

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Rozdíly v charakteristikách svalových vláken pomalu a  
rychle rostoucích kuřat**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Tereza Vlčková**

**Obor studia: Živočišná produkce**

**Vedoucí práce: Ing. Darina Chodová, Ph.D.**

**© 2020 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Rozdíly v charakteristikách svalových vláken pomalu a rychle rostoucích kuřat" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne datum odevzdání

\_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala mé vedoucí diplomové práce Ing. Darině Chodové, Ph.D. za veškerou poskytnutou výpomoc, konzultace a za odborné vedení v průběhu celého zpracování mé diplomové práce.

# Rozdíly v charakteristikách svalových vláken pomalu a rychle rostoucích kuřat

## Souhrn

Na základě intenzity růstu se vykrmovaná kuřata rozdělují na rychle a pomalu rostoucí genotypy. Rychle rostoucí genotypy kuřat dosahují porážkové hmotnosti 2 kg za necelých 6 týdnů věku, zatímco pomalu rostoucí dosáhnou této hmotnosti až za 8 týdnů. Genotyp a s ním spojená délka výkrmu významně ovlivňují charakteristiky svalových vláken, zejména jejich počet, velikost a typ. Rozdíly ve vlastnostech svalových vláken a kvalitě masa tak mohou být mezi těmito dvěma genotypy značné.

V této studii byli rychle rostoucí brojleři Ross 308 porovnáváni s pomalu rostoucími kuřaty ISA Dual. Do experimentu bylo zařazeno 210 kuřat Ross 308 a 210 kuřat ISA Dual (poměr pohlaví 1:1). Kuřata byla ustájena ve vnitřních podlahových boxech s podestýlkou (11,35 ks/m<sup>2</sup>). Podmínky prostředí byly udržovány v souladu s požadavky a byly pro oba genotypy shodné. Kuřata byla vykrmována do průměrné živé hmotnosti 2 kg. Této hmotnosti dosáhla kuřata Ross 308 v 35 dnech věku a ISA Dual v 70 dnech věku. Po evisceraci byly odebrány vzorky pro histologické stanovení svalových vláken ze svalu *Pectoralis major* a *Biceps femoris*. Výzkum vedl k následujícím výsledkům: mezi genotypy byly nalezené rozdíly v charakteristikách svalových vláken, zejména v ploše a počtu svalových vláken. Hodnota plochy svalových vláken byla vyšší u kuřat Ross 308, naproti tomu počet svalových vláken byl větší u kuřat ISA Dual. Větší plocha svalových vláken byla zjištěna v *Pectoralis major* než v *Biceps femoris*, zatímco u počtu svalových vláken tomu bylo naopak. Dominantní podíl svalových vláken ve svalu *Biceps femoris* zaujímají vlákna typu IIB. Výsledky parametrů svalových vláken byly v souladu s výsledky předchozích studií zaměřených na podobnou problematiku.

**Klíčová slova:** kuře, genotyp, svalové vlákno

# Differences in the characteristics of muscle fibers of slow and fast growing chickens

## Summary

Based on growth intensity, fattened chickens are divided into fast and slow growing genotypes. Fast growing genotypes of chickens reach a slaughter weight of 2 kg in less than 6 weeks of age, while slow-growing chickens reach this weight in 8 weeks. The genotype and the associated length of fattening significantly affect the characteristics of muscle fibers, especially their number, size and type. Differences in the properties of muscle fibers and meat quality can thus be considerable between these two genotypes.

In this study, fast-growing broilers Ross 308 were compared to slow-growing chickens ISA Dual. A total of 210 Ross 308 chickens and 210 ISA Dual chickens (sex ratio 1: 1) were included in the experiment. One-day-old chickens were housed in indoor floor boxes with bedding (11.35 pcs / m<sup>2</sup>). Environmental conditions were maintained in accordance with the requirements for growing chicken and were the same for both genotypes. The chickens were fattened to an average live weight of 2 kg. Ross 308 chickens reached this weight in thirty-five days of age and ISA Dual in seventy days of age. After evisceration, samples were taken for histological determination of muscle fibers from *Pectoralis major* and *Biceps femoris* muscle. The research led to the following results: differences were found between genotypes in the characteristics of muscle fibers, especially in the area and number of muscle fibers. The value of the area of muscle fibers was higher in Ross 308 chickens, in contrast, the muscle fiber diameter was higher in ISA Dual chickens. A larger area of muscle fibers was found in the *Pectoralis major* than in the *Biceps femoris*, while the opposite was true for the muscle fiber diameter. The dominant part of muscle fibers in the *Biceps femoris* muscle is occupied by type IIB fibers. The results of muscle fiber parameters were in accordance with the results of previous studies focused on similar issues.

**Keywords:** chicken, genotype, muscle fiber

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Literární rešerše</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1 Svalová tkáň</b> .....	<b>9</b>
3.1.1 Kosterní svalovina .....	9
3.1.2 Svalové vlákno.....	10
3.1.3 Vývoj svalového vlákna .....	11
3.1.4 Typy svalových vláken .....	12
3.1.5 Histochemická metoda klasifikace svalových vláken kuřat .....	13
3.1.6 Metabolismus svalové tkáně.....	15
<b>3.2 Produkce brojlerových kuřat</b> .....	<b>16</b>
3.2.1 Vývoj produkce brojlerových kuřat.....	16
3.2.2 Šlechtění brojlerových kuřat.....	18
3.2.3 Šlechtitelské společnosti brojlerových kuřat .....	19
<b>3.3 Genotypy vykrmovaných kuřat</b> .....	<b>20</b>
3.3.1 Rychle rostoucí genotypy kuřat .....	20
3.3.2 Pomalu rostoucí genotypy kuřat .....	21
3.3.2.1 Produkce „label“ kuřat.....	23
3.3.2.2 Výkrm kohoutků.....	24
<b>3.4 Charakteristiky svalových vláken rychle a pomalu rostoucích kuřat</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5 Kvalita masa rychle a pomalu rostoucích genotypů kuřat</b> .....	<b>25</b>
<b>4 Metodika</b> .....	<b>29</b>
<b>4.1 Histochemická analýza</b> .....	<b>30</b>
<b>4.2 Statistické vyhodnocení</b> .....	<b>31</b>
<b>5 Výsledky</b> .....	<b>32</b>
<b>6 Diskuze</b> .....	<b>35</b>
<b>7 Závěr</b> .....	<b>38</b>
<b>8 Literatura</b> .....	<b>39</b>

# 1 Úvod

V důsledku genetické selekce, pokroku ve výživě a účinným systémům produkce drůbeže vykazují brojlerová kuřata velmi vysokou míru růstu a efektivní spotřebu krmiva. V první polovině 20. století probíhala v Severní Americe a západní Evropě organizovaná genetická selekce na rychlý růst, nízkou konverzi krmiva a vysoký jatečný výtěžek. Tento proces znamenal revoluci v drůbežářském průmyslu a vedl k účinné celosvětové produkci nutričně hodnotného a zdravého masa. Zvýšení užitkovosti brojlerových kuřat bylo způsobeno z 85 – 90 % šlechtitelskými programy a z 10 – 15 % zlepšením výživy.

Produkce kuřecího masa je velmi různorodá s použitím odlišných genotypů kuřat chovaných v intenzivních nebo extenzivních podmínkách. Většina kuřecího masa pochází z rychle rostoucích genotypů kuřat, u kterých došlo vlivem selekce k výraznému zvýšení počtu a velikosti svalových vláken. Obvykle se tato rychle rostoucí kuřata chovají v intenzivním systému produkce za kontrolovaných podmínek prostředí, jako je fotoperioda, intenzita světla, teplota a relativní vlhkost.

Šlechtění na intenzivní růst může ovšem souviset se vzrůstajícími vadami v kvalitě masa, jako je například PSE, svalová myopatie, wooden breast, white stripping apod. Předpokládá se, že výkrm kuřat v méně intenzivním systému produkce a s delší dobou výkrmu, by mohl vést ke snížení abnormalit svalů. V současné době proto stoupá poptávka po produktech z alternativních systémů produkce, pro které jsou vhodné středně rychle či pomalu rostoucí genotypy kuřat. Primární chovatelé jsou si dobře vědomi toho, že selekce na lepší zdraví spolu s komerčně hodnotnými vlastnostmi brojlerů, jako je rychlost růstu, výtěžnost masa a konverze krmiva, jsou rozhodující pro vyvážený dlouhodobý genetický pokrok a také pro efektivní produkci brojlerových kuřat. Je potřeba udržovat rovnováhu mezi vlastnostmi s ekonomickým významem a těmi, které se týkají lepší kondice a pohody zvířat.

S rostoucím zájmem o kvalitativní aspekty kuřecího masa dochází k segmentaci trhu. Většina primárních šlechtitelských společností v současnosti nabízí různé řady brojlerových kuřat, které vykazují odlišné úrovně výkonu, aby vyhovovaly potřebám zákazníků. Budoucí rozšiřování takovýchto produktů bude ve velké míře diktováno zákazníky šlechtitelských společností, ale především spotřebiteli, kteří požadují kvalitní maso s nízkým dopadem na životní prostředí a s použitím místních plemen jako tradičního produktu.

## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

Hypotéza: genotyp ovlivňuje růst a užitkovost. Předpokládáme, že rozdílný růst u jednotlivých genotypů kuřat bude souviset se změnami v charakteristikách svalových vláken.

Cílem diplomové práce je porovnat rozdíly v základních charakteristikách svalových vláken pomalu a rychle rostoucích genotypů kuřat.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Svalová tkáň

Maso a masné výrobky pocházejí převážně z kosterní svaloviny a přidruženého tuku poražených zvířat. Růst, složení a metabolismus svalové tkáně jsou úzce spojeny s kvalitou masa. Zvířata využívaná k produkci masa se obvykle vykrmují do té doby, dokud není dosaženo optimální rovnováhy mezi požadovanou živou hmotností a efektivní dobou výkrmu. Jatečně upravená těla jsou po porážce ponechána v prostředí s kontrolovanou teplotou, kde biochemické procesy, jako je glykolýza a degradace bílkovin, přispívají k optimální kvalitě masa (Kerth 2013).

Na základě struktury a fyziologie lze svalovou tkáň rozdělit na tři typy. Prvním typem je hladká svalovina, která se nachází například ve stěnách krevních cév, výstelce gastrointestinálního traktu, děložní stěně a ve stěně dýchacích cest. Tento typ svaloviny je inervován autonomním nervovým systémem. Jeho kontrakce jsou pomalé, ale neunavitelné a nelze je ovládat vůlí. Druhý typ svaloviny, srdeční svalovina, je inervována nervovým systémem jedinečným pro srdce, který se specializuje na generování vysoce kontrolovaných rytmických kontrakcí. Třetím typem je příčně pruhovaná svalovina, která zahrnuje většinu svalové tkáně v těle a představuje primární zdroj masa z jatečně upraveného těla. Její kontrakce je řízena nervy vycházejícími z míchy a díky zastoupení kontraktilních proteinových aparátů je patrné příčné pruhování (Kerth 2013).

#### 3.1.1 Kosterní svalovina

Kosterní svalovina je formou příčně pruhované svaloviny upínající se ke kostem. Představuje více než čtvrtinu tělesné hmotnosti a zaujímá hlavní část energetických výdajů těla (Keynes et al. 2011). Unikátní a vysoce organizovaná struktura kosterní svaloviny umožňuje pohyb, primární funkci této svaloviny (Kerth 2013). Je také základem pro takové činnosti, jako je držení těla a příjem potravy (Keynes et al. 2011). Svaly kosterní svaloviny se skládají z proměnlivého počtu svalových vláken. Jedná se o podlouhlé vícejaderné a kontraktilní buňky aktivované motoneurony. Svalová vlákna se obvykle táhnou celým svaem, ačkoli některá končí intrafascikulárně (Kerth 2013).

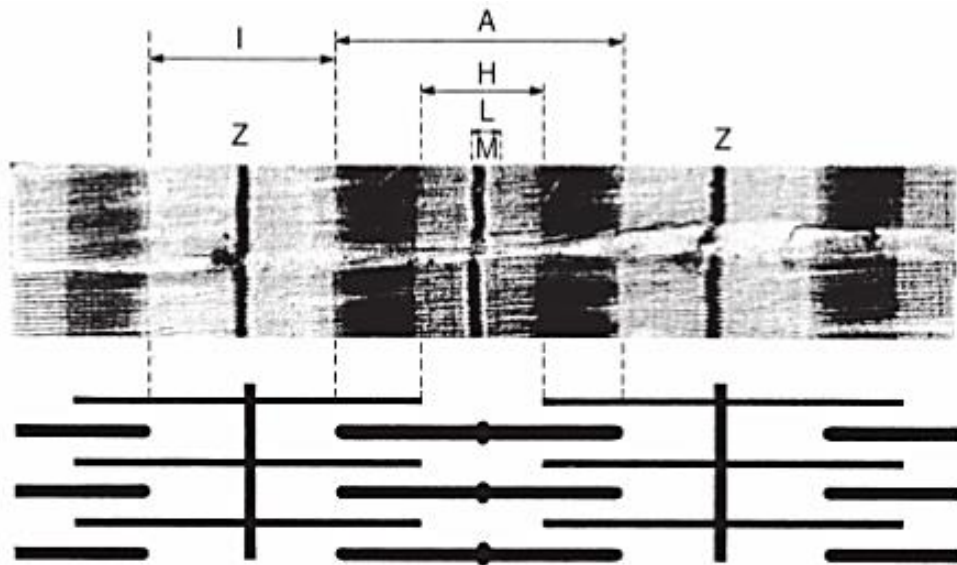
Celý sval je uspořádán pojivovou tkání, která ovlivňuje funkci svalů a kvalitu masa. Mezi tyto pojivové tkáňové patří endomysium, perimysium a epimysium. K buněčné membráně svalového vlákna, nazývané jako sarkolema, je připojena tenká vrstva pojivové tkáně – endomysium. Perimysium pak organizuje jednotlivá vlákna do svazků zvaných jako svalové snopce. Počet jednotlivých vláken uzavřených v perimysiu se může lišit podle funkce a anatomického umístění svalu. Intramuskulární tuk se vyvíjí právě v perimysiu, ale také mezi jednotlivými svazky. Nakonec epimysium uzavírá několik svalových snopců a vytváří tak celý sval. Všechny tyto vrstvy přecházejí ve šlachy a slouží k připojení svalů ke kostře (Kerth 2013).

### 3.1.2 Svalové vlákno

Hlavní složkou kosterních svalů jsou svalová vlákna, jejichž počet, velikost a typ ovlivňují fyzikální a biochemické vlastnosti kosterní svaloviny. Svalová vlákna jsou vysoce specializované vícejaderné buňky působící jako strukturální jednotky tkáně kosterního svaloviny (Hedrick et al. 1994). Jsou tvořena fúzí protáhlých jednojaderných buněk zvaných myoblasty, jejichž příslušná jádra jsou uspořádána kolem okraje vlákna (Keynes et al. 2011). Svalová vlákna jsou obalena polopropustnou plazmatickou membránou zvanou sarkolema. Velký počet kanálů a pórů rozptýlených po sarkolemě usnadňuje šíření synaptického přenosu a akčního potenciálu v reakci na uvolnění acetylcholinu motorickými neurony na nervosvalových ploténkách (Kerth 2013). Do regulace mechanické aktivity svalového vlákna jsou zapojeny také rozsáhlé specializované vnitřní membránové systémy svalových vláken. Existuje systém propojených tubulů invaginovaných ze sarkolemy v pravidelných odstupech orientovaných napříč osou vlákna. Kromě toho, sarkoplazmatické retikulum tvoří samostatnou síť intracelulárních trubic a váčků působících jako depositum vápníku. Svalová vlákna také obsahují organely zapojené v energetickém metabolismu, opravě buněk a syntéze proteinů. Dále obsahují specifické proteiny, jako je myoglobin přenášející kyslík, kreatinin fosfokinázu působící při mobilizaci energetických zdrojů a dystrofin, který je důležitý pro zachování integrity buněčné membrány (Keynes et al. 2011).

