

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra speciální zootechniky



**FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ POSTMORTÁLNÍ ZRACÍ
PROCESY VEPŘOVÉHO MASA**

Bakalářská práce

Autor práce: Štěpán Zajíček

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Čítek, Ph.D.

© 2014 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci Faktory ovlivňující postmortální zrácí procesy vepřového masa jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10.4.2014

Štěpán Zajíček

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Jaroslavu Čítkovi, Ph.D. za ochotu, spolupráci a odborné vedení bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval své rodině, známým a kamarádům, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia a při psaní této práce.

Faktory ovlivňující postmortální zrání procesy vepřového masa

Souhrn

Bakalářská práce je zaměřena na popsání problematiky vepřového masa spojené s jeho kvalitou a faktory, které ji ovlivňují. Účelem je popsat ukazatele charakterizující kvalitu masa. Těmito znaky jsou barva masa, hodnota pH, šťavnatost, křehkost, chutnost, intramuskulární tuk, svalová vlákna, vaznost a elektrická vodivost masa, které se určují buď fyzikálně, nebo senzory.

Kvalitu masa určuje průběh postmortálních změn, kdy se nativní svalová tkáň přeměňuje na maso. Tyto postmortální zrání procesy probíhají ve čtyřech fázích: *prae rigor*, *rigor mortis*, zrání masa a hluboká autolýza. Každá fáze je charakteristická určitými vlastnostmi, změnami a biochemickými procesy v mase.

Na tyto posmrtné události má vliv celá řada faktorů působících také na kvalitu masa. Jsou to vlivy vnitřní a vnější. Mezi vnitřní faktory zahrnujeme genetiku a plemeno. Genetické šlechtění na vysoký podíl svaloviny však vyvolává větší náchylnost ke stresům a vadám masa. Do vnějších faktorů řadíme vyláčení, dopravu na jatky, předporážkové ošetření a ustájení, omračování a vykrvení.

Výše zmiňované faktory mají rozhodující vliv na jakostní odchylky masa. Nejvýznamnější odchylkou je PSE, dále DFD, RSE, PFN a Hampshire efekt. Každá jakostní odchylka se vyznačuje různými projevy a je vymezena právě kvalitativními ukazateli masa, které se určují dle různých parametrů. Vady masa se těmito hodnotám a parametrům vymykají.

Klíčová slova: prase, kvalita masa, posmrtné změny, PSE

Evaluation of effects on postmortem meat quality

Summary

The Bachelor's Thesis is focused on description of problematics concerning pork meat, its quality and the related factors. Its main intention is to understate the indicators characterizing meat quality. These indicators are color of the meat, pH value, succulence, tenderness, palatability, intramuscular fat, muscular fibres, binding capacity and electric conductance, which are identified either physically or sensorically.

Quality of meat is defined by the proces sof postmortal alterations, hen native muscular tissue is transformed into meat. These postmortal maturit processes progress in four phases: *prae rigor*, *rigor mortis*, meat maturit and deep autolysis. Each phase is characteristic with certain properties, alterations and biochemical processes in meat.

These postmortal alterations are affected by a wide sort of factors which also affect meat quality. The influences are external and internal. Among the internal factors genetics and breed are included. However, genetic breeding for a high ratio of musculature evocates higher disposition for stress and meat defects. Among the external factors we include fasting, slaughterhouse transportation, pre-slaughtering treatment and lairage, stunning and exsanguination.

Aforementioned factors are decisive in the deviations of grade of meat. The most important deviation is PSE, DFD, RSE, PFN and Hampshire effect. Each deviation of grade is distinguished by different demonstrations and is limited especially by the quality factors of meat, which are defined according to different parametres. Meat defects are especially excluded from these values and parameters.

Keywords: pig, meat quality, postmortem ganges, PSE

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Cíl práce.....	8
3 Literární rešerše.....	9
3.1 Kvalita masa.....	9
3.1.1 Barva masa.....	10
3.1.2 Hodnota pH.....	11
3.1.3 Šťavnatost.....	12
3.1.4 Křehkost.....	12
3.1.5 Chutnost.....	13
3.1.6 Intramuskulární tuk.....	13
3.1.7 Svalová vlákna.....	14
3.1.8 Vaznost.....	14
3.1.9 Elektrická vodivost masa.....	16
3.2 Postmortální zrací procesy.....	17
3.2.1 <i>Prae rigor</i>	18
3.2.2 <i>Rigor mortis</i>	19
3.2.3 Zrání masa.....	20
3.2.4 Hluboká autolýza.....	21
3.3 Abnormální zrací procesy.....	22
3.3.1 PSE.....	22
3.3.2 DFD.....	23
3.3.3 RSE a PFN.....	24
3.3.4 Hampshire efekt.....	25
3.4 Faktory ovlivňující průběh posmrtných změn.....	26
3.4.1 Vnitřní.....	26
3.4.1.1 Genetika.....	26
3.4.1.2 Plemeno.....	27
3.4.2 Vnější.....	28
3.4.2.1 Vylačnění.....	28
3.4.2.2 Doprava na jatky.....	29
3.4.2.3 Předporážkové ošetření a ustájení.....	31
3.4.2.4 Omračování.....	32
3.4.2.5 Vykrvení.....	36
4 Závěr.....	37
5 Seznam použité literatury.....	38

1 Úvod

Maso je součástí výživy člověka nejméně dva miliony let. Genom člověka a jeho fyzická stavba je adaptována na dietu s obsahem masa. Právem je proto považováno za nenahraditelnou složku výživy, i když je možné, leč obtížně, zajistit plnohodnotnou výživu i bez masa.

Jako maso jsou definovány všechny části těl živočichů, včetně ryb a bezobratlých, v čerstvém nebo upraveném stavu, které se hodí k lidské výživě. V užším slova smyslu se však masem rozumí jen kosterní svalovina, a to buď samotná svalová tkáň, nebo svalová tkáň včetně nedílných součástí svalových partií jako jsou vazivové součásti svalů, povrchový a intramuskulární tuk, cévy, nervy a kosti.

Maso je z nutričního hlediska velmi cenným zdrojem tzv. plnohodnotných bílkovin obsahujících všechny esenciální aminokyseliny, vitamínů - zejména skupiny B (důležitý je především B₁₂), nenasycených mastných kyselin, extraktivních látek a minerálních látek (především fosfor, síra, železo, hořčík a vápník).

Maso je oblíbenou složkou naší stravy a vedle nutričního významu je maso ve výživě důležité i svou chutností a lidé ho jedí rádi. V posledních letech se klade velký důraz na maximální podíl libové svaloviny a nízký podíl tuku, na hygienu při porážení jatečných zvířat a při zpracování masa, na zabezpečení jakosti a zdravotní nezávadnosti masa a masných výrobků. To vše se promítá do příslušné legislativy naší země a EU.

V České republice se podle nejnovějších dat Českého statistického úřadu pohybuje spotřeba masa okolo 79 kg na osobu a rok, z toho přes 50 % tvoří maso vepřové. U obyvatelů se těší velké oblibě, a proto by měla být věnována pozornost jeho kvalitě. Spotřebitelé totiž požadují zdravotně nezávadné a kvalitní maso. Nakládání s jatečně opracovanými těly jatečných zvířat je umožněno až po kontrole státního veterinárního lékaře provádějícího veterinární prohlídku.

Kvalita masa je určována velkou řadou vnitřních a vnějších faktorů, které jsou podmíněny vnímavostí zvířat na jejich souhrn. Působením těchto faktorů může docházet i k nežádoucím odchylkám v průběhu postmortálních změn a tím ke zhoršení jakosti masa vlivem různých svalových myopatií, které negativně ovlivňují organoleptickou i technologickou kvalitu masa.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je literární rešerše na téma faktory ovlivňující postmortální zrací procesy vepřového masa.

Práce popisuje kvalitu vepřového masa, jednotlivé ukazatele kvality masa, postmortální zrací procesy včetně jakostních odchylek masa a vybrané faktory, ovlivňující jejich vznik a průběh.

3 Literární rešerše

3.1 Kvalita masa

Kvalita masa je definována jako souhrn nutričních, sensorických, technologických a hygieno – toxických vlastností. Nutriční, neboli výživová hodnota, zahrnuje vitamíny apod. Sensorické vlastnosti zahrnují barvu, chuť, vůni, šťavnatost a křehkost. Technologické vlastnosti nám říkají, jestli je maso vhodné ke zpracování, jaký je podíl masa a tuku. Hygienicko – toxikologické vlastnosti udávají různé škodlivé látky, celkový stav zvířete a welfare (Bečková a Daněk, 2003).

Okamžikem usmrcení jatečného zvířete je ukončen jeho biologický život, ale *post mortem* dále probíhají ve svalových vláknech biochemické reakce. Postmortální období, v němž aktivně působí nativní enzymy, se označuje jako autolýza masa. Koeficient dědivosti u ukazatelů kvality je střední (0,2 – 0,4). Podíl tuku a masa, stupeň okyselení masa (pH), barva, vaznost masa, obsah intramuskulárního tuku (IMT, mramorování), chuť, vůně, šťavnatost a křehkost, tedy technologické a sensorické aspekty, jsou vedle nutričních a hygienických vlastností považovány zpracovateli a konzumenty za nejdůležitější (Stupka a kol., 2009).

Stupka a kol. (2009) dále uvádí, že extrémní šlechtění prasat na produkci masa vede ke snižování odolnosti vůči stresovým faktorům a k menší přizpůsobivosti k životním podmínkám. Vzhledem k existenci antagonismu mezi množstvím masa a jeho kvalitou způsobila ostrá selekce na vysoký podíl masa částečné zhoršení jeho kvality. Výsledkem těchto nežádoucích změn je výskyt jakostních odchylek masa.

Jakostní odchylky masa dle Stupky a kol. (2013):

- PSE, bledé, měkké, vodnaté (pale, soft, exudative),
- DFD, tmavé, tuhé, suché (dark, firm, dry),
- RSE, červené, měkké, vodnaté (reddish, soft, exudative),
- PFN, bledé, tuhé, nevodnaté (pale, firm, nonexudative),
- Cold shortening, zkrácení svalových vláken chladem
- Hampshire efekt, jako zvláštní podoba PSE.

Kvalita masa je však chápána rozdílně, jinak ji chápe vědec, jinak ekonom, producent, jiné požadavky má zpracovatel a ve vyspělých zemích kvalitu masa určuje až spotřebitel. Skutečná kvalita je ovlivňována souhrnem podmínek od odchovu a výkrmu až

k předporážkovým a porážkovým okolnostem a technologií zpracování (Bečková a Daněk, 2003).

Kovářová a kol. (2006) tvrdí, že je důležité objektivní stanovování jakosti masa pro všechny subjekty trhu, aby dostal spotřebitel maso té nejvyšší kvality.

