

# Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

## Zemědělská fakulta

Studijní program: N4131 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů

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

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

## **Problematika bioimpedance v masném průmyslu**

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

Konzultant bakalářské práce: Mgr. Jan Říha

Autor: Lenka Špirochová

České Budějovice, duben 2012

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Fakulta zemědělská  
Akademický rok: 2010/2011

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Lenka ŠPIROCHOVÁ  
Osobní číslo: Z09837  
Studijní program: B4131 Zemědělství  
Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině  
Název tématu: Problematika bioimpedance v masném průmyslu  
Zadávající katedra: Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů

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

**Cílem práce** je zpracovat rešerši na zadané téma.

**Metodika:** Zpracovat literární zdroje zabývající se problematikou využití bioimpedance a zejména se zaměřením na produkci a zpracování masa.

**Výsledky:** Tabulkové a grafické zpracování zjištěných údajů.

**Diskuse:** Shrnutí zjištěných údajů.

**Závěr:** Přehledné shrnutí nejdůležitějších výsledků.

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

Rozsah grafických prací: tabulky a grafy  
Rozsah pracovní zprávy: 30 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Cross, H. R., Overby, A. J.: Meat science, milk science and technology. Amsterdam, Elsevier Science Publisher, 1988, 458 s.
- Čepička, J. a kol.: Obecná potravinářská technologie. Praha: VŠCHT, 1995
- Kadlec, P., Melzoch, K., Voldřich, M. a kol.: Co byste měli vědět o výrobě potravin? : technologie potravin. Ostrava: Key Publishing, 2009, 1. vyd., 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4
- Steinhauser, L. et al.: Produkce masa. LAST, 2005, 464 s.
- Valchař, P.: Kvalita surovin v masné výrobě. Praha: FPBT - VŠCHT, 2003 184 s.
- Odborné články z databází dostupných v katalogu akademické knihovny Jihočeské univerzity.
- Odborné články týkající se sledované problematiky v časopisech: Perspektivy jakosti, Journal of the Science of Food and Agricultural, Journal of Agricultural and Food Chemistry, Fleischwirtschaft International, Maso a ze sborníků z odborných konferencí
- Internetové databáze: ISI Web of Knowledge (Current Contents), Agroweb

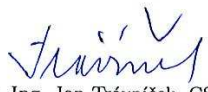
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Smetana  
Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů  
Konzultant bakalářské práce: Mgr. Jan Říha  
Bentley Czech, s.r.o., Praha

Datum zadání bakalářské práce: 14. března 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2012

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice ①

  
prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 14. března 2011

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum: 12. 4. 2012

Podpis studenta: Špirochová

Děkuji vedoucímu práce Ing. Pavlu Smetanovi, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, za jeho trpělivost a vstřícný přístup. Dále bych ráda poděkovala své rodině a partnerovi, kteří mě v práci podporovali a pomáhali mi.

## ABSTRAKT

V bakalářské práci byly zpracovány články zabývající se vhodností použití metody bioimpedance, využívající měření elektrické vodivosti (EV) masa, k hodnocení jakosti vepřového a hovězího masa. Dále byla zkoumána vhodnost této metody k detekci vad PSE (pale – bledý, soft – měkký, exudative – vodnatý) a DFD (dark – tmavý, firm – tuhý, dry – suchý), a to hlavně vady PSE u jatečných prasat. Byla zjištěna optimální časová hladina měření EV, kdy jako nejvhodnější dobou se jeví doba měření EV 50 až 60 minut *post mortem*. Dále bylo zjištěno, že měření EV 24 hodin *post mortem* je stejně informativní a dostatečné jako měření pH po 24 hodinách po porážce. Tato metoda byla použita i k posouzení vlivu délky přepravy jatečných prasat a doby odpočinku před porážkou na výskyt vady PSE, kdy k nejvyššímu výskytu této vady došlo u jatečných prasat s dopravní vzdáleností do 20 km a dobou odpočinku před porážkou do 2 hodin. Z výsledků měření vyplývá i vhodnost této metody ke stanovení kvalitativních parametrů hovězího masa přímo na porážkových místech na jatkách. Výhodou metody měření EV oproti metodě měření pH je snadná manipulace s elektrodou, nenáchylnost na mechanické poškození a není zde nutnost časté kalibrace elektrody.