Většinu zbývajících obsahu svalového vlákna tvoří myofilamenta seskupená do svazků zvaných myofibrily (Keynes et al. 2011). Myofibrily jsou specializované organely, které tvoří kontraktlní aparát svaloviny. Základní jednotkou myofibril je opakující se struktura zvaná sarkomera (Obrázek 1). Každá sarkomera obsahuje svazky aktinových a myozinových myofilament, které jsou uzavřeny na obou koncích hustým proteinovým Z-diskem. Tenká aktinová myofilamenta sahající od Z-disků probíhají paralelně s tlustými myozinovými vlákny, která jsou v sarkomeře umístěna centrálně. Ke kontrakci dochází, když mezi sebou tyto dva typy myofilament interagují a klouzají jeden po druhém, čímž přitahují protilehlé Z-disky k sobě (Kerth 2013). Aktinová a myozinová vlákna vytvářejí tmavou skupinu A a světlejší skupinu I, které se střídají po délce myofibrily a dávají tak vzniku příčnému pruhování. Uprostřed každého pásma I je Z linie a uprostřed pásma A je světlejší zóna H, která je protínána tmavší linií M. Pokud se myofibrily promyjí roztokem, který rozpouští myozin, pruhy A zmizí, zatímco promytí roztokem, který rozpouští aktin, způsobí vymizení I linií (Keynes et al. 2011).

Obecně se průměr svalových vláken pohybuje od 10 do 100  $\mu\text{m}$  a závisí na takových faktorech, jako je zdraví, plemeno, pohlaví, věk a úroveň výživy zvířete (Choi & Kim 2009). U brojlerových kuřat je průměr svalového vlákna v *Pectoralis major* 60  $\mu\text{m}$  a v *Biceps femoris* 51,6  $\mu\text{m}$  (Papinaho et al. 1996). Miraglia et al. (2006) uvádějí průměr svalového vlákna ve svalu *Pectoralis major* u rychle rostoucích kuřat Ross 69,4  $\mu\text{m}$  a u pomalu rostoucích kuřat Kabir 54,2  $\mu\text{m}$ . Délka svalového vlákna se obvykle nachází v rozpětí od několika milimetrů do více než 30 cm (Choi & Kim 2009).



Obrázek 1: Struktura sarkomery (Keynes et al. 2011).

### 3.1.3 Vývoj svalového vlákna

Obecně lze vývoj kosterních svalů rozdělit na dvě fáze (období): prenatální a postnatální období. V prenatálním období dochází ke zvyšování počtu (hyperplazii) svalových vláken, zatímco v postnatálním období je růst svalu provázen pouze zvětšováním velikosti (hypertrofií) svalových vláken (Kerth 2013) v důsledku zvětšování jejich průměru a délky. Zvětšování průměru je zapříčiněno hromaděním myofibril, kdežto prodlužování probíhá v reakci na přidání nově vytvořené sarkomery do konců vláken. To znamená, že počet svalových vláken se po vylíhnutí již nezvyšuje (Ono et al. 1993) a v nepřítomnosti poranění je jejich počet udržován stále na stejné hodnotě (Kerth 2013). Byl také prokázán pozitivní vztah mezi počtem myofibril a rychlým růstem kuřat. Rychle rostoucí genotypy mají v porovnání s nosnicemi a kuřaty hedvábníček výraznou hypertrofii (Scheuermann et al. 2004).

Ke tvorbě svalových vláken dochází během embryonálního vývoje fúzí myoblastů, které jsou odvozeny z prekursorových buněk v somitech. U ptačích embryí pocházejí somity z předního konce segmentové destičky, kde somitogeneze postupuje kraniokaudálním směrem. Somity jsou zpočátku složeny ze sloupcových epiteliálních buněk radiálně uspořádaných kolem vysokého lumenu. Ventromediální část somitů vytváří sklerotom, zatímco dorsolaterální část tvoří dermomiotom, který dále zraje do dermatomu a myotomu. Právě myotom je základem pro kosterní svaly (Coutinho et al. 1993).

Pro rychlý růst svalů a produkci kuřecího masa je důležité maximalizovat rychlost a účinnost ukládání bílkovin. Selektce pro rychlý růst kuřat vedla k rychlejšímu hromaděni svalových bílkovin a ke zvýšení efektivního využívání krmiva. Protože rychlost ukládání bílkovin závisí na rychlosti jejich syntézy a degradace, musí mít rychle rostoucí brojleři vyšší poměr syntézy vůči degradaci oproti pomaleji rostoucím genotypům. Zvýšeného poměru lze dosáhnout zvýšením rychlosti syntézy nebo snížením rychlosti degradace bílkovin. Degradace bílkovin je však energeticky účinnější. Protože syntéza a degradace bílkovin vyžadují energii, maximální účinnost bílkovinné akumulace nastává při minimální rychlosti syntézy a degradace. Oproti kuřatům nosného typu, dokáží brojlerová kuřata efektivněji přeměnit

bílkovinu krmiva na bílkovinu svalovou. Zvýšená míra ukládání bílkovin by měla být výsledkem snížené degradace bílkovin. Tento vztah však nebyl jednoznačně prokázán. Měření rychlosti syntézy proteinů a zejména degradace proteinů je technicky obtížné a výsledky experimentů srovnávající rychle a pomalu rostoucí genotypy kuřat jsou v rozporu (Klasing et al. 1987). Orcutt & Young (1982) prokázali, že embryonální buňky brojlerů měly podobnou rychlost syntézy, ale nižší rychlost degradace oproti embryonálním buňkám leghornky bílé. Měření *in vivo* jsou ovšem v rozporu.

### 3.1.4 Typy svalových vláken

Jednou z jedinečných vlastností kosterního svalu je četnost různých typů svalových vláken, ze kterých je složen. Svalová vlákna mají odlišné vlastnosti, které přispívají k celé řadě funkcí svalu (Choi & Kim 2009). Distribuce jednotlivých typů svalových vláken ve svalu tedy souvisí s jeho funkčními požadavky a může se mezi jednotlivými svaly výrazně lišit (Kerth 2013; Ono et al. 1993). Obecně se však každý sval sestává z mozaiky jednotlivých typů svalových vláken, které tak ovlivňují jeho vzhled (Kerth 2013). Morfologické a biochemické vlastnosti jednotlivých typů svalových vláken jsou hlavními faktory, které ovlivňují energetický metabolismus kosterních svalů živých zvířat, ale i metabolismus svalů *post mortem*, kdy dochází k přeměně svalů na maso.

Struktura a molekulární složení sarkomer jsou mezi různými typy svalových vláken podobné, ale v důsledku zastoupení více izoform myofibril existuje vysoký stupeň molekulární variability. Malá rozmanitost v jejich aminokyselinových sekvencích vede k různým strukturním a funkčním vlastnostem svalového vlákna. Zejména myozin, který je nejhojněji se vyskytujícím svalovým proteinem, se skládá z těžkých řetězců MHC (z angl. myosin heavy chain) a lehkých řetězců MLC (z angl. myosin light chain), jejichž izomorfy určují histochemickou reakci adenosintrifosfatázy (dále jen ATPázy). Názvy jednotlivých typů svalových vláken jsou proto odvozeny od názvu izoformy MHC, které jsou uvedeny v Tabulce 1. Vlastnosti svalových vláken mohou být ovlivněny nejen izomorfami MHC, ale také izoformami MLC, troponinu a tropomyozinu (Choi & Kim 2009).

Jak uvádí Kerth (2013), svalová vlákna kuřat mohou být na základě rychlosti kontrakce a převládajícího typu metabolismu rozdělena na pomalá oxidační (I), rychlá oxidační (IIA) a rychlá glykolytická (IIB). Metabolismus je podstatou rozdílné míry únavy mezi jednotlivými typy svalových vláken (Ashmore & Addis 1972). Sval tvořený převážně oxidačními svalovými vlákny bude mít červené zbarvení, zatímco sval tvořený převážně glykolytickými vlákny bude inklinovat k bílému zbarvení. V rámci svalu má hlubší svalová oblast větší podíl vláken typu I a tak i vyšší oxidační kapacitu než vnější oblast svalu (Choi & Kim 2009; Kerth 2013).

Tabulka 1: Názvy typů svalových vláken dle izoformy MHC (Choi & Kim 2009).

Typ svalového vlákna	Typ I	Typ IIA	Typ IIB
Izoformy MHC	MHC 1	MHC 2A	MHC 2B

Červená svalová vlákna, nazývaná též jako tonická, mají vyšší koncentraci myoglobinu sloužícího k přenosu kyslíku z krevních kapilár do buňky (Kerth 2013). Vytvářejí

adenosintrifosfát (dále jen ATP) oxidací tuků a sacharidů (Ashmore & Addis 1972), proto obsahují oproti bílým svalovým vláknům vyšší množství tuku, který je využíván jako zdroj energie (Choi & Kim 2009). Oproti bílým vláknům však obsahují nižší množství glykogenu a glukózy. Vysoké koncentrace mitochondriálních enzymů a myoglobinu podporují zvýšenou aerobní metabolickou kapacitu (Choi & Kim 2009). Ve srovnání s bílými vlákny mají menší průměr, což usnadňuje rychlou výměnu substrátů a toxických odpadních produktů. Díky těmto metabolickým mechanismům vykazují odolnost vůči únavě (Ashmore & Addis 1972). Choi & Kim (2009) také uvádějí, že červená svalová vlákna mají širší Z-disky než bílá vlákna. Na rozdíl od bílých vláken vykazují pomalejší kontrakce, proto vykonávají spíše posturální funkce (Ashmore & Addis 1972).

Naopak bílá svalová vlákna mají tenčí Z-disky a stahují se rychleji a s větší silou než červená vlákna, avšak jsou rychleji unavitelná (Ashmore & Addis 1972; Choi & Kim 2009). Rychlost kontrakce těchto vláken je přibližně třikrát vyšší než u vláken červených (Choi & Kim 2009). Bílá vlákna jsou závislá na anaerobní glykolýze, při níž se produkuje ATP. Obsahují málo nebo vůbec žádný myoglobin a během namáhavé fyzické aktivity, kdy se vyčerpávají endogenní zásoby glykogenu, se rychle unaví (Ashmore & Addis 1972; Choi & Kim 2009). Obecně jsou glykolytická vlákna větší než ta oxidační, u kterých je velikost omezena potřebou účinné difúze kyslíku. Bílá vlákna jsou tedy větší a účinnější, ale mohou být spojena s horší kvalitou masa. Genetická selekce na rychlý růst vedla k většímu zastoupení glykolytických vláken typu IIB, které mají ve srovnání s vlákny typu I až dvakrát vyšší rychlost růstu (Choi & Kim 2009; Kerth 2013).

Vlákna typu IIA si v daném svalu zachovávají schopnost se přeměnit na vlákna typu I nebo IIB v reakci na environmentální a fyziologické signály. Tento fakt, však může komplikovat typizaci svalových vláken v daném svalu (Kerth 2013). Se zvyšujícím se věkem se tato vlákna přeměňují na IIB a tím tak ve svalu klesá podíl oxidačních vláken, zatímco podíl glykolytických vláken roste (Choi & Kim 2009). Choi & Kim (2009) také uvádějí, že svalová vlákna typu IIA vykazují podobnou rychlosti kontrakce jako vlákna IIB.

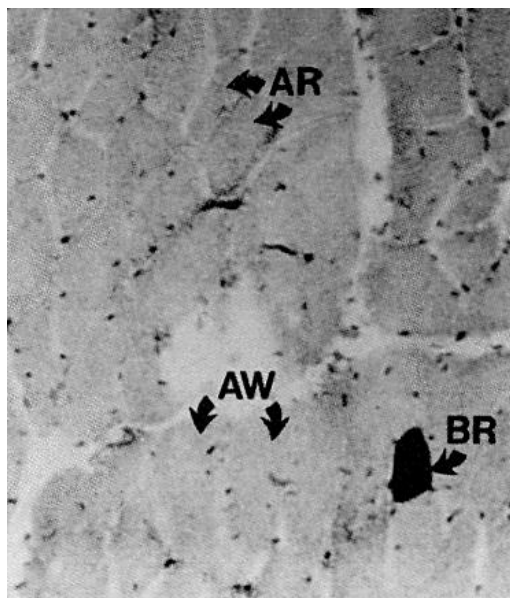
### **3.1.5 Histochemická metoda klasifikace svalových vláken kuřat**

Pomocí histochemického testu barvení na aktivitu myozinové ATPázy byly primárně rozlišeny dva základní typy svalových vláken kosterního svalu. Jedná se o vlákna typu I a vlákna typu II (Ashmore & Addis 1972; Gošnak et al. 2010). Podrobná studie vymezila dva subtypy vláken typu II označovaných jako typ IIA a typ IIB (Gošnak et al. 2010). Klasifikace je založena na rozdílné stabilitě myozinové ATPázové reakce po kyselé a alkalické preinkubaci (Choi & Kim 2009). Brooke & Kaiser (1970) definovali metodu s řadou preinkubací, podle níž byli schopni rozlišit dané typy vláken. Vlákna typu I vykazovala po kyselé preinkubaci při pH 4,3 (4,6) vysokou aktivitu ATPázy, zatímco po alkalické preinkubaci při pH 10,4 jen velmi nízkou. Na druhé straně, vlákna IIB byla po alkalické preinkubaci silně reaktivní, ale po kyselé preinkubaci byla aktivita ATPázy téměř nulová. Typ IIA vykazoval po alkalické a kyselé preinkubaci podobné reakce jako typ IIB. Typizace svalových vláken je také založena na průkazu oxidační kapacity vláken za použití enzymu sukcinát dehydrogenáza. Glykolytická kapacita se zjišťuje za použití enzymu NADH-

tetrazolium reduktáza. Na základě toho byla vlákna rozlišena na červená (I), intermediální (IIA) a bílá (IIB) (Choi & Kim 2009).

Dříve se jedna sada vzorků svalových vláken testovala na kontraktlní vlastnosti pomocí barvení na aktivitu ATPázy a druhá sada na metabolické vlastnosti barvením na aktivitu mitochondriálních enzymů, jako je NADH-tetrazolium reduktáza (Ashmore & Doerr 1971). Výroba takovýchto dvou sad vzorků je příliš zdlouhavá, proto Solomon & Dunn (1988) vyvinuli metodu kombinující tyto dva barvicí postupy do jednoho, který se použije pouze na jednu sadu řezů. Tito autoři také zjistili, že postup metody je druhově závislý a proto musel být zvlášť upraven pro kosterní svaly prasat, skotu a ovcí. Sams & Janky (1990) přizpůsobili tento kombinovaný postup barvení kosterním svalům brojlerových kuřat. Pro výzkum použili 49denní kohouty komerčních brojlerů. Ze vzorků (1 cm<sup>3</sup>) kosterní svaloviny byly pomocí kryostatu při -20 °C odděleny řezy (12 μm), které byly umístěny na sklíčka a barveny na tři typy svalových vláken pomocí postupu Solomon & Dunn (1988) modifikovaného pro svaly kuřat. Tento postup byl svou sekvencí barvení podobný postupu, který se využívá pro kosterní svaly ovcí. Naopak kyselá preinkubace při pH 4,15 byla obdobná jako ta pro kosterní svaly skotu (Solomon & Dunn 1988). Červená a bílá vlákna byla identifikována pozorováním obarvených řezů svalových vláken pod světelným mikroskopem při 150násobném zvětšení (Sams & Janky 1990).

