

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Vliv genotypu a pohlaví prasat na technologické vady  
masa**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Jolana Jiráková**

**Obor studia: Výživa zvířat**

**Vedoucí práce: Ing. Monika Okrouhlá, Ph.D.**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv genotypu a pohlaví prasat na technologické vady masa" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí 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 26. dubna 2021

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Monice Okrouhlé, Ph.D. za vstřícnost, odborné rady a cenné připomínky, které mi poskytla při zpracovávání této práce.

# Vliv genotypu a pohlaví prasat na technologické vady masa

## Souhrn

V praktické části této práce byly hodnoceny vybrané fyzikální a technologické ukazatele kvality masa v závislosti na genotypu a pohlaví. Do experimentu bylo zařazeno celkem 60 kusů prasat ve třech genotypech – přeštické černostrakaté prase, landrace a finální hybridní kombinace (ČBU x ČL) x ČBU – (české bílé ušlechtilé<sub>mateřské</sub> x česká landrace) x české bílé ušlechtilé<sub>otcovské</sub>. Každý genotyp byl zastoupen dvaceti prasaty (10 vepříky, 10 prasničkami).

Kvalitativní charakteristiky jatečně upraveného těla byly hodnoceny v oblasti pečeně (*musculus longissimus lumborum et thoracis* = MLLT) a kýty (*musculus semimembranosus* = MS). U obou svalů bylo měřeno pH<sub>45</sub>, teplota, elektrická vodivost. U svalu MLLT byla navíc zjišťována síla stříhu, barva (L\*, a\*, b\*) a ztráta masové šťávy odkapem. Barva byla měřena také u hřbetního tuku.

Mezi jednotlivými genotypy bylo nalezeno několik statisticky významných rozdílů. Přeštické černostrakaté prase vykazovalo vyšší hodnotu pH<sub>45</sub> pečeně (MLLT) v porovnání s ostatními genotypy ( $P = 0,003$ ). Ovšem v oblasti kýty (MS) bylo pH<sub>45</sub> srovnatelné s finálními hybridy (ČBU x ČL) x ČBU. U plemene landrace bylo nalezeno statisticky vyšší pH<sub>45</sub> v MS ( $P = 0,025$ ) a statisticky vyšší vodivost v MS ( $P = 0,005$ ) v porovnání s ostatními genotypy. Světlost MLLT měla landrace statisticky vyšší ( $P = 0,003$ ). Těla finálních hybridů (ČBU x ČL) x ČBU vykazovala statisticky výrazně nižší teplotu, vyšší sílu stříhu a vyšší ztrátu odkapem ( $P < 0,001$ ).

Mezi prasničkami a vepříky byl nalezen statisticky významný rozdíl ( $P = 0,029$ ) pouze v barevném odstínu b\* (žlutost) hřbetního tuku (pro prasničky b\* = 7,89, pro vepříky b\* = 7,43). Barva hřbetního tuku není z hlediska vad masa důležitým ukazatelem.

Žádný ze sledovaných genotypů nelze jednoznačně označit jako rizikovější z hlediska vzniku vad masa. Naměřené hodnoty se neodchylovaly od hodnot referenčních. Mezi vepříky a prasničkami nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v důležitých ukazatelích určující kvalitu masa. Na základě získaných hodnot není možné hypotézu potvrdit. Za vysoce významnou příčinu vzniku vad masa je označován stres, proto by bylo vhodné zaměřit se primárně na zajištění bez stresových podmínek prasatům v před porážkovém období.

**Klíčová slova:** prase, genotyp, pohlaví, vady masa, PSE

# Influence of pig genotype and sex on technological defects of meat

## Summary

The influence of pig genotype and sex on selected physical and technological indicators of meat quality was evaluated in the experimental part of this thesis. In the experiment there were 60 pigs in three genotypes – Prestice Black-Pied, Landrace and final hybrid of (ČBU x ČL) x ČBU – (Czech Large White<sub>maternal</sub> x Czech Landrace) x Czech Large White<sub>sire</sub>. Each genotype was represented by 20 pigs (10 barrows, 10 gilts)

The physical and technological properties were measured *post mortem* in the *muscle longissimus lumborum et thoracis* (MLLT) and *musculus semimembranosus* = MS. The pH<sub>45</sub>, temperature, electrical conductivity were measured in both muscles. In addition, shear force, colour (L\*, a\*, b\*) and drip loss was measured in MLLT. The colour of back fat was also evaluated.

Several statistically significant differences were found between individual genotypes. The Prestice Black-Pied pig showed higher value of pH<sub>45</sub> in MLLT compared to other genotypes ( $P = 0,003$ ). However in MS pH<sub>45</sub> was comparable to final hybrid (ČBU x ČL) x ČBU. The Landrace breed had a statistically significant lowest pH<sub>45</sub> in MS ( $P = 0,025$ ) and significant highest ( $P = 0,005$ ) electrical conductivity in MS among three genotypes. The landrace's lightness (L\*) of MLLT was also significantly highest ( $P = 0,003$ ). The final hybrid of (ČBU x ČL) x ČBU had significantly ( $P < 0,001$ ) lower temperature, higher shear force and higher drip loss.

A statistically significant difference ( $P = 0,029$ ) was found between gilts and barrows only in yellowness (b\*) of back fat (gilts b\* = 7,89, barrows b\* = 7,43). Nonetheless, the colour of the back fat does not reflect defects of meat.

None of the genotypes observed can be clearly identified as being more at risk for meat defects. There was no statistically significant difference between gilts and barrows in important indicators of meat. Based on the values obtained, the hypothesis can not be confirmed. Stress is identified as a important cause of meat defects. Stress-free contidions in pre-slaughter period should be matter of course.

**Keywords:** pig, genotype, sex, defects of meat, PSE

# Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 Úvod</b> .....  | <b>8</b>  |
| <b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce</b> .....                           | <b>9</b>  |
| <b>2.1 Vědecká hypotéza</b> .....                                      | <b>9</b>  |
| <b>2.2 Cíl práce</b> .....   | <b>9</b>  |
| <b>3 Literární rešerše</b> .....                                       | <b>10</b> |
| <b>3.1 Složení masa</b> .....  | <b>10</b> |
| 3.1.1 Chemické složení .....   | 10        |
| 3.1.2 Fyzikální složení .....  | 12        |
| <b>3.2 Proces zrání</b> .....  | <b>13</b> |
| <b>3.3 Faktory ovlivňující kvalitu</b> .....                           | <b>14</b> |
| 3.3.1 Vnější faktory .....   | 14        |
| 3.3.1.1 Stres .....  | 14        |
| 3.3.1.2 Výživa .....   | 15        |
| 3.3.2 Vnitřní faktory.....   | 16        |
| 3.3.2.1 Genotyp .....  | 16        |
| 3.3.2.2 Pohlaví .....  | 19        |
| <b>3.4 Vady masa</b> .....   | <b>20</b> |
| 3.4.1 PSE (pale, soft, exudative = bledé, měkké, vodnaté) .....        | 20        |
| 3.4.2 DFD (dark, firm, dry = tmavé, tuhé, suché) .....                 | 22        |
| 3.4.3 RSE a PFN maso .....   | 23        |
| 3.4.3.1 RSE (red, soft, exudative = červené, měkké, vodnaté) .....     | 23        |
| 3.4.3.2 PFN (pale, firm, non-exudative = bledé, tuhé, nevodnaté) ..... | 23        |
| 3.4.4 Chladové zkrácení (cold shortening)) .....                       | 23        |
| 3.4.5 Hampshire faktor .....   | 24        |
| <b>3.5 Metody posuzující kvalitu masa</b> .....                        | <b>24</b> |
| 3.5.1 Vaznost (water holding capacity = WHC) .....                     | 24        |
| 3.5.1.1 Ztráta masové šťávy odkapem.....                               | 26        |
| 3.5.1.2 Ostatní metody .....   | 27        |
| 3.5.2 Stanovení pH.....  | 27        |
| 3.5.3 Elektrické vlastnosti masa.....                                  | 28        |
| 3.5.4 Barva masa.....  | 28        |
| 3.5.5 Textura masa .....   | 29        |
| <b>4 Metodika a materiál</b> .....                                     | <b>31</b> |
| <b>4.1 Zvířata</b> .....   | <b>31</b> |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 4.2 | Sledované parametry .....  | 32 |
| 4.3 | Statistické vyhodnocení.....                                     | 32 |
| 5   | Výsledky .....   | 34 |
| 5.1 | Vliv genotypu na kvalitu jatečně upraveného těla .....           | 34 |
| 5.2 | Vliv pohlaví na kvalitu jatečně upraveného těla .....            | 35 |
| 5.3 | Vliv genotypu a pohlaví na kvalitu jatečně upraveného těla ..... | 35 |
| 6   | Diskuze .....  | 38 |
| 6.1 | Vliv genotypu na vybrané fyzikální parametry JUT .....           | 38 |
| 6.2 | Vliv pohlaví na vybrané fyzikální parametry JUT .....            | 39 |
| 6.3 | Vliv genotypu a pohlaví na vybrané fyzikální parametry JUT ..... | 40 |
| 7   | Závěr .....  | 41 |
| 8   | Literatura.....  | 42 |
| 9   | Seznam použitých zkratk a symbolů.....                           | 49 |
| 10  | Seznam tabulek.....  | I  |

# 1 Úvod

Maso je jednou ze základních surovin, bez které by si velká část lidí neuměla představit svůj jídelníček. V České republice patří k nejoblíbenějším druhům masa maso vepřové. V roce 2018 připadalo průměrně 43,2 kg vepřového masa na osobu.

Poptávka po libovém mase byla natolik velká, že proběhly snahy šlechtitelů zvyšovat podíl libové svaloviny u prasat. Se zvyšujícím se obsahem libové svaloviny ovšem dochází ke zvýšené pravděpodobnosti vzniku nejčastější technologické vady vepřového masa, vady PSE. Pokud je maso zasaženo vadou, projevuje se na něm na první pohled hlavně změnou barvy a struktury. Ovšem jsou ovlivněny i jeho technologické a kulinární vlastnosti a tím je snížena i jeho hodnota. Využitelnost masa s vadou je zmenšena a atraktivita u spotřebitelů nízká.

K zamezení vzniku vad masa by bylo nutné identifikovat faktory způsobující defekty masa a zamezit jejich působení. V současné době je za hlavní rizikový faktor označen stres před a během porážky. Vliv může mít i genetika. Při přítomnosti halothanového genu či genu PRKAG3 je riziko vzniku vad masa zvýšené, zvláště při kombinaci se stresem.

V praktické části této práce byly testovány 3 genotypy – přeštické černostrakaté prase, landrace a finální hybrid (české bílé ušlechtilé<sup>matěřské</sup> x česká landrace) x české bílé ušlechtilé<sup>otcovské</sup> a jejich vliv na fyzikální a technologické ukazatele masa. Vliv na tyto ukazatele byl sledován i u pohlaví.



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

### **2.1 Vědecká hypotéza**

Různé genotypy prasat mají rozdílné užitkové vlastnosti. Rozdíly jsou patrné také mezi pohlavím. V případě kvality masa se tyto rozdíly mohou projevit v rámci jednoho nebo obou faktorů. Předpokládám, že genotyp a pohlaví ovlivní charakteristiky kvality masa, které jsou určující ukazateli pro vyhodnocení vad masa.

### **2.2 Cíl práce**

Cílem diplomové práce bylo zhodnocení vlivu genotypu a pohlaví na vznik technologických vad masa.

### 3 Literární rešerše

Definice masa se liší napříč publikacemi. Maso je tvořeno svalovými vlákny, tukem, šlachami, povázkami (vazivové blány z kolagenního a elastického vaziva, které obalují svaly, udržují je ve správné poloze, někdy slouží k úponu (Steinhauser et al. 2000)) a cévami (Mudřík et al. 2007). Podle Večerkové (2001) jsou masem označovány všechny části těl živočichů, včetně ryb a bezobratlých, které se hodí k lidské výživě. Novosádová (2011) masem označuje svalovinu, vnitřnosti, šlachy, tuk i kůži.

Podle vyhlášky 287/1999 Sb. Ministerstva zemědělství byly masem označovány všechny části těla zvířete. Vyhláška č.326 ze dne 30. srpna 2001 definuje maso jako všechny části zvířat, které jsou vhodné k lidské spotřebě, o jejichž použitelnosti bylo rozhodnuto podle zvláštního právního předpisu.

#### 3.1 Složení masa

##### 3.1.1 Chemické složení

Sval obecně obsahuje průměrně 75 % vody, 20 % bílkovin, 3 % tuku a 2 % rozpustných nebílkovinných látek. Mezi rozpustné nebílkovinné látky se řadí 45 % dusíkatých nebílkovinných látek, 34 % sacharidů a jejich metabolitů, 18 % neorganických sloučenin, 3 % minerálů a vitaminů (Kameník et al. 2014).

Voda v mase je z hlediska nutričního zanedbatelná, má však velký význam pro senzorickou, kulinární a technologickou jakost masa (Ingr 1996). Obsah vody v mase kolísá podle anatomického původu, plemene, stáří, krmení, životních podmínek zvířat v rozmezí od 46 % do 78 %. Libová svalovina obsahuje cca 72–75 %. Voda v mase se dělí na tři typy: volná, strukturální (vázaná), povrchová (hydratační) voda. Volná voda představuje největší podíl. Vyskytuje se uvnitř myofibril v prostoru mezi tlustými a tenkými filamenti, kde je držena díky kapilárním silám. Smršťování filament během *rigor mortis* a při tepelném opracování způsobuje její ztrátu. Strukturální voda je voda uvnitř globulárních proteinů, kde je vázána vodíkovými ionty. Podle Warnera (2017) tvoří vázaná voda asi 1 % a je odolná proti zamrznutí a ohřevu. Povrchová voda tvoří jednu nebo dvě molekulární vrstvy na povrchu biopolymerů. Hydratační voda je vázána na různé polární skupiny bílkovin na bázi elektrostatických sil (Ingr 1996; Kameník et al. 2014).

V mase se vyskytuje průměrně 21–22 % bílkovin. Množství se liší podle anatomické části těla (Kameník et al. 2014). Bílkoviny v mase se dělí na 3 typy: myofibrilární, sarkoplazmatické a stromatické. Nejhojněji zastoupené jsou myofibrilární bílkoviny, které představují 50–53 % všech bílkovin v mase. Mezi jejich zástupce patří například aktin a myosin nebo titin a nebulin, jejichž degradace *post mortem* hraje důležitou roli v procesu zrání masa. V mase je nejvíce zastoupenou bílkovinou myosin 50–60 %, 20 % připadá na aktin. Sarkoplazmatické bílkoviny tvoří asi 30–34 % bílkovin v mase a mezi ně patří například myoglobin. Stromatické bílkoviny jsou v mase zastoupeny v nejmenším množství a to 10–15 %. Jsou základním stavebním prvkem intramuskulární pojivové tkáně, která je tvořena kolagenními a elastickými vlákny. Složení a množství intramuskulární pojivové tkáně závisí na druhu zvířete, plemeni a liší se i napříč jednotlivými svaly (Kameník et al. 2014). Babicz et al. (2018) uvádí, že vepřové droby obsahují více kolagenu v porovnání s masem.

Tuk v mase se dělí na podkožní 60–70 %, viscerální (ledvinový) 5 %, intermuskulární (mezi svaly) 20–35 %, intramuskulární (uvnitř svalu). Celkový obsah tuku ve vepřovém mase může představovat od 2 % v libových částech až po 29 % například v boku. Chemické složení tuku u prasat je ovlivněno krmivem. U prasat se vyskytuje velké množství kyseliny linolové (zdrojem je například kukuřice, sója, slunečnice a ječmen). Z krmiva přechází v nezměněné podobě ze žaludku do tenkého střeva, odkud se vstřebává do tkání (Kameník et al. 2014). Rosenvold & Andersen (2003) upozorňují, že stravou lze ovlivnit množství polynenasycených mastných kyselin, na rozdíl od nasycených a mononenasycených, které vznikají de novo. V minulosti byly tendence upravit poměr mastných kyselin v tuku, aby byl takový produkt výživově zajímavějším pro člověka. Maso s velkým obsahem polynenasycených mastných kyselin by z výživového hlediska mohlo mít vyšší hodnotu, avšak jeho struktura by byla příliš měkká. Navíc by takové maso bylo náchylné k oxidaci, tudíž by mělo sníženou trvanlivost (Rosenvold & Andersen 2003). U mladších prasat je tendence ukládat nenasycené mastné kyseliny, zatímco u starších nasycené (Reig et al. 2013).

Z nutričního hlediska je maso zdrojem plnohodnotných bílkovin, vitaminů (nejvíce skupiny B). Mudřík et al. (2007) zmiňuje například thiamin (B1), riboflavin (B2), niacin (B3), kobalamin (B12). Kerry et al. (2002) k této skupině přidává i kyselinu pantotenovou (B5) a pyridoxin (B6), nenasycených mastných kyselin a minerálních látek. Z minerálních látek Kameník et al. 2014 zdůrazňují obsah zinku, železa a mědi. Některé přídatné látky se přidávají do krmiva, aby zvýšily biologickou hodnotu masa. Z vitaminu se může jednat například o vitamin E a A. Z minerálních látek se jedná o selen, který se přidává do krmiva v podobě seleničitanu sodného, hořčík, který se suplementuje jako aspartát hořečnatý nebo fumarát hořečnatý (Rei et al. 2013).