Klíčová slova: bioimpedance; jakost masa; PSE vada; DFD vada; jatečná prasata

## ABSTRACT

The thesis has been processed articles dealing with the appropriateness of using bioimpedance method using measurement of electrical conductivity (EV) to evaluate the meat quality of pork and beef. It was further investigated the suitability of this method for the detection of PSE (pale, soft, exudative) and DFD (dark, firm, dry) defects, especially defects of PSE pigs for slaughter. Was found optimal level of measurement time EV, as when the best time seems to be EV measurement time from 50 to 60 minutes *post mortem*. It was also found that measuring the EV 24 hours *post mortem* is as informative as a pH sufficient for 24 hours after slaughter. This method was used to assess the influence of the length of pigs for slaughter and rest before slaughter on the occurrence of PSE defects, where the highest incidence of this defect occurred in slaughter pigs to transport distances of up to 20 km and rest prior to slaughter up to 2 hours. From the measurement results shows the suitability of this method to determine the quality parameters of beef directly in the slaughterhouse. The advantage of EV measurement method versus pH is easy to handle with the electrode, no propensity to mechanical damage and there is no need for frequent calibration of the electrode.

Keywords: bioimpedance; meat quality; PSE defect; DFD defect; slaughter pigs

## Obsah

1. Úvod.....	8
2. Literární rešerše.....	9
2.1 Masný průmysl.....	9
2.2 Vlastnosti masa.....	10
2.3 Vady masa.....	10
2.3.1 PSE.....	11
2.3.2 DFD.....	12
2.4 Vepřové maso.....	12
2.4.1 Složení vepřového masa.....	13
2.4.2 Měření pH.....	14
2.4.3 Elektrická vodivost.....	15
2.4.4 Optimální časová hladina měření.....	18
2.4.5 Vliv délky přepravy jatečných prasat a doby odpočinku před porážkou... 22	
2.4.6 Vývoj hodnot elektrické vodivosti v průběhu zrání vepřového masa.....	25
2.5 Hovězí maso.....	29
2.5.1 Experimentální ověření možnosti odhadnout sensorické a kvalitativní ukazatele hovězího masa použitím bioimpedance.....	31
3. Závěr.....	33
4. Přehled použité literatury a zdrojů.....	34



# 1. Úvod

S bioimpedancí se dnes můžeme setkat v běžné klinické medicíně, kde slouží především k měření procentuálního zastoupení jednotlivých tkání lidského organismu, tudíž se nejvíce využívá v kardiologii, nefrologii a také pro posouzení stupně obezity. Bio-elektrická impedanční analýza je pokusnou metodou používanou v masném průmyslu. Umožňuje nepřímo stanovit složení biologických tkání. Je to nedestruktivní metoda využívána k odhadu složení těl živých i poražených hospodářských zvířat a tyto pokusy slouží ke klasifikaci jatečně upravených těl skotu a prasat.

Cílem mé bakalářské práce bylo zpracovat rešerši na zadané téma. Pro sepsání jsem použila články zabývající se prozatím pokusnou metodou měření elektrické vodivosti masa jatečných zvířat.

## 2. Literární rešerše

### 2.1 Masný průmysl

V uplynulých letech došlo ke změnám požadavků na hygienu při porážkách jatečných zvířat nebo při zpracování masa kvůli zabezpečení jakosti a zdravotní nezávadnosti masa či následných masných výrobků. K změnám dochází i v oblasti produkce, zpracování a spotřeby masa, kdy produkce a spotřeba neustále ve světě narůstá, ovšem v rozvinutých zemích naopak stagnuje, až klesá. Tyto změny jsou v závislosti na změnách výživových zvyklostí, a to hlavně na změnách životního stylu. Spotřeba hovězího masa v západní Evropě byla velmi negativně ovlivněna výskytem onemocnění BSE (bovinní spongiformní encefalopatie). I v České republice došlo k nastolení trendu zvýšených požadavků na zdravotní nezávadnost masa a na jakost, kdy v roce 1997 došlo k vydání očekávaného zákona o potravinách. Od roku 1990 do roku 2003 došlo k poklesu celkové spotřeby masa téměř o 20 %. V roce 2003 došlo také k vydání nové vyhlášky o veterinárních požadavcích na maso, masné polotovary a masné výrobky (Ingr, 2003).

Je snaha o zvyšování efektivnosti výroby se související prioritou zvyšování jakosti výrobku. Snižování jakosti, brzdění inovací a celkové zhoršení ekonomických ukazatelů je často ovlivněno snahou o zvýšení produktivity práce za každou cenu. Až do nedávna byla cena tím nejvýznamnějším faktorem konkurenčních schopností výrobků. Vědecko-technický rozvoj s ostrou konkurenceschopností způsobili ve vyspělých zemích mnohonásobné zvýšení výrobní kapacity a rozsah dodávek zboží na trh. Došlo ke změně charakteru konkurence a menším firmám se povedlo předstihnout konkurenty ne nabídkou zboží za nižší ceny, ale dodáváním kvalitnějšího zboží. Mimořádné požadavky se začaly klást na jakost masa a masných výrobků a dochází k jejich náročnějším kontrolám (Pešek, 1997).

