

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Pokrok v omezování jakostních odchylek vepřového masa
Bakalářská práce**

Autor práce: Lucie Mítlenerová

Obor studia: Veřejná správa v zemědělství a krajině

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

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "**Pokrok v omezování jakostních odchylek vepřového masa**" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 02.05.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jaroslavovi Čítkovi, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a cenné rady při zpracování této práce. Dále bych ráda poděkovala rodičům za podporu během celého studia.

Pokrok v omezování jakostních odchylek vepřového masa

Souhrn

Cílem bakalářské práce bylo popsat odchylky vepřového masa, především vadu PSE a vliv této vady na kvalitu masa.

U masa PSE dochází krátce po porážce zvířete k rychlému průběhu přeměny glykogenu a adenosintrifosfátu (ATP) na kyselinu mléčnou. To má za následek pokles hodnoty pH masa pod 5,8 a zvýšení teploty svalu až nad 42 °C. Dochází tak k částečné denaturaci bílkovin, struktura svalových vláken se postupně poškodí, a nastane uvolnění šťávy spolu se změnou barvy masa. Takové maso představuje značné ekonomické ztráty kvůli jeho omezeným možnostem zpracování spolu s nežádoucím vzhledem. Při tepelném opracování se výrazně spéká, ztrácí velké množství šťávy, je tuhé, nesoudržné a suché. Nejvíce ovlivněná vlastnost je vaznost. Z kulinářského pohledu je ve většině případů nevhodné ke zpracování.

Na výskyt PSE vady má vliv mnoho faktorů. Mezi hlavní patří stres, manipulace se zvířaty, nakládání a samotná doprava, teplota prostředí, interakce zvířete a člověka, nedostatečné omráčení zvířete, vykrvení i chlazení a v neposlední řadě genetické založení zvířete. Právě genetika je nejdůležitějším činitelem, který určuje míru vady masa. V důsledku šlechtění prasat na rychlý růst těla a zmasilost se začala objevovat prasata citlivá na stres, která produkují maso s jakostními odchylkami.

Práce dále zahrnuje popis welfare chovu prasat. Odchylky masa jsou úzce spjaty se stresem, a je proto důležité dbát na dobré životní podmínky všech hospodářských zvířat. Porušení podmínek welfare chovu negativně působí na vznik jakostních odchylek a kvalitu masa. Práce charakterizuje postoj spotřebitelů k problematice dobrých životních podmínek prasat ve světě i v České republice a navrhuje vhodné alternativy k welfare produktům. V dnešní době se v ČR, na rozdíl od některých zemí EU, nevyskytuje maso ani masné výrobky označené nadstandardním welfare systémem chovu. Do určité míry se však dají nahradit produkty z ekologického zemědělství a chovu.

Klíčová slova: Prase; Stres; Vady masa; Vepřové maso; Kvalita

Progress in reducing quality problems in pork

Summary

The bachelor thesis aimed to describe the deviations of pork, especially the PSE defect and the impact of this defect on meat quality.

In the case of PSE meat, glycogen, and adenosine triphosphate (ATP) is rapidly converted to lactic acid shortly after slaughter. This results in a decrease in meat pH below 5.8 and an increase in muscle temperature above 42 ° C. This results in partial denaturation of proteins, the structure of muscle fibers are gradually damaged, and the juice is released along with a change in the color of the meat. Such meat represents significant economic losses due to its limited processing possibilities along with an undesirable appearance. During heat treatment, it sinters significantly, loses a large amount of juice, is firm, incoherent, and dry. The most affected property is binding. From a culinary point of view, it is in most cases unsuitable for processing.

The occurrence of PSE defects is influenced by many factors. The main ones include stress, handling of animals, handling, and transport itself, ambient temperature, animal-human interactions, insufficient stunning of the animal bleeding and cooling, and last but not least, the genetic basis of the animal. Genetics is the most important factor that determines the degree of meat defects. As a result of breeding pigs for rapid body growth and meatiness, stress-sensitive pigs began to appear, producing meat with quality variations.

The work also includes a description of the welfare of pig breeding. Meat variations are closely linked to stress, and it is, therefore, important to pay attention to the welfare of all livestock. Violation of welfare conditions harms the emergence of quality variations and meat quality. The work characterizes the attitude of consumers to the issue of welfare of pigs in the world and the Czech Republic and suggests suitable alternatives to welfare products. Today, in the Czech Republic, unlike some EU countries, there are no meat or meat products marked with an above-standard welfare system. However, to a certain extent, products from organic farming and farming can be replaced.

Keywords: Pig; Stress; Defect of meat; Pork; Quality

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce.....	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Fyziologie svalu	10
3.2 Posmrtné procesy masa	10
3.2.1 Prae-rigor	11
3.2.2 Rigor mortis	11
3.2.3 Zrání masa	11
3.2.4 Hluboká autolýza	12
3.2.4.1 Proteolýza a další negativní procesy	12
3.3 Jakostní odchylky masa.....	14
3.3.1 PSE vada.....	14
3.3.1.1 Detekce a stanovení PSE	14
3.3.2 DFD vada.....	15
3.3.3 Hamspire faktor	16
3.4 Změny v kvalitě masa	16
3.4.1 Chemicko-fyzikální změny masa	16
3.4.2 Technologické změny masa.....	17
3.4.3 Senzorické změny masa.....	18
3.5 Faktory ovlivňující jakost vepřového masa.....	19
3.5.1 Stres	19
3.5.2 Genetika.....	20
3.5.3 Manipulace	21
3.5.3.1 Přeprava.....	21
3.5.3.2 Manipulace těsně před porážkou	23
3.5.4 Teplota prostředí v ustájení a před porážkou.....	26

3.5.5	Porážka.....	27
3.5.5.1	Omráčení	28
3.5.5.2	Vykrvení	31
3.5.5.3	Chlazení.....	31
3.5.5.4	Veterinární prohlídka po porážce	33
3.6	Použití vepřového masa PSE.....	33
3.7	Welfare prasat	34
3.8	Značka kvality masa	36
3.8.1	Ochrana a označení produktů	37
3.8.2	Produkty s vyšší jakostí	37
3.8.2.1	Ekologický chov prasat	39
4	Závěr.....	40
5	Literatura.....	41

1 Úvod

Pro většinu spotřebitelů, kteří přijdou do obchodu, je nejdůležitější vzhled produktu. Lidé stále věří mýtu, co je drahé, to je kvalitní. Někteří kupují potraviny podle značky, jiní podle svých finančních možností nebo podle dostupnosti. Maso zákazníci kupují hlavně podle vizuálního vzhledu a nebudou kupovat nehezký výrobek. Vzdyť hlavně vzhled masa a vůně napovídá o jeho kvalitě a čerstvosti (Young 1996). Maso je důležitou složkou jídelníčku mnoha lidí a je obzvláště důležité zaměřit se na jeho jakost a bezpečnost. Pro každého chovatele hospodářských zvířat by měla být zásadní spokojenost zákazníků po celém světě (Mota-Rojas et al. 2011).

Chov prasat se v průběhu minulého století změnil. Dříve byla poptávka po sádelných typech prasat, dnes převládá masný typ spojený především se zdravějším stylem života, který se v posledních letech tolik rozmáhá. Prasata jsou chována hlavně jako zdroj důležitých bílkovin, minerálních látek a vitamínů pro lidi (McLaren & Schultz 1992). V České republice, a potažmo i ve většině zemí EU, je chov prasat důležitou součástí zemědělské výroby. I když je vepřové maso v naší zemi důležitým, tradičním pokrmem a jeho spotřeba je kolem 42 kg/osoba/rok, stavy prasat klesají (Pulkrábek et al. 2005). Podle Českého statistického úřadu bylo v České republice v roce 2001 méně než 3,5 milionů prasat a v roce 2020 to bylo už jen 1,5 milionu kusů prasat.

V moderním chovu prasat je hlavním cílem zvýšit rychlost růstu masa a samotnou zmasilost zvířete. Tento cíl je často naplněn na úkor zvýšené frekvence náchylnosti ke stresu a zhoršení kvality vepřového masa (Mota-Rojas 2011).

Způsoby manipulace před, během i po porážce způsobují behaviorální a fyziologické reakce u hospodářských zvířat (Shaw & Tume 1992). Charakter těchto reakcí závisí na přístupu ke zvířeti při manipulaci s ním a na behaviorálních a fyziologických předpokladech každého jedince. Mezi jednotlivými zvířaty se liší účinky fyziologických změn na posmrtné procesy probíhající v těle podle metabolismu ve svalech. (Sellier et al. 1988; Lundstrom et al. 1989). Nakládání do vozů, samotná přeprava, vykládání, půst, směšování stád a ustájení jedinců před omráčením jsou spolu s dalšími faktory hlavními zdroji psychického i fyzického stresu prasat, zejména pokud lidé nezachází se zvířaty správně. Existují vědecké důkazy o tom, že prasata, která byla podrobena několika stresovým faktorům uvedeným výše, jsou v okamžik omráčení ve špatném stavu, na což poukazuje vysoká rychlost okyselení svalstva (které vede k nízkému pH) a zvýšená tělesná teplota před porážkou. To vše vede k vadám masa (Garipey et al. 1989).

2 Cíl práce

Cílem práce bylo shrnout základní poznatky o kvalitě masa a popsat kvalitativní odchylky vepřového masa, především vadu bledé, měkké, vodnaté maso (PSE). Práce byla zaměřena na faktory vzniku vady PSE. Navrhnout vhodná řešení k detekci výskytu odchylek masa a popsat možnosti využití tohoto masa.

Dalším cílem bylo popsat vliv dobrých životních podmínek prasat na kvalitu a výskyt odchylek masa.

3 Literární rešerše

3.1 Fyziologie svalu

Sval je vysoce organizovaná pojivová tkáň složená z jednotlivých svalových vláken. Každé svalové vlákno se skládá z určitého počtu jednotlivých pramenů či organel nazývaných myofibrily. Ty se skládají z myofilamentů, tvořených aktinem (tenký protein) a myosinem (silný protein). Silný protein myosin se skládá ze dvou těžkých řetězů a dvou párů lehkých řetězců. S aktinem je spojeno mnoho proteinů, mezi klíčové patří tropomyosin a troponin (Pearce et al. 2011).

Díky svalové tkáni mohou živočichové vykonávat pohyb. Základní funkce této tkáně je přeměna energie chemických vazeb na práci mechanickou (pohyb). Většinou vzniká z mesodermu, což je zárodečný list, který se tvoří během embryogeneze. Podle stavby buňky a vzhledu lze rozdělit svalové tkáně na příčně pruhované, hladké a srdeční (Pearce et al. 2011).

Energie nutná k jakémukoli výkonu svalů se získává tzv. oxidací, což je biochemická přeměna cukru ve svaly. Energetická rezerva svalů se nazývá glykogen či živočišný škrob a je to hlavní metabolické palivo pro anaerobní glykolýzu (Solomon et al. 1998). Glykolýza je biochemický proces, kdy dochází k přeměně svalové hmoty na maso po smrti zvířete (když sval již není zásoben kyslíkem), proto je to klíčový faktor v kvalitě masa obecně (Pösö & Puolanne 2005). Po porážce zvířete má anaerobní glykolýza za následek pokles hodnoty pH. Předpokládané množství glykogenu přítomného ve svalech při porážce, který může být přeměněn na kyselinu mléčnou, se nazývá glykolytický potenciál (GP). Čím je vyšší glykolytický potenciál, tím je nižší hodnota pH masa. Zvýšení glykolytického potenciálu podporuje nežádoucí bledost masa a vyšší ztráty kapáním (Zybert et al. 2013).

3.2 Posmrtné procesy masa

Díky procesům, probíhajícím v těle prasat, jsou nativní svalové tkáně přeměňovány na maso (Scheffler & Gerrard 2007). V širším smyslu je maso definováno jako všechny části těl živočichů (kam patří třeba i ryby a bezobratlí) v čerstvém i již upraveném stavu, které se využívají k lidské spotřebě. Jelikož by dle této definice do masa spadal i živočišný tuk, krev, kůže nebo masné výrobky, častěji se používá definice v užším slova smyslu. Podle ní je maso pouze kosterní svalovina spolu s mezisvalovým tukem, cévami, tepnami a jinými částmi (Kadlec et al. 2009).

Průběhy posmrtních změn výrazně ovlivňují konečnou kvalitu vepřového masa k lepšímu či k horšímu. Při usmrcení zvířete dojde k přerušení oběhu krve společně s přívodem kyslíku, čímž začne ve svalech převládat anaerobní pochody nad těmi aerobními (Lonergan et al. 2010). Při anaerobní glykolýze vzniká kyselina mléčná. Po přerušení oběhu krve přestává transport kyseliny mléčné do jater, ta se ukládá ve svaly a způsobuje jeho okyselení. Zásoba glykogenu rapidně ubývá a pH dosáhne hodnoty, která potlačuje glykolytické enzymy. Postmortální období, kdy působí nativní enzymy, se nazývá autolýza neboli samovolný rozklad masa (Ingr 1996; Scheffler & Gerrard 2007).

Postmortální období probíhá ve čtyřech fázích:

- prae-rigor (před nástupem smrti),
- rigor mortis (smrt),
- zrání masa,
- hluboká autolýza (kažení, rozklad masa) (Ingr 1996).

3.2.1 Prae-rigor

Tato fáze je též popisována jako fáze před rigorem mortis. Je stále přítomno dostatečné množství ATP (adenosintrifosfát), avšak přichází anaerobní glykolýza, která postupně tlumí přísun energie ve formě ATP a jeho hodnota klesá. Hodnota pH se pohybuje mezi neutrálními hodnotami 6,9 – 7,2. Tvoří se příčné vazby mezi proteiny aktinem a myosinem a sval začíná tuhnout. Prae-rigor je velmi krátká fáze a rychle přechází fáze rigor mortis (Ingr 1996; Scheffler & Gerrard 2007).

3.2.2 Rigor mortis

Tato fáze nastává, když se zcela vyčerpá zásoba ATP ve svalu. Dochází k vytvoření příčných vazeb proteinů aktinu a myosinu, z nichž vzniká aktomyozin (Scheffler & Gerrard 2007; Lonergan et al. 2010). To se projeví posmrtnou ztuhlostí svalů prasete. Tuhnout začínají nejdříve svaly na hlavě a pak postupně celé tělo. Do 20 hodin od porážky se obvykle docílí absolutního rigor mortis. V této fázi se rychlost poklesu pH odráží od koncentrace glykogenu ve svalech a také od okolní a tělesné teploty. V některých případech v této fázi mohou vzniknout odchylky masa zvané PSE a DFD. Kvůli kyselině mléčné a kyselině fosforečné ve svalu má maso konečné pH velmi nízké (Kim et al. 2014). Maso je značně tuhé, má minimální vaznost (což je nejdůležitější technologická vlastnost masa), trpí ztrátou šťávy a nedá se nijak kulinářsky využít. Za zhoršení vaznosti může snížené pH, které se blíží k izoelektrickému bodu svalových bílkovin (okolo 5,0). Filamenty ve svalu se přiblíží těsně k sobě, a tím se sníží prostor pro důležitou vodu (Ingr 1996).

Z důvodu snížení technologických vlastností je zapotřebí, aby maso po porážce odpočívalo, a dalo se tak dále zpracovávat (Kadlec et al. 2009).

3.2.3 Zrání masa

Zrání masa je podstatná fáze, kdy se uvolňuje ztuhlá svalovina. Uvolňování je zapříčiněno poklesem kyseliny mléčné a zvyšováním hodnoty pH. Vytvořený aktomyosin se štěpí zpět na aktin a myosin. Zlepšují se vlastnosti masa, obzvláště vaznost, křehkost, šťavnatost a barva. V mase narůstá koncentrace peptidů, aminokyselin a rozpustnost bílkovin se zvyšuje. Díky degradačním produktům nukleotidů a bílkovin se maso stává chutným a má správné aroma. Doba zrání masa závisí hlavně na teplotě okolí, přičemž s rostoucí teplotou se zrychluje tento proces. Při běžné chladné teplotě, která se používá pro zrání, vepřové maso vyzraje za 6 až 7 dní (Ingr 1996). Podle Kadlece et al. (2009) stačí pro zrání vepřového masa dokonce 3 dny a pro maso hovězí 1-2 týdny.

Kvůli mikrobiálnímu napadení by zrání masa mělo probíhat v chladárnách. Maso musí být vychlazené při teplotě mezi 3 a 7 °C z hygienických a estetických důvodů, a uchováno při

teplotě přibližně -1,5 °C pouze po určitou dobu. Po ukončení fáze zrání lze maso skladovat při teplotě 1 °C. Na mase by se neměly objevit krystalky ledu (Ingr 1996).

3.2.4 Hluboká autolýza

Zrací fáze volně přechází na fázy hluboké autolýzy, která je nežádoucí. Bílkoviny se odbourávají na nižší peptidy, aminokyseliny, amoniak, aminy, sirovodík a další. Tyto konečné produkty vedou k nežádoucím vlastnostem masa. Začínají se rozkládat také tuky, které poté žluknou, a vytváří nehezký vzhled. Tato fáze je provázána mikrobiální proteolýzou (hnitím), kdy se maso již kazí a je nepoživatelné. Hluboká autolýza je pro lidi nebezpečná a do tohoto stádia by se maso nemělo vůbec dostat, ikdyž ho nelze zcela izolovat či ochránit před mikrobiálními rozklady. Hluboká autolýza se záměrně toleruje u zvěřiny (a to hlavně u zajíců a bažantů), protože díky ní dosáhne maso typickou, ostrou, mírně přezrálou chuť (Kadlec et al. 2009).