Vyjma jatečné hodnoty, která přihlíží k hodnotě poraženého zvířete, je třeba rozlišovat i kvalitu masa, která se stanovuje podle fyziologických ukazatelů kvality (Hovorka a kol., 1987).

Dle Pulkrábka a kol. (2005) jsou nejvýznamnějšími kvalitativními ukazateli masa tyto: světlost masa, šťavnatost, křehkost, chutnost, intramuskulární tuk (mramorování), tloušťka svalových vláken a vaznost.

3.1.1 Barva masa

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 (Pulkrábek a kol., 2005).

Informace o barvě masa poskytuje především světlost, která je dána obsahem hemových barviv, hodnotou pH a hydratačním stavem masa a závisí na řadě intravitálních i technologických faktorů. Z hemových barviv jsou nejvýznamnější myoglobin a hemoglobin. Jejich molekula je tvořena komplexem bílkovinného řetězce globinu a barevné skupiny – hemu. Zatímco myoglobin má v molekule jeden tento komplex, hemoglobin čtyři (Pipek a Pour, 1998).

Myoglobin je svalové barvivo, které slouží jako zásobárna kyslíku ve svalech. Od hemoglobinu se liší větší afinitou ke kyslíku (podmínka předání kyslíku z krve do svalu). Hemoglobin je krevní barvivo, které zprostředkuje přenos kyslíku z plic do svalů. Podíl hemoglobinu závisí na tom, jak dostatečně bylo zvíře vykřveno (Pipek, 1995).

Barva masa se sleduje metodami, které využívají světelný odraz, světelný rozptyl, případně infračervené záření. Taktéž se v některých státech používá smyslové hodnocení, které se zakládá na porovnání odstínu s barevnou stupnicí (Stupka a kol., 2009).

V České republice se barva (světlost) stanovuje za 24 hodin *post mortem* na příčném řezu svalu MLLT (*musculus longissimus lumborum et thoracis*) v místě posledního hrudního

obratle pomocí speciálních fotometrických přístrojů GÖFO a Spekol. 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. Světlost (L*) je umístěna vertikálně, stupnice hodnot se rozprostírá od 0 (černá) do 100 (bílá). Souřadnice a* představuje barvu od zelené po červenou a souřadnice b* od modré po žlutou (Stupka a kol., 2009).

Tabulka 1: Mezní hodnoty pro stanovení jakostních odchylek vepřového masa

Maso	Remise Göfo (%)	Remise Spekol (%)	L*	a*	b*
Normální	55 – 79	14 – 24	52 – 58	10,5	18,3
PSE	méně než 55	25 a více	více než 58	10,7	19,9
DFD	více než 79	13 a méně	méně než 52	7,7	13,2

(Stupka a kol., 2009)

PSE maso má výrazně světlejší barvu než maso normální. Naopak u DFD masa je jeho barva ve srovnání s normálním masem tmavší (Pipek, 1995).

Pipek a Pour (1998) dodávají, že také hodnota pH ovlivňuje barvu masa. Čím je pH blíže k izoelektrickému bodu, tím je menší rozpustnost bílkovin, které pak vážou málo vody, světlo proniká jen do malé hloubky, více se odráží od povrchových vrstev a vytváří dojem světlejšího masa u PSE. Opačné poměry nastávají u tmavého DFD masa.

Na barvu masa má také vliv kreatin, který se nachází hlavně v kosterním svalstvu ve formě kreatinfosfátu. Je zdrojem energie pro svaly, tím oddaluje posmrtný metabolismus glykogenu, tvorbu laktátu a pokles pH během přeměny svalu v maso, což je žádoucí (Janicki et Buzala, 2013).

3.1.2 Hodnota pH

Stanovení pH lze považovat za vysoce průkaznou metodu při určování snížené kvality vepřového masa v návaznosti na průběh glykolýzy. U prasat s PSE masem zůstává kyselina mléčná ve svalových buňkách, pH proto bývá za 45 minut po porážce nízké. Hodnota pH₄₅ se stanovuje ve svalu *musculus longissimus lumborum et thoracis* na úrovni posledního hrudního obratle nebo ve středu svalu *musculus semimembranosus*. Dále se na jatkách

stanovuje za 24 hodin po porážce pH_{24} pro zjištění výskytu DFD masa ve shodných místech měření jako v případě pH_{45} (Stupka a kol., 2009).

Tabulka 2: Mezní hodnoty jakostních odchylek vepřového masa

Jakostní kritérium	pH_{45}	pH_{24}
Normální	více než 5,8	5,7 a méně
PSE	méně než 5,6	nestanovuje se
DFD	nestanovuje se	6,2 a více

(Stupka a kol., 2009)

3.1.3 Šťavnatost

Maso obsahuje zhruba 75 % vody. Proto je tomuto znaku věnována zvláštní pozornost. Šťavnatost je podmíněna schopností poutat vodu v tkáňových buňkách a udržet ji v maso při technologickém a kuchyňském zpracování. Je to velmi důležitý znak. Existuje řada objektivních metod ke stanovení obsahu vody. Velmi dobrou metodou je kombinovaná lis – filtrační metoda, při které se stanoví určité množství kapaliny vylisované z určitého vzorku masa a pak se změří plocha vzniklá na filtračním papíře vylisovanou tekutinou. Tato metoda je často používána ke stanovení šťavnatosti masa. Ještě přesnější metodou je “podíl volné vody“. Přitom se stanoví obsah vody a z plochy vzniklé lisováním vzorku masa na filtračním papíře se vypočítává množství, které připadne na volnou vodu. Velký vliv na šťavnatost masa má roční období. V teplém prostředí je podíl volné vody větší, zatímco při chladu nižší. Pro šlechtění je však důležité, aby rozdíly mezi různými skupinami potomstva u důležitých svalů byly vysoce signifikantní. Šťavnatost masa je nápadně pozměněná u anomálií způsobených stresovými procesy, tj. u PSE a DFD masa (Hovorka a kol., 1989).

3.1.4 Křehkost

Křehkost masa je dána jeho strukturou, stavem a chemickým složením. Pro dosažení křehkosti je třeba maso nechat dostatečně dlouho uzrát, aby se uvolnila posmrtná ztuhlost. Významně závisí i na obsahu pojivové tkáně, tedy na obsahu kolagenu, popř. dalších stromatických bílkovin, které strukturu masa zpevňují. K jejich uvolnění dochází rovněž enzymovou cestou při zrání masa. Křehnutí masa lze případně urychlit pomocí zkřehčovacích

enzymů – proteáz (např. papain) – nebo máčením do roztoku organických kyselin či jiných lázní. Rovněž kulinární zpracování dlouhodobým záhřevem v přítomnosti vody znamená převedení kolagenu na želatinu a změknutí masa. Křehkost je dále ovlivňována obsahem intramuskulárního tuku. Maso s vyšším obsahem tohoto tuku bývá křehčí. Křehkost masa se hodnotí buď sensoricky nebo objektivně pomocí různě konstruovaných textuometrů či tenderometrů. Nejčastěji užívanou veličinou je síla ve stříhu (N) naměřená pomocí Warnera a Bratzlera (Pipek a Pour, 1998).

Cannata et al. (2010) zkoumali vliv intramuskulárního tuku na křehkost a šťavnatost ve vepřové pečení. S nárůstem mramorování bylo pozorováno odpovídající snížení ztráty vody odkapem, vyšší pH, zvýšení křehkosti a šťavnatosti masa.

3.1.5 Chutnost

Chutnost je komplexní vjem chuti a aromatu. Na jejím vytváření se podílejí zejména extraktivní látky v mase, které vznikají v průběhu zrání masa. Významným nosičem extraktivních látek je tuk, v němž je řada těchto látek rozpuštěna. Proto maso s plnou chutí a vůní je takové, kde je přiměřeně vysoký obsah tuku a u něhož proběhly v dostatečné míře procesy posmrtného zrání. Vjem chutnosti souvisí i s dalšími vjemy, jako je výše zmíněná křehkost, šťavnatost aj (Pipek a Pour, 1998).

3.1.6 Intramuskulární tuk

Velký význam pro chuť a křehkost masa má tuk intramuskulární, zejména jeho intracelulární podíl, který je mezi buňkami rozložen ve formě žilek a tvoří tzv. mramorování masa. Maso, které má vyvinuté mramorování, je více ceněno než maso zcela libové (Pipek, 1995).

V jatečném těle prasat existují v obsahu intramuskulárního tuku značné topografické rozdíly. Nejnižší hodnoty (1,1 – 1,4 %) mají svaly kýty a hřbetní sval. Střední obsah (1,7 – 3,7 %) mají některé svaly plece a kýty a vysoký obsah (5 – 7 %) mají některé svaly krkovičky (Stupka a kol., 2009).

Ve vepřovém mase se ze sensorických důvodů požaduje minimálně 2 % vnitrosvalového tuku (Ingr, 2003b).

Význam intramuskulárního tuku v mase z hlediska senzoričké spočívá v tom, že:

- obaluje svalová vlákna,
- má přímý vliv na protučnění masa, křehkost, šťavnatost a chuť,
- redukuje tuhost masa a ztrátu vody při vaření,
- svalová vlákna jsou lépe oddělitelná při žvýkání,
- vyvolává hladší pocit při konzumaci masa v ústech.

Se vzrůstajícím podílem masa u nově šlechtěných prasat klesá podíl intramuskulárního tuku a vzrůstá podíl polynenasycených mastných kyselin, které způsobují zhoršení konzistence tuku (Stupka a kol., 2009).

Na množství intramuskulárního tuku a jeho složení mastných kyselin mají vliv různé kandidátní geny. Některé korelace byly pozitivně spojeny s ukládáním tuku a vztahem k mononenasyceným kyselinám. Využití těchto genů může být užitečné pro zkvalitnění vepřového masa (Wang et al., 2013).

3.1.7 Svalová vlákna

Typ svalových vláken, jejich tloušťka a hustota mají vliv na zařazení vepřového masa do jednotlivých kvalitativních skupin. Rozdělení do těchto skupin souvisí s klasifikováním svalového pH, vazností a světlostí masa se vztahem k charakteristice svalových myofibril (Kim et al., 2013).

Choi et al. (2012) dodávají, že koncentrace stresového hormonu kortizolu ve svalových vláknech má vliv na technologické a senzoričké vlastnosti masa. Koncentrace kortizolu byla pozitivně spojena se svalovým pH₂₄, a negativně s vazností, světlostí a měkkostí masa.

