

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Provozně podnikatelský obor

Katedra: veterinárních disciplín a kvality produktů

Vedoucí katedry: prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

PSE a jeho vliv na kvalitu vepřového masa do 48 hodin po porážce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Smetana, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: doc. Ing. Naděžda Kernerová, Ph.D.

Autor: Aleš Pudivít

České Budějovice, duben 2012

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zemědělská fakulta  
Akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Aleš PUDIVÍTR**  
Osobní číslo: **Z07560**  
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Provozně podnikatelský obor**  
Název tématu: **PSE a jeho vliv na kvalitu vepřového masa do 48 hodin po porážce**  
Zadávací katedra: **\*\*\*Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

**Cílem** práce je sledovat vliv stupně zasažení vepřového masa jakostní odchylkou PSE v čase od porážení do rozbourání (cca 48 hodin).

**Metodika:** Zaměřte se zejména na základní ukazatele kvality masa - pH, vodivost, barvu masa a sílu ve stříhu. Sledujte, jak jejich vzájemné vztahy v čase (od porážení kusu do rozbourání) ovlivňují kvalitu masa vzhledem k jeho možnostem použití v masné výrobě.

**Výsledky:** Tabulkové a grafické zpracování zjištěných hodnot a jejich vyhodnocení vhodnými statistickými metodami.

**Diskuse:** Porovnání dosažených výsledků se zjištěnými literárními údaji.

**Závěr:** Přehledné shrnutí nejdůležitějších výsledků a doporučení vyplývajících z řešené problematiky.

**Seznam použité literatury:** V abecedním řazení podle ČSN 01 01 97 Bibliografická citace.

**Obsah:** Uvedení stran jednotlivých kapitol práce.

Rozsah grafických prací: 10-20 stran (tabulky, grafy)  
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Cross, H. R., Overby, A. J.: Meat science, milk science and technology. Amsterdam, Elsevier Science Publisher, 1988, 458 s.  
Čepička, J. a kol.: Obecná potravinářská technologie. Praha: VŠCHT, 1995  
Pipek, P., Jirotková, D.: Hodnocení jakosti, zpracování a zbožiznalství živočišných produktů. Část III. - Hodnocení a zpracování masa, drůbeže, vajec a ryb. České Budějovice: ZF JU, 2001, 136 s.  
Steinhauser, L. et al.: Produkce masa. LAST, 2005, 464 s.  
Valchař, P.: Kvalita surovin v masné výrobě. Praha: FPBT - VŠCHT, 2003 184 s.  
Weiss, R.: Lebensmitteltechnologie. IV.vyd. Berlin, Heidelberg Springer Verlag, 1991, 432 s.


Odborné články z databází dostupných na <http://minas.jcu.cz/F?RN=183345547>

Odborné články týkající se sledované problematiky v časopisech: Perspektivy jakosti, Journal of the Science of Food and Agricultural, Journal of Agricultural and Food Chemistry, Fleischwirtschaft International, Maso a ze sborníků z odborných konferencí  
Internetové databáze: ISI Web of Knowledge (Current Contents), Agroweb

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Smetana  
\*\*\*Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů  
Konzultant diplomové práce: Ing. Naděžda Kernerová, Ph.D.  
Katedra speciální zootechniky  
Datum zadání diplomové práce: 25. března 2010  
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2012

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 25. března 2010

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 20. 4. 2012

.....  
Aleš Pudivít

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Smetanovi, Ph.D za odborné vedení při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat konzultantce diplomové práce doc. Ing. Naděždě Kernerové, Ph.D za cenné rady, své rodině za podporu při studiu a vedení nejmenovaných masokombinátů za poskytnutí prostoru pro realizaci diplomové práce.

## ABSTRAKT

Hlavním úkolem diplomové práce bylo porovnání vlivu způsobu omračování (omračování elektrickým proudem, omračování plynem CO<sub>2</sub>) prasat při porážce a sledování vlivu stupně zasažení vepřového masa jakostní odchylkou PSE v čase od porážení do rozbourání (cca 48 hodin). K posouzení PSE masa byly stanoveny základní identifikační ukazatele jako je hodnota pH<sub>1</sub>, ztráta masné šťávy odkapáním a světlost masa. Vedle těchto ukazatelů byly stanoveny i hodnoty pH<sub>24</sub> a pH<sub>48</sub>.

Výsledkem vyhodnocení výše jmenovaných ukazatelů bylo zjištění, že při omračování plynem CO<sub>2</sub> byla vyšší průměrná hodnota pH<sub>1</sub> o 0,3 stupně ( $p < 0,001$ ), hodnota pH<sub>24</sub> vyšší o 0,243 ( $p < 0,001$ ) a průměrná hodnota odkapu byla o 2,16 % nižší ( $p < 0,001$ ). U ostatních ukazatelů se rozdíl ukázal jako statisticky neprůkazný.

Výskyt jakostní odchylky inklinující k PSE (PSEi) a PSE byl u masokombinátu využívající k omračování elektrický proud, vyhodnocený na základě hodnoty pH<sub>1</sub>, vyšší o 7,843 % a 1,961 %. Na základě vyhodnocení ztráty masné šťávy odkapáním byl výskyt PSEi vyšší 23,810 % a PSE o 4,762 %. Na základě světlosti masa nebyl zjištěn žádný výskyt PSEi ani PSE.

Z vyhodnocení korelačních závislostí bylo zjištěno, že nejvíce závislé jsou na sobě hodnoty pH<sub>1</sub> a ztráta masné šťávy odkapáním ( $r = 0,586$ ;  $R^2 = 34,351$  %).

Klíčová slova: jakost; vepřové maso; PSE; pH masa; ztráta masné šťávy odkapáním; světlost masa

## **ABSTRACT**

Comparison of pig's stunning (by electricity or CO<sub>2</sub>) at slaughterhouse and monitoring the occurrence of quality variance PSE during 48 hours post mortem was main goal of this work. Basic indicators such as pH<sub>1</sub>, drip loss of water and meat colour (lightness) were determined to assess PSE. In addition to these indicators have been also evaluated values of pH<sub>24</sub> and pH<sub>48</sub>.

The result of those indicators is that during stunning by CO<sub>2</sub> gas value of pH<sub>1</sub> was higher by 0,3 degree (P < 0,001), value of pH<sub>24</sub> was higher by 0,243 (P < 0,001) and average drip loss of water was lower by 2,16 % (P < 0,001). Changes in other evaluated indicators were statistically non-significant.

Occurrence of quality variance which tends to PSE (PSEi) and PSE was evaluated at slaughterhouse which is using electricity for stunning as higher by 7,843 % at PSEi and 1,961 % at PSE based on value of pH<sub>1</sub>. As higher was evaluated also drip loss of water by 23,810 % at PSEi respectively 4,762% at PSE. Difference between occurring of PSEi and PSE based on meat colour was not observed.

The highest correlation dependence was found between pH<sub>1</sub> and drip loss of water ( $r = 0,586$ ,  $R^2 = 34,315$  %).

**Keywords:** quality; pork; PSE; pH; drip loss; meat colour

# Obsah

1. ÚVOD	10
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE	11
2.1 Charakteristika PSE	11
2.2 Postmortální biochemické procesy v mase	13
2.3 Enzymové procesy ve svalovině jatečných zvířat	14
2.4 Fáze zrání masa	16
2.4.1 <i>Prae rigor</i>	16
2.4.2 <i>Rigor mortis</i>	17
2.4.3 Zrání masa	17
2.4.4 Hluboká autolýza	18
2.5 Abnormální průběh posmrtných změn a vznik PSE masa	18
2.6 Příčiny vzniku jakostní odchylky PSE	19
2.6.1 Vliv genetického vybavení jatečných zvířat	20
2.6.2 Předporážkové vlivy	25
2.6.3 Vlivy vlastní jateční technologie	32
2.7 Použití PSE masa v masné výrobě	36
2.8 Metody identifikace jakostní odchylky PSE	37
2.8.1 Metoda stanovení možného vzniku PSE - DNA test	38
2.8.2 Metody identifikace PSE masa <i>post mortem</i>	39
3. CÍL PRÁCE	42
4. MATERIÁL A METODIKA	43



4.1 Popis experimentálního materiálu	43
4.2 Měření hodnoty pH a teploty	43
4.3 Stanovení ztráty masné šťávy odkapáním	44
4.4 Měření světlosti masa	44
4.5 Metody zpracování dat	45
5. VÝSLEDKY PRÁCE A DISKUZE	47
5.1 Hodnoty pH 45 minut po poražení	47
5.2 Teplota 45 minut po poražení	48
5.3 Hodnota pH 24 a 48 hodin po poražení	48
5.4 Světlost masa	52
5.5 Ztráta masné šťávy odkapáním	53
5.6 Tabulkové shrnutí naměřených hodnot	54
5.6 Výskyt jakostní odchylky PSE	55
5.7 Vyhodnocení závislostí ukazatelů	59
6. ZÁVĚR	64
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	66

# 1. ÚVOD

Maso patří k základní složce lidské stravy, a přestože se neustále objevují názory, že není nezbytné, většina široké vědecké veřejnosti považuje maso za složku nepostradatelnou a jedinečnou. Existuje nesčetná řada studií, které se tento fakt snaží potvrdit.

V rozvinutých zemích je spotřeba masa na velmi vysoké úrovni a konkrétně maso vepřové patří k nejvíce požívaným. Tento fakt vedl k jednostrannému šlechtění prasat na produkci masa. V dřívějších dobách bylo požadováno vysoké zastoupení protučné svaloviny vzhledem k deficitu energie v lidské výživě. V druhé polovině 20. století se začalo naproti dřívějšímu směru se šlechtěním prasat na vyšší zmasilost z důvodu zvýšeného výskytu kardiovaskulárních chorob. Byla požadována maximální zmasilost prasat a byl překročen limit 60 % podílu svaloviny na jatečně opracovaném těle.

Tento trend sice ještě stále přetrvává, ale u nejvyspělejších států byl vývoj v tomto směru pozastaven vzhledem k ekonomice výkrmu a jakosti masa, protože právě s jakostí masa začal souviset fakt, že díky přešlechtění se u jatečných prasat začaly objevovat jakostní odchylky, které snižovaly celkovou výtěžnost. Těmito jakostními odchylkami, při nichž dochází k abnormálnímu průběhu zrání, byla začátkem 90. let věnována velká pozornost, protože výskyt odchylek byl na pomyslném vrcholu. V současné době se však šlechtitelské programy snaží o eliminaci těchto jakostních odchylek díky pokroku v genetice a zpracovatelé masa přestávají věnovat jakosti masa pozornost vzhledem k vidině maximalizace produkce a konkurenceschopnosti na trhu. Ale právě konkurenceschopnost se stává paradoxně důvodem, proč nelze jakostní odchylky zcela přehlížet, protože konečný spotřebitel žádá nejen nejnižší cenu, ale i nejvyšší kvalitu.

U vepřového masa se vyskytuje jedna hlavní a nejdůležitější jakostní odchylka, právě které je věnována tato diplomová práce.

## 2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 2.1 Charakteristika PSE

PSE maso ( pale – soft – exudative, bledé – měkké – vodnaté) je jakostní odchylka zejména vepřového masa. Tato odchylka byla pozorována i u masa jiných zvířat, např. u masa krůtího, jak popisují Molette et al. (2003), nebo u masa hovězího z plemen skotu vyšlechtěných na mimořádnou masnou užitkovost (belgické modré), jak uvádí Ingr (2003). Jedná se však většinou o sporadický výskyt a nejde o PSE maso v pravém slova smyslu.

Někteří autoři (Kahánková, 1999; Pulkrábek et al., 2005; Stupka et al., 2009) neoznačují ve svých publikacích PSE maso jen jako jakostní odchylku, užívají i označení vada masa, myopatie (Kadlec et al. 2009), nebo obecněji anomálie (Čepička et al., 1995; Pipek a Jirotková, 2001). Každopádně však platí skutečnost, že jak uvádějí Pulkrábek et al. (2005), nejde o maso nemocných zvířat, ale o odchylku v průběhu zrání masa, ke které dochází teprve po poražení zvířat (*post mortem*) v důsledku biochemických změn masa.

Dle Ingra (1996) se na jednotlivých zvířatech může jakostní odchylka PSE projevovat v různých svalech a v různé intenzitě. Zasahuje však zejména cenné partie masa, jako je pečeně a kýta (Kadlec et al. 2009). Dle Matouška et al. (1997) a Steinhäusera et al. (1995) se jakostní odchylka PSE nejčastěji a nejvýrazněji projevuje u nejdelsšího zádového svalu prasat (*M.long.lumborum et thoracis*), tento fakt potvrzují i Van Oeckel a Warnants (2003) ve své studii.

Tloušťku svalových vláken PSE masa popisují Trnka a Okrouhlá (2007), kteří uvádějí, že prasata s touto jakostní odchylkou mají svalová vlákna v porovnání s normálními prasaty asi o deset procent tlustší. Zvětšování průměru svalových vláken se dává do souvislosti s výskytem vyššího podílu prasat citlivých na zátěž a stres, o čemž svědčí vysoce významné rozdíly mezi průměrem červených, intermediálních a bílých svalových vláken u strespozitivních prasat v porovnání se zdravými. Prasata citlivá na stres mají tedy svalová vlákna o větší tloušťce. Tzv. obří svalová vlákna byla nalezena právě ve svalech s vlastnostmi PSE masa. Tato vlákna

vznikají postmortálně přetrhnutím svalového vlákna v důsledku superkontrakce, a ta se právě vyskytuje častěji u strespozitivních zvířat.

PSE maso má výrazně světlejší barvu než maso normální. Kadlec et al. (2009) a Pipek (1995) tvrdí, že hlavní příčinou světlé barvy PSE mase je změněná hydratace svalových vláken. Při nižších hodnotách pH vážou svalové bílkoviny méně vody a na povrchu takového masa dochází k většímu rozptylu dopadajícího světla a maso se jeví světlejší, mluví se o otevřené struktuře. Dále, jak uvádějí Pipek a Pour (1998), má PSE maso nižší obsah myoglobinu, což se vysvětluje geneticky podmíněnou menší stabilitou myoglobinu vlivem nízkého pH a vysoké teploty. Na povrchu PSE masa dochází i ke změně barevného odstínu na šedo zelený, a to jak u syrového masa, tak i u výrobků z něj. Vodnatý a bledý povrch masa působí nevzhledně, i když v některých případech světlá barva vyvolává dojem masa z mladých kusů. Existuje také souvislost mezi tloušťkou svalových vláken a barvou vepřového masa. Jak uvádějí Trnka a Okrouhlá (2007), barva vepřového masa je z hlediska identifikace jakostních abnormalit ovlivněna propustností (transmitancí) světla svalovinou. Propustnost světla pod svalovými vlákny menšího průměru je menší než u stejně dlouhých vláken, ale o větším průměru, tedy vláken, vyskytujících se u prasat s jakostní odchylkou PSE.

Vodnatost PSE masa a nízká vaznost mají své negativní důsledky nejen ve výrobě, ale i při kulinárním zpracování, protože se z tohoto masa uvolňuje velké množství šťávy. Nízké pH a nízká vaznost znamenají však lepší příjem (difusi) soli. PSE maso má v důsledku porušení své struktury zvýšenou elektrickou vodivost a je náchylnější k rychlejší oxidaci svalových lipidů (Steinhauser et al., 1995). Pipek a Jirotková (2001) uvádějí, že snížená hodnota pH u PSE masa zvyšuje jeho údržnost i přesto, že je zde vyšší obsah volné vody. Oproti tomu Ingr (1996) tvrdí, že údržnost PSE masa je zásluhou jeho prudkého a dostatečného okyselení srovnatelná s vepřovým masem normální jakosti.

Výskytu PSE masa je věnována pozornost již řadu let. Např. již Briskey (1959) popsal abnormální průběh posmrtných změn vepřového masa vedoucí ke vzniku této jakostní odchylky. Josell et al. (2003) tvrdí, že díky úspěšné strategii v odchovech prasat a zlepšení předporážkového zacházení bylo PSE maso téměř vyhlazeno, ale

jak uvádějí Barbut et al. (2008), i přes příchod nejnovějších technologií k identifikaci, odhalování příčin vzniku a dosažení značných úspěchů v eliminaci této jakostní odchylky představuje PSE maso i v současnosti stále přetrvávající problém v produkci vepřového masa. Jakostní odchylka PSE se v zemích západní a střední Evropy vyskytuje v rozmezí 10 – 30% (Ingr, 1996).

Výskyt jakostní odchylky PSE je, jak uvádí Ingr (1996), podmíněn celou řadou faktorů, které jsou vesměs známé, ale mnohem méně jsou známy jejich vzájemné závislosti a interakce i míra jejich závažnosti. To je příčinou stavu, že dosavadní, velmi početné studie a experimentální poznatky v oboru šlechtění prasat z celého světa neumožnily dosud, pro praxi uspokojivým způsobem, vyřešit výskyt PSE masa, o úplné eliminaci tohoto problému ani nemluvě.

## **2.2 Postmortální biochemické procesy v mase**

Jak uvádí Ingr (2003), maso jatečných zvířat je složitým a dynamickým biologickým systémem, ve kterém probíhá řada postmortálních biochemických procesů. Souhrnně je označujeme jako zrání masa, při němž maso nabývá požadovaných senzorických, technologických a kulinárních vlastností. Postmortální procesy jsou zahajovány okamžikem usmrcení jatečného zvířete a zahrnují soubor dějů, kterými se svalovina poraženého zvířete transformuje v maso.

Biochemické postmortální změny jsou souborem degradačních přeměn základních složek svalových tkání, především sacharidů a bílkovin, katalyzovaných tzv. nativními enzymy. Rozkladné reakce jsou nevratné, ireverzibilní a směřují přes stále jednodušší meziprodukty ke konečným degradačním produktům. Biochemické děje, které jsou katalyzované enzymy přirozeně obsaženými ve svalových tkáních (endogenní, nativní enzymy), označujeme souhrnně jako autolýzu, tedy samovolný rozklad. K autolýze se dříve či později po poražení zvířete připojují rozkladné děje katalyzované mikrobiálními enzymy kontaminující mikroflory. Soubor reakcí katalyzovaných exogenními mikrobiálními enzymy označujeme jako proteolýzu nebo také kažení či hnití masa. Oba procesy probíhají souběžně, ale s různou intenzitou. Bezprostředně po poražení zvířete se rozvíjí autolýza, ale její intenzita se postupně snižuje úbytkem aktivity nativních enzymů. Naproti tomu se proteolýza a

její počáteční lineární průběh se změnou podmínek postupně mění na průběh geometrický až exponenciální (Steinhauser et al., 1995).

Dle Ingra (1996), jsou postmortální procesy v mase ovlivňovány četnými faktory a jsou proto velmi rozmanité z hlediska rychlosti, intenzity a výsledného projevu. Rozhodují o aktuální jakosti masa a jejich kvalifikované posouzení má zásadní význam pro správné rozhodnutí o dalším uchovávání masa nebo o jeho vhodném použití. Znalost postmortálních změn masa jatečných zvířat je proto velmi významná pro jeho spolehlivé uchování, pro časové určení optimální zralosti, pro jeho výsekový prodej a pro jeho následné kulinární uplatnění, pro tzv. výrobní jistotu při jeho zpracování na výrobky, pro jeho hygienickou jakost a v konečných důsledcích pro ekonomickou efektivnost jeho užití.

### **2.3 Enzymové procesy ve svalovině jatečných zvířat**

Okamžik usmrcení jatečného zvířete zahajuje autolytické změny ve svalovině. Postmortální změny svalové tkáně zahrnují v podstatě stejné typy reakcí, které probíhaly v živém organismu. Především se uplatňují tytéž nativní enzymy. Velmi zjednodušeně řečeno, ve svalovině živých zvířat probíhají enzymové reakce látkového a energetického metabolismu. Tyto proměny nejsou samoučelné, nýbrž jsou těsně spojeny s biologickou strukturou živých objektů a s jejich fyziologickými funkcemi. Degradními (katabolickými) pochody se získává energie pro syntetické (anabolické) pochody, jakož i pro fyziologickou práci organismu (svalová práce, pohyb, aj.). Katabolické pochody současně produkují i látky potřebné jako stavební jednotky pro výstavbu obnovu buněk, pletiv nebo tkání. Také poskytují energii pro udržování tělesné teploty. Všechny tyto pochody musí být v souladu s požadavky energetické i látkové bilance organismu (Ingr, 2003).