Sams & Janky (1990) uvádějí, že technika kombinovaného barvení byla pro rozlišení jednotlivých typů svalových vláken účinná. Na Obrázku 2 je patrné, že stupeň zabarvení postačoval k odlišení červených vláken (BR) od zbylé svalové hmoty. Barvení enzymu NADH-tetrazolium reduktázy, který je primárně umístěn v mitochondriích, způsobilo, že se tyto vlákna jevila jako nejtmavší. Distribuce a relativní hojnost obarvených mitochondrií pak byly použity k rozlišení intermediálních a bílých vláken.



Obrázek 2: Průřez svalu Pectoralis latissimus dorsi vykazující červená (BR), intermediální (AR) a bílá (AW) svalová vlákna. Mitochondrie se v AR a AW vláknech objevují jako tmavá granula (Sams & Janky1990).

Jak je uvedeno v Tabulce 2, podíl jednotlivých typů svalových vláken je mezi čtyřmi hodnocenými svaly odlišný. Z Tabulky 2 je patrné, že v prsní svalovině brojlerových kuřat se téměř výhradně nacházejí pouze svalová vlákna typu IIB (Teimouri & Tůmová 2009).

Tabulka 2: Podíl jednotlivých typů svalových vláken typů (I, IIA a IIB) ve svalech *Anterior latissimus dorsi*, *Posterior latissimus dorsi*, *Sartorius* a *Pectoralis superficialis* (Sams & Janky 1990).

Sval	Typ svalového vlákna		
	I	IIA	IIB
	%		
<i>Anterior latissimus dorsi</i>	99,9 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0
<i>Posterior latissimus dorsi</i>	1,7 ± 0,8	16,8 ± 1,2	81,5 ± 1,1
<i>Sartorius</i>	31,9 ± 1,6	53,4 ± 2,5	14,7 ± 2,1
<i>Pectoralis superficialis</i>	0	0,1 ± 0,1	99,9 ± 0,1

Mnoho studií zjistilo, že ve vztahu k charakteristikám svalových vláken existují rozdíly mezi samci a samicemi. Rozdíly v počtu a velikost svalových vláken jsou primárně pod kontrolou pohlavních hormonů. Tyto odlišnosti vznikají hormonálním působením androgenních hormonů v průběhu prenatalního období tvorby svalových vláken. Kromě toho, aplikace testosteronu v postnatálním období může stimulovat svalovou hypertrofii bez zvýšení počtu vláken (Choi a Kim 2009). Počet, ale také plocha vláken bývá u samců větší než u samic a samčích kastrátů. Některé výzkumy potvrzují vyšší zastoupení vláken typu I u samic, naopak jiné zas u samců, ale jsou i takové výzkumy, které mezi pohlavím žádné rozdíly nezaznamenaly. Tato protichůdná zjištění mohou souviset s rozdíly ve velikosti vzorku, metodologii, ale i s odlišným porážkovým věkem a úrovni fyzické aktivity zvířat (Choi & Kim 2009).

### 3.1.6 Metabolismus svalové tkáně

Pro moderní rychle rostoucí brojler je typické, že mají ve svalech vysoké zastoupení glykolytických vláken typu IIB, která se vyznačují větším průměrem než jak je tomu u vláken oxidačních. Velký průměr vláken je spojen s nižším zastoupením krevních kapilár, což může za určitých podmínek vést k nedostatečnému přísunu kyslíku a živin do svalových buněk. Kromě toho, může být spojen s nedostatečným vylučováním metabolických meziproductů, které narušují funkčnost vláken a vedou k homeostatické dysregulaci. Zejména zvýšení koncentrace vápníku může aktivovat některé proteolytické a lipolytické enzymy, které způsobují dysfunkci plazmatické membrány. V důsledku toho se zvyšuje výskyt abnormalit masa prsou, jako je hluboká prsní myopatie (DPM), PSE maso, white stripping a wooden breast (Petracci et al. 2015).

Metabolismus svalové tkáně *post mortem* výrazně ovlivňuje vlastnosti masa. Rychlost a amplituda acidifikace mají významný vliv jak na organoleptické, tak na technologické parametry kvality masa. Vykrvením se zastaví přívod kyslíku do svalů a dochází tak k anaerobnímu odbourávání glykogenu za vzniku kyseliny mléčné (Duclos et al. 2007). Rychlost poklesu pH závisí na aktivitě glykolytických enzymů těsně po smrti, zatímco

konečné pH (pHu) je určeno počátečními glykogenovými zásobami svalu. Konečného pH je dosaženo po odbourání energetických sloučenin (glykogen, ATP). Nízké pH je spojeno se zhoršenou schopností zadržovat vodu, kdežto vysoké pH je spojeno se špatnou trvanlivostí, protože vytváří příznivější prostředí pro bakterie (Fanatico et al. 2005).

Za normálních podmínek mají svaly prsou před porážkou pH > 7 (Petracci et al. 2015). Po 15 minutách *post mortem* (pH15) by měla být hodnota pH15 mezi 6,2 a 6,5 a hodnota pHu kolem 5,8. Pokud je hodnota pH15 nízká (pod 6,0) a sval stále teplý, dochází k denuraci sarkoplazmatických proteinů, což vede ke snížené schopnosti zadržovat vodu a ke světlejší barvě masa (Duclos et al. 2007; Petracci et al. 2015). Toto maso je často popsáno jako bledé, měkké a vodnaté neboli PSE (z angl. pale, soft, exudative) a je charakterizováno nízkým konečným pH (pHu < 5,7). Nízké pH navozuje strukturální změny ve svalech, které mají sníženou schopnost technologického zpracování (Duclos et al. 2007).

Bílá svalová vlákna jsou citlivější na vadu PSE v důsledku jejich větší závislosti na anaerobním glykolytickém metabolismu a fázovém kontraktilním působení. Ve srovnání s červenými vlákny mají vyšší množství glykogenu, nižší obsah myoglobinu a tím se stávají více náchylná na vadu PSE (Solomon et al. 1998).

## 3.2 Produkce brojlerových kuřat

Způsob managementu výkrmu brojlerů je ovlivněn mnoha hospodářskými a obchodními aspekty. Těmi jsou například rostoucí poptávka spotřebitelů po kvalitě produktů, bezpečnost potravin, dobré životní podmínky zvířat, minimalizace variability v hejnech, rostoucí poptávka po minimalizaci dopadů produkce brojlerů na životní prostředí, plné využití genetického potenciálu pro konverzi krmiva, rychlost růstu, výtěžnost masa a minimalizace nemocí.

Produkce brojlerů je pouze jednou částí integrovaného výrobního řetězce. Je pravděpodobné, že změna v kterékoli části řetězce bude mít dopad na zpracovatelský průmysl brojlerů, fyziologický výkon zvířat, ale také na ekonomiku produkce.

Aby byl výkrm kuřat nákladově efektivní, je důležité optimalizovat užitek prostřednictvím řízení podmínek líhnutí, šetrného skladování a přepravy, snadného přístupu k vodě a krmení, podávání vysoce stravitelné a nutričně vyvážené krmné směsi, udržování biologické bezpečnosti a čistoty, sledování chování kuřat a udržování jejich teplotně komfortní zóny a (Aviagen 2020).

### 3.2.1 Vývoj produkce brojlerových kuřat

Vývoj moderního brojlera z kura bankivského trval asi 5 000 let, ale zdaleka největší vývoj nastal v posledních dvou stoletích s masivním pokrokem za posledních 50 let (Laughlin 2007). Počátkem roku 1900 se začalo uvažovat o drůbeži nejen jako o zdroji vajec, ale také jako o zdroji masa (Owens 2010). Je těžké přesně říci, kdy moderní chov brojlerů začal, protože došlo k řadě klíčových událostí (Laughlin 2007). Zdá se, že termín „brojler“ vznikl v USA a popisuje 10–12 týdnů staré kuře, které bylo nejčastěji opékáno (angl. broiling) na otevřeném ohni. Již v roce 1900 byla v USA hlášena hejna o 5 000 brojlerech poražených ve věku 12 týdnů. V této době však probíhala specializovaná selekce na rychlost růstu jen



omezeně. Moderní průmysl brojlerů začal v USA v oblasti Delmarvy v polovině 30. let. V tomto regionu došlo k poklesu tradičních odvětví, kterými byly lov mušlí a pěstování ovoce, což napomohlo rozvoji tohoto nového odvětví. Přechod od produkce vajec k produkci masa byl také urychlen skutečností, že u Leghornek docházelo k vysokému úhynu na to, co bylo později známo jako Markova nemoc. Nové genotypy rychle rostoucích brojlerových kuřat byly pravděpodobně díky svému krátkému životnímu cyklu vůči této nemoci odolnější (Owens 2010).

Za posledních několik desetiletí přispělo intenzivní úsilí šlechtitelských společností podporovaných výzkumy na akademické půdě k dramatickému pokroku a zlepšení metod v oblasti šlechtění (Katanbaf & Hardiman 2010). Kritický průlom nastal díky práci C. R. Hendersona, který vyvinul metodologii pro sloučení všech informací o plemenné hodnotě každého jedince do genetického indexu. V roce 1953 představil to, co nyní známe jako odhad plemenné hodnoty pomocí BLUP (z angl. best linear unknown prediction). Teprve v době, kdy byly k dispozici počítače s kapacitou a rychlostí, která byla potřebná k provádění rozsáhlých výpočtů, byla tato technologie použita v chovu zvířat. Dnešní programy chovu drůbeže využívají odhady plemenné hodnoty BLUP k identifikaci nejlepších jedinců (Laughlin 2007).

K vyšlechtění brojlerových kuřat bylo původně použito množství různých plemen, jako například barred rock, plymutka bílá, hempšírka, kornýška bílá a saxeska světlá (Owens 2010). Všechna tato plemena mají přirozeně žlutou barvu kůže a hnědá vejce typická pro moderní brojlerů (Laughlin 2007). Postupem času byl kohout kornýšky bílé zkřížen se slepicí plymutky bílé. Tato kombinace se stala základem pro produkci většiny brojlerových kuřat, kterým předala bílé opeření, vynikající rovnováhu mezi růstem a životaschopností spolu s přiměřeně dobrou úrovní reprodukce (Owens 2010).

Komerční brojleři mají mimořádně jednotný vzhled a složení masa. Kombinace pečlivě řízeného šlechtění, inkubace, chovu a výživy vytvořila jedince, kteří jsou kopií jeden druhého. Tato uniformita umožnila zpracovatelům drůbeže vyvinout vysoce automatizovaná zařízení s účinností, kterou ostatní zpracovatelé hospodářských zvířat nepřekonali (Owens 2010).

Drůbežářský průmysl vykazuje za posledních 50 – 60 let fenomenální růst na celém světě a předpokládá se, že tento růst bude pokračovat. Pět největších produkčních regionů, jako je USA, Čína, Brazílie, Evropská unie a Mexiko, předpovídají stabilní meziroční růst, přičemž v roce 2006 společně vyrobily více než 50 milionů tun z celkového celosvětového objemu 80 milionů tun masa z brojlerových kuřat. Podíl Evropské unie na této produkci se však snižuje s rostoucím podílem výroby v rozvojových zemích. Mezi rozvinutým a rozvojovým světem existují významné regionální rozdíly ve významu jednotlivých druhů mas a jejich spotřebě. V rozvojovém světě však produkce rychle roste, aby zásobovala místní trhy i export (Laughlin 2007). Windhorst (2006) provedl na základě rozsáhlé databáze FAO podrobný přehled změn v odvětví s drůbežím masem mezi lety 1970 až 2005. Vyhodnotil, že celosvětová produkce drůbežího masa se v tomto období zvýšila 4,36krát. Přestože v roce 1970 měl rozvinutý svět 75% podíl na celosvětové produkci drůbežího masa, v 2005 poklesl na 45 %. Ve stejném období vykazovaly asijské a jihoamerické země, zejména Čína a Brazílie, největší nárůst produkce drůbežího masa, přičemž produkce v Evropě a Severní Americe poklesla. Mezi uvedenými lety měly rozvojové země nárůst produkce o 227 %.

### 3.2.2 Šlechtění brojlerových kuřat

Brojlerová kuřata jsou výsledkem křížení plemen probíhajícím ve čtyřech krocích. Na vrcholu pyramidového produkčního procesu se nachází selekce čistokrevných linií, ze kterých jsou vybraní jedinci začleněni do rozmnožovacího procesu. Tento proces probíhá na úrovni praparodičů, prarodičů a na úrovni rodičovského chovu za účelem produkce jednodenních brojlerových kuřat (Evropská komise 2016). Doba od selekce čistokrevných linií až po vznik komerčních brojlerů trvá obvykle 4 – 5 let. Pro primární šlechtitelské společnosti je proto nezbytné předpovídat potřeby průmyslu minimálně 5 let dopředu. Naopak výrobní průmysl se může rozvíjet pouze za předpokladu, že je k dispozici potřebný genetický materiál (Laughlin 2007). Prakticky veškerá genetická selekce je prováděna primárními chovateli pracujícími s různými čistokrevnými liniemi. Během několika generací se z pouhých stovek zvířat vyprodukuje komerční brojleři až ve stovkách milionů kusů (Owens 2010). Velké populace využívané primárními chovateli, tedy šlechtitelskými firmami, umožnily zachovat významnou genetickou variabilitu a rozmanitost uvnitř linií. To také poskytlo možnost využití intenzivního selekčního tlaku za současného udržování rovnováhy mezi zdravotními a produkčními vlastnostmi zvířat. Primární chovatelé tak měli značné možnosti očistit část své populace od nežádoucích vlastností. Jedinci se zvýšeným výskytem zdravotních nebo jiných problémů jsou identifikováni a odstraněni z programu (Katanbaf & Hardiman 2010).

Během 80. let byly linie produkující brojlery často označovány za těžké a lehké typy. První typ dával brojlerovým kuřatům lepší výkon v růstu, zatímco druhý typ předával lepší reprodukční schopnosti. Tyto odlišné atributy v té době vyhovovaly různým trhům, ale brzy se zjistilo, že by zvýšení růstových a reprodukčních schopností mohlo být dosaženo současně. Od té doby se vyvíjejí kmeny, které mají mnohem lepší reprodukční výkon s malými nebo žádnými dopady na růstové schopnosti (Laughlin 2007). Výběr chovného materiálu pro produkci brojlerů tak zahrnuje rovnováhu mezi optimalizací růstu při zachování konkurenceschopné úrovně reprodukce. V rámci produkce masa by při selekci komerčních kmenů měly být prvořadé rysy růstového typu, avšak u producentů násadových vajec vždy existují obavy týkající se reprodukčních vlastností, jako je počet vajec, plodnost a líhivost (Leeson & Summers 2010). Míra dědivosti určitých vlastností představuje, jak efektivní může být naše úsilí při jejich selekci (Katanbaf & Hardiman 2010). Ve šlechtitelském programu otcovských linií se důraz vztahuje k růstu. Hlavním kritériem selekce bylo tradičně tempo růstu nebo přesněji tělesná hmotnost v určitém věku. Dědivost pro růstové charakteristiky je poměrně vysoká, řádově 0,4 – 0,6. Díky tomu lze dosáhnout poměrně rychlého pokroku pouhou selekcí nejtěžších zvířat ze skupiny. Zatímco reprodukční znaky mají mnohem nižší dědivost (0,05 – 0,20), což znamená, že výběr slepice na základě jejího vlastního záznamu o produkci vajec je velmi pomalý proces zlepšování celkové produkce vajec u jejího potomstva (Leeson & Summers 2010).

