na porážce vyšší počet svalových vláken typu IIA a IIB, také měla větší průměr plochy vláken, nakonec i nižší hustotu kapilár. Všechny tyto aspekty byly porovnávány se vzorky svaloviny prasat, u kterých nebyl přítomen halotanový gen. Prasata, která byla negativní na výskyt halotanového genu vykazovala nižší hladinu glykogenu ve svalových vláknech I a IIA. To bylo zjištěno zejména u svalu *longissimus dorsi*. Větší proměnlivost ve výskytu glykogenu naopak vykazovala vlákna typu IIB. Některé svaly měly kvůli tomuto faktu blízko k charakteristikám DFD masa. Jednalo se hlavně o svaly, které měly více než 30 % ochuzených vláken IIB (Klont et al. 1998).

Je obecně známo, že vlákna typu IIA a IIB mají v klidovém stádiu větší koncentraci glykogenu, než je tomu u svalových vláken typu I. Když probíhá u svalu glykolýza a následný nástup posmrtné ztuhlosti, tak je tento proces rychlejší u bílých svalů v porovnání s červenými svaly. V praxi ovšem může docházet k odlišnostem, protože existují teplotní rozdíly podle

umístění svalů, které mohou procesy pozměnit (Klont et al. 1998). U bílých svalů, která obsahují větší množství glykolytických vláken, můžeme pozorovat značně rychlejší pokles pH. To je odlišné od červených svalů, kdy pokles pH není natolik rychlý. Kromě rychlejšího poklesu pH u bílých svalů bylo zjištěno i nižší konečné pH (den Hertog-Meischke et al. 1997). Vlákná typu I mají poměrně výrazný vliv na barvu svaloviny. Svalovina s vyšším počtem těchto vláken totiž může mít až hnědou barvu. Poukazuje se zejména na nižší barevnou stálost při vyšším počtu vláken I (Joo et al. 2013).

Vliv svalových vláken na křehkost vepřového masa byl také prokázán. Negativní vliv na křehkost je možný při výskytu většího množství rychlých vláken. Negativní vliv může být i kvůli vysokému glykolytickému metabolismu. Zejména u CSAF rychlých svalových vláken dochází k negativnímu účinku na křehkost (Listrat et al. 2016).



**Obr.2** Na obrázku je vidět z kraje PSE maso, uprostřed maso normální a vpravo maso DFD (Shike 2020).

## 4. Závěr

Prvním cílem bakalářské práce bylo popsání svalu, jeho struktury a svalových vláken. Byly popsány jednotlivé typy svalových vláken a vývoj jejich klasifikace. Autoři rozdělují svalová vlákna dle jejich morfologických, fyziologických a histochemických vlastností. V minulosti byly popsány typy bílé a červené; pomalé a rychlé; I, II; I, IIa, IIb a IIx; I, IIA, IIB a IIC. Následně proběhl i popis vlastností svalových vláken, který byl důležitý pro pochopení fungování vláken a celkově také svalů. Bez závislosti na metodě zároveň proběhlo rozdělení vláken na rychlá a pomalá, kdy se objevovalo více typů rychlých svalových vláken nežli pomalých vláken, mezi které řadíme vlákna typu I.

Dalším cílem bylo i uvedení faktorů, které mohly mít negativní, ale i pozitivní vliv na svalovou hmotu, zejména potom svalová vlákna. Výživa, která byla jedním z vlivných faktorů, byla důležitá pro hypertrofii vláken a také zastoupení jednotlivých typů. U výživy bylo také zjištěno, že mohla mít vliv na vlákna jedince ještě před narozením. Mohlo se jednat o nadbytek i nedostatek potravy. Bylo však uvedeno větší množství faktorů, které mohly mít vliv na počet a zastoupení vláken.

Kvalita masa byla dalším velice důležitým tématem, u kterého bylo zjištěno, že existuje vztah mezi kvalitou a svalovými vlákny, ačkoliv tato tematika stále potřebuje další zkoumání. Z této části práce bylo viditelné, že nadmíra vláken typu IIB mohla mít negativní dopad na vaznost a barvu masa, u kterých bylo zjištěno, že jsou jedny z nejdůležitějších kvalitativních vlastností pro vepřové maso. Opakem byla vlákna typu I, která byla běžně hodnocena jako vlákna, která měla pozitivní vliv na kvalitu masa, ať se jednalo o barvu, či šťavnatost. Nejednalo se však pouze o vlákna typu I, ale pozitivní vlastnosti masa byly spojovány i s vlákny typu IIA.



## 5. Literatura

- Barbut S, Sosnicki AA, Lonergan SM, Knapp T, Ciobanu DC, Gatcliffe LJ, Huff-Lonergan E, Wilson EW. 2008. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science* **79**:46-63.
- Bekhit AEA, Carne A, Ha M, Franks P. 2014. Physical interventions to manipulate texture and tenderness of fresh meat: a review. *International Journal of Food Properties* **17**:433-453.
- Brooke MH, Kaiser KK. 1970. Muscle fiber types – how many and what kind. *Archives of Neurology* **23**:369-&.
- den Hertog-Meischke MJA, van Laack RJLM, Smulders FJM. 1997. The water-holding capacity of fresh meat. *Veterinary Quarterly* **19**:175-181.
- Dubowitz V, Pearse A. 1960. A comparative histochemical study of oxidative enzyme and phosphorylase activity in skeletal muscle. *Histochemie* **2**:105-117.
- Gagaoua M, Picard B. 2020. Muscle fiber properties in cattle and their relationships with meat qualities: an overview. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **68**:6021-6039.
- Guth L, Samaha FJ. 1970. Procedure for the histochemical demonstration of actomyosin ATPase. *Experimental Neurology* **28**:365-367.
- Henchion M, McCarthy M, Resconi VC, Troy D. 2014. Meat consumption: trends and quality matters. *Meat Science* **98**:561-568.
- Hughes JM, Oiseth SK, Purslow PP, Warner RD. 2014. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science* **98**:520-532.
- 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.
- Joo ST, Kim GD, Hwang YH, Ryu YC. 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science* **95**:828-836.
- Karlsson A, Enfalt AC, Essengustavsson B, Lundstrom K, Rydhmer L, Stern S. 1993. Muscle histochemical and biochemical properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs. *Journal of Animal Science* **71**:930-938.