Steinhauser et al. (1995) uvádějí, že dynamická rovnováha fyziologických dějů v živém organismu se nazývá homeostáze. Pro aktivitu nativních enzymů to představuje stálé podmínky: aerobní prostředí, stabilní pH tělních tekutin, stabilní teplotu prostředí, aj.

Usmrcením jatečného zvířete se enzymové reakce podstatně změny vlivem nových podmínek. Přerušením krevního oběhu se ve tkáních brzy objeví nedostatek

kyslíku a charakter reakcí se mění z aerobních na anaerobní, s důsledky v energetické bilanci látkové přeměny. Teplota tkání se snižuje. Hodnoty pH prostředí se snižují následkem zvyšování koncentrace kyseliny mléčné ve svalovině jako meziprojektu rozkladu svalového glykogenu. Ukončením příjmu potravy se zastaví přísun substrátu enzymových reakcí a přerušením krevního oběhu se ve tkáních začínají hromadit metabolické produkty, např. oxid uhličitý nebo již zmíněná kyselina mléčná. To vše má za následek změnu aktivity jednotlivých nativních enzymů v odumírající svalové tkáni. Porušením biologické struktury svalové tkáně (mechanicky nebo autolytickými pochody) dochází i ke ztrátám některých enzymových aktivit, vázaných na buněčnou strukturu a tím se přeruší sled některých dalších reakcí. Za této situace se v odumírající svalové tkáni aktivity některých enzymů aktuálně relativně zvýší, zatímco aktivita jiných enzymů velmi klesá a případně až mizí. Enzymové pochody v odumírajících živočišných tkáních (ale i v rostlinných pletivech) představují komplex reakcí, které hrají důležitou roli při skladování potravinářských surovin včetně masa, při autolytických a při dalších, prakticky významných pochodech. Zrání masa jatečných zvířat je především autolýza svalových bílkovin, která navazuje na autolytickou degradaci hlavních energetických složek svalu - glykogenu a adenosintrifosfátu (ATP) (Ingr, 2003).

V živém organismu slouží svaly k přeměně energie chemických vazeb na mechanickou práci, kterou je zajišťována velká část funkcí organismu. Základní funkcí svalu je svalová kontrakce, na které se podílejí myofibrilární bílkoviny aktin a myosin. Potřebná energie pro svalovou kontrakci se získá štěpením ATP. Pro další, následnou svalovou kontrakci je třeba ATP resyntetizovat a k tomu se potřebná energie získá štěpením svalového glykogenu. Jestliže je ve svalech dostatek kyslíku, je svalový glykogen aerobně odbouráván až na oxid uhličitý a vodu v tzv. Krebsově cyklu (cyklus kyseliny citronové, trikarboxylový cyklus), přičemž se z 1 molekuly glykogenu vytvoří 39 molekul ATP a dále se uvolní i teplo pro udržení tělesné teploty. Při mimořádné fyzické zátěži organismu je spotřebováno více kyslíku než může krev do svalu dodat a v tomto případě je podíl glykogenu odbouráván anaerobně na kyselinu mléčnou. Vzniklá kyselina mléčná je odváděna do jater, kde je z větší části resyntetizována na glykogen a z menší částí oxidována na kyselinu pyrohroznovou. Glykogen v játrech se štěpí na glukózu, která se dopraví do svalů a

tam se promění na svalový glykogen. Kyselina pyrohroznová se dále oxiduje v Krebsově cyklu a slouží k získání energie (Steinhauser et al., 1995).

ATP je ve svalu jen ve velmi nízké koncentraci. Nadbytečné množství ATP se váže na kreatin za vzniku kreatinfosfátu a ADP (adenosindifosfát). Tato reakce je vratná a kreatinfosfát je pohotovou rezervou pro vyrovnávání potřebné hladiny ATP při svalové práci. Anaerobní glykogenolýza nastává v plném rozsahu po usmrcení jatečného zvířete. Aktivují se enzymy katalyzující glykogenolýzu. Vlastním aktivátorem je cyklický adenosintrifosfát (cATP). V anaerobním prostředí se glykogen přeměňuje přes řadu meziproductů až na kyselinu mléčnou. ATP se rozkládá až na kyselinu fosforečnou. Vznik a hromadění obou kyselin inhibuje enzymový průběh glykogenolýzy a snižuje pH. Vznik a hromadění obou kyselin má za následek změny v konformaci bílkovin, které jsou základem změn užitných vlastností masa (Ingr, 1996).

## **2.4 Fáze zrání masa**

Dle Kadlece et al. (2009), Pipka a Jirotkové (2001) a Steinhausera et al. (1995) probíhají postmortální procesy ve čtyřech stádiích. První stádium je období před *rigorem (prae rigor)*, tzv. teplé maso. Dále následuje *rigor mortis* (posmrtná ztuhlost) a následně zrání masa. Posledním stádiem je nežádoucí, konečná, hluboká autolýza.

### **2.4.1 *Prae rigor***

Počátek této fáze se odvíjí od přerušení krevního oběhu, a tím od zastavení přívodu kyslíku do tkání, od změny aerobních procesů v anaerobní. Při anaerobní glykogenolýze vzniká kyselina mléčná, která zůstává ve svalové tkáni a způsobuje její okyselení (Ingr, 1996).

Toto stádium je charakterizováno přítomností dostatečného množství ATP. Obsah ATP se po smrti zvířete udržuje zpočátku na stejné úrovni, po určitém čase začne klesat. V tomto období má maso vysokou vaznost, neuvolňuje vodu, je velmi vhodné pro zpracování na mělněné masné výrobky. Označuje se jako maso „teplé“,



tento pojem původně vznikl ze skutečnosti, že maso mívá v této fázi ještě vysokou teplotu (35 – 40 °C). Teplota zde však není rozhodující, podstatné je, že ještě nenastal *rigor mortis*. Toto maso lze dokonce zmrazit a uchovat u něj vlastnosti teplého masa. Ztuhnutím, vytvořením příčných vazeb mezi aktinem a myozinem, přechází maso do druhé fáze posmrtných změn (Pipek a Jirotková, 2001).

### **2.4.2 Rigor mortis**

Poklesne-li koncentrace ATP pod určitou hladinu (na 20 % původní koncentrace), nastává *rigor mortis* (Kadlec et al. 2002). Rozhodující je koncentrace ATP a nikoliv pH. Hodnota pH v tomto okamžiku závisí na řadě dalších faktorů a může dosahovat značně rozdílných hodnot. Při poklesu koncentrace ATP na zmíněnou úroveň se vytváří tzv. aktinomyozinový komplex. Svalovina ztrácí svoji průtažnost, stává se postupně pevnější. V důsledku spojení aktinu a myozinu se svalová vlákna smrští v příčném směru. Hodnota pH klesá od počátku posmrtných změn až do úplného *rigoru mortis*. Příčinou je zejména vytvoření kyseliny mléčné z glykogenu. Pokles hodnoty pH závisí na řadě faktorů jako je teplota, zásoba glykogenu v okamžiku porážky, aj. (Pipek a Jirotková, 2001).

Dle Ingra (1996) může rychlé dosažení nízkých teplot před nástupem *rigoru mortis* vyvolat zkrácení svalových vláken chladem (cold shortening). Za normálních podmínek tuhnou nejdříve svaly na hlavě a tuhnutí se šíří po celém těle. Zpravidla za 20 hodin se dosáhne úplného *rigoru mortis*, který trvá 24 až 48 hodin. Nástup *rigoru mortis* je určován rychlostí spotřeby ATP ve svalovině a rychlostí poklesu pH. Maso ve stadiu *rigoru mortis* má velmi nevýhodné sensorické, technologické a kulinární vlastnosti a není v této fázi vhodné k využití. Je velmi tuhé a velmi špatně váže vodu. Při tepelném zpracování se uvolňuje velké množství masné šťávy a s ní mnoho cenných nutričních látek. Zbylé maso ztrácí křehkost a šťavnatost.

### **2.4.3 Zrání masa**

Třetí fází posmrtných změn je zrání masa, kdy se postupně uvolňuje ztuhlost svalu, zlepšuje se vaznost, mírně roste pH a výrazně se zlepšují organoleptické vlastnosti. Hodnota pH se zvyšuje jednak v důsledku vytěkání oxidu uhličitého

(aerobní glykolýza), odbouráním kyseliny mléčné a někdy i zvyšující se koncentrací amoniaku. Hodnota pH však již nedosahuje původní hodnoty (pokud nedojde k hnilobě). Vaznost se zvyšuje v souvislosti se zvyšováním pH a s uvolňováním *rigoru mortis*. Rovněž vaznost již nedosahuje v průběhu zrání své původní vysoké hodnoty. Odbouráváním bílkovin, nukleotidů a jejich další přeměnou dochází k tvorbě extraktivních látek, které zásadně ovlivňují chutnost, tj. chuť a aroma masných výrobků (Pipek a Jirotková, 2001).

Doba zrání masa závisí na teplotě jeho uchovávání. Při běžném chladírenském skladování vepřové maso v půlkách optimálně vyzraje za 5 až 7 dní. Je třeba počítat s tím, že proces zrání masa probíhá neustále při všech manipulacích s ním a že s rostoucí teplotou se zrání masa urychluje (Ingr, 2003).

#### **2.4.4 Hluboká autolýza**

Zrání masa přechází při delším skladování v hlubokou autolýzu, což je děj nežádoucí. Dochází ke štěpení peptidů na oligopeptidy a aminokyseliny, rozkládají se tuky, je možné i mikrobiální napadení. Chuť i konzistence masa se stávají nepřijatelnými (Pipek a Jirotková, 2001).

Maso se zřetelně kazí a jako potravina je nepřijatelné. Skutečný počátek a průběh kažení masa je velmi variabilní. V zásadě je dán aktuální mírou mikrobiální kontaminace masa a podmínkami uchovávání masa. Mezi účinné bariéry kažení masa patří hodnoty pH, hodnoty aktivity vody, hodnoty redox potenciálu a další. Na účinku snížení pH v mase jsou založeny preparáty ke zvýšení údržnosti masa, nejčastěji na bázi kyseliny mléčné (Ingr, 2003).

#### **2.5 Abnormální průběh posmrtných změn a vznik PSE masa**

Právě popsaný průběh autolýzy a proteolýzy svaloviny či masa jatečných zvířat se považuje za normální. Počítá se s ním při získávání, ošetření, skladování a zpracování masa. Dobrou znalostí a řízením postmortálních změn masa lze dosáhnout výrobní jistoty, a tím požadované ekonomiky a kvality výroby. Někdy se však průběh postmortálních procesů odchýlí od dosud popsaného normálu, a to z

různých příčin v různém rozsahu a v rozličné intenzitě. Výsledkem abnormálního průběhu postmortálních změn ve svalovině poražených zvířat jsou odchylky v jakosti masa, kdy u prasat je tou nejčastější odchylkou právě PSE maso (Ingr, 2003; Steinhauser et al., 1995).

Maso PSE se vyznačuje tím, že u něho došlo k prudkému poklesu pH (směrem k izoelektrickému bodu) a tento pokles je velice výrazný (Frisbya, 2005). Kriteřiem pro PSE vepřové maso jsou hodnoty pH<sub>45</sub> (45 minut po porážce, označované též pH<sub>1</sub>) 5,80 a nižší. Důležité je, že pokles pH nastává v době, kdy je v mase ještě vysoká teplota, z čehož vyplývá, že dochází k částečné denaturaci bílkovin (Čepička et al., 1995; Petr a Louda, 1998; Pipek, 1995). Rychlý průběh glykogenolýzy znamená uvolnění velkého množství tepelné energie vzniklé z energie chemické makroergických vazeb glykogenu a ATP. I přes odvádění tepla z těla poraženého zvířete do okolního prostředí se zvýší teplota svaloviny PSE prasat v prvních desítkách minut po porážení v důsledku velmi intenzivních metabolických dějů (glykolýza) i chybějícího krevního oběhu až k 43 °C (Ingr, 1993; Steinhauser et al., 1995). Dle Kadlece et al. (2009) při teplotách pod 30 °C ke vzniku PSE nedochází, naopak nad 39 °C bývá výskyt PSE masa výrazný. Částečná denaturace bílkovin způsobená nízkou hodnotou pH spolu se zvýšenou teplotou má za následek zhoršení vaznosti masa. Tkáň je měkká, uvolňuje velké množství vody, což je nežádoucí z technologického i ekonomického hlediska (Stupka et al., 2009).

## **2.6 Příčiny vzniku jakostní odchylky PSE**

Jak tvrdí většina autorů, PSE maso je průvodním jevem intenzivního šlechtění prasat na jejich vysokou zmasilost (Ingr, 1993a; Pipek, 1995; Pulkrábek et al., 2005). Matoušek et al. (1997) a Steinhauser et al. (1995) uvádějí, že vlivem tohoto šlechtění došlo k výrazným biologickým změnám v organismu prasat (velká změna v poměru svalové a tukové tkáně; změny v poměru srdce a dalších vnitřních orgánů k celému tělu a míry jejich fyziologického zatížení; výrazná změna v zastoupení bílých a červených svalových vláken ve prospěch bílých, které mají větší tloušťku a vyznačují se větší biochemickou aktivitou v reakcích glykogenolýzy). Tyto změny biologických poměrů v organismu prasat (lze je označit jako primární příčinu vzniku

jakostní odchylky PSE) vedou ke zvýšené citlivosti vysoce zmasilých zvířat ke stresu, který je hlavní, byť až sekundární, příčinou vzniku PSE.

Vznik PSE je tedy ovlivněn genetickým vybavením jatečných prasat neboli genetickými predispozicemi ke stresovosti, zacházením s prasaty před porážkou, kdy nevhodné zacházení před porážkou způsobuje stres, ale i způsobem porážení prasat a jatečního opracování, kdy lze vhodnými postupy eliminovat nebo alespoň částečně zmírnit intenzitu jakostní odchylky PSE. Svou úlohu hraje i způsob odchovu a další předporážkové faktory, blíže popsáné v následujících kapitolách.

### **2.6.1 Vliv genetického vybavení jatečných zvířat**

V oblasti genetiky a šlechtění prasat došlo ke značnému pokroku a byly zjištěny některé klíčové souvislosti mezi genetickými predispozicemi ke vzniku syndromu maligní hypertermie (MHS) *prae motrem* (před porážkou zvířete), potažmo PSE jakostní odchylky *post motrem* (po porážení zvířete). Tyto souvislosti odhalily působení jistých genetických mutací na výslednou kvalitu produkovaného vepřového masa.

Dle Novákové et al. (1999) rozeznáváme dva syndromy spojené se stresem, a to již zmíněný syndrom maligní hypertermie (MHS), vznikající působením anestetika halotanu a projevující se zvýšením teploty, a stresový syndrom prasat (PSS), který vzniká v důsledku svalové a psychické námahy. Tvrdoň (2004) však zastává názor, že MHS a PSS je totéž, jen bylo označení syndrom maligní hypertermie (MHS) později nahrazeno zkratkou PSS (porcine stress syndrome). Prasečí stresový syndrom (PSS) je tedy označením pro celou škálu příznaků, reakcí a následků vlivem stresových faktorů na zvířata, je způsoben bodovou mutací na 6. chromozomu a jakostní odchylka PSE se objevuje jako postmortální důsledek tohoto stresového syndromu (Barbut et al., 2008; Tvrdoň, 2004). Dá se také říci, že PSS zahrnuje globálnější a ucelenější pohled na působení stresu u jatečných zvířat, protože se nejprve studie zabývaly vlivem genů pouze na stresovost prasat, ale s přibývajícím informacemi se začaly provádět výzkumy směrem ke kvalitě masa a byla více věnována pozornost souvislostem mezi stresem a vznikem jakostních odchylek.

Vlivem domestikace, a s tím spojené selekce na produkční znaky, se změnilo zastoupení alel jednotlivých genů zodpovědných za určitou užitekčnost. Cílem dnes využívaných metod molekulární genetiky je využití rychlého genetického pokroku k získání vysokoprodukčních jedinců za krátkou dobu. Jedná se o metody, které dokážou odhalit alelu zodpovědnou za vyšší produkci u sledovaného znaku. Jedinec s touto „pozitivní“ alelou (zodpovědnou např. za vyšší denní přírůstek, vyšší zmasilost) ve svém genomu je pak přednostně zařazován do plemenářských programů, což vede k efektivnější práci šlechtitelů. Principem těchto metod je zjišťování QTL (Quantitative Trait Loci) a mutací u kandidátních genů na bázi selekce, ve vztahu ke sledovaným produkčním znakům bez zhoršení kvality masa (Dvořáková a Kratochvílová, 2009).

#### **2.6.1.1 Polymorfní genetické markery**

Základní pomůckou ke studiu genetické variability mezi populacemi jsou genetické markery, pomocí kterých je možné určovat, které alely (dle Steinhausera et al. (2000) je gen určitý úsek molekuly DNA, obsahující genetickou informaci pro syntézu určitého proteinu. V průběhu vývoje druhu dochází v genetické informaci k menším nebo větším změnám - mutacím. Vznikají tak různé varianty jednoho genu, a ty se nazývají alely. Každé zvíře má dva homologní chromozomy, tzn. dvě molekuly DNA, a proto i dvě alely jednoho genu) a v jaké frekvenci, resp. četnosti, jsou přítomné v populaci. Tyto informace se využívají k tvorbě genetických map a k hledání genů determinujících produkční vlastnosti. Markerů je mnoho druhů, přičemž nejmodernějším typem jsou molekulární markery, které jsou založeny na detekci polymorfismu, tedy mutace v určité sekvenci DNA, a hledání asociací u ekonomicky podstatných znaků (ETL). Genetický marker je vysoce polymorfní znak, který vykazuje mendelistickou kodominantní dědičnost (schopnost rozlišit jedince homozygotního od heterozygotního) a je snadno a jednoznačně detekovatelný (Dvořáková a Kratochvílová, 2009).

Polymorfní genetické markery jsou tedy měřitelné znaky, které mohou u jednotlivých zvířat nabývat různé formy. Molekulárně-genetické markery mají některé významné výhody. K těmto výhodám patří početnost a relativně snadná identifikovatelnost těchto markerů. K dalším výhodám patří skutečnost, že tyto

markery mohou být identifikovány z kterékoli tkáně odebrané jedincům v libovolném věku a DNA může být dlouhodobě skladována a testace provedeny podle potřeby i po smrti jedince. Molekulárně genetické markery lze rozdělit z hlediska jejich charakteristických znaků do tří základních skupin. I. typ tvoří kódující exprimované geny, které mohou být kandidátními geny pro lokusy kvantitativních znaků (QTL). Mají nízkou hladinu polymorfizmu, a proto jsou málo použitelné pro studie diverzity rodin a populací. Využívají se ale významně v asociačních analýzách. Do skupiny markerů I. typu u prasat patří gen RYR1 asociovaný se stresovým syndromem prasat (PSS, MHS) a sensitivitou na halotan, který je zároveň genem velkého účinku pro zvýšení podílu maso/tuk na jatečné půlce. II. typ zahrnuje vysoce variabilní sekvence DNA. Zde se využívají především mikro a minisatelity. Vlivem vysokého stupně polymorfizmu (velký počet alel) jsou mikrosatelity vysoce informativní v populačních studiích, při určování rodičovství a jsou základem pro vazbové mapování genů. Tyto markery nemají přímo vliv na variabilitu znaku, ale mohou být ve vazbě s QTL. III. typ zahrnuje jednonukleotidové polymorfizmy (single nucleotide polymorphism - SNP), které mohou ležet uvnitř kódujících genů, ale častěji v nekódujících intronech nebo intergenových oblastech. Jsou využitelné pro populační a rodinné studie a genomickou selekci. Vyskytují se v genomu s vysokou hustotou a v současnosti nabývají na významu díky rozvoji automatických metod screeningu (Knoll, 2008).

#### **2.6.1.2 Gen pro ryanodinový receptor (RYR1)**

Prvním významným (pro vznik PSE masa nejdůležitějším) genovým markerem detekovaným u prasat byl již zmiňovaný gen pro ryanodinový receptor (RYR1, HAL, CRC1), známý též jako halotanový gen (náchyllost prasat na stres se nejprve zjišťovala halotanovým plynem, později se začalo využívat metod molekulární genetiky, tzv. DNA testy, a to konkrétně PCR-polymerázová řetězová reakce a RFLP-polymorfismus restričních fragmentů). V tomto genu byla identifikována příčinná mutace již v roce 1991 (Knoll, 2008; Lahučský, 1999).