3.2.4.1 Proteolýza a další negativní procesy

Proteolýza probíhá souběžně s autolýzou, avšak opačnou intenzitou. Autolýza má intenzitu nejvyšší po porážce a později klesá, zatímco proteolýza se v počátku neprojevuje, neboť je svalovina zdravých prasat téměř sterilní. Dá se o ní mluvit jako o hnití a kažení masa, spolu s výrazným rozkladem bílkovin. Proteolýza je vyvolána několika druhy bakterií a jejich enzymy. Počáteční stádium probíhá bez vnějších projevů, tedy skrytě a okem je ze začátku proteolýza téměř nezaznamatelná. V tomto počátečním stádiu se množství mikroorganismů na mase nezvyšuje příliš rychle. Počáteční množství mikroorganismů závisí především na hygienické úrovni porážky, hygienické úrovni chlazení, a na způsobu či kvalitě bourání samotného masa. Důležitým faktorem, proč maso podléhá kažení, je teplota samotného masa i okolí. Hnití nastupuje poměrně rychle po fázi zrání masa a pH se dostává do neutrální hodnoty. Kažení či hnití masa znehodnotí maso pro kulinářské využití podle indexu hniloby (typický zápach, osliznutí masa, změny barvy, vysoký počet mikroorganismů). Lze proti ní účinně bojovat hlavně hygienou na jatkách, v bourárnách a při zpracování syrového masa. Při bourání se odstraňuje kůže, tuková tkáň, blány a někdy také kosti, což způsobí na mase otevřené řezy, a je zde velká pravděpodobnost vniknutí nežádoucích patogenů.

Kažení či hnití má celkem 3 fáze – osliznutí na povrchu masa, hniloba na povrchu masa a hniloba hloubková (Ingr 1996).

1. fáze osliznutí na povrchu masa

Na povrchu masa se vytvoří tenká slizová vrstva v důsledku rozkladu mikrobiálních enzymů i rozkladu samotného masa na degradační produkty. Tato slizová vrstva má šedohnědou barvu a silně zapáchá, za což můžou hlavně již zmíněné degradační produkty (amoniak, aminy, sirovodík). Je-li toto osliznutí včas zachyceno, a maso je omyto kyselou vodou s vodou čistou, sliz pravděpodobně nebude mít negativní dopad na vlastnosti masa a bude poživatelné. Takové maso je však potřeba co nejdříve tepelně zpracovat, nýbrž má minimální trvanlivost (Lonergan et al. 2010).

2. fáze hniloby na povrchu masa

Pokud nebylo maso včas zbaveno slizu a ošetřeno, nastává hnití na povrchu. Povrch masa se stává ještě více lepkavým a slizkým, maso mění pod slizem barvu a nepříjemně zapáchá. Poté se místo slizu na zevnějšku masa objeví známky hniloby. Mikroflóra na povrchu proniká do hloubky a zapříčiňuje rozklad proteinů (Ingr 1996).

3. fáze hluboké hniloby

Tato fáze je anaerobním rozkladem bílkovin s produkcí velice zapáchajících látek jako jsou sirovodík a amoniak. Tento druh hniloby se může nazývat jako hniloba pravá. Hloubková hniloba se dostane po celém mase, které je již napadené a zkažené po celém povrchu i uvnitř. Představuje poměrně velikou ekonomickou ztrátu, protože toto maso je nepoživatelné, a musí se co nejdříve odstranit (Ingr 1996).

Existují ještě zvláštní způsoby kažení masa, které jsou méně časté a známé, avšak by se jim měla také věnovat pozornost. Jsou většinou lokálního charakteru: ložiskové hniloby masa a kažení masa od kosti. Vedlejší nežádoucí jev je ještě zapaření.

- Ložisková hniloba masa vzniká většinou při neodborném bourání a řezání masa, kdy jsou nože a jiné náčiní nedostatečně dezinfikovány. Zdrojem vnitřní mikrobiální infekce mohou být také malé krváceniny ve svalu, které vznikly následkem úrazu či poranění zvířete. Mají-li mikroorganismy v mase vhodné pH a teplotu, pomnoží se a vytvoří tzv. hnilobné ložisko, které nelze dobře identifikovat a může být odhaleno až spotřebitelem.
- Kažení od kosti nastane, když se mikroorganismy dostanou do okostice a tam se usídlí. Dochází k němu většinou v důsledku poranění zvířete při přepravě či před porážkou, kdy zvíře zažívá výrazné otřesy a je s ním manipulováno. Na rozdíl od svaloviny je záchytnost mikrobů v okostici časově delší. V okostici se určitý počet mikrobů zachytí, avšak zvíře může vypadat zdrávo. Za vhodných podmínek se mikroby pomnoží, a jsou příčinou proteolýzy/kažení masa od kosti. Tento typ kažení se v masném průmyslu objevuje jen zřídka.
- Zapaření masa je prolnutí autolýzy a proteolýzy. Za zapaření může nedostatečné vychlazení jatečně upraveného těla nebo masa. Takové maso má charakteristický kyselý zápach a vysokou koncentraci oxidu uhličitého. Lze mu předcházet zásahy, které umožní rychlý odvod tepla z těla, či rychlým chlazením masa (Ingr 1996).

Vlivem různých faktorů mohou posmrtné procesy ve svalu a v mase probíhat abnormálně a výsledný produkt má tak nechtěné vlastnosti. Tyto nechtěné vlastnosti se nazývají jakostní odchylky masa, a projevují se v různé intenzitě. Postihují hlavně senzorycké, technologické a kulinární vlastnosti masa. Nejvýraznější změna se projevuje v hodnotě pH (Kadlec et al. 2009; Sionek & Przybylski 2016).

3.3 Jakostní odchylky masa

Jakostní odchylky se týkají především vepřového masa. Odchylky souvisí mimo jiné s intenzivním šlechtěním na vyšší zmasilost prasat. Kvůli přísné selekci na zmasilost společně s rychlým a nedostatečným přizpůsobením prasat na nové změny došlo k biologickým anomáliím v jejich těle. Na tyto rozdíly prasata reagují zvýšenou citlivostí na stres (Pulkrábek et al. 2005). Často se u prasat náchylným ke stresu objevují velké rozdíly v kvalitě masa, od tmavého, pevného a suchého (DFD) po bledé, měkké a vodnaté (PSE). Další méně známé vady masa jsou RSE (maso má červeno-růžovou barvu, je měkké a vodnaté) a RFE (maso je červeno-růžové, hodně pevné a vodnaté) (Grandin 1997). U těchto nežádoucích vad nejde o maso nemocných prasat, ale o odchylku v průběhu zrání masa, ke které dochází až po porážce zvířete (post mortem) v důsledku biochemických změn (Pulkrábek et al. 2005).

3.3.1 PSE vada

Vepřové maso s vadou PSE (pale=bledý, soft=měkký, exudative=vodnatý) se klasicky vyznačuje bledou nevýraznou barvou, měkkou strukturou a nízkou schopností zadržovat vodu. U masa PSE dochází po porážce k přeměně glykogenolýzy na kyselinu mléčnou, což má za následek pokles hodnoty pH na nižší, než by mělo být, a zvýšení teploty uvnitř svalu nad 42 °C (Grandin 1997). To způsobuje denaturace sarkoplazmatických a myofibrilárních proteinů (Scheffler & Gerrard 2007). Následek je bledší barva a snížená kapacita zadržování vody. U tohoto masa je extrémně rychlá posmrtná glykolýza ve svalu, a pokles pH je přibližně dvakrát rychlejší než u svalu normálního. V některých případech lze konečného pH dosáhnout již po 15 minutách od smrti zvířete (Solomon et al. 1998). O této vadě se mluví v případě hodnoty pH 5,8 a nižší (Grandin 1997). Za normální stav je pak považováno, pokud má prase konečné pH od 5,8 a teplotu 20 °C v okamžiku rigor mortis. Rigor mortis nastane ve chvíli, kdy se vyčerpá zásoba ATP a vytvoří se vazby antinu a myosinu – to se projeví posmrtnou ztuhlostí (Mota-Rojas 2011).

Tato vada se vyskytuje nejčastěji a nejvýrazněji u nejdelšího hřbetního svalu (*Musculus longissimus dorsi*) a to v jeho bederní části. Postihuje tak hlavně pečení a kýtu, což jsou cenné partie pro zákazníka, avšak se může projevit i v jiných svalech (Enfält et al. 1993). Za vadu masa PSE a RSE je odpovědný hlavně krátkodobý stres jako manipulace, transport a porážka (Rosenvold & Andersen 2003).

Kvůli vizuálnímu vzhledu, nízkým výnosům ze zpracování, vysokým ztrátám při úpravě a nízkou šťavnatostí se PSE maso stalo nežádoucí nejen u populace, ale i u výrobců masných produktů (Lee & Choi 1999).

3.3.1.1 Detekce a stanovení PSE

Identifikace kvality vepřového masa a potažmo PSE masa po porážce je nutný k jeho vyloučení z prodejního řetězce. Určení normálního či abnormálního masa je možné na základě komplexního posouzení zvířete před smrtí, nebo objektivním posouzením masa po porážce (Weißmann 2014). Metody identifikace lze tedy rozdělit na dvě základní skupiny. První skupinou je identifikace ante mortem (před smrtí), kdy jsou k detekci využívány různé ukazatele stresu. Je to hlavně genetika, díky které se dá ještě před smrtí zjistit stav svalů zvířete, protože

genetika má výrazný vliv na chování zvířete, na jeho předpoklady ke stresu a konečnou kvalitu masa. Druhou skupinou je identifikace post mortem (po smrti), která je založená na stanovení konečných produktů glykolýzy svalu (kyselosti, vaznosti nebo vodivosti).

V České republice se již spousty let detekují jakostní odchylky vepřového masa PSE na základě měření hodnot pH za 45 minut (případně 24 hodin) po porážce pomocí speciální vpichové elektrody a pH-metru (Pulkrábek et al. 2005).

Elektrická vodivost může být též indikátorem vady masa. Při biochemickém zrání masa dochází díky glykolýze k narušení buněčných stěn masa, což způsobí narušení izolační vlastnosti. Buněčná stěna má běžně vysoký elektrický odpor. Maso s vadou PSE se vyznačuje naopak nízkým elektrickým odporem, má tedy vysokou vodivost (Pulkrábek et al. 2005)

Místa, kde lze zjistit hodnotu pH i elektrickou vodivost jsou bedra (*Musculus longissimus dorsi*) a to mezi 12. a 13. žebrem a kýta (*Musculus semimembranosus*). Tyto metody jsou schopny poměrně přesně zjistit prahové hodnoty pro vyloučení určité vady. Poskytují nejspolehlivější hodnoty mezi 24 a 48 hodin po porážce, avšak dá se měřit již od 3 hodiny po porážce. Měření dříve se obvykle neaplikuje a výsledky by mohli být zavádějící. Na druhou stranu, samotné pH je potřeba měřit už krátce po porážce (mezi 30 a 60 minutami) pro zjištění dalších důležitých informací ohledně jatečně upraveného těla. Měření po 24 hodinách od porážky slouží pouze k detekci vady masa (Weißmann 2014).

Další metoda spočívá v měření světlosti masa pomocí fotometrických přístrojů za 24 až 48 hodin po porážce. Pro přesnou identifikaci vad masa je však potřeba stanovení alespoň dvou kvalitativních ukazatelů, tj. pH a světlosti barvy nebo pH a elektrické vodivosti (Pulkrábek et al. 2005).

3.3.2 DFD vada

Na rozdíl od PSE vady, tato jakostní odchylka je spojována hlavně s masem hovězím a nečastěji se vyskytuje u mladých býků. Vzhledem k nižšímu temperamentu se již méně vyskytuje u jalovic a krav.

Vepřové maso s vadou DFD má tmavý a neatraktivní vzhled, má tuhou, suchou a zároveň lepkavou strukturu kvůli zvýšené schopnosti vázat na sebe vodu. Základní příčinou je přílišné fyzické zatížení či vyčerpání zvířete těsně před porážkou (Grandin 1997). Kyselina mléčná přechází ze svalových buněk do krevního oběhu těsně před porážkou prasete, a konečná hodnota pH je velmi vysoká (nad 6,2). Čím je pH vyšší, tím je maso tmavší (Rosenvold & Andersen 2003). Takové maso poměrně rychle podléhá mikrobiálnímu rozkladu, a jeho trvanlivost rapidně klesá. Kvůli barvě se dá zaměnit s masem ze staršího jedince (Grandin 1997). Je nevhodné pro porcování, balení a zpracování do syrových výrobků. Vhodné je jeho zpracování do tepelně opracovaných masných výrobků pro svoji dobrou vaznost. Má špatné senzorické vlastnosti, jelikož u něho nedochází k úplnému dozrání. Je tuhé, nevýrazné a v ústech zanechává pachutí.

Za výskyt DFD vady masa můžou hlavně dlouhodobé stresové faktory, jako je systém chovu a ustájení (Rosenvold & Andersen 2003). V rámci prevence této vady masa je potřeba zamezit nadměrnému fyzickému vyčerpání zvířat a respektovat jejich již vytvořené sociální skupiny (Ingr 1996).

3.3.3 Hampshire faktor

Stejně jako PSE, tak i tato vada souvisí s rozsáhlým šlechtěním prasat na ideální vlastnosti. U některých masných plemen prasat, hlavně u plemene Hampshire, se ve svalech ukládá vysoký obsah glykogenu a nastává vyšší GP (glykolytický potenciál), což vyvolá rychlejší průběh postmortální glykogenolýzy. Hodnota pH je po rigor mortis prakticky normální, ale důležitou a charakteristickou hodnotou pro tuto vadu je pH po 24 hodinách, které dosáhne pod hodnotou 5,4. Maso má velice bledou barvu, má nízkou schopnost zadržovat vodu a sníženou technologickou výtěžnost (Scheffler & Gerrard 2007).

Gen RN je příčinou Hampshire faktoru a je spojen se sníženým technologickým výnosem spolu se štíhlým jatečně upraveným tělem. Maso z nosiču tohoto genu má nízké pH, a proto se dá nazývat masem „kyselým“. Existují dvě alely genu RN, dominantní alela (RN^-) spojená se zvýšeným svalovým glykogenem a recesivní alela (rn^+). Nejnovější práce již odhalily genetickou podstatu této vady u zmíněného plemene, a umožnili tak cílenou selekci nositelů této vady, a tím se naskytla možnost úspěšné prevence (Rosenvold & Andersen 2003; Scheffler & Gerrard 2007).

3.4 Změny v kvalitě masa

Maso je z nutričního hlediska cenným zdrojem bílkovin, vitamínů, nenasycených masných kyselin, ale i minerálních látek, kam patří železo, zinek, vápník a fosfor. Proto se maso jen stěží nahrazuje jinými potravinami, hlavně ve vegetariánské a veganské stravě. Strava bez masa či dokonce mléčných produktů a vajec je v dnešní době tolik populární (Kadlec et al. 2009). Kvalita masa je velice rozsáhlé a komplikované téma a lze ho rozdělit na dva důležité komplexy: kvalita produktu a kvalita procesu. Kvalita produktu je ovlivněna hlavně chemickým složením, fyzikálními a kulinářskými vlastnostmi, výživovou a zdravotní nezávadností, technologickými vlastnostmi spolu se senzorickými vlastnostmi. V chovu prasat je kladen důraz na ukazatele kvality vepřového masa jako je pH, barva, textura, vaznost, zastoupení masných kyselin a další. Skutečná kvalita masa je pak spojením těchto ukazatelů, samotného chovu, předporážkových faktorů a způsobu zpracování masa (Weißmann 2014; Rosenvold & Andersen 2003).

3.4.1 Chemicko-fyzikální změny masa

Hodnota pH je fyzikálně-chemická veličina a vyjadřuje koncentraci vodíkových iontů, čili míru kyselosti/zásaditosti okolí. Hodnota pH značně ovlivňuje hlavně kvalitativní ukazatele masa jako vaznost, údržnost, křehkost a chuť s barvou.

Ve svalech, které mají vadu DFD, je svalový glykogen vyčerpán už před porážkou a konečné pH je tedy vyšší než u normálního svalu. U této vady je zásadní pH po 24 hodinách, kdy je vyšší než 6,2. Jestliže je maso zasaženo PSE vadou, hodnota pH klesá do 45 minut po smrti pod hodnotu 5,8. Maso s hodnotou pH bezprostředně po porážce v rozmezí 5,3 - 5,4 vykazuje příznaky Hampshire faktoru. Pro srovnání, v normálním svalu klesá hodnota pH po dobu 24 hodin (pH_{24}) z přibližné hodnoty 7 (u živého jedince) na hodnotu v rozmezí 5,3 až 5,8 (po smrti). Tato veličina je tedy opravdu zásadní v jakostních odchylkách masa

(Wismer-Pedersen 1959). Podle Ingra (1996) jsou ideální mezní hodnoty pro určení dobré jakosti vepřového masa následující: pH bezprostředně po porážce $> 5,8$ a pH 24 hodin po porážce $< 6,2$ spolu se samovolnou ztrátou šťávy v rozmezí 1 – 5%.

