

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Charakteristiky svalových vláken u různých genotypů  
kuřat  
Bakalářská práce**

**Autor práce: Barbora Bečvářová**

**Obor studia: Speciální chovy**

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

**© 2022 ČZU v Praze**



### Čestné prohlášení

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

V Praze dne 22.4.2022



---

## Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Darině Chodové, Ph.D. za cenné rady, trpělivost, vstřícnost a spoustu času, který strávila při vedení mé bakalářské práce.

# Charakteristiky svalových vláken u různých genotypů kuřat

Tato bakalářská práce byla zaměřena na charakteristiku svalových vláken u různých genotypů kuřat a shrnula poznatky o jejich vlivu na kvalitu masa a odlišnostech u různých genotypů. Svalová vlákna se lišila, jak v rámci genotypů, tak i v rámci jednotlivých svalových partií. Odlišnosti byly jak morfologické, tak i metabolické s čímž byly spojeny i faktory fyzikální, tyto faktory měly vliv na růst svalu, jeho funkci a v neposlední řadě i na kvalitu masa. Vysoká jatečná výtěžnost masa spojená s rychle rostoucími genotypy brojlerových kuřat souvisí s rychlým růstem svalových vláken, stejně tak i s rychlým růstem celého svalu. Abnormálně rychlý růst, pro který jsou brojlerová kuřata šlechtěna s sebou přináší změny ve svalectech jak strukturální, tak i metabolické. Jatečná výtěžnost brojlerových kuřat, se v posledních dekádách několikanásobně zvýšila, a to sebou přináší novou problematiku, týkající se nově objevujících se myopatií, především v prsní svalovině, jejíž výtěžnost je v poměru k celkové hmotnosti nejvyšší. Tato práce se tedy dále zaměřila na myopatie, které nejčastěji postihují právě rychle rostoucí genotypy brojlerových kuřat. Shrnuty jsou poznatky především o myopatiích postihující chovy brojlerových kuřat v posledních letech. Tyto poznatky obsahují popis morfologických změn, které pomáhají lépe pochopit strukturální změny ve svalu. Přesto, že etiologie většiny nově pozorovaných myopatií v chovech brojlerových kuřat je neznámá, tak u většiny myopatií je velice dobře popsán proces, kterým postižený sval prochází a většina těchto studií nachází spojitost příčiny vzniku myopatie se selekcí na rychlý růst a vysokou výtěžnost rychle rostoucích genotypů brojlerových kuřat. Další poznatky shrnují změny ve složení svaloviny postižené myopatií a jeho vliv na nutriční složení masa.

**Klíčová slova:** svalové vlákno, kuře, genotyp, kvalita masa, myopatie

# **Muscle fiber characteristics in different chicken genotypes**

This bachelor thesis focused on the characterization of muscle fibres in different chicken genotypes and summarized the knowledge on their influence on meat quality and differences in different genotypes. Muscle fibres varied both within genotypes and within individual muscle parts. The differences were both morphological and metabolic, with associated physical factors, which influenced muscle growth, function and ultimately meat quality. The high carcass meat yield associated with the fast growing broiler chicken genotypes was related to the rapid growth of muscle fibres, as well as the rapid growth of the whole muscle. The abnormally rapid growth for which broiler chickens are bred brings with it changes in the muscle, both structural and metabolic. The carcass yield of broilers has increased several times in the last decades, and this brings with it a new problem of emerging myopathies, especially in the breast muscle, which has the highest yield in relation to total weight. Thus, this paper further focused on myopathies that most commonly affect the fast growing genotypes of broilers. The findings are summarized, especially on myopathies affecting broiler chicken breeding in recent years. These findings include descriptions of morphological changes that help to better understand structural changes in the muscle. Although the aetiology of most of the newly observed myopathies in broiler chicken breeding is unknown, the process through which the affected muscle undergoes is very well described in most myopathies and most of these studies link the cause of myopathy to selection for fast growth and high yield in fast growing broiler chicken genotypes. Other findings summarize the changes in the composition of the muscle affected by myopathy and its effect on the nutritional composition of the meat.

**Keywords:** muscle fibers, chicken, genotyp, meat quality, myopathy

## Obsah

1	Úvod .....	8
2	Cíl práce .....	9
3	Literární rešerše .....	10
3.1	Problematika drůbežího masa.....	10
4	Charakteristika svalových vláken drůbežího masa .....	10
5	Vztah mezi kvalitou masa a uspořádáním svalových vláken .....	10
5.1	Vnější faktory kvality masa.....	11
5.2	Vnitřní faktory kvality masa .....	11
6	Porovnání svalové tkáně rychle a pomalu rostoucích genotypů .....	11
6.1	Porovnání morfologie svalů.....	11
6.2	Porovnání glykolytického potenciálu .....	12
6.3	Porovnání složení masa .....	13
6.4	Porovnání fyzikálních vlastností masa .....	14
7	Metabolické faktory ve vztahu ke kvalitě masa .....	14
8	Kvalita masa rychle rostoucích genotypů.....	14
9	Myopatie .....	14
9.1	White striping.....	16
9.1.1	Morfologie .....	16
9.1.2	Složení.....	17
9.1.3	Bílkovinná frakce .....	17
9.1.4	Vliv bílého pruhování na složení lipidů .....	18
9.2	Wooden breast.....	18
9.2.1	Morfologie .....	19
9.2.2	Chemické složení svaloviny s vadou WB .....	20
9.3	Spaghetti meat.....	20
9.4	Green muscle disease.....	21
9.5	Špatná soudržnost masa .....	21
9.6	Maso podobné PSE.....	21
10	Možnosti eliminace svalových myopatií.....	22
11	Závěr .....	24
12	Literatura.....	25
13	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	28

# 1 Úvod

Za posledních 50 let celosvětově vzrostla poptávka po drůbežím maso o více jak 250 % (FAO, 2019). Drůbeží maso je žádané pro své výživové aspekty, jako je nízký obsah tuku s vysokým stupněm nenasycených mastných kyselin, nízkým obsah sodíku a cholesterolu (Cavani et al. 2009). Drůbeží maso disponuje bioaktivními látkami, jež jsou konjugovaná kyselina linolová, vitamíny, antioxidanty a vyvážený poměr nasycených a polynenasycených mastných kyselin, z nichž jsou ceněny především n-3 polynenasycené mastné kyseliny pro jejich dobrý vliv na metabolismus.

Ve vyspělých zemích se změnil životní styl i stravovací návyky, které mění nároky spotřebitelů. Poptávka se zvyšuje po snadno zpracovatelném maso, které není náročné na přípravu ani kulinářskou úpravu. Zároveň se zvyšuje poptávka po maso s nutričním vyvážením, nízkým obsahem tuku a cholesterolu. Na drůbeží maso se nevztahují ani žádné náboženské restriktce, a i to je jeden z důvodů, proč je právě drůbeží maso druhé nejvíce konzumované maso na celém světě (FAO, 2019).

Vysoká poptávka po drůbežím maso po celém světě vyústila ve zvýšený tlak na chovatele, aby zvýšili tempo růstu drůbeže, účinnost krmiva, velikost prsní svaloviny a snížení břišního tuku (Petraacci et al. 2015). Tento selekční tlak na výtěžnost především prsní svaloviny má za následek různé modifikace svalové tkáně, které často negativně ovlivňují kvalitativní vlastnosti masa.

Drůbežářský průmysl se potýká s onemocněními jako je bílé pruhování, hluboká prsní myopatie nebo dřevnatá prsa, která nejen že disponují horším nutričním složením, ale i zhoršují vzhled produktu. Maso podobné PSE vykazuje špatnou schopnost zadržovat vodu, a tak má horší dispozice pro následné zpracování a skladování. V neposlední řadě se zpracovatelský průmysl potýká s problémy horší soudržnosti masa, jež souvisí s nezralostí intramuskulární tkáně.

Se zvyšujícím se výskytem svalových onemocněních ovlivňující kvalitu masa roste zájem o pochopení mechanismů, které onemocnění provází, stejně tak je žádoucí objevení příčiny, která je ve většině případů stále nejasná. S přibývajícím poznatky je stále více poukazováno na nepřiměřený růst svaloviny u rychle rostoucích kuřat, jako možnou příčinu těchto onemocnění (Petraacci et al. 2015). Vlivem toho přibývá zájem o poznání svalových struktur a jejich poměrování mezi rychle a pomalu rostoucími genotypy kuřat.