*Tabulka 1 Obsah minerálních látek, vitaminů ve vepřovém mase a doporučená denní dávka pro člověka (Vyhláška č. 225/2008; Kameník et al. 2014)*

| Minerály/vitaminy       | Obsah mg/100 g masa | Doporučená denní dávka |
|-------------------------|---------------------|------------------------|
| Železo (Fe)             | 0,42                | 14                     |
| Zinek (Zn)              | 1,55                | 10                     |
| Měď (Cu)                | 0,05                | 1                      |
| Vápník (Ca)             | 7–8                 | 800                    |
| Fosfor (P)              | 158–223             | 700                    |
| Draslík (K)             | 300–370             | 2000                   |
| Sodík (Na)              | 59–76               | -                      |
| Selen (Se)              | 8,7                 | 0,055                  |
| Vitamin B <sub>1</sub>  | 0,38–1,12           | 1,1                    |
| Vitamin B <sub>2</sub>  | 0,10–0,18           | 1,4                    |
| Vitamin B <sub>3</sub>  | 4,0–4,8             | 16                     |
| Vitamin B <sub>6</sub>  | 0,50–0,62           | 1,4                    |
| Vitamin B <sub>9</sub>  | 0,001               | 0,2                    |
| Vitamin B <sub>12</sub> | 0,001               | 0,0025                 |
| Vitamin E               | 0,5–0,9             | 12                     |

### 3.1.2 Fyzikální složení

Základem svalu je svalové vlákno. Jedná se o malé buňky (myoblasty), které splynuly během embryonálního vývoje ve velké buňky. Šířka svalových vláken se pohybuje od 10 do 100  $\mu\text{m}$ . Na jejich povrchu se vyskytuje sarkoplazma, která je vyplněna myofibrilami, vlastními kontraktilními jednotkami. Válcovitá struktura myofibril je tvořená opakujícími se jednotkami, které se nazývají sarkomery, ty jsou tvořeny více než 65 bílkovinami. Díky struktuře sarkomery získává svalové vlákno příčně pruhovaný vzhled. Sarkomera se skládá, ze dvou typů filament, tenkých a tlustých, tenké tvoří aktin, zatímco tlustá jsou tvořena myosinem (Kameník et al. 2014).

Svalová vlákna se po obarvení sudanovou černí B tradičně rozlišují na červená a bílá. Později se došlo k závěru, že existují 3 typy vláken.

Vlákna I. typu (červená s pomalou kontrakcí), která mají nejmenší průměr, oxidativní metabolismus a největší odolnost vůči vyčerpání (Kameník et al. 2014). Lebedová et al. (2020) uvádí, že tento typ převažuje například v hlubokých svalech, které zajišťují držení těla. Podle Kima et al. (2017) vyšší počet těchto vláken snižuje pokles pH *post-mortem*, snižuje světlost ( $L^*$ ) a zlepšuje vaznost. U hovězího masa zvyšují křehkost a šťavnatost.

Vlákna IIB (bílá s rychlou kontrakcí) jsou opakem prvního typu. Podle Lebedové et al. (2020), ve srovnání s jinými velkými hospodářskými zvířaty, prasečí svaly obsahují vysoký podíl vláken IIB. Pro sval *longissimus lumborum* uvádí při barvení ATPázou množství 69–90 % v závislosti na plemeni a věku. Při použití imunohistologické analýzy se podíl IIB vláken pohybuje v rozmezí 26–65 %.

Typ IIA (červená s rychlou kontrakcí) je přechodem mezi výše zmíněnými typy.

Díky imunohistochemické (IHC) analýze je možné rozlišit tři podtypy rychlých vláken. Jedná se o vlákna IIA, IIX, IIB. Zatímco při barvení ATPázou lze rozlišit pouze IIA a IIB. Je tedy patrné, že použitá technika ovlivňuje získané výsledky. Vlákna IIX mohou tvořit až 50 % vláken IIB. Barvení pomocí ATPázy je nepřesnější kvůli své citlivosti na pH (Lebedová et al. 2020). Kim et al. (2018) došli k závěru, že by bylo možné predikovat kvalitu masa podle svalových vláken získaných ze živých prasat pomocí biopsie.

Svalová vlákna jsou dynamické struktury, které se mohou měnit z jednoho typu na jiný. Změna je možná následující cestou: I  $\leftrightarrow$  IIA  $\leftrightarrow$  IIX  $\leftrightarrow$  IIB (Lebedová et al. 2020).

Jednotlivé typy svalových vláken vykazují rozdílné kontraktilní, metabolické, fyziologické, chemické a morfologické charakteristiky. Bylo zjištěno, že během šlechtění plemen, kde je cílem dosažení vyššího podílu libového masa a vyšší rychlosti růstu, došlo i ke změně na úrovni svalových vláken. U šlechtěných prasat je větší množství svalových vláken typu IIB, tedy vlákna bílého glykolytického typu. To zajišťuje velké množství kyseliny mléčné, která se uvolňuje po porážce. Kim et al. (2018) se shodují s Lebedovou et al. (2020) a prohlašují, že vysoký podíl vláken IIB bývá spojen se zhoršenou kvalitou masa jako je špatné zadržování vody, světlejší barva a rychlý pokles pH. Zároveň z výzkumu Lebedové et al. (2020) vyplývá, že by tyto účinky mohla způsobovat vlákna IIX. U původních přírodních plemen je více červených, oxidativních svalových vláken (Kameník et al. 2014).

Vlastnosti svalových vláken, jako je jejich hustota, plocha průřezu a podíl jednotlivých typů ovlivňují znaky kvality vepřového masa. Jedná se o schopnost zadržovat vodu, barvu masa nebo jeho texturu (Lebedová et al. 2020).

## 3.2 Proces zrání

Proces zrání je dlouhodobý proces skládající se z fyzikálních a biochemických změn ve svalu. Jeho průběh je rozhodující pro budoucí kvalitu masa. Pro zrání masa je typická autolýza (rozklad za přítomnosti vlastních enzymů) a proteolýza (částečný nebo úplný rozklad proteinů) (Ingr 2003). Je možné říci, že změny probíhají ve všech strukturách a ani voda není výjimkou. V živém zvířeti je voda zadržována v buňkách buněčnou membránou a je udržována různými membránovými pumpami. Po porážce se voda díky smršťování myofibril přesouvá do sarkoplasmy. Jakmile dojde k poklesu pH, voda projde přes buněčnou membránu do extracelulárního prostoru mezi buňkami (Warner 2017).

První změnou v těle, která nastává po zastavení krevního oběhu je přechod z aerobního oxidačního metabolismu na anaerobní glykolytický. Ve svalech se začne akumulovat laktát a tím dochází k poklesu pH, z hodnoty kolem 7,2 klesá na hodnotu pohybující se mezi 5,7–5,3. Lametsch et al. (2011) uvádí, že hodnota pH závisí na genotypu, výživě, svalovém typu, míře stresu a na průběhu jatečného procesu. Ouali et al. (2006) proces zrání rozdělují do 3 částí: fáze *pre-rigor*, fáze *rigor* a fáze zkrýchčení.

Fáze *pre-rigor* je časový úsek od porážky do okamžiku *rigoru mortis* (posmrtné ztuhnutí). V závislosti na podmínkách může trvat 1–8 hodin. Na konci této fáze sval ztrácí své původní vlastnosti. Po vykrvení jsou svaly ještě nějakou dobu schopny kontrakce, protože je k dispozici kreatinfosfát, díky kterému dochází k přeměně ADP na ATP. Jakmile dojde k poklesu koncentrace ATP na hodnotu 1  $\mu\text{mol/g}$ , zároveň k poklesu pH na 5,9, nemůže dojít k uvolnění myosinu z aktomyosinového komplexu. Vznikají stabilní vazby mezi aktinem a myosinem, které se nazývají *rigor bonds*. Pokud už nejsou k dispozici zásoby kreatinfosfátu, sval získává energii přeměnou glykogenu. Jedná se o anaerobní proces, který není příliš efektivní. Glykogen je štěpen enzymem glykogenfosforyláza, který štěpí vnější řetězce glykogenu, vzniká glukóza-1-fosfát, ta je následně přeměněna na glukózu-6-fosfát (Scheffler et al. 2013). Poté je ve svalu možné nalézt glukózu-6-fosfát, volnou glukózu a finální produkt kyseliny mléčné, jejímž hromadění ve svalu dochází k okyselení (Ouali et al. 2006; Kameník et al. 2014). Okyselení svalu zvyšuje hydrofobicitu bílkovin, čímž se snižuje schopnost zadržovat vodu (Lametsch et al. 2011). Aktivita enzymů podílejících se na štěpení glykogenu v kyselém prostředí klesá a tím i intenzita glykogenolýzy. Nastává druhá fáze (Kameník et al. 2014).

Druhá fáze se nazývá *rigor mortis*. Koncentrace ATP klesla pod kritickou hodnotu, pH se snížilo a ionty  $\text{Ca}^{2+}$  se vyplavují ze sarkoplazmatického retikula do sarkoplasmy. Všechny tyto faktory podporují vznik typické ztuhlosti svalstva a zkrácení svalových vláken. Myosinové hlavice jsou spojeny s aktinovými filamenty a dochází k podélnému posunu aktinových vláken do středu sarkomer. Nastává tím přiblížení Z-linií, délka sarkomer se zkrátí. Míra zkrácení závisí na okolní teplotě, k nejnižší míře zkrácení (10 %) dochází při teplotě 15–20 °C. V průběhu *rigoru mortis* dochází k poklesu pH na konečnou hodnotu, u vepřového masa toto nastane za 4–8 hodin. Pokud je maso zasažené vadou PSE k tomuto poklesu může dojít už za 5–10 minut (Kameník et al. 2014).

Pro třetí a poslední fázi je typická ztráta ztuhlosti a zkrýchčení masa. Ke zkrýchčení dochází díky proteolytickým enzymům, tzv. proteázám. Proteázy patří do skupiny hydroláz. Hydrolizují peptidické vazby aminokyselin. V procesu zrání masa jsou nejvýznamnějšími

skupinami lysosomální proteázy (katepsiny), kalpainy, proteazomy, kaspázy. Nejprve dochází k odbourávání struktur uvnitř svalových buněk. Vliv na křehkost masa má odbourávání myofibrilárních proteinů (Kameník et al. 2014).

### 3.3 Faktory ovlivňující kvalitu

#### 3.3.1 Vnější faktory

Jedním z faktorů, který ovlivňuje i senzorické vlastnosti masa, může být způsob chovu. Extenzivně chovaná prasata vyvíjí vyšší fyzickou aktivitu. Ta je obecně spojena se zvýšeným svalovým oxidačním metabolismem a mohla by způsobit tmavší barvu vepřového masa u takto chovaných jedinců (Lebret et al. 2015).

##### 3.3.1.1 Stres

Prasničky jsou více náchylné ke stresu z dlouhodobé dopravy. pH<sub>45</sub> dosahuje nižších hodnot než u kastrováných samců. Když však bylo pH měřeno za 24 hodin, nebyl nalezen žádný rozdíl. Díky stresu dochází v krvi k nárůstu epinefrinu, který způsobuje rozpad glykogenu a tím nárůst kyseliny mléčné (Egea et al. 2016).

Guàrdia et al. (2005) označili jako jeden z rizikových faktorů použití kovových podlah během přepravy. Tento materiál zvyšuje klouzání zvířat a znemožňuje jim zaujmout klidovou polohu. Dalším důvodem může být vysoký hluk, typický pro tento materiál, který je pro zvířata taktéž stresující. K zamezení vzniku PSE Guàrdia et al. (2005) navrhuje použití polyesteru, zatímco u DFD se nejvíce osvědčil hliník. Jako důležitý faktor Vermeulen et al. (2015) zmiňují i množství zvuku, které vydávají převážena prasata. Pokud jsou prasata v nekomfortní situaci vydávají zvuky, které i u ostatních jedinců způsobují stres. Jedinci produkující zvuk by měli tvořit do 5 % všech ve voze a hladina zvuku by neměla přesáhnout 85 dB.

Důležité je, aby se najednou nepřpravovalo velké množství zvířat. Přeplněné prostory jsou hodnoceny jako rizikové. Jako optimální bylo určeno 0,425 m<sup>2</sup> na 100 kg váhy při cestách nad 3 hodiny. Pokud je doba přepravy kratší než 3 hodiny, plocha od 0,35 m<sup>2</sup> do 0,5 m<sup>2</sup> nijak neovlivní kvalitu masa. Guàrdia et al. (2005) zároveň zmiňují, že při poklesu plochy pod 0,4 m<sup>2</sup> na 100 kg váhy dojde ke zvýšení úmrtnosti z 0,04 % na 0,77 %.

Jako nejlepším řešením by se mohlo jevit poskytnutí zvířatům, co nejvíce možného prostoru. Když pomíneme nevýhodu tohoto modelu z ekonomické stránky, Guàrdia et al. (2005) toto zamítá i kvůli bezpečí zvířat. Pokud se prasatům poskytne větší prostor, může dojít k jejich zranění například při neočekávaných pohybech přepravního vozidla. Příliš velký prostor také zvyšuje pravděpodobnost vzniku potyček mezi zvířaty. Při delších cestách má větší prostor pozitivní vliv na PSE, ale negativní z pohledu DFD.

Po přepravě následuje ustájení, které by mělo zvířata po stresující přepravě zklidnit. Ovšem při delším ustájení opět narůstá možnost vzniku DFD. Po 3 hodinách ustájení je pravděpodobnost vzniku 11,6 %, po 9 hodinách 18,6 % a po ustájení trvajícím 24 hodin se zvyšuje riziko na 24,9 %. Jako optimální délka ustájení byla navržena doba 1–3 hodiny (Guàrdia et al. 2005). Rosenvold & Andersen (2003) zdůrazňuje, že by nemělo docházet k míchání prasat z různých skupin. Pokud je to nevyhnutelné doporučuje menší skupiny do 15 jedinců. V takto malé skupině je snížen výskyt soubojů i mezi prasaty, která se neznají.

Nejen podmínky přepravy a ustájení jsou rozhodující, za další faktor lze považovat i roční období, při kterém dochází k porážce. Při porážkách v zimě stoupá možnost vzniku DFD o 3,4 %. V zimě musí zvířata využít více energie na termoregulaci a tím dochází ke snadnějšímu vyčerpání glykogenu (Guàrdia et al. 2005). Zároveň vlivem zimy dochází k seskupování zvířat a tím ke vzniku kožních lézí (Čobanović et al. 2016). O'Neill et al. (2003) připouští, že během zimy může dojít k většímu nárůstu vad masa. Jako příklad uvádí zvýšení vad PSE ve vánočním období roku 1998/1999 (od listopadu do ledna) z obvyklých 33 % na 39 % (obvyklý roční průměr 25,5 %). Nárůst DFD není podle něj ovlivněn sezonně. Zároveň ale zmiňuje, že ve vánočním období dochází k nárůstu poptávky po vepřovém masu o 15–25 %. Z tohoto důvodu dochází k míchání cizích skupin prasat a čas strávený v ustájení kolísá od 0,75 do 18 hodin, což lze pokládat za rizikové.

Podle Čobanović et al. (2016) hraje roli i tepelný stres. Přehřátí podle něj zvyšuje výskyt PSE, vysvětluje to špatnou reakcí prasat na vysoké teploty, protože u nich chybí potní žlázy, a to způsobuje špatnou termoregulaci. Jako optimum uvádí 15-25 °C.

U prasat jsou obvyklé dva způsoby omračování, použitím elektrického proudu a pomocí CO<sub>2</sub>. Svaly z prasat omráčených elektrickým proudem mají rychlejší pokles pH po smrti, pH 24 zůstalo neovlivněno a nižší vaznost vody v porovnání s omračovací metodou pomocí CO<sub>2</sub>. To naznačuje, že elektrický proud způsobuje vyšší fyziologický stres a zvyšuje svalový metabolismus *post mortem* a vyšší míru vyplavování katecholaminů do krve (Rosenvold & Andersen 2003). Marcon et al. (2019) dodává, že při použití elektrického proudu dochází ke vzniku zlomenin lumbosakrálních obratlů. Z toho důvodu je možné poškození přilehlých tkání a jejich případné znehodnocení. Maso z prasat omráčených elektrickým proudem vykazovalo větší ztráty vody během varu a jejich maso bylo světlejší. Z hlediska welfare omračování oxidem uhličitým není hodnoceno příliš příznivě, jelikož nedochází k okamžitému bezvědomí, to nastává obvykle až po 20 sekundách (Marcon et al. 2019).

### 3.3.1.2 Výživa

Vyvážené krmné dávky mají vliv na dostupnost prvků, což ovlivňuje stavbu těla. Je obzvláště důležité udržovat správné poměry mezi minerály, které působí synergicky (např. vápník a hořčík) a antagonisticky (např. zinek a měď). Sodík hraje důležitou fyziologickou roli u zvířat tím, že reguluje metabolismus vody a elektrolytů, napomáhá transportu aminokyselin a sacharidů do tkání. Dále působí antagonisticky na draslík a společně vytvářejí gradient na obou stranách buněčné membrány. To umožňuje také přenos nervových impulsů, jako jsou kontrakce a relaxace svalových buněk (Babic et al. 2018).

Jak bylo výše zmíněno stravou lze ovlivnit složení těla. Z tohoto důvodu byly zaznamenány snahy se pomocí stravy předkládané zvířatům zbavit nebo alespoň snížit výskyt technologických vad. Rosenvold & Andersen (2003) zmiňuje zařazení vitamínu E do krmiva. U skotu se využívá ke zlepšení barevné stálosti hovězího masa, u prasat tento efekt nebyl prokázán. U prasat existují teorie, že pomocí vitamínu E lze dosáhnout vyšší vodní kapacity masa. Je zmiňována dávka 1000 mg/kg krmiva, při které došlo ke snížení výskytu PSE vady. Avšak v jiných studiích došlo k opačnému efektu, kdy došlo ke snížení vodní kapacity a k vyššímu ukládání glykogenu ve svalech (Rosenvold & Andersen 2003).

Johnson et al. (2019) experimentálně zařadili do výživy skupiny prasat vitaminy s antioxidačním účinkem. Konkrétně se jednalo o vitaminy A, C a E. Každý vitamin byl v krmné dávce obsažený buď samostatně anebo v kombinaci s jiným. Autoři dospěli k závěru, že diety, kde jsou obsažené tyto vitaminy, zejména v kombinované variantě mají pozitivní vliv na kvalitu masa. Například ztráta masové šťávy odkapem pro kontrolní skupinu byla 2,78 %, zatímco u diety obsahující 100 mg vitamínu C a 100 mg vitamínu E/ kg krmné dávky pouze 1,3 %.