3.1.8 Vaznost

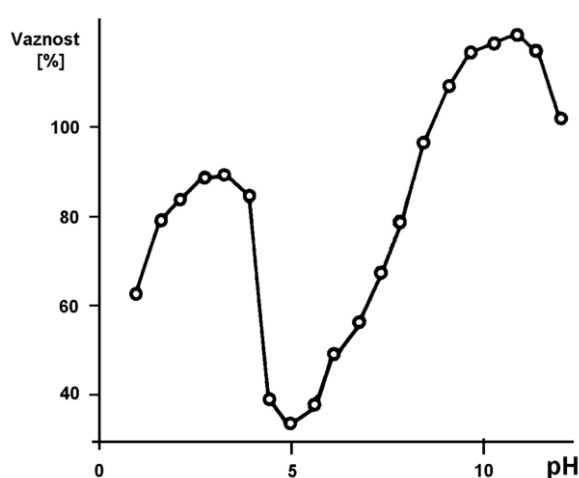
Významným znakem technologické jakosti masa je jeho vaznost, která závisí na podílu svaloviny, na podílu a kvalitě bílkovin masa a na mnoha dalších faktorech. Vaznost masa rozhoduje o ekonomickém výsledku zpracování masa na výrobky (Ingr, 1995).

Vaznost masa je definována jako schopnost masa udržet svoji vlastní, případně i přidanou vodu při působení nějaké síly nebo jiného fyzikálního namáhání (tlak, záhřev apod.). Čím je tato síla vyšší, tím více vody přejde z imobilizovaného stavu do stavu volně

pohyblivého. Vaznost se obvykle vyjadřuje jako podíl vody vázané (tj. hydratační a imobilizované) ku celkovému obsahu vody v masě. Nejpevněji je vázána hydratační voda, další podíly vody jsou imobilizovány mezi jednotlivými strukturálními částmi svaloviny, zbytek je volně pohyblivý v mezibuněčných prostorech (Pipek, 1995).

Vodu v masě lze rozdělit na vázanou a volnou. Čím vyšší je hodnota pH masa, tím je vyšší jeho schopnost imobilizovat větší množství vody a naopak. Vaznost je maximální hned po smrti, postupně v důsledku poklesu pH a odbourávání ATP klesá. Při *rigoru mortis* dosahuje nejnižších hodnot, v dalších stádiích zrání masa opět roste (Stupka a kol., 2009).

Obrázek 1: Vliv pH na vaznost



(Pipek, 1995)

Vaznost se stanovuje 24 – 48 hodin *post mortem* pomocí různých metod. Jejich podstatou je lisování, odstředování, odkap a podobně. Na základě dosažených výsledků byly stanoveny mezní hodnoty určení PSE masa (Stupka a kol., 2009).

Tabulka 3: Mezní hodnoty pro stanovení jakostních odchylek vepřového masa

Metoda stanovení	Mezní hodnota
Obsah volně vázané vody	> 45 %
Ztráta vody varem	> 40 %
Schopnost masa vázat vodu	> 40 %
Ztráta masové šťávy odkapem	> 5 %

(Stupka a kol., 2009)

Z faktorů, které ovlivňují schopnost masa vázat vodu, je třeba zdůraznit pH, koncentraci solí, obsah některých iontů, intravitální vlivy, průběh posmrtných změn, rozmělnění masa. Mnohé z těchto faktorů je možné technologicky ovlivňovat, a tím také dosáhnout žádoucí vaznosti (Pipek a Pour, 1998).

Klíčové při ovlivnění schopnosti masa vázat vodu jsou posmrtné události, včetně rychlosti a rozsahu poklesu pH, proteolýzy a dokonce i oxidace proteinů. Velká část vody ve svalstvu je umístěna ve struktuře buňky. Klíčové jsou proto změny uvnitř svalových buněk, které zadržují vodu. S postupnou posmrtnou ztuhlostí je voda vytlačována do mezibuněčných prostor, odkud se snadněji ztrácí odkapem (Huff-Lonergan et Lonergan, 2005).

Zelechowska et al. (2012) potvrzují, že hodnota pH souvisí s vazností. Ve srovnání s normálním masem dochází u PSE masa v důsledku degradace ATP a vyšší kyselosti masa ke ztrátě odkapem větší než 5 %. To se negativně odráží na křehkosti a barvě masa, která je světlejší.

3.1.9 Elektrická vodivost masa

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 (Stupka a kol., 2009).

Elektrická vodivost je přesná metoda pro rozlišení kvality vepřového masa. PSE a RSE maso obsahuje více volné tekutiny, která obsahuje nabitě látky zvyšující elektrickou vodivost. Naopak DFD maso je odolnější vůči průchodu proudu (Lee et al., 2000).

3.2 Postmortální zrací procesy

O kvalitě masa rozhoduje kromě jiných faktorů i průběh posmrtných změn, kdy se nativní svalová tkáň přeměňuje na maso. V organismu slouží svaly k přeměně energie chemických vazeb na mechanickou práci, kterou je zajišťována převážná část potřebných funkcí organismu. Dvěma nejdůležitějšími bílkovinami, které se podílejí na kontrakci svalu, jsou aktin a myosin. Jsou uspořádány ve filamentech tak, že je možné jejich teleskopické zasunutí (Pipek a Pour, 1998).

Energie potřebná pro svalovou kontrakci se získává štěpením ATP. Aby byl sval schopen další kontrakce, je třeba ATP resyntetizovat. K tomu se potřebná energie získává štěpením svalového glykogenu. Jestliže je ve svalech dostatek kyslíku, je svalový glykogen aerobně odbouráván až na oxid uhličitý a vodu v Krebsově cyklu, přičemž se z 1 molekuly glykogenu vytvoří 39 molekul ATP a dále se uvolní i teplo pro udržení tělesné teploty (Steinhauser a kol., 1995).

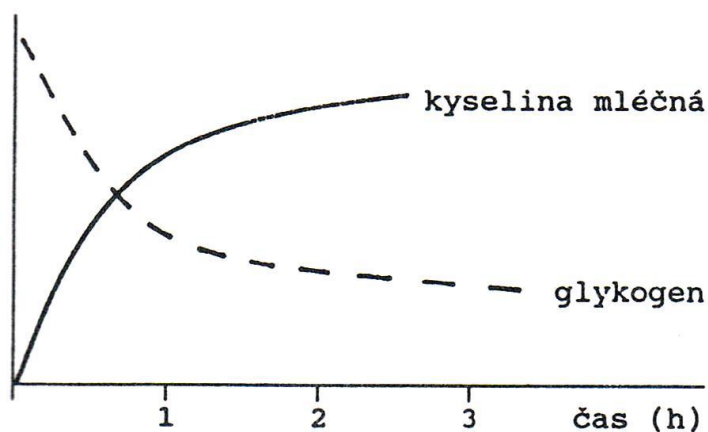
Při mimořádné fyzické zátěži organismu je spotřebováno více kyslíku, než může krev do svalu dodat. V tomto případě je glykogen enzymově odbouráván na kyselinu mléčnou. Vzniklá kyselina mléčná je odváděna do jater, kde se z větší části resyntetizuje na glykogen a z menší části se oxiduje na kyselinu pyrohroznovou. Glykogen se v játrech štěpí na glukózu, která se dopraví do svalů a tam se přemění na svalový glykogen. Kyselina pyrohroznová se dále oxiduje v Krebsově cyklu a slouží k získání energie (Ingr, 2003b).

Tyto posmrtné, postmortální změny, probíhají ve čtyřech stádiích:

- období před rigorem (prae rigor),
- rigor mortis,
- zrání masa,
- hluboká autolýza.

Na počátku těchto změn nastane při usmrcení zvířete přerušení krevního oběhu a současně i přerušení přívodu kyslíku. V důsledku toho začínají ve svalech převládat anaerobní pochody nad aerobními. Rychle ubývá zásob glykogenu (obr. 2), vzniklá kyselina mléčná se po přerušení krevního oběhu nedostává k resyntéze do jater, hromadí se ve svaly a způsobuje okyselení. Tento proces pokračuje až do dosažení pH, při němž jsou inaktivovány příslušné glykolytické enzymy (Pipek, 1995).

Obr. 2: Schématický průběh změn obsahu glykogenu a kyseliny mléčné ve svalu v průběhu prvních tří hodin post mortem.



(Steinhauser a kol., 1995)

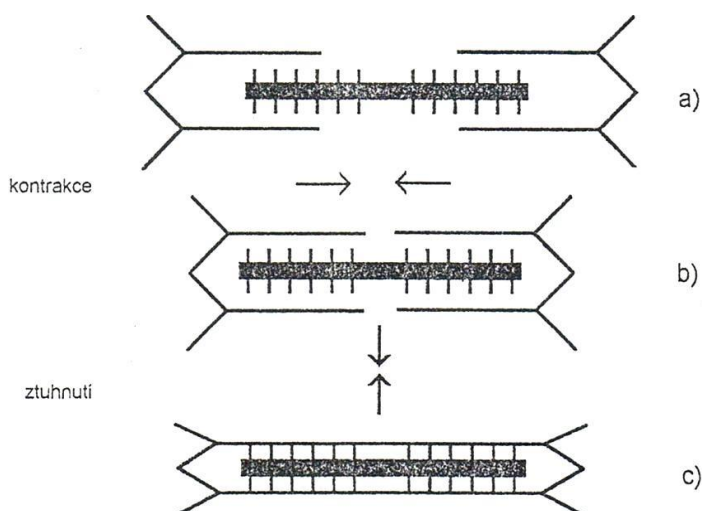
3.2.1 *Prae rigor*

První stadium posmrtných změn, tj. období před nástupem rigoru mortis, je charakterizováno přítomností dostatečného množství ATP, takže aktin a myosin jsou udržovány disociované. V tomto období má maso vysokou vaznost způsobenou vzdáleným pH od izoelektrického bodu. Není tuhé, neuvolňuje vodu, je velmi vhodné pro zpracování na mělněné masné výrobky. Označuje se jako maso "teplé"; tento pojem sice 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 (Pipek a Pour, 1998).

Zásadně je třeba odlišovat posmrtnou kontrakci, kdy se zasouvají filamenta do sebe v podélném směru, od posmrtné ztuhlosti, kdy se filamenta spojují v příčném směru (obr. 3). Oba procesy probíhají *post mortem* ireversibilně na rozdíl od fyziologické kontrakce. Ztuhnutím - vytvořením příčných vazeb mezi aktinem a myosinem přechází maso do druhé fáze posmrtných změn (Pipek, 1995).

Obr. 3: Schéma posmrtné kontrakce a posmrtného ztuhnutí

a) relaxovaný sval, b) sval po kontrakci, c) ztuhlý sval



(Pipek, 1995)

3.2.2 Rigor mortis

Během prvního období postupně nastávají procesy, které vedou ke stadiu druhému - *rigoru mortis*. Pokles koncentrace ATP vede ke ztrátě jeho dosavadní funkce vápníkové pumpy a vápníkové ionty se uvolňují ze sarkoplazmatického retikula do prostoru myofibril. Tím se vyvolává posmrtná ztuhlost svaloviny, v níž je svalová kontrakce nevratná (Ingr, 2003b).