Konečné pH má vliv jak na kvalitu konečného produktu, tak na šťavnatost, chuť a vůni. Kolem pH 5,8 - 6,0 je chuť nejpříjemnější, dostatečně výrazná a takřka se v ní neobjevují nepřijmené pachutě. Vepřové maso s pH 6,0 je méně kyselé a u spotřebitelů nejžádanější. Hodnota pH může být ovlivěna také dopravou, manipulací se zvířetem, teplotou v okolí, metodou omráčení, vykrvením a dalšími faktory (Ngapo & Gariépy 2008).

3.4.2 Technologické změny masa

Důležitým aspektem je také technologická kvalita vepřového masa, kam patří vaznost, textura, intramuskulární tuk a kapacita zadržování vody (Solomon et al. 1998; Pearce et al. 2011).

Vaznost je síla, jakou bílkoviny masa udržují nejen vlastní vodu, ale i vodu přidanou. Vaznost je také chápána jako schopnost masa za podmínek namáhání (jako je tlak či teplota) udržet přirozenou či přidanou vodu (Pulkrábek et al. 2005). Textura spolu s vazností je nejdůležitější technologickou vlastností masa a po porážce se obě vlastnosti značně mění. S příchodem rigor mortis je maso tuhé a ztrácí vaznost. Když maso začne zrát, vaznost a textura se zlepšují (Zybert et al. 2013). Důležitá je závislost vaznosti na hodnotě pH. Při pH masa okolo 5,0 (izoelektrický bod) je vaznost minimální, protože je vyrovnáván počet kladných a záporných nábojů na bílkovinné molekule. Při změně pH nahoru či dolů od izoelektrického bodu dochází k rozložení kladných a záporných nábojů na molekule bílkoviny. Rozdělí se tak některé vazby, peptidové řetězce se oddálí, a vzniká prostor pro vodu (Kadlec et al. 2009). PSE maso špatně váže přidanou i vlastní vodu a je vysušené (Zybert et al. 2013)

Jemnost, šťavnatost, vůně a vzhled přesně určují vjem chuti. Tyto faktory závisí mimo jiné na obsahu intramuskulárního tuku (Weißmann 2014). Obsah intramuskulárního tuku závisí na výživě (denní stravě, dávce i způsobu krmení), ale také na genetických faktorech, pohlaví jedince, plemeni a celkovým množství tělesného tuku prasete. Nevyvážená strava s hlavní složkou kukuřice může způsobit vysoký obsah tuku v jatečně upraveném těle. Kukuřice má z obilovin nejvyšší energetickou hodnotu, avšak kvůli nízkému obsahu bílkovin má nízkou nutriční hodnotu. V tukové tkáni prasat je vysoké množství nasycených a mono-nenasycených mastných kyselin, které způsobují pevnou tukovou konzistenci. Hladký a pevný tuk má více polynenasycených mastných kyselin. Bylo zjištěno, že adekvátní energetická strava během růstové nebo dokončovací fáze zvyšuje procento intramuskulárního tuku v mase (Lebret 2008).

Intramuskulární tuk je mezi jednotlivými svalovými vlákny, a pro zážitek z masa je důležitý kvůli tomu, že zvyšuje křehkost a chutnost masa. Bez něj by bylo samotné maso nevýrazné. Jedná se o tzv. mramorování masa. Konkrétně plemeno Duroc se doporučuje pro otcovskou linii, protože jeho genetika zlepšuje kvalitu vepřového masa a má ideální množství intramuskulárního tuku (Weißmann 2014).

Kapacita zadržování vody (WHC) je definována jako schopnost čerstvého masa zachovat a udržet si vlastní vodu (Kim et al. 2014). Nízká zadržovací kapacita masa je důsledek rychlého poklesu hodnoty pH. Bílkovina myosin denaturuje a zmenšuje se, což způsobuje snížení vzdálenosti mezi vlákny. Voda je tím vyloučena a ztracena z buněk ven ve formě kapek.

Denaturace myosinu má za následek sníženou extrahovatelnost. Nižší WHC může nepříznivě ovlivnit vzhled masa, což se negativně odrazí v ochotě spotřebitele produkt koupit (Solomon et al. 1998).

3.4.3 Senzorické změny masa

Mezi senzorické vlastnosti masa patří barva, chuť s vůní a šťavnatost. Tyto vlastnosti jsou nejdůležitější pro spotřebitele, protože je může vnímat svými smysly při výběru produktu i při konzumaci.

Požadovaná barva masa je červeno-růžová (nebo jasně třešňově červená), což naznačuje spotřebiteli, že produkt je bezpečný, chutný, a ze zdravého jedince (Kim et al. 2014). Intenzita barvy je závislá na koncentraci svalového barviva (pigmentu), na struktuře masa, plemeni zvířete, zdravotnímu stavu a věku. Díky použití fotometrických přístrojů můžeme objektivně posoudit světlost barvy (Wismer-Pedersen 1959; Pulkrábek et al. 2005). Hodnocení barvy může být provedeno umístěním masa do jedné ze 7 barevných tříd (viz Tabulka č. 1), kde je skóre barev od 0,5 do 5.

Tabulka č. 1: Barevné třídy (Wismer-Pedersen 1959).

Třídy	Barevné skóre	Popis barvy
1	0,5	Šedá barva (srovnání k vařenému masu), velice mokrý vzhled
2	1,0	Světle růžová barva, mokrý vzhled
3	1,5	Bledě růžová barva, mokrý vzhled
4	2	Mírně bledá barva od normálu
5	2,5 – 3,0	Červená barva - norma
6	3,5 – 4,0	Mírně tmavší barva od normálu
7	4,5 – 5,0	Velmi tmavá barva

Správná barva masa je způsobena myoglobinem a hemoglobinem, což jsou barviva hematinu (Kadlec et al. 2009). Koncentrace hematinu ve svalu se používá jako měřítko pigmentu v mase. Čím více je hematinu ve svalu, tím je barva sytější. U normálního masa s dobrou kapacitou vody je žádoucí barva (třídy 5) dosažena i přes nižší koncentraci pigmentu. Obecně lze říci, že ideální maso je ve třídě 4, 5 a 6. Čím je barevné skóre masa nižší, tím je větší pravděpodobnost, že maso má vadu PSE (Wismer-Pedersen 1959). Avšak pouze barva jako indikátor vady nestačí. Nízké pH ve svalech PSE v kombinaci s vysokou teplotou těla během první hodiny po smrti způsobí tzv. denaturaci proteinů ve svalech, což přispívá právě k bledé barvě tohoto masa (Enfält et al. 1993).

Typ, množství a vyváženost aromatických molekul v mase je zásadní faktor pro správnou chuť. V čerstvém a nevařeném stavu má maso mdlou chuť, plná chuť se vyvíjí až při vaření. Během vaření dochází mezi tukovými tkáněmi ke komplexu tepelně indukovaných reakcí. Hlavními nosiči masové chutě jsou lipidy, nebo ve vodě rozpustné složky, které během procesu vaření podléhají reakcím (Maillardovy reakce mezi aminokyselinami a cukry, či oxidační degradace lipidových složek). Cukry, aminokyseliny a ve vodě rozpustné složky mohou být ovlivněny postmortální denaturací bílkovin. Maso s vysokým pH má horší a nevýraznou chuť (Kim et al. 2014).

Šťavnatost je důležitá vlastnost zejména na talíři. Je určována převážně dvěma faktory: bodovou teplotou, na kterou se maso vaří, a obsahem intramuskulárního tuku ve svalu. Při srovnávání šťavnatosti vepřového masa normálního, DFD a PSE, maso s vadou PSE má nejnižší skóre šťavnatosti. Jak již bylo zmíněno, toto maso má nízkou schopnost zadržet vodu, je celkově suché a nevýrazné, špatně se zpracovává. Šťavnatost vysoce koreluje s vlastností WHC a nedají se tedy navzájem vyloučit (Kim et al. 2014).

3.5 Faktory ovlivňující jakost vepřového masa

Na výskyt PSE má vliv mnoho vnějších a vnitřních faktorů. Mezi vnější faktory patří stres, výživa zvířete (hladina tryptofanu nebo vitamínu E), management, manipulace se zvířaty, nakládání a samotná doprava, velikost kotců, interakce zvířete a člověka, nedostatečné omračování, vykrvení, chlazení jatečně upraveného těla, krvácení jatečně upraveného těla, pohlaví jedince, množství tuku, teplota těla i okolí a další. Mezi vnitřní faktory patří genetika nebo metabolické rozdíly ve svalových vláknech (Lee & Choi 1999; Mota-Rojas et al. 2011). Některé z nich budu dále rozebírat. Podle Grandina (1997) může za kvalitativní zhoršení vepřového masa na 50 % producent a na 50 % osoba odpovědná za přepravu, řízení hospodářských zvířat a manipulaci s tělem i s masem po porážce.

3.5.1 Stres

Strach je běžná emoce v živočišné říši a chrání zvířata před nebezpečím a predátory. Jedna nepatrná situace může vyvolat silnou reakci a strach, avšak zahnat tuto reakci a vzniklý stres je obtížný. Po strachu nastane obranná reakce jako útok, hrozba, útěk či nehybnost. Strach je doprovázen fyziologickými reakcemi, hlavně zvýšenou srdeční frekvencí a vyšší hladinou katecholaminů a glukokortikoidů v krevní plazmě (Borzuta et al. 2019).

Stres je hlavní příčina vzniku PSS (porcine stress syndrom). Při stresové reakci dochází ke zrychlení aerobního a abnaerobního metabolismu, zrychlí se produkce tepla, hladina oxidu uhličitého a kyseliny mléčné je vysoká a dochází k tzv. svalovým stahům v těle jedince (Hall et al. 1980). Na každého jedince působí různé stresory jinak (s přepravním stresem se jinak vypořádá zdravý jedinec oproti nemocnému, samec vůči samici, březí samice oproti nebřezí či mladý jedinec vůči dospělci). Stres rozdělujeme na psychický a fyzický. Psychický stres je například manipulace se zvířetem, nové prostředí a nové podmínky. Fyzický stres je hlavně hlad, únava, teplotní změny a zranění. Je obtížné předpovídat reakci zvířete na stres, protože často závisí na zkušenostech s lidmi, přepravou a samotnou manipulací. Zvířata se špatnou zkušeností z minulosti se budou předběžně více stresovat než zvířata s dobrou zkušeností. Když se ke špatné zkušenosti s lidmi připojí ještě živější temperament zvířete, často vznikají problémy při porážce. Dokonce postavení ve stádě může ovlivnit hladinu stresu. Prasata podrážena ve stádě hůře zvládají stres, než dominantní jedinci (Grandin 1997).

Podle délky trvání lze stres rozdělit na akutní stres, který je náhlý a krátkodobý, chronický stres, který je dlouhodobý, a stres intermitentní (přerušovaný). Známe alespoň dvě metody měření množství stresu. První jsou behaviorální reakce, díky kterým poznáme psychické rozpoložení zvířete. Druhá metoda je měření hodnot přes tkáň a tekutiny.

U poražených zvířat lze dostat další informace ohledně stresu zvířat díky měření jatečně upravených těl (Shaw & Tume 1992).

3.5.2 Genetika

Genetika je dnes pravděpodobně nejdůležitějším faktorem, který přispívá k výskytu vepřového masa PSE. Genetika významně ovlivňuje hmotnost jatečně upraveného těla, jakost vepřového masa a zrací procesy masa. Prasečí stresový syndrom (porcine stress syndrome), známý také jako maligní hypertermie, je syndrom autosomálně recesivně dědičný (AR). V dnešní době je velice rozsáhlý (Hall et al. 1980; Fujii et al. 1991). Podmiňuje náchylnost prasat ke stresu a je hlavní příčinnou úmrtí zvířat během výkrmu. U citlivých jedinců, i přes pečlivé a odborné zacházení, se před porážkou objeví stres a spustí vyšší míru postmortální glykolýzy. Vyvolá neurologické, ledvinové i jaterní poškození těla, a tím vznikají ekonomické ztráty v hospodářském odvětví. Tento gen způsobuje menší velikost vrhu prasnice, pomalejší růst těla, kratší jatečně upravené tělo, větší *musculus longissimus dorsi* a vyšší procento štíhlých jedinců. Po porážce se může projevit jako PSE vada masa. Je přenášen genem ryanodiového receptoru, který se nazývá stresový, RYR, RYR1, CRC nebo halothan/hal. Tento gen je uváděn jako gen citlivosti k halothanu a nachází se na šestém chromozomu (Hall et al. 1980; Zhang et al. 1992; Rosenvold & Andersen 2003).

Metodou PCR-RFLP (DNA testu) se stanovují 2 varianty alely genu - zvířata náchylná ke stresu mají recesivní alelu (n), zatímco zvířata odolná na stres naopak alelu (N) – normální. Konkrétní jedinec pak může mít variantu genotypu – NN (odolné na stres), Nn (odolné na stres, ale někteří potomci mohou být citlivější na stres=nosiči) a nn (citlivý na stres). Prasata NN (tzv. dominantní homozygoti) a prasata Nn (tzv. heterozygoti) touto vadou přímo netrpí, ale heterozygoti ji mohou přenášet potomky dál (Hall et al. 1980). Prasata Nn mají schopnost lépe využívat krmivo, mají vyšší výnos jatečně upraveného těla a vyšší procento libové svaloviny než normální jedinci. Disponují však méně kvalitním masem a častější úmrtností. Což potvrzují i výzkumy popsány níže. Je tedy spekulativní, je-li lepší produkovat heterozygotní prasata (Nn), nebo normální prasata, avšak z hlediska produkce a kvality masa jsou pro jatečné účely výhodnější prasata Nn (McLaren & Schultz 1992). Výskyt PSE vady masa se kvůli genotypu těmto genotypům vyskytuje až okolo 30 % (Pommier et al. 1992).

U DNA analýzy, určující 2 alely genu, mohou být zdrojem DNA jaderné buňky krve, svalové buňky, buňky ucha i cibulová část štětín. Jedná se o předběžný test náchylnosti na stres a pravděpodobný vznik jakostní odchylky PSE u testovaných prasat. Stanovení genotypu není ovlivněno pohlavím ani věkem zvířete, je proto možno testovat selata, běhouny, plemenné kanečky či prasničky a samozřejmě dospělé jedince. Tento jednoduchý test umožňuje chovatelům identifikovat přenašeče a homozygotní recesivní prasata na 100 %, a díky němu se snadněji a rychleji odstraní gen z chovu (Fujii et al. 1991).

Pommier et al. (1992) zjišťovali dopad genotypu na jatečně upravené tělo prasniček a vepřů. Celkem bylo sledováno 149 prasat, z nich 119 jedinců (79,8 %) bylo normálních (NN) a 30 jedinců (20,2 %) bylo heterozygotů (Nn). Prasniček bylo 64 a vepřů celkem 85. Prasata citlivá na stres (nn) byla z tohoto pokusu vyřazena. Podle výsledků měli vepři Nn vyšší průměrný denní přírůstek a šli na trh o něco dříve než prasničky. Celkově prasata Nn měla vyšší hmotnost jatečně upraveného těla, větší výtěžnost i podíl jatečně upraveného těla po srovnání

s NN prasaty. Jones et al. (1988) k tomuto tvrzení došli ve svém výzkumu také, a naměřili vyšší hodnoty u Nn prasat. Naproti tomu měla NN prasata vyšší podíl orgánů (ledvin, jater, srdce, plic) a tukových zásob. U hloubky beder a délky JUT nebyly veliké rozdíly mezi genotypy ani u jednoho z výzkumu. Jak už bylo výše zmíněno, z hlediska kvality i produkce je výhodnější produkovat prasata Nn a tyto dva výzkumy to pouze potvrzují. Díky těmto zjištěním, může být podle Zhanga et al. (1992) zavedení genu do průmyslu poměrně prospěšné, avšak by měl být aplikován s opatrností.

Při zvýšeném zájmu o masné výrobky se zvýšil i počet chovaných zvířat a produktivita. Produktivita zahrnuje mimo jiné intenzivní výkrm a vyšší výtěžnost prasat. Trh přijal několik kroků k dalšímu zlepšení šťavnatosti, chutnosti, kvality masa a ke snížení PSE masa, jako reakci na rostoucí požadavky spotřebitelů na kvalitu masa. Výběr prasat mezi liniemi je velmi častý postup pro genetické zlepšení vlastností masa a ekonomiky masného průmyslu (Barbut et al. 2008). V důsledku šlechtění prasat na rychlý růst a zmasilost se začala objevovat prasata citlivá na stres a s tím spojené i vady masa. Zvířata se však dají selektovat záměrně, aby se tomuto problému vyhlo. Avšak lidé z většiny případů dají při selekci prasat přednost genům rychlého růstu libových svalů před prasaty odolnými na stres. Například plemeno Pietrain je velice citlivé na stres, není tedy vhodné do náročnějších podmínek (Solomon et al. 1998). Některá plemena prasata nebyla záměrně šlechtěna na maso, a tím mají lepší kvalitu. Jako vhodný příklad lze označit plemeno Duroc, které je sice dobře zmasilé, ale zároveň odolné na stres (Barbut et al. 2008).