- Karlsson AH, Klont RE, Fernandez X. 1999. Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. *Livestock Production Science* **60**:255-269.
- Kim GD, Ryu YC, Jeong JY, Yang HS, Joo ST. 2013. Relationship between pork quality and characteristics of muscle fibers classified by the distribution of myosin heavy chain isoforms. *Journal of Animal Science* **91**:5525-5534.
- 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. 2018. Intramuscular variations of proteome and muscle fiber type distribution in semimembranosus and semitendinosus muscles associated with pork quality. *Food Chemistry* **244**:143-152.
- Kim JM, Lee YJ, Choi YM, Kim BC, Yoo BH, Hong KC. 2008. Possible muscle fiber characteristics in the selection for improvement in porcine lean meat production and quality. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences* **21**:1529-1534.
- Klont RE, Brocks L, Eikelenboom G. 1998. Muscle fibre type and meat quality. *Meat Science* **49**:S219-S229.
- Koomkrong N, Gongruttananun N, Boonkaewwan C, Noosud J, Theerawatanasirikul S, Kayan A. 2017. Fiber characteristics of pork muscle exhibiting different levels of drip loss. *Animal Science Journal* **88**:2044-2049.
- Larzul C, Lefaucheur L, Ecolan P, Gogue J, Talmant A, Sellier P, LeRoy 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.
- Lecerf JM, de Lorgeril M. 2011. Dietary cholesterol: from physiology to cardiovascular risk. *British Journal of Nutrition* **106**:6-14.
- 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.

- Listrat A, Lebret B, Louveau I, Astruc T, Bonnet M, Lefaucheur L, Picard B, Bugeon J. 2016. How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *The Scientific World Journal* **2016**:1-14.
- 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.
- Mann NJ. 2018. A brief history of meat in the human diet and current health implications. *Meat Science* **144**:169-179.
- Mathijs E. 2015. Exploring future patterns of meat consumption. *Meat Science* **109**:112-116.
- Oksbjerg N, Nissen PM, Therkildsen M, Moller HS, Larsen LB, Andersen M, Young JF. 2013. Meat science and muscle biology symposium: In utero nutrition related to fetal development, postnatal performance, and meat quality of pork. *Journal of Animal Science* **91**:1443-1453.
- Pereira PMDC, Vicente AFDB. 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science* **93**:586-592.
- Pette D, Staron RS. 2000. Myosin isoforms, muscle fiber types, and transitions. *Microscopy Research and Technique* **50**:500-509.
- Pinnell J, Turner S, Howell S. 2007. Cardiac muscle physiology. *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain* **7**:85-88.
- Reig M, Aristoy MC, Toldra F. 2013. Variability in the contents of pork meat nutrients and how it may affect food composition databases. *Food Chemistry* **140**:478-482.
- Rosenvold K, Andersen HJ. 2003. Factors of significance, for pork quality – a review. *Meat Science* **64**:219-237.
- 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, 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, Kim BC. 2006. Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality. *Journal of Animal Science* **84**:894-901.
- Shike J. 2020. Year's End Provides Time to Reflect on Pork Quality Over Time. *Farm Journal*. Available from <https://www.porkbusiness.com/news/hog-production/years-end-provides-time-reflect-pork-quality-over-time> (accessed April 2022).

- Schiaffino S, Gorza L, Sartore S, Saggin L, Ausoni S, Vianello M, Gundersen K, Lømo T. 1989. Three myosin heavy chain isoforms in type 2 skeletal muscle fibres. *Journal of Muscle Research & Cell Motility* **10**:197-205.
- Schiaffino S, Reggiani C. 2011. Fiber types in mammalian skeletal muscles. *Physiological Reviews* **91**:1447-1531.
- Small JV. 1995. Structure-function relationships in smooth muscle: the missing links. *Bioessays* **17**:785-792.
- Te Pas MFW, Everts ME, Haagsman HP. 2004. Muscle development of livestock animals physiology, genetics, and meat quality. CABI Publishing, Velká Británie.
- Warner RD. 2017. The eating quality of meat – IV water holding capacity and juiciness. *Lawrie's Meat Science* **8**:419-459.
- Webb RC. 2003. Smooth muscle contraction and relaxation. *Advances in Physiology Education* **27**:201-206.
- Weston AR, Rogers RW, Althen TG. 2002. Review: The role of collagen in meat tenderness. *The Professional Animal Scientist* **18**:107-111.
- Wood JD, Brown SN, Nute GR, Whittington FM, Perry AM, Johnson SP, Enser M. 1996. Effects of breed, feed level and conditioning time on the tenderness of pork. *Meat Science* **44**:105-112.
- Xu YJ, Qian H, Feng XT, Xiong YZ, Lei MG, Ren ZQ, Zuo B, Xu DQ, Ma Y, Yuan HY. 2012. Differential proteome and transcriptome analysis of porcine skeletal muscle during development. *Jurnal of Proteomics* **75**:2093-2108.