Rozhodující je koncentrace ATP a nikoliv pH (jak se mnohdy chybně uvádí). Snížením koncentrace ATP pod určitou mez se již nestačí udržovat aktin a myosin v disociovaném stavu a jejich filamenta se spojují za vzniku aktinomyosinového komplexu. Svalovina se zpevňuje, ztrácí svoji průtažnost a stává se tuhou (Steinhauser a kol., 1995).

Hodnota pH klesá od počátku posmrtných změn (od smrti) až do úplného *rigoru mortis*. Příčinou poklesu pH je vytvoření kyseliny mléčné z glykogenu, oxidu uhličitého z doznívající aerobní glykolýzy a kyseliny fosforečné z ATP. Pokles hodnoty pH závisí na řadě faktorů, jako je teplota, zásoba glykogenu v okamžiku porážky, druh zvířete aj. V některých případech dochází k odchylnému průběhu (tzv. PSE a DFD maso), který negativně ovlivňuje jakost masa (Pipek, 1995).

Na rychlost a pokles hodnoty pH má také vliv denaturace metabolických proteinů. Ta má také vliv na vaznost masa, barvu a je částečně zodpovědná i za změny pozorované u PSE masa (Gratacos-Cubarsi et Lametsch, 2008).

Tzv. úplného *rigoru mortis* se zpravidla dosáhne do 20 hodin od porážky a trvá 24 až 48 hodin. Při teplotách 10 – 38 °C bývá pH 5,5 – 5,6 (Steinhauser a kol., 1995).

Ve stadiu *rigoru mortis* se výrazně zhoršuje vaznost masa. Příčinou zhoršení vaznosti je snížené pH a jeho přiblížení se izoelektrickému bodu svalových bílkovin (Ingr, 2003b).

Vzhledem ke snížené vaznosti a vysoké tuhosti nelze maso v *rigoru* zpracovávat. Maso v této fázi klade velký odpor při řezání, čímž vznikají velké energetické ztráty. Zvýšený ohřev při řezání vede k lokální denaturaci v místě řezu a tím k dalšímu snížení vaznosti. Vše pak znamená ztrátu masové šťávy, která vytéká z masa (Pipek a Pour, 1998).

3.2.3 Zrání masa

Třetí fází postmortálních změn je zrání masa, kdy se postupně uvolňuje ztuhlost svalu, zlepšuje se vaznost, mírně roste pH a výrazně se zlepšují organoleptické vlastnosti (Pipek, 1995).

Zrání masa se dotýká hlavně bílkovin, především myofibrilárních. Fragmentaci myofibril katalyzují nativní proteolytické enzymy, ale za sebou se uplatňují i procesy mikrobiální. Uvolňování *rigoru mortis* je provázeno postupnou degradací kyseliny mléčné a současným zvyšováním pH masa. Dochází k disociaci aktinomyosinového komplexu na aktin a myosin. Rovněž dochází ke štěpení kolagenu (Steinhauser a kol., 1995).

Změny dle Pipka a Poura (1998), k nimž dochází během zrání, lze shrnout takto:

- zvyšuje se pH, nedosahuje však již původní hodnoty,
- vaznost opět roste, nedosahuje však již úrovně teplého masa,
- křehkost masa stoupá,
- zvyšuje se rozpustnost bílkovin,
- vytváří se žádoucí chutnost (vliv rozpadu nukleotidů).

Steinhauser (1995) říká, že doba zrání masa závisí na jeho druhu a skladovací teplotě. Musí se počítat s tím, že proces zrání masa běží neustále při jakémkoli zacházení a s rostoucí teplotou se zrání masa urychluje. Čím vyšší je teplota ve svalech, tím rychleji probíhají biochemické procesy v mase.

U vepřového masa se doba zrání při teplotě 0 °C pohybuje v rozmezí 2 – 3 dnů. Pro předejití mikrobiální kontaminace masa probíhá zrání v chladírnách (Kadlec a kol., 2009).

3.2.4 Hluboká autolýza

Zrání masa přechází plynule do stadia hluboké autolýzy. Toto stadium je u masa vyloženě nežádoucí. Bílkoviny a jejich degradační produkty z fáze zrání se dále odbourávají na nižší peptidy a na aminokyseliny a dokonce až na konečné produkty (amoniak, aminy, sirovodík aj.), které vedou k nepříjemným smyslovým vlastnostem masa. Začínají se zřetelně rozkládat i tuky. Fáze hluboké autolýzy je již provázena mikrobiální proteolýzou, maso se zřetelně kazí a je jako potravina nepříjemné (Steinhauser a kol., 1995).

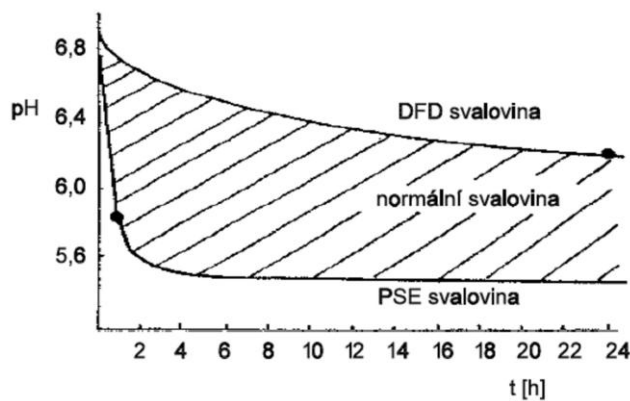
3.3 Abnormální zrací procesy

Díky intenzivní selekci prasat na maximální procento svaloviny v jatečné půlce se v menší či větší míře projevuje zvýšená citlivost zvířat ke stresu, což má za následek výskyt vad masa, které nazýváme jako maso PSE (pale – soft – exudative, bledý – měkký – vodnatý) nebo DFD (dark – firm – dry, tmavý – tuhý – suchý). Nejedná se o maso nemocných zvířat, nýbrž o jakostní vadu masa, která vzniká až po porážce zvířete v důsledku biochemických změn masa (Pulkrábek a kol., 2005).

Stupka a kol. (2009) dodává, že kromě nejvýznamnějších odchylek PSE a DFD existují i další odchylky, jako jsou např. hampshire efekt, RSE, PFN a cold shoterling (chladové zkrácení vláken).

Pipek (1995) tvrdí, že hlavním znakem v procesu posmrtných změn oproti normálnímu masu je průběh hodnoty pH (obr. 4), které po usmrcení zvířete buď velmi rychle klesá a nabývá nižších hodnot než u normálního masa (PSE maso), nebo naopak k tomuto snížení pH skoro vůbec nedojde (DFD maso).

Obr. 4: Posmrtné změny hodnoty pH u normálního, PSE a DFD masa.



(Pipek, 1995)

3.3.1 PSE

Kvalita vepřového masa závisí na různých genetických a environmentálních faktorech. Přes značné úspěchy v oblasti jatečných podmínek a genetického zlepšování prasat trpí masný průmysl velkou variabilitou v kvalitě masa. PSE je stále jedním z hlavních problémů v této oblasti (Franck et al., 2007).

Aby došlo ke skutečnému projevu odchylky PSE, tak je podle Stupky a kol. (2009) rozhodující situace těsně před porážkou a bezprostředně po ní. V těle prasat náchylných na maso PSE se v okamžiku jejich smrti začne velmi rychle degradovat glykogen a adenosintrifosfát (ATP) na kyselinu mléčnou a inosinovou. Při této reakci poklesne pH do 45 minut na hodnotu 5,6 a nižší.

Díky hlubokému poklesu pH a vysoké teplotě masa dochází k částečné denuraci svalových bílkovin. Oba jevy vedou k tomu, že má maso výrazně nižší vaznost vody, tkáň je měkká, uvolňuje velké množství vody (což je nežádoucí z hlediska technologického i ekonomického). PSE maso má mnohem světlejší barvu, než maso normální.

Při teplotách masa pod 30 °C nedochází ke vzniku PSE, naopak při teplotách nad 39 °C bývá existence PSE výrazná (Pipek a Pour, 1998).

Na PSE maso mají vliv jak předporážkové, tak i posmrtné faktory, jako například genetika, výživa, roční období, stres během přepravy zvířat, zpracování a skladování jatečně upravených těl. Existují spolehlivé ukazatele kvality (pH, barva masa, světlost 24 h post mortem, elektrické vodivost, atd.) oddělující PSE maso od normálního. Pokud zůstává teplota svalu vysoká (kolem 40 °C), aktivuje se glykogenfosforyláza, což vede k rychlému hromadění kyseliny mléčné a poklesu pH a předurčuje to maso k rozvoji PSE (Lesiow et Xiong, 2013).

PSE maso je nevhodné pro kulinární úpravy, protože se spéká, dochází u něj k vysokým ztrátám šťávy a maso je pak tudíž tuhé a suché. V masné výrobě působí PSE maso potíže zejména vzhledem k nízké vaznosti a velkým ztrátám při tepelném opracování. PSE maso se používá do spojky mělněných výrobků (párky, měkké salámy), protože zde nebyly zjištěny rozdíly ve výtěžnosti oproti normálnímu masu (Pipek, 1995).

3.3.2 DFD

DFD maso má opačné vlastnosti než PSE, zejména zde dochází k nepatrnému snížení pH. Z toho vyplývá, že má maso vysokou vaznost, tkáň je tuhá a vzhledem k dobré vaznosti se maso jeví jako suché a málo šťavnaté. V porovnání s normálním masem je barva DFD masa tmavší. Je to způsobeno koloidním stavem bílkovin, svalová vlákna jsou více nabobtnalá, díky tomu povrch hůře rozptyluje dopadající světlo a maso se zdá tmavší (Pipek a Pour, 1998).

Stupka a kol. (2009) uvádí, že vada DFD je nejvíce spojována s hovězím masem. Její výskyt se však projevuje i u vepřového masa. Základní příčinou vady DFD je nadměrné fyzické vyčerpání zvířete těsně před porážkou. U takto vyčerpaných zvířat se glykogen ve

svalech sníží k minimální hladině a vzniklá kyselina mléčná je odváděna krevním řečištěm pryč ze svaloviny. Nejvýznamnější negativní vlastností je špatná údržnost masa a z toho vyplývající náchylnost k rychlému kažení. DFD maso nemá svoji obvyklou vlastní kyselost, a proto snadno podléhá mikrobiální destrukci. Hodnota pH za 24 hodin nabývá hodnoty 6,2 a vyšší.

U DFD masa dochází k odbourání glykogenu na kyselinu mléčnou ještě před vykrvením. Vytvořená kyselina mléčná, která je normálně in vivo odváděna do jater k resyntéze, je u DFD masa vyplavena s krví z těla ven. Kyselina mléčná z jater se po přerušeném krevním oběhu nemůže dostat zpět do svalu. Proto je ve svalů nízká koncentrace této kyseliny a pH je v důsledku toho vysoké (Pipek, 1995).