## **2 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce bylo získání nejnovějších informací o charakteristikách svalových vláken u rozdílných genotypů kuřat, jejich vztahu ke kvalitě masa a faktorech, které je ovlivňují.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Problematika drůbežního masa

V posledních dekádách stoupla produkce drůbežního masa. Nárůst poptávky po kuřecím masu je způsoben především jeho vysokým obsahem živin, absencí náboženských či kulturních omezení, cenovou dostupností, pohodlností a jednoduchou přípravou (Pettracci et al. 2019). S vyšší poptávkou je nutné zvýšit produkci a jedním z nástrojů je šlechtění drůbeže na výtěžnost masa. Důležitá je vysoká jatečná výtěžnost, tak i krátký interval k jejímu dosažení. Tlakem na selekci vznikají rychle rostoucí genotypy kuřat, které dosahují vysoké jatečné hmotnosti za krátkou dobu. Abnormálně rychlý růst kuřete s sebou nese řadu nevýhod, které nepříznivě ovlivňují kvalitu masa. Nejčastěji se u rychle rostoucích genotypů vyskytují vady masa, které jsou ovlivněny nepoměry svalových struktur, tak i nedostatečnou látkovou výměnou ve svalech. Nejnovější studie jsou zaměřeny na suplementaci látek v krmivu, které jsou schopny tyto nedostatečnosti mírnit a tím zvýšit kvalitu masa. K pochopení problematiky rychle rostoucích brojlerových kuřat je třeba se zaměřit na mechanismy vzniku vad masa a zaměřit se na odlišnosti způsobené šlechtěním na vysokou jatečnou výtěžnost.

## 4 Charakteristika svalových vláken drůbežního masa

Svalová vlákna jsou charakterizována celkovým počtem vláken, průřezovou plochou vláken a typem vláken, které se liší podle různých faktorů, jimiž jsou plemeno, pohlaví, genotyp, systém ustájení a systém krmení. Typy svalových vláken se dělí na pomalá oxidativní I, rychlá oxido-glykolytická IIA a rychlá glykolytická IIX a IIB (Schiaffino & Reggiani 1996). Při vylíhnutí se sval skládá převážně z oxidativních vláken a postupně se s věkem mění na glykolytická vlákna (Choi et al. 2013). Prsní sval drůbeže obsahuje převážně svalová vlákna typu IIB, zatímco *biceps femoris* se skládá z typu I, IIA a IIB. Svalová vlákna, svazky svalových vláken jakož to i celý sval je obklopen intramuskulární tkání, která se skládá ze tří vrstev, endomysium, perimysium a epimysium. Endomysium obklopuje samotná svalová vlákna, perimysium se nachází mezi svazky svalových vláken a epimysium pokrývá celý sval. Zejména v endomysiu a perimysiu jsou uloženy četné kapiláry, které zajišťují krevní zásobení svalu. Pevnost intramuskulární tkáně se s věkem zvyšuje, to má vliv na křehkost masa.

## 5 Vztah mezi kvalitou masa a uspořádáním svalových vláken

Aby bylo možné mluvit o vztahu uspořádání svalových vláken a kvality masa, je důležité blíže specifikovat, čím je dána kvalita masa. Pro kvalitu masa není dána jasná definice, nýbrž několik definic, ty následující dohromady obsahují nejdůležitější faktory. Joo & Kim (2011) uvádějí, že kvalitativní znaky drůbežního masa jsou kategorizovány na základě vnitřních a vnějších faktorů. Podle Joo et al. (2013), kvalita masa může být také určena vědeckými faktory, včetně složení, živin, barviv, schopnosti zadržovat vodu, křehkosti, funkčnosti, chutí, kažení, kontaminace atd. Zatímco Duclos et al. (2007) uvádějí, že pro výrobu jatečně upraveného těla dobré kvality musí mít jatečně upravené tělo maximální výtěžnost masa s nízkým obsahem

tuku. Le Bihan-Duval et al. (2008) podotýkají, že změny pH během posmrtné činnosti jsou odpovědné za změny v kvalitě masa. Kvalitu drůbežího masa tvoří jeho bezpečnost, nutriční hodnota a senzorické vlastnosti (Sokołowicz et al. 2016). V jiném kontextu Baracho et al. (2006) definoval takto, kvalita drůbežího masa musí splňovat požadavky spotřebitelů, což lze provést kontrolou výrobního řetězce od farmy po zpracovatelský závod a používáním technologií ke snížení rizikových faktorů v celém výrobním řetězci, aby byla umožněna výroba kvalitnějšího drůbežího masa a následné snížení ztrát.

## 5.1 Vnější faktory kvality masa

Mezi vnější faktory patří barva, soudržnost, vaznost a textura masa, mezi vnitřní faktory patří jemnost, chuť a šťavnatost vařeného masa.

Zejména barva masa, která je dána množstvím myoglobinu (Mb) ve svalu, je klíčová, jelikož zákazník si pravděpodobně maso s bledou barvou vůbec nevybere. Vyšší množství Mb je v oxidativních vláknech právě z důvodu dodávání kyslíku do svalu (Joo et al. 2013). Maso složené pouze z glykolytických vláken je vždy světlé oproti tomu, maso složené z oxidativních vláken je tmavé. Ztráta barvy je způsobena posmrtným snižováním pH ve svalu, které je nižší zejména ve svalech s převahou glykolytických vláken.

## 5.2 Vnitřní faktory kvality masa

Plocha průřezu vlákna má vliv na výtěžnost a rychle rostoucí genotypy jsou šlechtěny právě na velkou průřezovou plochu vlákna, zároveň příliš velká svalová vlákna překračují schopnosti jejich podpůrných struktur, která pak způsobují špatnou soudržnost masa a ztrátu vaznosti. Největší plochu průřezu vlákna mají glykolytická vlákna, domestikovaná drůbež má obecně větší množství glykolytických vláken a větší vlákna než volně žijící ptáci. Kuřecí prsa obsahují pouze svalová vlákna typu IIB a šlechtěním na jatečnou výtěžnost takové maso disponuje velkými svalovými vlákny, která jsou náchylná na zhroucení celé struktury.

Intramuskulární tkáň je úzce spjatá se svalovými vlákny a jejich soudržností, sama o sobě má však také vliv na maso. Je to dáno především rozpustností pojivové tkáně a jejím množstvím. Množství pojivových tkání se s věkem zvyšuje a stává se pevnější, tedy maso rychle rostoucích brojlerových kuřat, která jsou porážena v nízkém věku je křehké, často to ale může být na úkor různých myopatií.

# 6 Porovnání svalové tkáně rychle a pomalu rostoucích genotypů

## 6.1 Porovnání morfologie svalů

Morfologické vlastnosti svalů závisejí na genotypu kuřat, kdy jednotlivými autory jsou zjišťovány rozdíly mezi rychle a pomalu rostoucími genotypy. Dalším faktorem, který ovlivňuje morfologické parametry je také sval, ve kterém jsou tyto vlastnosti zjišťovány. Nejčastějšími svaly, ve kterých jsou tyto charakteristiky u kuřat detekovány jsou: *m. pectoralis major* (PM), *m. soleus* (SOL), *m. gastrocnemius* (GAS) a *m. extensor digitorum longus* (EDL). V jedné ze svých studií Weng et al. (2022) a Huo et al. (2022) porovnávali svalová vlákna

rychle rostoucích genotypů brojlerových kuřat (FG) zastoupených hybridem Ross 308 a pomalu rostoucích genotypů kuřat (SG) zastoupený hybridem Xueshan v porážkovém věku, respektive ve věku jednoho dne.

Jako jeden z aspektů k porovnání jsou průměr a průřezová plocha vláknů svalů. V rámci svalů jsou v porážkovém věku největší průřezová vlákna v PM, důvodem je především složení pouze z glykolytických vláken oproti jiným svalům, která obsahují jak glykolytická, tak oxidativní vlákna. Vlákna glykolytická mají větší průřezovou plochu než vlákna oxidativní. Svaly pánevní končetiny mají tedy svalová vlákna s menší průřezovou plochou než vlákna prsní svaloviny. Z porovnávaných svalů měly nejmenší průřezovou plochu svaly GAS a SOL. (Weng et al. 2022). V porovnání rychle rostoucího (FG) a pomalu rostoucího genotypu (SG) měla menší průřezovou plochu vlákna v porovnání stejných svalových tkání FG. Stejně tak FG měl menší průměr vláken než SG. V PM obou genotypů byl zjištěn větší průměr vláknů, než ve svalech stehen (Weng et al. 2022). Navíc byla pozorována u pomalu rostoucích kuřat svalová vlákna uložena těsněji u sebe s menším extracelulárním prostorem (Weng et al. 2022).