RYR1 (HAL) – ryanodine receptor 1 (skeletal muscle) je učebnicovým příkladem ukazujícím hranice genetiky kvantitativních znaků a možnosti molekulární genetiky. Pomocí klasických nástrojů založených na principech kvantitativní

genetiky byl v chovatelsky vyspělých zemích vyvíjen selekční tlak na zvýšení podílu masitých částí a snížení výskytu hřbetního tuku. Současně s úspěchy ve výše uvedeném směru docházelo k výraznému zhoršování jakosti masa (výskyt PSE) a ke zvyšování úhynu v důsledku syndromu maligní hypertermie (MHS). V roce 1974 se zjistilo, že MHS je možno vyvolat expozicí k halotanu. Tato skutečnost byla základem halotanového testu. Frekvence citlivosti k halotanu se u jednotlivých plemen lišila a u evropských plemen přibližně korelovala s podílem masitých částí (Čepica, 2007).

Bylo zjištěno, jak uvádějí Bečková (1999), Kahánková (1999), Oliver et al. (1993), Offenbartl (2002) nebo Shen et al. (2007), že mají prasata s genotypem RYR N/N obecně oproti genotypu n/n větší odolnost proti působení stresových vlivů, lepší ukazatele plodnosti, vyšší obsah intramuskulárního tuku, menší procento úhynů, menší podíl libového masa a hlavně malý výskyt jakostní odchylky PSE. U prasat s heterozygotním genotypem N/n jsou uvedené vlastnosti uprostřed, ale vyznačují se značnou variabilitou.

Selekce na vyšší podíl masitých částí nechtěně zvyšovala frekvenci alely HAL-n s nežádoucími důsledky. Citlivost k halotanu je recesivní a halotanovým testem nebylo možno odhalit přenašeče, tj. heterozygotní jedince. Teprve zjištění halotanové vazbové skupiny S(A-0)-HAL-GPI-H-A1BG-PGD zahrnující lokusy krevních skupin a polymorfních bílkovin a její využití prostřednictvím haplotypování umožnilo s určitou přesností (v závislosti na procentu rekombinací mezi HAL-n markery) u určitého podílu zvířat (v závislosti na četnosti alel zejména v lokusu HAL) genotyp v lokusu HAL a tím i selekci (Čepica, 2007; Dvořáková a Kratochvílová, 2009).

MHS byl zjištěn také u lidí a projevoval se náhlým úmrtím zejména mladých lidí v halotanové narkóze. Lidští genetické z torontské univerzity využili genetických znalostí získaných u prasat, zejména pak vazby s geny halotanové vazbové skupiny a zjistili, že příčinný gen je ryadinový receptor (RYR1), který je součástí kanálu uvolňujícího vápník v kosterních svalech. Příčinným nukleotidem je nukleotid v pozici 1843. Alela 1843C, která kóduje v pozici 614 aminokyselinu arginin, odpovídá normální alele HAL-N. Zatímco alela 1843T, kódující v pozici 614

aminokyselinu cystein, odpovídá alele HAL-n. Tento test umožňuje manipulaci s četností alel v RYR1 (HAL) lokusu nezávisle na selekčním tlaku na podíl masitých částí a výšku hřbetního tuku (Čepica, 2007).

Autozomálně recesivní gen (n), který je spojen s citlivostí prasat na stres a vznikem jakostní odchylky PSE, se vyskytuje u řady plemen i linií prasat. Metodami analýzy DNA bylo zjištěno, že nositeli tohoto genu je např. v Itálii 98% prasat plemene Pietrain (P), 10% prasat plemene Landrase (L), 7% plemene Duroc (D) a 3% prasat plemene Bílé ušlechtilé (BU) (Kahánková, 1999). Bečková (1999) ve své studii sleduje výskyt alel a vznik PSE u českých prasat, konkrétně mateřských plemen – L; BU (plemena používaná v hybridizačním programu pro svou vynikající reprodukci - velký počet setat, mléčnost, mateřské vlastnosti; výbornou růstovou schopnost; odolnost na stres) a otcovských plemen – České výrazně masné (ČVM); D; Hampshire (H); Bílé ušlechtilé otcovské (BUo) (plemena vyznačující se svou horší plodností, výbornou jatečnou hodnotou, velmi dobrou růstovou schopností, vysokým podílem libové svaloviny a citlivostí ke stresu) a uvádí, že u plemene BU byla zjištěna frekvence genotypů N/N a N/n ve výši 76,47% a 23,53%. U plemene L byl výskyt genotypu N/N oproti BU poněkud nižší, a to 71,43%, genotyp N/n se naopak vyskytoval častěji – 28,57%. Genotyp n/n nebyl zjištěn ani u jednoho u jednoho z těchto plemen. U otcovských plemen byly zjištěny všechny tři genotypy (N/N – 30,23%, N/n – 48,84%, n/n – 20,93%) pouze u plemene ČVM. Frekvence genotypů odpovídá i výskyt PSE ve výši 39,53% (N/N – 0%, N/n – 47,62%, n/n – 77,7%). U prasat plemene D byl zjištěn pouze genotyp N/N, čemuž odpovídá i výskyt PSE ve výši 5,26%. Prasata plemene H a BUo vykazovala opět pouze genotypy N/N a N/n. Největší výskyt PSE byl tedy u sledovaných plemen zjištěn u plemene ČVM. Z uvedených skutečností vyplývá, že z plemen prasat mají nejvyšší výskyt genotypu n/n, a tím pádem i výskyt PSE masa, u plemene Pietrain.

Z genetického hlediska je tedy stres založen jednoduše geneticky, tzn. možnost zjišťování DNA testem, zatímco jakostní odchylky patří do oblasti kvantitativní genetiky (podílí se na nich velký počet genů). Z toho vyplývá, že prasata vnímavá ke stresu nemusí nutně vykazovat vady masa, přesto ale v praxi existuje vysoká míra závislosti. U genotypů N/N je výskyt jakostní odchylky PSE cca 10 %, u genotypu



N/n cca 30 % a u genotypu n/n cca 90 % výskytů vady masa PSE (Steinhauser et al., 1995; Tvrdoň, 2004).

## **2.6.2 Předporážkové vlivy**

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že existují prasata více vnímavá ke stresu. Jedná se však pouze o predispozice ke vzniku stresu a následně PSE masa. Tvrdoň (2004) uvádí, že vliv HAL genotypu na kvalitu masa je podle některých autorů 40 %. Jsou-li eliminovány veškeré faktory ke vzniku stresu, k projevu jakostní odchylky nemusí vůbec dojít. Naopak prasata, která tyto predispozice nemají, ale došlo u nich k překročení únosné míry stresu, můžou po porážení vykazovat známky PSE masa. V praxi je však téměř nemožné zcela odstranit veškeré stresory související s porážkou, značnou roli zde hraje i ekonomika, kdy na jatkách nejsou některé vhodnější postupy zaváděny pro svou finanční náročnost (Pipek, 1995).

K předporážkovým vlivům však nepatří pouze faktory způsobující stres, které působí přímo, existují i ostatní intravitální vlivy (za života zvířete), které působí nepřímo, tedy ovlivňují zvíře jistým způsobem, a to tak, že ho oslabují vůči vlivům stresorů (Kadlec et al., 2009; Steinhauser et al., 2000). K těmto faktorům patří způsob odchovu nebo např. kvalita výživy, kdy zvířata špatně krmená jeví větší náchylnost jak k nemocem, tak i ke stresu svou slabou konstitucí. Velice významný se ukázal i vliv stáří porážených zvířat.

### **2.6.2.1 Vliv způsobu odchovu**

Moderní způsoby chovu jsou považovány za příčinu rostoucího počtu jedinců s odchylkami v jakosti masa. Jde zejména o omezení životního prostoru (chybí pohyb a klidné prostředí), které omezuje přizpůsobivost zvířat k rušivým vlivům okolí; vyžaduje se pouze maximální využití krmiv a maximální hmotnostní přírůstky. Zvířata se pak obtížně vyrovnávají s působením stresových faktorů při přepravě a na jatkách. Přesto však někteří autoři nenalezli významné rozdíly mezi zvířaty ustájenými a zvířaty s dostatkem pohybu (Pipek, 1995).

V období předvýkrmu a výkrmu ovlivňuje kvalitu masa, potažmo vznik jakostních odchylek, velikost skupin, ve kterých jsou zvířata ustájena. V 80. letech minulého století byly zveřejněny výsledky různých pokusů, ve kterých byl sledován vliv velikosti skupin na parametry užitkovosti prasat a na kvalitu vepřového masa. Velké skupiny zvířat byly vytvářeny z hlavního důvodu - za účelem redukce nákladu na ustájení. Ve velkých skupinách však docházelo ke snížení užitkovosti prasat, intenzivnějšímu projevu různých zlovyků (například k okusování ocásků) a k vyšší variabilitě růstu. Nedávné studie se snažily tato tři tvrzení vyvrátit. V nových sledováních bylo zjištěno, že agresivita zvířat ve velkých skupinách se nejvíce projevuje při prvním smíchání zvířat a po dvou hodinách od vytvoření skupiny klesá. Mnohem vyšší význam, než samotná velikost skupiny, má předchozí zkušenost zvířat. Prasata, která byla dříve ustájena ve velkých skupinách, byla ke zvířatům v nové skupině mnohem tolerantnější. Tento jev se projevil i v nových skupinách vzniklých smícháním zvířat pocházejících z předchozích velkých a malých skupin. Lze tedy předpokládat, že prasata si utváří sociální toleranci k velkým skupinám a využívají prostor kotce zcela odlišně od skupin malých. Prasata ve velkých skupinách neprojevují striktně své teritoriální chování ohledně prostoru pro příjem potravy, spaní a vyměšování. Tyto zkušenosti jsou významné pro předporážkové manipulace s prasaty, konkrétně tedy pro vznik stresu při přemísťování, nakládce apod. Prasata z velkých skupin jsou tedy tolerantnější k ostatním prasatům ve skupině a při přepravě na jatka se ve velkých skupinách vyskytuje méně projevů agresivnějšího chování. Tato prasata jsou také lépe ovladatelná. V důsledku menšího výskytu stresových situací by proto mělo maso prasat z větších skupin vykazovat příznivější ukazatele kvality. Farmáři, kteří využívají ustájení vykrmovaných prasat ve velkých skupinách, zaznamenávají nižší úhyn zvířat během přepravy (Václavková a Lustyková, 2010).

#### **2.6.2.2 Vliv porážecí hmotnosti**

Intenzifikace produkce jatečných prasat a zvyšující se poptávka po libovém masu s sebou přinesly řadu změn do nákupu na jatkách. Jednou z nich je trend snižování hmotnosti porážených zvířat (hmotnost jatečně opracovaných těl - JUT), která se nyní pohybuje v České republice mezi 60 až 120 kg, v Německu a Dánsku

mezi 50 až 120 kg a v Rakousku 70 až 130 kg (Pulkrábek et al., 2001). Okrajové hmotnosti či přesahující anebo nedosahující uvedeného rozmezí jsou finančně znevýhodňovány. Tento trend s sebou nese i problém výskytu PSE. Jandásek et al. (2008) sledovali výskyt jakostních odchylek v závislosti na porážené hmotnosti, potažmo stáří, a zjistili, že jakostní odchylka PSE se nejvíce vyskytuje u prasat o hmotnosti do 70 kg a nejmenší výskyt u prasat o příjímání hmotnosti 120,1 až 130 kg. Z toho lze vyvodit závěr, že mladí jedinci jsou více vnímaví ke stresu, a tudíž i ke vzniku masa PSE.

### **2.6.2.3 Vlivy působení stresorů**

U zvířat vnímavých ke stresu působí vlivy prostředí (stresory) psychickou nebo fyzickou zátěž organismu (Kadlec et al. 2009), zvířata reagují na stres zrychleným dýcháním, zvýšením teploty a tepu, červenými skvrnami na těle nebo ztuhnutím končetin. Steinhauser et al. (2000) tvrdí, že všechny vnější vlivy, které způsobují, že se organismus ocitá v prostředí nenormálních fyziologických podmínek, můžeme považovat za stresory. Největší vliv mají náhlé změny a neočekávané extrémní situace. Dle Steinhausera (1995) existuje celá řada předporážkových stresorů. Na prasata vykrmovaná v bezokenních stájích působí silně stresově již jejich první setkání s denním světlem při vyskladňování a nakládce, především za slunečného letního dne v poledních hodinách. Dále hluk a fyzické násilí při nakládce a vykládce. Promíchání zvířat dosud vzájemně neznámých. Námaha při přepravě následkem nutnosti udržování tělesné stability při nešetrné jízdě. Nešetrné zacházení se zvířaty v předporážkovém ustájení a při jejich příhonu k porážení. Působení stresorů v předporážkovém období může vést k různě výrazným projevům PSE vepřového masa po porážce, nebo k maligní hypertermii ještě před porážkou, případně i s fatálním koncem, např. rychlý úhyn na vozidle hned po nakládce nebo během transportu.

Jakmile je překročena únosná míra stresu, dochází k řadě hormonálně řízených reakcí. Jsou uvolňovány kortikoidní hormony, adrenalin a noradrenalin, ve štítné žláze pak thyroxin. Urychluje se glykolýza, glykogen se odbourává na kyselinu mléčnou. Záleží na tom, v kterém okamžiku tato tvorba nastane. Nastane-li až po

vykrvení, dojde k tomu, že kyselina mléčná zůstává ve svalu a dochází ke vzniku PSE masa (Kadlec et al., 2009).

#### **2.6.2.4 Vliv přepravy**

Při přepravě jsou zvířata vystavena silnému psychickému zatížení, které začíná vyjmutím z jejich dosavadního prostředí, pokračuje příhonem k autu, nakládáním, rušivými vlivy při jízdě a končí (často nešetrným) vykládáním pro předporážkové ustájení. Při nakládce zvířat prochází zvířata velkou psychickou zátěží, protože se dostávají do zcela nové situace. Zásadou je, že vyhánění zvířat ze stájí až k nakládací rampě musí být svěřeno pracovníkům, kteří zvířata ošetřují, jsou se zvířaty v každodenním kontaktu, zvířata je znají a jsou na ně zvyklá (Pipek a Jirotková, 2001). Přemísťování zvířat ze stájí nebo boxů do neznámého prostředí by se mělo dít klidně, beze spěchu a zbytečného hluku a bez násilí. Vzdálenosti mezi výkrmovým místem a nakládací rampou by měly být co nejkratší, chodby by měly být rovné, bez zákrutů a koutů a dostatečně široké. To vše má zabránit hromadění zvířat. Zvířata nerada mění rychlost pohybu, a proto je třeba zachovávat přiměřenou rychlost a plynulost jejich přehánění. Bití zvířat holí a podobnými prostředky je zakázáno, použití elektrických poháněčů se připouští jen na nezbytně nutnou míru. Dotek nesmí trvat déle než dvě sekundy a lze jej uplatnit jen na zadní partii těla, na kýtu, aby byl iniciován pohyb dopředu nikoli naopak. Negativně se přitom projevuje i světlo, fyzická zátěž, teplota, setkání s cizími jedinci a hluk (Steinhauser et al., 2000).

Vliv má i délka přepravy, tj. doba působení těchto rušivých faktorů. Přeprava se však neprojevuje jednoznačně negativně – závisí na množství energie (v podobě glykogenu), který je v okamžiku porážky. Je-li dostatečná zásoba energie, mívá posmrtná glykolýza obvyklý průběh a jakost masa je normální. Pokud jsou však zásoby energie vyčerpány, objevuje se DFD maso (dark, firm, dry – tmavé, tuhé a suché maso; jakostní odchylka, která je z pohledu glykolýzy opakem PSE masa a vyskytuje se především u masa hovězího, nicméně bylo pozorováno i u masa vepřového). Naopak u jedinců s geneticky podmíněnou citlivostí k zatížení se při dostatku energie v okamžiku porážky rozvíjí PSE maso, při značně spotřebovaných

zásobách energie se i zde tvoří maso DFD. Výskyt PSE masa však byl zjištěn i u domácích porážek, kde nelze o vlivu přepravy uvažovat (Pipek, 1995).

Prasata mají omezenou schopnost tělesné termoregulace, což je dáno relativně silnou vrstvou podkožního tuku po celém těle, která omezuje pocení. Především pro přepravu jatečných prasat platí teplotní limit 23°C. Nejvhodnější teplotní pásmo pro přepravu jatečných zvířat je 5 až 18°C, při teplotě nad 23°C se nedoporučuje zvířata přepravovat. Z toho vyplývá i vliv ročního období. Dle většiny autorů se výskyt PSE masa dá díky vyšším teplotám předpokládat v létě, což dokazuje i Gispert et al. (2000) ve své studii, nicméně Van de Perre et al. (2010) uvádí, že jím testované skupiny prasat vykazovaly právě v létě nižší detekci PSE masa. Dále zvýšená relativní vlhkost vzduchu je pro přepravu zvířat nepříznivá. Omezuje výpar vody kůží organismu a zhoršuje tak regulaci tělesné teploty zvířete. Relativní vlhkost vzduchu se zvyšuje s jeho teplotou, proto teplé parné letní dny (s vysokou relativní vlhkostí vzduchu, nad 85 a hlavně nad 90 %) jsou nejméně vhodné pro přepravu zvířat. Nejméně odolná jsou prasata, u nichž dochází i vlivem vysoké relativní vlhkosti vzduchu k přehřátí. Pro zvířata je optimální relativní vlhkost vzduchu v mezích 55 až 75 %. Při transportu zvířat se relativní vlhkost vzduchu na přepravním prostředku ještě zvyšuje výparem z moči na podlaze, výparem z kůže a dechem. Přepravní prostředky musí být proto vybaveny možností větrání, ovšem tak, aby zvířata nebyla vystavena průvanu (Steinhauser et al., 2000).

#### **2.6.2.5 Vliv vylačnění před porážkou**

Hladovění, resp. vylačnění, je významné pro jateční opracování, ovlivňuje však i výskyt svalových odchylek. Přílišné hladovění vede samozřejmě k vyčerpání zásob glykogenu, a tudíž k DFD masu. Lze tomu zabránit tím, že se vyčerpaným zvířatům podá krátce před porážkou cukr, resp. cukerný roztok. Vliv hladovění by se však neměl přeceňovat, i po hodinovém hladovění stačí zásoby energie k posmrtnému poklesu pH odpovídajícímu normálnímu masu (v ojedinělých případech dokonce i PSE masu). Dvanáctihodinové vylačnění zvířat, které se doporučuje pro zjednodušení nákupu jatečných zvířat a pro snazší vykolení a zpracování střev, má pozitivní význam i z hlediska vzniku jakostních odchylek. Vyprázdnění žaludku totiž

snižuje zatížení krevního oběhu a současně znamená vyrovnaní úrovně energie na střední hodnotu (Pipek, 1995).

#### **2.6.2.5 Vliv délky předporážkového ustájení**

Doba předporážkového ustájení je důležitá zejména z hlediska uklidnění zvířat a regenerace sil po převozu. Během tohoto pobytu se normalizuje krevní oběh i svalový metabolismus, regenerují se obsah glykogenu. Prostředí jatek však může u ustájených zvířat vyvolávat další stresy; jsou umístěna v neznámém prostředí, setkávají se s cizími zvířaty, je zde hluk a k tomu přistupují i strach a cizí pachy. Údaje o optimální délce pobytu na jatkách se proto značně rozcházejí (Pipek, 1995). Steinhauser et al. (2000) uvádí, že v posledních deseti letech se vytříbily názory na dobu odpočinku jatečných zvířat po přepravě na jatky, velmi k tomu přispěly poznatky etologické. Původní požadavek na nejméně 12 hodinový odpočinek zvířat byl překonán, a to zejména proto, že u nově vytvořených skupin zvířat v předporážkovém ustájení dochází mezi nimi k soubojům o pozici v nové skupině, čímž se zvířata zneklidňují a fyzicky vyčerpávají. V takových situacích není čekání zvířat před porážkou jejich odpočinkem. Dnes převládly názory i praxe, že prasata přepravovaná silničními dopravními prostředky zhruba do dvou hodin, tedy ze vzdálenosti do 100 až 150 km, je vhodné porazit za 2 až 3 hodiny po přísunu. Pokud by byla porážena dříve, je nebezpečí zvýšeného výskytu PSE masa, příliš dlouhé čekání prasat na porážku zvyšuje riziko výskytu DFD masa. Velká variabilita podmínek přepravy a předporážkového ustájení jsou příčinou toho, že zmíněné teze nemohou mít zcela absolutní platnost. Přední světové vepřové porážky respektují dvou až tříhodinový odpočinek prasat po transportu.