3.5.3 Manipulace

3.5.3.1 Přeprava

Většina hospodářských zvířat je přepravována hned několikrát ve svém životě, a to jinému majiteli, do jiného chovu či na jatka (Broom 2005). Manipulace se zvířaty před porážkou, nakládání do přepravního vozu, samotná přeprava, hustota nakládky, častné zastávky a vykládání zvířat může mít negativní účinky na jejich psychické zdraví (Faucitano 1998, Peeters et al. 2005). Podle studií se potvrdili nepříznivé účinky krátkodobé i dlouhodobé přepravy zvířat kvůli stresovým situacím, které při ní prožívají (Ali & Al-Qarawi 2002). Zvířata mohou vykazovat úbytek hmotnosti, dosáhnout menšího indexu přeměny krmiva na maso, a být náchylnější k různým nemocem v důsledku vystavení právě stresovým situacím (Adeola & Ball 1992).

Hladina stresu se dříve hodnotila podle množství prvků v krvi, např. beta endorfinů, glukózy, kreatinkinázy nebo laktátu. Špatná manipulace se zvířaty před porážkou zvyšuje hladinu hlavně katecholaminů (konkrétně adrenalinu a noradrenalinu), dále hladinu steroidních hormonů kůry nadledvin (kortizolu) a zvyšuje také aktivitu kreatinkinázy v krvi (Kannan et al. 2000, Mota Rojas et al. 2009). Hladina těchto stresových hormonů v krvi hraje zásadní roli při hodnocení náchylnosti konkrétního jedince ke stresu (Grandin 1997). Prasata na přímý fyzický stres (transport, interakce s člověkem), ale i psychický (např. frustrace) reagují zvýšenou sekrecí konkrétně steroidních hormonů (kortizolu) a je to tedy nejčastějším fyziologickým indikátorem. Sekrece se mění podle délky působnosti daného stresoru. Do určité míry tyto steroidní hormony potlačují imunitní systém, a tím jsou prasata méně odolná vůči bakteriálním infekcím. Podle výzkumu, hodnoty kortizolu, glukózy a kreatinkinázy v krvi byly poměrně

vysoké u samců i samic, obě pohlaví jsou tedy stejně citlivý na transportní stres (Averos et al. 2007).

V současné době nemáme žádné přesné metody, jak eliminovat stres při přepravě (Ali & Al-Qarawi 2002). Samci jsou při přepravě agresivnější než samice, a jsou také citlivější na stres vyvolaný transportem. Agresivní samci budou pravděpodobně později produkovat PSE maso (Warriss 1998, Guàrdia et al. 2004). Podle systému chovu se liší podmínky přepravy. Prasata chovaná extenzivním způsobem vykazují nižší agresivní chování během přepravy i ustájení než prasata z intenzivního chovu. Prasata z venkovního chovu jsou klidnější, je u nich menší procento zranění při přepravě či manipulaci, a tím i menší výskyt PSE masa (okolo 1 %). Tyto zvířata jsou poměrně zvyklá na kontakt s člověkem. Proto by se měl tento typ ustájení podporovat (Barton 2008).

Podle Eikelenbooma (1991) je vhodnější omezit krmení prasat před přepravou, protože to vede ke snížení úmrtnosti zvířat a problémům na jatkách spojených s likvidací odpadu. Snížení krmiva před přepravou a samotnou porážkou snížilo výskyt PSE masa a zároveň zvýšilo pH zvířete. Nejlepší výsledky přišli při celodenním půstu.

Někdy může být pro hospodářská zvířata problém i ve vybavení. Na mnoha farmách jsou špatné nakládací zařízení. Úhel pevné nakládací rampy je doporučován minimálně na 20 °C, nejideálnější je však 15 °C. Pro prasata jsou nejpříjemnější schodišťový rampy se schody o výšce 7 cm a šířce 20 cm. Dobrým systémem, převážně kvůli zatížení, jsou zadní výklopné dveře. Měli by pojmut skupinu 8 až 10 prasat, minimálně však 2 jedince (Grandin 1997).

U prasat v důsledku přepravy může nastat zvýšená náchylnost k infekcím i zvýšený výskyt nemocí. Při transportu lehce dojde k poranění tkání a patogeny se snadněji dostanou do těla, a dále se mohou nakazit i jiní jedinci. Případná infekce uvede viry, které jsou v těle prasat, do aktivního stavu (Broom 2005). Při studii koz přepravovaných v malém prostoru a bez potravy bylo zjištěno, že za aktivaci virů pravděpodobně může přítomnost lymfocytopenie a neutropenie, což se děje zřejmě i u prasat (Kannan et al. 2000).

V masném průmyslu se běžně aplikují lékařské ošetření, aby se zamezilo postihu, který ukládá prodejní trh nekvalitnímu zboží. Řeč je hlavně o nízké poptávce a nízké ceně nekvalitního produktu. Špatná kvalita produktu může vzniknout právě už v počátku – při přepravě na jatka (Cooper et al. 2004). Dále je potřeba zamezit hospodářským ztrátám, který rostou v důsledku úmrtí zvířat. Srdeční selhání způsobené uvolňováním katecholaminů z nadledvin nervového systému je častou příčinou úmrtnosti prasat (Gregory & Wilkins 1982). Z těchto důvodů se několik studií zabývalo užíváním drog ke snižování stresu u domestikovaných a divokých zvířat, čímž by se zamezilo peněžním ztrátám. Dříve se dokonce proti stresu zvířatům podávaly utišující léky. Později vznikla přísná opatření užívání těchto nebezpečných látek a v Evropské unii byly zakázány, kvůli zadržení zbytků látek v tkáních jatečně upraveného těla a možnému vniknutí do organismu člověka. Protože bylo potřeba najít nové způsoby uklidnění zvířat, možnost se naskytla v použití legálních přídatných látek. Mohou být podávány prasatům v krmivu či vodě (Ali & Al-Qarawi 2002, Peeters et al. 2005). Literatura říká, že aplikace anestetik a sedativ přináší dobré výsledky při předcházení stresovým reakcím zvířat během přepravy (Cooper et al. 2004).

Existují dva důležité faktory, které ovlivňují stres a úmrtnost při transportu prasat: teplota prostředí během cesty a doba přepravy (Warris 1998). Dalším faktorem je genetika, která ovlivňuje stres při nakládání, transportu, míchání stád až po porážku. Tento faktor se nesmí opomíjet a je považován za ten zcela nejdůležitější.

1. Vyšší teploty prostředí při přepravě ovlivňují schopnost zvířete udržovat konstantní tělesnou teplotu. Prasata totiž nejsou schopna rychle odvádět teplo z těla, a zrychlí se jim tak metabolické reakce. To vede k vyšší postmortální teplotě svalů, a později k horší kvalitě masa (St-Pierre et al. 2003). Prasata mají optimální teplotní rozsah či termoneutralní zónu, kde je pro termoregulaci potřeba přijatelné množství energie. Pokud jsou podmínky prostředí při transportu, včetně teploty vzduchu, slunečního záření, pohybu vzduchu a relativní vlhkosti vyšší nad limity termoneutralní zóny daného jedince, je potřeba více energie a teplota těla se zvyšuje. Zvíře začne lapat po dechu a produkovat malé množství potu (ačkoliv přes tukové zásoby je to pro něho obtížné). Za těchto podmínek tělesná teplota stále stoupá a zvíře nevyhnutelně podlehne hypertermie a tepelnému stresu (Gonzalez-Rivas et al. 2020).

2. Porážka po velmi krátké přepravě vede k vyššímu výskytu PSE masa. Přeprava prasat na krátkou vzdálenost, hlavně v zimním období, představuje nekomfortní podmínky kvůli nedostatku času na zotavení z původního stresu způsobeném nakládáním do přepravného vozidla (Broom 2000; Averos et al. 2007). Avšak optimální doba přepravy podle Lee & Choi (1999) byla 1 až 2 hodiny. Zjistil, že při době transportu nižší než 30 minut, byl výskyt PSE masa 29,5 %, při době transportu mezi 30 a 60 minutama byl výskyt PSE masa 32,5 %, a při více než hodině bylo PSE masa 40 %. Z tohoto výzkumu vyplývá, že s rostoucí dobou přepravy, roste i výskyt masa PSE. Pro zvíře není přirozené cestovat v uzavřených prostorech a už vůbec ne po delší dobu.

Přeprava by tedy neměla být příliš krátká, aby měli zvířata čas na zotavení z nakládání, avšak ani zbytečně dlouhá, aby způsobila stres zvířat.

Také při vykládání zvířat z vozu musí pracovníci hledět na jejich dobré psychické i fyzické zdraví. Při vykládání je zapotřebí dbát vysoké opatrnosti, protože je větší pravděpodobnost, že zvířata budou po cestě unavená, zraněná nebo i nemocná. S jedincem, který během cesty onemocněl nebo byl zraněn, by se mělo zacházet velmi opatrně a dle potřeby ho humánně usmrtit. Je-li to nutné, je třeba zavolat veterinární pomoc kvůli zacházení s těmito jedinci. Nemocné zvíře se po rozhodnutí veterinárního lékaře může porazit ve stáji a převést na jatka k vykolení, kde veterinární lékař rozhodne o požitelnosti masa. Pokud je maso prohlášeno za nepoživatelné, zvíře se po utracení odveze kafilerii (Faucitano 1998; Broom 2005).

3.5.3.2 Manipulace těsně před porážkou

Odpočinek po transportu na jatka poskytuje příležitost pro zotavení ze stresu. Pokud byl odpočinek dostatečně dlouhý, prasata odolná vůči stresu mají normální maso bez výrazných vad. Avšak prasata náchylnější ke stresu potřebují ještě delší dobu na odpočinek, jinak by produkovala maso PSE. Pohyb prasat uličkou a samotný proces omráčení jsou důležitý pro psychickou stránku zvířete. Při hrubém zacházení v závodě dochází k přehřátí těla, a tím se zvyšuje možnost PSE masa. Kvalita masa může být zničená i za posledních 15 minut a je

potřeba řádně zaškolit zaměstnance jatek, aby měli vše potřebné informace k manipulaci se zvířaty (Faucitano 1998).

Prasatům, i některých dalších hospodářským zvířatům, nesvědčí jakékoli míchání s cizími zvířaty, která dříve nebyla ustájena přímo s nimi. Pokud jsou prasata převzata z různých sociálních skupiny bez ohledu na farmu, a jsou smíchány s cizími jedinci, existuje značné riziko bojového chování zvířat mezi sebou. Prasata si vytvářejí ve skupinách stabilní sociální hierarchie, které by byly narušeny. Jednotlivci ve smíšených skupinách bojují za vytvoření nového řádu dominance. Během boje dochází k vyčerpání glykogenu, který je spojený s vadou masa. Během manipulace před porážkou je tedy potřeba se tomuto směšování vyhnout, aby nevznikal zbytečný stres a případné poranění (Rosenvold & Andersen 2003; Broom 2005). Poranění může představovat zdravotní i ekonomický problém, protože snižuje hodnotu jatečně upraveného těla (Warriss 1998). Mícháním prasat ze stejných a cizích stájí spolu s manipulací těsně před porážkou se zabývali Dsouza et al. (1999). Ve svém experimentu zkoumali vliv míchání prasat během ustájení a manipulace s nimi před porážkou a během omračování na koncentrace glykogenu, kyseliny mléčné ve svalech a pH. Měli k dispozici celkem 48 kanců, které si rozdělili do dvou skupin podle základních faktorů: smíšení v ustájení a manipulace těsně před omrácením. Tyto dvě hlavní skupiny se ještě rozdělili na čtyři podskupiny po 12 jedincích (kanci ze stejné stáje a kanci z různých stájí, kanci s minimální manipulací před omrácením a kanci se špatnou manipulací). Všechna zvířata měla neomezený přístup ke krmení do jednoho dne před porážkou. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce č. 2.

Prasata smíchaná až těsně před omrácením měla po porážce nižší svalový glykogen než prasata na sebe zvyklá. Dokonce nebyl zjištěn glykogen po 24 hodinách od porážky u smíchaných prasat. U kanců, smíchaných z různých stájí, se objevila nižší koncentrace kyseliny mléčné ve svalech na rozdíl od kanců nemíchaných během ustájení. Špatné zacházení na jatkách těsně před omrácením mělo vliv na koncentraci glykogenu ve svalech u prasat nesmíchaných před pokusem, avšak u prasat smíchaných je rozdíl jen zanedbatelný. Prasata, s nimiž se zacházelo špatně, měli vyšší koncentraci kyseliny mléčné po 5 a 40 minutách od porážky, ale nižší hodnoty po 24 hodinách, než prasata s minimálním a správným zacházením. Prasata, která byla smíchaná z různých stájí a spolu v boxu před porážkou, měla vyšší svalové pH po 40 minutách i 24 hodinách od porážky než prasata ze stejné stáje, což je spíše negativní jev.

Hodnota pH se výrazně nezměnila u prasat se špatným zacházením a s minimálním kontaktem. Výskyt PSE masa byl poměrně vysoký u nesmíšených kanců, ale výskyt DFD byl prakticky nulový. U smíšených kanců je to přesně naopak, výskyt DFD byl vysoký. Podle tohoto výzkumu špatná manipulace se zvířaty výtazně neovlivnila výskyt PSE a DFD masa. Je však potřeba dbát na šetrné zacházení se zvířaty, protože studie se od sebe liší a je prokázáno, že špatná manipulace má negativní vliv na kvalitu masa.

Tabulka č. 2: Vliv míchání prasat v jednom boxu spolu s manipulací před porážkou na hodnoty glykogenu, kyseliny mléčné, pH a výskytu PSE/DFD (Dsouza et al. 1999).

	Nesmíšení kanci		Smíšení kanci	
	Glykogen (mg/g)			
	Minimální zacházení	Špatné zacházení	Minimální zacházení	Špatné zacházení
5 minut	4,9	4,2	1,9	2,1
40 minut	3,6	2,6	1,2	1,3
24 hodin	1,0	0,5	nelze zjistit	nelze zjistit
	Kyselina mléčná (mg/g)			
5 minut	3,9	4,9	3,2	4,0
40 minut	5,3	5,7	3,8	4,4
24 hodin	7,5	7,4	5,9	5,6
	pH			
40 minut	6,35	6,23	6,33	6,50
24 hodin	5,60	5,70	6,02	6,08
	Výskyt PSE a DFD (%)			
PSE	33	25	0	0
DFD	0	0	25	17

Prasata jsou ustájena na jatkách z důvodu shromáždění většího počtu zvířat a kvůli odpočinku po transportu. Po ustájení se zvířata upokojí a mají dostatek času na srovnání své psychiky. Zvířata, která cestovala déle, by měla být i déle ustájena. Prasata vyžadují poměrně velký prostor v boxu. Většinou se jatečná zvířata ubytují na dobu mezi 1 a 3 hodin před omráčením. Kratší doby ustájení jsou spojeny s výskytem PSE masa a delší ustájení s výskytem DFD masa, zraněním a sníženou výtěžností jatečně upraveného těla (Warriss 2003).

Pohyb prasat na linkách je velkým zdrojem stresu pro jatečná zvířata. Pokud jsou prasata vedena v jedné frontě bez jakéhokoli vzájemného kontaktu a při časté interakci s lidmi, zvyšuje se množství katecholaminů v krvi spolu s tělesnou teplotou. Okyselení svalu probíhá rychleji než obvykle v důsledku strachu zvířat. Velký problém pak nastává u silně osvalených prasat. V této fázi na porážkové lince jsou důležitá používaná zařízení vzhledem k potřebě rychlé manipulace s prasaty. Vyšší rychlost linky a použití elektrických či gumových tyčí vedou k většímu stresu prasat, většímu poškození kůže a zvýšenému výskytu vad masa. Při sníženém používání elektrických předmětů na lince se omezil výskyt PSE. V některých závodech se minimalizuje interakce mezi zvířetem a člověkem při nahánění na pás tím, že používají automatické systémy tzv. push gate či tlačné brány, které vedou prasata po malých skupinách na omráčení (Faucitano 1998).

3.5.4 Teplota prostředí v ustájení a před porážkou

Teplota, relativní vlhkost nebo sluneční záření mají přímé i nepřímé účinky na živočišnou výrobu. V důsledku globálního oteplování naší planety i přemísťování živočišné výroby do teplejšího podnebí se zvýšilo riziko tepelného stresu u hospodářských zvířat. V následujících letech se bude v rozvojových zemích v důsledku vzrůstající urbanizace zvyšovat poptávka po živočišných produktech (Ratnakaran et al. 2017).

Tepelný stres může u zvířete vést k fyziologickým a behaviorálním reakcím. Tyto reakce mění trvání a intenzitu stresu podle genetiky a prostředí. Problémy u zvířat, vznikající kvůli tepelnému stresu, zahrnují hlavně pomalý růst těla, sníženou plodnost, zvýšené náklady na veterinární péči, horší kvalitu jatečně upraveného těla a sníženou váhu těla. To vše má negativní dopad na ekonomiku živočišné výroby. Ztráty v odvětví hovězího a drůbežího masa v USA způsobeném tímto stresem byly před dvaceti lety odhadovány až na 369 milionů dolarů u hovězího masa a 128 milionů dolarů u masa drůbežího. V dnešní době jsou tyto čísla ještě vyšší. Ekonomické ztráty v odvětví živočišné výroby jsou v USA odhadovány za rok mezi 1,69 a 2,36 miliardami dolarů. Nejvyšší ztráty jsou v mlékárenském průmyslu, avšak ani prasečí průmysl není pozadu. A následky stresu na zdraví zvířat budou stále pokračovat, pokud chovatelé dají přednost výběru plemen s dobrými produkčními vlastnostmi před plemeny s termotolerancí a dobrým přizpůsobením klimatu. Hospodářská zvířata – hlavně prasata, drůbež a přežvýkavci – jsou citliví na tepelný stres, protože mají rychlý metabolismus, mají vysokou produkci bazálního tepla a vyznačují se rychlým růstem. Prasata mají nedostatek funkčních potních žláz a silný podkožní tuk, proto jsou obzvláště náchylní k tepelnému stresu (St-Pierre et al. 2003).