Oproti tomu byl zjištěn opačný trend u kuřat ve věku jednoho dne (Huo et al. 2022). Největší průměr a průřezová plocha vláken byly zjištěny ve svalů GAS ve srovnání s PM u obou typů kuřat. Hustota svalových vláken byla pozorována vyšší v PM než v GAS. Nejvyšší hustota vláken byla zjištěna v PM kuřat Xueshan a nejnižší hustota svalových vláken byl v GAS kuřat Xueshan. V porovnání obou svalových tkání (PM a GAS) byla zjištěna vyšší hustota svalových vláken u kuřat Xueshan než u brojlerového kuřat Ross 308, a však bez statistického rozdílu (Huo et al. 2022). PM svaly měly výrazně vyšší hustotu vláken než svaly GAS brojlerových kuřat Ross 308 a kuřat Xueshan.

Tento výsledek podporuje zjištění, že během postnatálního vývoje, kdy je počet svalových vláken vysoký, vlákna obecně rostou pomalu, naopak vlákna rostou rychleji, když je počet vláken nízký (Huo et al. 2022; Remignon et al. 1995). Bylo zdokumentováno, že vyšší rychlost růstu souvisí s nárůstem celkového počtu svalových vláken a jejich průřezovou plochou (Choi et al. 2013), zejména v prsní svalovině (Huo et al. 2022). Huo et al. (2022) a Remignon et al. (1955) ve svých studiích nepozorovali žádné statisticky významné rozdíly průměru a průřezové plochy svalových vláken v porovnání rychle a pomalu rostoucích genotypů kuřat při vylíhnutí. Některé studie (Smith 1961; Gollnick et al. 1983) uvádějí, že celkový počet svalových vláken kosterních svalů zůstává nezměněn po vylíhnutí. Li et al. (2015) uvádějí, že počet svalových vláken se u některých svalů zvyšuje i první týden po vylíhnutí.

## 6.2 Porovnání glykolytického potenciálu

V pracích zabývajících se svalovými vlákny byl pozorován i glykolytický potenciál, který je dán obsahem glykogenu a jeho produktů, vznikajících při jeho odbourávání. Vyšší množství enzymů schopných odbourávat glykogen a jeho produkty je v glykolytických vláknech, která mají menší počet mitochondrií oproti oxidativním vláknům (Reverter et al. 2017). Nejčastěji pozorovanými produkty glykogenu včetně, ve vztahu ke glykolytickému potenciálu jsou: glukóza, glukóza-6-fosfát a kyselina mléčná. Ve studii Huo et al. (2022) byl pozorován největší rozdíl v obsahu glukózy-6-fosfát, který byl nejvyšší v prsní svalovině rychle rostoucího genotypu brojlerového kuřete Ross 308 a nejnižší v PM pomalu rostoucích kuřat Xueshan.

Nejvyšší obsah glukózy a kyseliny mléčné byl pozorován v PM brojlerových kuřat Ross 308, nejvyšší obsah glykogenu byl pozorován u kuřat Ross 308 a celkový glykolytický potenciál byl rovněž pozorován u kuřat Ross 308 (Huo et al. 2022). Pozorování Huo et al. (2022) bylo provedeno na jednodenních kuřatech.

Obsah glykolytických a oxidativních vláken je různý v jednotlivých svalech i mezi genotypy pomalu a rychle rostoucích kuřat. Pozorováno bylo 100 % glykolytických svalových vláken v PM u obou genotypů, což je v souladu s Roy et al. (2006), Verdiglione & Cassandro (2013) nebo Weng et al. (2022). Pomalu rostoucí kuřata měla nejvyšší zastoupení oxidativních vláken v SOL (GAS 8,14 %; SOL 26,51 %; EDL 6,63 %), zatím co rychle rostoucí genotypy měly nejvyšší zastoupení těchto vláken v EDL (GAS 8,64 %; SOL 8,27 %; EDL 13,93 %) (Weng et al. 2022). U rychle rostoucích kuřat jsou v zastoupení oxidativních vláken pouze malé rozdíly, u pomalu rostoucích genotypů je zastoupení oxidativních vláken v SOL několikanásobně vyšší v porovnání s ostatními pozorovanými svaly pánevní končetiny. (Huo et al. 2022) uvádějí, že prsní svalovina byla složena pouze z glykolytických vláken, stejně tak bylo pozorováno u GAS kuřat Xueshan, oxidativní vlákna byla pozorována pouze v GAS (17,55 %) brojlerových kuřat Ross 308. Rozdíly ve studiích jsou způsobeny tím, že Weng et al. (2022) pozorovali svalová vlákna kuřat v porážkovém věku, zatím co Huo et al. (2022) pozorovali kuřata ve věku jednoho dne.

Z těchto studií vyplývá, že brojlerová kuřata Ross 308 měla v GAS den po vylíhnutí 17,55 % oxidativních svalových vláken a v porážkovém věku 8,64 % oxidativních vláken, a tedy během růstu se počet oxidativních svalových vláken v GAS zvyšuje, což je v souladu s Choi et al. (2013), kteří uvádějí že, při narození se sval skládá z oxidativních vláken a podíl oxidativních vláken klesá, zatímco podíl glykolytických vláken se zvyšuje během růstu. To však není v souladu se studiemi Huo et al. (2022) a Weng et al. (2022), kteří pozorovali, že kuřata Xueshan měla ve věku jednoho dne ve svalech GAS 0 % oxidativních svalových vláken a v porážkovém věku bylo pozorováno zastoupení 8,14 % oxidativních vláken v GAS. Tedy počet oxidativních svalových vláken v GAS u kuřat Xueshan s věkem stoupá. Rozdílná tvrzení mohou být způsobena tím, že Choi et al. (2013) prováděl pozorování u křepelek na svalu *pectoralis major*.

### 6.3 Porovnání složení masa

Genotyp kuřat ovlivňuje i kvalitativní parametry masa, zejména obsah vlhkosti, bílkovin, intramuskulární tuk (IMF), a kolagen. Obsah vlhkosti v prsní svalovině byl u SG výrazně nižší než u ostatních skupin (Weng et al. 2022). Ve studii Weng et al. (2022) bylo také zjištěno, že prsní svaly mají menší vlhkost než svaly stehenní a svalová tkáň pomalu rostoucích kuřat má menší vlhkost než svalová tkáň rychle rostoucího genotypu. Weng et al. (2022) zjistili, že nejvyšší obsah bílkovin byl v prsní svalovině pomalu rostoucích kuřat a nejnižší v masě stehenní rychle rostoucího genotypu, zároveň maso stehenní mělo nižší obsah bílkovin než maso z PM u obou porovnávaných hybridů na rozdíl od intramuskulárního tuku, kterého bylo v masě stehenní více než v prsní svalovině. IMF hraje důležitou roli v chuťových vlastnostech masa a dodává masu křehkost. Nejnižší obsah kolagenu byl pozorován v prsním masě rychle rostoucích genotypů, mezi ostatními skupinami pozorovaných svalů nebyly žádné významné rozdíly (Weng et al. 2022).

## 6.4 Porovnání fyzikálních vlastností masa

Mezi jedny z fyzikálních vlastností masa patří pH a barva masa. Hodnota pH byla pozorována výrazně nejnižší v prsní svalovině pomalu rostoucích kuřat než u rychle rostoucích a barva byla výraznější v mase pomalu rostoucího genotypu, jak v prsní svalovině, tak i v mase stehien (Weng et al. 2022). Nízké pH koreluje s vysokým glykolytickým potenciálem prsní svaloviny a je v souladu s Abasht et al. (2016), kteří navrhli, že *m. pectoralis major* je převážně anaerobní sval s omezeným krevním zásobením, další snížení cirkulace povede ke zvýšené akumulaci kyseliny mléčné a dalšímu snížení pH.

## 7 Metabolické faktory ve vztahu ke kvalitě masa

Kvalitu masa ovlivňuje více faktorů, jedním z nich je zastoupení glykolytických a oxidativních vláken ve svalu. Glykolytická vlákna získávají energii z glykogenu především anaerobní cestou, zatím co oxidativní vlákna s četným zastoupením mitochondrií získávají energii aerobním odbouráváním glykogenu. Při anaerobní glykolýze vzniká odpadní produkt ve formě kyseliny mléčné, která má vliv na nízké pH post mortem a ovlivňuje tím barvu a vaznost masa. Vlákna oxidativní mají vyšší počet mitochondrií a obsahují více myoglobinu než vlákna glykolytická, což má vliv na výraznější barvu masa.