Costa et al. (2002) zkoumali vliv délky předporážkového ustájení, kdy byla zkoumaná skupina prasat rozdělena na dvě skupiny, přičemž první skupina byla ustájena na dobu dvou hodin a druhá až do druhého dne (22 hodin). Dospěli k závěru, že u prasat ustájených do druhého dne byl výskyt jakostní odchylky PSE výrazně nižší. Tento fakt byl vysvětlen vyčerpáním zásob glykogenu. Delší pobyt před porážkou se však ukázal jako nevhodný vzhledem k poraněním končetin u sledovaných prasat. Jak tedy uvádějí Pipek a Pour (1998), předporážkové ustájení by mělo být omezeno jen na dobu nezbytně nutnou k uklidnění tj. 1 až 3 hodiny. Tuto

skutečnost potvrdila i studie Vrby et al. (2010), kteří dospěli k závěru, že vzhledem k výskytu jakostní odchylky PSE je nejvhodnější ustájení na dobu 1,5 hodiny. Je nutné upozornit, že s konečnou platností rozhoduje o době předporážkového odpočinku zvířat dopravených na jatky oprávněný veterinární lékař, a to na základě posouzení stupně zvířete nebo jeho klinického vyšetření. Uzná-li to za potřebné, může dobu předporážkového odpočinku prodloužit, maximálně však na dobu 72 hodin (Ingr, 2003).

Kromě délky ustájení má vliv na vznik PSE ještě jeden důležitý faktor, a to předporážkové sprchování vlažnou vodou, jak tvrdí Ingr (2003). Nejen, že se povrch zvířat zbaví většího podílu mechanických a mikrobiálních nečistot, což přispívá ke zlepšení hygienické úrovně jatečného zpracování, ale hlavně sprchování zvířata současně příjemně ochlazuje a přispívá to k jejich uklidnění, čímž se částečně eliminuje stres. Vzhledem k vysokým nákladům na vodu se v čekacích boxech a stájích čím dál častěji využívají mlhovače. Tyto mlhovače vodu rozptýlí do jemného aerosolu, který dokonale svlaží vzduch a smočí povrch těl prasat. Sprchování na konci čekacího boxu potom působí pouze jako oplach již uvolněných nečistot a pro efektivnější omračování (nejčastější způsob porážení prasat je porážení elektrickým proudem).

#### **2.6.2.6 Vliv způsobu přihánění k porážce**

Přihánění na porážku je velmi problematický úsek jatečního opracování. Vzhledem k tomu, že zvířata přivedená k omračení již nemají možnost se uklidnit a odpočinout si, mají veškeré stresové vlivy v tomto okamžiku vážné důsledky. Je proto nutné v této fázi co možná nejvíce zabránit námaze a zneklidnění zvířat. Při přihonu je třeba respektovat přirozené chování zvířat, jako je shromažďování zvířat do stáda a dodržování tzv. ústupové zóny zvířete od pracovníků, kteří se k němu přibližují. S malými skupinami jatečných zvířat se manipuluje mnohem snadněji než se skupinami velkými. Tato skutečnost však platí pro přisun zvířat jako takový, jinak platí již zmíněná skutečnost, že lépe ovladatelná jsou zvířata z velkých skupin. Skupiny jatečných prasat, určené k porážce by neměly být větší než patnáctičlenné (Steinhauser et al., 1995; Ingr, 2003). Při pobízení zvířat k pohybu vpřed nesmí být používáno násilí, lze použít nízkonapěťových elektrických poháněčů, pouze však

v nezbytných případech, protože byl prokázán negativní vliv těchto poháněčů na výskyt PSE masa (Van de Perre et al., 2010). Pobízet je třeba zvířata v čele skupiny, nikoli v jejím závěru. Zvířata nemají být rušena pohybem jiných zvířat, proto je třeba oddělovat souběžné naháněcí uličky neprůhlednými stěnami. Naháněcí uličky mají být rovné a co nejkratší. Je zajímavé, že zvířata nemají ráda dlouhé rovné úseky, zvláště jsou-li obehnané vysokými plnými zdmi. Proto se v těchto případech doporučuje rovnou dráhu několikrát mírně vychýlit z její osy. Uličky musí být dostatečně široké pro volný průchod, ale přitom nesmí umožňovat otáčení zvířat a tím jejich pohyb do protisměru. V moderních podnicích jsou naháněcí uličky pro prasata členěny na boxy, jejichž zadní stěny jsou velmi pomalu pneumaticky nebo hydraulicky posunovány vpřed a přední stěny (branky) jsou ovládány z centrálního ovládacího panelu. Takový systém je ke zvířatům maximálně šetrný, zvířata jsou v klidu a pohodě přesunuta až k místu omračování. Sprchování prasat lze zařadit v tomto systému do libovolného místa. Ke zlepšení přísunu zvířat k porážce lze rovněž využít i sprchových stěn (Steinhauser et al., 2000).

Závěrečnou část hnací uličky a její vyústění do místa omračování často tvoří tzv. V-dopravníky, i když Ingr (2003) uvádí, že současné moderní jatečné provozy tento způsob příhonu zvířat k místu omračování vylučují. Za vhodné jsou považovány pásové dopravníky, na nichž zvířata obkročmo sedí.

### **2.6.3 Vlivy vlastní jateční technologie**

Zvířata jsou usmrcena ztrátou krve po předchozím omračení (jen výjimečně je tomu ve speciálních případech jinak - rituální porážky košer a halal). Důvodem pro omračení je ochrana zvířat proti týrání, usnadnění manipulace se zvířaty, zajištění bezpečnosti pro pracovníky a dosažení dobrého vykrvení. Vzhledem k tomu, že krev je vhodným prostředím pro růst mikroorganismů a snižuje údržnost masa, je třeba, aby při následující operaci (vykrvení) ze zvířete vyteklo co možná nejvíce krve. Proto se obvykle uchovává v činnosti krevní oběh, který je řízen centry v prodloužené míše, při správném omračení nejsou tato centra zasažena (Kadlec et al., 2009). Zvířata lze omračovat mechanicky (tupý úder do hlavy nebo prostřelení čelní kosti speciální pistolí s vázaným projektilem), elektricky a chemicky, kdy působení



oxidu uhličitého vyvolá dokonalou narkózu, a právě způsob porážení může mít, jak se potvrdilo v mnoha studiích, výrazný vliv na vznik jakostní odchylky masa, PSE (Čepička et al., 1995; Kadlec et al., 2002).

Omračování prasat je možné uskutečnit všemi třemi uvedenými způsoby. Mechanické omračování prasat je vzhledem k malé produktivitě práce omezeno prakticky jen na domácí porážky nebo na velmi malé provozy přímo u chovatele, kdy se využívá jak tupého úderu, tak i proražení čelní kosti. V obou případech je úder veden na čelo zvířete (Ingr, 1996). Běžnější je omračení proražením čelní kosti, kdy dochází k rozrušení předního mozku a k okamžité ztrátě vědomí. Motorické části mozku však zůstávají v činnosti a vyvolávají silné svalové kontrakce, současně se zvyšuje koncentrace adrenalinu, proto bývají u tohoto způsobu nalézány největší podíly PSE masa (Pipek a Jirotková, 2001). Zkoušelo se i omračení prasat vodním paprskem o tlaku 300 MPa tryskou o průměru 1,2 mm a době působení 20 - 100 ms (Steinhauser et al., 2000).

Pro prasata je typické omračování elektrické. Z hlediska jakosti masa i automatizace výroby se tento způsob ukazuje jako nejvhodnější. I když se názory různí, většinou se uvádí méně častý výskyt PSE svaloviny ve srovnání s jinými způsoby omračování. Princip omračování spočívá v tom, že průchodem proudem mozky dochází k nadprahovému vzrušení mozku, prudce se zvýší jeho aktivita a také spotřeba kyslíku. Vzniká stav bezvědomí podobný epileptickému záchvatu, který trvá 30 až 50 sekund. Je proto nezbytné, aby vykrvovací vpich byl proveden bezprostředně po omračení zvířete. Při ručním omračování prasat ve V-dopravníku se obvykle používá omračovací vidlička (kleště). Velmi důležité je, aby elektrický proud procházel mozkovou krajinou. V praxi se však setkáváme s nedbalostí pracovníků a přiložením omračovacích kleští nebo vidliček na hrud' nebo na plece zvířete, čímž může dojít k průchodu proudem srdeční krajinou a zástavě srdeční činnosti (Steinhauser et al., 2000).

Při ručním omračování prasat ve V-dopravníku se obvykle používá omračovací vidlička (kleště). Použití V-dopravníků s různě konstruovaným automatickým přikládáním elektrod v podobě košíků, přítlačných elektrod nebo ohebných elektrod umožňuje omračovat napětím až 1000 V. I v automatických omračovacích zařízeních

však může např. u menších zvířat dojít pouze k imobilizaci, aniž by byla zvířata v bezvědomí. Bylo úspěšně vyzkoušeno i vstřelení elektrod přímo do mozku. Na našich jatkách jsou rozšířené sklopné omračovací pasti ve stylu skluzavky. Prase se po překlopení nebo sklouznutí zaklíní hlavou do sklopné stříšky, v níž jsou elektrody. Po omráčení vypadne na pracovní stůl a je zavěšeno na dráhu k vykvrvení. Problémem u tohoto zařízení je, že zvířata mají strach ze vstupu do pasti. Používané napětí bývá jen do 200 V. Nověji bylo vyvinuto omračovací zařízení, u kterého prase přechází z V-dopravníku na skluzavku, na ní se přetočí na záda a hlavou najede do omračovacích elektrod, výhodné je, že skončí v poloze vzhůru nohama, což usnadňuje zavěšení (Steinhauser et al., 2000).

Chemické omračování jatečných zvířat se pokládá za vysoce humánní, ale je poměrně málo rozšířené především z důvodů ekonomických. U nás bylo chemické omračování prasat zavedeno na starých holešovických jatkách v Praze, ale z ekonomických důvodů bylo na počátku padesátých let nahrazeno elektrickým. Ingr (1996) uvádí, že v praxi se k omračování prasat používá až devadesátiprocentní koncentrace CO<sub>2</sub>. Steinhauser et al. (2000) však uvádí skutečnost, že zatímco 60 až 65 % oxidu uhličitého ve směsi prasat narkotizuje, vyšší koncentrace (75 až 80 %) vedou spíše k hypoxii. Gregory (2008) prováděl studii na vznik PSE v závislosti na koncentraci CO<sub>2</sub> a došel k závěru, že omráčení prasat s 90 % CO<sub>2</sub> vede k méně častému výskytu masa PSE než 80 % CO<sub>2</sub>. Výhodou tohoto omračování je, že u zvířat nedochází ke křečím. Zvířata jsou narkotizována v uvolněném stavu a k bezvědomí dochází do 15 sekund (Ingr, 1996).

Někteří autoři (Steinhauser et al., 1995; Pipek, 1995) uvádějí, že chemický způsob omračování se často negativně odráží na jakosti masa. U prasat citlivých ke stresu k naprostému uvolnění nedochází, nýbrž že tato vnímavá zvířata reagují na narkotikum poněkud neklidně až vzrušeně, od okamžiku prvního vdechnutí oxidu uhličitého až do úplného bezvědomí je totiž třeba počítat se strachem zvířat a se stresovou situací vyvolávající vznik PSE svaloviny. Negativně působí i nasycení masa oxidem uhličitým, který svalovinu okyseluje. Stále více studií se dnes věnuje problematice omračování prasat a někteří autoři zastávají názor, že chemické omračování za použití CO<sub>2</sub> je vzhledem k výskytu PSE výhodnější. Vrba et al. (2010) tvrdí, že ve srovnání s výskytem PSE masa u elektrického

omračování je podle jím naměřených výsledků vhodnější k použití omračování chemické (83 – 85 % CO<sub>2</sub>). Toto tvrzení zastává i Gregory (2008), který dále ještě uvádí, že omračení prasat s koncentrací CO<sub>2</sub> 90 % vede k méně častému výskytu masa PSE než použití koncentrace 80 %.

Steinhauser et al. (2000) uvádějí, že při chemickém omračování je vykrvení ve srovnání s elektrickým omračováním horší, naproti tomu Ingr (2003) tvrdí, že při chemickém omračování je srdeční činnost zachována, dýchání se poněkud zpomalí a krevní tlak mírně stoupá, což je tedy naopak ve prospěch dokonalého vykrvování.

Při použití oxidu uhličitého se jako vhodné ukazuje omračování ve skupinách. Prasata jsou připravena v čekacích boxech, odkud jsou zatlačena do omračovacího boxu. Zařízení pro omračování oxidem uhličitým jsou řešena buď jako pásový dopravník, na němž prasata zajedou do nádrže s oxidem uhličitým, nebo jako tzv. pařížské či ruské kolo, kdy prasata jsou spouštěna v uzavřených boxech, tzv. gondolách, po kruhové dráze do prostoru s oxidem uhličitým. Po vyjetí gondoly z oxidu uhličitého se otevře boční strana a zvíře vypadne. Jinou variantou je tzv. padací zařízení "výtah", kdy se gondoly spouštějí do nádrže s oxidem uhličitým po svislé dráze (Ingr, 2003).

Objevily se i pokusy omračovat prasata rajským plynem (oxid dusný). Takto omráčená prasata měla téměř normální hodnotu pH zatímco prasata omráčená oxidem uhličitým měla pH zřetelně nižší. Glykolýza po omračení oxidem dusným probíhá pomaleji a prasata mají lepší jakost masa. Oxid dusný je však v krvi přenášen pouze vázaný ve fyzikální formě, neváže se chemicky, je tedy málo rozpustný, navíc je mnohem dražší než oxid uhličitý. Byl úspěšně vyzkoušen i argon, je však rovněž velice drahý (Steinhauser et al., 2000).

Z hlediska moderní technologie je důležité dosáhnout co nejkratší doby mezi omračováním a vykrvením. Vedle dosažení dobrého stupně vykrvení má zkrácení doby mezi omračováním a vykrvením vliv i na rozvádění stresových hormonů s krví po těle. Tyto hormony (především adrenalin a noradrenalin), které se uvolňují v důsledku stresu před porážkou a zejména při vlastním omračování, vytečou při včasném vykrvení s krví ven z těla a neurychluje se tak glykolýza. Při opožděném vykrvení jsou krví dopraveny i do svaloviny a zde způsobují vznik PSE, navíc hrozí i

nebezpečí, že se vrátí vědomí. V případě srdeční zástavy je okamžité vykrvení dokonce nutnou podmínkou (Pipek a Jirotková, 2001).

Dosud je běžnější vykrvování ve visu, u kterého se předpokládalo, že je úplnější. Nově se však mluví o tom, že vykrvení vleže je stejné, ovšem s výhodami menšího zatížení těla zvířete včetně odstranění manipulace navěšování a svěšování zvířat. Velmi dobře je hodnoceno i vykrvení "vleze rozkročmo" na dopravníku. Zatímco při vykrvení ve visu se začíná s vykrvováním obvykle za 20 s po omráčení (nebo i později), při vykrvení vleže se tato doba zkracuje na několik málo sekund. Při vykrvení prasat vleže může být  $pH_{45}$  až o 0,5 jednotky vyšší než ve visu. Pokud se navíc omračuje ve V-dopravníku, může být  $pH_{45}$  ještě o 0,25 jednotky vyšší (tj. až 6,3), takže se výrazně snižuje výskyt PSE masa. Příčinou je právě zkrácení doby od omráčení do vykrvení (do svaloviny se dostane méně hormonů způsobujících PSE) a skutečnost, že svalovina nemusí překonávat při posmrtných kontrakcích tíhu zavěšeného jatečného kusu. Vykrvování vleže snižuje podíl PSE vady masa asi o 10 % (Steinhauser et al., 2000).

Vliv na výskyt PSE masa má i teplota pařící lázně při paření. U pařených prasat je teplota 30 minut *post mortem* o 1 °C vyšší a  $pH_{45}$  o 0,2 jednotky nižší než u kusů celostahovaných, tj. nepařených (Pipek, 1995). Výskyt PSE může rovněž ovlivnit i včasnost vykolení, protože jak uvádí Pipek (2009), otevřením tělních dutin a vyjmutím vnitřních orgánů se urychlí chladnutí kusu.

## **2.7 Použití PSE masa v masné výrobě**

V masné výrobě způsobuje PSE maso obtíže zejména vzhledem k nízké vaznosti a vysokým ztrátám při tepelném opracování. Při použití do masných výrobků tvořených většími kusy libové svaloviny, jako je šunka nebo vložka do měkkých salámů, se tak dosahuje nižší výtěžnosti, výrobky jsou tužší, málo šťavnaté a chuťově prázdnější. Jednotlivé kusy masa jsou nesoudržné, rozpadavé a vyskytuje se zde množství dutin. Při použití PSE masa do spojky mělněných výrobků (párky, měkké salámy) nejsou rozdíly ve výtěžnosti oproti normálnímu masu významné, protože ostatní druhy masa, popř. i jiné suroviny v receptuře výrobku kompenzují nedostatky PSE svaloviny. Pokud však mají tyto salámy vložku z PSE masa, je tato

vložka na řezu světlejší a vlhčí a vypadává z výrobku. O použití PSE masa lze uvažovat při výrobě fermentovaných salámů, kde snížená vaznost a nízké pH jsou vhodné pro sušení a pro zajištění údržnosti. Vzhledem k problémům s vybavením a soudržností výrobku lze však i zde používat PSE maso jen v omezené míře (Král et al., 2006; Kuo a Chu (2003); Pipek a Jirotková, 2001; O'Neill, 2003). Dle Steinhausera et al. (1995), musí maso určené pro výrobu trvanlivých fermentovaných salámů pocházet ze zdravých zvířat a kvalitní výrobky lze získat pouze z masa s normálním průběhem zrání. Uvádí, že není vhodné zpracovávat velké množství PSE masa a v tomto případě maso velmi snadno uvolňuje šťávu, což může vést k vadám sušení (vznik kroužků, povrchových vrásek apod.). Maximální podíl PSE masa při výrobě trvanlivých fermentovaných salámů uvádí v hladině 20 %.

PSE maso je i pro kulinární úpravu nevhodné, protože se spéká, dochází k velkým ztrátám šťávy a maso je pak suché a tuhé. Potřebná doba tepelné úpravy je u PSE masa sice kratší než u normální svaloviny, ztráty vývarem jsou však větší. Uvolňování šťávy lze do jisté míry snížit tím, že se kousky masa smaží v panáčce, která část uvolněné šťávy zadrží (Pipek a Jirotková, 2001).

## **2.8 Metody identifikace jakostní odchylky PSE**

Praktické řešení problému výskytu jakostní odchylky PSE spadá do období realizace hybridizačního programu, který umožnil následné zprůměrnění chovu prasat, resp. výroby vepřového masa. Postupně se tak vyvinuly pro praxi metody, kterými je možné detekovat PSE. Metody identifikace lze rozdělit na dvě základní skupiny. První skupinou jsou metody identifikace *ante mortem*, které využívají stanovení vybraných ukazatelů fyziologické odpovědi organismu na stres. V současné době, kdy je znám genom prasete, se tedy využívá manifestace genetických markerů. Druhou skupinou jsou metody identifikace *post mortem*, na jatkách, které jsou založené na stanovení konečných produktů glykolýzy svalů *post mortem*, tedy kyselosti, vaznosti nebo vodivosti. Dále pomocí stanovení organoleptických vlastností zjišťovaných pomocí senzoričného hodnocení (Stupka et al., 2009).

## 2.8.1 Metoda stanovení možného vzniku PSE - DNA test

Tato metoda neidentifikuje PSE maso přímo, jedná se pouze o předběžný test náchylnosti na stres a potažmo možný, pravděpodobný vznik jakostní odchylky PSE u testovaných prasat. Na základě DNA testu tedy ještě nelze s jistotou říci, zda testovaná prasata budou nebo naopak nebudou vykazovat známky PSE masa po porážce (*post mortem*).