Mezi další suplementy patří hořčík. Hořčík je minerál, který dokáže působit proti katecholaminům, k jejichž sekreci dochází při stresových situacích. Doplnění je možné dlouhodobé od hmotnosti 25–30 kg nebo krátkodobé 2–5 dní před porážkou (Rosenvold & Andersen 2003). Frederick et al. (2002) doporučují doplnění hořčíku v pitné vodě v množství 900 ppm. Dospěli k závěru, že suplementace 2 dny před porážkou zlepší schopnost zadržovat tekutinu po celou dobu jeho skladování. D'Souza et al. (2000) uvádí, že suplementace v dávce 1,6 g hořčíku může snížit vznik PSE a zvýšit kvalitu masa. Doporučuje podávat 20 g asparátu hořečnatého (MgAsp) na prase 2 dny před porážkou. Zároveň zdůrazňují, že by primárně měl být kladen důraz na správné zacházení se zvířaty před a během porážky.

U prasat vykazujících stres bylo zjištěno, že dochází k poklesu hladiny serotoninu, který vzniká přeměnou tryptofanu. Doplnění tryptofanu do krmné dávky bylo dosaženo, snížení stresu a také zmenšení vzniku bojů mezi prasaty před porážkou. Nevýhodou tryptofanu je, že způsobuje zvýšené ukládání skatolu v tuku a svalu, proto je dobré ho suplementovat ve vhodné formě. Jako nevhodnou lze označit formu, která lze špatně strávit, příkladem jsou pivovarské kvasnice. Kvasnice jsou zdrojem purinů, kvůli kterým dochází ke zvýšené syntéze DNA a RNA, což způsobuje zvýšenou mitózu střevních buněk a produkci buněčného odpadu ve střevě. Buněčný odpad je základem pro tvorbu skatolu (Čítek et al. 2019). Je doporučeno doplnit tryptofan ve formě volné aminokyseliny nebo snadno stravitelného proteinu, například kaseinu. (Rosenvold & Andersen 2003). Peeters et al. (2005) zařadili do krmné dávky tryptofan v množství 6 g/kg krmné směsi po dobu 5 dní. Prasata měla nižší hladiny kortizolu než kontrolní bez suplementace, avšak rozdíly nebyly statisticky významné.

K zamezení výskytu DFD byla do krmné dávky experimentálně zařazena sacharóza (lehce stravitelný sacharid). Sacharóza byla podávána pár dní před porážkou anebo během ustájení před porážkou. Její konzumací by byl zvýšen chybějící glykogen a tím zaručeno potřebné množství laktátu. Rosenvold & Andersen (2003) došli k závěru, že použití sacharózy může snížit pravděpodobnost vzniku DFD, ale naopak může podpořit vznik PSE, zvláště u jedinců s genovou mutací.

### **3.3.2 Vnitřní faktory**

#### **3.3.2.1 Genotyp**

Je známo, že plemeno ovlivňuje stavbu těla. Například iberská prasata mají nízký potenciál pro ukládání svalů, což vede jak k vyššímu vývoji tukové tkáně, tak k ukládání intramuskulárního tuku. Můžeme tedy říci, že tradiční plemena (např. iberské prase) v porovnání s komerčními plemeny (například duroc) mají různé úrovně ukládání tuku, přičemž



u tradičních jsou vyšší (Egea et al. 2016). Nejen plemeno ovlivňuje stavbu těla, i samotný genotyp v rámci jednoho plemene může hrát roli.

O'Neill et al. (2003) uvádí, že podíl vad způsobených genetikou tvoří 4 %, zbytek podle něj vzniká reakcí na stres. Avšak některé genotypy zvyšují pravděpodobnost výskytu některých vad. Příkladem je PSE, které se objevuje více za přítomnosti genotypu s citlivostí na halotan.

### 3.3.2.1.1 Halothanový gen

Halotan (2-brom-2-chlor-1,1,1-trifluorethan) je uhlovodíkový derivát, který byl využíván jako anestetikum. Toto anestetikum bylo používáno k detekci genotypu s citlivostí na halotan. Prasata mající gen s citlivostí na halotan při použití tohoto anestetika reagovala zvýšenou tělesnou teplotou, nadměrným svalovým metabolismem a svalovou ztuhlostí. Tato reakce je označována jako vepřový stresový syndrom (porcine stress syndrom = PSS), který je obdobou lidské maligní hypertemie (MH) (Kameník et al. 2014). PSS vede k náhlému úmrtí prasat během převozu a v období před porážkou, pokud jsou vystavena stresu. Soma et al. (2014) uvádí, že právě pomocí tohoto anestetika a reakce na ní byla dřív prasata klasifikována na halotan pozitivní a halotan negativní.

Jedná se o autosomální recesivní dědičnost (Barbut et al. 2008). Pro tento genotyp je typický gen RYR 1 (gen pro ryadinový receptor 1, HAL 1843), který je řízen lokusem s označením HAL. Cherel et al. 2010 používá i název gen vápníkového kanálu s označením CRC. Tento lokus je umístěn u prasat na chromozomu 6p11-q21 (Fujii et al. 1991). Pokud se tento gen nachází v recesivně homozygotní sestavě (označení nn), zvyšuje výskyt PSE (Sládek 2020). Heterozygoti (Nn) jsou označováni jako přenašeči a dominantní homozygoti (NN) jsou zcela zdraví jedinci (Soma et al. 2014). Barbut et al. (2008) uvádí, že gen HAL 184 má na svědomí 25–35 % vad PSE. Guàrdia et al. (2005) prokázali, že gen RYR 1 na vznik DFD vady nemá žádný vliv.

Nadměrný svalový metabolismus je zapříčiněn neschopností svalu udržovat normální koncentraci iontů vápníku. Otevírání vápníkového kanálu je usnadněno a jeho zavírání je blokováno (Fujii et al. 1991). U prasat s touto mutací dochází k uvolňování  $\text{Ca}^{2+}$  ze sarkoplazmatického retikula dvakrát větší rychlostí, než je tomu u normálního svalu. Následná absorpce vápenatých iontů je snížena. Zvýšená koncentrace  $\text{Ca}^{2+}$  způsobuje zrychlení produkce kyseliny mléčné a její hromadění ve svalech (Barbut et al. 2008).

U recesivních homozygotů (nn) dochází k lepší konverzi krmiva, rychlejšímu růstu. Čobanović et al. (2019) dospěli k závěru, že jedinci v heterozygotní sestavě (Nn) dosahují vyšší živé hmotnosti, hmotnosti jatečně upraveného těla, vyšší zmasilosti a méně tuku. Avšak je u nich vyšší výskyt PSE vady a mají vyšší predispozice k pneumonii, což naznačuje, že jsou náchylnější k infekcím. Sellier & Monin (1994) a Oliván et al. (2018) zmiňují tužší maso (vyšší síla stříhu) u heterozygotů v porovnání s dominantními homozygoty. Čobanović et al. (2019) uvádí, že přenašeči mají 2–3x větší zásobu glykogenu v porovnání se zdravými jedinci.

Četnost výskytu HAL genu se liší napříč plemeny. Jsou plemena, u kterých je výskyt vyšší, mezi taková plemena patří například pietrain nebo landrase. Sellier & Monin (1994) souhlasí s rizikovostí plemene landrasa, konkrétně zmiňují belgickou landrasu. Naopak u plemen duroc nebo velké bílé ušlechtilé bývá frekvence výskytu nižší, tato plemena se dají

označit jako stresově negativní. Křížením velkého bílého ušlechtilého prasete a landrase v mateřské linii a pietraina a duroca v otcovské linii lze zaručit snížení výskytu PSE. Použití genomové selekce by mohlo také napomoci snížení výskytu těchto genů v populaci. Metoda je rychlá, efektivní, avšak jak bylo zmíněno výše, genetické předpoklady, způsobují vady jen v malém množství případů (Salas & Mingala 2016). Meadus & MacInnis (2000) uvádí, že je možné nositele RYR 1 genu v komerčních chovech eliminovat díky testu HAL-18432. Test byl objeven a patentován počátkem 90. let na Univerzitě v Torontu (Soma et al. 2014).

Cherel et al. (2010) uvádí, že velká většina prasat v evropských zemích má ve svém genotypu gen halothanu v heterozygotní sestavě (Nn). Soma et al. (2014) zmiňuje nárůst heterozygotu v Africe v letech 2000–2003 (21 % v roce 2000 a 30 % v roce 2003).

### 3.3.2.1.2 Gen Rendement Napole (RN)

V lokusu PRKAG3 (RN), který je umístěn na prasečím chromozomu 15 byly identifikovány dvě mutace, které ovlivňují kvalitu vepřového masa (Milan et al. 2000; Lindahl et al. 2004; Kowalski et al. 2021). Tento gen byl poprvé popsán v roce 1963 skupinou vědců Sayer, Briskey, Hoekstra. Následně byl studován další skupinou vědců Monin a Sellier v roce 1985, kteří si všimli, že maso u plemene hampshire má často nižší hodnotu konečného pH, vyšší odkap a šunky z něj nejsou kvalitní. Gen RN byl poprvé identifikován u plemene hampshire a vyskytuje se u 85 % evropské populace tohoto plemene (Meadus & MacInnis 2000). U plemene hamshire a jeho kříženců se vyskytuje mutace s označením R200Q. Zatímco mutace V199I se vyskytuje například u pietrain, ale výskyt u jiných plemen není neobvyklý (Lindahl et al. 2004; Kowalski et al. 2021). Galve et al. (2013) označují iberské prase jako jedno z plemen s nejčastějším výskytem mutace V199I. Zároveň zmiňují, že u plemen šlechtěných na zmasilost jako je duroc, landrasa a pietrain je výskyt v menší míře.

Lametsch et al. (2011) uvádí, že genotyp RN je způsoben mutací v genu kódujícím AMP-aktivovanou proteinovou kinázu (AMPK), což vede k vysoké aktivitě AMPK. AMPK je enzym, který je zapojený do regulace energetického metabolismu v kosterním svalu. Milan et al. (2000) označuje AMPK jako klíčový pro regulaci energetického metabolismu v eukaryotické buňce. Jeho projevem jsou velké zásoby glykogenu ve svalech. Tím pádem může docházet k vyššímu poklesu pH. Neexistuje rozdíl v hodnotách pH mezi normálním masem a masem od RN jedinců ihned po porážce. Rozdíly jsou patrné po 24 hodinách od porážky. Projevem je světlejší maso a nižší vodní kapacita. Vodní kapacita je snížena pouze o 1 %. Naproti tomu technologický výnos je snížen o 5–6 % (Rosenvold & Andersen 2003). Lindahl et al. (2004) uvádí, že nositelé genu RN mají mírně vyšší pigmentaci masa v porovnání se zdravými jedinci.

Pro odhalení nositelů genu RN byla vyvinuta metoda spočívající v měření glykolytického potenciálu ve svalu, který se nachází ve fázi *pre-rigor*. Glykolytický potenciál (GP) je odhadované množství glykogenu, laktátu, meziproductů glykolýzy vedoucí k tvorbě kyseliny mléčné. Heterozygoti (RN-/rn+) měli o 70 % vyšší hodnotu GP v porovnání s recesivně homozygotními zvířaty (rn+/rn+). U dominantně homozygotních (RN-/RN-) prasat hodnota GP byla o 200–300 % vyšší v porovnání se zvířaty s recesivně homozygotní sestavou genu (Meadus & MacInnis 2000). Cherel et al. (2010) uvádí, že výskyt alely RN v komerčních chovech prasat je v současné době neobvyklý.

Meadus & MacInnis (2000) uvádí, že přítomnost alely RN má pozitivní vliv na denní přírůstek prasat, zvyšuje se třída jatečně upravených těl a také zvětšuje oblast panenské svíčkové. Jelikož je tato oblast ceněná, mohla být frekvence alely RN nevědomky zvýšena při cílené selekci.

### 3.3.2.2 Pohlaví

Jatečně upravená těla kastrováných jedinců mají vyšší hodnoty hřbetního tuku v porovnání s nekastrovanými. To je způsobené tím, že kastrace zvyšuje množství intramuskulárního tuku v těle. Metabolismus tuků je ovlivňován několika metabolickými regulátory, hormony (katecholaminy, inzulin a glukagon). V kastrovaném těle dochází ke snížení lipolýzy, což je mimo jiné ovlivněno sníženou citlivostí ke katecholaminům (Egea et al. 2016).

Bylo zjištěno, že maso z kastrováných kanců mělo vyšší obsah myoglobinu než maso z prasniček, což způsobuje červenější maso (Egea et al. 2016). Pro kastráty byla hodnota  $a^* = 7,42$  a pro prasničky  $a^* = 7,28$  (Overholt et al. 2016).

Vliv pohlaví na složení mastných kyselin v subkutánním a intramuskulárním tuku podle Egea et al. (2016) nebyl prokázán. Zatímco Tomažin et al. (2020) uvádí zvýšené množství nenasycených mastných kyselin v mase a tuku samic v porovnání se samci.

Autoři pozorovali vyšší obsah bílkovin v mase u samců v porovnání se samicemi (Ludwiczak et al. 2020). Janjic et al. (2017) uvádí o 5 % více svalové tkáně v těle nekastrováných kanečků v porovnání s kastráty.

Podle výzkumu Kima et al. (2017) se hustota svalových vláken mezi skupinou prasniček, kanečků a kastrováných kanečků nijak nelišila. Kim et al. (2017) dospěli k závěru, že nekastrovaní samci měli ve svalovině větší počet svalových vláken typu I v porovnání s kastráty a samicemi. Jak už bylo výše zmíněno, tento typ vláken má pozitivní vliv na kvalitu masa. To naznačuje, že by kanečci mohli produkovat kvalitnější maso.

Ovšem velkou nevýhodou nekastrováných kanečků je pach, který je cítit z jejich masa. Škrlep et al. (2020) zmiňují jako další nevýhody nízký podíl intramuskulárního tuku, sníženou vaznost a tuhost. Aluwé et al. (2013) dodávají nízkou šřavnatost. Kancí pach je způsoben přítomností skatolu a androstenonu v tukové tkáni. Nejedná se pouze o čerstvé maso, ale nevábný pach je patrný i u zpracovaných produktů, jako je například slanina nebo sušená šunka. Kvůli snížení nežádoucího pachu, agresivního chování a za účelem zvýšení podkožního a intramuskulárního tuku se provádí kastrace. Ve většině zemí se provádí chirurgická kastrace, ale za účelem zlepšení welfare zvířat se přistupuje i k imunokastraci (Janjic et al. 2017). Janjic et al. (2017) sledovali kvalitu masa u nekastrováných samců, kanečků kastrováných chirurgicky (CHK) a imunokastrátů (IK). Zjistili, že porážková hmotnost a hmotnost jatečně upraveného těla byla ze sledovaných skupin nejnižší u chirurgicky kastrováných zvířat. Zbytkové hladiny produkované gonádami imunokastrátů, mají anabolické účinky. Jsou pravděpodobně dostatečné k udržení vysoké rychlosti růstu. Mezi průměrným výtěžkem jatečně upravených těl nebyl nalezen rozdíl, pohyboval se od 79,06–79,77 %. Zmasilost byla nejnižší u chirurgicky kastrováných zvířat (42,86 %) následovali imunokastráti (45 %) a nejvyšší byla u kanců (45,3 %). Masa v oblasti kýty bylo u imunokastrátu a u nekastrováných jedinců více. Nekastrovaní samci měli vyšší podíl kostí. Průměrný obsah vody byl nejvyšší u kanců, mezi

kastráty nebyl nalezen rozdíl. Množství intramuskulárního tuku bylo menší v imunokastrátech (3,67 %) než u chirurgicky kastrováných zvířat (4,27 %). Hodnot nekastrovaných jedinců ovšem nedosáhly, ty byly nejmenší (2,59 %). Množství tuku potvrzují i Škrlep et al. (2020). Aluwé et al. (2013) jsou s tímto tvrzením v rozporu. V jejich výzkumu bylo množství tuku srovnatelné u nekastrovaných kaneček s IK, zatímco u CHK byly vyšší. Aluwé et al. (2013) to vysvětlují tím, že mezi druhou vakcinací a porážkou, uběhly pouze 4 týdny (obvyklé je 4–8 týdnů). Ztráty při chlazení byly nejnižší u chirurgických kastrátů (Janjic et al. 2017). Škrlep et al. (2020) našli v tělech obou skupin kastrátů vyšší množství polynenasycených mastných kyselin v porovnání s nekastrovanými kanečkami. U kaneček byla nalezena vyšší hodnota  $a^*$  (vyšší červenost), nejméně intenzivní barva byla nalezena u imunokastrátů. U Aluwé et al. (2013) měli nejnižší hodnoty světlosti ( $L^*$ ) IK. Hodnota žloutnutí ( $b^*$ ) byla vyšší u kaneček v porovnání s IK. Ztráta při vaření byla nejvyšší u kaneček (Škrlep et al. 2020). To je v rozporu s Aluwé et al. (2013), v jejich práci nejvyšších hodnot dosahovali IK.

Jelikož je kvalita jatečně upraveného těla ovlivněna pohlavím, je zde předpoklad, že i tento faktor má vliv na vznik vad masa. Guàrdia et al. (2005) uvádí, že pravděpodobnost vzniku DFD je o 7 % vyšší u samic a kastrátů než u nekastrovaných samců. Mohl by to způsobovat fakt, že kanci mají více energetických zásob v porovnání s ostatními nebo tím, že je jejich metabolismus mírně odlišný. Mezi vepři a prasničkami Čobanović et al. (2016) nenalezli rozdílné vlivy na kvalitu masa.