## 8 Kvalita masa rychle rostoucích genotypů

Dnes jsou kuřata a krůty uváděny na trh za přibližně poloviční dobu a přibližně ve dvojnásobné tělesné hmotnosti ve srovnání s dobou před 50 lety (Havenstein et al. 2003; Barbut et al. 2008). To je způsobeno zvyšující se poptávkou po drůbežím mase, které lze považovat za funkční potravinu, protože poskytuje bioaktivní látky s příznivými účinky na lidské zdraví, jež jsou např. polynenasycené mastné kyseliny s dlouhým řetězcem n-3, konjugovaná kyselina linolová, bioaktivní peptidy, vitaminy a antioxidanty (Cavani et al. 2009). Tlakem na selekci se změnila propozice moderních brojlerových kuřat, která byla šlechtěna na vysokou výtěžnost prsní svaloviny, která představuje více než 20 % jejich hmotnosti (Havenstein et al. 2003). Tato selekce měla vliv na nutriční složení masa. Podle Wang et al. (2010), maso moderních brojlerových kuřat poskytuje téměř 2-krát až 3-krát více energie z tuků ve srovnání s energií z bílkovin. To potvrzují i Kuttappan et al. (2012a), kteří uvádějí, že dnešní drůbeží maso vykazuje vyšší obsah lipidů než maso vyrobené před několika lety

## 9 Myopatie

Drůbež je v poslední době výrazně šlechtěna na rychlý růst a velkou jatečnou výtěžnost, to sebou nese i různé problémy. Většina vlastností masa jsou dána její strukturou, zastoupením vláken a jejich typem. Se stupněm prošlechtění stoupá množství glykolytických vláken v prsních svalech. Prsní svaly kuřat obsahují pouze glykolytická vlákna, naproti tomu prsní svaly jiné drůbeže i volně žijícího ptactva obsahují i množství oxidativních vláken (Scanes 2014). Glykolytická vlákna mají ze všech typů vláken největší průřezovou plochu vlákna (Chen

et al. 2007). Rychle rostoucí genotypy brojlerových kuřat jsou šlechtěny na rychlý růst, a tím zvětšování velikosti svalových vláken především v prsní svalovině. Svalové vlákno je obklopeno intramuskulární tkání, která je v porážkovém věku drůbeže nezralá (Petracci a Cavani 2012). Nepoměrný růst svalu k okolní tkáni způsobuje jeho náchylnost k myopatiím a anomáliím. Některé jsou způsobeny rychlým růstem svalové tkáně, jiné jsou nejasné etiologie, ale doprovázejí právě rychle rostoucí genotypy brojlerových kuřat.

Myopatie je onemocnění postihující svalovou tkáň, především svaly kosterní. Znalosti etiologie a strukturních změn provázejících svaly postižené myopatií jsou důležité pro pochopení dané problematiky, stejně tak jako znalost vlivu myopatií na nutriční hodnoty a celkovou kvalitu masa. Problematiku pozorně sledují šlechtitelé, stejně tak za poslední dekádu přibylo značné množství studií, které se zabývají především myopatiemi provázející chov rychle rostoucích genotypů brojlerových kuřat.

Rychlý růst svalstva a vysoká výtěžnost se odvíjí především od hmotnosti prsní svaloviny. Rychle rostoucí brojlerová kuřata jsou především šlechtěna na vysokou výtěžnost tohoto masa. Collins et al. (2014) uvádějí, že prsní svaly masných komerčních brojlerových kuřat jsou 10krát větší než svaly kuřat uvedených na trh v roce 1955 ve stejném věku. Tato svalovina roste rychleji než její podpůrné tkáně. Mahon (1999) uvádí, že intenzivní selekce pro rychlost růstu a výtěžnost masa u drůbeže může být doprovázena nedostatkem adekvátního vývoje v kapilárním nebo jiném podpůrném systému, což má za následek růstem indukovanou myopatii. Zatímco Sihvo et al. (2014) uvedli, že dříve popsané myopatie, které mohou postihnout *m. pectoralis major* u brojlerových kuřat, zahrnují dědičnou svalovou dystrofii, tepelný stres, trauma a námahové, nutriční a toxické myopatie. Pozdější studie uvádějí, že výskyt myopatií u svalu *pectoralis major* se s růstem zvětšil (Dransfield & Sosnicki 1999; Velleman 2015). Jedná se o myopatie, jako jsou dřevnatá prsní svalovina (Dalle Zotte et al. 2014; Kindlein et al. 2015; Mudalal et al. 2015; Clark & Velleman 2017), bílé pruhování (Kuttappan et al. 2012, 2013; Petracci et al. 2013), hluboká prsní myopatie (Richardson et al. 1980; Siller 1985; Kijowski & Konstanczak 2009) a světlé, měkké a exsudativní maso (Van Laack et al. 2000; Woelfel et al. 2002). Rychlost růstu však není jediným faktorem, prsní sval se skládá pouze z glykolytických vláken a Yost et al. (2002) uvádějí, že anaerobní metabolická kapacita se také zvýšila u růstově vybraných linií, což má za následek větší produkci kyseliny mléčné. Ta má post mortem za následek klesající pH, což má vliv na kvalitu masa nebo je součástí mechanismu vzniku některé z uvedených myopatií.

V případě některých myopatií je typické postižení pouze přední části tohoto svalu, která pod tlakem selekce prodělala největší nárůst. Nejsilnější část svalu *pectoralis major*, přední oblast, je o více než 350 % silnější než nejtenčí zadní oblast svalu u komerčních brojlerů (Mudalal et al. 2015). Přesto, že prsní svalovina je pod vlivem selekce nejčastěji postižena různými defekty, postiženy mohou být i ostatní svaly důležité pro drůbežářský průmysl. Kuttapan et al. (2012a) uvedli, že vysoká hmotnost a/nebo rychlý růst brojlerů byly spojeny jako příčinné faktory se dvěma nedávno popsanými myopatiemi: myodegenerací předního *m. latissimus dorsi* a makroskopickým bílým pruhováním prsních a stehenních svalů.

Samozřejmostí je použití vysokoenergetických diet ve spojení s chovnými systémy, které umožňují jen nízkou mobilitu zvířat a zvyšující se jateční věk a hmotnost, které byly v posledních letech používány zpracovateli, aby optimalizovali produkční výkonnost masa. Tyto

systemy mohou být dalšími důležitými faktory podílejícími se na vzniku myopatií (Wang et al. 2009; Crawford et al. 2010; Kuttappan et al. 2012a, Petracci et al. 2013c).

## 9.1 White striping

Jedná se o idiopatický nárůst degenerativních a atrofických vláken v prsní svalovině postižené bílým pruhováním. White striping (WS) neboli bílé pruhování je defekt prsní svaloviny nejasné etiologie vyskytující se u rychle rostoucích kuřat, ale vliv mohou mít i další faktory, mezi než patří genotyp, pohlaví, dieta a hmotnost při porážce. Tato vada je charakterizována bílým pruhováním vedeným paralelně se svalovými vlákny na povrchu svalu *pectoralis major* (Petracci & Cavani 2012). Bílé pruhování je více koncentrováno na kranioventrální části svalu (Bowker & Zhuang 2016). Kuttappan et al. (2012b) uvádějí, že ochota zákazníků koupit maso s bílým pruhováním se snižuje se zvyšujícím se výskytem pruhování. Výskyt tohoto defektu se zvyšuje s porážkovou hmotností, Kuttappan et al. (2013a) uvádějí, že výskyt bílého pruhování se v jeho experimentu vyskytoval v 55,8 % případů, s mírným a těžkým stupněm bílého pruhování, respektive v 47,5 % a 8,3 % případů, kde byly zastoupeny tři kategorie brojlerových kuřat šlechtěné pro vysokou porážkovou hmotnost a jedna kategorie šlechtěná pro střední porážkovou hmotnost. Zároveň bylo zjištěno, že výskyt bílých pruhů byl spojen hlavně s tlustšími nebo těžšími filety (Kuttappan et al. 2013a) a vyšší výtěžností prsní svaloviny (Kuttappan et al. 2012a).

Petracci et al. (2013a) zjistili, že bílé pruhování má dramatický vliv na vaznost a texturu masa. Naopak Kuttappan et al. (2013a) nezjistili žádné zásadní změny v kvalitě tepelně upraveného masa (Mudalal et al. 2014). Bílé pruhování se vyznačuje výskytem bílých pruhů rovnoběžných se svalovými vlákny na povrchu velkého prsního svalu (Petracci & Cavani 2012). Postižená svalovina vykazuje vyšší obsah intramuskulárního tuku a kolagenu a nižší obsah bílkovin (Kuttappan et al. 2012a; Petracci et al. 2014). a Mudalal et al. (2014) uvádějí, že dochází i k snížení myofibrilárních a sarkoplazmatických proteinů vlivem celkového snížení proteinu.