Kvůli akutnímu (prudkému) tepelnému stresu před porážkou se svalová glykogenolýza zrychluje, a zvyšuje se koncentrace kyseliny mléčné, zatímco hodnota pH se těsně po porážce snižuje. Jatečně upravené tělo je však ještě teplé. To vede k PSE masu, které má nízké schopnosti zadržet uvnitř sebe vodu. Kvůli chronickému (dlouhodobému) tepelnému stresu mají prasata nízké zásoby glykogenu ve svalech, mají proto nižší koncentraci kyseliny mléčné. To vede k DFD masu, které má vysokou schopnost zadržet vodu i vysoké pH (Gonzalez-Rivas et al. 2020).

Tepelný stres u prasat snižuje příjem živin, a to ovlivňuje rychlost růstu zvířete, reprodukční schopnosti a kvalitu jatečně upraveného těla. Za poslední čtyři desetiletí bylo zdokumentováno, že prasata chovaná v podmínkách tepelného stresu snížila svalovou hmotu a zvýšila tukovou tkáň. Tento jev je rovněž u hlodavců a drůbeže. Dramatické snížení příjmu krmiva až o polovinu je viditelným znakem tepelného stresu. Předpokládá se, že snížení příjmu krmiva je primárně zodpovědné za negativní účinky na výkon prasete. Na druhou stranu potřebuje zvířet až dvojnásobek příjmu vody. I přes obrovský ekonomický dopad, není příliš známo, jak tento stres přímo a nepřímo mění metabolismus u prasat (Baumgard & Rhoads 2013).

Ve výzkumu Santose et al. (1997) byla prasata smíchaná během přepravy na jatka, podrobena půstu okolo 36 hodin a omráčena podle platných norem. Podmínky okolí: teplota a relativní vlhkost byly naměřeny tak, aby simulovali zimu (12 °C teploty / 90 % relativní vlhkosti), mírné léto (20 °C / 80 % vlhkosti) a horké léto (35 °C / 50 % vlhkosti) v Portugalsku. Byl hodnocen také vliv 35 °C teploty / 85 % relativní vlhkosti na kvalitu masa, i když se tyto

podmínky reálně nevyskytují. Používají se pouze pro porovnání reálných výsledků s takto extrémním stavem. Byly zkoumány hlavně faktory: teplota ustájení, relativní vlhkost, doba odpočinku a jejich interakce, dále pak parametry kvality jatečně upraveného těla a masa.

Teplota a relativní vlhkost významně ovlivnili postmortální teplotu ve svalu jatečně upraveného těla, rychlost nástupu rigor mortis, avšak neměli příliš vliv na pH masa. Hodnotu pH ovlivnila hlavně doba odpočinku. Prasata chovaná při 35 °C produkovala jatečně upravená těla s vyšší hlubokou teplotou svalstva ve srovnání s prasaty chovanými při 12 °C nebo 20 °C bez ohledu na relativní vlhkost. Zvýšení teploty ustájení vyvolalo nepříznivý vliv na kvalitu masa, objevil se vyšší výskyt masa PSE a DFD. Při 35 °C teploty a relativní vlhkosti 50 % (případně 85 %) nebyl téměř žádný výskyt normálního masa bez vad. Nejvyšší výskyt PSE masa byl u prasat chovaných při teplotě 35 °C, relativní vlhkosti 50 %. Vyšší výskyt jatečně upravených těl ovlivněných DFD u prasat chovaných při 20 °C / 80 % relativní vlhkosti může souviset se změnou zacházení se zvířaty na farmě, nebo s pústem. I odpočinek spolu s teplotou a vlhkostí má vliv na kvalitu masa. Prasata, ustájená v kotcích po dobu 30 minut při mírné teplotě, měla horší kvalitu masa ve srovnání s prasaty ustájenými při mírné teplotě 2-3 hodiny před porážkou. Při prodloužení odpočinku spolu s vyšší teplotou a vlhkostí narůstá PSE masa. Bez ohledu na teplotu i vlhkost bylo pozorováno mírné zvýšení DFD vady u prasat poražených po 2-3 hodinách v ustájení. Celkově bylo zjištěno, že vliv prostředí (teplota a relativní vlhkost) na výskyt odchylek jakosti masa je silně spjato s dobou odpočinku, kterou prasata stráví v kotcích. Doporučuje se při vyšších teplotách provést porážku co nejdříve, aby se předešlo teplotnímu stresu a PSE masu.

Též Guàrdia et al. (2004) došli k podobným závěrům. V letním období pozorovali nižší hmotnosti prasat až o 5 kg, nižší hmotnosti jatečně upravených těl o 3 kg a zvýšený výskyt masa PSE až o 32 % oproti zimnímu období.

3.5.5 Porážka

Základem humánní porážky, která odpovídá dobrým životním podmínkám hospodářských zvířat, je proces ztráty vědomí. Poslední dobou se lidé zaměřují na dobré psychické i fyzické zdraví jedinců a snaží se minimalizovat bolest zvířat při porážce.

Hlavním právním předpisem pro EU, týkající se porážky nejen prasat, ale všech hospodářských zvířat, je nařízení rady EU č. 1099/2009 ze dne 24. září 2009. Zákon upravuje pravidla, která se týkají porážky zvířat chovaných hlavně pro maso, jiné potraviny, vlnu, kůži, kožešinu, ale i další výrobky sloužící lidem. Důležité je správné zacházení se zvířaty před porážkou, správně zvolená metoda omráčení i usmrcení. Zákon upravuje také pravidla zabíjení zvířat kvůli populačnímu snížení. Podle tohoto zákona je zabíjení úmyslná činnost způsobující smrt zvířete. Omráčení, usmrcení, vykrvení, skladování a další postupy by měli být provedeny na jednom místě. V odstavci 4 je zdůrazněno, že zvířata musí být usmrcena až po omráčení (Borzuta et al. 2019).

Jateční linky pro prasata jsou dnes spíše mechanické a automatizované, i když je stále dobré spoléhat na lidskou práci podporovanou mechanickými zařízeními kvůli hlídání dobrých podmínek prasat při celém procesu porážky. Velice důležité jsou při porážce dobré životní podmínky zvířat, hygiena a bezpečnost práce. Velká pozornost je třeba věnovat splněním

hygienických požadavků v automatikých liniích a tomu, aby zařízení fungovala přesně bez poškození cenných partií jatečně upravených těl (Ninios et al. 2014).

Při porážce hodnota pH klesá z 7,0 na konečné mezi 5,4 – 5,7 po dobu 6 – 10 hodin. Pokles pH může být však mnohem rychlejší, pokud jsou zvířata před porážkou ve stresu (Ninios et al. 2014).

3.5.5.1 Omráčení

Samotná porážka zvířat začíná omráčením, kdy nedochází k usmrcení zvířete, naopak se pracovníci snaží udržet zvířata při životě. Zejména srdce je důležité zachovat v činnosti, protože dále usnadní vykrvení. Při správném omráčení je srdce jako přirozená pumpa, a z těla vyčerpá krev. Zachována by měla být i činnost center v prodloužené míše (Sionek & Przybylski 2016).

Omráčení je záměrná činnost způsobující bezbolestnou ztrátu citlivosti na podměty a ztrátu vědomí. Ideálně by měla nastat ztráta vědomí během sekundy omračování. Z důvodu dobrých životních podmínek je povinnost jatečná zvířata okamžitě znecitlivět až do doby, kdy dojde k vykrvení (Borzuta et al. 2019). Omráčení zabraňuje zvířeti vnímat a cítit bolest, lépe se s ním manipuluje a díky němu nejsou zvířata ve stresu, takže zároveň předchází vadám masa. Při omráčení by mělo být zvíře vystaveno psychickému a fyzickému zatížení co nejméně. Až v důsledku ztráty krve nastává smrt (Rosenvold & Andersen 2003; Sionek & Przybylski 2016).

Velikost zvířete, plemeno i platné předpisy závisí na způsobu omráčení. Musí být provedeno humánně. Mezi znaky správného omráčení patří např. ztáta rytmického dýchání, rozšířené zornice, lapání po dechu a žádná reakce při doteku nebo bolestivé činnosti. Mezi znaky špatného omráčení patří např. rytmické dýchání, zúžené zornice, zvedání končetin či hlavy a reakce na doteky či bolest (Nowak 2007). Existuje mechanické, chemické a elektrické omráčení.

U mechanického omráčení se používají omračovací pistole (dříve palice). Je nejvíce aplikováno u skotu a koní. Šroubová technika spočívá v úderu do lebky šroubovací pistolí, což poškodí strukturu části mozku, která odpovídá za smysly. Pistole se umístí do středu čela (u prasat 2,5 cm nad obočí). Je povoleno také mechanické omráčení založené na zásahu do hlavy palicí. Tato metoda by měla způsobit vážné poškození mozku, avšak používá se pouze u selat, jehňat, koz, králíků, zajíců a lehké drůbeže. Na běžných jatkách se nepoužívá, pouze výjimečně v případě neexistující jiné dostupné metody (Borzuta et al. 2019).

Elektrické omráčení se dá použít u všech druhů zvířat, nejčastěji u prasat a ovcí. Způsobuje přerušení činnosti mozku tím, že elektrody, nasazené z obou stran hlavy, pouští proud do mozku, a ten poškozuje jeho pravidelnou činnost. V praxi se používají i 3 elektrody, kdy dvě jsou na hlavě (stejně jako u běžné metody se dvěma elektrodami), a jedna je přiložena k hrudní kosti blízko srdce. Předpisy EU určují minimální hodnotu elektrického proudu pro běžné omráčení se dvěma elektrodami následovně:

- skot do 6 měsíců věku: 1,25 A,
- skot nad 6 měsíců věku: 1,28 A,
- ovce a kozy: 1,00 A,
- prasata: 1,30 A.

Dále se dají v praxi používat také tzv. automatické systémy s hodnotou napětí 600 až 1000 V po dobu 3 sekund (Borzuta et al. 2019). Výsledkem je však po většině případů smrt namísto omráčení. Fixace zvířete se provádí pouze u elektrické metody ormráčení. Fixace má za úkol omezit prase co nejvíce v pohybu. Bude tím zabráněno mnoha problémům, jako poranění zvířete i člověka. Usnadní způsobilé osobě bezpečný pohyb kolem zvířete, účinné omráčení a vykrvení. Je zakázáno při fixaci jatečné zvíře jakýmkoliv způsobem zavěšovat, upínat nebo svazovat mu končetiny. Elektrický proud se smí použít pouze k znehybnění zvířete (Channon et al 2003).

Na omráčení plynem se většinou používá oxid uhličitý. Provádí se umístěním zvířete do plynové komory, která je naplněná kyslíkovou směsí se správnou koncentrací CO₂ (o správnosti koncentrace se budeme bavit dále). Čas potřebný k dosažení bezvědomí je kratší, čím je koncentrace plynu vyšší. Omračování plynem má negativní účinek na dobré životních podmínkách prasat, protože dýchání je rychlejší a hlubší, objevují se křeče a chování zvířat není kontrolované. Vdechování oxidu uhličitého způsobuje bolest (Borzuta et al. 2019).

Všechny tyto techniky mají společné to, že způsobují špatné fungování mozkových neuronů a vedou k reverzibilitě či nevratnému stavu bezvědomí dle zvolené techniky (Borzuta et al. 2019).

Problematicke o omráčení plynem oponují Sionek & Przybylski (2016), kdy pozorovali rostoucí zájem o prasata, která jsou omráčena oxidem uhličitým, neboť tato metoda je šetrnější pro zvířata. Blaho hospodářských zvířat je pro lidi dnes poměrně důležité. U ovcí i jehňat, která byla omráčena CO₂, bylo maso kvalitnější a trpělo menšími ztrátami hmotnosti v důsledku kapání. Prasata omráčena oxidem uhličitým mají méně stresu a kvalitnější maso. Tato metoda vede k menším výskytům modřin na těle a zlomenin kostí, které jsou způsobené křečovými pohyby při porážce. Zvířata jsou nehybná po dobu minimálně 1 minuty, čímž se zvýší kvalita masa i bezpečnost lidí pohybující se ve stáji. Podle směrnice Rady EU 93/119 / CE musí být koncentrace oxidu uhličitého při omráčení alespoň 70 %. U použití koncentrace 100 % dochází u zvířat k rychlejší ztrátě vědomí, avšak nejčastěji používaná koncentrace je 90% oxid uhličitý (Gregory 2008).

Antosik et al. (2011) pozorovali vliv koncentrace oxidu uhličitého při omráčení na kvalitu masa. Při použití 92% koncentrace oxidu uhličitého byla omráčena všechna zvířata, avšak při použití 88% koncentrace oxidu uhličitého vykazovalo 17 % prasat znaky neúplné ztráty vědomí, což je nežádoucí jev. Je tedy opravdu důležitá koncentrace a množství plynu. Prasata neúspěšně omráčená se od úspěšně omráčených lišila hmotností jatečně upraveného těla, která byla o více jak 3 kg nižší. Prokázalo se, že po omráčení 92% oxidem uhličitým měli prasata vyšší pH a tmavší odstín masa ve srovnání s omráčením 88% oxidem uhličitým. Avšak po 48 hodinách od porážky se pH změnilo, a vyšší hodnota byla zadanemána u prasat omráčených 88% CO₂. Výskyt PSE masa byl pozorován hlavně u skupiny prasat omráčených 92% oxidem uhličitým (přibližně 16 %). U skupiny prasat omráčených 88% oxidem uhličitým byl výskyt vady masa pouze 9 %. Na druhou stranu byl u prasat omráčených nižší koncentrací výskyt kyselého masa. Vzhledem k výsledkům je nejvýhodnější použít koncentraci 90% plynu, jak bylo zmíněno výše. Toto procento koncentrace plynu vykazovalo nejméně vadného masa. Čím vyšší procento koncentrace, tím větší pravděpodobnost ke vzniku vadného masa PSE.

Podle Van de Perreta et al. (2010) nastává po omráčení elektrickým proudem stres a posmrtná glykolýza, ta vede k poklesu pH. Channon et al. (2002) naproti tomu zjistil vyšší

glykolýzu a rychlý pokles pH u prasat omráčených oxidem uhličitým. U elektrického omráčení mělo maso bledší barvu a trpělo značnou ztrátou vody. V jeho studii však nebyl žádný výskyt PSE a DFD masa.

Channon et al. (2003) dělali experiment zaměřující se hlavně na vliv zvolené metody a délku omráčení. Prasata byla omráčena 5 různými způsoby. První způsob byl 90% oxidem uhličitým, další způsoby byly elektrickým proudem (0,9 A po dobu 19 sek.; 1,3 A po dobu 4 sek.; 1,3 A po dobu 19 sek.; 2,0 A po dobu 4 sek.). Výsledky najdete v Tabulce č. 3. Hodnota pH u prasat omráčených elektrickým proudem kolísala podle délky a výkonu omráčení. V průměru byla hodnota pH vyšší u prasat omráčených oxidem uhličitým. U prasat omráčených elektrickým proudem byla hodnota pH nejvyšší při 1,3 A (19 sek.) a naopak nejnižší při 2,0 A (4 sek.). Dále zjistili, že u prasat, která byla omráčena elektrickým proudem (19 sek.) do hlavy, byla vyšší pravděpodobnost PSE masa, než u prasat omračovaných elektrickým proudem po dobu 4 sekund, nebo oxidem uhličitým.

Tabulka č. 3: Vliv metody omráčení na svalové pH za určitý čas (Channon et al. 2002).

	CO ₂	0,9 A 19 sek.	1,3 A 4 sek.	1,3 A 19 sek.	2,0 A 4 sek.
pH 40 minut	6,45	6,39	6,42	6,48	6,35
pH 100 minut	6,28	6,22	6,21	6,28	6,21
pH 3 hodiny	6,08	5,99	6,02	5,97	5,91
pH 6 hodin	6,01	5,72	5,90	5,95	5,82

Také Becerril-Herrera et al. (2009) dělali výzkum ohledně způsobu omračování. Omráčení před smrtí proběhlo dvěma způsoby: elektrickým proudem do hlavy (250 mA) s napětím 400 V a pomocí 70% oxidu uhličitého v omračovací komoře, kde prasata strávila 1 minutu. Byla zjištěna hodnota pH v krvi 6,19 u prasat omráčených pomocí oxidu uhličitého, zatímco u prasat omáčených elektrickým proudem byla hodnota pH 7,14. Prasata omráčená v CO₂ komoře měli vyšší výskyt hyperkapnie (vzestup koncentrace CO₂ v krvi), hyperglykémie a vychýlení pH od normy. U obou způsobů omráčení se projevila dehydratace, za což zřejmě může nedostatečná péče během ustájení a selhání lidského faktoru. V tomto pokusu vyšlo omráčení elektrickým proudem jako ideálnější možnost, což je opak od výzkumu Channona et al. (2003).