Genetický pokrok v rychlosti růstu nebyl konfrontován pouze se snižující se reprodukcí, ale také s metabolickými problémy a výskytem vad na mase (Leeson & Summers 2010; Skřivan et al. 2000). V poslední době proto stoupá zájem o maso pomalu rostoucích brojlerů, kteří se porážejí ve věku 70 – 81 dnů, na rozdíl od rychle rostoucích brojlerů, kteří dosahují cílové porážkové hmotnosti 2 – 2,5 kg ve zhruba 35 – 45 dnech. Pomalu rostoucí genotypy jsou využívány v chovech s volným výběhem a v ekologickém zemědělství.

Existuje také certifikovaná produkce středně rychle rostoucích brojlerů v uzavřených prostorách a s porážkovým věkem 56 dnů (Evropská komise 2016; Laughlin 2007).

Od 60. let, kdy byla živá hmotnost téměř jediným selekčním kritériem, se počet znaků výrazně zvýšil s ohledem nejen na výrobní rysy, ale také na vlastnosti související s fyzickou a metabolickou zdatností, životaschopností a zdravím brojlerových kuřat (Laughlin 2007). Také Leeson & Summers (2010) uvádějí, že u prarodičů a rodičů probíhá selekce na základě fenotypu pro takové vlastnosti, jako je integrita kostry a odolnost vůči chorobám. Důvodem zaměření selekce pouze na intenzitu růstu nebyl jen ten, že růst souvisí se ziskovostí, ale také to, že hmotnost a věk kuřat byly dva parametry, které mohli všichni výrobci měřit a zaznamenávat (Laughlin 2007).

Všechny tyto cíle jsou dány potřebou masného průmyslu neustále uspokojovat poptávku spotřebitelů po výživných, vysoce kvalitních a dietních produktech co nejefektivnějším způsobem při zachování zdraví zvířat (Kerth 2013). Chovatelské společnosti, jako například Cobb-Vantress se zavázaly produkovat zdravé a nezávadné výrobky. Značný počet těchto projektů je zaměřen na welfare kuřat. Příkladem jsou výzkumy zaměřené na pohyb kuřat, obsah minerálů v kostech, ascity, agrese a restrikcí krmení. Kromě toho probíhají rozsáhlé studie na zvýšení rezistence vůči viru influenzy drůbeže, Markově chorobě, salmonelóze a *Campylobacter* (Katanbaf & Hardiman 2010).

### 3.2.3 Šlechtitelské společnosti brojlerových kuřat

Vývoj podnikání ve šlechtitelském odvětví se vyvíjel od mnoha specializovaných chovatelů jedné linie k menšímu počtu chovatelů s více liniemi, někdy i více typy a druhy drůbeže. V 80. a 90. letech minulého století započal proces racionalizace, který vyústil ke vzniku společností specializujících se pouze na určité typy nebo druhy drůbeže. Společnosti se začaly soustředit na jeden sektor trhu, pro který vyvíjely určitý produkt. V současnosti jsou hlavní značky brojlerových kuřat ve vlastnictví čtyř významných šlechtitelských společností – Aviagen, Tyson, Hendrix Genetics a Groupe Grimaud (Laughlin 2007).

Aviagen Group je přední světová společnost chovu drůbeže, která je ve vlastnictví Erich Wesjohann Group se sídlem v Německu (Laughlin 2007). Společnost produkuje řadu hybridů vhodných pro různá odvětví trhu s brojlerem. Všechna kuřata Aviagen jsou selektována pro vyvážený rozsah charakteristik jak u rodičovské populace, tak u brojlerových kuřat. Vlastnosti komerčního významu, jako je rychlost růstu, konverze krmiva, životaschopnost, jatečná výtěžnost a kvalita masa, jsou soustavně zlepšovány paralelně s genetickým pokrokem probíhajícím v oblasti dobrých životních podmínek zvířat, zdraví nohou, kardiovaskulární zdatnosti a robustnosti. Společnost Aviagen dodává zákazníkům jednodenní kuřata rodičovské a prarodičovské generace pod značkou Ross, Arbor Acres, Hubbard a Indian River. Nabízí také speciální chovný materiál Rowan Range, jehož cílem je poskytnout zákazníkům flexibilitu při výběru produktů a splnit tak specifické požadavky trhu, jako je pomalý růst a ustájení ve volném výběhu (Aviagen 2020). Hubbard Group nabízí škálu produktů pokrývajících potřeby od rychle rostoucích a nákladově efektivních brojlerů až po vysoce hodnotná prémiová kuřata. Od roku 1967 je Hubbard nesporným lídrem na globálním trhu s pomalu rostoucími barevnými kuřaty. Kromě barevné diference a pomalého růstu se

tyto specifické produkty vyznačují velmi dobrou robustností. Kromě toho převzal Hubbard produkty původní francouzské společnosti ISA Group a společně vytvořily Hubbard ISA (Hubbard 2020).

Šlechtitelská společnost Cobb-Vantress je nejstarší šlechtitelská společnost, která byla založena v roce 1916 v Massachusetts. V současnosti sídlí v Siloam Springs, Arkansas. Distribuuje drůbež do více než 120 zemí pod značkou Cobb, Avian, Sasso a Hybro. Tato společnost přispěla k dynamické efektivnosti a růstu odvětví, které změnily kuře na ekonomicky dostupný zdroj bílkovin (Cobb-Vantress 2020).

### 3.3 Genotypy vykrmovaných kuřat

Podle Dal Bosco et al. (2012) rozlišujeme genotypy kuřat na pomalu rostoucí s přírůstkem menším než 20 g /d, středně rychle rostoucí s přírůstkem od 20 do 35 g/d a na rychle rostoucí s přírůstkem větším než > 35 g/d.

Evaris et al. (2019) definuje pomalu rostoucí genotypy jako kuřata s denním přírůstkem hmotnosti přibližně 40 g a dosahující porážkové hmotnosti 2,2 až 2,5 kg za 56 až 81 dní. Naproti tomu Louton et al. (2019) uvádějí, že pomalu rostoucími genotypy kuřat jsou takové, jejichž tempo růstu je nejvýše 80 % z denní rychlosti růstu rychle rostoucích genotypů. V současnosti je průměrný denní přírůstek hmotnosti rychle rostoucích genotypů 61,5 až 63,4 g/d. Na základě výše uvedených denních přírůstků lze „pomalý růst“ definovat jako rychlost růstu o maximálním denním přírůstku 49,2 až 50,7 g. To odpovídá 80 % současného denního přírůstku hmotnosti rychle rostoucích brojlerů.

#### 3.3.1 Rychle rostoucí genotypy kuřat

Rychle rostoucí kuřata dosahují porážkové hmotnosti 2 kg za necelých 6 týdnů věku. Této hmotnosti dosahují původní plemena drůbeže přibližně ve 20 týdnech. S tak masivním přibýváním na hmotnosti jsou komerční brojleři náchylnější na různé zdravotní problémy (Daniels 2018). V posledních desetiletích byly u kuřat brojlerů aplikovány programy restrikce krmiva, aby se snížily metabolické poruchy a problémy s končetinami. V prvních dvou týdnech věku je kuřatům podáváno krmivo jen omezeně. V důsledku restrikce dochází k významnému rozvoji vnitřních orgánů, které jsou během raného vývoje pro kuřata důležitější než svalová hmota. Po ukončení restrikce obvykle následuje vyrovnávací růst (Tůmová & Chodová 2018).

Maximální využití genetického potenciálu spojeného s kuřaty závisí na zajištění všech faktorů prostředí, jako je výživa, teplota, zdroj vody, hustota osazení, větrání, osvětlení a další. Těmto faktorům musí být věnována plná pozornost, aby se genetický potenciál co nejvíce využil. Všechny faktory jsou vzájemně provázané, a pokud existuje prvek, který není v optimu, utrpí celkový výkon zvířat (Aviagen 2020).

Cobb 500 patří mezi nejefektivnější brojlerky na světě. Má nízkou konverzi krmiva, výborný růst a schopnost prosperovat při méně nákladné výživě. Cobb 700 byl vyvinut nejen pro dosažení vyšší hmotnosti a vysoké jatečné výtěžnosti, ale také pro zachování nízké konverze krmiva a nízkých výrobních nákladů. Podle společnosti Cobb-Vantress má Cobb 700 nejlepší konverzi krmiva ze všech komerčních hybridů (Cobb-Vantress, 2020).

Ross 308 je robustní brojler s nízkou konverzí krmiva a vysokou jatečnou výtěžností (Aviagen 2020). Brojleři Ross 308 jsou k dispozici ve dvou variantách a to jako pomalu opeřující brojleři Ross 308, tak rychle opeřující brojleři Ross 308 FF. Typ Ross 308 produkuje rychle opeřující samice a pomalu opeřující samce, což umožňuje jejich rozřídění. Ross 708 byl vyvinut ke zlepšení výsledků mateřských linií, aniž by to negativně ovlivnilo účinnou produkci masa. Aviagen také nabízí rychle rostoucí hybridy Ross PM3, kteří jsou kombinací standardního samce s „mini“ samicí a přinášejí tak významné úspory na krmivu a prostoru (Aviagen 2020)

Základním kamenem značky Arbor Acres je vysoce úspěšný Arbor Acres Plus, který je chován pro stálý výkon rodičů, vynikající výkon brojlerů a dobrou jatečnou výtěžnost.

### **3.3.2 Pomalu rostoucí genotypy kuřat**

Pomalu rostoucí genotypy kuřat se často vyznačují tím, že jsou aktivnější, robustnější, mají barevné peří a nižší příjem krmiva než jejich rychle rostoucí protějšky. Jsou schopny se lépe adaptovat na nepříznivé podmínky prostředí, jako je vysoká nadmořská výška, chladné zimy, horká léta nebo dlouhodobé sucho a nižší kvalita krmiva. Mají však vysokou konverzi krmiva, která zvyšuje výrobní náklady. Vysoké výrobní náklady jsou nepochybně značnou nevýhodou, protože se přímo dotýkají jak výrobců, tak spotřebitelů. Náklady na krmení a výnos masa získaného z pomalu rostoucích kuřat způsobují, že je jejich výkrm méně ziskový. Mnoho zprostředkovatelů proto hledá cestu, jak překlenout propast mezi efektivitou výkrmu, chutí masa a cenou (Evaris et al. 2019).

Pro definici pojmu „pomalý růst“ brojlerů je třeba zvážit několik předpisů. Příkladem je nařízení Komise (ES) č. 889/2008, kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízení Rady č. 834/2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů, pokud jde o ekologickou produkci, označování a kontrolu. Článek 12 (zvláštní podmínky ustájení a chovatelské postupy pro drůbež) stanovuje minimální věk brojlerů při porážce, aby bylo zabráněno používání intenzivních metod chovu v ekologickém zemědělství. Stanovuje, že pro ekologickou produkci kuřat lze použít pomalu rostoucí genotypy kuřat, a pokud nejsou využity takovéto linie, činí minimální věk při porážce 81 dní.

Po celém světě a zejména v Evropě, je k dispozici několik hybridů pomalu rostoucích genotypů kuřat, z nichž jeden z nejčastějších je Cobb Sasso (Evaris et al. 2019). Ten je ideální pro výkrm ve volném výběhu a v systému ekologického zemědělství, ale také pro méně intenzivní produkci v hale. Cobb Sasso vyhovuje požadavkům na růst mnoha zavedených programů akreditovaných v oblasti dobrých životních podmínek (Cobb-Vantress 2020).

Pokud jde o genetické vlastnosti, šlechtitelské společnosti neustále pracují na zdokonalování pomalu rostoucích kuřat. Například Sasso vyvinula pomalu rostoucí samčí kmeny, jako jsou C44 a C44I, které dosahují tržní hmotnosti přibližně za 56 dní. Kromě toho nabízí Aviagen dvě speciální samčí linie Yield Plus Male a Efficiency Pro Male, které jsou navrženy tak, aby vynikaly v nízké konverzi krmiva a vysoké jatečné výtěžnosti v různých podmínkách prostředí (Evaris et al. 2019). Také řada Rowan, jako jedna ze značek Aviagen, nabízí zákazníkům pomalu rostoucí hybridy Rowan Range s různým zbarvením v závislosti na výběru kohouta (Aviagen 2020).

V Tabulce 3 jsou uvedené příklady pomalu rostoucích hybridů s délkou jejich výkrmu. Výběr plemene, pohlaví a délky výkrmu závisí na systému chovu a účelu produkce. Z této tabulky je také patrné, že pro produkci pomalu rostoucích kuřat jsou také využívána tradiční plemena, jako je Rhode Island Red a Barred Plymouth Rock (Evaris et al. 2019). Jedním z cílů systému ekologické produkce je tak zlepšit chov a šíření místních genotypů, které byly v posledních padesáti letech nahrazeny hybridními kuřaty (Dal Bosco et al. 2012).

Tabulka 3: Pomalu rostoucí hybridi (Evaris et al. 2019).

<b>Plemeno/genotyp/kmen</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>Délka výkrmu</b>	<b>Stát</b>
Master Gris	M, F	92	Srbsko
Farm Q	M, F	92	Srbsko
Hubbard S757	M, F	98	Turecko
Hubbard Grey Barred JA	M, F	98	Turecko
Hubbard Red-JA	M, F	81	Turecko
Hubbard JA 757	M, F	63	Česká republika
Hubbard ISA Red JA	M	84	Turecko
Sasso	M	90	Vietnam
Sasso T451	M, F	70	Belgie
Rowan Ranger	M, F	70	Švédsko
ISA Brown	M	90	Česká republika
ISA J-257	M, F	56	Německo
Gushi	F	112	Čína
Red Ranger	M	140	USA
Rhode Island Red, Barred Plymouth Rock	M, F	90	Severní Afrika
Brown Classic Lohman	M	96	Itálie

Mnoho studií odhalilo, že rychle rostoucí kuřata nejsou přizpůsobena extenzivním podmínkám chovu, tak jako ta pomalu rostoucí, protože vykazují svalové a kosterní problémy a velmi nízkou pohybovou aktivitu. Naproti tomu pomalu rostoucí kuřata jsou v tomto systému ustájení aktivnější, což zvyšuje příjem bioaktivních látek (vitaminů, antioxidantů a mastných kyselin) obsažených v píci. Uvádí se, že s příjmem píce, hmyzu, žížal apod. se snižují náklady na krmivo, které představují přibližně 70 % celkových variabilních nákladů. Pastva má významné účinky jak na jakost produktu, tak na zdraví zvířat. Zlepšuje oxidační stabilitu masa a hraje důležitou roli v imunitním systému kuřat (Dal Bosco et al. 2012).

V Evropě je ekologická produkce drůbeže upravena různými vnitrostátními a mezinárodními pravidly týkajícími se výběru genotypu. Podle nařízení ES 889/08 by různé evropské země měly sestavit a průběžně aktualizovat seznam pomalu rostoucích kmenů přizpůsobených ekologickému systému a tyto informace poskytnout provozovatelům a Komisi Evropské unie (Dal Bosco et al. 2012). V Tabulce 4 je uveden seznam vhodných hybridů kuřat s pomalým růstem pro podmínky ekologického zemědělství vydaný Ministerstvem zemědělství ČR.