Fischer (2007) potvrzuje, že hlavní příčinou tvorby DFD masa je nedostatek glykogenu ve svalů v době porážky a tím nedostatečná tvorba laktátu. Díky tomu zůstává konečné pH nad hodnotou 6,0 a je zodpovědné za většinu atypických změn. Dlouhá přeprava a čas ustájení může být jeden hlavních důvodů vyčerpání glykogenových zásob v živém svalů. Důležitá je také vysoká sekrece katecholaminů a silné svalové kontrakce před porážkou.

Na DFD maso mají ve velké míře vliv předporážkové faktory. Mezi hlavní studované problémy patří vliv teploty, vlhkosti, hustoty osazení a míchání různých skupin zvířat při přepravě jatečných zvířat. Dále také vliv ročního období, lačnění, způsob ustájení a systém omráčení (Guardia et al., 2005).

Názory na použitelnost DFD masa pro kulinární účely se různí. Při tepelném opracování se uvolňuje málo šťávy, proto je maso po krátkodobém záhřevu křehké a šťavnaté. Negativně je však posuzována nevýrazná chuť a vůně. DFD maso je vhodné pro výrobu měkkých salámů díky své vysoké vaznosti (Pipek a Pour, 1998).

3.3.3 RSE a PFN

Podrobnější kritéria v třídění jakosti vepřového masa byla zavedena v USA. RSE (reddish – soft – exudative, červené – měkké – vodnaté) a PFN (pale – firm – nonexudative, bledé – tuhé – nevodnaté) se označuje jako maso takzvaně spotřebitelsky přijatelné (Ingr, 2003a).

RSE maso spadá do kategorie vepřového s přijatelnou barvou, ale má měkký a vodnatý charakter podobný masu PSE. Zatímco PFN maso má normální pevnou strukturu, ale

je podobné masu PSE svojí bledou barvou. RSE a PFN masa jsou jedněmi z hlavních problémů čítajících více jak 13 % všech jakostních závad. Nezdá se, že by denaturace myofibrilárního proteinu vysvětlovala nízkou vaznost vody v RSE mase. Tato nízká vaznost vody může být způsobena nízkým konečným pH a uložením fosforylázy a kreatinkinázy do myofibril. O jakostní třídě PFN je toho známo velmi málo, ale normální struktura tohoto masa napovídá o malé nebo žádné denuraci myofibrilárního proteinu (Kazemi et al., 2009).

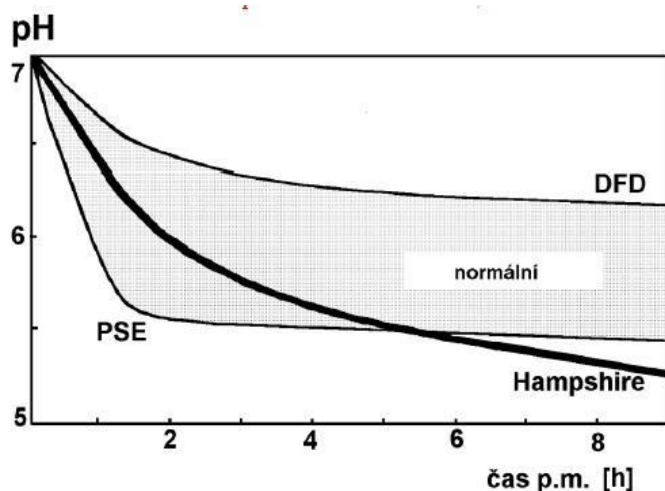
3.3.4 Hampshire efekt

Hampshire efekt představuje variantu defektu PSE. Souvisí se šlechtěním prasat na vysokou zmasilost (Stupka a kol., 2009).

Typ Hampshire masa se též označuje jako maso kyselé. Tato odchylka je způsobena major genem RN a jeho dominantní alelou m^+ . Účinky tohoto genu způsobují výrazné okyselení masa v důsledku vysokého glykolytického potenciálu, což způsobuje nejnižší možné hodnoty pH (Fischer, 2007).

Hodnota pH v mase se dostává až do oblasti izoelektrického bodu (5,3 – 5,4). Tento typ masa určíme dle pH_{24} , které je menší než 5,4, což má za následek horší vaznost masa, vyšší ztráty odkapem a světlejší barvu než maso PSE (Pipek, 1995).

Obrázek 5: Průběh pH u Hampshire masa



(Pipek, 1995)

3.4 Faktory ovlivňující průběh posmrtných změn

3.4.1 Vnitřní

3.4.1.1 Genetika

Rozdíl v kvalitě masa můžeme nalézt nejen mezi plemeny, ale také mezi jednotlivými zvířaty v rámci jednoho plemene. Tyto rozdíly mohou být z části ovlivněny genetickým původem a najdeme i malé genetické rozdíly u některých kvalitativních znaků (Konesz, 2001).

Cílem genetického šlechtění je z hlediska produkce masa především zvyšování jatečné výtěžnosti a jatečné hodnoty. Nejlepší variantou je takové složení jatečného těla, které poskytuje největší podíl svaloviny, optimální podíl tuku, minimum kostí a jatečného odpadu (Steinhauser a kol., 1995).

Nejvýznamnějším genem ve vztahu k masné užitkovosti je gen citlivosti ke stresům – CRC. Zprvu bylo zjištěno, že na jeho citlivost má anestetikum halotan. Odtud jeho označení HAL. Později byl označen jako ryanodinový receptor – RYR 1. Tento genotyp je v asociaci s několika významnými znaky produkce masa, proto ho také můžeme označit jako gen ekonomického znaku. Prasata homozygotně recesivních genotypů (nn) mají největší podíl libové svaloviny, ale také nejvyšší výskyt PSE masa. Z hlediska produkce a kvality masa jsou pro jateční účely nejvýhodnější prasata s genotypy Nn (Steinhauser a kol., 2000).

Tento gen váže projev syndromu maligní hypertemie, která je složkou adaptační schopnosti označované jako prasečí stresový syndrom PSS (Bečková a Daněk, 2003).

PSS je dědičné autozomálně recesivní onemocnění. V roce 1991 byla objevena mutace odpovědná za stresový syndrom prasat v genu RYR 1, která reguluje uvolnění Ca^{2+} v kanálu sarkoplazmatického retikula (Bonelli et Schifferli, 2001).

Genotyp RYR 1 nacházející se na šestém chromozomu je v dnešní době identifikován na úrovni DNA s velkou přesností. Recesivní alely tohoto genu se účastní zrychleného poklesu pH po smrti zvířete, snížení vaznosti vody v mase a modifikace barvy, což se podílí na typických změnách klasifikovaných jako maso PSE. Pozitivní účinky mají na podíl libové svaloviny, avšak je zřejmé, že zde dochází ke genetickému antagonismu mezi produkcí libového masa a kvalitou jednotlivých ukazatelů masa (Kuciel et Lahučký, 1996).

Silveira et al. (2011) hodnotili efekt halotanového genu na kvalitu vepřového masa. Hodnocení zahrnovalo tloušťku hřbetního sádla, procentuální podíl libové svaloviny, pH 24

hodin po porážce, barvu masa a ztráty odkapem. Prasata s HAL (Nn) genotypem měla menší tloušťku hřbetního sádla a vyšší procento libové svaloviny než prasata s HAL (NN) genotypem. pH 24 hodin po porážce bylo nižší u HAL (Nn). Barva masa byla bledší u HAL (Nn), ztráta odkapem vyšší u zvířat zahrnujících alelu n. Množství intramuskulárního tuku nesouviselo s halotanovým genotypem. Nositelé recesivní alely n u halotanového genu sice produkují více masa, ale jeho kvalita je nižší.

3.4.1.2 Plemeno

Plemeno představuje skupinu jedinců stejného druhu vzniklou historicky, se stejným fylogenetickým původem, shodnými morfologickými, fyziologickými, případně užitkovými vlastnostmi, které jsou předávány na potomstvo za předpokladu, že se výrazně nemění podmínky prostředí, v nichž plemeno žije (Stupka a kol., 2009).

Vliv plemene, případně užitkovosti má vliv na schopnost tvorby masa a ukládání tuku. Šlechtění jednotlivých plemen prasat a jejich speciální zaměření na masný a bekonový typ má vliv na konečnou jatečnou hodnotu a kvalitu masa. V hospodářsky nejvýznamnějších podílech jednotlivých tělesných komponentů, jako jsou maso a tuk, mohou být v jatečné půlce značné rozdíly (Hovorka, 1989).

V severských státech jsou plemena Duroc a Hampshire považována za vedoucí plemena v nejvyšší jakosti masa. Ve srovnání s jinými běžnými plemeny má Duroc vyšší obsah intramuskulárního tuku, což má kladný vliv na měkkost, šťavnatost a chuť masa. U Hampshire plemene byla prokázána vyšší kvalita čerstvého masa než u konvenčních genotypů. Ve Švédsku je z tohoto důvodu ve velké míře používáno plemeno Hampshire do otcovské pozice, společně s Durocem nebo Landrace. Ve většině ostatních zemí se však použití Hampshire plemene brání, protože výskyt RN genu vede k vysokému svalovému obsahu glykogenu a světlé (bledé) barvě svalu, která se konzumentům nelíbí (Bonneau et Lebret, 2010).

Lee et al. (2012) zkoumali odlišnosti plemen Berkshire, Duroc a Landrace. Berkshire prasata byla spojena s nejvyšším svalovým pH, nejnižší světlostí masa a nejnižší ztrátou odkapem. Naopak u Landrace bylo prokázáno nejnižší svalové pH, vyšší světlost masa a vyšší ztráta odkapem. Tyto hodnoty byly podobné jako u PSE masa. Maso z plemene Duroc je šťavnatější než z Landrace díky vyššímu podílu intramuskulárního tuku.

3.4.2 Vnější

3.4.2.1 Vylačnění

Prasata dodávána na jatky musí být dle normy ČSN 46 61 00 vylačněna, tj. 12 hodin bez krmení. Toto vylačnění má především dva důvody. Jedním je zpeněžení jatečných prasat v "živém" a druhým skutečnost, že normální zralosti masa může být dosaženo jen v případě, že obsahuje dostatečné množství glykogenu (Hovorka, 1989).

V mnoha zemích je běžnou praxí, že se od krmení odstupuje 12 – 18 hodin před porážkou zvířete, aby došlo ke snížení úmrtnosti během přepravy a ustájení a také ke snížení problémů s manipulací plných střev. Toto omezení krmení navíc snižuje mikrobiální kontaminaci masa během porážky. Na metabolismus před a po smrti zvířete má větší vliv vylačněné prase než nakrmené. Doba odejmutí krmiva má také vliv na rozsah poklesu pH v mase poražených zvířat a tím i na rozvoj PSE masa. Doba lačnění pomáhá redukovat většinu sacharidů použitelných pro postmortální přeměnu glykogenu na kyselinu mléčnou, snižuje zásobu glykogenu u prasat během porážky, zvyšuje konečné pH 24 hodin po porážce, čímž zlepšuje vaznost a barvu masa. Nejmenší riziko DFD a PSE masa bylo dosaženo lačněním mezi 14 – 22 hodinami s hodnotami 17 % a 7 % pro DFD a vážné DFD maso a hodnotami kolem 40 % a 4% pro PSE a vážné PSE maso (Álvarez et al., 2009).