Některé zprávy popisují omráčení prasat jiným plynem. Raj (1999) použil mimo jiné k omráčení argon. Jednotlivá prasata byla vystavena hned třem možným koncentracím plynu - 90% argonu ve vzduchu, směsi 60% argonu s 30% oxidem uhličitým nebo 80% koncentrace oxidu uhličitého. Při vysoké koncentraci argonu trvaly křeče těla déle, a byly intenzivnější než při 60% nebo 80% koncentraci oxidu uhličitého. Také zastavení dechu zvířete nastalo později. Prasata vystavena argonu po dobu 3 minut by měli být vykřveny co nejdříve, a to maximálně do 25 sekund, aby se zamezilo navrácení vědomí během krvácení. Tyto zjištěné informace jsou nežádoucí pro kvalitu masa, welfare zvířat i bezpečnost. Tento plyn se v praxi příliš nepoužívá také z důvodů vyšších nákladů.

Cílem do budoucna je nalezení omračovacích metod, které účinně eliminují fyziologický i psychický stres na úroveň anestézie. Bude šetrný ke zvířatům a bezpečný k pracovníkům na jatkách. Tato nová metoda by také zlepšovala senzorní vlastnosti a faktory kvality masa, jako je například WHC (schopnost zadržet vodu) (Rosenvold & Andersen 2003).

3.5.5.2 Vykrvení

Prasata jsou nejprve omráčena a až poté vykřvena, necítí tedy bolest (Becerril-Herrera et al. 2009). Účelem je rychlé odstanění krve z těla, protože vykřvení způsobí smrt a krev v těle by mohla představovat ideální prostředí pro pomnožení bakterií (Borzuta et al. 2019). Provádí se nařiznutím alespoň dvou krčních cév (či cév, ze kterých krční vycházejí), a zvíře zemře na mozkovou anoxii, která nepoškodí jatečně upravené tělo. Nejpoužívanějším a nejhygieničtějším způsobem vykřvení je spoutání prasete ihned po omráčení, a poté zvednutí těla na pohyblivou kolejnici. U těchto prasat dochází na zadních končetinách k svalovým kontrakcím a v kýtách se mohou objevit sraženiny. Dalším způsobem je krvácení v leže, které poskytuje o něco rychlejší vykřvení kvůli menšímu tlaku na orgány a cévy. Nabízí menší váhové zatížení svalstva a méně zlomenin, tím lepší zachování kvality svalů, kostí, vnitřností, kůže apod. Toto krvácení je však velice nehygienické (Ninios et al. 2014). Řez je třeba udělat ostrým nožem. Tupý nůž prodlouží řeznou ránu a poškodí se konce cév. To způsobí předčasné srážení krve a zablokování cév, krvácení je oddáleno a nástup bezvědomí se značně prodlouží (Ingr 1996). Vykrvení je potřeba provést co nejdříve od omráčení. Má to dva důležité důvody:

- Krvácení po delší době od omráčení může mít za následek opětovné získání vědomí zvířete, zejména když bylo omráčené elektricky. Například elektricky omráčená drůbež může během 1-3 minut získat vědomí. Proto by měla být drůbež vykřvena do 15 sekund od omráčení. U prasat by měl být také velmi krátký interval mezi omráčením a krvácením. Ideální čas je jedna minuta od omráčení.
- Pozdější krvácení může mít za následek zvýšení krevního tlaku, čímž prasknou krevní cévy a způsobí krvácení do svalů. Tato krev v tkáni způsobí, že se maso rychleji rozloží (Sionek & Przybylski 2016).

Vykrvení trvá přibližně 3 až 4 minuty. Pro kulinářské využití se hodí pouze krev ze začátku krvácení (max 8 sekund od řezu), která vytéká pod tlakem a není znečištěna mikroorganismy (Ingr 1996). U prasat dojde ke ztrátě přibližně 3 – 4 litrů krve. Další manipulace se zvířetem, řezy, paření nebo jiné zásahy jsou povoleny až po vymizení reflexů těla, tedy až po smrti (Borzuta et al. 2019).

3.5.5.3 Chlazení

V masném průmyslu je velmi důležitá prevence před patogeny v jatečně upraveném těle a později v mase. Proto je třeba jatečně upravená těla po porážce zchladit, aby byla zajištěna mikrobiální bezpečnost a uchovatelnost masa. Proces chlazení má vliv na mikrobiální kontaminaci a může později zamezit velkým problémům, jako je kažení a hnití masa. Procesy chlazení se značně liší v závislosti na faktorech, jako je velikost jatečně upraveného těla, množství podkožního tuku, množství libové svaloviny a rychlost svalového metabolismu. Větší

jatečně upravená těla chladnou o něco pomaleji kvůli menšímu poměru povrchu k hmotnosti. Tepelná vodivost tuku je menší než vodivost svalů a kostí, a proto silná tuková vrstva zpomalí proces zchlazování těla. Těsně před porážkou je tělesná teplota prasat, skotu i ovcí v rozmezí 38–39 °C, zatímco tělesná teplota drůbeže může být až 41 °C. Tělesné teplo musí být odváděno společně s metabolickým teplem (Ninios et al. 2014). Je třeba tělo prasat zchladit co nejrychleji po zpracování, a to ideálně do 2 hodin, hned z několika důvodů:

- trvanlivost masa se rychlým zchlazením zvýší, protože inhibuje růst přítomných patogenů,
- minimalizuje ztrátu důležité vody během chlazení,
- minimalizuje denaturaci bílkovin, ke které dochází v důsledku vyšší teploty (Ninios et al. 2014).

Rychlé chlazení JUT má za následek nižší elektrickou vodivost a nižší žloutnutí masa. Má dobrý vliv na stav svalu, který by při pomalém chlazení mohl vést k vývoji PSE vady (Møller & Vestergaard 1987).

Je prováděno mnoho výzkumů k novým technologiím, které urychlí chlazení masa, aby co nejrychleji dosáhlo optimální teploty 7 °C kvůli trvanlivosti. Osvědčenou metodou je tzv. šokové chlazení. Jatečně upravené tělo by mělo být vystaveno proudu vzduchu o teplotě -5 až -8 °C (někteří dokonce hovoří o -20 °C) po dobu přibližně 120 minut (Weißmann 2014). Pomalé chlazení má za následek vyšší hmotnostní ztráty, a především senzoricke změny, kdy se maso výrazně smrští, jeho povrch se zvrásní a trvanlivost se rapidně sníží (Janiszewski et al. 2017).

Podle Tomoviče et al. (2008) šokové zchlazení masa mělo velmi pozitivní vliv na jeho kvalitu. Dosažení nízké teploty v krátké době prodloužilo trvanlivost masa díky redukci mikroorganismů, hlavně *Escherichia coli* a *Enterobacteriaceae*. Rychlé chlazení masa snižuje rychlost glykolýzy ve svaly, což vede k pomalejší ztrátě vody. Použití různých chladících systémů pro rychlý pokles teploty jatečně upravených těl může snížit výskyt PSE masa.

Těmto autorům však oponuje obrovský problém, kterému čelí dnešní průmysl s čerstvým masem. Poukazuje na přílišně rychlé chlazení jatečně upraveného těla po porážce zvířete. Odstraněním tělesného tepla rychlým chlazením či mražením (kdy teplota těla klesá opravdu rychle), se sval smrští a nastává tzv. „zkrácení svalových vláken chladem = cold shortening“. Vzniká, když hladina adenosintrifosfátu (ATP) ve svaly je vysoká, avšak teplota kvůli chlazení rychle klesá. Protože mají prasata více tzv. bílých svalů, u kterých dochází k rychlejší posmrtné glykolýze, a tlustou izolační vrstvou podkožního tuku, dochází u nich častěji k cold shorteningu ve srovnání s hovězím nebo jehněčím masem. Aby byl tento problém omezen, je třeba se vyhnout chlazení jatečně upraveného těla pod 10 °C během prvních 5 hodin bezprostředně po porážce zvířete. Také nechladit jatečně upravené tělo pod 5 °C, pokud je pH nad hodnotu 6, což je přibližná hodnota nástupu rigor mortis ve zdravém svaly. Jestliže je teplota ve svaly pod 10 °C dosažena do 3 hodin po porážce zvířete (kdy je většinou pH nad hodnotou 6), rychlé chlazení tohoto svaly může vést ke zkrácení svalových vláken, a tím k tuhému a tvrdému masu (Møller & Vestergaard 1987, Tomovič et al. 2008).

Podstatná je tedy rychlost poklesu hodnoty pH svalů, protože tato rychlost poklesu pH má významný vliv na optimální rychlost ochlazování, které by na jedné straně mělo být

dostatečně rychlé, aby minimalizovalo růst patogenů, ztrátu vody a denaturaci bílkovin, avšak na druhé straně by nemělo být přespříliš rychlé a šokující, aby maso zůstalo měkké (Ninios et al. 2014).

3.5.5.4 Veterinární prohlídka po porážce

Prohlídka je důležitou součástí jatečného cyklu. Jatečně upravené tělo se k prohlídce předkládá po technologických operacích zahrnujících omráčení, vykrvení, napaření, odštětivování, dočištění, po odstranění kožních útvarů a vykolení. Provozovatel jatečného podniku může před veterinární prohlídkou požadovat odstranění centrální nervové soustavy. Veterinární prohlídku jatečných zvířat zajišťují inspektoři veterinárních správ. Provádí se na všech porážkových provozovnách v zahraničí i v České republice. Hlavním cílem je filtrovat vadné kusy masa před tím, než se zpracují či dostanou až ke spotřebiteli. O nezávadnosti masa se nerozhoduje jen na jatkách, ale tato veterinární prohlídka je důležitým faktorem pro bezpečnost potravin.

Veterinární prohlídka zjišťuje základní body, které by mohli mít později pozitivní či negativní vliv na kvalitu masa a produktů. Cílem je:

- odhalit chorobu zvířat,
- zjistit přítomnost většího množství určitých povolených či zakázaných látek,
- zjistit mikrobiální bezpečnosti masa,
- zjistit jiné faktory, které jsou důležité pro lidské zdraví a bezpečnost.

Na základě výsledků veterinární prohlídky lékař rozhodne o tom, jak bude s jatečným kusem dále nakládáno. O prohlédnutém mase lze rozhodnout jako o mase určeném k lidské spotřebě nebo nevhodném k lidské spotřebě. Maso určené k lidské spotřebě se rozděluje na požitelné a požitelné po úpravě. Požitelné je takové maso, které může být volně posláno do oběhu bez jakéhokoli omezení. Může se prodávat jako výsekové maso i k zpracování do výroby. Maso požitelné po úpravě je maso s odchylkami. Lze tyto odchylky však snadno odstranit zpracováním a zajistit tak jeho nezávadnost. Nesmí být prodáváno v syrovém stavu. Maso nevhodné k lidské spotřebě je takové maso, kde je nalezeno větší množství odchylek. Zpracování již nezaručí jeho nezávadnost, a musí být tedy z procesu odstraněno.

Veškeré maso z jatek musí být označeno na zdravotní nezávadnost, a bez tohoto označení nesmí být produkt uveden na trh (Ministerstvo zemědělství 2009-2020).

3.6 Použití vepřového masa PSE

Chuť je hlavním faktorem, proč spotřebitelé kupují právě vepřové maso. Surové maso má slabě nasládlou chuť, a během kulinářského nebo technologického zpracování se objevuje typická masová příchut'. Není překvapením, že spotřebitelé upřednostňují maso z mladých vepříků a prasniček. Má jemnější chuť, lépe se zpracovává a je měkčí (Ngapo & Gariépy 2008).

PSE vepřové maso představuje značné ekonomické ztráty v masozpracujícím průmyslu kvůli jeho omezeným možnostem zpracování spolu s nežádoucím vzhledem (Scheffler & Gerrard 2007).

Prodávané, nebo dále zpracovávané maso, zahrnuje určitý podíl PSE masa a zpracovatel (později spotřebitel) s touto situací musí být do určité míry smířen. Dle statistiky až 20 % produkovaného vepřového masa vykazuje vadu PSE (Ingr 1996).

Maso PSE je z kulinářského pohledu ve většině případů nevhodné. Pro výše uvedené nevyhovující vlastnosti se tak výrazně limituje uplatnění PSE masa na trhu (Kadlec et al. 2009). I přes to ho lze v omezeném množství použít do tepelně opracovaných masných výrobků, kde doplní hovězí maso (někdy také maso DFD). DFD maso má dobrou vaznost, a tím se negativní vlastnosti obou vad v konečném produktu navzájem kompenzují. Naprosto nevhodné je pak do masných výrobků (např. do dušené šunky, šunkového salámu), dietních výrobků, také jako balené maso, či do fermentovaných trvanlivých výrobků. Výrobky jsou tužší, nejsou šťavnaté a chuťově nevýrazné. Potřebná doba tepelné úpravy je kratší než u normální svaloviny (Ingr 1996; Solomon et al. 1998; Kadlec et al. 2009). Maso s vadou PSE je však z hlediska hygieny nezávadné, nedochází v něm k nežádoucím mikrobiálním procesům, jako si mnozí lidé myslí (Solomon et al. 1998).

DFD maso je naprosto nevhodné pro výsekový prodej, pro porcování (protože je velice tuhé) a vakuové balení. Lze jej v omezené míře použít do výroby měkkých salámů. Takové maso má na rozdíl od PSE masa vysokou vaznost. Disponuje tuhým tkáním, nesoudržností a celkovou suchostí. Na řezu je maso lepivé. Má výrazně tmavou barvu, což způsobuje koloidní stav bílkovin. Uvolňuje se z něho malé množství šťávy, což způsobuje nízkou šťavnatost a suchost. Jak už bylo zmíněno, lze PSE i DFD maso využít ve směsi, kdy se vlastnosti doplňují (Ingr 1996).

3.7 Welfare prasat

Pohoda zvířat a míra spokojenosti v chovu se dá nazvat jedním slovem Welfare. Zahrnuje biologické fungování, kam spadá hlavně zdraví a subjektivní prožívání jedince (hlavně bolest, strach a stres). Lze ho hodnotit pomocí behaviorálních, fyziologických, patologických i kvalitativních ukazatelů jatečně upraveného těla (Broom 2005; Pulkrábek et al. 2005). Podmínky, které jsou vhodné pro jedno zvíře, nemusí být optimální pro druhého jedince, hranice spokojenosti jsou velice individuální. Každé zvíře by mělo mít zajištěné správné životní podmínky po celou dobu života, jako je např. zajištění přirozeného chování (konkrétně u prasat je důležité rytí), zajištění zdraví a spokojenosti. Dodržování pravidel welfare vede ke snížení stresu, zranění, ale i k minimalizaci výskytu vad masa (Speer et al. 2001). Britská rada pro ochranu hospodářských zvířat (FAWC) se zabývá ochranou zvířat a welfare. Upravila a popsala welfare v pěti bodech:

- dostatečné množství vody i potravy pro udržení zdraví zvířat,
- zamezení příčin nehod, vhodné prostředí pro zvířata,
- prevence před vznikem bolesti a zranění,
- vytvoření přirozených podmínek pro spokojenost každého jedince,
- odstanění strachu a psychické nepohody.

Welfare chovem tedy rozumíme takový chov, který splňuje těchto 5 bodů. Cílem není vyhnout se zcela stresu, ale vyhnout se utrpení. Stresové situace jsou pro zvířata do určité míry

přirozená, zažívají je totiž běžně i ve svém přirozeném prostředí. Utrpení pro zvíře nastává, když mu podmínky v chovu nedovolí reagovat tak, jak by chtělo a potřebovalo. Problém nastává též, kdy je stres nepřiměřený.

Body welfare uvedené výše by se měly ideálně dodržovat v chovu, při nakládce, při transportu na jatka, porážce i při dalším kontaktu se zvířetem. Například před přepravou, během přepravy i po ní na zvířata působí řada stresorů, které pak mají nepříznivý dopad na fyziologické a biochemické procesy probíhající v jejich těle (Speer et al. 2001). Mezi faktory, které negativně ovlivňují procesy v těle prasat patří: nesjednocené podmínky chovu zvířat před přepravou a po přepravě, míchání zvířat z různého chovu, malý prostor pro jednotlivce, zvýšená náchylnost k infekcím a nezkušený personál (Broom 2005). Při přepravě jsou zvířata vytržena ze svého domovského prostředí, setkávají se s cizími lidmi, kteří s nimi manipulují. Dostávají se ze své komfortní zóny a začínají být agresivnější. Při působení intenzivnějšího stresu může dojít až k úhynu zvířete (Luca et al. 2021).

V Evropě je welfare prasat zahrnut do rozsáhlých souborů právních předpisů. Tyto předpisy stanoví přesná pravidla pro blahobyt zvířat a minimální standardy pro ochranu zvířat v chovu, během přepravy i při porážce, které musí být prasatům umožněny (Luca et al. 2021). V posledních letech se zvýšil zájem o výsledky hodnot blahobytu získaných z jatečně upraveného těla jako ukazatele zdraví a dobrých životních podmínek zvířat přímo v chovu na farmě. Například kousnutí, jizvy, trhliny, nekróza, bursitida, vyhublost a znečištění nebo změny v postoji mohou být indikátory špatných životních podmínek prasat (Harley et al. 2012). Poranění, hlavně nekróza na ocasu či bursitida, se zvětšují a zvýrazňují po opaření a odstranění štetin z těla, což dále znehodnocuje jatečně upravené tělo (Carroll et al. 2018).