Tabulka 4: Seznam vhodných hybridů kuřat s pomalým růstem pro podmínky ekologického zemědělství (Mistr 2010).

Šlechtitelská firma	Název hybridu	Délka výkrmu		
		Dny	Živá hmotnost (kg)	Spotřeba krmiva (kg/1 kg živé hmotnosti)
Aviagen	Ross Rowan	49	2,159	1,96
Cobb-Vantress	Cobb Sasso 150	70	3,135	2,23
Hubbard	Redbro S	63	2,585	2,27
	Red JA	70	2,405	2,40
	S 757	77	2,273	2,52
	JA 757	63	2,508	2,31

### 3.3.2.1 Produkce „label“ kuřat

Pro výkrm pomalu rostoucích kuřat existuje řada programů, které splňují vyšší standardy dobrých životních podmínek zvířat. Byly navrženy alternativní pomalu rostoucí genotypy, které se vykrmují v systémech v souladu s ukazateli dobrých životních podmínek a zdraví zvířat s ohledem na produkci a kvalitu masa. Těchto podmínek se dosahuje například snížením hustoty osazení, obohacením životního prostředí, využitím zimní zahrady, použitím alternativních genotypů a přístupem do venkovního výběhu, což je v ekologickém zemědělství požadovaný systém ustájení (Louton et al. 2019).

Poptávka po masu z „volně“ žijících kuřat v několika zemích roste. Spotřebitelé se domnívají, že přístup do výběhu je důležitý pro blaho zvířat, což je jedním z hnacích motorů pro produkci pomalu rostoucích kuřat. Dobré životní podmínky nejsou však jediným aspektem. Belgická studie ukázala, že při nákupu kuřecího masa jsou atributy produktu, jako je zdraví, kvalita a chuť, považovány za klíčové. Někteří spotřebitelé vnímali dobré životní podmínky zvířat za ukazatele těchto atributů (Stadig et al. 2016).

Ve Francii má průmysl brojlerových kuřat vyvinuty rozsáhlé výrobní metody reagující na požadavky spotřebitelů pro zlepšení dobrých životních podmínek zvířat (Berri et al. 2005). Kuřatům chovaným za pečlivě stanovených podmínek jsou uděleny známky kvality Label Rouge nebo Label Fermier. Značka Label Rouge byla udělena výrobkům, které měly následující minimální standardy: a) využití pomalu rostoucích kuřat, b) použití krmiv s nízkým obsahem tuků a s vysokým obsahem obilovin; c) nízkou hustotu osazení, d) minimální dobu výkrmu 81 dní a e) dodržování přísných podmínek zpracování a hodnocení kvality masa (Lewis et al. 1997). Label kuřata jsou svou stavbou těla dobře přizpůsobena jatečné úpravě a mají dobré senzorycké atributy masa. Obecně je maso z těchto kuřat pevnější a méně šťavnaté, ale chutnější než maso standardních rychle rostoucích brojlerů. V současné době se label kuřata prodávají převážně jako celá jatečně upravená těla (Berri et al. 2005).

Komerční hybridy s rychlým růstem, kteří se porážejí mezi 5. a 7. týdnem věku, nejsou pro tyto produkční systémy vhodné, protože ve věku 81 dnů jsou příliš těžcí. Ve Spojených

státech však ekologická produkce brojlerových kuřat většinou využívá stejně jako v konvenčních produkčních systémech rychle rostoucí genotypy kuřat (Lichovnicková et al. 2009).

### 3.3.2.2 Výkrm kohoutků

Existují tři typy kohoutků, z nichž dva jsou využívány k výkrmu. První typ zahrnuje kohoutky nosných linií (Evaris et al. 2019). Ti jsou v líhních kuřat nosných hybridů slepic považováni za „odpad“ a většina z nich je zabita hned po vylíhnutí nebo použita jako vysoce kvalitní zdroj živočišných bílkovin pro zájmová zvířata. Důvodem je, že mají pomalou rychlost růstu, vysokou konverzi krmiva a nízkou produkci masa, což vytváří vysoké náklady na jejich výkrm (Evaris et al. 2019; Lichovnicková et al. 2009). Druhým typem kohoutků jsou takzvaná „kuřata pro dvojí použití“. Kohoutci nosných hybridů jsou vykrmováni na maso, zatímco slepičky jsou chovány na produkci vajec. Třetím typem jsou kohoutci klasických brojlerových kuřat. Pro výkrm brojlerových kuřat se využívají jak kohoutci, tak slepičky (Evaris et al. 2019).

Lichovnicková et al. (2009) prováděli studii, jejímž cílem bylo porovnat fyzikální a senzorkou kvalitu masa kohoutků nosných hybridů ISA Brown s rychle rostoucími brojlerými Ross 308. Zjistili, že živá hmotnost, výtěžek jatečně upraveného těla, výtěžek masa z prsou a podíl abdominálního tuku byly významně vyšší u kuřat Ross 308. Naproti tomu obsah tuku v mase prsou byl vyšší u kohoutků ISA Brown. Hodnota pH 24 byla také vyšší u kohoutků a jejich maso bylo tmavší. Kvalita masa kohoutků byla ve srovnání s masem rychle rostoucích kuřat srovnatelná nebo dokonce vyšší (Lichovnicková et al. 2009).

Evaris et al. (2019) odhalili, že pomalu rostoucí kohoutci vykrmovaní ve výběhu mají přijatelnou kvalitu jatečně upraveného těla s vysokým výnosem masa ze stehna a dobrou kvalitou kostí. Vzhledem k profilu mastných kyselin, jako znaku kvality masa, mají svaly prsou pomalu rostoucích kohoutků s přístupem do výběhu ve srovnání s těmi, kteří přístup do výběhu nemají, výrazně vyšší hladinu polynenasycených mastných kyselin, nižší poměr n6:n3 polynenasycených mastných kyselin a nižší obsah nasycených mastných kyselin. Bylo potvrzeno, že chov pomalu rostoucích samců v systémech s přístupem do výběhu je prospěšný pro zvířata, producenty, spotřebitele a životní prostředí.

## 3.4 Charakteristiky svalových vláken rychle a pomalu rostoucích kuřat

U svalových vláken kuřat se obvykle hodnotí následující charakteristiky: hustota (počet vláken na plochu) svalových vláken neboli MFD (z angl. muscle fiber diameter), plocha průřezu neboli CSA (z angl. cross-sectional area), celkový počet svalových vláken MFN (z angl. muscle fibre number) a podíl jednotlivých typů svalových vláken na ploše. U kuřat se také měří tělesná hmotnost neboli BW (z angl. body weight) (Verdiglione & Cassandro 2013; Scheuermann et al. 2004).

Teimouri & Tůmová (2009) uvádějí, že svalová vlákna brojlerů mají větší CSA než svalová vlákna kuřat nosné linie. Petracci et al. (2013) prováděli pokus za účelem porovnání vlastností svalových vláken a kvalitativních vlastností masa prsního svalu mezi dvěma



komerčními hybridy kuřat se standardním a vysokým výtěžkem prsou. Jedním ze sledovaných parametrů byla hodnota CSA, která byla u kuřat s vysokým výtěžkem prsou 2674,3  $\mu\text{m}^2$ , zatímco u kuřat se standardním výtěžkem prsou 2239,6  $\mu\text{m}^2$  ( $P \leq 0,05$ ). To potvrzuje také Scheuermann et al. (2004), kteří zkoumali vývoj prsních svalů dvou odlišných genotypů kuřat a vyhodnotili, že linie leghorn měla o 45 % vyšší MFD než brojlerová kuřata, což je důsledek vyššího CSA brojlerů. Naproti tomu měla brojlerová kuřata ve srovnání s kuřaty Leghorn dvojnásobnou hodnotu MFN, která korelovala s BW ( $r = 0,58$ ) a výtěžkem masa z prsou ( $r = 0,69$ ). Naopak MFD vykazovala záporné hodnoty korelace s BW a výtěžkem masa z prsou ( $r = -0,85$  a  $-0,88$ ). Tato studie ukázala, že brojlerová kuřata mají v prsním svalu vyšší MFN než kuřata typu Leghorn, a že je vysoký výtěžek masa z prsou způsoben zvýšenou hodnotou MFN.

Stejně tak i Verdiglione & Cassandro (2013) porovnávali charakteristiky svalových vláken *Pectoralis major* tradičních pomalu rostoucích kuřat plemene Padovana a středně rychle rostoucích kuřat kmene Berlanda. Zjistili, že sval *Pectoralis major* byl zcela tvořen vlákny typu IIB, a to jak u kuřat Padovana, tak u kuřat Berlanda. Rozdíl mezi kuřaty Padovana a kuřaty Berlanda byl v hodnotě CSA, která byla u kuřat Berlanda vyšší. Naproti tomu hodnota MFD byla vyšší u kuřat Padovana. To potvrdili také Dransfield & Sosnicki (1999), kteří odhalili, že rychle rostoucí kuřata mají vlákno s vyšší CSA než pomalu rostoucí genotypy kuřat.

Tato vyšší hodnota CSA je však spojena se zvýšeným podílem obřích vláken, která vznikají silnou kontrakcí a mají hodnotu CSA třikrát až pětkrát větší než je obvyklé. Tato vlákna se vyznačují oválným nebo kulatým tvarem, mohou být seskupená nebo izolovaná a jsou obvykle umístěná na periferii svalového snopce. Při barvení hematoxylin-eosinem jsou tmavší než ostatní svalová vlákna a kromě toho vykazují vysokou aktivitu ATPázy (Verdiglione & Cassandro 2013). Největší podíl obřích vláken je nalezen ve svalu *Pectoralis major*, na který je kvůli jeho komerční hodnotě nejvíce zaměřena genetická selekce (Miraglia et al. 2006). Miraglia et al. (2006) zjistili, že kuřata Ross měla podíl obřích vláken ve svalu *Pectoralis major* ve srovnání s pomalu rostoucími kuřaty Kabir vyšší, zatímco ve svalech *Ileotibialis lateralis* a *Semimembranosus* nebyly mezi kuřaty nalezeny žádné významné rozdíly. Přítomnost většího počtu obřích vláken ve svalech rychle rostoucích brojlerových kuřat by mohla být považována za jeden z vedlejších účinků genetické selekce (Miraglia et al. 2006). Jak uvádí Lippens (2003), výzkumy skutečně ukazují, že selekce na rychlý růst a výtěžnost masa z prsou vedla k posunu svalových vláken od typu I směrem k typu IIB, která mají hlavní dopad na energetický metabolismus *post mortem* a na kvalitu masa. Svaly, které se skládají z vyššího podílu vláken typu IIB, mají vyšší zastoupení obřích vláken (Chiang et al. 1995).

### 3.5 Kvalita masa rychle a pomalu rostoucích genotypů kuřat

Jako maso je označována kosterní svalovina hospodářských zvířat. Nejedná se ovšem jen o svalovou tkáň, ale tento pojem zahrnuje i tukovou tkáň, pojivovou tkáň a části oběhové a nervové soustavy. Chemické složení a kvalita masa jsou ovlivněny genetickými a environmentálními faktory. Rozdíly v kvalitě masa tak mohou být mezi zvířaty značné (Fanatico et al. 2005; Skřivan et al. 2000). Jeden z nejvýznamnějších faktorů, který ovlivňuje

kvalitu masa, je genotyp. Pomalu rostoucí kuřata jsou preferována díky jejich pomalejšímu růstu, lepší adaptaci na horší životní podmínky a lepším senzoričným vlastnostem masa. Kuřata s rychlým růstem mají vyšší jatečnou výtěžnost a kratší dobu výkrmu, ale jsou náchylnější na behaviorální, fyziologické a imunologické problémy.

Hospodářský význam drůbežího masa vedl k rozsáhlému úsilí o genetickou selekci na vysokou výtěžnost prsních svalů. Genetické selekční programy byly díky zlepšení výrobních systémů mimořádně úspěšné. Vysoká výtěžnost je pravděpodobně způsobena zvýšením celkového počtu a velikosti svalových vláken (Scheuermann et al. 2004). Castellini et al. (2002) uvádějí, že pokud jde o kvalitativní vlastnosti jatečně upraveného těla a masa, je sporné, zda má ekologický systém produkce kvůli četným faktorům za následek lepší vlastnosti masa než ten konvenční. Existuje však také mnoho studií, které dokazují, že systém produkce výrazně ovlivňuje kvalitativní atributy masa.

Při produkci kuřecího masa bylo prokázáno, že vlastnosti svalových vláken hrají klíčovou roli v kvalitě masa (Lei et al. 2007). Tyto vlastnosti jsou proměnlivé a mohou být ovlivněny mnoha faktory (Teimouri & Tůmová 2009). Faktory *ante mortem* ovlivňující kvalitu kuřecího masa lze rozdělit na ty, které mají dlouhodobý účinek a na ty, které mají účinek krátkodobý. Dlouhodobé faktory jsou vrozené, nebo se vyskytují po celou dobu života zvířat. Do této skupiny patří genetické založení jedince, výživa, management a onemocnění. Krátkodobé faktory ovlivňující kvalitu kuřecího masa jsou ty, které se vyskytují během posledních 24 hodin, kdy je kuře naživu. Mezi tyto faktory se řadí například chytání drůbeže, transport, vykládka, imobilizace, omračování a zabíjení (Owens 2010).

Je známo, že pomalu rostoucí kuřata se od rychle rostoucích liší kvalitou jatečně upraveného těla a masa. V různých studiích bylo prokázáno, že u pomalu rostoucích kuřat je nižší jatečná výtěžnost těla a prsního svalstva (Grashorn 2006), avšak Lewis et al. (1997) potvrdil, že pomalu rostoucí kuřata mají vyšší podíl stehen než rychle rostoucí kuřata. Textura a smyslové vlastnosti jsou lépe hodnoceny u pomalu rostoucích kuřat než u rychle rostoucích (Grashorn 2006). Chodová a Tůmová (2018) zkoumaly vliv genotypu na užitkovost, jatečnou hodnotu a kvalitu masa rychle (Ross 308), středně rychle (JA757) a pomalu (ISA Dual) rostoucích kuřat. Kuřata Ross 308 dosáhla živé hmotnosti 2 kg za 32 dní, JA757 za 35 dní a ISA Dual až za 70 dní. Kuřata Ross 308 a JA757 měla poměrně srovnatelnou konverzi krmiva, naproti tomu kuřata ISA Dual ji měla prokazatelně nejhorší. V porovnání s kuřaty Ross 308 a JA757 měla kuřata ISA Dual také nejnižší jatečnou výtěžnost a podíl masa z prsou. U genotypu Ross 308 byla ve svalu *Pectoralis major* zjištěna nejvyšší hodnota pH, zatímco ve stehenních svalech byla naměřena nejvyšší hodnota pH u kuřat ISA Dual. Ve srovnání s JA757 a ISA Dual mělo maso kuřat Ross 308 nejnižší obsah sušiny a dusíkatých látek a nejvyšší obsah tuku mase (Chodová & Tůmová 2018).