Sterten et al. (2009) zkoumali vliv lačnění na svalové pH, ztrátu vody odkapem, barvu a měkkost masa. Krátká doba lačnění (4 hodiny) vede ke zpožděnému poklesu pH ihned po smrti zvířete a nižšímu pH₄₅ po porážce. V porovnání s delší dobou lačnění (26,5 hodiny) naopak dochází k rychlému poklesu pH post mortem a vysokému pH₄₅. Delší doba lačnění před porážkou zvířete snižuje ztrátu vody odkapem, maso má tmavší barvu a má tendenci zlepšovat jeho měkkost.

Tabulka 4: Některé účinky lačnění prasat na jejich welfare a kvalitu masa

Doba lačnění	Pozorované znaky
4 h	Vysoké riziko zvracení během přepravy
2 – 6 h	Mnohem vyšší míra úmrtnosti u přepravovaných prasat
4 – 12 h před nakládkou	Vhodné období pro odnětí krmení
6 – 12 h	Nízká úmrtnost u přepravovaných prasat
Nakrmení před přepravou	Větší averze vůči přepravě
Nakrmení v den přepravy	Větší ztráty smrtí
Lačnění přes noc	Zvýšené konečné pH masa, barva a vaznost
Zrušení krmení přes noc	Žádný vliv na kvalitu masa (PSE)
9 – 18 h	Zvýšení ztrát hmotnosti jatečně upraveného těla
<12 h nebo >18 h	Zvýšení celkové úmrtnosti (přepravní a ustájovací) a vyšší fyziologické reakce (kortisol)
16 – 24 h	Výhodné k balení
24 – 48 h	Snížení PSE masa u náchylnějších prasat ke stresu
>72 h	Žádný vztah ke konečné kvalitě s ohledem na pH 24 h po smrti zvířete
>96 h	Zvýšení výskytu DFD masa o 8 %

(Álvarez et al., 2009)

3.4.2.2 Doprava na jatky

Přeprava prasat na jatky je považována za jeden z nejdůležitějších předporážkových faktorů, protože i v těch nejlepších podmínkách může způsobit výrazný stres nebo únavu zvířat. Výsledkem jsou časté ztráty živé hmotnosti, nebo dokonce úmrtí, stejně jako postmortální změny metabolismu při zhoršení kvality masa (Álvarez et al., 2009).

Pipek a Pour (1998) doplňuje, že doprava na jatky je stejně významná činnost jako vlastní jatečné opracování nebo zpracování v masné výrobě, protože již zde se rozhoduje o budoucí jakosti masa.

Ideální podmínky pro přepravu jatečných zvířat jsou mezi 5 až 18 °C, při teplotě nad 23 °C se nedoporučuje zvířata přepravovat. V letních měsících se proto přepravují brzy ráno nebo pozdě večer (Steinhauser a kol., 2000).

Zvířata musí být řádně vylačňena a dobře napojena. Nevylačňena nebo dokonce překrmená zvířata špatně snášejí přepravu a ostatní manipulace a znesnadňují jatečný proces (Ingr, 2003b).

Přeprava zvířat má být nanejvýš ohleduplná, a to nejen z důvodů humánních, ale i vzhledem k jakosti masa a omezení ztrát. Během přepravy dochází k fyzickému i psychickému zatížení zvířat, objevují se zranění a někdy dochází i k úhynu (až 0,1 – 0,15 %).

Při přepravě dochází též ke ztrátám hmotnosti v souvislosti s odparem, resp. vydýcháním vody i fyzickým vyčerpáním, a to na úkor vnitřního tuku a glykogenu v játrech.

Během přepravy si mohou zvířata také přivodit četná zranění, jako např. zlomeniny, zhmožděny, škrábance, které si způsobují i navzájem (Pipek, 1995).

Významným faktorem při přepravě jatečných prasat je zvýšená citlivost ke stresu označovaná jako PSS (Porcine Stress Syndrome). Působení stresorů v předporážkovém období může vést k různě výrazným projevům. Od jakostních odchylek PSE nebo DFD masa až k úhynům zvířat vyčerpáním (Steinhauser a kol., 2000).

Mezi největší stresory ovlivňující psychiku prasat řadí Álvarez et al. (2009) tyto faktory: vzdálenost přepravy na jatky, typ dopravního prostředku a jeho rychlost, hustotu osazení, hluk, kontakt s neznámými lidmi, míchání zvířat různého původu, hlad, žízeň a únavu.

Pokud jde o dobu trvání přepravy, tak dlouhé vzdálenosti způsobují větší úbytek svalového glykogenu, což způsobuje zvýšení konečného pH 24 hodin po porážce a větší rozvoj DFD masa. Doprava kolem 1 hodiny nevede k výrazným ztrátám svalového glykogenu, takže zde nepozorujeme vývoj DFD masa. Kromě toho se snižuje množství kyseliny mléčné nahromaděné při nakládce zvířat a tím se normalizuje výskyt PSE masa (Álvarez et al., 2009).

Gajana et al. (2013) zkoumali vliv doby přepravy zvířat na jatka, vliv ročního období a vliv hustoty zvířat v přepravním prostředku na výskyt jakostních odchylek. Zjistili, že nejvyšší riziko výskytu PSE masa je v hustotě osazení zvířat v rozmezí mezi 0,1 – 0,5 m²/100 kg živé váhy, zatímco nad hodnotou 0,6 m² bylo maso kvalitativně v pořádku. Nejvyšší výskyt PSE masa byl zaznamenán na podzim a nejnižší na jaře. DFD maso bylo nejvíce zastoupeno v zimě a nejméně na podzim. Výskyt PSE masa se objevil při přepravní době delší jak 1,5 hodiny. Zvyšující se doba přepravy má za následek zvyšující se možnost PSE masa, jak je vidět na výrazném poklesu pH, viz tabulka 5.

Tabulka 5: Efekt hustoty osazení a doby přepravy na výskyt PSE masa jatečně upravených těl

Hustota osazení (m ² /100 kg živé hmotnosti)	pH	Klasifikace masa
0,1 – 0,29	5,31	PSE
0,3 – 0,5	5,37	PSE
0,6 – 1	5,57	Normální
2 – 3	5,69	Normální
>3	5,67	Normální
Doba přepravy (h)		
0 – 1	5,65	Normální
1 – 1,5	5,54	PSE
2 – 2,9	5,52	PSE
≥3	5,36	PSE

(Gajana et al., 2013)

3.4.2.3 Předporážkové ošetření a ustájení

Předporážkové manipulace s jatečnými zvířaty jsou důležitým úsekem v produkci masa. Mají vliv na ekonomiku produkce a zpracování jatečných zvířat a na jakost masa. Jatečná zvířata se dostávají do úplně nových situací, takže je na ně upřena pozornost i z hlediska etického, protože některé extrémní případy mohou být hodnoceny i jako týrání zvířat. Hodnocení předporážkových manipulací s jatečnými zvířaty má vliv na postmortální změny svaloviny a jakost masa (Ingr, 2003b).

Zvířata přivezená na jatky se zpravidla hned neporáží. Nechávací se nějakou dobu ustájená, aby se uklidnila, odpočinula a aby se mohla obnovit zásoba glykogenu ve svalovině (Pipek a Pour, 1998).

Jatečná zvířata se zařazují do jakostních tříd a poté se vhánějí do přijímacích ohrad. Zde probíhá ustájení dle druhu, pohlaví, případně i podle hmotnosti. Stáje jsou obvykle rozdělené na jednotlivé menší celky. Měly by být dostatečně větrané, avšak nesmí tam být průvan. Teplota by měla být přiměřená a v maximální možné míře je třeba omezit výskyt hmyzu, který zvířata zneklidňuje. Rovněž je třeba omezit i hluk ve stájích. Nutností je zajištění adlibitního přístupu k pitné vodě (Pipek, 1995).

Steinhauser a kol. (1995) dodává, že zvířata čekající na porážku je vhodné členit na malé skupiny, aby se zamezilo soubojům mezi jednotlivými zvířaty, jejich zneklidňování a fyzické námaze. Zvířata ze sociálně stabilizovaných skupin si zachovávají poměrně dobrou fyzickou a psychickou kondici i v nových podmínkách.

Z dnešní praxe víme, že prasata přepravovaná silničními dopravními prostředky zhruba do dvou hodin (tj. ze vzdálenosti 100 až 150 km), je vhodné porazit za 2 až 3 hodiny po přísunu. U dřívější porážky hrozí riziko výskytu PSE masa, příliš dlouhé čekání prasat na porážku zvyšuje riziko DFD masa (Steinhauser a kol., 2000).

Doba odpočinku zvířat před porážkou jim umožňuje obnovit svůj fyziologický stav, který ztratila během přepravy. Svalový glykogen se vrátí na normální úroveň a zvířata mnohem raději relaxují. Také kolísání teploty a relativní vlhkosti může mít vliv na konečnou kvalitu masa. Sprchování prasat studenou vodou se doporučuje po přepravě a před porážkou, aby se očistil povrch těla, snížila se agresivita zvířat a usnadnilo se omračení elektrickým proudem snížením impedance kůže (Álvarez et al., 2009).

Tabulka 6: Vliv doby předporážkového ustájení jatečných zvířat na jakost masa

Prasata poražena:	ihned	po 4 h	po 24 h
hmotnostní ztráty při ustájení (kg)	-	1,23	8,86
výtěžnost vztažená na živou hmotnost (%)	80,41	80,77	79,14
pH ₁	6,39	6,45	6,43
pH ₂₄	5,75	5,76	5,89
vaznost (cm ²)	6,59	7,55	7,16
světlost (%)	16,76	17,68	17,39

(Pipek, 1995)

3.4.2.4 Omračování

Manipulace s prasaty přiváděnými k porážce by měla být vzhledem k jejich výrazně vnímavosti ke stresům nanejvýš šetrná. Sprchování vodou o teplotě těla (37 – 39 °C) před porážkou přispívá k uklidnění prasat před porážkou. Zároveň se zvyšuje vodivost těla pro následné omračování elektrickým proudem. Současně se povrch částečně zbaví nečistot (Steinhauser a kol., 2000).

Hlavním důvodem omráčení je uvedení jatečného zvířete do stavu bezvědomí. Dojde k vyřazení centrální nervové soustavy z činnosti, přičemž je zachována srdeční činnost. Chybou je nedokonalé omráčení nebo naopak zabití zvířete (Ingr, 1996).