Výhodou kanců je celkově lepší zvládnutí stresu a čas zotavení ze stresové situace je u nich kratší. Na chronický stres jsou adaptovanější díky svému agresivnímu sexuálnímu chování, což má ale za následek, že dochází daleko častěji mezi nimi k soubojům během přepravy. To se pak projevuje na jatečně upravených tělech jako různé oděrky, modřiny apod. Pokud k těmto bojům dojde, dochází i ke zvýšení pravděpodobnosti DFD. Čobanović et al. (2016) uvádí, že pro prasničky je více stresující přeprava a jejich reakce na krátké období stresu je intenzivnější v porovnání s kanci. I Oliván et al. (2018) souhlasí s tím, že prasničky reagují na stres hůře a toto tvrzení podkládá hodnotami pH měřenými 45 minut *post mortem*. Pro kanečky s genotypem Nn bylo  $pH = 6,32$  a pro prasničky se stejným genotypem  $pH = 6,13$ .

### 3.4 Vady masa

Normální míra výskytu pro PSE a DFD se pohybuje od 10 do 30 %, ale v některých případech může být až 60 %. Ingr (2003) uvádí, že v České republice v průměru 10–20 % z celkové produkce vepřového masa připadá na PSE maso. V USA maso PSE tvoří z celkové produkce vepřového masa v průměru 16 % a maso DFD 10 %. Podle průzkumů se výskyt těchto vad masa zvyšuje (Adzitey & Nurul 2011). Podle Sládka (2020) je jednou z příčin vzrůstající oblíbenosti praset s vysokým obsahem libového masa. Nejčastějším faktorem zvyšujícím výskyt PSE a DFD je stres *ante-mortem* (Adzitey & Nurul 2011).

#### 3.4.1 PSE (pale, soft, exudative = bledé, měkké, vodnaté)

Tato vada byla poprvé popsána v roce 1953 J. Ludvigsenem (Kauffman et al. 1998). O PSE můžeme hovořit v případě, že 45 min po porážce  $pH$  dosahuje hodnoty menší než 6. Tyto hodnoty nejsou pravidlem pro všechny oblasti. Pro oblasti s vyšším výskytem lze

považovat hodnotu pH = 5,8 (Adzitey & Nurul 2011). Sládek (2020) uvádí jako hodnotu pro důkaz PSE pH < 5,8. Van der Wal et al. (1988) uvádí ještě méně přísnou hodnotu pH < 5,5.

Tyto hodnoty nelze vztahovat na všechny části. Například v oblasti beder se vyskytují bílá svalová vlákna, která obsahují velké množství glykogenu, proto zde hrozí zvýšené riziko PSE (Adzitey & Nurul 2011). Fischer (2007) jako rizikovou část označuje i velké svaly v oblasti kýty.

Pro lepší přehlednost uvádím hodnoty pH, které zmiňují Adzitey & Nurul (2011) v tabulce 2:

*Tabulka 2 Přehled hodnot pH (Adzitey & Nurul 2011)*

| Maso     | pH – 45 min po porážce | pH – konečná hodnota |
|----------|------------------------|----------------------|
| PSE      | < 6,0                  | 5,3                  |
| Normální | 6,4                    | 5,5                  |
| DFD      | 6,4                    | > 6,0                |

Po porážce dochází k rozpadu glykogenu na kyselinu mléčnou a tím k okyselování masa. V PSE mase dochází k acidifikaci rychleji, nízkých hodnot pH je dosaženo v době, kdy je stále teplota masa vysoká. Ingr (2003) uvádí, že během glykogenolýzy dochází k uvolnění velkého množství energie a tím k zahřátí svaloviny na teplotu až 43 °C. Kombinace nízkého pH a vysoké teploty má za následek denaturaci některých svalových bílkovin, což sníží jejich schopnost zadržovat vodu. Myofibrilární komponenty vyloučí kapalinu do extracelulárního prostoru, kde se následně začne hromadit. Pokud je takové maso nakrojeno, dochází k odtoku většího množství tekutiny (Adzitey & Nurul 2011). Podle Kima et al. (2017) může maso PSE obsahovat nižší hustotu svalových vláken typu IIA, zatímco hustota vláken IIB může být zvýšena.

Nízké pH také podporuje oxidaci hemových pigmentů z fialového nebo červeného myoglobinu (Mb) a oxymyoglobinu (MbO<sub>2</sub>) na hnědý metmyoglobin (metMb). Oxidace hemových pigmentů a fakt, že pozměněná struktura svalu změní i její vnímání na světle, například sníží množství absorbovaného světla, má za následek, že PSE maso má světlejší barvu (Adzitey & Nurul 2011).

Podle Sládka (2020) může k PSE dojít i vlivem pomalého zchlazování jatečně upraveného těla.

Čobanović et al. (2016) uvádí, že při vysokém výskytu kožních lézí je riziko vzniku PSE dvojnásobné. Podle Schäfer et al. (2002) je pro vznik PSE rozhodující míra glykolýzy *post mortem*.

PSE maso může být pro své fyzikální a senzorické vlastnosti využito pouze do masných výrobků. Ve výrobcích se mísí maso bez vady a maso s vadou. Haddad et al. (2018) uvádí množství 25 % PSE masa ve směsi. S tím, že jeho použití může ovlivnit finální produkt. Haddad et al. (2018) popisuje možný vliv na snížení tvrdosti, pevnosti a žvýkatelnosti produktu. Ingr (2003) uvádí jako optimální využití PSE masa v homogenních tepelně opracovaných výrobcích v kombinaci s hovězím masem, které je velmi vazné. Haddad et al. (2018) uvádí, že na maso PSE může mít vliv přídavek NaCl (chloridu sodného), který dokáže při správné koncentraci,

(optimální množství 0,8 %), zmenšit rozdíly mezi normálním masem a masem zasaženého PSE vadou.

### 3.4.2 DFD (dark, firm, dry = tmavé, tuhé, suché)

Za DFD maso, označujeme takové, pro které po 12–48 hodinách po porážce platí  $\text{pH} \geq 6$ . V některých oblastech lze při hodnotě  $\text{pH} = 6,2$  hovořit stále o mase bez vady (Adzitey & Nurul 2011). Van der Wal et al. (1988) uvádí jako hraniční hodnotu dokonce  $\text{pH} > 6,4$ .

Důležité je zohlednit místo, ze kterého maso pochází. Například v oblasti krku (*Musculus semispinalis capitis*, *Musculus splenius*, *Musculus spinalis*) a ramen (*Musculus supraspinatus*, *Musculus infraspinatus*) se vyskytují svaly červenější. Fischer (2007) k těmto svalům přidává i svaly ležící kolem kosti kýty (např. *Musculus vastus intermedius*). Tato svalová vlákna obsahují nižší koncentrace glykogenu a snáze dochází k jeho vyčerpání, proto mají tato místa sklony k DFD a hodnotu  $\text{pH} = 6,3$  lze považovat za normální (Fischer 2007; Adzitey & Nurul 2011).

Pokud jsou zvířata vystavena dlouhodobému, chronickému stresu, je u nich vyšší pravděpodobnost vady DFD. Za dlouhodobý stres můžeme označit přepravování zvířat na dlouhé vzdálenosti, dlouhotrvající přeplněnost ustájení, nebo pokud jsou ponechána bez potravy po dlouhou dobu. Jako optimální dobu lačnění Guàrdia et al. (2005) doporučuje maximálně 18 hodin, při překročení této hodnoty by mohlo docházet k ekonomickým ztrátám. Pokud dojde k potyčkám nebo jsou prasata jinak zraněna, dochází ke vzniku kožních lézí. Vyšší výskyt kožních lézí zvyšuje vznik DFD vady podle Čobanoviće et al. (2016) až čtyřikrát.

Sládek (2020) uvádí, že porážková hmotnost prasat taktéž ovlivňuje kvalitu masa. Při zvýšení porážkové hmotnosti z 95 kg na 125 kg, dochází ke zlepšení kvality masa. Se zvyšující se hmotností prasat, dochází ke snížení hodnoty  $\text{pH}$  měřené 45 min po porážce. To poté i pozitivně ovlivňuje vaznost masa, dochází k nižší ztrátě odkapem i při kulinářském zpracování.

Stres způsobí vyčerpání glykogenu, který následně nemůže být odbourán na kyselinu mléčnou a tím nedochází k poklesu  $\text{pH}$ . Vlivem vysokého  $\text{pH}$  dochází jen k velmi malé denaturaci bílkovin, což způsobuje tvrdost masa. Voda je pevně vázána a dochází k omezenému odtoku exsudátu, případně vůbec k žádnému. Dochází k malému nebo žádnému smršťování mřížky myofilamentu a rozdíly v index lomu myofibril a sarkoplazmy jsou sníženy. Díky čemuž svaly absorbují světlo a tím se maso jeví tmavší (Adzitey & Nurul 2011). Brewer et al. (2001) zmiňují snižující se množství myoglobinu v okysličené formě, vlivem vyššího  $\text{pH}$ . Podle Schäfer et al. (2002) je pro vznik DFD rozhodující koncentrace glykogenu a hladina kreatinfosfátu v době porážky. Podle Kima et al. (2017) je v DFD mase větší hustota vláken IIA v porovnání s PSE a normálním masem.

Ingr (2003), Faucitano et al. (2010) poukazují na hlavní negativní vlastnost masa DFD, a to je jeho náchylnost k mikrobiálnímu kažení. Takové maso není z tohoto důvodu vhodné pro výsekový prodej. Dalším důvodem je i jeho vzhled, který není pro spotřebitele lákavý. Jak publikují Wariss & Brown (1993) je barva hned druhým kritériem při nákupu masa, prvním je poměr libového masa ku tučnému. Nejen že vzhled není lákavý, ale jak Fischer (2007) uvádí i intenzita chuti bývá snížena. Nevhodné jsou taktéž syrové fermentované trvanlivé produkty.

Naopak vhodné je využití v tepelně opracovaných masných výrobcích, kde se uplatní dobrá vaznost DFD masa (Ingr 2003).

### 3.4.3 RSE a PFN maso

#### 3.4.3.1 RSE (red, soft, exudative = červené, měkké, vodnaté)

Maso RSE je podobné PSE, je pro něj typické, že je měkké, vodnaté, ale sval si udržuje červenou barvu. Četnost výskytu u vepřových panenek se odhaduje na 30 %. Co tuto vadu způsobuje není objasněno, u PSE má vodnatost na svědomí denaturace myosinu, ale u RSE je denaturace srovnatelná s normálním masem (van Laack 1999). Fischer (2007) tvrdí, že z hlediska ztrát masové šťávy odkapem je maso RSE kvalitnější v porovnání s masem PSE. Rozdíl mezi normálním masem a masem RSE je patrný v hodnotách pH, u masa s touto vadou konečná hodnota pH je o 0,1 nižší. Pravděpodobně pokud by došlo k nižšímu poklesu pH, vzniklo by PSE maso. Proto je maso RSE označováno jako mírnější forma PSE (Kauffman et al. 1998; Moura Rocha et al. 2015). Dalším parametrem je glykolytický potenciál, u RSE dosahuje vyšších hodnot než u normálního masa, přesto nedosahuje hodnot PSE masa. Pokud je přítomen gen RN, pravděpodobnost vzniku RSE se zvyšuje, ale není pro vznik nezbytný (van Laack 1999). Faucitano et al. (2010), Moura Rocha et al. (2015) označili RSE maso jako druhý nejnáchylnější typ masa ke zkažení, na prvním místě bylo DFD.

V porovnání s DFD má RSE mírně vyšší hodnoty  $L^*$  (světlost). Pro DFD Fischer (2007) uvádí hodnotu  $L^* = 49,3$  a pro RSE  $L^* = 50,9$ .

#### 3.4.3.2 PFN (pale, firm, non-exudative = bledé, tuhé, nevodnaté)

Jedná se o novější kvalitativní třídu masa. Podle Ngadi et al. (2015) má strukturu připomínající normální maso, avšak nežádoucí barvu. V porovnání s normálním masem vykazuje podobný stupeň denaturace myofibrilových proteinů, avšak odlišný stupeň denaturace proteinů sarkoplazmy. PFN maso vykazuje vyšší ztráty masové šťávy odkapem v porovnání s DFD (Fischer 2007).

### 3.4.4 Chladové zkrácení (cold shortening)

Chladové zkrácení je studováno od 60. let 20. století. Je způsobeno rychlým poklesem teploty svalu na méně než 14–19 °C před dosažením *rigoru mortis*. Pokud je sval vystaven teplotě 0–15 °C (Ingr (2003) uvádí jako rizikovou teplotu menší než 10 °C) před tím, než nastane *rigor mortis*, nemůže dojít k odčerpání nahromaděného vápníku ze sarkoplazmy. Jelikož ve svaly je stále ATP, dochází k maximální kontrakci svalu, což způsobí, že se vlákna posouvají přes sebe. Při teplotách 1–2 °C je sarkoplazmatické retikulum nejméně funkční. Čím větší jsou kontrakce svalů, tím větší vlákna vznikají. Takové maso je tuhé, a to i přes tepelnou úpravu. Červená svalová vlákna bývají náchylnější k chladovému krácení (Savell et al. 2005).

Pokud dojde ke zmrazení masa krátce po porážce dochází k jevu, který se nazývá „thaw rigor“. Když dojde k rozmrazení takového masa,  $Ca^{2+}$  je vyplaveno do sarkoplazmy a nastává kontrakce. U takového svalu nastává zkrácení o 60–80 % původní délky, ztuhnutí a velkému vyloučení masové šťávy (Savell et al. 2005). Warner (2017) uvádí, že v takovém mase lze

očekávat vyloučení masové šťávy v množství až 30 %. Osvědčeným preventivním opatřením je použití elektro stimulace (Warner 2017).

Pokud je jatečně upravené tělo naopak vystaveno vyšším teplotám až do teploty 50 °C, tak dochází k rychlému vyčerpání ATP, zkrácení svalu a rychlejšímu nástupu *rigoru*.

Jako prevence je možné použití elektrické stimulace, díky které dochází ke zvýšení metabolismu svalu a tím rychlejšímu odstranění ATP. Channon et al. (2003) však upozorňuje, že použití elektrického proudu může naopak vyvolat vadu PSE. Aby se zabránilo nadměrným ztrátám masové šťávy odkapem a zvýšila se křehkost masa doporučuje 2 minuty po vykrvení aplikaci 50–200 mA po dobu 30 s. K chladovému zkrácení jsou náchylnější jedinci, kteří mají vysoký obsah libového masa (Savell et al. 2005).

Ingr (2003) uvádí, že tato vada byla hlavním problémem vzniklým po zavedení ultrarychlého a šokového chlazení. To bylo zavedeno se snahou snížit hmotnostní ztráty a zlepšit hygienické podmínky chladiřenského skladování. Jako prevenci zmiňuje již výše uvedenou elektrickou stimulaci těla anebo kondicionání.

### 3.4.5 Hampshire faktor

Hampshire faktor souvisí se šlechtěním prasat na vysokou zmasilost. Tato vada se vyskytuje u některých masných plemen. Poprvé byla identifikována u plemene hampshire, podle kterého získala jméno. Pro tato plemena je typický vysoký glykolytický potenciál, což vyvolává průběh rychlejší glykogenolýzy a dosahuje se pH v blízkosti izoelektrického bodu bílkovin (pH = 5–5,2) (Warner 2017). Hodnota pH po 24 hodinách je menší než 5,4. Hampshire faktor se projevuje zhoršenou vazností masa a světlou barvou, která je výraznější než u masa PSE (Ingr 2003). Fischer (2007) zmiňuje vyšší ztráty masové šťávy odkapem a zdůrazňuje zvýšené ztráty při vaření.

## 3.5 Metody posuzující kvalitu masa

### 3.5.1 Vaznost (water holding capacity = WHC)

Vaznost je schopnost masa zadržovat vlastní vodu (Schäfer et al. 2002). Warner (2017) k definici přidává i schopnost vázat vodu přidanou během zpracování. Někdy se používá výraz water binding capacity (WBC), což je schopnost vázat přidanou vodu (Warner 2017). Vaznost je pokládána za základní kvalitativní parametr pro průmysl. Je rozhodující pro jeho technologickou jakost, tak i pro spotřebitele. Maso s nízkým WHC má nepříznivý vliv na vzhled čerstvého masa, tudíž může mít vliv na jeho senzorickou jakost. Nízká vaznost znamená zvýšené ekonomické ztráty, při přepravě, skladování a poté i při zpracování a kulinárním opracování. Během kulinárního opracování dochází ke ztrátě vody ze svalové struktury a proteiny se stanou tužší a méně poddajné. Jelikož vaznost přímo souvisí s technologickými vadami masa, je ovlivňována podobnými faktory, které již byly zmíněny výše – genotyp, stres před porážkou, způsob omráčení a způsob chlazení jatečně upraveného těla. Pro schopnost zadržovat vlastní vodu jsou rozhodující procesy odehrávající se uvnitř masa, ty mohou být ovlivněny postmortální teplotou, změnami na molekulární úrovni jako je zmenšení mřížky myofilamentu *post mortem* v důsledku poklesu pH a aktomyozinové můstky, denaturace



myozinu, myofibriální kontrakce, změny ve vláknech a zvětšování extracelulárního prostoru (Schäfer et al. 2002).

Zvýšená manipulace s masem a změny tlaku, zvyšují množství ztrát masové šťávy odkapem, k tomuto často dochází při balení masa. Stejný vliv mají i vysoké nebo kolísavé teploty během skladování (Warner 2017). Během vaření dochází vlivem denaturace bílkovin ke zmenšení WHC. Největší ztrátu tekutiny je možné zaznamenat při teplotě 45–75 °C, nad 80 °C se naopak ztráta zmenšuje.