Poranění ocasu je v chovu prasat velice rozšířené a známý problém. Vzniká důsledkem kousání kolem ocasu spolu s abnormálním chováním. Na tomto chování se podílejí různé faktory jako prostředí, špatné rozložení prasat v kotcích, přítomnost amoniaku ve vzduchu, nedostatek hraček, nepravidelné stravovací návyky zvířat a neizolování agresivních selat. Léze ocasu se mohou pohybovat mezi mírnými škrábanci až po těžké rány, nekrózy a částečné nebo úplné ztráty ocasu. Tyto poranění mohou být vstupní cestou pro různé patogeny a sekundární infekci (Taylor et al. 2010).

Kožní poranění jsou cennými zdroji informací o dobrých životních podmínkách prasat na farmách. Tyto léze jsou obecně spojeny s agresivním chováním mezi jednotlivci, může za ně také režim krmení, počet zvířat v kotci, doprava a ustájení na jatkách (Luca et al. 2021). Hodnocení kožních poranění na jatkách je rozděleno na uši, hlava k ramenům, od ramen k zádi, zád' a končetiny. Tyto části se hodnotí podle škály poranění (0- bez zjevného poškození až 2- jedno nebo více velkým poškozením o velikosti 7 cm). Carroll et al. (2018) navrhli metodu i pro komerční jatka. Podle této metody se samostatně posuzují přední části zvířete (uši, čenich, ramena spolu s předními končetinami), střední části zvířete (bok a zád') a zadní části zvířete (zadek spolu s zadními končetinami). Dále se rozdílně hodnotí červené poranění (čerstvé) a nečervené poranění (již uzdravené). Tato metoda byla navržena k zjištění situace na farmě a je poměrně rychlá.

Tyto závažné poranění ocasu, kůže nebo i onemocnění dýchacích cest nesou stejně vysokou důležitost v kvalitě konečného vepřového masa, jako třeba míchání prasat před porážkou, transport nebo hustota prasat v kotcích (Stärk et al. 2014).

Existují i opatření monitoringu welfare zvířat přímo na jatkách, kdy je možno posoudit stav prasat z různých farem a od různých chovatelů na jednom místě. Některé země v Evropě již zavedly inspekce na jatkách na národní úrovni pro sledování welfare jatečných zvířat. V České republice tento monitoring zatím neprobíhá. Tato technika umožní posouzení dobrých životních podmínek za relativně krátkou dobu, za nižší náklady a nižší četnosti kontrol přímo na farmách (Carroll et al. 2018). U prasat, určených k lidské spotřebě, probíhá veterinární kontrola poražených zvířat (Stärk et al. 2014). Všechny monitorovací systémy jsou připojeny k počítači a mohou shromažďovat informace, které jsou poté sděleny chovatelům prasat a veterinárním lékařům. Ti mohou tyto informace použít k řešení a vyhodnocení konkrétních problémů (Luca et al. 2021). Tyto metody jsou zajímavé hlavně pro chovatele hospodářských zvířat vzhledem k ekonomickým dopadům, které mohou nastat po kontrole chovu týkající se dobrých životních podmínek zvířat. Tyto informace by navíc mohly být užitečné pro dané státní orgány při prosazování právních předpisů o dodržování dobrých životních podmínek prasat a případně jejich sankcionování (Luca et al. 2021).

Přestože má hodnocení zvířat na jatkách velké výhody, na druhou stranu se objevují i značné nevýhody (Stärk et al. 2014). Mezi ně patří například rozdíly mezi různými zeměmi při uplatňování welfare politiky nebo nevhodné použití některých metod na vysokorychlostních porážkových linkách (Harley et al. 2012). Pokud se metody dostatečně nesjednotí u všech farem ve všech zemích, mnoho faktorů pak může výsledky zkreslit (konečná váha prasete před porážkou, věk a sezóna). Carroll et al. (2018) narazili při své studii na další nevýhody. Na zkušebních prasatech našli poškození ocasu i kůže, které se mohli zdát mírné, ačkoliv takové zranění mohli být ještě během fáze chovu klasifikovány, jako poranění závažné. Není tedy zřejmé, jestli nebylo welfare prasat porušeno. Dalším problémem se ukázalo, že chovatelé prasat mohou použít různá opatření ke snížení počtu prasat se špatnými životními podmínkami ve svém chovu. Například prasata se špatnými podmínkami k životu mohou být zabita na jiných jatkách než ostatní zvířata, nebo mohou být usmrcena přímo na farmě. V extrémních případech mohou i uhynout. Takový prasata se pak nedostanou na jatka a později do výskledů. Výsledky dané farmy jsou pak razantně zkresleny (Harley et al. 2012).

Porušení podmínek welfare se může negativně odrazit ve kvalitě masa a v konečném produktu. Při dostatečném blatobytu a spokojenosti zvířete, jako zajištění přirozeného chování nebo bezstresové prostředí, je kvalita masa vyšší. V opačném případě nastává problém s jakostí masa (Luca et al. 2021).

3.8 Značka kvality masa

Metody zvyšování jakosti masa, jako je např. vhodný výběr jedinců, samotný systém chovu zvířat a zpracování produktů, zlepšují kvalitu masných výrobků a potažmo zvyšují spokojenost spotřebitelů. Pro výrobce mají vlastnosti, jako rychlost růstu, podíl cenných partií, konverze krmiva a hmotnost jatečně upravených těl, velký ekonomický význam. Se zvyšující konkurencí na trhu, spolu s výhledem na lepší podmínky hospodářských zvířat, nastala změna na trhu od nabídky obyčejného vepřového masa k nabídce značkových či bio vepřových výrobků, a kvalita masa se stala ekonomicky velice důležitou v rámci celého světa.

Právě welfare chov prasat, s důrazem na lepší podmínky života zvířat, by mohl pozitivně ovlivnit kvalitu nejen vepřového masa a ovlivnit výskyt jakostních odchylek masa, především pak PSE a DFD vady (Barbut et al. 2008).

3.8.1 Ochrana a označení produktů

Před prodejem produktů je třeba je řádně ochránit před vnějšími vlivy speciálními obaly, které na sobě nesou důležité informace o daném produktu. Obaly chrání výrobek před znečištěním a před vysycháním. Umožňují přepravní i prodejní manipulaci a potisk na obalu informuje spotřebitele o důležitých vlastnostech (Ingr 1996). Označování masných výrobků se řídí zákonem o potravinách a tabákových výrobcích spolu s některými souvisejícími zákony zabývajícími se masem, masnými výrobkami, rybami a vejci. Označování produktů pro celou Evropskou unii upravuje evropská legislativa a národní legislativa. Požadavky jsou stejné ve všech státech Evropské unie. Na balených masných výrobcích se v České republice uvádí hlavně:

- a) název,
- b) nejvyšší obsah tuku v procentech (výjimku mají výrobky tvořených z jednoho svalu),
- c) datum trvanlivosti, s výjimkou konzerv a trvanlivých a masných výrobků,
- d) použití masa strojně odděleného,
- e) složení, případné alergeny,
- f) podmínky uchování.

Legislativa stanovuje, že veškeré informace uvedené na obalu musí být zcela pravdivé. Informace nesmí být zavádějící, hlavně pokud se jedná o povahu, totožnost, množství, vlastnost, původ, trvanlivost či alergeny potravin. Označení masa podle živočišného druhu v názvu výrobku lze použít pouze tehdy, obsahuje-li výrobek více než 50 % tohoto druhu masa z celkového obsahu. Názvy masných výrobků, u kterých jsou specifikovány požadavky na složení či chemické a fyzikální znaky, nelze používat pro jiné výrobky, které těmto požadavkům neodpovídají, a to včetně různých zdrobnělin, které by mohly uvést spotřebitele v omyl (Ministerstvo zemědělství 2009-2020).

Speciální označování produktů, které jsou vyráběny ze zvířat pocházejících z chovu s dobrými životními podmínkami, je z jednou možností, jak získat důvěryhodnost u spotřebitelů. Označování takových výrobků je považováno za účinný nástroj státu, který předchází závažným podvodům a pomáhá poctivým firmám růst a zvyšovat zisk (Janssen et al. 2016).

3.8.2 Produkty s vyšší jakostí

Výrobci (farmy, zpracovatelé, maloobchodníci) dodávají zboží na trh s různými standardy dobrých životních podmínek hospodářských zvířat. Proto existuje ve světě mnoho schémat označování a ověřování, která by měla poskytovat určitou záruku bezpečnosti či kvality daného výrobku spotřebitelům. Na trh by se tedy neměly dostat nechtěné výrobky špatné či nedostatečné kvality. Neznamena to však, že veškeré produkty, které lze koupit v obchodě, mají vysokou jakost.

Úkolem pro potravinářský průmysl by mělo být zajištění odpovídající úrovně dobrých životních podmínek hospodářských zvířat pro uspokojení spotřebitelů. Ve skutečnosti je však obtížné zajistit tyto podmínky, protože pro každého spotřebitele je „blahobyť zvířat“ něco jiného. Vnímání této problematiky se mezi lidmi liší podle informovanosti, vzdělání, preferencí produktů a síle morálních a etických hledisek. Dobrá zpráva je, že zájem veřejnosti o dobré životní podmínky hospodářských zvířat výrazně roste a spotřebitelé jsou ochotni platit vyšší ceny za nadstandartní péči zvířat. Hlavními faktory, které ovlivňují nákup produktů s vyšší jakostí a s lepším blahobytem zvířat, jsou:

- bezpečnost a chutnost produktů: zvířata chována v lepších podmínkách budou pravděpodobně produkovat bezpečnější a lépe chutnající maso,
- kvalita: spotřebitelé si spojují vyšší blahobyť zvířat s kvalitnějšími produkty,
- místo původu: spotřebitelé dávají přednost místním produktům a vnímají produkty z jejich vlastní země jako kvalitnější díky legislativním normám, které jsou pro ně důvěryhodnější,
- zdraví: spotřebitelé si spojují dobré životní podmínky zvířat s nezávadností produktů (Cornish et al. 2019).

Pro spotřebitele je důležitý také blahobyť zvířat po celou dobu jejich života, a jedná se hlavně o: dostatek jídla i vody pro všechny jedince, absence nemocí, dostatečný prostor, stálý venkovní přístup, možnost chovat se přirozeně a vhodné podmínky při přepravě. Standardy dobrých životních podmínek hospodářských zvířat jsou vyšší v Evropské unii než v USA a zbytku světa, protože v Evropě je všeobecně vyšší důvěra v zemědělství a produkci živočišných produktů (Janssen et al. 2016).

Lidé vnímají vhodné podmínky zvířat jako známku kvality masa nebo kvality produktů. Ve studii o spokojenosti spotřebitelů bylo uvedeno, že o vepřové maso vyrobeno ve vlastní zemi s využitím venkovního chovu byl výrazně vyšší zájem ve srovnání s dováženým masem z prasat s vnitřním ustájením. Také chuť, jemnost, barva masa a svěžest jsou indikátory dobré kvality produktu a jsou odrazem od životních podmínek prasat. Jedna z hlavních příčin špatné chuti a barvy masa je již mnohokrát zmíněná genetika zvířat, která koleruje se stresem, a vznikají tak nechtěné vlastnosti (Cornish et al. 2019).

V České republice není žádný certifikát pro „welfare chovy“. Ve Velké Británii se již dobře prosadil certifikát zvaný Freedom Food, a ve Francii certifikát Label Rouge, který zajišťují vysokou úroveň produktů. Na našem trhu se však ani s jedním nesetkáme. V poslední době je vysoký zájem pro vytvoření certifikátu tzv. welfare značky pro celou Evropskou unii (tedy i pro ČR). Často se dnes setkáme s klamavými reklamami, kdy se mluví o chovu jako o welfare chovu, protože na takové značce se dobře vydělávají peníze. Je to trend dnešní doby, ale klamání spotřebitele nepravdivou reklamou je zákonem zakázáno (Koutná 2006).

Existuje systém na trhu s vejci, kde každé balení vajec musí být označeno příslušným systémem chovu. V roce 2013 se díky zavedení systému povinného označování systémů chovu slepic zvýšil počet volných výběhů pro slepice až o 16 % v celé EU. Od té doby, co byla viditelně označena vejce od slepic v klecích, podíl na trhu s tímto systémem chovu se snížil.

Povinný systém označování masa podle systému chovu nebyl zaveden, avšak je potřeba spotřebitelům podat transparentní informace o typu chovu, kde zvířata prožijí celý život.

U většiny masných výrobků na trhu jsou však základní informace o chovu stále nedostupné (Janssen et al. 2016).

3.8.2.1 Ekologický chov prasat

Ekologický chov v ČR není příliš rozšířený, objevuje se zde spíše chov konvenční (Koutná 2016). Vysoká kvalita vepřového masa získaných od prasat v ekologickém systému chovu není dosažena tak snadno, jak se může zdát. I když zvířata v tomto systému chovu nejsou překrmována, a tím nucena k maximální produkci, je jejich chov podobně náročný jako chov konvenční. Vyžaduje stejný (někdy i vyšší) stupeň zkušeností a odborných znalostí chovatelů (Cornish et al. 2019).

Kvalita vepřového masa z volný ekologických chovů je znatelně vyšší. Ve výjimečných případech může být i stařené, což je typické hlavně pro hovězí maso. Správné bio maso má výraznou chuť, přiměřené mramorování, snadno se připravuje a je šťavnaté a křehké (Koutná 2016).

Chovatelům se ekologický chov vyplatí, protože spokojené prase může být později prodáno za vyšší cenu, nebo lze toto maso prodat jako BIO produkt. Bioproduktem je potravina s platným certifikátem rostlinného nebo živočišného původu, která pochází z ekologického zemědělství či hospodářství (Agris 1999-2021). Farmářům jde zde především o kvalitu, ne o kvantitu. Snaží se vyprodukovat maso vysoké kvality, nutriční hodnoty a s minimem škodlivých látek. Usilují také o zachování životního prostředí. Zvýšená cena bio masa je způsobena nejen blahobytem zvířat, ale také vyššími náklady na krmení, které by mělo obsahovat vysoké množství bílkovin. Toto krmení musí být též pěstováno v ekologickém zemědělství. Pro spotřebitele, kterému není lhostejný život hospodářských zvířat, je v České republice nejjednodušší vybírat si produkty s certifikátem BIO produkt, protože pro ekozemědělce platí přísnější pravidla týkající se welfare zvířat, transporu a porážky (Koutná 2006, Ministerstvo zemědělství 2009-2020).

Důležitá je však samotná poptávka po bio mase, která je stále vyšší v zahraničí než v České republice. Český trh s bio masem je poměrně významný mezi zeměmi střední Evropy, stále však zaostává za západoevropskými zeměmi. Může za to hlavně vyšší cenová hladina. V dnešní době lze říci, že se situace trvale zlepšuje a český trh začíná následovat vyspělé zahraniční státy.

Bio produkty vyrábí především menší zemědělci, pro které je nelehké dostat své výrobky do maloobchodní sítě, a některé zboží prodávají pouze na lokálních tržištích. Je tedy obtížnější tyto produkty získat, je však správné je podporovat (Agris 1999-2021). Záruka, že nebyla zcela porušena pohoda zvířat, se sice netýká ani ekologických chovů, ale je to nejbližší a nejkvalitnější varianta tzv. welfare značky produktu, jaké jsou u nás zatím k dispozici (Ministerstvo zemědělství 2009-2020).

V případě, že by spotřebitelé v České republice byli ochotni zaplatit vyšší kupní cenu za welfare produkty, docílí se tím lepších životních podmínek pro chovaná zvířata, zlepšení zdravotního stavu zvířat, snížení znečištění životního prostředí, produkci kvalitnějšího masa a potravin, a v neposlední řadě většího množství pracovních příležitostí a rozvoj venkova (Koutná 2006).

4 Závěr

Na základě informací z odborné literatury byly shrnuty základní informace o kvalitě masa a jakostních odchylkách vepřového masa. Práce kladla důraz na vadu vepřového masa zvanou PSE, která se kvůli výraznému selektování prasat na zmasilost vyskytuje po celém světě. Zmasilost prasat je v chovech žádaná, avšak tomuto záměrnému selektování je často docíleno na úkor zvýšené náchylnosti prasat ke stresu a zhoršení kvality masa.

Jedním z dílčích cílů bylo popsát základní faktory ovlivňující PSE vadu masa. Těmito faktory jsou hlavně stres a genetika. Při stresové reakci zvířete dochází ke zrychlení aerobního a abnaerobního metabolismu a zrychlení produkce tepla. Hladina oxidu uhličitého a kyseliny mléčné je v těle vysoká a dochází k svalovým stahům v těle jedince. Stres je hlavní příčinou vzniku prasečího stresového syndromu. Tento syndrom podmiňuje náchylnost prasat ke stresu a je hlavní důvodem úmrtí zvířat během chovu a přepravy.