Standardní rychle rostoucí, středně rychle rostoucí a pomalu rostoucí kuřata byla poražena v jatečném věku 6, 8 a 12 týdnů. U těchto kuřat byla porovnávána kvalita a zpracovatelnost masa. Prsní svaly rychle rostoucích kuřat obsahovaly ve srovnání s oběma genotypy méně bílkovin, více tuků a vyšší hodnotu MFN a CSA. Hodnoty pH<sub>15</sub> a pH<sub>u</sub> prsního a stehenního svalu byly nejvyšší u rychle rostoucích a nejnižší u pomalu rostoucích kuřat. Ve srovnání s rychle rostoucími vykazovala pomalu rostoucí kuřata vyšší ztrátu vody z prsou. Během zpracování a vaření byla získána nejvyšší výtěžnost masa z prsou a stehen od rychle rostoucích kuřat a nejnižší od pomalu rostoucích kuřat. V důsledku snížené schopnosti

zadržovat vodu vykazovalo zpracované maso od pomalu rostoucích kuřat oproti masu rychle rostoucích kuřat nižší šťavnatost, sušší strukturu a lepší soudržnost řezů (Berri et al. 2005).

Castellini et al. (2002) také porovnávali kvalitu masa tří genotypů kuřat s různou rychlostí růstu (rychle rostoucí Ross, středně rychle rostoucí Kabir a pomalu rostoucí Robusta Maculata) vykrmovaných v organickém systému. Kuřata Ross a Kabir byla poražena ve věku 81 dní, což je minimum stanovené podle nařízení ES, zatímco Robusta Maculata byla poražena ve věku 120 dní, aby bylo dosaženo obchodní hmotnosti (> 2 000 g). Stupeň zralosti každého kmene je vyjádřen jako poměr mezi živou hmotností v daném věku a hmotností v dospělosti. Genotypy vykazovaly velmi odlišnou dobu potřebnou k dosažení stejného stupně zralosti. Kuřata Kabir a Robusta Maculata, potřebovala asi 75 dní, respektive 82 dní, aby dosáhla 50 % konečné tělesné hmotnosti, zatímco rychle rostoucí kuřata Ross potřebovala pouze 56 dní. Kuřata Ross rostla velmi rychle, i když organický systém produkce snížil jejich růstový potenciál kvůli zvýšené pohyblivosti a snížené nutriční kvalitě krmiva (příjem píce). V 81 dnech vážila kuřata Ross 2 942 g, což je asi 70 % zralosti. Ve stejném věku měla kuřata Kabir živou hmotnost pouze 2 031 g (52 % zralosti), zatímco Robusta Maculata potřebovala 120 dní k dosažení prodejní hmotnosti, která v tomto věku činila 2 185 g (78 % zralosti). Tyto produkční výkony jsou výsledkem selekčních programů používaných k získání různých kmenů drůbeže. Například hybrid Ross byl vystaven silnému selekčnímu tlaku, aby se zkrátila doba výkrmu a tím i výrobní náklady. Kabir byl selektován k produkci i za zhoršených podmínek a kmen Robusta Maculata byl selektován nejen na růstovou schopnost, ale také na dobrou způsobilost k produkci vajec. Konverze krmiva byla u kuřat Ross 3,0 kg, u kuřat Kabir 3,3 kg a u Robusta Maculata 3,9 kg. Úmrtnost u kuřat Ross byla 12 %, u kuřat Kabir 9 % a u Robusta Maculata 4 % (Castellini et al. 2002).

Zájem spotřebitelů o produkty z alternativních systémů roste zejména proto, že jsou tyto systémy šetrné k životnímu prostředí, udržují zvířata v dobrém zdravotním stavu s vysokými standardy dobrých životních podmínek a vedou k produktům vyšší kvality. Někteří hodnotitelé však upřednostňují maso z prsou od kuřat z konvenčního systému (Lichovnicková et al. 2009). Jak uvádí Chodová a Tůmová (2018), pomalu a středně rychle rostoucí genotypy kuřat mají ve srovnání s rychle rostoucími genotypy z hlediska kvality maso světlejší s lepšími nutričními vlastnostmi.

Několik studií ukázalo, že selekce na rychlý růst vyvolala histologické a biochemické modifikace svalové tkáně. Některé výsledky byly získány srovnáním genotypů pro rychlý a pomalý růst. Bylo zjištěno, že zvýšený vývoj prsního svalu byl spojen s výrazným zvýšením velikosti svalových vláken. Zvýšil se i celkový počet svalových vláken, kdy bylo u rychle rostoucích kuřat naměřeno o 20 % více svalových vláken ve svalu *Latissimus dorsi* a předpokládá se, že podobné zvýšení může nastat také u prsních svalů (Duclos et al. 2007). Zvýšený počet vláken a jejich průměru s sebou přináší obrovská vlákna, která nejsou považována za určitý typ vláken, ale sestávají z vláken vykazujících strukturální a metabolické anomálie, jako stav hyperkontrakce, který pokračuje i po odeznění *rigor mortis*. Bylo zaznamenáno, že vyšší procento těchto vláken se vyskytuje u rychle rostoucích kuřat (Verdiglione & Cassandro 2013).

Aktivní ptáci, jako jsou pomalu rostoucí kuřata, jsou náchylnější k zavěšení nohou za držadla na jatkách, což vede k rychlému okyselení prsou. Měření chování těchto ptáků před omráčením poukázalo na to, že vykazují vyšší úroveň boje, což vede jednak k rychlejšímu

poklesu pH, ale také ke zvýšenému zarudnutí prsního svalu (Berri et al. 2005). Jatečně upravená těla těchto kuřat jsou často uváděna na trh jako celek, proto hraje barva kůže obzvláště důležitou roli. Barva kůže závisí na genetické schopnosti kuřete produkovat melaninové pigmenty v *dermis* a *epidermis*, stejně jako na schopnosti absorbovat a ukládat karotenoidní pigmenty v *epidermis* (Fanatico et al. 2005). Pokud mají pomalu rostoucí kuřata přístup do venkovního výběhu s pastvou, jejich maso bude více žluté než maso od stejných kuřat ustájených v hale. I přesto, když byl rychle rostoucím kuřatům umožněn přístup k píci, jejich maso nebylo více žluté, než maso pomalu rostoucích kuřat. To může souviset se s tím, že rychle rostoucí kuřata netrávila tolik času venku jako pomalu rostoucí kuřata a pokud ano, věnovala více času odpočinku (Fanatico et al. 2005).

Co se týče šťavnatosti, maso pomalu rostoucích kuřat vykazuje vyšší ztráty při vaření, než maso rychle rostoucích kuřat. To může být zapříčiněno tloušťkou prsních svalů, která je u rychle rostoucích brojlerů větší, a proto neztrácí tolik vody z masa jako tenčí prsní svaly pomalu rostoucích brojlerů (Fanatico et al. 2007). Nižší šťavnatost prsního masa pomalu rostoucích kuřat může též souviset s nižším obsahem intramuskulárního tuku. V jedné studii měla pomalu rostoucí kuřata pouze polovinu intramuskulárního tuku oproti rychle rostoucím kuřatům (Fanatico et al. 2005).

Jak již bylo řečeno, svalová vlákna rychle rostoucích genotypů mají vyšší hodnotu MFN a CSA než svalová vlákna pomalu rostoucích genotypů. Nízkoenergetická strava používaná v extenzivní produkci může mít za následek menší CSA, protože omezení krmiva jak v množství, tak v kvalitě vede ke zmenšení CSA vlákna. Tenčí svalová vlákna způsobují, že je maso prsou jemnější (Fanatico et al. 2007). Maso pomalu rostoucích kuřat vykazuje také sušší texturu a lepší soudržnost řezu než maso rychle rostoucích kuřat (Berri et al. 2005).

## 4 Metodika

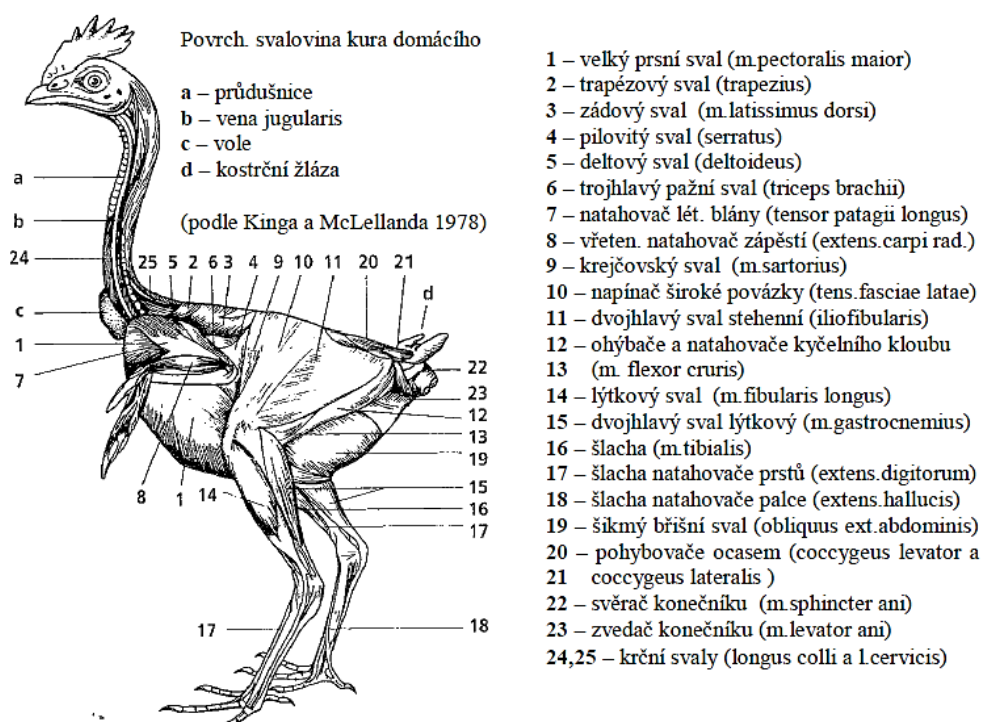
Cílem této práce bylo zjistit vliv genotypu na charakteristiky svalových vláken. Do experimentu bylo zařazeno celkem 210 rychle rostoucích kuřat Ross 308 a 210 pomalu rostoucích kuřat ISA Dual (poměr pohlaví 1:1). Jednodenní kuřata byla označena křídelními známkami a ustájena ve vnitřních podlahových boxech s podestýlkou (11,35 ks/m<sup>2</sup>). Podmínky prostředí byly udržovány v souladu s požadavky pro vykrmovaná kuřata a byly shodné pro oba genotypy.

Během celého experimentu byla kuřata krmena *ad libitum* komerční krmnou směsí pro výkrm kuřat. Schéma zkrmování bylo pro genotyp Ross: do 14 dnů věku byl kuřatům genotypu Ross podáván starter (BR1), od 15. do 28. dne BR2 a od 28. do konce výkrmu BR3. Krmné schéma pro genotyp ISA Dual bylo následující: BR1 od 1. do 21. dne, BR2 od 22. do 42. dne a BR3 od 43. dne do konce výkrmu. Složení jednotlivých směsí je uvedeno v Tabulce 5. Během celého experimentu byla kuřatům podávána voda v neomezeném množství. Světelný režim byl mezi 1. a 7. dnem věku 23 hodin světla, od 8 do 67 dnů 18 hodin světla a od 68 do 70 dnů věku 23 hodin světla.

Tabulka 5: Receptury krmných směsí.

Suroviny (%)	BR1	BR2	BR3
Pšenice	45,16	57,63	63,99
Kukuřice	15,00	8,00	5,00
Sójový extrahovaný šrot 48%	31,05	26,85	22,35
Rybí moučka	1,00	-	-
Monokalciumfosfát	0,88	0,63	0,57
Uhličitan vápenatý	1,44	1,12	1,08
Sůl krmná	0,28	0,25	0,28
Olej sójový	3,41	1,00	-
Tuk živočišný	-	2,93	5,58
Síran sodný	0,11	0,12	0,08
Premixy aminokyselin	0,80	0,77	0,69
Premixy vit.,enzymů,DL, or.kys.,AKC	0,88	0,70	0,37
Obsah živin (vypočítaný)			
Dusíkaté látky (g/kg)	21,59	19,72	18,05
Tuk (g/kg)	5,44	5,76	7,32
Lysin (g/kg)	1,29	1,16	1,03
Methionin (g/kg)	0,60	0,52	0,46
Vápník (g/kg)	0,94	0,77	0,70
Fosfor (g/kg)	0,45	0,39	0,35
Vitamin A (m.j./kg)	15000	9999	10000
Vitamin D3 (m.j./kg)	4998	4998	5000
Metabolizovatelná energie (MJ/kg)	12,55	12,90	13,50

Kuřata byla vykrmována do průměrné živé hmotnosti 2 kg. Této hmotnosti dosáhl genotyp Ross v 35 dnech věku a ISA Dual v 70 dnech věku. Ptáci byli poraženi na experimentálních jatkách Mezinárodní stanice pro testování drůbeže v Ústrašicích prostřednictvím elektrického omráčení s následným vykrvením z krčních cév. Bezprostředně po porážce byly z jatečných trupů odstraněny vnitřnosti. Po evisceraci byly odebrány vzorky pro histologické stanovení svalových vláken odebrány vzorky svalu *Pectoralis major* a *Biceps femoris* (Obrázek 3 – Svalová soustava ptáků).



Obrázek 3: Svalová soustava ptáků

## 4.1 Histochemická analýza

Pro stanovení charakteristik svalových vláken byly ihned po porážce odebrány vzorky svalů *Pectoralis major* a *Biceps femoris*. Vzorky byly zamrazeny v 2-methylbutanu chlazeném kapalným dusíkem (-156 ° C) a následně uloženy při -80 ° C až do histochemické analýzy. Poté byly z každého vzorku odděleny řezy (tloušťka 12 μm) kryostatem Leica CM 1850 (Leica Microsystems Nussloch GmbH, Nussloch, Německo) při -20 ° C. Barvení pro stanovení jednotlivých typů svalových vláken pomocí ATPázy bylo provedeno po kyselé i alkalické preinkubaci podle metodologie Brooke & Kaiser (1970). Vlákna byla typizována v souladu s nomenklaturou (Choi & Kim 2009) jako typ I (pomalá oxidační), IIA (rychlá oxidační) a IIB (rychlá glykolytická). Charakteristiky svalových vláken, počet svalových vláken na 1 mm<sup>2</sup> (MFD), plocha průřezu vláken (CSA), průměr, obvod a kruhovitost byly stanoveny pomocí softwaru NIS Elements AR 3.1 (Nikon, Tokio, Japonsko) a následně byla vypočtena distribuce jednotlivých typů vláken.

## 4.2 Statistické vyhodnocení

Zjištěné výsledky byly statisticky zpracovány pomocí programu SAS (Statistical Analysis System, verze 9.1.3, 2003). Data všech skupin byla porovnána jednosměrnou analýzou variance za použití postupu GLM (general linear model, ANOVA). Pro detekci rozdílů byl využit Duncanův test. Hladina významnosti  $P < 0,05$  byla považována za průkaznou pro všechna měření a statisticky významné rozdíly mezi skupinami jsou označeny písmeny.

## 5 Výsledky

Tyto výsledky poskytují porovnání charakteristik svalových vláken dvou genotypů kuřat s odlišnou rychlostí růstu. Výsledky sledování jsou shrnuty v Tabulce 6 a 7. Předem stanovená hladina významnosti ( $\alpha$ ) byla zvolena 0,05. Za statisticky významný rozdíl lze považovat hodnotu  $P < 0,05$ .

Tabulka 6: Charakteristiky svalových vláken (plocha, průměr, obvod, kruhovitost a počet svalových vláken na 1 mm<sup>2</sup>) svalu *Pectoralis major* kuřat Ross 308 a ISA Dual.