Při omráčení zvířete je třeba dbát na to, aby zvíře bylo vystaveno co nejmenšímu psychickému a fyzickému zatížení. Zároveň se usiluje i o zachování činnosti center v prodloužené míše, která řídí činnost srdce důležitou pro správné vykrvení. Obvykle se dnes požaduje, aby ztráta vědomí nastala během první sekundy omračování (Steinhauser a kol., 1995).

Ingr (2003b) dodává, že první pracovní operací u porážení jatečných zvířat je právě omračování. Omračování jatečných zvířat při jejich porážení je dokonce povinně přikázáno zákonem. Omračováním se dosahuje zejména následujících efektů:

- zabránění vnímání bolesti, kterou by zvíře trpělo při zabíjení při plném vědomí,
- usnadnění manipulace s omráčeným zvířetem,
- dokonalejší vykrvení posléze zabitého zvířete, což má pozitivní vliv na údržnost masa,
- předcházení stresu, který by mohla zvířata vnímat při zabíjení, jde tedy o prevenci vzniku PSE a DFD masa.

K omračování jatečných zvířat se používá tři základních způsobů v různých technických uspořádáních. Mechanického, elektrického a chemického.

3.4.2.4.1 Mechanické

Mechanické omračování patří mezi nejstarší omračovací způsoby. Bezvědomí zvířete je dosaženo otřesem mozku, překrvením a krvácením v části mozku po prudkém úderu na čelní kost. Uskutečňuje se dvojitým způsobem, a to buď tupým úderem na čelní kost, nebo proražením čelní kosti. K omráčení tupým úderem se používá palice. Úder se vede do průsečíku spojnic levého oka s pravým uchem a pravého oka s levým uchem. Takto se omračují prasata na domácích zabijačkách (Pipek, 1995).

Běžnější je omráčení proražením čelní kosti, kdy dochází k rozrušení předního mozku a k okamžité ztrátě vědomí. V činnosti zůstávají motorické části mozku, které vyvolávají silné svalové kontrakce. Současně se zvyšuje koncentrace adrenalinu, proto se u tohoto způsobu vyskytuje nejvyšší podíl PSE masa. Obvyklými zařízeními jsou porážecí pistole s volným nebo vázaným projektilem, z čehož nejvíce se používá pistole s vázaným projektilem (typ Schermer). Novějším typem jsou pistole pneumatické (Pipek a Pour, 1998).

3.4.2.4.2 Elektrické

Typické omračování pro prasata je omračování elektrické. Tento způsob se z hlediska jakosti masa i automatizace výroby ukazuje jako nejvýhodnější. Ve srovnání s jinými způsoby omračování se u elektrického uvádí méně častý výskyt PSE a DFD svaloviny. Princip omračování spočívá v tom, že mozkem prochází proud a dochází k nadprahovému vzrušení mozku, kdy se prudce zvýší jeho aktivita a také spotřeba kyslíku. Tím vzniká stav bezvědomí podobný epileptickému záchvatu, který trvá 30 – 50 s.

Při omračování reaguje kosterní svalovina prasat na průchod elektrického proudu maximální kontrakcí, která postupně přechází v křeče. Zprvu se dostávají tzv. tonické křeče, kdy zvíře zůstává po dobu 5 – 15 s ve ztuhlém stavu. Postupně přecházejí v křeče klonické, trvající 25 – 75 s, které jsou doprovázeny šubavými pohyby končetin, čímž je ztíženo upoutání zvířete i vykrvení. Při nízkovoltovém omračování se mohou vyskytovat krvavé body – extravasáty – ve svalovině a ve vnitřních orgánech, a to hlavně v oblasti plece a kýty (Steinhauser a kol., 2000).

Elektrické omračování se dle Pipka (1995) rozlišuje na tři typy dle napětí, přičemž prakticky vždy se užívá střídavý proud:

- elektrokóma – využívá se napětí 70 – 100 V po dobu 15 – 20 s. Rozsah epileptického záchvatu je malý, vyskytují se zde v podstatě jen epileptické křeče přecházející do bezvědomí. Nedochozí ke klonickým křečím, což usnadňuje navěšování i vykrvování. Omráčení se však dosahuje až po několika sekundách a zvíře cítí po celou dobu bolest a strach, proto je tento způsob již dnes nevhodný,
- elektrošok – využívá se napětí 180 – 220 V po dobu 4 – 6 s. Důsledkem klonických křečí je však ztíženo navěšování a vykrvování. Má-li se dosáhnout bezvědomí během 1 s, je třeba použít proud nejméně 1,5 A. Při obvyklém elektrickém odporu prasat 300 – 350 Ω však nelze při napětí do 250 V tohoto proudu dosáhnout,
- vysokovoltové omračování – využívá obvykle napětí 500 – 1000 V a působí po dobu 2 – 3 s. Omračování vysokým napětím je prakticky možné pouze ve spojení s V-dopravníkem.

S ohledem na zhoršení jakosti při velkých proudových dávkách se dnes doporučuje určit vhodnou dávku podle prošlého náboje. Při vyšší proudové dávce než 12 – 15 As dochází k excitaci svaloviny a vzniku PSE masa (Pipek, 1995).

Elektrický proud se aplikuje pomocí omračovacích kleští nebo omračovací vidličky. Elektrody se přikládají tak, aby proud procházel nejkratší cestou mozkiem, tj. nejčastěji z boku hlavy nebo na lalok a vrch hlavy. Velkou nevýhodou kleští je, že ne vždy se je podaří správně nasadit. Procházející proudová dávka poté není standardní (Pipek a Pour, 1998).

3.4.2.4.3 Chemické

Použití různorodých anestetik k omračování zvířat je považováno za vysoce humánní způsob. V praxi se ze způsobů chemického omračování rozšířilo pouze použití oxidu uhličitého ve směsi se vzduchem. 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 omráčení oxidem dusným probíhá pomaleji a prasata mají lepší jakost masa. Úspěšně byl vyzkoušen i argon, ale jeho cena je vysoká stejně jako u oxidu dusného (Steinhauser a kol., 2000).

Výhoda tohoto způsobu omračování je, že nenastávají křeče, zvířata zůstávají v uvolněném stavu, vyskytuje se méně extravasátů ve svalovině, srdeční činnost i dýchání zůstávají zachovány a je i menší výskyt zlomenin (Pipek, 1995).

Ingr (2003b) poukazuje na skutečnost, že u prasat citlivých ke stresu nedochází k úplnému uvolnění. Zvířata vnímají narkotikum od prvního nadechnutí až do úplného bezvědomí a se strachem reagují poněkud neklidně až vzrušeně, což může být provázeno negativními následky na jakost svaloviny za vzniku PSE a DFD masa.

Channon et al. (2003) zkoumali účinek proudu, doby trvání a způsobu ručního omračování elektrickými kleštěmi na attributech jakosti masa jatečně upravených těl ve srovnání s omráčením oxidem uhličitým. Byl proveden pokus na celkem 96 bílých Landrasách. Prasata byla zařazena do jednoho ze šesti omračovacích způsobů: oxidem uhličitým ve směsi s 90% vzduchu, elektrickými kleštěmi dodávajícími proud 1,3 nebo 2,0 A po dobu 4 s a 0,9, 1,3 a 2,0 A po dobu 19 s. Vyšší ztráty odkapem mělo maso ze všech elektricky omračovaných prasat, s výjimkou těch omráčených 0,9 A po dobu 19 s. Výskyt PSE masa byl rovněž vyšší u elektricky omračovaných prasat ve srovnání s CO₂. Ačkoliv omračovací procesy neovlivnily konečné pH, světlost masa a měkkost, ztráty odkapem a výskyt PSE masa byl vyšší u elektrického omračování než u CO₂. Celkově lze říci, že výskyt extravasátů a zlomenin kostí byl menší u omračování CO₂.

3.4.2.5 Vykrvení

Rychlost a dokonalost vykrvení ovlivňuje průběh postmortálních procesů ve svalovině a následnou jakost masa (Ingr, 2003b).

Pokud již nedošlo ke smrti zvířete zástavou srdce, dochází k usmrcení právě při vykrvování. Zbavení se krve z masa zvyšuje jeho vaznost a zároveň se krev získává jako vedlejší jatečný produkt. Moderní technologie si žádají co nejkratší dobu mezi omráčením a vykrvením (Pipek a Pour, 1998).

Pipek (1995) dodává, že zkrácení doby mezi omráčením a vykrvením má vliv i na rozvádění stresových hormonů (adrenalin a noradrenalin) s krví po těle. Tyto hormony jsou vylučovány při omračování jako reakce na stres, odečou s krví ven z těla a tím se neurychluje glykolýza. V opačném případě, při opožděném vykrvení, se tyto hormony dostanou s krví do svaloviny a způsobí zde myopatie.

Při vykrvení s využitím zachované srdeční činnosti je třeba využít tonických křečí, které se projevují prvních 10 sekund po omráčení. Poté nastupují křeče klonické, vykrvení je již neúplné a vytvářejí se extravasáty (Steinhauser a kol. 1995).

Celková doba vykrvení trvá zhruba 3 – 4 minuty. Zpočátku vytéká krev velmi rychle a označuje se jako pulsující krev, která vytéká pod tlakem. Během prvních 6 – 8 sekund vyteče polovina krve. Následující krev se označuje jako odkapávací, která již vytéká pomalu, je značně znečištěna mikroorganismy z okolí vykrývacího vpichu nebo řezu a proto není vhodná pro potravní účely (Steinhauser a kol. 2000).

Nejběžnější způsob vykrvování je ve visu, ale nyní se začínají uplatňovat nové argumenty ve prospěch vykrvování vleže, zejména s ohledem na jakost masa (Ingr, 2003b).

Steinhauser a kol. (2000) uvádějí, že pH_{45} může být při vykrvení vleže až o 0,5 jednotky vyšší než při vykrvení ve visu. K ještě vyššímu nárůstu pH_{45} dochází při omračování ve V-dopravníku, a to o 0,25 jednotky (tj. až 6,3), takže se výrazně snižuje výskyt PSE masa. Příčinou je např. zkrácení doby od omráčení do vykrvení. Tím se do svaloviny dostane méně hormonů, které způsobují myopatie. Další příčinou je to, že svalovina nemusí překonávat tíhu zavěšeného jatečného kusu při posmrtných kontrakcích. Vykrvování vleže snižuje podíl PSE vady masa asi o 10 %.

4 Závěr

Vepřové maso je nedílnou součástí lidské výživy a udržuje si náskok před ostatními druhy masa.

V současné době se vedle kvantity klade důraz především na kvalitu a zdravotní nezávadnost masa. Ta je určována důležitými kvalitativními ukazateli. Pro konečného spotřebitele je podstatná barva, šťavnatost, křehkost a chutnost. Z pohledu zpracovatelského a technologického je nejdůležitější vaznost.