### 9.1.1 Morfologie

Histologická hodnocení ukázala, že bílé pruhování je spojeno s degenerací svalů a myopatickými změnami pod oblastí pruhování, s intersticiální pojivovou tkání (fibróza) a akumulací tuku (lipidóza) (Kuttappan et al. 2013b; Sihvo et al. 2014). Podobné degenerativní procesy a histopatologické léze byly popsány také u některých hlavních myopatií drůbeže především kuřat, které byly spojeny se selekcí na rychlost růstu (MacRae et al. 2006). Degenerace svalů začíná zánětlivým procesem, který je u brojlerových kuřat mimo jiné způsoben nedostatečným cévním zásobením svalu, který se tak dostává do oxidativního stresu, k němuž jsou zvláště citlivá glykolytická vlákna, ta mají u rychle rostoucích genotypů sníženou schopnost transportu kalcia, a to je činí náchylné k patologickým změnám v důsledku vyšší potřeby energie a produkce laktátu (Soike & Bergmann 1998b). Vlivem oxidativního stresu dochází ke kumulaci mediátorů a buněk zánětu v postiženém místě. V případě, že nedojde k reparaci tkáně vlivem pokračujícího oxidativního stresu, dochází k lýze myofibril a následně proliferaci fibrotických buněk. Infiltraci fibrotické tkáně následuje infiltrace tukové tkáně, která



postupně nahrazuje poškozenou tkáň původně tvořenou svalovými vlákny. Celkově se filety s výrazným bílým pruhováním vyznačují vyšším obsahem intramuskulárního tuku a kolagenu a nižším obsahem bílkovin (Kuttappan et al. 2012a; Petracci et al. 2014). Zvýšení akumulace tuku v důsledku lipidózy může vysvětlit vyšší obsah intramuskulárních lipidů, zatímco vyšší obsah kolagenu lze vysvětlit fibrózou (Kuttappan et al. 2013b; Sihvo et al. 2014).

### 9.1.2 Složení

Studie se shodují, že maso s bílým pruhováním má vyšší obsah tuku a kolagenu, ale zároveň má nižší množství bílkovin právě v důsledku nahrazení tukovou a fibrotickou tkání. Nižší hladina celkového proteinu pak může být nepřímým účinkem degenerace a atrofie vláken spolu se zvýšenou akumulací tuku (Mudalal et al. 2014). Menší množství bílkovin snižuje jejich funkčnost, což má za následky další nutriční znehodnocení. Xiong (2004) podotýká, že celkové vlastnosti masa a masných výrobků, včetně vzhledu, textury a pocitu v ústech, jsou závislé na funkčnosti bílkovin. Tato funkčnost je dána schopností rozpustnosti bílkovin.

### 9.1.3 Bílkovinná frakce

Ve svalových vláknech mají zastoupení myofibrilární a sarkoplazmatické proteiny. Myofibrilární protein je součástí mikrofilament, zatímco sarkoplazmatické proteiny představují především enzymy umožňující funkční metabolismus svalu. Studie uvádějí, že prsní maso postižené bílým pruhováním má menší obsah myofibrilárních a sarkoplazmatických proteinů, způsobeno degenerací vláken, která je u svalové dystrofie charakterizována rozsáhlou ztrátou sarkoplazmatického a kontraktilního proteinu. Hillgartner et al. (1981) vysvětlují, že takovéto snížení myofibrilárních proteinů může být způsobeno hlavně zvýšeným myofibrilárním katabolismem, zatímco pokles sarkoplazmatického proteinu může být důsledkem úniku v důsledku poškození sarkolemy a změny svalových enzymů (Patnode et al. 1976). Navíc pokles koncentrace specifických myofibrilárních proteinů může naznačovat, že proces degenerace může být v některých místech myofilament selektivní (Mudalal et al. 2014).

Studie uvádějí, že rozpustnost myofibrilárních a sarkoplazmatických proteinů je nižší u masa, které je postiženo bílým pruhováním, a právě rozpustnost myofibrilárních a sarkoplazmatických proteinů vysoce koreluje s retencí vody (Li Chan et al. 1987; Warner et al. 1997). To je v souladu s Petracci et al. (2013a), kteří zjistili, že bílé pruhování má dramatický vliv na vaznost a texturu masa. Myofibrilární proteiny (aktin a myozin) jsou zodpovědné hlavně za zadržování vody a texturní vlastnosti masa a masných výrobků, zatímco sarkoplazmatické proteiny (svalové enzymy) hrají malou roli (Smith 2010; Sun & Holley 2011; Petracci et al. 2013c). Nicméně uvedené snížení rozpustnosti myofibrilárních a sarkoplazmatických proteinů Mudalal et al. (2014) vysvětlují tak, že snížení rozpustnosti proteinů a ztrátu vařením prsního svalu s defektem bílého pruhování lze vysvětlit snížením celkového obsahu proteinů a zejména myofibrilárních a sarkoplazmatických frakcí a v menší míře zvýšením kolagenu, a nikoli skutečnými rozdíly v rozpustnosti proteinů. Pokud byla vzata v úvahu rozpustnost proteinů na základě obsahu celkového proteinu, nebyly mezi normálními a vzorky masa s bílým pruhováním žádné významné rozdíly (Mudalal et al. 2014).

Rozpustnost bílkovin významně ovlivňuje vlastnosti masa a některé studie poukazují na jistou podobnost s masem PSE. Rozpustnost bílkovin má také hlavní roli ve fyzikálních

vlastnostech masa, protože nižší rozpustnost bílkovin způsobuje špatnou funkčnost, jako v případě světlého, měkkého a exsudativního masa (PSE) (Van Laack et al. 2000; Bowker & Zhuang 2013). Mechanismus poklesu rozpustnosti proteinu a snížení kapacity zadržování vody se však různí. Laack et al. (2000) zjistili, že světlé kuřecí filety charakterizované nízkým pH a nízkou kapacitou vody mají sníženou rozpustnost jak pro sarkoplazmatické, tak pro celkové bílkoviny. Naproti tomu filety WS se vyznačovaly vyššími hodnotami pH než normální maso (Petracci et al. 2013a). Snížení obsahu myofibrilárních a sarkoplazmatických proteinů by tedy mohlo být hlavním důvodem pro snížení vaznosti ve filetech WS, což přispívá k vyloučení jakékoli podobnosti mezi abnormalitami podobnými PSE a defektem bílého pruhování (Mudalal et al. 2014).

#### **9.1.4 Vliv bílého pruhování na složení lipidů**

Kuřecí maso je ceněné pro příznivý poměr polynenasycených a nasycených mastných kyselin. N-3 polynenasycené mastné kyseliny jsou ceněny především pro dobrý vliv na metabolismus a kvůli protizánětlivým účinkům. Kuttappan et al. (2012a) zjistili, že existují rozdíly ve složení mastných kyselin mezi filety normálními a se závažným stupněm WS. Závažně postižené filety měly nižší množství nasycených mastných kyselin, ale byly spojeny s nižšími hladinami esenciálních n-3 polynenasycených mastných kyselin s dlouhým řetězcem, jako je kyselina eikosapentaenová a kyselina dokosaheptaenová. Přesto, že hladina uvedených mastných kyselin je v maso s defektem WS nižší, celkové množství tuku je vyšší. Energetický podíl bílkovin, s ohledem na celkovou energii, se snížil z 93,0 na 78,8 %, zatímco energetický příspěvek z tuku se zvýšil ze 7,0 na 21,2 %, když byly normální filety porovnány s filety postiženými těžkým defektem WS (Petracci et al. 2014). Filety s mírným defektem nejsou staženy z prodeje. To znamená, že rostoucí podíl masa z kuřecích prsou, které se v současnosti prodává, může mít dosti odlišné nutriční vlastnosti ve srovnání s těmi, které jsou uvedeny na etiketě a s ohledem na očekávání spotřebitelů vůči drůbežimu masu (Petracci et al. 2014).

## **9.2 Wooden breast**

Wooden breast (WB) neboli dřevnatá prsní svalovina je myopatie prsního svalu, která se začala vyskytovat teprve nedávno. Poprvé byla popsána ve studii Sihvo et al. (2014). Výskyt nového typu defektu kvality masa prsní svaloviny brojlerových kuřat dramaticky stoupl ve Finsku v posledních 3 letech (Sihvo et al. 2014), tedy zhruba kolem roku 2010. Sihvo et al. (2014) také uvádějí, že podobný výskyt je i v několika jiných zemích. Dnes je to rozšířený defekt prsní svaloviny postihující především brojlerová kuřata šlechtěna na rychlý růst a vysokou výtěžnost, příčina však není známa, ale z histopatologického hlediska je velice podobná defektu bílého pruhování. Selektce na rychlý růst prsní svaloviny přesahuje kapacitu svalu, který si není schopen vytvořit dostatečné krevní zásobení, což způsobuje ischemii, záněty tkáně a následnou tvorbu fibrotické tkáně. To vše způsobuje metabolický stres, který dále podporuje tvrdnutí tkáně. Bailey et al. (2015) uvádějí, že myopatie WB měla nízkou dědičnost a genetickou korelaci jak s růstem, tak s výnosem prsů, a identifikovali populaci brojlerů s vysokou rychlostí růstu a nízkým sklonem k rozvoji WB. Kindlein et al. (2015) odhadují, že

vada wooden breast postihuje 32 % komerčně chovaných brojlerů ve věku 35 dní a 89 % komerčně chovaných brojlerů ve věku 42 dní.