Prsa	Ross 308	ISA Dual	Průkaznost
Plocha (μm <sup>2</sup> )	2642,90 <sup>a</sup>	2244,80 <sup>b</sup>	≤0,001
Průměr (μm)	55,82 <sup>a</sup>	49,27 <sup>b</sup>	≤0,001
Obvod (μm)	200,11 <sup>a</sup>	175,99 <sup>b</sup>	≤0,001
Kruhovitost	0,77 <sup>b</sup>	0,78 <sup>a</sup>	0,030
Počet vláken ks/mm <sup>2</sup>	297,33 <sup>b</sup>	455,20 <sup>a</sup>	0,001

<sup>a,b</sup>P ≤ 0,05 - průkazné difference mezi průměry; a – průkazně vyšší hodnota, b – průkazně nižší hodnota.

Výsledky analýzy vybraných parametrů svalových vláken (plocha, průměr, obvod, kruhovitost, počet) svalu *Pectoralis major* kuřat Ross 308 a kuřat ISA Dual jsou uvedeny v Tabulce 6. Vybrané parametry svalových vláken se ve všech případech statisticky významně lišily.

Z výsledků je patné, že genotypy vykazují odlišné hodnoty v charakteristikách svalových vláken. Kuřata Ross 308 měla oproti kuřatům ISA Dual větší plochu, průměr a obvod svalových vláken. Plocha svalových vláken kuřat Ross 308 byla 2642,90 μm<sup>2</sup>, zatímco u kuřat ISA Dual 2244,80 μm<sup>2</sup> ( $P \leq 0,001$ ). Průměr svalových vláken kuřat Ross 308 byl naměřen 55,821 μm a u kuřat ISA Dual 49,267 μm ( $P \leq 0,001$ ). Obvod svalových vláken kuřat Ross 308 dosahoval hodnoty 200,114 μm, kdežto u kuřat ISA Dual pouze 175,994 μm ( $P \leq 0,001$ ). Naproti tomu kuřata ISA Dual měla ve srovnání s kuřaty Ross 308 výrazně vyšší počet svalových vláken (tj. jejich vlákna měla menší plochu ve srovnání s kuřaty Ross 308). Naměřený počet svalových vláken byl u kuřat ISA Dual 455,2 ks/mm<sup>2</sup>, zatímco u kuřat Ross 308 pouze 297,33 ks/mm<sup>2</sup> ( $P = 0,001$ ). Mezi genotypy byly pozorovány pouze malé rozdíly v kruhovitosti svalových vláken. U kuřat Ross 308 vykazovala svalová vlákna hodnotu kruhovitost 0,77 a kuřata ISA Dual 0,78 ( $P = 0,030$ ).



Tabulka 7: Charakteristiky svalových vláken (počet svalových vláken na 1 mm<sup>2</sup>, podíl, plocha, průměr, obvod a kruhovitost) svalu *Biceps femoris* kuřat Ross 308 a ISA Dual.

Stehno	Typ svalového vlákna	Ross 308	ISA Dual	Průkaznost
<b>Počet ks/mm<sup>2</sup></b>	I	8,44 <sup>a</sup>	8,00 <sup>a</sup>	0,899
	IIA	41,33 <sup>a</sup>	53,78 <sup>a</sup>	0,368
	IIB	536,00 <sup>a</sup>	563,11 <sup>a</sup>	0,591
	Celkem	585,78 <sup>a</sup>	624,89 <sup>a</sup>	0,406
<b>Podíl (%)</b>	I	1,50 <sup>a</sup>	1,37 <sup>a</sup>	0,831
	IIA	6,99 <sup>a</sup>	9,02 <sup>a</sup>	0,373
	IIB	91,51 <sup>a</sup>	89,61 <sup>a</sup>	0,425
<b>Plocha (μm<sup>2</sup>)</b>	I	848,90 <sup>a</sup>	863,50 <sup>a</sup>	0,911
	IIA	924,45 <sup>a</sup>	841,35 <sup>a</sup>	0,094
	IIB	1220,08 <sup>a</sup>	1117,01 <sup>b</sup>	≤0,001
<b>Průměr (μm)</b>	I	32,56 <sup>a</sup>	31,78 <sup>a</sup>	0,756
	IIA	33,60 <sup>a</sup>	31,91 <sup>a</sup>	0,088
	IIB	38,25 <sup>a</sup>	36,07 <sup>b</sup>	≤0,001
<b>Obvod (μm)</b>	I	112,60 <sup>a</sup>	111,13 <sup>a</sup>	0,866
	IIA	116,55 <sup>a</sup>	110,52 <sup>a</sup>	0,090
	IIB	137,05 <sup>a</sup>	129,84 <sup>b</sup>	≤0,001
<b>Kruhovitost</b>	I	0,83 <sup>a</sup>	0,81 <sup>a</sup>	0,521
	IIA	0,83 <sup>a</sup>	0,83 <sup>a</sup>	0,988
	IIB	0,78 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	0,146

<sup>a,b</sup>P ≤ 0,05 - průkazné difference mezi průměry; a – průkazně vyšší hodnota, b – průkazně nižší hodnota.

V Tabulce 7 jsou uvedeny výsledky týkající se zastoupení jednotlivých typů svalových vláken a jejich charakteristik (počet, podíl, plocha, průměr, obvod, kruhovitost) ve svalu *Biceps femoris* u rychle rostoucích kuřat Ross 308 a pomalu rostoucích kuřat ISA Dual. Vybrané parametry svalových vláken v *Biceps femoris* se statisticky významně lišily u plochy, průměru a obvodu svalových vláken typu IIB.

Výrazně nejvyšší počet svalových vláken ve svalu *Biceps femoris* byl zjištěn u vláken typu IIB a to jak u kuřat Ross 308, tak u kuřat ISA Dual. Ve srovnání s kuřaty Ross 308 měla kuřata ISA Dual neprůkazně vyšší počet vláken typu IIB (P = 0,591). Druhá nejvyšší hodnota počtu svalových vláken byla naměřena u vláken IIA, které byly taktéž u kuřat ISA Dual neprůkazně početnější (P = 0,368). Nejmenší počet představovala vlákna typu I, která byla jako jediná u kuřat Ross 308 v porovnání s kuřaty ISA Dual vyšší (P = 0,899). Mezi genotypy byl zaznamenán nejvyšší rozdíl v počtu u vláken IIB. Celkový počet vláken byl vyšší u kuřat ISA Dual, i když tento rozdíl nebyl průkazný.

Nejvyšší podíl ze všech typů vláken představovala u obou genotypů vlákna typu IIB, kterých bylo naměřeno o 1,89 % více u kuřat Ross 308 oproti kuřatům ISA Dual (P = 0,425). Naopak druhý nejvyšší podíl zaujímal vlákna IIA, kterých bylo zaznamenáno o 2,03 % více

u kuřat ISA Dual než u kuřat Ross 308 ( $P = 0,373$ ). Vlákna typu I měla u obou genotypů nejmenší podíl, u kuřat Ross 308 byl však v porovnání s kuřaty ISA Dual o 0,14 % vyšší ( $P = 0,831$ ).

Co se týče plochy, byla u obou genotypů největší u vláken typu IIB, přičemž průkazně vyšší hodnota byla naměřena u rychle rostoucích kuřat Ross 308 ( $P \leq 0,001$ ). U kuřat Ross 308 měla vlákna typu IIA druhou nejvyšší hodnotu plochy, avšak u kuřat ISA Dual byla plocha těchto vláken nejnižší. Vlákna typu I měla větší plochu průřezu u kuřat ISA Dual než u kuřat Ross 308 ( $P = 0,911$ ), u kterých jsou typem vlákna s nejmenší plochou. Absolutně nejmenší plocha byla zaznamenána u vláken IIA kuřat ISA Dual.

Průměr všech typů vláken byl vždy větší u kuřat Ross 308 než u ISA Dual. Nejvyšší hodnota průměru byla naměřena u vláken typu IIB a to jak u kuřat Ross 308, tak u kuřat ISA Dual. U kuřat Ross 308 byl průměr vláken IIB ve srovnání s kuřaty ISA Dual vyšší ( $P \leq 0,001$ ). Vlákna typu IIA měla u obou genotypů druhý největší průměr, přičemž u kuřat Ross 308 byl neprůkazně vyšší ( $P = 0,088$ ) než u kuřat ISA Dual. Nejmenší průměr svalových vláken byl pro oba genotypy zjištěn u vláken typu I. Vlákna typu I kuřat Ross 308 měla větší průměr než vlákna typu IIA kuřat ISA Dual.

Stejně jako plocha a průměr, byl i obvod svalových vláken největší u vláken typu IIB. Jejich obvod byl oproti kuřatům ISA Dual vyšší u kuřat Ross 308 ( $P \leq 0,001$ ). U kuřat Ross byla vlákna s druhým největším obvodem vlákna typu IIA, naopak u kuřat ISA Dual to byla vlákna typu I. Nejmenší obvod svalových vláken rychle rostoucích kuřat Ross 308 vykazují vlákna typu I zatímco u kuřat ISA Dual vlákna IIA. Nejnižší hodnotu obvodu ze všech typů vláken měla vlákna typu IIA u kuřat ISA Dual. Kuřata Ross 308 měla obvod svalových vláken typu I větší, než byl obvod vláken typu IIA u kuřat ISA Dual.

Nejnižší kruhovitost vykazovala vlákna IIB u ISA Dual, naopak nejvyšší hodnoty byly zjištěny u vláken typu I taktéž u ISA Dual. Kruhovitost vláken typu IIB byla u obou genotypů téměř shodná, u linie Ross 308 byla však hodnota nepatrně vyšší ( $P = 0,146$ ). Kruhovitost vláken typu IIA nabývá u obou genotypů stejných hodnotu ( $P = 0,988$ ). Kruhovitost vláken typu I vykazovala vyšší hodnoty u kuřat Ross 308 oproti kuřatům ISA Dual ( $P = 0,521$ ). Byla nalezena shodná hodnota kruhovitosti mezi vlákny typu I a IIA u kuřat Ross 308 a IIA u ISA Dual.

Sval *Pectoralis major* má v porovnání se svalem *Biceps femoris* vyšší naměřené hodnoty u charakteristik, jako je plocha, průměr a obvod svalových vláken. Naproti tomu sval *Biceps femoris* má vyšší počet svalových. Hodnota kruhovitost svalových vláken ve svalu *Pectoralis major* byla velmi podobná hodnotě naměřené u vláken IIB v *Biceps femoris*.

## 6 Diskuze

Vlastnosti svalových vláken se výrazně odrážejí na celkové kvalitě kuřecího masa. Tyto vlastnosti jsou velmi složité a jsou ovlivněny mnoha faktory. Jedním z těchto faktorů je genotyp, který se významně podílí na utváření svalových vláken. Charakteristiky svalových vláken tak mohou nabývat u různých genotypů kuřat odlišných hodnot. To však nezávisí pouze na genotypu samotném, ale také na systému ustájení kuřat. Především venkovní systém produkce brojlerů, kde je využíváno převážně pomalu rostoucích genotypů, je kvůli změnám teploty a fotoperiody přirozeně proměnlivý a odráží se na kvalitě masa.

Tato studie porovnává vlastnosti svalových vláken pomalu a rychle rostoucích genotypů kuřat a zkoumá tak vliv genotypu na svalová vlákna. Rozdílné hodnoty charakteristik svalových vláken pomalu a rychle rostoucích brojlerů byly jasně prokázány a lze tak potvrdit vliv genotypu na utváření svalových vláken a následně tak i a na kvalitu masa.

Bylo zjištěno, že hustota svalových vláken je úzce spjata s plochou jejich průřezu. Čím je plocha průřezu menší, tím větší je hustota svalových vláken. V této studii byla hustota svalových vláken ve svalu *Pectoralis major* prokazatelně vyšší u pomalu rostoucích kuřat ISA Dual. S výjimkou vláken typu I, která byla u kuřat Ross 308 četnější, tomu tak bylo i ve svalu *Biceps femoris*, i když v tomto svalu nebyly rozdíly průkazné. Naproti tomu plocha svalových vláken byla vyšší u kuřat Ross 308 a to jak ve svalu *Pectoralis major* tak ve svalu *Biceps femoris*. Také Verdiglione & Cassandro (2013) porovnávali charakteristiky svalových vláken pomalu rostoucích kuřat Padovana a středně rychle rostoucích kuřat Berlanda. Zjistili, že rozdíl mezi dvěma genotypy byl v ploše svalových vláken, která byla u kmene Berlanda větší. Naproti tomu hustota svalových vláken byla vyšší u kuřat Padovana. Ke stejnému závěru došli také Dransfield & Sosnicki (1999), kteří zjistili, že rychle rostoucí linie brojlerů mají vlákno s větší plochou než pomalu rostoucí genotypy kuřat. Berri et al. (2005) porovnávali kvalitu a zpracovatelnost masa z prsou rychle rostoucích, středně rychle rostoucích a pomalu rostoucích kuřat. Také oni vyhodnotili, že svalová vlákna rychle rostoucích kuřat měla ze všech zkoumaných genotypů největší plochu.

V současnosti jsou původní pomalu rostoucí linie kuřat spíše řazena mezi středně rychle rostoucí kuřata, zatímco za pomalu rostoucí kuřata jsou považováni kohoutci nosných linií. Za alternativní produkci pomalu rostoucích kuřat lze považovat právě výkrm kohoutků nosných linií, kteří jsou v odvětví produkce vajec často zabíjeni ihned po vylíhnutí, protože se pro ně nenachází uplatnění. Tento systém produkce masa z nosných linií kohoutků je jedním z možných řešení jejich využití a kvůli etické stránce se setkává se stále větším zájmem spotřebitelů. Scheuermann et al. (2004) porovnávali vývoj prsních svalů nosné linie leghorn a brojlerových kuřat. Zjistili, že kuřata leghorn měla v porovnání s brojlerovými kuřaty o 45 % vyšší hustotu svalových vláken jako důsledek menšího průřezu vláken. To potvrzuje také Teimouri & Tůmová (2009), kteří uvádějí, že svalová vlákna brojlerů mají větší plochu než svalová vlákna kuřat nosné linie. Závěrem lze říci, že rychle rostoucí genotypy kuřat mají oproti pomaleji rostoucím genotypům, včetně kohoutků nosných linií, větší plochu svalových vláken, avšak menší plochu průřezu.

Stejně tak jako plocha průřezu, byl i průměr a obvod svalových vláken naměřen vyšší u rychle rostoucích kuřat Ross 308 oproti kuřatům ISA Dual. Naměřená hodnota průměru

svalového vlákna ve svalu *Pectoralis major* byla u kuřat Ross 55,821  $\mu\text{m}$  a kuřat ISA Dual 49,267  $\mu\text{m}$ . Miraglia et al. (2006) porovnávali svalová vlákna *Pectoralis major* stejných hybridů a zjistili, že průměr svalového vlákna je u kuřat Ross 69,4  $\mu\text{m}$  a u kuřat ISA Dual 54,2  $\mu\text{m}$ . Hodnoty průměru, které Miraglia et al. (2006) získali, jsou ve srovnání s výsledky této práce vyšší. Příčinou byla pravděpodobná délka výkrmu, která byla v jejich studii delší než v případě této studie. Papinaho et al. (1996) udává hodnotu průměru svalového vlákna *Pectoralis major* 60  $\mu\text{m}$ , která je také ve srovnání s průměry zjištěnými v této práci vyšší. Výsledné hodnoty průměrů svalových vláken jsou však v souladu s tvrzením, že obecně se průměr svalového vlákna pohybuje v rozmezí od 10 do 100  $\mu\text{m}$  (Choi & Kim 2009). Na základě výsledků této práce a prací výše zmíněných autorů, lze naměřený průměr svalových vláken zhodnotit jako podprůměrný. Odchytky mohou být způsobeny mnoha faktory, jako je například systém ustájení, mikroklima ustájení, výživa, odlišná délka výkrmu, metodologie apod.