DNA test je dnes běžně používanou cestou vedoucí ke zjišťování prasat náchylných ke stresu metodami molekulární genetiky. Využívá se obecně platných poznatků o fragmentaci DNA restričními enzymy a k možnosti namnožení krátkého specifického úseku DNA, tzv. polymerázovou řetězovou reakcí k vypracování přímého DNA testu pro určení RYR genotypů prasat. Touto metodou (PCR-RFLP) lze v genu RYR 1 stanovit obě známé alely (N, n). Pro šlechtitele prasat to znamená, že ze vzorku krve, buněk či dalších tkání lze přímo určit genotyp „stresového“ genu prasete, a tak rozeznat, zda jde o homozygota dominantního nebo recesivního či heterozygota. Stanovení genotypu není ovlivněno pohlavím a věkem zvířete, je proto možno pracovat s genotypy již u plemenných selat, běhounu, plemenných kanečků či prasniček nebo u dospělých zvířat (Stupka et al., 2009).

### 2.8.1.1 Postup stanovení DNA testu (dle Stupky et al., 2009)

Nejdříve se izoluje z jader buněk DNA (jako zdroj se nejčastěji používají leukocyty z krve, sperma, chlupové cibulky či malý kousek tkáně), k izolované DNA se přidávají uměle nasyntetizované krátké úseky DNA, tzv. primery a další nutné komponenty, přičemž změnami teplot pomocí termálního cyklu dojde k polymerázové řetězové reakci a k mnohonásobnému zmnožení úseku HAL genu obsahujícímu bodovou mutaci (C nebo T), kterou se odlišují HAL alely (pro N je báze cytosin, pro n báze thymin).

Rozdíl v uvedených n/N bázích DNA způsobuje, že po přidání restričního enzymu vznikají z namnožené DNA v případě alely N dva fragmenty, alely n tři fragmenty. Fragmenty se elektroforézou rozdělí podle velikosti a po obarvení jsou viditelné v UV světle, u genotypu NN vznikají velké fragmenty, proto vytvářejí světlý pruh nejméně vzdálený od míst vložení vzorku DNA, u genotypu nn vznikají

při štěpení fragmenty vytvářející světlé pruhy dále od startu, heterozygotní genotyp Nn je charakteristický přítomností všech tří pruhů.

## **2.8.2 Metody identifikace PSE masa *post mortem***

V naší republice se objektivní identifikace jakostní odchylky vepřového masa PSE provádí na základě měření hodnot pH<sub>45</sub> (za 45 minut po porážce) a dále na základě měření světlosti vepřového masa pomocí remise za 24 až 48 hodin po porážce. Na základě našich i zahraničních zkušeností je nutné pro přesnou identifikaci masa PSE stanovení alespoň dvou kvalitativních ukazatelů, tj. pH a světlosti barvy, popř. pH a ztráty masné šťávy odkapáním (Pulkrábek et al., 2005; Ingr 1996).

### **2.8.2.1 Hodnota pH**

U prasat s PSE masem, jak už bylo vysvětleno dříve, zůstává kyselina mléčná ve svalových buňkách, pH je proto za 45 minut po porážce nízké (5,8 a méně). Z uvedeného vyplývá, jak uvádí Pulkrábek et al. (2005), že lze určit a diferencovat normální a defektní maso (maso vykazující známky PSE jakostní odchylky) po porážce stanovením hodnoty pH za 45 minut po porážce pomocí speciální vpichové elektrody a pH-metru. Takto zjištěnou hodnotu pH lze považovat za jeden ze spolehlivých ukazatelů kvality vepřového masa.

### **2.8.2.2 Světlost**

Světlost barvy masa je významnou kvalitativní vlastností, protože ji spotřebitel při nákupu přímo smyslově posuzuje. Optický dojem je velmi důležitý, zvláště při prodeji porcovaného nebo balíčkováného masa. Její intenzita a stupeň jsou závislé především na koncentraci svalového barviva, plemenné příslušnosti, stupni únavy, zdravotním stavu, věku aj. Objektivní posouzení světlosti barvy umožňuje použití fotometrických přístrojů (Pulkrábek et al., 2005).

V České republice se barva (světlost) stanovuje za 24 hodin *post mortem* na příčném řezu svalu MLLT v místě posledního hrudního obratle pomocí speciálních

fotometrických přístrojů GÖFO a Spekol. Světlost masa je vyjádřena ve stupních remise (%) příslušného přístroje. Naměřené hodnoty u přístroje Spekol jsou hodnotově opačné než je tomu u přístroje GÖFO. V současné době jsou využívány na měření barvy masa přístroje, které pracují na principu spektrofotometru. V tomto ohledu existuje kolorimetrická soustava  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , která používá rovnoměrného kolorimetrického prostoru, v němž stejně subjektivně vnímaným rozdílům vjemu barvy odpovídají stejné vzdálenosti a naopak. Komplementární barevný systém je založen na rozdílech tří elementárních barevných párů, tj. červeně – zelený, žluto – modrý, černě – bílý. (Pipek a Pour, 1998; Stupka et al., 2009).

### 2.8.2.3 Vaznost

Pod pojmem vaznost masa rozumíme z fyzikálně-chemického hlediska sílu, kterou bílkoviny masa udržují část své vlastní vody a jisté množství vody přidané. V technologickém smyslu pak vazností rozumíme schopnost masa udržet za určitých podmínek mechanického namáhání (tlakem či teplotou) vodu přirozeně přítomnou v mase, popř. i vodu přidanou (Pipek a Pour, 1998; Pulkrábek et al., 2005).

Čím vyšší je hodnota pH masa, tím vyšší je jeho schopnost imobilizovat větší množství vody a naopak. Vaznost je maximální hned po smrti, postupně v důsledku poklesu pH a odbourávání ATP klesá. Při *rigor mortis* dosahuje nejnižších hodnot, v dalších stádiích zrání masa opět roste. Vaznost se stanovuje 24 - 48 hodin *post mortem* pomocí různých metod. Jejich podstatou je lisování, odkap a podobně. Na základě dosažených výsledků byly stanoveny mezní hodnoty určení PSE masa (Pipek a Jirotková, 2001; Stupka et al., 2009).

### 2.8.2.4 Elektrická vodivost

Podstata metody spočívá v tom, že při biochemickém zrání masa vlivem intenzivní glykolýzy dochází k narušení buněčných stěn masa, a tím k narušení izolační účinnosti těchto stěn, které se jinak vyznačují vysokým elektrickým odporem. Tímto narušením stoupá elektrická vodivost střídavého proudu známé frekvence v závislosti na odporu prostředí. Maso PSE se vyznačuje nízkým odporem,



tudiž vysokou vodivostí. Hodnota elektrické vodivosti se zjišťuje 50 minut *post mortem* ve svalu MLLT na úrovni posledního hrudního obratle (Stupka et al., 2009).

### 3. CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo stanovení a vyhodnocení vybraných jakostních ukazatelů kvality vepřového masa, užívaných k identifikaci a posouzení jakostní odchylky masa PSE, a následné porovnání vlivu způsobu omračování (omračování elektrickým proudem, omračování koncentrovaným plynem CO<sub>2</sub>). Dále byl sledován vliv stupně zasažení vepřového masa jakostní odchylkou PSE v čase od porážení do rozbourání (cca 48 hodin). K posouzení PSE masa byly stanoveny základní identifikační ukazatele jako je hodnota pH<sub>1</sub>, ztráta masné šťávy odkapáním a světlost masa. Vedle těchto ukazatelů byly stanoveny i hodnoty pH<sub>24</sub> a pH<sub>48</sub>.

Zjištěné hodnoty byly vyhodnoceny statistickým programem.

## 4. MATERIÁL A METODIKA

### 4.1 Popis experimentálního materiálu

Experimentální část diplomové práce byla započata v masokombinátu A (jména masokombinátů jsou v rámci diplomové práce anonymní), kde byly naměřeny hodnoty pH<sub>1</sub>. Tyto hodnoty byly naměřeny u 102 kusů poražených prasat. Tato prasata byla finálními hybridy ČBUxČL v mateřské pozici a OL-4880 ( $\geq 75\%$  Pn) v pozici otcovské (tento hybrid bývá označován též jako H84).

Následně, po rozbourání druhého dne, byly odebrány vzorky pečeně s kostí o hmotnosti cca 2 kg (21 vzorků, vzorky číslo 2 – 22), jejíž součástí byl sval *M.longissimus lumborum et thoracis* (dále jen MLLT), ze kterých byly následně vyhodnocovány další jakostní ukazatele jako je ztráta masné šťávy odkapáním, světlost masa, pH 24 hodin po porážce a pH 48 hodin po porážce.

Tento postup byl opakován i v masokombinátu B, přičemž poražená prasata byla finálními hybridy ČBUxČL v mateřské pozici a OL-48 (BOxPn) v pozici otcovské.

Masokombinát A využívá k omračování elektrický proud o omračovacím napětí 230V (elektrická omračovací vidlička), naproti tomu masokombinát B využívá k omračování plyn CO<sub>2</sub> o koncentraci 90 % (konstrukční styl – „výťah“).

V obou masokombinátech dochází k porážení prasat po cca 1 hodině odpočinku po transportu.

### 4.2 Měření hodnoty pH a teploty

Hodnoty pH a teplota byly měřeny 45 minut po porážce ve svalu MLLT neboli zádovém svalu, dále 24 a 48 hodin po porážce přímo u vzorků. K měření byl použit přenosný digitální kombinovaný pH – metr Greisinger GMH 3530 se skleněnou elektrodou.

Vpichová elektroda se zabodne do odebraného vzorku nebo přímo do svalu na jatečně opracovaném těle. Podmínkou dosažení přesných hodnot je správná funkce přístroje včetně kalibrace elektrody.

Princip měření pH – metru spočívá v převedení měrného napětí mezi elektrodami přímo na hodnotu pH, která je následně zobrazena digitálně, přímo na displeji pH – metru.

**Pozn.:** Ve starší literatuře se hodnota pH 45 minut *post mortem* označuje jako  $pH_{45}$  a hodnota pH měřená 1 hodinu *post mortem* jako  $pH_1$ , časem se však v těchto hodnotách přestal dělat rozdíl a často se lze setkat s označením  $pH_1$  u hodnot měřených 45 minut *post mortem*, proto je dále i v této diplomové práci označována hodnota pH měřená 45 minut po porážení jako  $pH_1$ .

### 4.3 Stanovení ztráty masné šťávy odkapáním

Z definovaného vzorku svalu odebraného z jatečně opracovaného těla za 24 hodin po porážení zvířete se vyřízne kostka o hmotnosti přibližně 150 g, zvaží se s přesností na 0,01 g a vloží se do polyethylenového sáčku a uloží se na 24 hodin do chladničky o teplotě cca 5 °C. Po 24 hodinách se vzorek z obalu vyjme, po celém povrchu se jemně osuší filtračním papírem a zvaží. Rozdíl mezi původně zjištěnou hmotností vzorku a jeho hmotností po 24 hodinovém uložení v chladničce udává hmotnost masné šťávy, která se z masa za těchto podmínek samovolně uvolnila. Její množství se vyjádří v procentech hmotnosti (Ingr et al., 1993b).

### 4.4 Měření světlosti masa

Barva (potažmo světlost) masa byla měřena přístrojem GretagMacbeth COLOREYE® XTH Spectrophotometer. Nejdříve byla provedena kalibrace přístroje na prostředí a bílou podložku. Přístroj měří barvu v systému CIELAB, který udává barvu ve třech veličinách, kdy  $L^*$  udává světlost, (0 – černá, 100 – bílá) která je pro měření PSE nejdůležitější ukazatel,  $a^*$  udává vztah mezi červenou ( $a > 0$ ) a zelenou ( $a < 0$ ) barvou, souřadnice  $b$  pak mezi žlutou ( $b > 0$ ) a modrou ( $b < 0$ ) barvou.

K měření se používá celistvý vzorek masa silný minimálně 2,5 cm z MMLT Na vzorek se přiloží celofán tak, aby nevznikly vzduchové bubliny. Vzorek se změří na 3 různých místech po obou stranách vzorku a na základě naměřených hodnot se určí kvalita masa.

Pozn.: Jakostní ukazatele kvality masa jako síla ve stříhu a elektrická vodivost nebyly měřeny vzhledem k nižší vypovídací schopnosti a možnostem.

#### **4.5 Metody zpracování dat**

U daného souboru byly vypočítány průměrné hodnoty, směrodatné odchylky, minimální a maximální hodnoty.

Všechny údaje byly statisticky zpracovány v programu STATISTIKA 10 a Microsoft Excel 2007.

Ze statistických metod zpracování dat byl použit Studentův t-test pro nezávislé vzorky. Za statisticky neprůkazný rozdíl se považuje, pokud je hodnota hladiny pravděpodobnosti  $p > 0,05$ ; za průkazný rozdíl  $p < 0,05$ ; za vysoce průkazný  $p < 0,01$  a za velmi vysoce průkazný  $p < 0,001$ .

Dále byly stanoveny závislosti ukazatelů tj. korelační koeficient ( $r$ ) a koeficient determinace ( $R^2$ ) na hladině významnosti  $p = 0,05$ .

Korelační koeficient ( $r$ ) určuje míru těsnosti (síly) vztahu mezi dvěma proměnnými, nabývají hodnot -1 až +1, při  $r = 0$  jsou proměnné naprosto nezávislé, čím vyšší je hodnota korelačního koeficientu, tím vyšší je souvislost vztahu mezi proměnnými. Když je  $r$  kladné, tak se zvyšující se hodnotou  $X$  roste i hodnota  $Y$ . Při záporném  $r$ , s rostoucí hodnotou  $X$  klesá hodnota  $Y$ . Interpretace míry těsnosti dle Chrátka (2003): když  $r = 1$  jedná se o funkční těsnost korelační závislosti, 1,00 až 0,90 je velmi vysoká těsnost korelační závislosti, 0,90 až 0,70 je vysoká těsnost korelační závislosti, 0,70 až 0,40 je střední těsnost korelační závislosti, 0,40 až 0,20 je nízká těsnost korelační závislosti, 0,20 až 0,00 je slabá (nepoužitelná) těsnost korelační závislosti a když  $r = 0$  je naprostá nesouvislost sledovaných souborů vzorků.

Koeficient determinace ( $R^2$ ) vysvětluje závislost mezi proměnnými, lze ho vyjádřit v procentech a udává procentuální podíl sledovaného faktoru na výsledném efektu neboli poměr variabilit sledovaných proměnných.

Tabulky a grafy byly vypracovány v programech Microsoft Word a Microsoft Excel 2007.

Při vyhodnocování základních statistických charakteristik byly použity v následujících tabulkách tyto symboly a zkratky:

$n$  - počet jedinců

$\bar{x}$  - aritmetický průměr

$s_x$  - směrodatná odchylka

$x_{\min}$  - minimální hodnota u sledovaného znaku

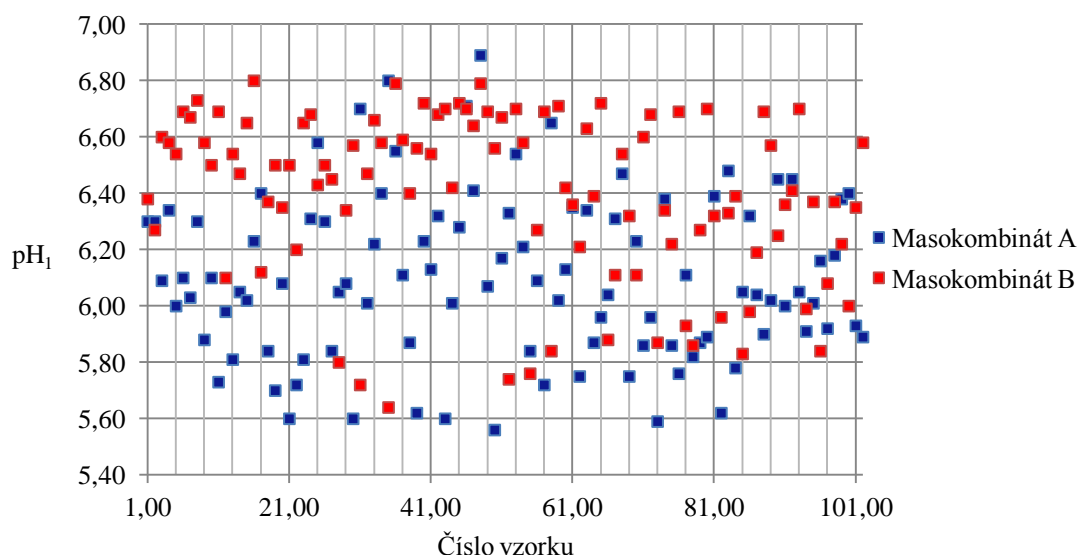
$x_{\max}$  - maximální hodnota u sledovaného znaku

## 5. VÝSLEDKY PRÁCE A DISKUZE

### 5.1 Hodnoty pH 45 minut po poražení

Hodnoty  $pH_1$  graficky znázorňuje graf č. 1. Průměrná hodnota  $pH_1$  v masokombinátu A činila  $6,097 \pm 0,291$  (aritmetický průměr  $\pm$  směrodatná odchylka). V masokombinátu B byla tato hodnota stanovena ve výši  $6,396 \pm 0,296$ . Průměrná hodnota  $pH_1$  byla tedy o 0,300 vyšší v masokombinátu B. Tento fakt byl potvrzen na základě statistického vyhodnocení, rozdíl v hodnotě  $pH_1$  se ukázal jako statisticky velmi vysoce průkazný ( $p < 0,001$ ).

Graf č. 1 – Grafické porovnání hodnoty  $pH_1$  (vzorky č. 1 – 102) u vybraných masokombinátů



Minimální hodnota  $pH_1$  byla u masokombinátu A zjištěna 5,56. V masokombinátu B byla tato hodnota vyšší, tedy 5,64. Maximální hodnota  $pH_1$  byla zjištěna v masokombinátu A 6,89; v masokombinátu B byla tato hodnota nižší (6,80). Tento fakt spolu s relativně velkou směrodatnou odchylkou tedy svědčí o vyšším výskytu extrémních hodnot odchýlených od průměru v masokombinátu A. Pro porovnání lze uvést výsledky Mörleina et al. (2007), kteří naměřili průměrnou hodnotu  $pH_1$   $6,41 \pm 0,22$ ; minimální hodnota 5,70 a maximální 7,00. Van Oeckel a Warnants (2003), kteří zkoumali senzorickou kvalitu masa ve svalu MLLT naměřili

průměrnou hodnotu  $pH_1$   $5,76 \pm 0,32$ . Minimální hodnotu uvádějí 5,30 a maximální 8,84.

Vzhledem ke způsobu omračování lze tedy na základě neměřených hodnot pH 45 minut *post mortem* usuzovat, že omračování koncentrovaným plynem  $CO_2$  má příznivý vliv na hodnotu  $pH_1$ . Bohužel však, vzhledem k nesterodnosti otcovské linie použité u porážených hybridů (OL-4880 s více jak 75 % plemene Pn v masokombinátu A a OL-48 v masokombinátu B) nemá však toto zjištění dostatečnou vypovídací schopnost, neboť nebyl znám genotyp jak porážených prasat, tak ani prasat otcovské linie použitých k hybridizaci a jak uvádí Bečková (1999) a Kahánková (1999), vyšší podíl plemene Pietrain (dále jen Pn) v otcovské linii negativně ovlivňuje kvalitu masa ve smyslu nižší hodnoty pH (v případě, že se nejedná o stres – negativní typ plemen Pn, selektovaný na absenci genotypu nn).

## 5.2 Teplota 45 minut po porážení

Rozdíl v teplotě jatečně opracovaných těl 45 minut *post mortem* se na základě statistického vyhodnocení ukázal jako statisticky neprůkazný ( $p = 0,305$ ). Teplota dosahovala v masokombinátu A průměrné hodnoty  $35,479 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1,093$ . V masokombinátu B byla naměřena průměrná teplota  $35,725 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2,143$ . V průměru byla tedy teplota v masokombinátu B vyšší o pouhých  $0,245 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Nejnižší naměřené teplota byla v masokombinátu A  $33,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . V masokombinátu B byla nejnižší teplota  $30,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Oproti tomu nejvyšší teplota porážených prasat byla v masokombinátu B  $40,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , v masokombinátu A byla nejvyšší teplota o  $0,80 \text{ }^\circ\text{C}$  nižší, tedy  $39,2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Na základě naměřených teplot v obou masokombinátech bylo tedy zjištěno, že způsob omračování nemá vliv na teplotu porážených prasat 45 minut *post mortem*.