Maso s tímto defektem je na povrchu vypouklé, objevují se na něm léze a známky krvácení. Svalovina se vyznačuje difúzními oblastmi tvrdosti a celkovou svalovou rigiditou (Chatterjee et al. 2016). Maso je na dotek tvrdé podél břišní části prsou. To může být spojeno s fragmentací svalových vláken, hyalinizací, otokem svalových vláken, nekrotickou náhradou svalových vláken pojivovou tkání, infiltrací makrofágů a přítomností nepravidelných skvrn tukové tkáně (Chatterjee et al. 2016). Takové maso je dále odmítnuto do dalšího procesu zpracování pro lidskou konzumaci, což přináší značné ekonomické ztráty (Sihvo et al. 2014). Je odhadováno, že zhruba 3 % - 10 % brojlerových kuřat poražených v letech 2014-2016 bylo vyřazeno kvůli defektu wooden breast (Hasegawa et al. 2020).

### 9.2.1 Morfologie

Myopatie wooden breast (WB) je defekt svalu *pectoralis major*. Vyznačuje se ztvrdlými difúzně nebo fokálně rozsáhlými oblastmi, které jsou značně vypouklé se sterilním exsudátem, krvácením na povrchu a bledou nežádoucí barvou prsního svalu (Sihvo et al. 2014; Bailey et al. 2015). Sval s tímto defektem je charakterizován různými stupni nekrózy svalových vláken, fibrózou, malými regenerujícími vlákny a infiltrací imunitních buněk, především makrofágů a rozsáhlou depozicí fibrilárního kolagenu (Sihvo et al. 2014; Velleman & Clark 2015). Fibróza může vysvětlovat charakteristickou tuhost i v místech, kde nebyl signifikantní nález kumulace kolagenu (Sihvo et al. 2014). Sihvo et al. (2014) také uvádějí, že myodegenerace a regenerace, stejně tak jako akumulace intersticiální tkáně a zánětové buňky jsou vidět v 10 z 10 případech.

Myodegenerace začíná zánětovou reakcí, tím lze vysvětlit množství nálezů zánětových buněk, především makrofágů, méně často lymfocytů. Proces regenerace provází tvorba zesíťovaného kolagenu, který je pro regeneraci typický a vyznačuje se ztrátou elasticity. Pozorovat lze i centrální oválná jádra v řadě, což je také známkou regenerace a bylo pozorováno ve studii Sihvo et al. (2014).

Dřevnatá prsní svalovina často postihuje pouze část svalu, výjimečně postihuje sval celý. Tuhost postiženého svalu je hmatná především v přední části svalu *pectoralis major* postižených brojlerových kuřat, může být hmatná v celém svalu pouze jen v několika případech (Bailey et al. 2015). Příčinou může být větší tloušťka svalu v přední části, na kterou jsou brojlerová kuřata šlechtěna. Guernec et al. (2003) uvádějí, že tloušťka svalu *pectoralis major* roste s růstovou selekcí a koreluje s výnosností prsního masa. Brojleři postižení wooden breast defektem mají o 30 % silnější sval *pectoralis major* oproti brojlerům nepostiženým (Mudalal et al. 2015). Nepoměr přední a zadní části prsního svalu poznamenávají (Mudalal et al. 2015) a uvádějí, že nejsilnější část přední části svalu *pectoralis major* je o 350 % silnější, než nejslabší část zadní části svalu *pectoralis major* u komerčně chovaných brojlerových kuřat.

Sval je protkán pojivovou tkání, svalová vlákna a snopce jsou obalena endomysiem a perimysiem, kde vedou cévní a nervové svazky. Funkce endomysia a perimysia je tedy mimo jiné krevní zásobení svalu a zajištění látkové výměny. Rychlý růst prsního svalu u rychle rostoucích genotypů kuřat způsobuje nepoměr mezi svalovými vlákny a jeho zásobováním, které postupně vede k degeneraci svalu (Scheuermann et al. 2004; Clark & Velleman 2017). Snížení tkáně endomysia nebo perimysia omezuje množství prostoru dostupného pro krevní

zásobení a kapiláry do svalu (Wilson et al. 1990; Hoving-Bolink et al. 2000; Velleman et al. 2003a).

Histologické pozorování odhalilo svalová vlákna různého průměru a postrádající jejich charakteristickou polygonalitu (Sihvo et al. 2014). Svalová vlákna s abnormálním polygonálním profilem (zaoblená vlákna) byla nalezena ve spojitosti s difuzními ztvrdlými oblastmi v prsní svalovině s vadou WB (Soglia et al. 2016a). Velká hypertrofická svalová vlákna by mohla způsobit oběhové problémy, které mají negativní důsledky na kvalitu masa (Berri et al. 2007) kvůli menšímu prostoru perimysialní a endomysialní pojivové tkáně. Průměrný průměr svalového vlákna v anteriodorzální oblasti nepostíženého svalu *pectoralis major* byl větší než průměr svalových vláken z ventrálních oblastí svalu PM ve všech třech testovaných genetických liniích (Clark & Velleman 2017). Velká vlákna v anteriodorzální oblasti *m. pectoralis major* může částečně vysvětlit, proč je WB myopatie nejzávažnější v této oblasti. (Clark & Velleman 2017).

### 9.2.2 Chemické složení svaloviny s vadou WB

Svalovina s defektem WB vykazuje vyšší obsah kolagenu a nižší obsah bílkovin (Soglia et al. 2016a). Obsah funkčních proteinů odpovědných za vaznost masa byl snížen ve prospěch kolagenu (Dalle Zotte et al. 2014; Petracci et al. 2015). Snížená vaznost masa a zvýšené pH bylo zjištěno především v přední části *m. pectoralis major* (Dalle Zotte et al. 2017). Podobné chemické složení již dříve zjistili u masa s myopatií WS Kuttappan et al. (2012b), Petracci et al. (2014) a Mudalal et al. (2014).

## 9.3 Spaghetti meat

Defekt spaghetti meat (SM) je charakterizován oddělením svazků svalových vláken především v kraniální oblasti prsního svalu a může, ale nemusí být spojen s defektem bílého pruhování (Baldi et al. 2018). Oddělení svazků způsobuje vzhled připomínající špagety, podle kterého je defekt masa pojmenován. Defekt SM je charakterizován oddělením svazků vláken tvořících svalovou tkáň, stejně jako postupnou degradaci perimysialní pojivové tkáně (Bilgili et al. 2015). To vede k tvorbě velkých intracelulárních prostorů a tím dochází ve svalových vlákních ke ztrátě vody během postmortálního období, která může vést k dezintegraci svalu (Baldi et al. 2018). Tato myopatie se často vyskytuje s dalšími defekty jako jsou bílé pruhování nebo dřevnatá prsní svalovina. Obecně tato myopatie vykazuje histologické znaky uváděné u přidružených myopatií (bílé pruhování, dřevnatá prsní svalovina), včetně: hypertrofických vláken, degenerace a regenerace, hyalinizace, výskytu abnormálních vláken a narušeného ukládání pojivové a tukové tkáně (Baldi et al. 2018).

Defekt spaghetti meat negativně ovlivňuje kvalitu masa, které vykazuje výrazné snížení obsahu bílkovin a zároveň významné zvýšení vlhkosti (Baldi et al. 2018). To bylo dříve pozorováno i u dřevnaté prsní svaloviny (Soglia et al. 2016a). A však ve shodě se studiemi Kuttappan et al. (2012) a Soglia et al. (2016a) byl obsah tuku ovlivněn pouze při současném výskytu defektu bílého pruhování.