Míra vaznosti lze částečně ovlivnit přídatnými látkami. Jednou z možností je kuchyňská sůl. NaCl má po přidání ke svalu osmotický účinek. Jakmile zmizí celistvost membrány a ta se stává propustnou, sůl proniká do svalových vláken. Proteiny v masě s normálním pH mají kladný náboj. Po přidání soli dochází k navázání Cl<sup>-</sup> na kladně nabitou stranu proteinů, rozbíjí se solné můstky a svalová vlákna se oddělují, což vede ke zvýšené hydrataci, zvyšuje se WHC. Předpokládá se, že navázané ionty Cl<sup>-</sup> zvyšují elektrostatickou odpudivou sílu mezi filamenti, což umožňuje expanzi mřížky filament (Warner 2017). Jak už bylo výše zmíněno, Haddad et al. (2018) doporučují množství 0,8 %. Podle Fernández-López et al. (2004) je obvyklé množství přidávané do masných výrobků 30 g/kg masa. Toto množství je dostačující pro zlepšení WHC. Tím, že dojde ke zvýšení vaznosti, dojde ke snížení světlosti (L\*). Ovlivněna je i hodnota a\*, která se zvyšuje úměrně se zvyšujícím se množstvím soli, hodnota b\* naopak klesá. Při vysokých koncentracích má sůl naopak dehydratační účinky. Navázané anionty posunou izoelektrický bod na nižší pH. Čím silněji jsou ionty navázány na proteiny, tím dochází k větší hydrataci. Warner (2017) doporučuje aplikaci kuchyňské soli ve fázi *prerigor*. Takové maso má zlepšenou vaznost a vazby tuků v uzeninách.

Injekce 0,2–0,4 M hydrogenuhličitanu sodného do svalu ve fázi *prerigoru* nebo *postrigoru* zlepšuje vaznost, zamezuje nadbytečným ztrátám vody a předchází vzniku PSE (Kauffman et al. 1998; Warner 2017). Nezávisle na čase podání injekce, byla vaznost zlepšena o 1,5 %. Účinky hydrogenuhličitanu sodného byly prokázány na svalu nevykazujícího žádnou vadu. Pokud je do takového svalu aplikován 1,0 M hydrogenuhličitan sodný, sval začne vykazovat znaky vady DFD. Nevýhodou je, že výsledný obsah sodíku v masě je více než dvojnásobný (Kauffman et al. 1998).

Jelikož jsou snahy snížit množství Na v masných výrobcích, dalším způsobem, jak zvýšit vaznost v masě, je přidat k mělněnému masu fosfáty a polyfosfáty. Nejčastější používanou látkou je difosforečnan tetrasodný (Warner 2017). Podle evropské legislativy nejsou fosfáty povolené v čerstvém masě, ale mohou se přidávat do masných výrobků. Povolené množství je 5 g/kg masa, množství je vyjádřené jako oxid fosforečný (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (Long et al. 2011).

K měření WHC se využívají přímé a nepřímé metody. Mezi nepřímé metody patří například rozpustnost bílkovin, která může být využita jako nepřímý indikátor zejména nízkého WHC ve svalu zasaženého vadou PSE. Dalším příkladem je použití spektroskopie nukleární magnetické rezonance, jejíž výhodou je, že je neinvazivní. Přímé metody používají sílu k vypuzení vody z materiálu. Síla může být buď přirozená gravimetrickými prostředky nebo může být použit například tlak či odstředivá síla (Warner 2017).

### 3.5.1.1 Ztráta masové šťávy odkapem

Metoda patřící mezi tzv. gravimetrické metody (Warner 2017). Ztrátou masové šťávy odkapem rozumíme tekutinu, která je vyloučena z masa bez mechanických zásahů, pouze pomocí gravitace. Tato tekutina se skládá převážně z vody a bílkovin. Moura Rocha et al. (2015) dodávají ještě glukózu, laktát, glukózu 6-fosfát. Jde o nízkomolekulární látky, které jsou snadno dostupné pro mikrobiální růst. Jsou patrné rozdíly mezi složením exsudátů podle toho, z jakého masa pochází, pokud z normálního anebo toho s vadou. Moura Rocha et al. (2015) testovali exsudát z normálního masa (RFN), PSE, DFD, RSE, PFN. A došli k závěru, že hodnoty laktátu byly u DFD exsudátu nejnižší a hodnoty pH byly nejvyšší u normálního masa.

Jedná se o proces, který je silně ovlivněn vnějšími podmínkami. První podmínkou je čas, čím déle probíhá měření, tím více odkapané kapaliny je. Dalším faktorem je velikost měřeného kusu. Platí, že z tenkého plátku bude vyloučeno více tekutiny než ze silnějšího. Množství odkapu se zvyšuje při vyšší teplotě. Pokud se jedná o vzorek v obalu, hodnoty se mohou lišit v případě uzavřeného a neuzavřeného obalu. Také je důležitá pozice vzorku v obalu. Z jak velké části je vzorek v kontaktu s obalovým materiálem a jestli je v kontaktu s již vyloučenou tekutinou či nikoliv. Ludwiczak et al. (2020) k faktorům, které ovlivňují ztrátu volné vody přidává i použitou metodu a typ svalu, který je měřen.

Kischer (2007) ve své práci používá měření za následujících podmínek, tj. standardizovaná tloušťka vzorku (nejčastěji 2–2,5 cm) a vzorek je odebrán nejčastěji 24 hodin po porážce ze standardizovaného svalu. Vzorky jsou řezány kolmo na orientaci vláken. Warner (2017) zdůrazňuje, že způsob řezu může mít vliv na množství ztráty masové šťávy. Při podélném řezu svalových vláken bývá ztráta menší.

Vzorky jsou poté zavěšeny v nafouknutém, uzavřeném plastickém sáčku nebo v uzavřené pevné nádobě. Během standardizované doby měření, která bývá obvykle po dobu 24 nebo 48 hodin, je vzorek skladován v chladu (1–5 °C) (Fischer 2007). Před měřením i po něm dojde ke zvažení vzorku. Úbytek vody je vyjádřen jako úbytek hmotnosti vzorku za definované období. Vyjádřeno bývá v procentech. Tato metoda patří mezi ty nejpoužívanější, hlavně pro svoji jednoduchost (Warner 2017).

Pokud je u prasete porážková hmotnost zvýšena z 110 kg na 160 kg, dochází ke snížení množství ztrát masové šťávy odkapem. Odkap je v tomto případě nejspíše ovlivněn tukovou vrstvou (Fischer 2007).

V následujících tabulkách 3 a 4 je uveden přehled hodnot ztrát masové šťávy odkapem. V tabulce 3 jsou uvedeny hodnoty vycházející ze studie Warriss & Brown (1993). Ti hodnotili odkap u části svalu *longissimus dorsi* v masech PSE, DFD a u normálního masa. Maso s vadou bylo rozděleno do dvou skupin podle závažnosti postižení. V tabulce 4 je možno vidět proměnu hodnot odkapu v čase u mas s vadou.

Tabulka 3 – Přehled hodnot ztrát masové šťávy odkapem (Warriss & Brown (1993); Adzitey & Nurul (2011))

| Maso               | PSE   | Normální | DFD |
|--------------------|-------|----------|-----|
| Ztráta odkapem (%) | 13–15 | 10       | 0–5 |

Tabulka 4 Přehled hodnot ztrát masové šťávy odkapem (Fischer 2007)

| Maso                | DFD  | PFN  | PSE  | RSE  |
|---------------------|------|------|------|------|
| Ztr.odk.24–48 h (%) | 1,08 | 1,27 | 3,21 | 2,84 |
| Ztr.odk.48–72 h (%) | 2,08 | 2,58 | 5,10 | 4,47 |

Poznámka: Ztr.odk. = Ztráta odkapem

### 3.5.1.2 Ostatní metody

#### Lisovací metoda

Lisovací metoda je nejstarší metodou využívanou ke zjištění míry vaznosti masa. Využívá se při ní tlak. Vzorkem by měl být kruhový kus masa v hmotnosti obvykle 0,5 – 30 g. Na vzorek se umístí filtrační papír a je vyvinut tlak. Vytlačená voda je pohlcena filtračním papírem a následně změřena. Nepřímo může být změřena podle plochy na filtračním papíru, anebo přímo, kdy je papír zvážen. Tato metoda v současné době není příliš využívána, její výsledky jsou velmi variabilní a odvíjí se od struktury masa (Warner 2017).

#### Centrifugační metoda

Rozlišuje se vysokorychlostní a nízkorychlostní centrifugace. Jedná se o vystavení vzorku o hmotnosti 1–20 g (3–15 g v případě nízkorychlostní) odstředivé síle o velikosti 6000–40000 g (100–10000 g v případě nízkorychlostní), u nízkorychlostní metody se jedná o 15–30 minut. Množství vyloučené vody se zváží, případně je zvážen vzorek před měřením a po měření. Vysokorychlostní metoda odstraní více vody než předešlé. To je způsobeno vysokými odstředivými silami, které působí na vzorek. Potom co přestanou tyto síly působit, dochází k opětovnému vstřebání části vyloučené vody. Stejně jako u lisovací metody, je i tato silně ovlivněna strukturou masa. Vysokorychlostní metoda měla velmi omezené použití. V případě nízkorychlostní metody se používají speciálně konstruované zkumavky s perforovaným kotoučem uprostřed. Díky tomuto disku není tekutina v kontaktu s tkání a je zabráněno resorbci. Nízkorychlostní metoda je relativně jednoduchá, srovnatelná s odkapávací metodou a proto populární (Warner 2017).

#### Metoda rychlého filtračního papíru

Jedná se o velmi rychlou metodu, při které je filtrační papír umístěn na čerstvě řezaný povrch masa ve stanoveném čase po řezání, například 10 min. Poté je měřena vlhkost papíru pomocí stupnice (0–100 %) nebo je papír zvážen (Warner 2017).

### 3.5.2 Stanovení pH

Logaritmus koncentrace vodíkových iontů je nejdůležitějším parametrem jakosti masa, protože určuje jeho udržovací kvalitu a technologické vlastnosti (Babicz et al. 2018).

Měření pH 45 minut po porážce se považuje za nejspolehlivější způsob stanovení vady PSE (Sládek 2020). Boler et al. (2010) ve své práci měřili pH po 45 minutách, 3 hodinách a 24 hodinách. Dospěli k závěru, že nejlepší pro predikci kvality masa je pH měřené 24 hodinách po porážce. Upozorňuje, že nízké hodnoty naměřené po 45 minutách a po 3 hodinách ještě nemusí znamenat nízké konečné pH a špatnou kvalitu. Pro měření se využívá nejdelší sval na zádech –

–*Musculus longissimus lumborum et thoracis* (MLLT) (Sládek 2020). Tradičně je pH měřeno pomocí pH metru se skleněnými nebo polovodičovými elektrodami (Liao et al. 2012). Tradiční metody jsou často nazývány pracnými a zdoluhavými, proto jsou snahy je nahradit rychlejšími a efektivnějšími metodami, jednou z nich by do budoucna mohla být blízká infračervená spektroskopie (NIRS) (Liao et al. 2012; Furtado et al. 2018).

### 3.5.3 Elektrické vlastnosti masa

Od roku 1980 jsou zkoumány elektrické vlastnosti svalu za účelem stanovení kvality vepřového masa. Elektrická vodivost se jeví lepším ukazatelem než stanovení pH. Měření může být provedeno už na porážkové lince, obvykle 45 min po porážce, případně na chlazeném těle 24 hodin po porážce. Jukna et al. (2012) doporučuje měření po 40–60 minutách po porážce, po tomto časovém úseku jsou označovány za méně přesné. Rozdíly v naměřených hodnotách mohou být ovlivněny použitým typem přístroje. Vodivost je ovlivněna teplotou svalu. Měření vodivosti 24 hod *post mortem* je podle Lee et al. (2000) spolehlivé pro predikci WHC, avšak tato hodnota je silně ovlivněna skladovacími a chladícími podmínkami. Vodivost je odlišná u jatečně upravených těl a u vykostěného svalu. Lze ji využít jako samostatnou metodu nebo pro lepší výsledky v kombinaci s jinými metodami. Kombinace je vhodná například s měřením barev nebo s hodnotami pH. Kombinace vodivosti s měřením barev se osvědčila v rozlišení PSE masa od normálního, zatímco vodivost a pH je dobrá k detekci RSE masa, jehož odlišení od masa normálního bývá komplikovanější (Lee et al. 2000). Vodivost se během procesu zrání zvyšuje. Za normální hodnoty 45 minut po porážce lze pro normální maso označit < 4,3 mS, pro PSE > 8,3 mS. Po 24 hodinách maso PSE dosahuje hodnot 12–15 mS. Vodivost u masa DFD 24 hodin po porážce dosahuje hodnot < 4,3 mS (Jukna et al. 2012).

### 3.5.4 Barva masa

Za barvu masa je zodpovědný převážně protein myoglobin. Po 30–60 minutách od kontaktu svalové tkáně se vzduchem dochází ke změně barvy. Myoglobin bez navázaného kyslíku (deoxymyoglobin) má purpurově červenou barvu, zatímco okysličený myoglobin tzv. oxymyoglobin má červenou barvu (Brewer et al. 2001). Po čase dochází k oxidaci dvojmocného železa na trojmocné ( $\text{Fe}^{3+}$ ), vzniká metmyoglobin. Pro něj je typická hnědá barva. Při vyšší teplotě dochází k oxidaci rychleji. Obsah myoglobinu s věkem stoupá (Faustman & Suman 2017). Barvu masa je obtížné určit, jelikož často ve stejném svalu nebývá stejnorodá (Lu et al. 2000). Tradiční metody měření barvy vepřového masa jsou subjektivní hodnocení a instrumentální hodnocení (Sun et al. 2016).

Subjektivní hodnocení provádějí zkušební hodnotitelé využívající standardizované barevné karty. Následně je barva masa ohodnocená v rozmezí 1–5 (1 = bledá, 5 = tmavá). Nevýhodou subjektivního hodnocení je, že je neopakovatelné, silně ovlivněné hodnotitelem a vlivy na něj působícími. Může se jednat o nemoc, únavu hodnotitele, nebo vlivy prostřední jako například úroveň osvětlení nebo úhel pohledu (Sun et al. 2016; Sun et al. 2018).

Existuje mnoho přístrojů pro měření barvy světla. Lze použít kolorimetr nebo spektrofotometr. Je možné si vybrat z několika barevných systémů (Hunter, CIE, trichromatické hodnoty), osvětlení (A, C, D65, ultralume) velikostí clony (0,64–3,2). Osvětlení a typ přístroje ovlivňují naměřené výsledky (Mancini & Hunt 2005). Z přístrojů, které se pro

stanovení využívají Sun et al. (2016) zmiňují kolorimetr Minolta a Hunter Lab Miniscan. Jedná se o metodu při, které dochází k objektivnímu posouzení barvy masa za kontrolovaného osvětlení. Pro vyjádření barvy se používá různých způsobů. Podle úřadu Commission International de l'Eclairage (CIE) je světlo vyjádřeno pomocí tří hodnot X, Y, Z. V průběhu času bylo vyvinuto několik lineárních a nelineárních obměn systému XYZ. V roce 1976 CIE doporučila používání dvou systémů CIEUV a CIELAB. CIELAB je nejvíce používaným systémem ve vědě. Podle něj bývá barva masa vyjádřena ve třech parametrech. Jedná se o L\* (světlost), které určuje, zda se jedná o tmavou nebo světlou barvu, nabývá hodnot od 0 do 100. a\* (zarudnutí), které určuje vztah mezi červenou (-50) a zelenou (+50). b\* (zažloutnutí), určuje vztah mezi žlutou (+50) a modrou (-50). Kromě těchto hodnot CIELAB obsahuje i úhel odstínu (h) a pestrost odstínu (C\*) (Joo et al. 1995; Panák 2015; Furtado et al. 2018). Hodnota L\* narůstá se vzrůstajícím rozptylem světla, k čemuž dochází při nárůstu množství volné vody. K nárůstu množství volné vody dochází obvykle kvůli různému stupni poškození bílkovin (Brewer et al. 2001). Brewer et al. (2001) označují hodnotu L\* jako pravděpodobně nejlepší ukazatel vady PSE a DFD. Pro jednotlivé vady masa Joo et al. (1995) uvádí hodnoty L\*. Pro PSE  $L^* = > 50$ , pro RSE a RFN  $L^* = 43-50$ , pro DFD  $L^* = < 43$ .

Systém využívající počítačové vidění (CVC) je metoda, která je rychlá, přesná, neinvazivní a opakovatelná. Skládá se ze třech hlavních prvků – kamera, systém osvětlení a software analyzující získaný obraz. Je hojně využívána v potravinářském průmyslu. Například na klasifikaci obilných zrn, třídění jablek podle barev, detekci otlučených částí na jahodách. U hovězího masa je možné zhodnotit kvalitu mramorování, barvu, tuhost. Sun et al. (2018) tuto metodu označili za přesnější v porovnání s blízkou infračervenou spektroskopií. Odůvodňuje to omezenou velikostí snímané plochy.

### 3.5.5 Textura masa

Textura masa je jedním z nejdůležitějších faktorů určujících celkovou kvalitu masa. Avšak u syrového masa je obtížně měřitelná. Kromě toho korelace s ostatními měřitelnými parametry (pH, barva) bývá nízká (Dilger et al. 2010). Avšak podle Van der Wal et al. (1988) je silný vztah mezi Warner-Bratzlerovou silou stříhu a ztrátou varem. V jejich výzkumu byly hodnoceny svaly upravené varem a nejnižší hodnoty střížné síly měly DFD svaly. Křehkost bývá ovlivněna mnoha faktory, například množstvím kolagenu ve svalu, délkou sarkomery či stupněm posmrtné proteolýzy. Délka sarkomery je určena po nástupu *rigoru mortis*. Krátká sarkomera způsobuje tužší maso. Během proteolýzy jsou degradovány strukturní proteiny, což způsobuje zkrěhnutí svalu (Dilger et al. 2010).

K určení textury se využívají senzorické panely, případně se vyhodnocuje pomocí přístrojů. Choe et al. (2016) přidává histologické a chemické metody. Pomocí instrumentálních metod je možné zhodnotit sílu stříhu, stlačení, průniku a sílu nutnou k rozemletí masa. Nevýhodou senzorické analýzy je nutnost proškolení účastníků a celková časová náročnost. Nejvíce rozšířená je Warner-Bratzlerova stříhová síla. Využívá se vařené maso, ale je možné použít i maso syrové Holman et al. (2016). Podle Choe et al. (2016) musí být přesně definováno místo odběru vzorku a jeho úprava. Nejčastěji se využívají přístroje společnosti Instron a Warner-Bratzlerovy čepele (Holman et al. 2016).