## 5.3 Hodnota pH 24 a 48 hodin po porážení

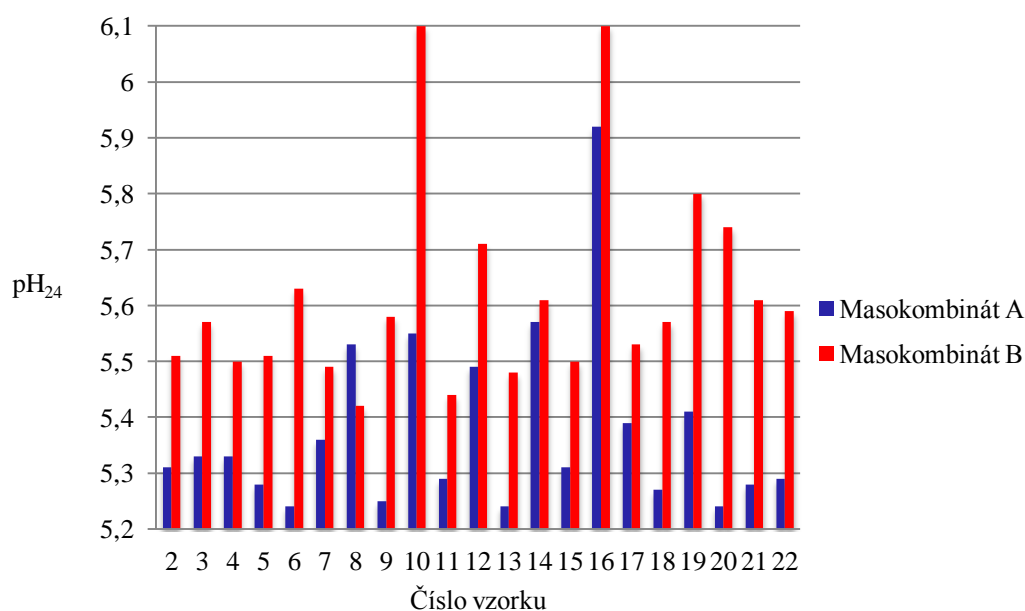
V souladu se zadáním diplomové práce byly naměřeny i hodnoty pH 24 a 48 hodin *post mortem*. Tyto hodnoty nejsou dle většiny autorů (Ingr, 2003; Pulkrábek et al., 2005; Steinhauser et al., 1995; Stupka et al., 2009 a dalších) pro



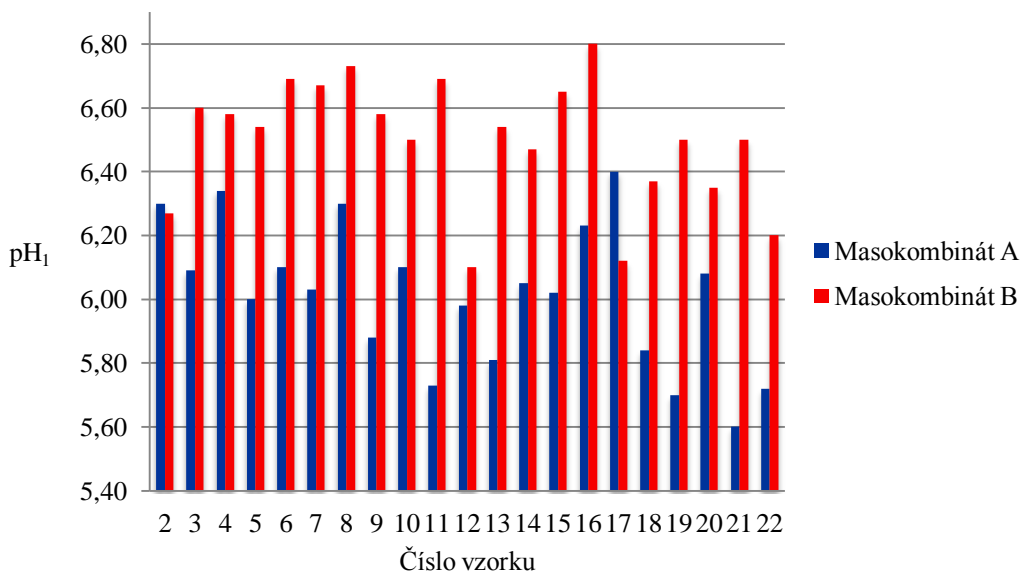
identifikaci jakostní odchylky PSE rozhodující, pouze na základě hodnoty  $pH_{24}$  lze identifikovat jakostní odchylku DFD (dark, firm, dry – tmavě, tuhé, suché), která je opakem PSE a u vepřového masa se vyskytuje v mnohem menší míře. Úkolem měření bylo však zjistit možnou spojitost těchto hodnot s hodnotou  $pH_1$

Rozdíl v průměrných hodnotách  $pH_{24}$  činil 0,243 ve prospěch masokombinátu B, kde byla zjištěna průměrná hodnota  $pH$   $5,619 \pm 0,186$ . V masokombinátu A byla průměrná hodnota stanovena  $5,375 \pm 0,163$ . Rozdíl v hodnotě  $pH_{24}$  byl vyhodnocen jako statisticky velmi vysoce průkazný ( $p < 0,001$ ).

Graf č. 2 – Grafické porovnání hodnoty  $pH_{24}$  (vzorky č. 2 – 22) u vybraných masokombinátů



Graf č. 3 – Grafické porovnání hodnoty  $pH_1$  (vzorky č. 2 – 22) u vybraných masokombinátů

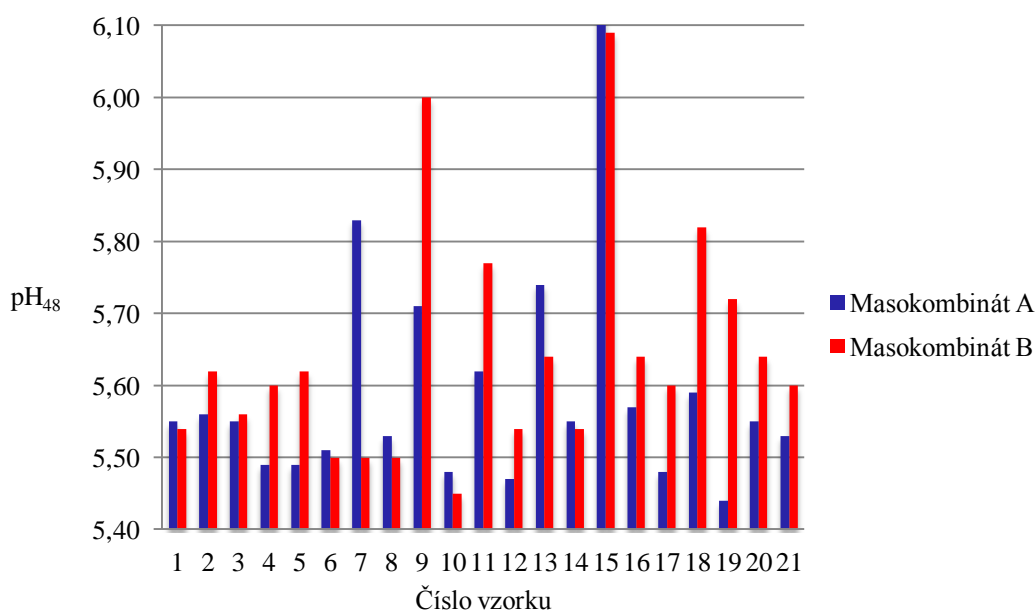


Ačkoli je z výsledků patrný rozdíl v hodnotě  $pH_{24}$  a stejně jako v případě  $pH_1$  jsou hodnoty naměřené ze vzorků získaných v masokombinátu B vyšší, nebyla nalezena potřebná spojitost mezi hodnotou  $pH_1$  a hodnotou  $pH_{24}$ . Vzorky, které vykazovaly na základě hodnoty  $pH_1$  známky PSE ( $pH_1$ : 5,73; 5,70; 5,60; 5,72), na základě měření hodnot  $pH_{24}$  dosahovaly hodnot srovnatelných s průměrem ( $pH_{24}$ : 5,29; 5,41; 5,28; 5,29) a např. minimální hodnota zjištěná měřením  $pH_{24}$  byla 5,24 a u vzorku, u kterého byla tato hodnota zjištěna, byla 45 minut *post mortem* naměřena hodnota  $pH$  6,10. Graf č. 3 zobrazuje hodnoty  $pH_1$  u vzorků č. 2 – 22 a je zde možné porovnat tyto hodnoty s hodnotami  $pH_{24}$  (graf č. 2). Z grafů je patrné, že poražená zvířata, u kterých byla změřena hodnota  $pH_1$  a jejich maso vykazovalo atypické  $pH$ , není pravidlem, že by vzorky z těchto zvířat vykazovaly abnormální hodnoty  $pH_{24}$ . Proto lze tedy konstatovat, že nebyla nalezena potřebná spojitost, přesto však z celkového pohledu na kvalitu masa dle hodnoty  $pH_{24}$  má způsob omračování plynem  $CO_2$  příznivé účinky.

Rozdíl v průměrných hodnotách  $pH_{48}$  činil pouhých 0,053 opět ve prospěch masokombinátu B, kde byla zjištěna průměrná hodnota  $pH$   $5,642 \pm 0,162$ . V masokombinátu A byla průměrná hodnota stanovena  $5,589 \pm 0,156$ . Rozdíl v hodnotě  $pH_{48}$  byl vyhodnocen, jak už napovídá rozdíl průměrných hodnot, jako statisticky neprůkazný ( $p = 0,284$ ), jinak řečeno, nepodařilo se prokázat, že by

způsob omračování měl vliv na tyto hodnoty. Toto tvrzení však neznamená, že by způsob porážení neměl vliv na kvalitu masa jako takovou, pouze dokazuje již známá fakta o průběhu zrání masa, tj. že se hodnota pH masa v závislosti na čase začne ustalovat a vzorky masa již přestanou, až na výjimky, vykazovat výrazné rozdíly, což názorně dokládá i graf č. 4.

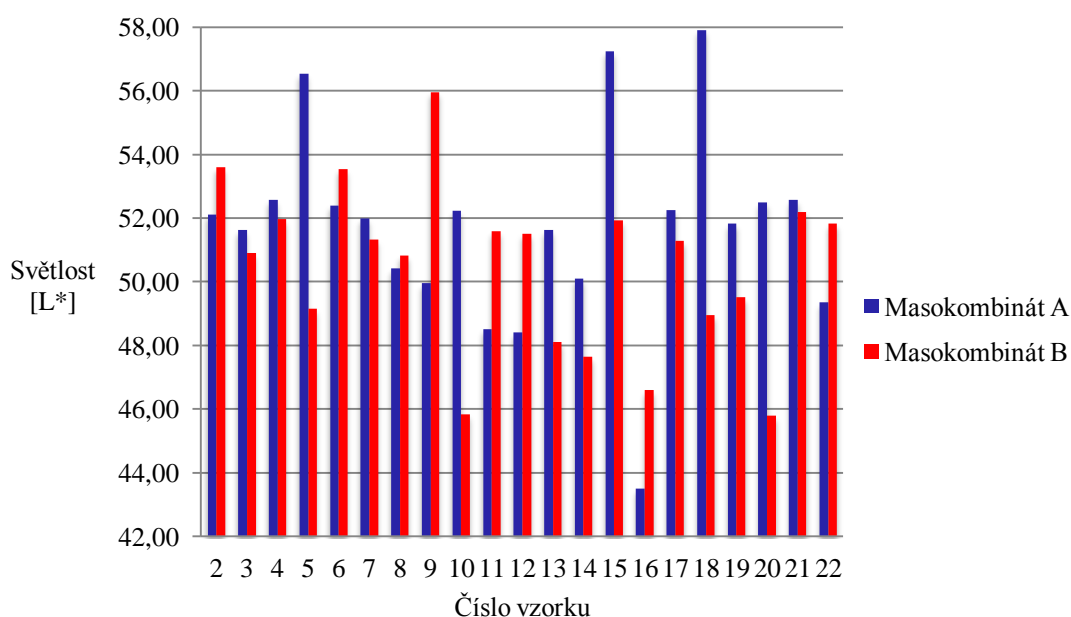
Graf č. 4 – Grafické porovnání hodnoty pH<sub>48</sub> (vzorky č. 2 – 22) u vybraných masokombinátů



## 5.4 Světlost masa

Při vyhodnocení světlosti masa na základě hodnoty  $L^*$  byl zjištěn rozdíl průměrných hodnot o velikosti 1,218. Průměrná světlost masa u vzorků získaných z masokombinátu A dosahovala hodnoty  $51,696 \pm 3,142$ . U vzorků z masokombinátu B byla stanovena průměrná světlost  $50,478 \pm 2,640$ . Na základě statistického šetření se ale rozdíl nepodařilo prokázat ( $p = 0,182$ ).

Graf č. 5 – Grafické porovnání světlosti masa (vzorky č. 2 – 22) u vybraných masokombinátů

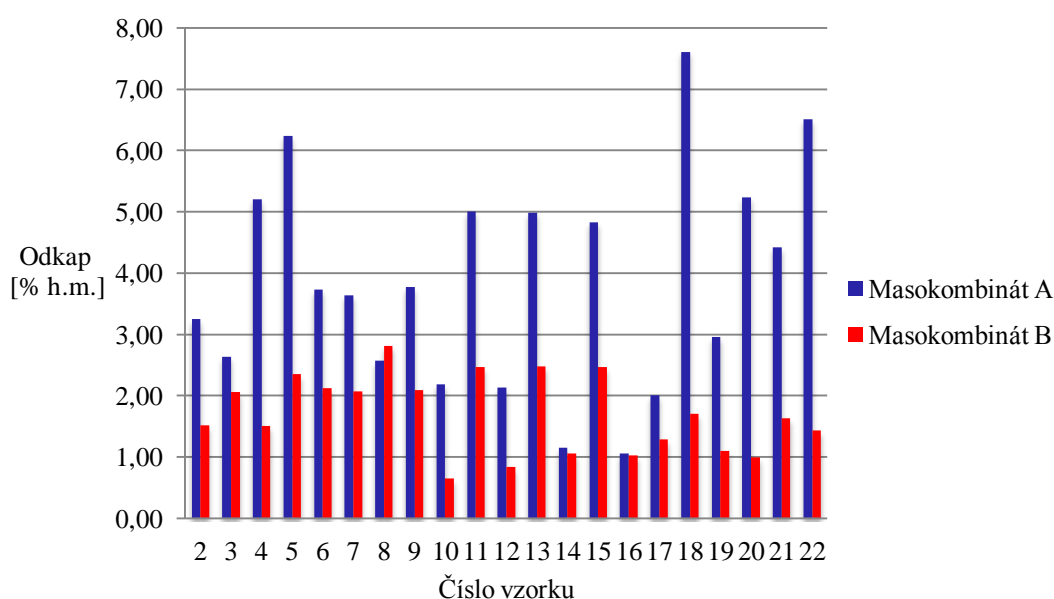


Ze všech skupin měřených hodnot se právě u světlosti masa vyskytovaly největší směrodatné odchylky (viz tab. č. 1, tab. č. 2) což svědčí o velké variabilitě měřených dat, jak je vidět na grafu č. 5 a neprůkaznost rozdílu je v případě tohoto měření opodstatněná.

## 5.5 Ztráta masné šťávy odkapáním

Průměrné hodnoty ztráty masné šťávy odkapáním byly zjištěny na hladině  $3,864 \pm 1,777$  a  $1,700 \pm 0,628$  (masokombinát A a masokombinát B). Rozdíl průměrných hodnot odkapu byl více než dvojnásobný (2,164). Rozdíl graficky znázorňuje graf č. 6.

Graf č. 6 – Grafické porovnání ztráty masné šťávy odkapáním (vzorky č. 2 – 22) u vybraných masokombinátů



Rozdíl ve ztrátě masné šťávy odkapáním byl vyhodnocen jako statisticky velmi vysoce průkazný ( $p < 0,001$ ). Dále lze konstatovat, že v žádném jiném sledovaném ukazateli jakosti masa nebyl rozdíl natolik markantní a z výsledků šetření vyplynulo, že na základě stanovení ztráty masné šťávy odkapáním byl vyhodnocen způsob omračování koncentrovaným plynem  $\text{CO}_2$  jako vhodnější způsob omračování prasat na jatkách vzhledem ke konečné kvalitě masa. Přesto však při tomto způsobu omračování byla naměřena relativně vysoká hodnota ztráty masné šťávy odkapáním. Např. Matoušek et al. (2006) naměřili u hybridů OL-48 (tento typ hybridů byl porážen i v masokombinátu B) průměrnou hodnotu odkapu 0,95 %.

Bohužel však, stejně jako v případě stanovení hodnoty pH<sub>1</sub> a ostatních, se dá předpokládat vliv vyššího podílu plemene Pn použitého v hybridizačním programu v případě prasat porážených v masokombinátu A.

## 5.6 Tabulkové shrnutí naměřených hodnot

Tab. č. 1 - Základní statistické ukazatele měřených hodnot u vzorků z masokombinátu A

Ukazatel	$\bar{x}$	$x_{\min}$	$x_{\max}$	$s_x$
Hodnota pH <sub>1</sub>	6,097	5,56	6,89	0,291
Teplota [°C] <sub>1</sub>	35,479	33,5	39,2	1,093
Hodnota pH <sub>24</sub>	5,375	5,24	5,92	0,163
Hodnota pH <sub>48</sub>	5,589	5,44	6,13	0,156
Odkap [% h.m.]	3,864	1,060	7,608	1,777
Světlost [L*]	51,696	43,49	57,91	3,142

Tab. č. 2 - Základní statistické ukazatele měřených hodnot u vzorků z masokombinátu B

Ukazatel	$\bar{x}$	$x_{\min}$	$x_{\max}$	$s_x$
Hodnota pH <sub>1</sub>	6,396	5,64	6,80	0,296
Teplota [°C] <sub>1</sub>	35,725	30,0	40,0	2,143
Hodnota pH <sub>24</sub>	5,619	5,42	6,10	0,186
Hodnota pH <sub>48</sub>	5,642	5,45	6,09	0,162
Odkap [% h.m.]	1,700	0,652	2,810	0,628
Světlost [L*]	50,478	45,79	55,96	2,640

Tab. č. 3 - Rozdíl statistických ukazatelů měřených hodnot v masokombinátech (masokombinát A vs. masokombinát B)

Ukazatel	$\bar{x}$	$x_{\min}$	$x_{\max}$
Hodnota pH <sub>1</sub>	-0,300	-0,08	0,09
Teplota [°C] <sub>1</sub>	-0,245	3,50	-0,80
Hodnota pH <sub>24</sub>	-0,243	-0,18	-0,18
Hodnota pH <sub>48</sub>	-0,053	-0,01	0,04
Odkap [% h.m.]	2,164	0,407	4,798
Světlost [L*]	1,218	-2,30	1,95

Tab. č. 4 - Statistické vyhodnocení ukazatelů (t-test, nezávislé vzorky, masokombinát A vs. masokombinát B)

Sledované ukazatele	Hodnota t	p	F-poměr rozptyl	p rozptyl
pH <sub>1</sub>	-7,291	0,000	1,031	0,878
Teplota <sub>1</sub>	-1,029	0,305	3,847	0,000
pH <sub>24</sub>	-4,507	0,000	1,306	0,556
Světlost masa	1,360	0,182	1,416	0,444
pH <sub>48</sub>	-1,086	0,284	1,072	0,878
Ztráta masné šťávy odkapáním	5,263	0,000	7,996	0,000

## 5.6 Výskyt jakostní odchylky PSE

V literatuře se pohledy na identifikaci jakostní odchylky PSE liší. Někteří autoři (Ingr, 1996; Pipek a Jirotková, 2001) užívají pouze rozdělení na maso normální a maso PSE, kdy jako PSE označují maso s hodnotou pH nižší než 5,8. Jiní autoři (Purkrábek et al. 2005; Stupka et al., 2009) již definují PSE maso blíže, neboť rozeznávají maso inklinující k PSE (PSEi) a maso PSE (viz tab. č. 6, tab. č. 7). Autoři jako Jůzl et al. (2004) nebo Matoušek et al. (1997) dokonce rozdělují kvalitu masa vzhledem k jakostní odchylce PSE na maso beze změny, maso s mírnými odchylkami PSE, maso s výraznými odchylkami PSE a maso s velmi výraznými odchylkami PSE (viz tab. č. 5).