## 9.4 Green muscle disease

Obecně se uznává, že green muscle disease neboli hluboká prsní myopatie (DPM) je ischemická nekróza, která postihuje hlubokém prsní svaly zejména *m. supracoracoideus* a *m. pectoralis minor* především proto, že tento sval je obklopen nepružnou fascií a hrudní kostí, které neumožňují svalové hmotě nabýt na objemu v reakci na fyziologické změny, k nimž dochází při pohybu svalů (Jordan & Pattison 1998). Podle Siller (1985) se DPM vyskytuje výhradně u ptáků, kteří byli speciálně selektováni pro vývoj prsní svaloviny. U těžkých plemen je zvětšení svalu tak výrazné, že dochází k jeho zaškrzení a ischemii, protože zvýšený tlak ve svalu uzavírá cévy a způsobuje nekrózu svalu. Defekt se projevuje krvácením ve svalu, které je možné vizuálně pozorovat na povrchu svalu a Bianchi et al. (2006) v jejich studii klasifikovali defekt ve dvou stupních: častné stádium hemoragického vzhledu a pozdní stádium mající šedé nebo zelené zbarvení. Tyto léze nezhoršují celkový zdravotní stav ptáků a obvykle se objevují až při porcování a vykostění. Poškození může postihovat oba svaly *pectoralis minor*, nebo jen jeden z nich, tzv. oboustranné, resp. jednostranné poškození. Hluboká prsní myopatie nemá žádný klinický význam, její vzhled je však esteticky nežádoucí. Postižený filet by měl být odstraněn, zatímco zbytek jatečně upraveného těla je stále vhodný k lidské spotřebě (Jordan & Pattison 1998).

## 9.5 Špatná soudržnost masa

Špatná soudržnost masa se vyskytuje ve spojitosti s nezralostí intramuskulární pojivové tkáně, která se skládá z endomysia, perimysia a epimysia, a však perimysium představuje zhruba 90 % všech pojivových tkání ve svalech (Oshima et al. 2009). Rychle rostoucí genotypy brojlerových kuřat mají větší průřez svalového vlákna než endomysia a perimysia, tedy pojivová tkáň není dostatečně velká, aby mohla zajistit podporu a soudržnost mnohem většího svalu, tím dochází k poškození svalu a tvorbě velkých mezibuněčných prostor, kde se hromadí tekutina (Nishimura 2010). Nezralá intramuskulární pojivová tkáň má do jisté míry pozitivní vliv na křehkost masa. V libovém mase je obsah kolagenu 0,2-0,4 %. U rychle rostoucích ptáků je kolagen nezralý, což má za následek nízkou tepelnou stabilitu. V důsledku toho je drůbeží maso křehké, ale může se stát křehkým až kašovitým (Puolanne & Voutila 2009).

## 9.6 Maso podobné PSE

Maso je světlé, měkké a exudativní s nízkým konečným pH a slabými funkčními vlastnostmi, jako je nízká vaznost masa (Petracci et al. 2009). Vykazuje podobnost s PSE u prasat, avšak nejsou důkazy, že by maso podobné PSE u drůbeže bylo způsobeno genetickou mutací, jak je tomu u prasat, přesto že mají podobný mechanismus vzniku (Petracci & Cavani 2012). To je v souladu se Strasburg a Chiang (2009), kteří uvádějí, že neexistují žádné důkazy, které by potvrzovaly nebo vyvracely genetickou mutaci u kuřat a krůt v souvislosti s vývojem PSE.

Dle Petracci et al. (2015) je hlavním činitelem nepoměr velikosti svalu k jeho podpurným tkáním a strukturám zajišťující odpovídající metabolismus svalu. Bylo prokázáno, že selekce na tělesnou hmotnost nebo vývoj svalů vyvolala histologické a biochemické změny svalové

tkáně, které mohou souviset se stavem masa podobného PSE (Barbut et al. 2008) a brojlerová kuřata jsou více náchylná k myopatiím způsobným stresem a častěji se u nich vyskytuje právě vada PSE oproti jiným typům drůbeže (Petracci et al. 2015). Sandercock et al. (2006) zjistili, že rychle rostoucí linie ptáků mohou vykazovat sníženou termoregulační schopnost ve srovnání se svými genetickými předchůdci, a mohou tak být náchylnější k tepelnému stresu v období před porážkou a k následným problémům, včetně poškození svalů, poruch acidobazické rovnováhy a snížené kvality masa.

Vada masa podobného PSE je spojena s nižší vazností masa a horšími senzoryckými vlastnostmi kuřecího prsního masa (Petracci et al. 2015). Tato ztráta kvality produktu zahrnující i ztrátu bílkovin se připisuje denuraci bílkovin způsobené kombinací kyselých podmínek spolu s vysokou teplotou svaloviny ve velmi raném období po porážce (Petracci & Cavani 2012). Prsní svalovina je složena pouze z glykolytických vláken, která využívají pro získávání energie anaerobní glykolýzu, jejímž produktem je kyselina mléčná, která je normálně odstraňována krví. Tento typ metabolismu a podmínky při porážce mohou přispět ke vzniku masa podobného PSE (Petracci & Cavani 2012). Přes horší senzorycké a technologické vlastnosti masa podobného PSE Qiao et al. (2002) uvádějí, že PSE má minimální vliv na proximální složení masa.

## 10 Možnosti eliminace svalových myopatií

Selekce na rychlý růst a vysokou jatečnou výtěžnost koreluje s nedávno popsányými myopatiemi prsní svaloviny (Kuttappan et al. 2012a; Sihvo et al. 2014). Studie se zaměřily na eliminaci těchto myopatií. Jednou z možností je zpomalení růstu rychle rostoucích genotypů brojlerových kuřat pomocí restrikce krmiva. Trocino et al. (2015) ve své studii zjistili, že restrikce krmiva zhoršila rychlost růstu brojlerových kuřat během období restrikce, ale v dalším období tato kuřata vykazovala kompenzační růst, který umožnil ptákům snížit rozdíly v konečné živé hmotnosti a zlepšila se míra konverze krmiva. Kuttappan et al. (2012a) ve své studii pozorovali snížení rychlosti růstu, konečné živé hmotnosti a hmotnosti prsní svaloviny, jakož to i výskyt defektu bílého pruhování u brojlerových kuřat poražených ve věku 54 dní snížením energetické hodnoty diet. V této studii brojlerová kuřata vykazovala nižší konečnou živou hmotnost, ale vykazovala poškození na úrovni svalových vláken v prsní svalovině ve srovnání s brojlerovými kuřaty krmenými *ad libitum*. To bylo pravděpodobně způsobeno zvýšením rychlosti růstu prsní svaloviny během kompenzačního růstu (Trocino et al. 2015). Snížení obsahu bílkovin v krmivu způsobilo snížení růstu u rychle rostoucích genotypů brojlerových kuřat a nižší úmrtnost, ale zvýšilo spotřebu krmiva a mělo negativní vliv na efektivitu užitkovosti (Chodová et al. 2021).

Jedním z důležitých faktorů restrikce krmiva je období, ve kterém je restrikce provedena. Velleman et al. (2010) zjistili negativní vliv na strukturu svalu *pectoralis major*, který vykazoval špatnou organizaci, zvýšenou nekrózu a ukládání tuku při omezení krmiva během prvních dvou týdnů po vylíhnutí a označili období bezprostředně po vylíhnutí za kritické pro udržení růstu a struktury svaloviny. Trocino et al. (2015) také zjistili negativní účinky restrikce krmiva, která proběhla v pozdějším období 13 až 21 dní po vylíhnutí. Proto jsou nutné další výzkumy, aby bylo objasněno, zda a jakým způsobem může vývojová fáze svalového vlákna

nebo rychlost kompenzačního růstu či jejich vzájemné působení vyvolat poškození na úrovni svalového vlákna a tím ovlivnit výskyt myopatií (Trocino et al. 2015).

## 11 Závěr

Drůbežářský průmysl čelí v posledních několika dekádách stále narůstající poptávce po drůbežím masu. Produkce drůbežího masa stále stoupá již zhruba padesát let a s tím souvisí tlak na selekci kuřat na vysokou jatečnou výtěžnost, konverzi krmiva a kratší dobu pro dosažení jatečné zralosti. Tato kuřata dosahují, čím dál větší jatečné hmotnosti, v čím dál kratším čase. Šlechtitelé dokázali těmto zvyšujícím se poptávkám spotřebitelů vyhovět. Dokázali vyšlechtit nové hybridy brojlerových kuřat, kteří jsou schopni dorůst vyšších porážkových hmotností ještě v kratším čase. Šlechtitelé zvládli vyšlechtit kuřata, která jsou na samé hraně únosnosti jejich fyziologických možností růstu, to se však často podepisuje na kvalitě masa. V chovech se vyskytuje řada defektů svaloviny, které mají neblahý vliv na kvalitu masa. Zhoršení kvality se projevuje v různých podobách, od pouhých zhoršených senzoričných vlastností až po vlastnosti, které zabraňují uvedení masa na trh.

V posledních letech se spotřebitelé stále častěji obracejí na menší regionální chovy a vyhledávají maso tradičních plemen kuřat pro jejich výtečné chuťové a texturní vlastnosti, na místo masa rychle rostoucích genotypů brojlerových kuřat z komerčních velkochovů. Tím se spotřebitelský trend začal obracet od kvantity ke kvalitě. Šlechtitelé tak čelí další výzvě, která se tentokrát týká zvýšení kvality masa brojlerových kuřat.