Další používanou metodou je hodnocení texturového profilu. Při této metodě je možné zhodnotit více proměnných najednou. Jedná se o tvrdost, soudržnost, pružnost a žvýkatelnost.

Podle Choe et al. (2016) je pomocí instrumentálních metod možné vysvětlit pouze 20 % parametrů v porovnání se senzorickou analýzou.

## 4 Metodika a materiál

### 4.1 Zvířata

Pokus byl realizován v Testační a pokusné stanici Ploskov u Lán. Do experimentu bylo zařazeno celkem 60 kusů prasat ve třech genotypech. Přestické černostrakaté prase v množství 20 kusů (10 vepříků, 10 prasniček), landrace v množství 20 kusů (10 vepříků, 10 prasniček), finální hybridní kombinace (ČBU x ČL) x ČBU – (české bílé ušlechtilé<sup>mateřské</sup> x česká landrace) x české bílé ušlechtilé<sup>otcovské</sup> v množství 20 kusů (10 vepříků a 10 prasniček). Pokus byl zahájen při věku zvířat 69 dní od narození a průměrné váze 28,7 kg. Prasata byla ustájena po dvojicích podle metodiky Stupka et al. (2009) pro testování čistokrevných a hybridních prasat za standardních podmínek stanice.

Prasata byla krmena kompletní krmnou směsí, obsahující pšenici, ječmen, sójový extrudovaný šrot a premix. V souladu s výše zmíněnou metodikou bylo krmivo mícháno pro každý box zvlášť. Prasatům vážícím 28–35 kg byla podávána kompletní krmná směs A1, při váze 35,1–60 kg směs A2 a v konečné fázi při hmotnosti 60,1–110 kg směs CDP. Složení jednotlivých krmných směsí je uvedeno v tabulce 5. Směsi byly podrobené analýze živin, výsledky jsou uvedeny v tabulce 6. Přejchod z A1 směsi na A2 a poté na CDP byl proveden vždy kontinuálně. Prasata byla krmena *ad libitum*.

Každý týden byla prasata vážena, každý den byl sledován příjem krmiva. Následně byl vypočítán průměrný denní přírůstek, průměrná spotřeba krmiva a konverze krmiva. Na konci experimentu, tj. ve věku 156 dní, byla prasata při průměrné živé hmotnosti 110 kg poražena.

Tabulka 5 Složení krmných směsí

| Složení (g/kg) | A1    | A2    | CDP   |
|----------------|-------|-------|-------|
| Pšenice        | 400,0 | 445,5 | 465,0 |
| Ječmen         | 383,0 | 394,9 | 400,0 |
| Sójový šrot    | 182,0 | 124,6 | 100,0 |
| Premix         | 35,0  | 35,0  | 35,0  |

Poznámka: A1 = krmná směs podávaná při hmotnosti 28–35 kg, A2 = krmná směs podávaná při hmotnosti 35,1–60 kg, CDP = krmná směs podávaná při hmotnosti 60,1–110 kg

Tabulka 6 Živinné složení krmných směsí

| Živinné složení             | A1     | A2     | CDP    |
|-----------------------------|--------|--------|--------|
| Sušina                      | 881,5  | 880,1  | 879,6  |
| Mep (MJ/kg)                 | 12,71  | 12,67  | 12,64  |
| Hrubý protein               | 182,74 | 162,10 | 153,2  |
| Hrubá vláknina              | 36,99  | 36,20  | 35,86  |
| Lysin                       | 11,32  | 9,78   | 9,12   |
| Threonin                    | 6,87   | 6,00   | 5,62   |
| Vápník                      | 8,68   | 8,57   | 8,52   |
| Dostupný fosfor             | 1,90   | 1,83   | 1,79   |
| Sodík                       | 2,02   | 2,01   | 2,01   |
| Retinol (I.U.)              | 14,40  | 14,40  | 14,40  |
| Kalciferol (I.U.)           | 2,31   | 2,31   | 2,31   |
| $\alpha$ -tokoferol (mg/kg) | 145,52 | 144,30 | 144,61 |
| Vitamin B1 (mg/kg)          | 6,25   | 6,38   | 6,44   |
| Vitamin B2 (mg/kg)          | 6,93   | 6,82   | 6,78   |
| Vitamin B5 (mg/kg)          | 21,43  | 21,17  | 21,06  |
| Cholin (mg/kg)              | 654,6  | 555,5  | 513,0  |

Poznámka: A1 = krmná směs podávaná při hmotnosti 28–35 kg, A2 = krmná směs podávaná při hmotnosti 35,1–60 kg, CDP = krmná směs podávaná při hmotnosti 60,1–110 kg

## 4.2 Sledované parametry

Podle metodiky Schepera a Scholze (1985) bylo jatečně upravené tělo změřeno za účelem zhodnocení jeho kvality. Jatečně upravená těla 60 kusů prasat (30 vepříků a 30 prasniček) byla zvážena. Zvířata byla rozdělena do skupin podle genotypu (20 zvířat do skupiny), pohlaví (30 zvířat do skupiny) a podle genotypu i pohlaví (10 kusů do skupiny).

Kvalitativní charakteristiky jatečně upraveného těla byly hodnoceny v oblasti pečeně (*musculus longissimus lumborum et thoracis* = MLLT) a kýty (*musculus semimembranosus* = MS).

K měření pH<sub>45</sub> se využíval pH metr (pH 330i/set, WTW, Weilheim, Germany), k měření docházelo 45 minut po porážce. Elektrická vodivost (EC<sub>50</sub>) byla měřena 50 minut *post mortem* pomocí konduktometru (Konduktometr, WTW, Weilheim, Německo).

Barva masa, zahrnující světlost L\* a barevné odstíny a\* a b\* byla měřena spektrofotometrem (CM-2500d, Minolta, Osaka, Japonsko). Textura byla změřena jako síla ve stříhu syrového masa (Instron 3342, USA) a ztráta masové šťávy odkapem byla měřena ve svalu MLLT 24 hodin *post mortem*.

## 4.3 Statistické vyhodnocení

Údaje o kvalitativních parametrech jatečné hodnoty byly statisticky analyzovány metodou ANOVA s interakcemi mezi genotypem a pohlavím za použití programu SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, verze 9.4, 2013). Rozdíly mezi skupinami byly testovány Duncanovým testem. Hladina významnosti  $P < 0,05$  byla považována za průkaznou pro



všechna měření. Výsledky jsou prezentovány formou průměrů za skupinu a směrodatnou odchylkou.

## 5 Výsledky

### 5.1 Vliv genotypu na kvalitu jatečně upraveného těla

V tabulce 7 jsou uvedeny výsledné hodnoty naměřených fyzikálních a technologických vlastností jatečně upraveného těla pro genotypy přestické černostrakaté (PC), landrace (L) a finální hybrid (ČBU x ČL) x ČBU). Statisticky vysoce významné rozdíly ( $P < 0,001$ ) byly nalezeny pro teplotu MLLT i MS, barvu hřbetního tuku ( $L^*$ ,  $a^*$ ), texturu a ztrátu masové šťávy odkapem. Hodnota  $pH_{45}$  pro MLLT byla statisticky průkazně ( $P = 0,003$ ) vyšší u přestického černostrakatého prasete v porovnání s ostatními genotypy. Světlost ( $L^*$ ) MLLT byla nejvyšší u landrace a odlišovala se od ostatních genotypů na hladině významnosti  $P = 0,003$ . Elektrická vodivost v oblasti MS dosahovala nejvyšších hodnot u landrace a statisticky průkazně se lišila od ostatních genotypů ( $P = 0,005$ ). V  $pH_{45}$  pro oblast kýty byly taktéž nalezeny statisticky významné rozdíly ( $P = 0,025$ ), kýta u landrace vykazovala nižší hodnotu v porovnání s ostatními genotypy. U ostatních parametrů nebyl nalezen statisticky významný rozdíl.

Tabulka 7 Fyzikální a technologické vlastnosti masa v závislosti na genotypu

| Ukazatele                            | PC                        | L                          | (ČBUxČL) x ČBU            | Průkaznost (P) |
|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------|
| MLLT                                 |                           |                            |                           |                |
| pH 45 min.                           | 6,21 <sup>A</sup> ± 0,38  | 5,85 <sup>B</sup> ± 0,29   | 5,96 <sup>B</sup> ± 0,26  | 0,003          |
| teplota (°C)                         | 35,09 <sup>A</sup> ± 2,28 | 35,64 <sup>A</sup> ± 1,29  | 31,51 <sup>B</sup> ± 2,81 | <0,001         |
| elektrická vodivost (mS)             | 4,07 ± 0,83               | 4,57 ± 1,02                | 4,39 ± 0,93               | 0,214          |
| MS                                   |                           |                            |                           |                |
| pH 45 min.                           | 6,21 <sup>A</sup> ± 0,38  | 5,85 <sup>B</sup> ± 0,29   | 6,13 <sup>A</sup> ± 0,25  | 0,025          |
| teplota (°C)                         | 34,45 <sup>A</sup> ± 2,10 | 34,81 <sup>A</sup> ± 1,21  | 31,68 <sup>B</sup> ± 3,44 | <0,001         |
| elektrická vodivost (mS)             | 4,16 <sup>B</sup> ± 0,80  | 5,01 <sup>A</sup> ± 1,50   | 3,84 <sup>B</sup> ± 0,62  | 0,005          |
| Barva MLLT                           |                           |                            |                           |                |
| světlost $L^*$                       | 54,27 <sup>B</sup> ± 4,69 | 59,10 <sup>A</sup> ± 4,54  | 52,57 <sup>B</sup> ± 3,99 | 0,003          |
| barevný odstín $a^*$                 | -0,57 ± 1,17              | -0,28 ± 1,50               | -0,59 ± 0,95              | 0,775          |
| barevný odstín $b^*$                 | 10,07 ± 1,81              | 11,49 ± 1,96               | 9,70 ± 1,91               | 0,070          |
| Barva hřbetního tuku                 |                           |                            |                           |                |
| světlost $L^*$                       | 75,11 <sup>B</sup> ± 5,95 | 78,27 <sup>AB</sup> ± 2,48 | 80,34 <sup>A</sup> ± 1,50 | <0,001         |
| barevný odstín $a^*$                 | -0,05 <sup>A</sup> ± 0,59 | -0,56 <sup>B</sup> ± 0,39  | -0,91 <sup>B</sup> ± 0,32 | <0,001         |
| barevný odstín $b^*$                 | 7,68 ± 1,00               | 7,62 ± 0,52                | 7,60 ± 0,71               | 0,935          |
| Textura MLLT (N)                     | 33,09 <sup>B</sup> ± 7,30 | 33,19 <sup>B</sup> ± 5,89  | 41,22 <sup>A</sup> ± 5,57 | <0,001         |
| Ztráta masové šťávy odkapem MLLT (%) | 3,91 <sup>B</sup> ± 1,32  | 5,22 <sup>B</sup> ± 2,11   | 7,89 <sup>A</sup> ± 2,45  | <0,001         |

Poznámka: A, B, AB = Mezi hodnotami označenými rozdílnými symboly je statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ),

PC = přestické černostrakaté prase, L = landrace, (ČBUxČL) x ČBU = české bílé ušlechtilé<sub>mateřské</sub> x česká landrace) x české bílé ušlechtilé<sub>otcovské</sub>

MLLT = *musculus longissimus lumborum et thoracis*, MS = *musculus semimembranosus*

## 5.2 Vliv pohlaví na kvalitu jatečně upraveného těla

V tabulce 8 jsou uvedeny výsledné hodnoty naměřených fyzikálních a technologických vlastností jatečně upraveného těla pro vepřiky a prasničky. Statisticky významný rozdíl byl shledán u ukazatele barevný odstín  $b^*$  ( $P = 0,029$ ). Maso prasniček vykazovalo vyšší žlutost  $b^* = 7,89$  v porovnání s vepřiky, kde  $b^* = 7,43$ . U ostatních parametrů nebyl nalezen statisticky průkazný rozdíl ( $P > 0,05$ ).

Tabulka 8 Fyzikální a technologické vlastnosti masa v závislosti na pohlaví

| Ukazatele                            | Vepřík       | Prasnička    | Průkaznost ( $P$ ) |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------------|
| MLLT                                 |              |              |                    |
| pH 45 min.                           | 6,03 ± 0,37  | 6,13 ± 0,34  | 0,263              |
| teplota (°C)                         | 33,77 ± 2,69 | 34,04 ± 3,30 | 0,713              |
| elektrická vodivost (mS)             | 4,38 ± 0,97  | 4,07 ± 0,78  | 0,169              |
| MS                                   |              |              |                    |
| pH 45 min.                           | 6,11 ± 0,35  | 6,18 ± 0,34  | 0,369              |
| teplota (°C)                         | 33,19 ± 2,50 | 33,91 ± 3,31 | 0,315              |
| elektrická vodivost (mS)             | 4,20 ± 0,94  | 4,09 ± 0,88  | 0,625              |
| Barva MLLT                           |              |              |                    |
| světlost $L^*$                       | 54,89 ± 4,99 | 53,47 ± 4,5  | 0,227              |
| barevný odstín $a^*$                 | -0,44 ± 1,12 | -0,67 ± 1,13 | 0,391              |
| barevný odstín $b^*$                 | 10,38 ± 1,88 | 9,78 ± 1,92  | 0,201              |
| Barva hřbetního tuku                 |              |              |                    |
| světlost $L^*$                       | 77,5 ± 2,33  | 76,93 ± 7,12 | 0,658              |
| barevný odstín $a^*$                 | -0,48 ± 0,62 | -0,30 ± 0,63 | 0,230              |
| barevný odstín $b^*$                 | 7,43 ± 0,93  | 7,89 ± 0,71  | 0,029              |
| Textura MLLT (N)                     | 35,56 ± 6,92 | 36,47 ± 8,39 | 0,626              |
| Ztráta masové šťávy odkapem MLLT (%) | 5,34 ± 2,66  | 5,62 ± 2,61  | 0,662              |

Poznámka: MLLT = *musculus longissimus lumborum et thoracis*, MS = *musculus semimembranosus*

## 5.3 Vliv genotypu a pohlaví na kvalitu jatečně upraveného těla

Jak vyplývá z tabulky 9, interakce mezi genotypem a pohlavím u vybraných ukazatelů nebyla shledána na hladině významnosti  $P < 0,05$  za statisticky průkaznou.

Statisticky průkazný rozdíl mezi prasničkami a vepřiky byl nalezen pouze u barvy hřbetního tuku, konkrétně u barevného odstínu  $a^*$  ( $P = 0,019$ ).

Mezi genotypy byl největší statisticky průkazný rozdíl ( $P < 0,001$ ) nalezen u teploty MLLT i MS, světlosti ( $L^*$ ) a barevného odstínu  $a^*$  hřbetního tuku, síle stříhu a ztráty masové šťávy odkapem. Na hladině významnosti  $P = 0,002$  byl nalezen statisticky průkazný rozdíl v  $pH_{45}$  u pečeně. V  $pH_{45}$  kýty byl nalezen také rozdíl, ale hladina významnosti byla vyšší,  $P = 0,022$ . Další rozdíly byly nalezeny u elektrické vodivosti MS ( $P = 0,006$ ) a ve světlosti MLLT ( $P = 0,004$ ).

Tabulka 9 Fyzikální a technologické vlastnosti masa v závislosti na genotypu a pohlaví

| Ukazatele                         | PC           |              | L            |              | (ČBUxČL) x ČBU |              | genotyp | pohlaví | genotyp x pohlaví |
|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|--------------|---------|---------|-------------------|
|                                   | vepřík       | prasnička    | vepřík       | prasnička    | vepřík         | prasnička    |         |         |                   |
| MLLT                              |              |              |              |              |                |              |         |         |                   |
| pH 45 min.                        | 6,17 ± 0,37  | 6,28 ± 0,41  | 5,83 ± 0,32  | 5,87 ± 0,30  | 5,84 ± 0,30    | 6,06 ± 0,18  | 0,002   | 0,219   | 0,753             |
| teplota (°C)                      | 34,38 ± 2,50 | 36,21 ± 1,32 | 35,65 ± 0,94 | 35,63 ± 1,73 | 31,86 ± 2,51   | 31,22 ± 3,11 | <0,001  | 0,584   | 0,139             |
| elektrická vodivost (mS)          | 4,26 ± 0,76  | 3,75 ± 0,88  | 4,68 ± 1,34  | 4,46 ± 0,79  | 4,49 ± 1,26    | 4,30 ± 0,56  | 0,136   | 0,248   | 0,780             |
| MS                                |              |              |              |              |                |              |         |         |                   |
| pH 45 min.                        | 6,17 ± 0,37  | 6,28 ± 0,41  | 5,83 ± 0,32  | 5,87 ± 0,30  | 6,08 ± 0,29    | 6,18 ± 0,22  | 0,022   | 0,418   | 0,966             |
| teplota (°C)                      | 33,74 ± 2,17 | 35,57 ± 1,45 | 35,25 ± 1,30 | 34,38 ± 1,09 | 31,35 ± 2,46   | 31,97 ± 4,18 | <0,001  | 0,488   | 0,357             |
| elektrická vodivost (mS)          | 4,15 ± 0,67  | 4,17 ± 1,00  | 5,46 ± 1,96  | 4,57 ± 0,94  | 3,83 ± 0,56    | 3,85 ± 0,69  | 0,006   | 0,269   | 0,379             |
| Barva MLLT                        |              |              |              |              |                |              |         |         |                   |
| světlost L*                       | 54,60 ± 4,70 | 53,76 ± 4,81 | 59,20 ± 4,40 | 59,00 ± 5,35 | 53,89 ± 5,35   | 51,45 ± 1,93 | 0,004   | 0,383   | 0,743             |
| barevný odstín a *                | -0,62 ± 1,16 | -0,50 ± 1,23 | -0,22 ± 1,79 | -0,33 ± 1,42 | -0,15 ± 0,75   | -0,97 ± 0,95 | 0,805   | 0,427   | 0,310             |
| barevný odstín b*                 | 10,23 ± 1,80 | 9,83 ± 1,87  | 11,21 ± 1,59 | 11,76 ± 2,49 | 10,38 ± 2,20   | 9,13 ± 1,47  | 0,078   | 0,506   | 0,455             |
| Barva hřbetního tuku              |              |              |              |              |                |              |         |         |                   |
| světlost L*                       | 76,43 ± 1,73 | 73,03 ± 9,10 | 78,71 ± 3,04 | 77,83 ± 2,16 | 79,57 ± 1,77   | 80,87 ± 1,05 | <0,001  | 0,462   | 0,173             |
| barevný odstín a *                | -0,20 ± 0,56 | 0,19 ± 0,57  | -0,74 ± 0,49 | -0,38 ± 0,18 | -1,07 ± 0,30   | -0,79 ± 0,29 | <0,001  | 0,019   | 0,908             |
| barevný odstín b*                 | 7,54 ± 1,02  | 7,90 ± 0,96  | 7,45 ± 0,51  | 7,80 ± 0,54  | 7,15 ± 0,83    | 7,91 ± 0,41  | 0,712   | 0,060   | 0,671             |
| Textura MLLT (N)                  | 34,28 ± 7,63 | 31,23 ± 6,59 | 32,14 ± 5,00 | 34,24 ± 7,28 | 39,37 ± 4,26   | 42,79 ± 6,21 | <0,001  | 0,672   | 0,169             |
| Ztráta mas.šťávy odkapem MLLT (%) | 3,80 ± 1,34  | 4,08 ± 1,33  | 6,57 ± 1,92  | 3,88 ± 1,39  | 7,98 ± 2,66    | 7,82 ± 2,38  | <0,001  | 0,126   | 0,135             |