Tab. č. 5 - Identifikace jakostní odchylky PSE dle Jůzla et al. (2004) a Matouška et al. (1997)

Intenzita jakostní odchylky PSE	pH <sub>1</sub>	Ztráta šťávy odkapáním [% h.m.]
Maso beze změn	> 5,8	< 5,0
Maso s mírnými odchylkami PSE	5,8	5,0 – 7,5
Maso s výraznými odchylkami PSE	5,7	7,6 – 10,0
Maso s velmi výraznými odchylkami PSE	< 5,7	> 10,0

Tab. č. 6 - Identifikace jakostní odchylky PSE dle Stupky et al. (2009)

Maso	pH <sub>1</sub>	Ztráta šťávy odkapáním [% h.m.]	Světlost [L*]
Normální	> 5,8	< 5,0	52 – 58
Inklinující k PSE	5,6 – 5,8	–	–
PSE	< 5,6	> 5	> 58

Tab. č. 7 - Identifikace jakostní odchylky PSE dle Purkrábka et al. (2005)

Kvalita masa	pH <sub>1</sub>	Světlost [L*]
Velmi dobrá	> 6,00	< 55
Normální	5,81 – 6,00	55 – 60
Inklinující k PSE	5,60 – 5,80	61 – 70
PSE	< 5,6	> 70

Na základě uvedených tabulek byla sestavena vlastní tabulka stanovení jakostní odchylky PSE (tab. č. 8). Při samotném vyhodnocení výsledků byla nejprve vyhodnocena jakostní odchylka PSE na základě dílčích ukazatelů a následně pro objektivní posouzení bylo jako maso PSE označeno takové maso, které vykazovalo známky PSE alespoň ve dvou ukazatelích (pH<sub>1</sub> a odkap, pH<sub>1</sub> a světlost, nebo odkap a světlost). V případě, že vzorek masa vykazoval v obou těchto ukazatelích známky masa inklinujícího k PSE, byl tento vzorek vyhodnocen jako maso inklinující k PSE. V případě, že vzorek vykazoval v jednom indikátoru znaky masa inklinujícího k PSE



a ve druhém znaky masa PSE, byl tento vzorek vyhodnocen jako maso s jakostní odchylkou PSE. Vyzkoval-li vzorek v obou indikátorech znaky PSE, byl vyhodnocen logicky rovněž jako maso PSE.

Tab. č. 8 – Vlastní identifikace jakostní odchylky PSE

Intenzita jakostní odchylky PSE	pH <sub>1</sub>	Ztráta šťávy odkapem [% h.m.]	Světlost [L*]
Normální maso	> 5,8	< 5,0	< 58
Inklinující k PSE	5,6 – 5,8	5,0 – 7,5	58 – 70
PSE	< 5,6	> 7,5	> 70

Získané hodnoty byly vyhodnoceny a výsledky uvádějí tab. č. 9, tab. č. 10 a tab. č. 11. Z výsledků je patrné, že na základě hodnoty pH<sub>1</sub> (měřená u 102 kusů porážených prasat v každém masokombinátu) byl výskyt PSEi v masokombinátu A vyšší o 8 kusů (7,843 %) a výskyt jakostní odchylky PSE vyšší o 2 kusy (1,961 %), přičemž u kusů, z kterých byly následně odebrány vzorky (21 kusů), byl výskyt PSEi v masokombinátu B vyšší o 4 kusy (19,048 %). PSE nebylo zjištěno ani v jednom souboru.

Na základě zjištění ztráty masné šťávy odkapáním byl výskyt PSEi v masokombinátu A vyšší o 5 kusů (23,810 %) a PSE o 1 kus (4,762 %).

Na základě světlosti nebyl zjištěn žádný výskyt PSEi ani PSE.

Po objektivním vyhodnocení, tzn. po splnění alespoň dvou kritérií, byl zjištěn 1 výskyt PSE (4,762 %), a to v masokombinátu B. Výskyt PSEi nebyl po objektivním posouzení zjištěn.

Gispert et al. (2000), kteří zkoumali kvalitu vepřového masa ve vybraných španělských jatkách, uvádějí, že jakostní odchylka PSE byla zjištěna u 6,5 % porážených prasat (vyhodnoceno na základě jednokriteriálního hodnocení – pH<sub>1</sub>). Šimek et al. (2004) ve své studii (Česká republika) zjistili, že ve zkoumané skupině prasat (hybridi různých plemen) byl výskyt PSE masa zjištěn v průměru u 8,5 % prasat ze všech zkoumaných skupin (jednokriteriální vyhodnocení – pH<sub>1</sub>), přičemž

nejvíce došlo k projevu této jakostní odchylky u skupiny kříženců plemen Pn (12,5 %). Ingr (1996) uvádí poněkud širší rozmezí, udává výskyt jakostní odchylky PSE v zemích západní a střední Evropy v rozmezí 10 – 30 %.

Tab. č. 9 - Výskyt jakostní odchylky PSE (ks) na základě jednotlivých indikátorů

Ukazatele	Masokombinát B			Masokombinát B		
	n	PSEi	PSE	n	PSEi	PSE
Hodnota pH <sub>1</sub>	102	13	2	102	5	0
	21	4	0	21	0	0
Odkap [% h.m.]	21	5	1	21	0	0
Světlost [L*]	21	0	0	21	0	0

Tab. č. 10 - Výskyt jakostní odchylky PSE (%) na základě jednotlivých indikátorů

Ukazatele	Masokombinát B			Masokombinát B		
	n	PSEi	PSE	n	PSEi	PSE
Hodnota pH <sub>1</sub>	102	12,745	1,961	102	4,902	0,000
	21	19,048	0,000	21	0,000	0,000
Odkap [% h.m.]	21	23,810	4,762	21	0,000	0,000
Světlost [L*]	21	0,000	0,000	21	0,000	0,000

Tab. č. 11 - Výskyt jakostní odchylky PSE po objektivním posouzení

Masokombinát	n	ks		%	
		PSEi	PSE	PSEi	PSE
Masokombinát B	21	0	1	0,000	4,762
Masokombinát B	21	0	0	0,000	0,000

Na základě zjištěných hodnot PSE a PSEi lze konstatovat, že vzhledem ke způsobu omračování je omračování koncentrovaným CO<sub>2</sub> vhodnější způsob. Toto zjištění však pouze naznačuje vhodnost způsobu omračování, protože stejně jako

v případě předešlých vyhodnocení v diplomové práci je důležitý faktor vliv plemene v otcovské linii (plemeno Pn).

Vrba et al. (2010), kteří rovněž analyzovali výskyt PSE v závislosti na způsobu omračování, uvádějí, že na základě vyhodnocení hodnoty  $pH_1$  byl zjištěn největší výskyt PSE u elektrického způsobu omračování. Ze skupin omračovaných pomocí elektrického proudu byl největší výskyt PSE u plemene Pn v otcovské pozici.

Jelínek (2010), který též zkoumal, mimo jiné, výskyt jakostní odchylky PSE v závislosti na způsobu omračování, uvádí, že masokombinát, který změnil způsob omračování z elektrického na koncentrovaným  $CO_2$ , snížil výskyt jakostní odchylky PSE z 15 až 20 % na 3 až 7 % (jednokriteriální vyhodnocení –  $pH_1$ ).

## 5.7 Vyhodnocení závislostí ukazatelů

V rámci diplomové práce byly sledovány i závislosti ukazatelů, které byly vyhodnoceny pomocí korelačních a determinačních koeficientů. Cílem sledování závislostí byla, mimo jiného, jistá predikce hodnot časově vzdálenějších od hodnot prováděných přímo po porážce (závislost odkapu masné šťávy nebo světlosti masa na hodnotě  $pH_1$ ). Závislosti hodnot souhrnně uvádí tab. č. 12.

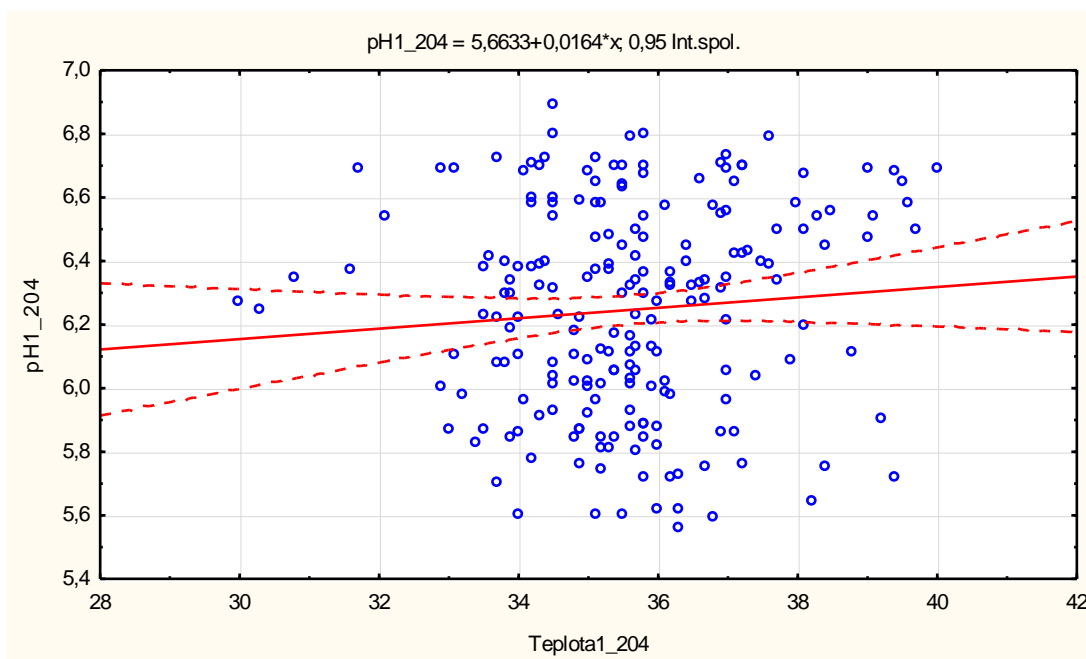
Tab. č. 12 – Korelační závislosti sledovaných jakostních ukazatelů

n	Ukazatel		r	R <sup>2</sup>
	Nezávislý	Závislý		
42	$pH_1$	$pH_{24}$	0,544	29,560 %
42	$pH_1$	$pH_{48}$	0,242	5,856 %
42	$pH_1$	Světlost [L*]	0,194	3,747 %
42	$pH_1$	Odkap m. šťávy [% h.m.]	0,586	34,351 %
204	Teplota [°C] <sub>1</sub>	$pH_1$	0,085	0,718 %

Výsledky závislostí byly překvapující. Ingr, (1993), Kadlec et al. (2009) nebo Steinhäuser et al., (1995) uvádějí jistou regresní závislost  $pH_1$  na teplotě po porážení,

kdy se v mase PSE prasat do hodiny *post mortem* v důsledku velmi intenzivních metabolických dějů (glykolýza) i chybějícího krevního oběhu zvyšuje teplota až k 43 °C. Toto tvrzení bylo ověřeno korelační analýzou a výsledek graficky znázorňuje graf č. 7.

Graf č. 7 – Závislost hodnoty pH<sub>1</sub> na teplotě (n = 204)

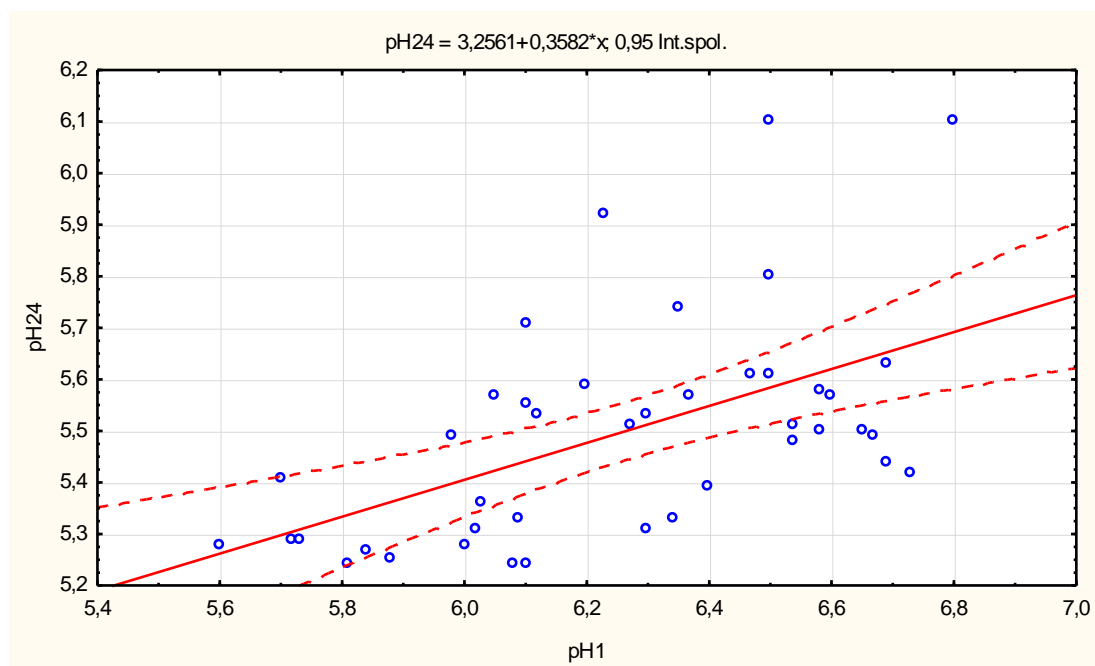


Korelační koeficient (r) 0,085 vykazuje slabou těsnost korelační závislosti a variabilitu hodnoty pH<sub>1</sub> lze z 0,718 % vysvětlit variabilitou teploty po poražení jatečných prasat. Funkci závislosti hodnoty pH<sub>1</sub> na teplotě rovněž znázorňuje graf č. 7.

V rámci sledování návaznosti hodnot v čase byly vyhodnoceny i korelační závislosti hodnot pH<sub>24</sub>, pH<sub>48</sub>, světlost masa a ztráta masné šťávy odkapáním na hodnotě pH<sub>1</sub>.

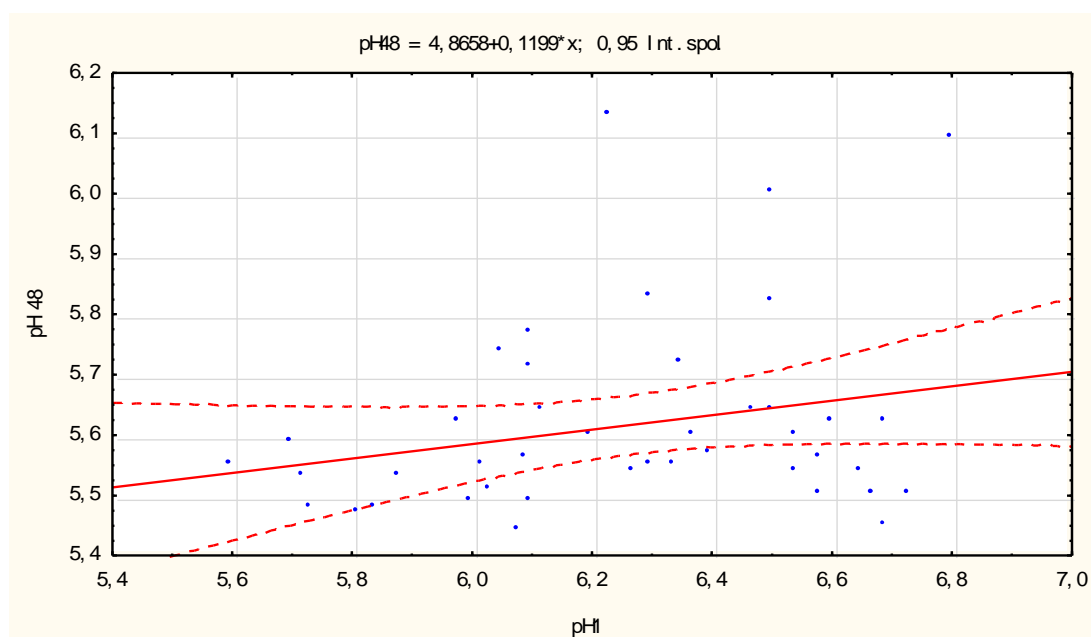
Závislost hodnoty pH<sub>24</sub> na hodnotě pH<sub>1</sub>, stejně jako funkci závislosti, znázorňuje graf č. 8. Korelační koeficient 0,544 udává střední těsnost korelační závislosti. Variabilita hodnoty pH<sub>24</sub> lze z 29,560 % vysvětlit variabilitou hodnoty pH<sub>1</sub> *post mortem*.

Graf č. 8 – Závislost hodnoty pH<sub>24</sub> na hodnotě pH<sub>1</sub> (n = 42)



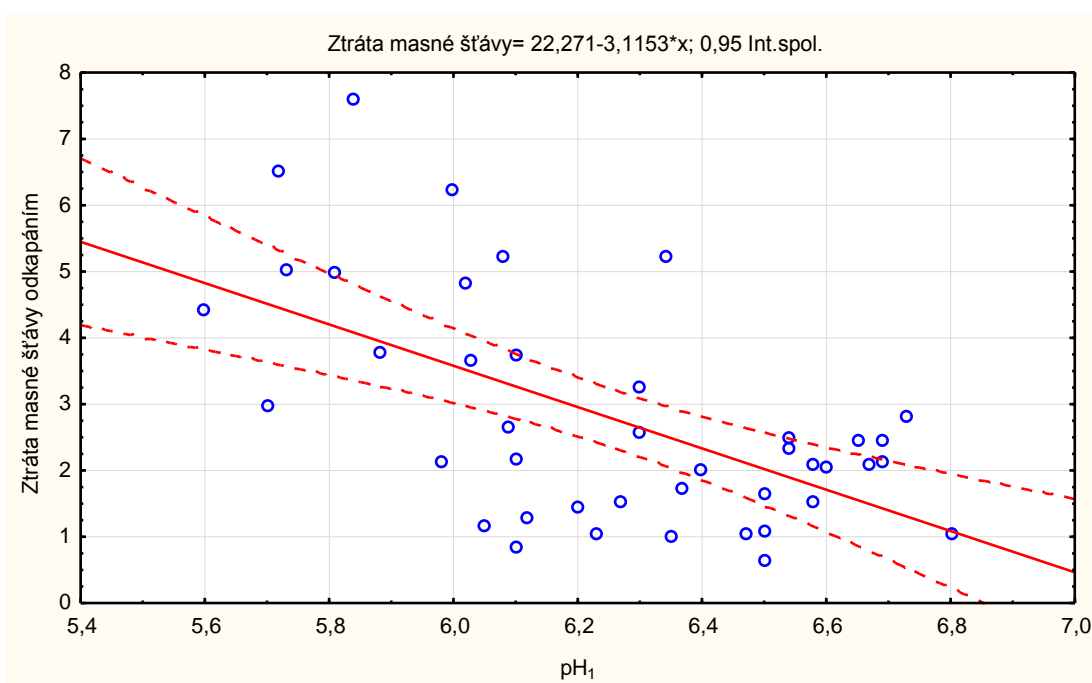
Těsnot korelační závislosti je u hodnoty pH<sub>48</sub> nízká (0,242) a variabilita této hodnoty je na hodnotě pH<sub>1</sub> závislá z 5,856 %. Závislost hodnoty pH<sub>48</sub> na hodnotě pH<sub>1</sub> názorně zobrazuje graf č. 9 spolu s funkcí této závislosti.