Významnou kapitolou jsou faktory, které působí na jatečná zvířata během jejich života i po jejich smrti. Důležité je zachování zásad welfare. To znamená nevystavovat zvířata přílišnému stresu při nakládání a vykládání zvířat při přepravě na jatky, nepoužívat křik a hrubou sílu, zabránit úrazům. Zvířata by měla být dopravována na krátké vzdálenosti s ohledem na venkovní teplotu a roční období. Po dopravě na delší vzdálenosti je nutná i delší doba ustájení a odpočinku před porázkou z důvodu uklidnění zvířat. Přivádění na porážku a omračování by mělo být nanejvýš šetrné a mělo by zvíře dostat do stavu bezvědomí se zachovanou srdeční činností. Vykrvení by mělo proběhnout do 10 s s využitím tonických křečí.

Požadavky na jakost vepřového masa se vyvíjejí. Maso s normální kvalitou by mělo obsahovat 2 – 3 % intramuskulárního tuku. Hodnota pH₄₅ by měla být vyšší než 5,8. Světlost masa L* by se měla pohybovat v rozmezí 52 – 58 a ztráta masové šťávy odkapem do 5 %.

Trvajícím problémem v jakosti vepřového masa zůstává výskyt jakostních odchylek jako výsledek atypického průběhu postmortálních změn masa, zvláště PSE. Na jedné straně se k řešení problému přistupuje již v oblasti genetiky výběrem genotypů rezistentních ke stresu. Na druhé straně si spotřebitelé do určité míry zvykají na menší odchylky od normální jakosti – RSE a PFN maso. PSE maso díky špatné vaznosti nelze uplatnit ve výsekovém prodeji ani do výrobků celistvého charakteru (šunka, debrecínka, aj.) a je nevhodné pro kulinární úpravy. DFD maso nemá údržnost, nemá vlastní kyselost a proto velmi rychle podléhá mikrobiálnímu kažení. Oproti PSE má ale dobrou vaznost a používá se do tepelně opracovaných masných výrobků.

5 Seznam použité literatury

Álvarez, D., Garrido, M. D., Bañón, S. 2009. Influence of pre-slaughter process on pork quality: an overview. *Food reviews international*. 25 (3). 233-250.

Bečková, R., Daněk, P. 2003. Současné trendy ve výživě a problematika stresu a kvality masa u současných genotypů prasat. Výzkumný ústav živočišné výroby Praha – Uhřetěves. České Budějovice. 50 s. ISBN: 80-86454-38-X.

Bonelli, A. M., Schifferli, C. 2001. Porcine stress syndrome. *Archivos de medicina veterinaria*. 33 (2). 125-135.

Bonneau, M., Lebret, B. 2010. Production systems and influence on rating quality of pork. *Meat Science*. 84 (2). 293-300.

Cannata, S., Engle, T. E., Moeller, S. J., Zerby, H. N., Radunz, A. E., Green, M. D., Bass, P. D., Belk, K. E. 2010. Effect of visual marbling on sensory properties and quality traits of pork loin. *Meat Science*. 85 (3). 428-434.

Fischer, K. 2007. Drip loss in pork: influencing factors and relation to further meat quality traits. *Journal of animal breeding and genetics*. 124 (1). 12-18.

Franck, M., Figwer, P., Godfraind, C., Poirel, M. T., Khazzaha, A., Ruchoux, M. M. 2007. Could the pale, soft, and exudative condition be explained by distinctive histological characteristics? *Journal of animal science*. 85 (3). 746-753.

Gajana, C. S., Nkukwana, T. T., Marume, U., Muchenje, V. 2013. Effects of transportation time, distance, stocking density, temperature and lairage on incidences of pale soft exudative (PSE) and the physico-chemical characteristics of pork. *Meat Science*. 95 (3). 520-525.

Gratacos-Cubarsi, M., Lametsch, R. 2008. Determination of ganges in protein conformation caused by pH and temperature. *Meat Science*. 80 (2). 545-549.

- Guardia, M. D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M. A., Gispert, M., Diestre, A. 2005. Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. *Meat Science*. 70 (4). 709-716.
- Hovorka, F., Sidor, V., Smíšek, V. 1987. Chov prasat. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 360 s.
- Hovorka, F., Šprysl, M., Blažek, S., Schaller, K., Voves, J., Kroc, M. 1989. Faktory ovlivňující výkrmnost, jatečnou hodnotu a kvalitu masa u prasat. Vysoká škola zemědělská Praha. Praha. 150 s.
- Huff-Lonergan, E., Lonergan, S. M. 2005. Mechanism of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*. 71 (1). 194-204.
- Channon, H. A., Payne, A. M., Warner, R. D. 2003. Effect of stun duration and current level applied during head to back and head only electrical stunning of pigs on pork quality compared with pigs stunned with CO₂. *Meat Science*. 65 (4). 1325-1333.
- Choi, Y. M., Jung, K. C., Choe, J. H., Kim, B. C. 2012. Effects of muscle cortisol concentration on muscle fiber characteristics, pork quality, and sensory quality of cooked pork. *Meat Science*. 91 (4). 490-498.
- Ingr, I. 1995. Technologická a spotřebitelská jakost vepřového masa. *Maso*. 6 (3). 22-26.
- Ingr, I. 1996. Technologie masa. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. 273 s. ISBN: 80-7157-1938.
- Ingr, I. 2003a. Atypické zrání a kažení masa [online]. Český svaz zpracovatelů masa. 26. listopadu 2003 [cit. 2014-02-26]. Dostupné z <http://www.cszm.cz/clanek.asp?typ=1&id=895>.
- Ingr, I. 2003b. Produkce a zpracování masa. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. 202 s. ISBN: 80-7157-719-7.

- Janicki, B., Buzala, M. 2013. The role of creatine in the organism of pigs and its effects on the quality of pork: a review. *Annals of animal science*. 13 (2). 207-215.
- Kadlec, P., Melzoch, K., Voldřich, M. a kolektiv. 2009. Co byste měli vědět o výrobě potravin? *Technologie potravin*. Key Publishing. Ostrava. 536 s. ISBN: 978-80-7418-051-4.
- Kazemi, S., Ngadi, M. O., Gariépy, C. 2009. Protein denaturation in pork longissimus muscle of different quality groups. *Food and bioprocess technology*. 4 (1). 102-106.
- Kim, G. D., Ryu, Y. C., Jeong, J. Y., Yang, H. S., Joo, S. T. 2013. Relationship between pork quality and characteristics of muscle fibers classified by the distribution of myosin heavy chain isoforms. *Journal of animal science*. 91 (11). 5525-5534.
- Konesz, M. 2001. Technologie selekce – vliv na kvalitu masa. *Maso*. 12 (1). 18-19.
- Kovářová, K., Ledvinka, Z., Samek, M., Hubený, M. 2006. Hodnocení kvality vepřového masa v praxi. *Náš chov*. 66 (9). 48-51.
- Kuciel, J., Lahučký, R. 1996. Genes with major effect on pork quality. *Zivocisna vyroba*. 41 (10). 475-480.
- Lee, S., Norman, J. M., Gunasekaran, S., van Laack, R. L. J. M., Kim, B. C., Kauffman, R. G. 2000. Use of electrical conductivity to predict water-holding capacity in post-rigor pork. *Meat Science*. 55 (4). 385-389.
- Lee, S. H., Choe, J. H., Choi, Y. M., Jung, K. C., Rhee, M. S., Hong, K. C., Lee, S. K., Ryu, Y. C., Kim, B. C. 2012. The influence of pork quality traits and muscle fiber characteristics on the eating quality of pork from variol breed. *Meat Science*. 90 (2). 284-291.
- Lesiow, T., Xiong, Y. L. L. 2013. A simple, reliable and reproductive method to obtain experimental pale, soft and exudative (PSE) pork. *Meat Science*. 93 (3). 489-494.
- Pipek, P. 1995. *Technologie masa I*. VŠCHT Praha. Praha. 334 s. ISBN: 80-7080-174-3.

Pipek, P., Pour, M. 1998. Hodnocení jakosti živočišných produktů. Kufř. Praha. 139 s. ISBN: 80-213-0442-1.

Pulkrábek, J., Čerovský, J., Dolejš, J., Drábek, J., Dubanský, V., Hájek, J., Kernerová, N., Kvapilík, J., Matoušek, V., Novák, P., Pražák, Č., Pytloun, J., Rozkot, M., Špínka, M., Toufar, O., Vališ, L., Zeman, L. 2005. Chov prasat. Profi Press. Praha. 157 s. ISBN: 80-86726-11-8.

Silveira, A. C. P., Freitas, P. F. A., Cesar, A. S. M., Antunes, R. C., Guimaraes, E. C., Batista, D. F. A., Torido, L. C. 2011. Influence of the halothane gene (HAL) on pork quality in two commercial crossbreeds. Genetics and molecular research. 10 (3). 1479-1489.

Steinhauser, L. a kolektiv. 1995. Hygiena a technologie masa. Last. Spektrum Brno. 664 s. ISBN: 80-900260-4-4.

Steinhauser, L., Beňovský, R., Bystrický, P., Cabadaj, R., Černý, H., Dvořák, J., Ingr, I., Kerekréty, J., Kubíček, K., Máté, D., Minks, J., Nagy, J., Novák, P., Pipek, P., Simeonovová, J., Sovjak, R., Steinhauserová, I., Straková, E., Suchý, P., Šubrt, J., Švický, E., Večerek, V., Vrchlabský, J., Zabloudil, F. 2000. Produkce masa. Last. Brno. 464 s. ISBN: 80-900260-7-9.

Sterten, H., Frøystein, T., Oksbjerg, N., Rehnberg, A. C., Ekker, A. S., Kjos, N. P. 2009. Effects of fasting prior to slaughter on technological and sensory properties of the loin muscle (*M. longissimus dorsi*) of pigs. Meat Science. 83 (3). 351-357.

Stupka, R., Šprysl, M., Čítek, J. 2009. Základy chovu prasat. PowerPrint. Praha. 182 s. ISBN: 978-80-904011-2-9.

Stupka, R., Čítek, J., Fantová, M., Ledvinka, Z., Navrátil, J., Nohejlová, L., Stádník, L., Šprysl, M., Štolc, L., Vacek, M., Zita, L. 2. vydání, 2013. Chov zvířat. PowerPrint. Praha. 289 s. ISBN: 978-80-87415-66-5.

Wang, W., Xue, W. D., Jin, B. Q., Zhang, X. X., Ma, F., Xu, X. F. 2013. Candidate gene expression affects intramuscular fat content and fatty acid composition in pigs. Journal of applied genetics. 54 (1). 113-118.

Zelechowska, E., Przybylski, W., Jaworska, D., Sante-Lhoutellier, V. 2012. Technological and sensory pork quality in relation to muscle and drip loss protein profiles. *European food research and technology*. 234 (5). 883-894.