Poznámka: mas. = masové, PC = přestické černostrakaté prase, L = landrace, (ČBUxČL) x ČBU = české bílé ušlechtilé<sub>mateřské</sub> x česká landrace) x české bílé ušlechtilé<sub>otcovské</sub>

MLLT = *musculus longissimus lumborum et thoracis*, MS = *musculus semimembranosus*

## 6 Diskuze

### 6.1 Vliv genotypu na vybrané fyzikální parametry JUT

Svaly plemene landrace vykazovaly nižší hodnoty  $pH_{45}$ . V oblasti pečeně (MLLT) byla hodnota pro přeštiny  $pH_{45} = 6,21$ , která se statisticky lišila od landrace (5,85) i od finálního hybridu (ČBU x ČL) x ČBU s  $pH_{45} = 5,96$  na hladině významnosti  $P = 0,003$ . Podle Adzitey & Nurul (2011) by svaly s hodnotou  $pH_{45} < 6$  měly být hodnoceny jako svaly zasažené vadou PSE. Podle Sládka (2020), který uvádí méně přísnější hodnotu  $pH_{45} < 5,8$  by pečeně (MLLT) u (ČBU x ČL) x ČBU byla hodnocena jako normální. Stejně tak i pečeně landrace by podle Sládka (2020) byla hodnocena jako maso bez vady.

V oblasti MS byly hodnoty  $pH_{45}$  u landrace odlišné od zbývajících genotypů s hladinou významnosti  $P = 0,025$ . Pro landrace bylo  $pH_{45} = 5,85$ , pro přeštické černostrakaté  $pH_{45} = 6,21$  a pro (ČBU x ČL) x ČBU  $pH_{45} = 6,13$ . Podle Adzitey & Nurul (2011) by v tomto případě už sval u (ČBU x ČL) x ČBU byl hodnocen jako normální. Serra et al. (1998) hodnotili MLLT landrace a jejich naměřená hodnota  $pH_{45}$  byla 6,37. Nelze tedy říci, že by pro plemeno landrace byly nízké hodnoty pH typické.

V teplotě měřené v oblasti MLLT i MS byl nalezen statisticky významný rozdíl mezi (ČBU x ČL) x ČBU a ostatními dvěma genotypy ( $P < 0,001$ ). U hybridů byla nalezena výrazně nižší hodnota ( $31,51\text{ }^{\circ}\text{C}$  v oblasti MLLT), zatímco mezi přeštiny ( $35,09\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a landracemi ( $35,64\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) nebyl nalezen rozdíl. K nižší teplotě mohlo dojít například díky technologickým vlivům při zpracování. Na teplotu těla může působit například teplota vodní lázně při paření. Z hlediska vývoje vady masa, nemá nízká teplota těla žádný vliv.

Elektrická vodivost v oblasti MS byla vyšší u landrace na hladině významnosti  $P = 0,005$ . Elektrická vodivost u plemene landrace měřená 50 minut po porážce byla 5,01 mS. Jukna et al. (2012) označuje za maso s vadou PSE maso, jehož hodnoty vodivosti naměřené 45 minut *post mortem* jsou vyšší než 8,3.

Hodnota světlosti ( $L^*$ ) u MLLT byla nejvyšší u plemene landrace. Byl shledán statisticky významný rozdíl mezi ostatními skupinami, a to na hladině významnosti  $P = 0,003$ . Pro plemeno landrace byla světlost  $L^* = 59,1$ . Kauffman et al. (1993) hodnotí světlost svalu vyšší než 58 jako sval zasažený vadou PSE, s tím souhlasí i Lee et al. (2000). Warriss & Brown (1993) hodnotili sval s hodnotou  $L^* = 59,7$  jako lehce zasažený vadou PSE.

V barevnosti tuku, byly taktéž nalezeny statisticky významné rozdíly, konkrétně se jednalo o parametry  $a^*$  (červenost) a  $L^*$  (světlost). V obou případech se jednalo o rozdíl na hladině významnosti  $P < 0,001$ . Světlost byla rozdílná u všech tří genotypů. Nejsvětlejší tuk byl nalezen u (ČBU x ČL) x ČBU (80,34), následovala landrace (78,27) a nejméně světlý tuk vykazovalo přeštické černostrakaté prase (75,11). Přešťáci měli hodnoty barevného odstínu  $a^*$  statisticky významně vyšší než ostatní genotypy (-0,05 vs. -0,56 pro landrace a -0,91 pro (ČBU x ČL) x ČBU.

Síla stříhu byla nejvyšší u finálního hybridu (ČBU x ČL) x ČBU (41,22 N). Mezi ostatními genotypy byly hodnoty srovnatelné (33,09 N pro přeštiny a 33,19 N pro plemeno landrace). Pravděpodobně je tužší maso u finálních hybridů (ČBU x ČL) x ČBU způsobeno tím, že mají nižší obsah intramuskulárního tuku v porovnání s ostatními genotypy.

Ztráta masové šťávy odkapem byla nejvyšší u (ČBU x ČL) x ČBU (7,89 % vs 3,91 % pro přeštíky a 5,22 % pro landrace). Podle Adzitey & Nurul (2011) lze takovou ztrátu považovat za normální s výjimkou přeštíků, jejichž ztráta masové šťávy odkapem by spadala do kategorie DFD. Warriss & Brown (1993) hodnoty 2–5 % označuje jako mírné DFD.

Sellier & Monin (1994) i Salas & Mingala (2016) označují plemeno landrace za rizikovější z hlediska vzniku vady PSE. To je způsobeno vysokou frekvencí genu HAL v tomto plemeni. Ikdyž Sellier & Monin (1994) zároveň připouští, že výskyt halotanového genu se postupně snižuje. Jako příklad uvádí populaci francouzské landrace, kde došlo za 10 let ke snížení výskytu tohoto genu z 18–15 % na méně než 1 %. Miao et al. (2008) porovnávali kvalitu landrace a čínského plemene jinhua. Landrace dosahovala vyšší ztráty masové šťávy odkapem a vyšší světlosti svalu. Serra et al. (1998) porovnávali kvalitu JUT u iberského prasete a landrace. Světlost MLLT byla vyšší u landrace na hladině významnosti  $P = <0,05$  (55,9 vs. 54,1). U pH<sub>45</sub> nebyl mezi plemeny nalezen statisticky významný rozdíl. Avšak v pH měřeném 24 hodin *post mortem* byl nalezen statisticky vysoce významný rozdíl ( $P <0,001$ ). Plemeno landrace vykazovalo nižší hodnoty (5,58 vs. 5,80), avšak stále obě plemena dosahovala hodnot pro normální maso. Rozdílný posmrtný metabolismus byl ovlivněn vyšším zastoupením svalových vláken typu I u iberského prasete. V našem experimentu pH<sub>45</sub> MS u plemene landrace bylo nižší, v oblasti MLLT se hodnoty neodlišovaly od ostatních genotypů. Světlost MLLT byla mírně zvýšená, to by mohlo naznačovat přítomnost vady PSE. Ale například ztráta masové šťávy odkapem nebyla zvýšená. Přítomnost vady není možné potvrdit.

U finálního hybridu (ČBU x ČL) x ČBU byly naměřeny vyšší ztráty masové šťávy odkapem, v ostatních ukazatelích nebyl nalezen statisticky významný rozdíl.

Získané hodnoty se výrazně nelišily od hodnot referenčních, nelze tudíž žádný genotyp označit za rizikovější z hlediska vývoje vad masa.

## 6.2 Vliv pohlaví na vybrané fyzikální parametry JUT

Z tabulky 7 je patrné, že pohlaví neovlivnilo většinu parametrů. Tyto výsledky jsou srovnatelné s výsledky Pereira et al. (2015), kde mezi prasničkami a vepříky byly porovnávány ukazatele pH<sub>45</sub>, pH<sub>24</sub>, barva MLLT a ztráta masové šťávy odkapem u MLLT. Pereira et al. (2015) dospěli k závěru, že pohlaví kvalitu JUT neovlivňuje. Výsledky Kim et al. (2017) byly shodné.

V barevnosti svalu našli Overholt et al (2016) rozdílné hodnoty mezi pohlavím ve všech veličinách. Pro L\*, a\* i b\* platilo  $P < 0,001$ . Alonso et al. (2009) našli rozdíly v hodnotách barevných odstínů a\* i b\* ( $P < 0,05$ ), zatímco u L\* nebyl nalezen prokazatelný rozdíl. V barevnosti svalu v našem experimentu nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly.

Jelikož prasničky mají predispozice k intenzivnější reakci na stres, je u nich pravděpodobné nalezení nižší hodnoty pH<sub>45</sub>. Egea et al. (2016) naměřili u prasniček hodnotu 6,13, zatímco u kastrátů 6,30 ( $P = 0,029$ ). U Alonso et al. (2009) byly hodnoty pH pro prasničky 6,29 a pro vepříky 6,33, tento rozdíl ale nebyl statisticky průkazný. V naší práci nebyl v hodnotách pH<sub>45</sub> nalezen statisticky průkazný rozdíl ani v jedné z měřených oblastí. Prasničky vykazovaly vyšší pH<sub>45</sub> v porovnání s vepříky, u svalu pečeně (MLLT) 6,03 pro vepříky, 6,13

pro prasničky. Matoušek et al. (2016) ve své práci porovnávali  $pH_{45}$  u přeštického černostrakatého prasete s ohledem na pohlaví, u prasniček a kastrátů. Nenalezli významný rozdíl, ale stejně jako v této práci měly prasničky vyšší  $pH$ , konkrétně 6,63 vs. 6,70.

V této práci byla světlost ( $L^*$ ) tuku mírně vyšší u vepříků, zatímco zbývající barevné parametry ( $a^*$ ,  $b^*$ ) byly naopak vyšší u prasniček. Tyto výsledky se ztotožňují s výsledky Jaturasitha et al. (2008), kde byly rozdíly mezi pohlavím patrné i po zařazení tuňákového oleje do krmné dávky. V našem pokusu byly rozdíly mezi pohlavím patrné, avšak statisticky průkazné byly pouze u žlutosti ( $b^*$ ). Žlutost byla jediným parametrem se statisticky průkazným rozdílem mezi pohlavím. Hodnoty žlutosti byly 7,43 pro vepříky a 7,89 pro prasničky ( $P = 0,029$ ). Žlutá barva tukové tkáně je způsobena pigmenty karotenoidů. Tyto pigmenty jsou zvláště spojeny s kyselinou linolovou a linolenovou. Pokud je do krmné dávky zahrnuto příliš mnoho polynenasycených mastných kyselin a nedostatek vitamínu E, může dojít k rozvoji nemoci zvané steatitida, při které je tuková tkáň žlutě zbarvena. Barva čerstvého vepřového tuku je narůžovělá. Ztuhlá tuková tkáň se jeví bělejší (Hugo & Roodt 2007).

### 6.3 Vliv genotypu a pohlaví na vybrané fyzikální parametry JUT

Jak je patrné z tabulky 9 k interakci mezi genotypem a pohlavím nedošlo. Alonso et al. (2009) hodnotili vliv genotypu a pohlaví na fyzikální ukazatele masa ( $pH_{45}$ ,  $pH_{24}$ , barva svalu, množství intramuskulárního tuku). V jejich práci taktéž nedošlo k interakci mezi genotypem a pohlavím. Ke stejnému závěru dospěli i Kim et al. (2017).

Je možné, že pokud by byly sledované jiné parametry, k interakci by došlo. Například Lorencová (2016) ve své práci sledovala vliv genotypu a pohlaví na sílu svalových vláken. Byly sledovány prasničky a vepřici s genotypy  $(\check{C}BU \times \check{C}L) \times D$  a  $(\check{C}BU \times \check{C}L) \times (D \times BL)$ . Zatímco prasničky hybridních kříženců  $(\check{C}BU \times \check{C}L) \times D$  měly svalová vlákna nejsilnější ( $46,67 \pm 8,23 \mu m$ ). Nejslabší vlákna měli z celé skupiny vepřici stejného genotypu ( $43,41 \pm 3,19 \mu m$ ).



## 7 Závěr

Cílem práce bylo zhodnotit vliv genotypu a pohlaví na vznik technologických vad masa. Mezi sledovanými genotypy byly nalezeny statisticky významné rozdíly. Jednalo se o pH<sub>45</sub>, teplotu, vodivost, světlost MLLT, sílu stříhu a ztrátu masové šťávy odkapem. Naměřené hodnoty se nijak výrazně nelišily od referenčních hodnot. Nelze tedy tvrdit, že by byl některý ze sledovaných genotypů rizikovější z hlediska vývoje vad masa.

Statisticky významný rozdíl mezi vepříky a prasničkami byl nalezen pouze ve žlutosti (b\*) hřbetního tuku, která nijak neovlivňuje vznik vad masa.

Na základě získaných hodnot nelze hypotézu potvrdit. Za vysoce významnou příčinu vzniku vad masa je označován stres, proto by bylo vhodné zaměřit se primárně na zajištění bezstresových podmínek prasatům v předporážkovém období.

## 8 Literatura

- Adzitey F, Nurul H. 2011. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: Causes and measures to reduce these incidences. *International Food Research Journal* **18**:11-20.
- Alonso V, del Mar Campo M, Español S, Roncalés P, Beltrán, JA. 2009. Effect of crossbreeding and gender on meat quality and fatty acid composition in pork. *Meat science*, **81**:209-217.
- Aluwé M, Langendries KCM, Bekaert KM, Tuytens FAM, De Brabander DL, De Smet S, Millet S. 2013. Effect of surgical castration, immunocastration and chicory-diet on the meat quality and palatability of boars. *Meat Science* **94**:402-407.
- Babicz M, Kropiwić-Domańska K, Szyndler-Nedza M, Grzebalska AM, Łuszczewska-Sierakowska I, Wawrzyniak A, Hałabis M. 2018. Physicochemical parameters of selected internal organs of fattening pigs and wild boars. *Annual Animal Science* **18**:575-591.
- Barbut S, Sosnicki AA, Lonergan SM, Knapp T, Ciobanu DC, Gatcliffe LJ, Hufflonergan E, Wilson EW. 2008. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat science* **79**:46-63.
- Boler DD, Dilger AC, Bidner BS, Carr SN, Eggert JM, Day JW, Ellis M, McKeith FK, Killefer J. 2010. Ultimate pH explains variation in pork quality traits. *Journal of Muscle foods* **21**:119-130.
- Brewer MS, Zhu LG, Bidner B, Meisinger DJ, McKeith, FK. 2001. Measuring pork color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. *Meat science* **57**:169-176.
- Čítek J, Stupka R, Šprysl M, Bahelka I, Zadinová K. 2019. Výkrm kanečků s eliminací složek kančího pachu – skatol. Certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze. Available from [https://katedry.czu.cz/storage/7207\\_Citek-2019-Skatol.pdf](https://katedry.czu.cz/storage/7207_Citek-2019-Skatol.pdf) (accessed duben 2021).
- Čobanović N, Karabasil N, Stajković S, Ilić N, Suvajdžić B, Petrović M, Teodorović V. 2016. The influence of pre-mortem conditions on pale, soft and exudative (PSE) and dark, firm and dry (DFD) pork meat. *Acta veterinaria* **66**:172-186.
- Čobanović, N, Stajković S, Grković N, Suvajdžić, B, Vasilev D, Karabasil N. 2019. Effects of RYR1 gene mutation on the health, welfare, carcass and meat quality in slaughter pigs. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 333, No. 1, p. 012051). IOP Publishing.
- D'souza DN, Warner RD, Leury BJ, Dunshea F R 2000. The influence of dietary magnesium supplement type, and supplementation dose and duration, on pork quality and the incidence of PSE pork. *Australian journal of agricultural research* **51**:185-190.
- Dilger AC, Rincker PJ, Eggert JM, McKeith FK, Killefer J 2010. Pork tenderness and postmortem tenderization: Correlations with meat quality traits and the impact of sire line. *Journal of Muscle Foods* **21**:529-544.