Všechny parametry spojené s velikostí svalových vláken, jako je plocha, průměr a obvod, byly vyšší ve svalu *Pectoralis major* než ve svalu *Biceps femoris*. Důvodem většího průměru svalových vláken v *Pectoralis major* kuřat Ross 308 může být vysoké zastoupení glykolytických vláken typu IIB, která se vyznačují větším průměrem než jak je tomu u ostatních typů vláken (Petracci et al. 2015). Teimouri & Tůmová (2009) zjistili, že v prsní svalovině brojlerových kuřat se nacházejí téměř jen svalová vlákna typu IIB, jejichž podíl ve svalu *Pectoralis superficialis* byl zjištěn  $99,9 \pm 0,1 \%$ . Vysoký podíl vláken typu IIB v *Pectoralis major* je výsledkem genetické selekce, která je na tento sval kvůli jeho komerční hodnotě nejvíce zaměřena proto obsahují největší podíl vláken IIB (Miraglia et al. 2006), která jak již bylo řečeno, mají ze všech typů vláken největší průměr.

Podíl jednotlivých typů svalových vláken v *Pectoralis major* nebyl předmětem této práce, avšak na základě tvrzení, že v prsní svalovině brojlerových kuřat se téměř výhradně nacházejí pouze svalová vlákna typu IIB (Teimouri & Tůmová 2009), lze očekávat vysoké zastoupení těchto vláken v *Pectoralis major* i v případě tohoto výzkumu. Tomu napovídají také výsledné hodnoty vypovídající o velikosti svalových vláken (plocha, průměr, obvod), které jsou pravděpodobně z důvodu vysokého zastoupení vláken IIB u svalů *Pectoralis major* větší než u svalů *Biceps femoris*. Stejně tak i kruhovitost svalových vláken ve svalů *Pectoralis major* je velmi podobná hodnotám naměřeným u vláken typu IIB ve svalů *Biceps femoris*. Pokud by se předpokládala vysoký podíl vláken IIB ve svalů *Pectoralis major*, jsou i přesto parametry, jako je plocha, průměr a obvod v tomto svalů ve srovnání s *Biceps femoris* značně vyšší. Duclos et al. (2007) uvádějí výsledky některých studií, které byly získány srovnáním genotypů pro rychlý a pomalý růst a odhalili, že zvýšený vývoj prsního svalů u rychle rostoucích brojlerů byl spojen s výrazným zvýšením velikosti svalových vláken. Kromě toho, Dransfield & Sosnicki (1999) také zjistili, že zvýšení velikosti svalových vláken je spojeno s vyšším podílem obřích vláken, kterých se nejvíce nachází právě ve svalů *Pectoralis major*. Stejně tak i Miraglia et al. (2006) došli k závěru, že kuřata Ross měla podíl obřích vláken ve svalů *Pectoralis major* ve srovnání s pomalu rostoucími kuřaty Kabir vyšší. Chiang et al. (1995) zjistili, že svaly, jako je *Pectoralis major*, které se skládají z vyššího podílu vláken typu IIB, jsou náchylnější ke vzniku obřích vláken. Ke stejnému závěru došli také Verdiglione & Casandro (2013), kteří zjistili, že vyšší procento obřích vláken se vyskytuje u rychle rostoucích kuřat, která mají více vláken typu IIB. V této studii nebyla přítomnost obřích

svalových vláken znamená a je to pravděpodobně z důvodu, že Ross 308 je méně náchylný na výskyt této vady ve srovnání s ostatními liniemi tohoto genotypu.

Jak uvádí Fanatico et al. (2007), rozdíly mezi pomalu a rychle rostoucími kuřaty mohou být dány nejen genotypem, ale také nízkoenergetickou stravou používanou v extenzivním systému produkce. Omezení krmiva jak v množství, tak v kvalitě vede ke zmenšení plochy vlákna.

## 7 Závěr

Tato studie byla zaměřena na porovnání charakteristik svalových vláken svalu *Pectoralis major* a *Biceps femoris* získaných ze dvou odlišných genotypů brojlerových kuřat s různou rychlostí růstu a užitkovostí. Výsledné hodnoty byly podobné těm, které byly dříve zveřejněny v jiných studiích. Byla stanovena hypotéza, podle které se mezi genotypy očekávaly rozdíly v charakteristikách svalových vláken způsobené rozdílným růstem. Očekávaly se také rozdílné hodnoty charakteristik mezi svaly *Pectoralis major* a *Biceps femoris*. Předpokládalo se, že se vliv přisuzovaný genetické variaci vyvolané selekcí na rychlý a pomalý růst bude odrazet na utváření svalových vláken.

Bylo zjištěno, že významný rozdíl mezi linií Ross 308 a ISA Dual je ve velikosti a počtu svalových vláken. Rychle rostoucí kuřata Ross 308 mají větší svalová vlákna než pomalu rostoucí kuřata ISA Dual, zatímco kuřata ISA Dual mají vyšší počet svalových vláken. Dále bylo zjištěno, že svalová vlákna v *Pectoralis major* mají značně větší plochu, průměr a obvod ve srovnání se svalovými vlákny v *Biceps femoris*. Naopak ve svalu *Biceps femoris* je výrazně vyšší počet svalových vláken než ve svalu *Pectoralis major*. Nižší počet svalových vláken v *Pectoralis major* je pravděpodobně způsoben vysokým zastoupením glykolytických vláken IIB, kterých se v tomto svalu nachází více než v *Biceps femoris* a jsou oproti ostatním typům vláken větší. Nejpočetnějším typem svalového vlákna v *Biceps femoris* je typ IIB a z výsledných hodnot parametrů velikosti (plocha, průměr, obvod) tak usuzujeme i pro *Pectoralis major*.

Rozdílné výsledky studií mohou být způsobeny odlišným výběrem linie kuřat pro analýzu, životním prostředím kuřat, použitou metodou omračování, věkem zvířat, metodologií, úrovní fyzické aktivity kuřat a odlišnostmi ve velikosti vzorku.

Závěrem lze říci, že výsledky této studie poskytly charakteristiku vlastností svalových vláken jak pro rychle rostoucí kuřata Ross 308 tak pro pomalu rostoucí kuřata ISA Dual. Prokázaly se rozdíly mezi pomalu a rychle rostoucími kuřaty a vliv genotypu na charakteristiky svalových vláken. Hypotéza tak byla potvrzena.

## 8 Literatura

- Ashmore CR, Addis PB. 1972. Pages 211-230. Prenatal development of muscle fiber types in domestic animals. Meat Conf. National Livestock and Meat Board 211-230.
- Ashmore CR, Doerr L. 1971. Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Experimental Neurology* **31**:408-418.
- Aviagen.2020. Available from eu.aviagen.com (accessed February 2020).
- Berri C, Le Bihan-Duval E, Baéza E, Chartrin P, Picgirard L, Jehl N, Quentin M, Picard M, Duclos JM. 2005. Further processing characteristics of breast and leg meat from fast-, medium- and slow-growing commercial chicken. *Animal Research, EDP Sciences* **54**:123-134.
- Brooke MH, Kaiser KK. 1970. Three myosin adenosine triphosphatase system: the nature of their pH liability and sulhydryl dependence. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry* **18**:670-672.
- Castellini C, Mugnai C, Dal Bosco A. 2002. Meat quality of three chicken genotypes reared according to the organic system. *Italian Journal Food Science* **14**:411-412.
- Cobb-Vantress. 2020. Available from cobb-vantress.com (accessed February 2020).
- Coutinho LL, Morris J, Marks HL, Buhr RJ, Ivarie R. 1993. Delayed somite formation in a quail line exhibiting myofiber hyperplasia is accompanied by delayed expression of myogenic regulatory factors and myosin heavy chain. *Development* **117**:563-569.
- Dal Bosco A, Mugnai C, Ruggeri, S, Mattioli S, Castellini C. 2012. Fatty acid composition of meat and estimated indices of lipid metabolism in different poultry genotypes reared under organic system. *Poultry Science* **91**:2039-2045.
- Daniels T. 2018. Fast Food – Growing Your Own Broiler Chicken. Available from [poultrykeeper.com/general-chickens/fast-food-broiler-chicken](http://poultrykeeper.com/general-chickens/fast-food-broiler-chicken) (accessed February 2020).
- Duclos MJ, Berri C, Le Bihan-Duval E. 2007. Muscle Growth and Meat Quality. *The Journal of Applied Poultry Research* **16**:107-112.
- Evaris E, Sarmiento Franco L, Sandoval-Castro CA. 2019. Slow-growing male chickens fit poultry production systems with outdoor access. *World's Poultry Science Journal* **75**:429-444.
- Evropská komise. 2016. Zpráva komise evropskému parlamentu a radě o dopadu genetické selekce na dobré životní podmínky kuřat chovaných na maso. Brusel.
- Chodová D, Tůmová E. Vliv genotypu kuřat na jatečnou a nutriční hodnotu masa. 2018. 8th International Scientific Symposium "Poultry Days 2018", Brno.
- Choi YM, Kim BC. 2009. Muscle fibre characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. *Livestock Science* **122**:105-118.

- Fanatico AC, Cavitt LC, Pillai PB, Emmert JL, Owens CM. 2005. Evaluation of slower-growing broiler genotypes grown with and without outdoor access: meat quality. *Poultry Science* **84**:1321-1327.
- Fanatico AC, Pillai PB, Emmert JL, Gbur EE, Meullenet JF, Owens CM. 2007. Sensory attributes of slow- and fast-growing chicken genotypes raised indoors or with outdoor access, *Poultry Science* **86**:2441-2449.
- Grashorn MA. 2006. Fattening performance, carcass and meat quality of slow and fast growing broiler strains under intensit and extensit feeding conditions. XII European Poultry Conference, Verona.
- Hedrick HB, Aberle E, Forrest JC, Judge MD, Merkel RA. 1994. In *Principles of Meat Science*. Kendall/Hunt Publ, Iowa.
- Hubbard. 2020. Available from [www.hubbardbreeders.com](http://www.hubbardbreeders.com) (accessed February 2020).
- Katanbaf MN, Hardiman JW. 2010. Primary broiler breeding-Striking a balance between economic and well-being traits. *Poultry Science* **89**:822-824.
- Kerth CR. 2013. *The science of meat quality*. John Wiley & Sons, Incorporated, Somerset.
- Keynes RD, Aidley DJ, Huang, Christopher LH. 2011. *Nerve and Muscle*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Klasing KC, Calvert CC, Jarrell VL. 1987. Growth characteristics, protein synthesis, and protein degradation in muscles from fast and slow-growing chickens. *Poultry Science* **66**:1189-1196.
- Laughlin K. 2007. *The evolution of genetics, breeding and production*. Temperton Fellowship Report **15**.
- Leeson S, Summers JD. 2010. *Broiler Breeder Production*. Nottingham University Press, Nottingham.
- Lei M, Luo C, Peng X, Fang M, Nie Q, Zhang D, Yang G, Zhang X. 2007. Polymorphism of growth-correlated genes associated with fatness and muscle fiber traits in chickens. *Poultry Science* **86**:835-842.
- Lewis PD, Perry GC, Farmer LJ, Patterson RLS. 1997. Responses of two genotypes of chicken to the diets and stocking densities typical of UK and “Label Rouge” production systems: I. Performance, behaviour and carcass composition. *Meat Science* **45**:501-516.
- Lichovníková M, Jandrásek J, Jürzl M, Dračková E. 2009. The meat quality of layer males from free range in comparison with fast growing chickens. *Czech Journal of Animal Science* **54**:490-497.
- Lippens M. 2003. *The influence of feed control on the growth pattern and production parameters of broiler chicken [Ph.D. thesis]*. University Gent, Brussels.
- Louton H, Keppler CH, Erhard M, Tuijl van O, Bachmeier J, Damme K, Reese S, Rauch E. 2019. Animal-based welfare indicators of 4 slow-growing broiler genotypes for the approval in an animal welfare label program. *Poultry Science* **98**:2326-2337.



- Miraglia D, Mammoli R, Branciarri R, Ranucci D, Cenci Goga BT. 2006. Characterization of muscle fibre type and evaluation of the presence of giant fibres in two meat chicken hybrids. *Veterinary Research Communications* **30**:357-360.
- Mistr M. 2010. Rozšíření seznamu hybridů brojlerových kuřat šlechtěných k pomalému růstu. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from: [http://www.kez.cz/sites/default/files/aktuality/Hybridy\\_seznam.pdf](http://www.kez.cz/sites/default/files/aktuality/Hybridy_seznam.pdf) (accessed December 2019).
- Orcutt MW, Young RB. 1982. Cell differentiation, protein synthesis rate and protein accumulation in muscle cell cultures isolated from embryos of layer and broiler chickens. *Journal of Animal Science* **54**:769-776.
- Owens CM. 2010. Poultry meat processing, CRC Press LLC, Baton Rouge.
- Papinaho PA, Ruusunen MH, Suuronen T, Fletcher DL. 1996. Relationship between muscle biochemical and meat quality properties of early deboned broiler beasts. *Journal of Applied Poultry* **5**:126-133.
- Petracci M, Mudalal S, Soglia F, Cavani C. 2015. Meat quality in fast-growing broiler chickens. *World's poultry science Journal* **71**:363-374.
- Dransfield E, Sosnicki AA. 1999. Relationship between muscle growth and poultry quality. *Poultry Science* **78**:743-746.
- Sams AR, Janky DM. 1990. Simultaneous histochemical determination of three fiber types in single sections of broiler skeletal muscles. *Poultry Science* **69**:1433-1436.
- Scheuermann GN, Bilgili SF, Tuzun S, Mulvaney DR. 2004. Comparison of chicken genotypes: myofibre number in pectoralis muscle and myostatin ontogeny. *Poultry Science* **83**:1404-1412.
- Skřivan M, Tůmová E, Vondrka K, Dousek J, Lancová B, Ouředník J, Optl J, 2000. *Drůbežnictví 2000*. Agrospoj, Praha.
- Solomon MB, Dunn MC. 1988. Simultaneous histochemical determination of three fiber types in single sections of ovine, bovine and porcine skeletal muscle. *Journal of Animal Science* **66**:255-264.
- Stadig LM, Rodenburg TB, Reubens B, Aerts J, Duquenne B, Tuytens FAM. 2016. Effects of free-range access on production parameters and meat quality, composition and taste in slow-growing broiler chickens. *Poultry Science* **95**:2971-2978.
- Teimouri A, Tůmová E. 2009. Chicken muscle fibers characteristic and meat quality. *Scientia Agriculturae Bohemica* **40**:253-258.
- Tůmová E, Chodová D. 2018. Performance and changes in body composition of broiler chickens depending on feeding regime and sex. *Czech Journal of Animal. Science* **63**:518-525.

- Verdiglione R, Cassandro M. 2013. Characterization of muscle fiber type in the pectoralis major muscle of slow-growing local and commercial chicken strains. *Poultry Science* **92**:243-2437.
- Windhorst HW. 2006. Changes in poultry production and trade worldwide. *World's Poultry Science Journal* **62**:58-602.