Cílem této práce bylo získání nejnovějších informací o charakteristikách svalových vláken u rozdílných genotypů kuřat, jejich vztahu ke kvalitě masa a faktorech, které je ovlivňují. V této práci jsou shrnuty poznatky, které porovnávají svalová vlákna dvou nejvíce odlišných genotypů kuřat, a to pomalu rostoucích a rychle rostoucích. Srovnání proběhlo na několika úrovních a zvláštní pozornost byla věnována defektům svaloviny, úzce související s rychle rostoucím genotypem brojlerových kuřat, s nimiž se drůbežářský průmysl aktuálně musí potýkat. Tyto defekty často způsobují chovatelům značné ekonomické ztráty.

Snahy o zlepšení kvality masa nadále probíhají ve formě studií, zabývajících se např. nutričními doplňky krmiva, expresí růstových faktorů nebo i metabolických dějů ovlivňující správný růst svalů. To vše ve snaze zastavit, nebo aspoň zmírnit výskyt vad, které zatěžují celý drůbežářský průmysl. Tyto snahy pokračují směrem k ustálení selekce kuřat na únosné mezi jejich fyziologických možností a k hledání pomyslné hrany, kde drůbežářský průmysl dokáže najít rovnováhu mezi kvantitou, která je nutná pro uspokojení poptávky a kvalitou, jež uspokojí i náročnější spotřebitele.



## 12 Literatura

- Baldi, G., Soglia, F., Mazzoni, M., Sirri, F., Canonico, L., Babini, E., Laghi, L., Cavani, C., & Petracci, M. (2018). Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *Animal*, *12*(1), 164–173. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001069>
- Bianchi, M., Petracci, M., Franchini, A., & Cavani, C. (2006). The Occurrence of Deep Pectoral Myopathy in Roaster Chickens. *Poultry Science*, *85*(10), 1843–1846. <https://doi.org/10.1093/ps/85.10.1843>
- Bowker, B., & Zhuang, H. (2016). Impact of white striping on functionality attributes of broiler breast meat1. *Poultry Science*, *95*(8), 1957–1965. <https://doi.org/10.3382/ps/pew115>
- Clark, D. L., & Velleman, S. G. (2017). Physiology and reproduction: Spatial influence on breast muscle morphological structure, myofiber size, and gene expression associated with the wooden breast myopathy in broilers. *Poultry Science*, *95*(12), 2930–2945. <https://doi.org/10.3382/ps/pew243>
- Dalle Zotte, A., Tasoniero, G., Puolanne, E., Remignon, H., Cecchinato, M., Catelli, E., & Cullere, M. (2017). Effect of “wooden breast” appearance on poultry meat quality, histological traits, and lesions characterization. *Czech Journal of Animal Science*, *62*(2), 51–57. <https://doi.org/10.17221/54/2016-CJAS>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Accessed Oct. 2020. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Hasegawa, Y., Hara, T., Kawasaki, T., Yamada, M., Watanabe, T., & Iwasaki, T. (2020). Effect of wooden breast on postmortem changes in chicken meat. *Food Chemistry*, *315*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126285>
- Huo, W., Weng, K., Li, Y., Zhang, Y., Zhang, Y., Xu, Q., & Chen, G. (2022). Comparison of muscle fiber characteristics and glycolytic potential between slow- and fast-growing broilers. *Poultry Science*, *101*(3). <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101649>
- Chatterjee, D., Zhuang, H., Bowker, B. C., Rincon, A. M., & Sanchez-Brambila, G. (2016). Instrumental texture characteristics of broiler pectoralis major with the wooden breast condition. *Poultry Science*, *95*(10), 2449–2454. <https://doi.org/10.3382/ps/pew204>
- Chodová D., Tůmová E., Ketta M. (2021). The response of fast-, medium- and slow-growing chickens to a low protein diet. *Czech Journal of Animal Science*, *66*(3), 97–105. <https://doi.org/10.17221/260/2020-CJAS>

Ismail, I., & Joo, S. T. (2017). Poultry meat quality in relation to muscle growth and muscle fiber characteristics. In *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* (Vol. 37, Issue 6, pp. 873–883). Korean Society for Food Science of Animal Resources. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.6.873>

Kuttappan, V. A., Brewer, V. B., Apple, J. K., Waldroup, P. W., & Owens, C. M. (2012a). Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, *91*(10), 2677–2685. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02259>

Kuttappan, V. A., Brewer, V. B., Mauromoustakos, A., McKee, S. R., Emmert, J. L., Meullenet, J. F., & Owens, C. M. (2013a). Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, *92*(3), 811–819. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02506>

Kuttappan, V. A., Shivaprasad, H. I., Shaw, D. P., Valentine, B. A., Hargis, B. M., Clark, F. D., McKee, S. R., & Owens, C. M. (2013c). Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. *Poultry Science*, *92*(2), 331–338. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02646>

Lilburn, M. S., Griffin, J. R., & Wick, M. (2019). From muscle to food: Oxidative challenges and developmental anomalies in poultry breast muscle. *Poultry Science*, *98*(10), 4255–4260. <https://doi.org/10.3382/ps/pey409>

Mudalal, S., Babini, E., Cavani, C., & Petracci, M. (2014). Quantity and functionality of protein fractions in chicken breast fillets affected by white striping. *Poultry Science*, *93*(8), 2108–2116. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03911>

Mudalal, S., Lorenzi, M., Soglia, F., Cavani, C., & Petracci, M. (2015). Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal*, *9*(4), 728–734. <https://doi.org/10.1017/S175173111400295X>

Petracci, M., Bianchi, M., & Cavani, C. (2009). The European perspective on pale, soft, exudative conditions in poultry. *Poultry Science*, *88*(7), 1518–1523. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00508>

Petracci, M., & Cavani, C. (2012). Muscle growth and poultry meat quality issues. In *Nutrients* (Vol. 4, Issue 1, pp. 1–12). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu4010001>

Petracci, M., Mudalal, S., Babini, E., & Cavani, C. (2014). Effect of white striping on chemical composition and nutritional value of chicken breast meat. *Italian Journal of Animal Science*, *13*(1), 179–183. <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3138>

Petracci, M., Mudalal, S., Soglia, F., & Cavani, C. (2015). Meat quality in fast-growing broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*, *71*(2), 363–374. <https://doi.org/10.1017/S0043933915000367>

Petracci, M., Soglia, F., Madruga, M., Carvalho, L., Ida, E., & Estévez, M. (2019). Wooden-Breast, White Striping, and Spaghetti Meat: Causes, Consequences and Consumer Perception of Emerging Broiler Meat Abnormalities. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 18, Issue 2, pp. 565–583). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12431>

Sihvo, H. K., Immonen, K., & Puolanne, E. (2014). Myodegeneration With Fibrosis and Regeneration in the Pectoralis Major Muscle of Broilers. *Veterinary Pathology*, *51*(3), 619–623. <https://doi.org/10.1177/0300985813497488>

Soglia, F., Mudalal, S., Babini, E., di Nunzio, M., Mazzoni, M., Sirri, F., Cavani, C., & Petracci, M. (2016a). Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poultry Science*, *95*(3), 651–659. <https://doi.org/10.3382/ps/pev353>

Trocino, A., Piccirillo, A., Birolo, M., Radaelli, G., Bertotto, D., Filiou, E., Petracci, M., & Xiccato, G. (2015). Effect of genotype, gender and feed restriction on growth, meat quality and the occurrence of white striping and wooden breast in broiler chickens. *Poultry Science*, *94*(12), 2996–3004. <https://doi.org/10.3382/ps/pev296>

Weng, K., Huo, W., Li, Y., Zhang, Y., Zhang, Y., Chen, G., & Xu, Q. (2022). Fiber characteristics and meat quality of different muscular tissues from slow- and fast-growing broilers. *Poultry Science*, *101*(1). <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101537>

Literatura byla generována pomocí volně dostupného citačního manažeru Mendeley - <https://www.mendeley.com/download-desktop/>

### 13 Seznam použitých zkratek a symbolů

DPM	hluboká prsní myopatie
EDL	<i>m. extensor digitorum longus</i>
FG	rychle rostoucí genotyp brojlerových kuřat
GAS	<i>m. gastrocnemius</i>
IMF	intramuskulární tuk
Mb	myoglobin
PM	<i>m. pectoralis major</i>
PSE	maso světlé, měkké a exudativní
SG	pomalou rostoucí genotyp brojlerových kuřat
SM	defekt spaghetti meat
SOL	<i>m. soleus</i>
WB	dřevnatá prsní svalovina
WS	bílé pruhování