- Egea M, Linares MB, Garrido MD, Madrid J, Hernández F. 2016. Feeding Iberian × Duroc cross pigs with crude glycerine: Effects of diet and gender on carcass and meat quality. *Meat Science* **111**:78-84.
- Faucitano L, Ielo MC, Ster C, Fiego, DL, Methot, S, Saucier L. 2010. Shelf life of pork from five different quality classes. *Meat Science* **84**:466-469.
- Faustman C, Suman SP. 2017. The eating quality of meat: I—Color. Pages 329-356 In Lawrie's meat science. Woodhead Publishing.
- Fernández-López J, Sayas-Barberá E, Pérez-Alvarez JA, Aranda-Catalá V. 2004. Effect of sodium chloride, sodium tripolyphosphate and pH on color properties of pork meat. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur* **29**:67-74.
- Fischer K. 2007. Drip loss in pork: influencing factors and relation to further meat quality traits. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **124**:12-18.
- Frederick BR, van Heugten E, See MT. 2002. Timing of magnesium supplementation through drinking water to improve fresh pork quality. *Journal of Animal Science* **80**:1454-1460.
- Fujii J, Otsu K, Zorzato F, De Leon S, Khanna VK, Weiler JE, O'Brien PJ, MacLennan DH. 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science* **253**:448-451.
- Furtado EJG, Bridi AM, Barbin DF, Barata CCP, Peres LM, Barbon APADC, Andreo N, Giangareli BDL, Terto DK, Batista JP. 2019. Prediction of pH and color in pork meat using VIS-NIR near-infrared spectroscopy (NIRS). *Food Science and Technology* **39**:88-92.
- Galve A, Burgos C, Varona L, Carrodegas JA, Cánovas A, López-Buesa P. 2013. Allelic frequencies of PRKAG 3 in several pig breeds and its technological consequences on a Duroc× Landrace-Large White cross. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **130**:382-393.
- Guàrdia MD, Estany J, Balasch S, Oliver MA, Gispert M, Diestre A. 2005. Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. *Meat Science* **70**:709-716.
- Haddad GDBS, Moura APR, Fontes PR, da Cunha SDFV, Ramos ADLS, Ramos, EM. 2018. The effects of sodium chloride and PSE meat on restructured cured-smoked pork loin quality: a response surface methodology study. *Meat science* **137**:191-200.
- Holman BWB, Fowler SM, Hopkins DL. 2016. Are shear force methods adequately reported? *Meat Science* **119**:1–6.
- Hugo A, Roodt E. 2007. Significance of porcine fat quality in meat technology: A review. *Food Reviews International* **23**:175-198.

- Channon HA, Walker PJ, Kerr MG, Baud SR. 2003. Application of constant current, low voltage electrical stimulation systems to pig carcasses and its effects on pork quality. *Meat science* **65**:1309-1313.
- Cherel P, Glénisson J, Figwer P, Pires J, Damon M, Franck M, Le Roy P. 2010. Updated estimates of HAL n and RN– effects on pork quality: Fresh and processed loin and ham. *Meat science* **86**:949-954.
- Choe JH, Choi MH, Rhee MS, Kim BC. 2016. Estimation of Sensory Pork Loin Tenderness Using Warner-Bratzler Shear Force and Texture Profile Analysis Measurements. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **29**:1029–1036.
- Ingr, I. 1996. *Technologie masa*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-193-8.
- Ingr, I. 2003. Atypické zrání a kažení masa. *Výživa a potraviny* **6**:174-176.
- Janjic J, Ciric J, Aleksic J, Glamoclija N, Starcevic M, Radovanovic A, Baltic MZ. 2017. The effects of immunocastration on male pig yield parameters and meat quality. *Scientific journal" Meat Technology"*, **58**:1-9.
- Jaturasitha S, Srikanchai T, Chakeredza S, Ter Meulen U, Wicke M. 2008. Backfat characteristics of barrows and gilts fed on tuna oil supplemented diets during the growing-finishing periods. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **21**:1214-1219.
- Johnson NC, Popoola SO, Owen OJ. 2019. Effects of single and combined antioxidant vitamins on growing pig performance and pork quality. *International Journal of Advanced Research and Publications* **3**:86-89.
- Joo ST, Kauffman RG, KIM BC, KIM CJ. 1995. The relationship between color and water-holding capacity in postrigor porcine longissimus muscle. *Journal of Muscle Foods* **6**:211-226.
- Jukna V, Jukna Č, Pečiulaitienė N. 2012. Electrical conductivity of pig meat and its relation with quality. *Veterinarija ir zootechnika* **57**:18-21.
- Kameník J, *Maso jako potravina: produkce, složení a vlastnosti masa 2014*, Veterinární a farmaceutická univerzita, Brno. ISBN 978-80-7305-673-5.
- Kauffman RG, Van Laack RLJM, Russell RL, Pospiech E, Cornelius CA, Suckow CE, Greaser ML. 1998. Can pale, soft, exudative pork be prevented by *postmortem* sodium bicarbonate injection?. *Journal of Animal Science* **76**:3010-3015.
- Kerry JP, Kerry JF, Ledward D. *Meat processing: improving quality*. Cambridge, England: Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2002. ISBN 0849315395.
- Kim JM, Lee SH, Ryu YC. 2017. Comparisons of meat quality and muscle fibre characteristics on multiple pig breeds and sexes using principal component analysis. *Animal Production Science* **58**:2091-2099.

- Kim JM, Lim KS, Ko KB, Ryu YC. 2018. Estimation of pork quality in live pigs using biopsied muscle fibre number composition. *Meat science* **137**:130-133.
- Kowalski E, Aluwé M, Vossen E, Millet S, Ampe B, De Smet S. 2021. Quality characteristics of fresh loin and cooked ham muscles as affected by genetic background of commercial pigs. *Meat Science* **172**:108352.
- Lametsch R, Larsen MR, Essén-Gustavsson B, Jensen-Waern M, Lundström K, Lindahl G. 2011. Postmortem changes in pork muscle protein phosphorylation in relation to the RN genotype. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **59**:11608-11615.
- Lebedová N, Needham T, Čítek J, Okrouhlá M, Zadinová K, Pokorná K, Stupka R. 2020. Comparison of two muscle fibre staining techniques and their relation to pork quality traits. *Czech Journal of Animal Science* **65**:193-204.
- Lebret B, Ecolan P, Bonhomme N, Méteau K, Prunier A. 2015. Influence of production system in local and conventional pig breeds on stress indicators at slaughter, muscle and meat traits and pork eating quality. *Animal* **9**:1404-1413.
- Lee S, Norman JM, Gunasekaran S, Van Laack RLJM, Kim BC, Kauffman, RG. 2000. Use of electrical conductivity to predict water-holding capacity in *post-rigor* pork. *Meat Science* **55**:385-389.
- Liao Y, Fan Y, Cheng F. 2012. On-line prediction of pH values in fresh pork using visible/near-infrared spectroscopy with wavelet de-noising and variable selection methods. *Journal of food engineering* **109**:668-675.
- Lindahl G, Enfält AC, von Seth G, Joseli Å, Hedebro-Velander I, Andersen HJ, Braunschweig M, Andersson L, Lundström K. 2004. A second mutant allele (V199I) at the PRKAG3 (RN) locus—II. Effect on colour characteristics of pork loin. *Meat Science* **66**:621-627.
- Long NHBS, Gál R, Buňka F. 2011. Use of phosphates in meat products. *African Journal of Biotechnology* **10**:19874-19882.
- Lorencová M. 2016. Vyhodnocení vlivu druhové a plemenné příslušnosti hospodářských zvířat na sílu svalových vláken [MSc. Thesis]. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Lu J, Tan J, Shatadal P, Gerrard DE. 2000. Evaluation of pork color by using computer vision. *Meat science* **56**:57-60.
- Ludwiczak A, Składanowska-Baryza J, Stanisław M. 2020. Effect of Age and Sex on the Quality of Offal and Meat of the Wild Boar (*Sus scrofa*). *Animals* **10**:660.
- Mancini RA, Hunt M. 2005. Current research in meat color. *Meat science* **71**:100-121.
- Marcon AV, Caldara FR, de Oliveira GF, Gonçalves LM, Garcia RG, Paz IC, Crone C, Marcon, A. 2019. Pork quality after electrical or carbon dioxide stunning at slaughter. *Meat science* **156**:93-97.
- Matoušek V, Kernerová N, Hyšplerová K, Jirotková D, Brzáková M. 2016. Carcass traits and meat quality of prestige black-pied pig breed. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, **29**:1181-1187.

- Meadus WJ, MacInnis R. 2000. Testing for the RN-gene in retail pork chops. *Meat Science* **54**:231-237.
- Miao ZG, Wang LJ, Xu ZR, Huang JF, Wang YR. 2008. Developmental changes of carcass composition, meat quality and organs in the Jinhua pig and Landrace. *Animal*, **3**:468-473.
- Milan D, et al. 2000. A mutation in PRKAG3 associated with excess glycogen content in pig skeletal muscle. *Science* **288**:1248-1251.
- Ministerstvo zemědělství. 1999. Vyhláška č. 287 ze dne 16. listopadu 1999 o veterinárních požadavcích na živočišné produkty. Česká republika.
- Ministerstvo zemědělství. 2001. Vyhláška č. 326 ze dne 30. srpna 2001 o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, pro maso, masné výrobky, ryby, ostatní vodní živočichy a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich. Česká republika.
- Ministerstvo zemědělství. 2008. Vyhláška č. 225 ze dne 17. června 2008, kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin. Česká republika.
- Moura Rocha L, Faucitano L, Zagabe FK, De Castro AC. 2015. Composition of exudates from meat drip loss and microbial spoilage differences between various pork quality classes.
- Mudřík Z, Podsedníček M, Hučko B. 2007. Základy výživy a krmení psa: vědecká monografie zpracovaná v rámci řešení VZ MSM 6046030901. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-1659-1.
- Ngadi M, Dev SR, Raghavan VG, Kazemi S. 2015. Dielectric properties of pork muscle. *International Journal of Food Properties*, **18**:12-20.
- Novosádová K. 2011. BARF: krmení psa přirozenou stravou. Praha: Plot. ISBN 978-80-7428-062-7.
- O'Neill DJ, Lynch PB, Troy DJ, Buckley DJ, Kerry JP. 2003. Influence of the time of year on the incidence of PSE and DFD in Irish pigmeat. *Meat science* **64**:105-111.
- Oliván M, González J, Bassols A, Díaz F, Carreras R, Mainau E, Velarde A. 2018. Effect of sex and RYR1 gene mutation on the muscle proteomic profile and main physiological biomarkers in pigs at slaughter. *Meat science* **141**:81-90.
- Ouali A, Herrera-Mendez CH, Coulis G, Becila S, Boudjellal A, Aubry L, Sentandreu MA. 2006. Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat science* **74**:44-58.
- Overholt MF, Arkfeld EK, Mohrhauser DA, King DA, Wheeler TL, Dilger AC, Shackelford SD, Boler DD. 2016. Comparison of variability in pork carcass composition and quality between barrows and gilts-. *Journal of animal science* **94**:4415-4426.
- Panáč O. 2015. Měření barevnosti. Fakulta chemicko-technologická, Univerzita Pardubice.
- Peeters E, Driessen B, Geers R. 2006. Influence of supplemental magnesium, tryptophan, vitamin C, vitamin E, and herbs on stress responses and pork quality. *Journal of animal science* **84**:1827-1838.

- Pereira, T L, Corassa A, Komiyama CM, Araujo CV, Kataoka A. 2015. The effect of transport density and gender on stress indicators and carcass and meat quality in pigs. Spanish journal of agricultural research **13**:1-11.
- Reig M, Aristoy MC, Toldrá F. 2013. Variability in the contents of pork meat nutrients and how it may affect food composition databases. Food chemistry **140**:478-482.
- Rosenvold K, Andersen HJ. 2003. Factors of significance for pork quality—a review. Meat science **64**:219-237.
- Salas RCD, Mingala CN. 2017. Genetic factors affecting pork quality: halothane and rendement napole genes. Animal biotechnology **28**:148-155.
- Savell JW, Mueller, SL, Baird BE. 2005. The chilling of carcasses. Meat Science **70**:449-459.
- Sellier P, & Monin G. 1994. Genetics of pig meat quality: a review. Journal of muscle foods, **5**:187-219.
- Serra X, Gil F, Pérez-Enciso M, Oliver MA, Vázquez JM, Gispert M, Noguera JL 1998. A comparison of carcass, meat quality and histochemical characteristics of Iberian (Guadyerbas line) and Landrace pigs. Livestock Production Science **56**:215-223.
- Schäfer A, Rosenvold K, Purslow PP, Andersen HJ, Henckel P. 2002. Physiological and structural events post mortem of importance for drip loss in pork. Meat science **61**:355-366.
- Scheffler TL, Scheffler JM, Kasten SC, Sosnicki AA, Gerrard DE. 2013. High glycolytic potential does not predict low ultimate pH in pork. Meat Science **95**:85-91.
- Scherper J, Scholz W. (1985): DLG- Schnittführung für die Zerlegung der Schlachtkörper von Rind, Kalb und Schwein. DLG-Verlag, Frankfurt/M.
- Sládek L. 2020. The Impact of the pH1 Value and the Length of Carcass on the Quality of Slaughtered Pigs of the Hybrid Combination (CLW × CL) × D. Acta Universitatis agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis **68**:343-349.
- Soma P, van Marle-Köster E, Frylinck L. 2014. Frequency of the malignant hyperthermia gene in the South African pig industry. South African Journal of Animal Science **44**:384-387.
- Steinhauser, L., 2000. Produkce masa. Last, Tišnov. ISBN 80-900260-7-9.
- Stupka R, Šprysl M, Matoušek V, Čítek J, Kernerová N. 2009. Tests of the pig population station tests. Methodology. Czech University of Life Sciences Prague. 15–21.
- Sun X, Young J, Liu JH, Bachmeier L, Somers RM, Chen KJ, Newman D. 2016. Prediction of pork color attributes using computer vision system. Meat science **113**:62-64.
- Sun X, Young J, Liu JH, Newman, D. 2018. Prediction of pork loin quality using online computer vision system and artificial intelligence model. Meat science **140**:72-77.
- Škrlep M, Poklukar K, Kress K, Vrecl M, Fazarinc G, Lukač NB, Weiler U, Stefanski V, Čandek-Potokar M. 2020. Effect of immunocastration and housing conditions on pig carcass and meat quality traits<sup>1</sup>. Animal Science **4**:1224-1237.

- Tomažin U, Škrlep M, Povše MP, Lukač NB, Karolyic D, Červek M, Čandek-Potokar M. 2020. The effect of salting time and sex on chemical and textural properties of dry cured ham. *Meat Science* **161**:107990.
- Van der Wal, PG, Bolink, AH, Merkus GSM. 1988. Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD pork. *Meat Science* **24**:79-84.
- Van Laack RL, Kauffman RG. 1999. Glycolytic potential of red, soft, exudative pork *longissimus muscle*. *Journal of Animal Science* **77**:2971-2973.
- Večerková H. 2001. Maso a masné výrobky. Mobil Media, Praha. ISBN 80-86593-04-5.
- Vermeulen L, Van de Perre V, Permentier L, De Bie S, Verbeke G, Geers R. 2015. Pre-slaughter handling and pork quality. *Meat Science* **100**:118-123.
- Warriss PD, Brown SN. 1993. Relationships between the subjective assessment of pork quality and objective measures of colour. *BSAP Occasional Publication* **17**:98-101.
- Warner RD 2017. The eating quality of meat—IV Water-holding capacity and juiciness. Pages 419-459 In Lawrie's Meat Science. Woodhead Publishing.



## 9 Seznam použitých zkratek a symbolů

|                  |   |   |
|------------------|---|---|
| ADP              | = | adenosindifosfát  |
| ATP              | = | adenosintrifosfát   |
| a*               | = | barevný odstín, červenost   |
| b*               | = | barevný odstín, žlutost   |
| (ČBU x ČL) x ČBU | = | (české bílé ušlechtilé <sub>materšské</sub> x česká landrace) x české bílé ušlechtilé <sub>otcovské</sub> |
| db               | = | decibel   |
| DFD              | = | dark, firm, dry – maso tmavé, tuhé, suché   |
| CHK              | = | chirurgicky kastrování kanečci  |
| IK               | = | imunokastráti   |
| JUT              | = | jatečně upravené tělo   |
| L*               | = | světlost  |
| mA               | = | miliampér   |
| MH               | = | humánní maligní hypertermie   |
| mS               | = | milisiemens   |
| MLLT             | = | <i>musculus longissimus lumborum et thoracis</i> – oblast pečeně  |
| MS               | = | <i>musculus semimembranosus</i> – oblast kýty   |
| pH <sub>45</sub> | = | pH měřené 45 min <i>post mortem</i>   |
| PFN              | = | pale, firm, non-exudative – maso bledé, tuhé, nevodnaté   |
| PSE              | = | pale, soft, exudative – maso bledé, měkké, vodnaté  |
| PSS              | = | porcine, stress syndrom – vepřový stresový syndrom  |
| RFN              | = | reddish-pink, firm, non-exudative – maso červené, tuhé, nevodnaté   |
| RN               | = | gen Rendement Napole  |
| RSE              | = | red, soft, exudative – maso červené, měkké, vodnaté   |
| RYR 1            | = | gen pro ryadinový receptor 1  |
| WHC              | = | water holding capacity – vaznost  |

## 10 Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1 Obsah minerálních látek, vitaminů ve vepřovém mase a doporučená denní dávka pro člověka (Vyhláška č. 225/2008; Kameník et al. 2014)..... | 11 |
| Tabulka 2 Přehled hodnot pH (Adzitey & Nurul 2011) .....   | 21 |
| Tabulka 3 – Přehled hodnot ztrát masové šťávy odkapem (Warriss&Brown (1993); Adzitey & Nurul (2011)) .....   | 26 |
| Tabulka 4 Přehled hodnot ztrát masové šťávy odkapem (Fischer 2007).....  | 27 |
| Tabulka 5 Složení krmných směsí .....  | 31 |
| Tabulka 6 Živinové složení krmných směsí .....   | 32 |
| Tabulka 7 Fyzikální a technologické vlastnosti masa v závislosti na genotypu.....  | 34 |
| Tabulka 8 Fyzikální a technologické vlastnosti masa v závislosti na pohlaví.....   | 35 |
| Tabulka 9 Fyzikální a technologické vlastnosti masa v závislosti na genotypu a pohlaví.....  | 37 |