Graf č. 9 – Závislost hodnoty pH<sub>48</sub> na hodnotě pH<sub>1</sub> (n = 42)



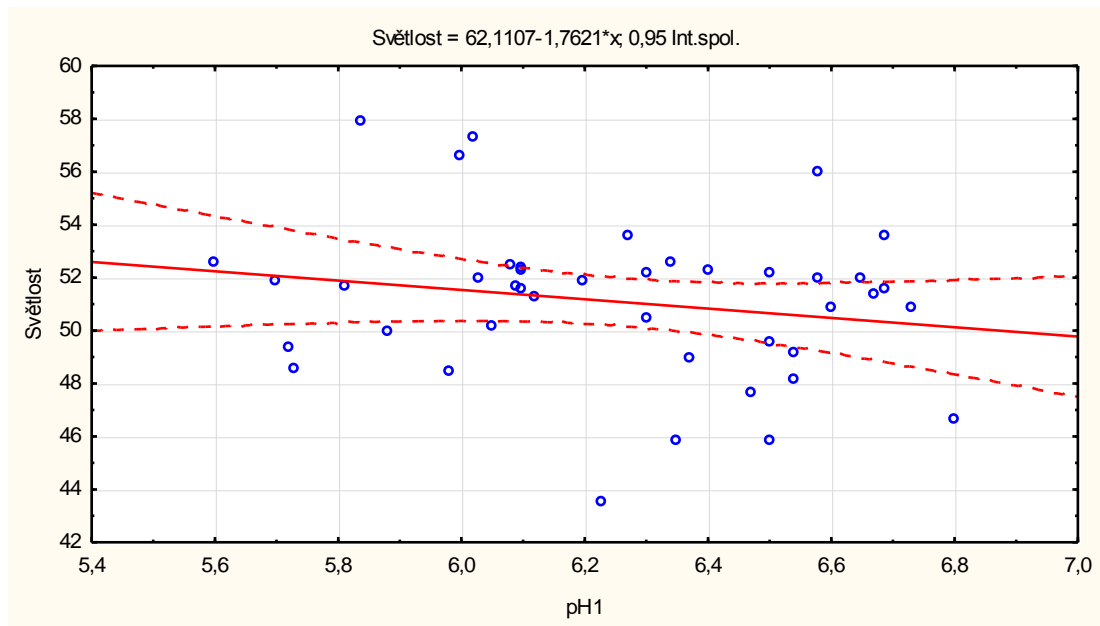
Velikost závislosti světlosti masa a ztráty masné šťávy odkapáním na hodnotě  $\text{pH}_1$  byla značně pod očekávání. Jak už bylo uvedeno, identifikace jakostní odchylky PSE je prováděna nejčastěji na základě hodnot  $\text{pH}_1$ , světlosti masa a ztráty masné šťávy odkapáním, a proto bylo očekáváno, že tyto hodnoty budou mezi sebou vykazovat vysokou závislost. Odkap masné šťávy vykazoval závislost na hodnotě  $\text{pH}_1$  z 34,351 % a těsnost korelační závislosti byla vyhodnocena jako střední (0,586). Grafické znázornění závislosti odkapu masné šťávy na hodnotě  $\text{pH}_1$  včetně funkce viz graf č. 10.

Graf č. 10 - Závislost odkapu masné šťávy na hodnotě  $\text{pH}_1$  (n = 42)



Světlost masa vykazovala ještě výrazně menší závislost (3,747 %) a spolu se slabou těsností korelační závislosti (0,194) lze konstatovat, že tento indikátor je na hodnotě  $\text{pH}_1$  téměř nezávislý. Znázornění včetně funkce viz graf č. 11.

Graf č. 11 – Závislost světlosti masa na hodnotě pH<sub>1</sub> (n = 42)



Na základě vyhodnocení korelačních závislostí měřených jakostních ukazatelů bylo zjištěno, že do vztahu mezi jednotlivými ukazateli vstupuje celá řada vlivů a že závislosti jsou výrazně nižší, než bylo očekáváno. Např. ztráta masné šťávy odkapáním je jedním z ukazatelů vaznosti masa a dle většiny autorů (Ingra, 2003; Kadlece et al., 2009; Pipka a Jirotkové, 2001 a Steinhausera et al., 1995) je tento indikátor závislý přímo na hodnotě pH. Z výsledků v diplomové práci však vyplynulo, že tato závislost není tak vysoká, jak autoři naznačují. Podobný závěr lze konstatovat i v případě světlosti a teploty masa *post mortem*. Nízká hladina závislosti hodnot pH<sub>24</sub> a pH<sub>48</sub> na hodnotě pH<sub>1</sub> lze vysvětlit posmrtným zráním masa a postupným ustalováním biochemických pochodů.

## 6. ZÁVĚR

PSE maso je nejčastější jakostní odchylkou vepřového masa. Tato jakostní odchylka se na jednotlivých zvířatech může projevovat v různých svalech a v různé intenzitě. Zasahuje však zejména cenné partie masa, jako jsou pečeně a kýta. Díky tomu způsobuje masokombinátům značné škody, protože maso s touto jakostní odchylkou je naprosto nevhodné pro výsek a také zpracování do masných výrobků je omezené, neboť vodnatost PSE masa a nízká vaznost mají své negativní důsledky.

Diplomová práce byla zaměřena na stanovení vybraných jakostních ukazatelů kvality vepřového masa, posouzení jakostní odchylky masa PSE, porovnání vlivu způsobu omračování, sledování vlivu stupně zasažení vepřového masa odchylkou PSE v čase od porážení do rozbourání a posouzení korelačních závislostí jakostních ukazatelů.

Výsledkem vyhodnocení bylo zjištění, že omračování jatečných prasat plynem CO<sub>2</sub> o koncentraci 90 % je z hlediska kvality masa vhodnější než omračování pomocí elektrického proudu o omračovacím napětí 230V. Hodnoty pH<sub>1</sub>, pH<sub>24</sub> a ztráta masné šťávy odkapáním prokazatelně dosahovaly příznivějších hodnot. Bohužel toto zjištění nemá plně vypovídající schopnost, protože otcovské linie finálních hybridů nebyly totožné.

Korelační závislosti jatečných ukazatelů, vyhodnocených na základě korelačního a determinačního koeficientu, nebyly tak vysoké, jak se na základě zjištěných skutečností z odborné literatury očekávalo. Nejvyšší závislost vykazovala ztráta masné šťávy odkapáním na hodnotě pH<sub>1</sub>.

Závěrem lze konstatovat, že způsob omračování jatečných prasat má významný vliv na konečnou kvalitu masa, ale nelze očekávat výrazné změny v českých masokombinátech ve smyslu změny technologie omračování elektrickým proudem na technologii omračování plynem CO<sub>2</sub>. Omračování pomocí CO<sub>2</sub> je výrazně nákladnější jak provozně, tak i změnou samotné technologie, a změnu lze očekávat spíše ve směru šlechtění prasat na nižší náchylnost na stres, to znamená snižování genotypu nn. Ačkoli nebyla diplomová práce zaměřena na vliv plemene, potažmo otcovské linie finálních hybridů, nepřímo byl tento vliv nastíněn. Plemena prasat



jako je Pietrain jsou typickými nositeli stresového genotypu nn a právě jeden ze sledovaných masokombinátů, který využíval omračování elektrickým proudem a dosahoval horších výsledků, porážel v době měření finální hybridy prasat otcovské linie s více než 75 % tohoto plemene.

## 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BARBUT, S. et al. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science: The official journal of the American Meat Science Association*. 2008, roč. 79, č. 1, s. 46-63. ISSN 0309-1740.

BEČKOVÁ, R. Vliv genu RYR1 a pohlaví na kvalitu masa mateřských a otcovských populací prasat. In: *Aktuální problémy šlechtění, chovu, zdraví a produkce prasat: sborník tezí přednášek z 2. mezinárodní konference = Current problems of genetic, breeding, health and production of pigs : book of abstracts of the 2nd international conference*. Vyd. 1. České Budějovice: Scientific Pedagogical Publishing, 1999, s. 267-268. ISBN 80-85645-35-1.

BRISKEY, E.J. et al. The effect of exhaustive exercise and high sucrose regimen on certain chemical and physical pork ham muscle characteristics. *Journal of Animal Science: The Premier Journal and Leading Source of New Knowledge and Perspective in Animal Science*. 1959, roč. 18, s. 173-177. ISSN 0021-8812.

ČEPIKA, Stanislav. Možnosti molekulární genetiky při šlechtění prasat. *Náš chov: časopis pro živočišnou výrobu*. 2007, č. 1, s. 88-92. ISSN 0027-8068.

ČEPIČKA, Jaroslav et al. *Obecná potravinářská technologie*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1995, 246 s. ISBN 80-708-0239-1.

DVOŘÁKOVÁ, Věra a Hana KRATOCHVÍLOVÁ. Využití genetických markerů pro potřeby šlechtitelů v chovech prasat. *Náš chov: časopis pro živočišnou výrobu*. 2009, č. 10, s. 35. ISSN 0027-8068.

FRISBYA, June, Declan RAFTERYA, Joe P. KERRYB a Dermot DIAMONDA. Development of an autonomous, wireless pH and temperature sensing system for monitoring pig meat quality. *Meat Science: The official journal of the American Meat Science Association*. 2005, roč. 70, č. 2, s. 329-336. ISSN 0309-1740.

GISPERT, M. et al. A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. *Meat Science: The official journal of the American Meat Science Association*. 2000, roč. 55, č. 1, s. 97-106. ISSN 0309-1740.

GREGORY, N.G. Animal welfare at markets and during transport and slaughter. *Meat Science: The official journal of the American Meat Science Association*. 2008, roč. 80, č. 1, s. 2-11. ISSN 0309-1740.

CHRÁSKA, Miroslav. *Metody sběru a statistického vyhodnocování dat v evaluačních pedagogických výzkumech*. Vyd. 1. Praha: Votobia, 2003, 155 s. ISBN 80-722-0164-6.

INGR, Ivo. *Hodnocení živočišných výrobků: cvičení : určeno pro posl. AF, PEF*. 1. vyd. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1993b, 108 s. ISBN 80-715-7072-9.

INGR, Ivo. *Produkce a zpracování masa*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. ISBN 80-715-7719-7.

INGR, Ivo. *Technologie masa*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1996, 273 s. ISBN 80-715-7193-8.

INGR, Ivo. *Zpracování zemědělských produktů*. 1. vyd. Brno: Vys. šk. zeměd., 1993a. ISBN 80-715-7058-3.

JANDÁSEK, Josef, Robert GÁL a Ivo INGR. Snížení jakostních odchylek vepřového masa po změně technologie porážení. In: *MendelNet'00*. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita: Brno, 2000, s. 117. ISBN 80-7157-457-0.

JANDÁSEK, Josef, Robert GÁL, Bohuslav KUČERA a Ivo INGR. Kvalita vepřového masa v závislosti na přijímací hmotnosti prasat. *Maso: odborný časopis pro výrobce, zpracovatele a prodejce masa, masných výrobků a lahůdek*. Praha: České a slovenské odborné nakladatelství, 2008, č. 3. ISSN 1210-4086.

JELÍNEK, Jan. *Chemické a nutriční hodnoty masa jatečných zvířat a změny masa v průběhu zrání a skladování*. Zlín, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Baťi ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Josef Mráz.

JOSELL, Åsa, Gertrud von SETHB a Eva TORNERG. Sensory quality and the incidence of PSE of pork in relation to crossbreed and RN phenotype. *Meat Science*:

*The official journal of the American Meat Science Association*. 2003, roč. 65, č. 1, s. 651-660. ISSN 0309-1740.

JŮZL, Miroslav, Josef JANDÁSEK, Jiří ODEHNAL a Ivo INGR. Kvalitativní znaky jakosti vepřového masa u plemene Pietrain. In: *MendelNet'04 Agro*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita: Brno, 2004, s. 91. ISBN 80-7157-813-4.

KADLEC, Pavel et al. *Technologie potravin I*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2002, 300 s. ISBN 80-708-0509-9.

KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2009, 536 s. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.

KAHÁNKOVÁ, Lenka. Výsledky vyhodnocení produkce prasat náchylných ke stresu (RYR1, HAL). In: *Aktuální problémy šlechtění, chovu, zdraví a produkce prasat: sborník tezí přednášek z 2. mezinárodní konference = Current problems of genetic, breeding, health and production of pigs : book of abstracts of the 2nd international conference*. Vyd. 1. České Budějovice: Scientific Pedagogical Publishing, 1999, s. 49-51. ISBN 80-85645-35-1.

KNOLL, A. Polymorfní genetické markery. In: *Šlechtění na masnou užitkovost a aktuální otázky produkce jatečných zvířat: sborník příspěvků = Meat Breeding and Actual Questions of Production of Animals for Slaughter : (proceedings of contributions) : Brno, 16.9.2008*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, s. 4-7. ISBN 978-80-903143-8-2.

KRÁL, Ondřej, Petr MATHAUSER a Jan BUDIG. Vliv jakosti vstupní suroviny na kvalitu celosvalových šunek a uzených mas. *Maso: odborný časopis pro výrobce, zpracovatele a prodejce masa, masných výrobků a lahůdek*. Praha: České a slovenské odborné nakladatelství, 2010, č. 1. ISSN 1210-4086.

KUO, C. C. a C. Y. CHU. Quality characteristics of Chinese sausages made from PSE pork. *Meat Science: The official journal of the American Meat Science Association*. 2003, roč. 64, č. 4, s. 441-449. ISSN 0309-1740.

LAHUČKÝ, R. Genetické a metabolické aspekty vzniku jakostních odchylek v kvalitě vepřového masa. In: *Aktuální problémy šlechtění, chovu, zdraví a produkce prasat: sborník tezí přednášek z 2. mezinárodní konference = Current problems of genetic, breeding, health and production of pigs : book of abstracts of the 2nd international conference*. Vyd. 1. České Budějovice: Scientific Pedagogical Publishing, 1999, s. 25-27. ISBN 80-85645-35-1.

MATOUŠEK, V., N. KERNEROVÁ, J. VÁCLAVOVSKÝ a A. VEJČÍK. Analýza ukazatelů jatečné hodnoty s ohledem na genotyp RYR1 a MC4R. *Acta fytotechnica et zootechnica: Vedecký časopis pre fytotechniku a zootechniku*. 2006, Mimoriadne číslo, s. 20. ISSN 1336-9245.

MATOUŠEK, Václav et al. *Chov prasat a drůbeže*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1997, 149 s. ISBN 80-704-0261-X.

MOLETTE, C., H. RÉMIGNON a R. BABILÉ. Maintaining muscles at a high post-mortem temperature induces PSE-like meat in turkey. *Meat Science: The official journal of the American Meat Science Association*. 2003, roč. 63, č. 4, 525–532. ISSN 0309-1740.

MÖRLEIN, Daniel et al. Evaluation of three pig crossbreed types with respect to strategies to improve the meat quality: MHS genotype rather than crossbreed type influences drip loss. *Archiv Tierzucht: Leibniz Institute for Farm Animal Biology*. 2007, roč. 50, č. 6, s. 605-618. ISSN 0003-9438.

NANNI COSTA, L. et al. Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype. *Meat Science: The official journal of the American Meat Science Association*. 2002, roč. 55, č. 1, s. 41-47. ISSN 0309-1740.

NOVÁKOVÁ, J., V. MATOUŠEK, N. KERNEROVÁ a D. RYBÁŘ. Vliv genotypu RYR1 na kvalitu masa u hybridních prasat. In: *Aktuální problémy šlechtění, chovu, zdraví a produkce prasat: sborník tezí přednášek z 2. mezinárodní konference = Current problems of genetic, breeding, health and production of pigs : book of abstracts of the 2nd international conference*. Vyd. 1. České Budějovice: Scientific Pedagogical Publishing, 1999, s. 88-90. ISBN 80-85645-35-1.

OFFENBARTL, Filip. Kvalita vepřového masa. In: GENOSERVIS A.S., Olomouc. *Genoservis.cz* [online]. 14.08.2002 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.genoservis.cz/cz/poradenstvi/clanky/slechtění-prasat/222-kvalita-vepřového-masa>

OLIVER, Maria Angels, Marina GISPERT a Alejandro DIESTREA. The effects of breed and halothane sensitivity on pig meat quality. *Meat Science: The official journal of the American Meat Science Association*. 1993, roč. 35, č. 1, s. 383-386. ISSN 0309-1740.

O'NEILL, D. J. et al. Effects of PSE on the quality of cooked hams. *Meat Science: The official journal of the American Meat Science Association*. 2003, roč. 64, č. 2, s. 113-118. ISSN 0309-1740.

PETR, Jiří a František LOUDA. *Produkce potravinářských surovin*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1998, 213 s. ISBN 80-708-0332-0.

PIPEK, Petr a Dana JIROTKOVÁ. *Hodnocení jakosti, zpracování a zbožiznalství živočišných produktů*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2001, 136 s. ISBN 80-704-0490-6.

PIPEK, Petr a Miloslav POUR. *Hodnocení jakosti živočišných produktů*. Vyd. 1. Praha: Kufr, 1998, 139 s. ISBN 80-213-0442-1.

PIPEK, Petr. Nové pohledy na jatečníctví III. *Maso: odborný časopis pro výrobce, zpracovatele a prodejce masa, masných výrobků a lahůdek*. Praha: České a slovenské odborné nakladatelství, 2009, č. 6. ISSN 1210-4086.

PIPEK, Petr. *Technologie masa*. 4., přeprac. vyd. Praha: [s.n.], 1995, 334 s. ISBN 80-708-0174-3.

PULKRÁBEK, Jan et al. *Chov prasat*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2005, 160 s. ISBN 80-867-2611-8.

SHEN, Q. W. et al. The halothane gene, energy metabolism, adenosine monophosphate-activated protein kinase, and glycolysis in postmortem pig longissimus dorsi muscle. *Journal of Animal Science: The Premier Journal and*

*Leading Source of New Knowledge and Perspective in Animal Science*. 2007, roč. 85, č. 4, s. 1054-1061. ISSN 0021-8812.

STEINHAUSER, Ladislav et al. *Hygiena a technologie masa*. 1. vyd. Brno: LAST, 1995, 643 s. ISBN 80-900260-4-4.

STEINHAUSER, Ladislav et al. *Produkce masa*. 1. vyd. Tišnov: Last, 2000. ISBN 80-900-2607-9.

STUPKA, Roman, Michal ŠPRYSL a Jaroslav ČÍTEK. *Základy chovu prasat*. 1. vyd. Praha: Powerprint, 2009, 180 s. ISBN 978-80-904011-2-9.

ŠIMEK, J., M. GROLIHOVÁ, I. STEINHAUSEROVÁ a L. STEINHAUSER. Carcass and meat quality of selected final hybrids of pigs in the Czech Republic. *Meat Science: The official journal of the American Meat Science Association*. 2004, roč. 66, č. 2, s. 383-386. ISSN 0309-1740.

TRNKA, Milan a Monika OKROUHLÁ. Svalová vlákna - významný ukazatel kvality vepřového masa. *Náš chov: časopis pro živočišnou výrobu*. 2007, č. 11, s. 32-33. ISSN 0027-8068.

TVRDOŇ, Zdeněk. Náhylnost prasat na stres a kvalita masa. In: GENOSERVIS A.S., PS Přerov. *Genoservis.cz* [online]. 06.09.2004 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.genoservis.cz/cz/poradenstvi/clanky/slechtění-prasat/223-nachylnost-prasat-na-stres-a-kvalita-masa>

VÁCLAVKOVÁ, Eva a Alena LUSTYKOVÁ. Faktory ovlivňující kvalitu vepřového masa. *Náš chov: časopis pro živočišnou výrobu*. 2010, č. 7, s. 32-33. ISSN 0027-8068.

VAN DE PERRE, V. et al. Effect of unloading, lairage, pig handling, stunning and season on pH of pork. *Meat Science: The official journal of the American Meat Science Association*. 2010, roč. 86, č. 4, s. 931-937. ISSN 0309-1740.

VAN OECKEL, M. J. a N. WARNANTS. Variation of the sensory quality within the m. longissimus thoracis et lumborum of PSE and normal pork. *Meat Science: The official journal of the American Meat Science Association*. 2003, roč. 63, č. 3, s. 293-299. ISSN 0309-1740.

VRBA, Jiří, Jan KOČÍB a Robert GÁL. Vliv způsobu omračování na kvalitu vepřového masa. *Maso: odborný časopis pro výrobce, zpracovatele a prodejce masa, masných výrobků a lahůdek*. Praha: České a slovenské odborné nakladatelství, 2010, č. 1. ISSN 1210-4086.