Přestože snahy o eliminaci vad masa přetrvávají, nelze očekávat, že problém bude v brzké době zcela vyřešen. Aby se nekvalitní maso nedostalo až ke spotřebiteli, navrhuji, aby se začaly praktikovat kontroly na jatkách. Tyto kontroly by spočívaly v měření hodnoty pH masa předtím, než by bylo maso odváženo či dále zpracováno. Podle hodnoty pH se dají dobře identifikovat vady masa, a takové maso by se již nedostalo na trh.

Důležitou částí literární rešerše bylo také popis welfare chovu prasat. Spotřebitelé vnímají dobré životní podmínky prasat jako velice důležité, a jsou ochotni za takové maso či masné výrobky zaplatit vyšší cenu. Očekává se, že celková spotřeba masa a masných výrobků bude ve vyspělých ekonomikách stabilně klesat, dojde však ke zvýšení spotřeby v rozvojových zemích. Ve skutečnosti, nižší spotřeba ve vyspělých zemích bude pouze vyvážená rychlou poptávkou v rozvojových ekonomikách, kde se předpokládá stálý nárůst populace. Spotřebitelé v bohatších zemích již vyžadují vyšší kvalitu produktů, bezpečnost potravin, informovanost o původu, ekologické produkty (BIO) a zdraví zvířat. Původ takového zájmu je pravděpodobně způsoben vysokou nabídkou, poměrně velkou informovaností, novým zdravotním stylem lidí a zájmem o hospodářská zvířata. Na našem trhu se ještě neobjevuje maso „welfare značky a kvality“, je však otázka času, kdy se i toto kvalitní maso dostane do našich pultů.

Bylo by vhodné zavést povinné označování masa a masných výrobků podle systému chovu zvířat. Se zavedením jednotného systému označování původu se zvýší poptávka po masu či masných výrobcích z dobrých životních podmínek zvířat. Odlišovat ekologické, welfare či komerční chovy od sebe, a tím dát spotřebitelům možnost volby, o jaký výrobek mají v obchodě zájem. Další zvýšení poptávky po produktech s vhodnými podmínkami by mohlo povzbudit ostatní producenty, aby přešli na systémy chovů, které jsou přátelské ke všem zvířatům. Lze takto vědomě podpořit budoucí welfare chovy.

5 Literatura

Adeola O, Ball RO. 1992. Hypothalamic neurotransmitter concentrations and meat quality in stressed pigs offered excess dietary tryptophan and tyrosine. *Journal of Animal Science*. **70**:1888-1894.

Agrární www portál. 1999-2021. Agris [online]. Copyright AGRIS 2000-2021, Praha. Available from <http://www.agris.cz>

Ali BH, Al-Qarawi AA. 2002. An Evaluation of Drugs Used in the Control of Stressful Stimuli in Domestic Animals: A Review. *Acta Veterinaria Brno*. **71**:205–216.

Antosik K, Koćwin–Podsiadła M, Goławski A. 2011. Effect of Different CO₂ Concentrations on the Stunning Effect of Pigs and Selected Quality Traits of Their Meat – a Short Report. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*. **61**:69-72.

Averos X., Herranz A, Sanchez R, Comella JX, Gosalvez LF. 2007. Serum stress parameters in pigs transported to slaughter under commercial conditions in different seasons. *Veterinarni Medicina*. **52**:333-342.

Barbut S, Sosnicki AA, Lonergan SM, Knapp T, Ciobanu DC, Gatcliffe LJ, Huff-Lonergan E, Wilson EW. 2008. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science*. **79**:46-63.

Barton Gade P. 2008. Effect of rearing system and mixing at loading on transport and lairage behaviour and meat quality: comparison of outdoor and conventionally raised pigs. *Animal*. **2**:902-911.

Baumgard LH, Rhoads RP. 2013. Effects of Heat Stress on Postabsorptive Metabolism and Energetics. *Annual Review of Animal Biosciences*. **1**:311-337.

Becerril-Herrera M, Alonso-Spilsbury M, Lemus-Flores C, Guerrero-Legarreta I, Olmos-Hernández A, Ramírez-Necoechea R, Mota-Rojas D. 2009. CO₂ stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning. *Meat Science*. **81**:233-237.

Borzuta K, Lisiak D, Janiszewski P, Grześkowiak E. 2019. The physiological aspects, technique and monitoring of slaughter procedures and their effects on meat quality – a review. *Annals of Animal Science*. **19**:857–873.

Broom DM. 2000. Welfare Assessment and Welfare Problem Areas During Handling and Transport. Pages 43-61 in Grandin T, editor. *Livestock Handling and Transport*. CAB International, United Kingdom.

Broom DM. 2005. The effects of land transport on animal welfare. *Revue scientifique technique Office internationale des Epizooties*. **24**:683-691.

Carroll GA, Boyle LA, Hanlon A, Collins L, Griffin K, Friel M, Armstrong D, O'Connell NE. 2018. What Can Carcass-Based Assessments Tell Us about the Lifetime Welfare Status of Pigs? *Livestock Science*. **214**:98–105.

Channon HA, Payne AM, Warner RD. 2002. Comparison of CO₂ stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. *Meat Science*. **60**:63-68.

Channon HA, Payne AM, Warner RD. 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**:1325-1333.

Christian L. 1995. Clarifying the impact of the stress gene. *National Hog Farmer*. **40**:44-46.

Cooper J, Phillippe D, Fodey TL, Elliott CT. 2004. Development of a rapid screening test for veterinary sedatives and the beta-blocker carazolol in porcine kidney by ELISA. *Analyst*. **129**:169-174

Cornish A, Jamieson J, Raubenheimer D, McGreevy P. 2019. Applying the Behavioural Change Wheel to Encourage Higher Welfare Food Choices. *Animals*. **9**:524.

Český statistický úřad (ČSÚ). Vývoj stavů hospodářských zvířat v letech 1991 až 2020 – ČR k 1. 4. 2020. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/soupis-hospodarskych-zvirat-k-1-4-2020>.

D'Souza DN, Dunshea FR, Leury BJ, Warner RD. 1999. Effect of mixing boars during lairage and pre-slaughter handling on pork quality. *Australian Journal of Agricultural Research*. **50**:109-113.

Eikelenboom G, Bolink AH, Sybesma W. 1991. Effects of Feed Withdrawal Before Delivery on Pork Quality and Carcass Yield. **29**:25-30.

Enfält ACH, Lundström K, Engstrand U. 1993. Early Post Mortem pH Decrease in Porcine M. Longissimus dorsi of PSE, Normal and DFD Quality. *Meat Science*. **34**:131-143.

Faucitano L. 1998. Preslaughter Stressors effects on pork: Review. *Journal of Muscle Foods*. **9**:293-303.

Fujii J, Otsu K, Zorzato F, De Leon S, Khanna VK, Weiler JE, O'Brien P, MacLennan DH. 1991. Identification of a Mutation in Porcine Ryanodine Receptor Associated with Malignant Hyperthermia. *Science*. **253**:448-451.

Garipey C, Amiot J, Nadai S. 1989. Ante mortem detection of PSE and DFD by infrared thermography of pigs before stunning. *Meat Science*. **25**:37-41.

Gonzalez-Rivas PA, Chauhan SS, Ha M, Fegan N, Dunshea FR, Warner RD. 2020. Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: A review. *Meat Science*. **162**:1-13.

Grandin T. 1997. Assessment of Stress During Handling and Transport. *Journal of Animal Science*. **75**:249-257.

Gregory NG, Wilkins LJ. 1982. The effect of carazolol on the cardiovascular responses to adrenaline in stress sensitive pigs. *Veterinary Research Communications*. **5**:277-283.

Gregory NG. 2008. Animal welfare at markets and during transport and slaughter. *Meat Science*. **80**:2-11.

Guàrdia MD, Estany J, Balasch S, Oliver MA, Gispert M, Diestre A. 2004. Risk assessment of PSE condition due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. *Meat Science*. **67**:471-478.

Hall GM, Lucke JN, Lister D. 1980. Malignant hyperthermia – Pearls out of swine. *British Journal of Anaesthesia*. **52**:165-171.

Harley S, More SJ, O’Connell NE, Hanlon A, Teixeira D, Boyle L. 2012. Evaluating the Prevalence of Tail Biting and Carcass Condemnations in Slaughter Pigs in the Republic and Northern Ireland, and the Potential of Abattoir Meat Inspection as a Welfare Surveillance Tool. *Veterinary Record*. **171**:621.

Ingr I. 1996. *Technologie masa*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.

Janiszewski P, Borzuta K, Lisiak D, Bartodziejska B, Grzeskowiak E, Krolasik J, Poławska E. 2017. The quality of pork and the shelf life of the chosen carcass elements during storage depending on the method of carcass chilling. *Journal of Food Processing and Preservation*. **42**:1-8.

Janssen M, Rödiger M, Hamm U. 2016. Labels for Animal Husbandry Systems Meet Consumer Preferences: Results from a Meta-analysis of Consumer Studies. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. **29**:1071–1100.

Jones SDM, Murray AC, Sather AP, Robertson WM. 1988. Body proportions and carcass composition of pigs with known genotypes for stress susceptibility fasted for different periods prior to slaughter. *Canadian Journal of Animal Science*. **68**:139-149.

Kadlec P, Melzoch K, Voldřich M a kolektiv. 2009. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?* Technologie potravin. KEY Publishing s.r.o., Ostrava.

Kannan G, Terrill TH, Kouakou B, Gazal OS, Gelaye S, Amoah EA, Samake S. 2000. Transportation of goats: Effects on physiological stress responses and live weight loss. *Journal of Animal Science*. **78**:1450-1457.

Kim YHB, Warner RD, Rosenvold K. 2014. Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: a review. *Animal Production Science*. **54**:375–395.

Koutná P. 2006. *Ekologické zemědělství* [online]. Masarykova univerzita, Brno.

Lebret B. 2008. Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. *Animal*. **2**:1548-1558.

Lee YB, Choi YI. 1999. PSE (pale, soft, exudative) Pork: The Causes and Solutions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. **12**:244-252.

Lonergan EH, Zhang W, Lonergan SM. 2010. Biochemistry of postmortem muscle — Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*. **86**:184-195.

Luca S, Zanardi E, Alborali GL, Ianieri A, Ghidini S. 2021. Abattoir-Based Measures to Assess Swine Welfare: Analysis of the Methods Adopted in European Slaughterhouses. *Animals*. **11**:226.

Lundstrom K, Essen-Gustavsson B, Rundgren M, Edfors-Lilja I, Malmfors G. 1989. Effect of Halothane Genotype on Muscle Metabolism at Slaughter and Its Relationship with Meat Quality: A Within-litter Comparison. *Meat Science*. **25**:251-263.

McLaren D, Schultz CM. 1992. Genetic Selection to Improve the Quality and Composition of Pigs. *Reciprocal Meat Conference Proceedings*. **45**:115-121.

Ministerstvo zemědělství. 2009-2020. eAgri. Ministerstvo zemědělství, Česká republika. Available from <http://eagri.cz/public/web/mze/>.

Møller AJ, Vestergaard T. 1987. Effect of delay time before chilling on toughness in pork with high or low initial pH. *Meat Science*. **19**:27–37.

Mota-Rojas D, Becerril Herrera M, Trujillo-Ortega ME, Alonso-Spilsbury M, Flores-Peinado SC, Guerrero-Legarreta I. 2009. Effects of preslaughter transport, lairage and sex on pig chemical serologic profiles. *Journal of Animal and Veterinary Advance*. **8**:246-250.

Mota-Rojas D, Orozco-Gregorio H, González-Lozano M, Roldan-Santiago P, Martínez-Rodríguez R, Sánchez-Hernández M, Trujillo-Ortega ME. 2011. Therapeutic approaches in animals to reduce the impact of stress during transport to the slaughterhouse: A review. *Indian Journal of Pharmacology*. **7**:568-578.

Ngapo TM, Gariépy C. 2008. Factors Affecting the Eating Quality of Pork. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **48**:599-633.

Ninios T, Lundén J, Korkeala H, Fredriksson-Ahomaa M. 2014. *Meat Inspection and Control in the Slaughterhouse*. Wiley-Blackwell. United Kingdom. ISBN 978-1-118-52586-9

Nowak B, Mueffling TV, Hartung J. 2007. Effect of different carbon dioxide concentrations and exposure times in stunning of slaughter pigs: Impact on animal welfare and meat quality. *Meat Science*. **75**:290-298.

Pearce KL, Rosenvold K, Andersen HJ, Hopkins DL. 2011. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes – a review. *Meat Science*. **89**:111–124.

Peeters E, Neyt A, Beckers F, De Smet S, Aubert AE, Geers R. 2005. Influence of supplemental magnesium, tryptophan, vitamin C, and vitamin E on stress responses of pigs to vibration. *American Society of Animal Science*. **83**:1568–1580.

Pommier SA, Houde A, Rousseau F, Savoie Y. 1992. The effect of the malignant hyperthermia genotype as determined by a restriction endonuclease assay on carcass characteristics of commercial crossbred pigs. *Canadian Journal of Animal Science*. **72**:973-976.

Pösö AR, Puolanne E. 2005. Carbohydrate metabolism in meat animals. *Meat Science*. **70**:423-434.

Pulkrábek J. 2005. *Chov prasat*. Profi Press. Praha

Rada Evropské Unie. 2009. Nařízení Rady (ES) č. 1099/2009 ze dne 24. září 2009 o ochraně zvířat při usmrcování.

Raj ABM. 1999. Behaviour of pigs exposed to mixtures of gases and the time required to stun and kill them: welfare implications. *The Veterinary Record*. **144**:165-168.

Ratnakaran AP, Sejian V, Sanjo Jose V, Vaswani S, Bagath M, Krishnan G, Beena V, Indira Devi P, Varma G, Bhatta R. 2017. Behavioral Responses to Livestock Adaptation to Heat Stress Challenges. *Asian Journal of Animal Sciences*. **11**:1-13.

Rosenvold K, Andersen HJ. 2003. Factors of significance for pork quality – a review. *Meat Science*. **64**:219–237.

Santos C, Almeida JM, Matias EC, Fraqueza MJ, Roseiro C, Sardina L. 1997. Influence of Lairage Environmental Conditions and Resting Time on Meat Quality in Pigs. *Meat Science*. **45**:235-262.

Sellier P, Meenes-Quijuano A, Marinova P, Talmant A, Jacquet B, Monin G. 1988. Meat quality as influenced by halothane sensitivity and ultimate pH in three porcine breeds. *Meat Science*. **18**:171-186.

Shaw FD, Tume RK. 1992. The assessment of pre-slaughter and slaughter treatments of livestock by measurement of plasma constituents - a review of recent work. *Meat Science*. **32**:311-329.

Sionek B, Przybylski W. 2016. The impact of ante- and post-mortem factors on the incidence of pork defective meat – a review. *Annals of Animal Science*. **16**:333-345.

Solomon MB, Van Laack RLJM, Eastridge JS. 1998. Biophysical basis of pale, soft, exudative (PSE) pork and poultry muscle: A review. *Journal of Muscle Foods*. **9**:1-11.

Speer NC, Slack G, Troyer E. 2001. Economic factors associated with livestock transportation. *Journal of Animal Science*. **79**:E166–E170.

St-Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G. 2003. Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. *Journal of Dairy Science*. **86**:52-77.

Stärk KDC, Alonso S, Dadios N, Dupuy C, Ellerbroek L, Georgiev M, Hardstaff J, Huneau-Salaün A, Laugier C, Mateus A, Nigsch A, Afonso A, Lindberg A. 2014. Strengths and Weaknesses of Meat Inspection as a Contribution to Animal Health and Welfare Surveillance. *Food Control*. **39**:154–162.

Taylor NR, Main, DCJ, Mendl M, Edwards SA. 2010. Tail-Biting: A New Perspective. *The Veterinary Journal*. **186**:137–147.

Tomović VM, Petrović LS, Dzinić NT. 2008. Effects of rapid chilling of carcasses and time of deboning on weight loss and technological quality of pork semimembranosus muscle. *Meat Science*. **80**:1188–1193.

Van de Perre V, Ceustermans A, Leyten J, Geers R. 2010. The prevalence of PSE characteristics in pork and cooked ham - Effects of season and lairage time. *Meat Science*. **86**:391-397.

Warriss PD. 1998. The welfare of slaughter pigs during transport. *Animal Welfare*. **7**:365-381.

Warriss PD. 2003. Optimal lairage times and conditions for slaughter pigs: a review. *Veterinary Record*. **153**:170-176.

Weißmann F. 2014. Challenges and solutions to problems in pork quality. LowInputBreeds technical note. Available from <https://www.lowinputbreeds.org/home.html> (accessed 2014)

Wismer-Pedersen J. 1959. Quality of pork in relation to rate of pH change post mortem. *Journal of Food Science*. **24**:711-727.

Young D. 1996. A Retailer's Response on the Quality of Pork. *American Meat Science Association*. **49**:50-52.

Zhang W, Kuhlers DL, Rempel WE. 1992. Halothane Gene and Swine Performance. *Journal of Animal Science*. **70**:1307-1313.

Zybert A, Sieczkowska H, Antosik K, Krzęcio-Nieczyporuk E, Adamczyk G, Koćwin-Podsiadła M. 2013. Relationship between glycolytic potential and meat quality of Duroc pigs with consideration of carcass chilling system. *Annals of Animal Science*. **13**:645-654.