## 2.2 Vlastnosti masa

Jakost masných výrobků významně ovlivňuje schopnost masa vázat vlastní i přidanou vodu. Vaznost je vyjadřována jako podíl vody vázané, což je voda imobilizovaná a hydratační, k celkovému obsahu vody v mase v procentech (%). Schopnost masa vázat vodu ovlivňují pH, obsah některých iontů, koncentrace solí, průběh posmrtných změn, intravitální vlivy a rozmělnění masa. Výrazné minimum vaznosti je při hodnotě pH přibližně 5,0, což odpovídá hodnotě pH izoelektrického bodu (pI). Při některých technologických operacích je hodnota pH záměrně upravena, kdy v mase a masných výrobcích se pohybuje hodnota pH v rozmezí od 4 až 7. Průběh posmrtných změn výrazně ovlivňuje vaznost, kdy nejdříve v důsledku okyselení klesá a dále se v průběhu zrání opět zvyšuje. Někdy dochází ke vzniku tzv. myopatií v důsledku odchýlného průběhu pH, kdy je vaznost nízká (PSE), nebo je vyšší (DFD). Další vlastností masa, kterou spotřebitel posuzuje kvalitu masa a masných výrobků je barva masa dána obsahem a stavem hemových barviv, která se vyhodnocuje pomocí spektrofotometrů nebo videoanalýzou obrazu. Pomocí texturometrů, tenderometrů, ale i sensoricky se hodnotí křehkost masa. Pro uvolnění posmrtné ztuhlosti a dosažení křehkosti je zapotřebí nechat maso dostatečně dlouho uzrát. Proto se křehnutí urychluje máčením masa v roztoku organických sloučenin anebo pomocí zkřehčovacích enzymů (proteáz). Analytickými přístroji, kdy nejčastěji se používá hodnocení chromatograficky, ale hlavně sensoricky se hodnotí chutnost masa, která patří mezi nejdůležitější vlastnosti masa pro spotřebitele (Pipek a Jirotková, 2001).

## 2.3 Vady masa

Hybridizační program v chovu prasat moderního intenzivního zemědělství přinesl klady v kvantitě, ale hlavně v kvalitě vepřového masa. Zlepšila se nutriční hodnota vepřového masa díky zvýšení podílu svalové tkáně na úkor tuku. Ale i negativní vlivy na jakost vepřového masa provázejí výrobu masných typů prasat. Jedná se o poměrně rozsáhlý výskyt PSE a DFD masa. PSE pochází z anglických zkratk pale (bledý), soft (měkký) a exudative (vodnatý). DFD se skládá z anglických zkratk dark (tmavý), firm (tuhý) a dry (suchý). Vada DFD se vyskytuje u vepřového masa nejčastěji do 5%, tudíž v malém rozsahu. K DFD vadě dochází při sníženém obsahu glykogenu ve svalovině při porážce.

To může být způsobeno fyzickým vyčerpáním, hladověním a nešetrným zacházením se zvířaty při přepravě nebo v předporážkovém období. U hovězího masa je vada DFD častějším a závažnějším problémem než u vepřového masa. Problematika PSE vady vepřového masa je velmi složitá, jelikož příčiny výskytu jsou rozmanité a je velmi nesnadné nesporně a objektivně prokazovat tuto vadu. Vše provázejí nepříznivé ekonomické, zpracovatelské a spotřební následky. Vznik PSE vady je uváděn v souvislosti se stresovým syndromem prasete a i se syndromem zhoubné hypertermie. Šlechtění masných typů prasat provázejí obecné biologické a morfologické změny, které jsou primární příčinou vzniku PSE vepřového masa. Sekundární příčinou jsou genetické predispozice. Před, při a po usmrcení zvířete dochází k abnormálně rychlé glykogenolýze ve svalovině, která vede ke vzniku vady PSE. Je potřeba identifikovat vadu PSE spolehlivě a objektivně, což má umožnit vytřídění masa k jeho zpracování s co nejmenšími dopady na jakost výrobků. Na metody sloužící k zjišťování PSE masa jsou požadavky jako dostupnost, možnost měření na porážkových linkách bez odběru vzorků masa, rychlost, co možná nejnížší náklady na přístroje, přesnost, reprodukovatelnost, dostačující citlivost a malá pracnost. Dochází k rozvoji přístrojů pro hodnocení změn fyzikálních vlastností masa, kdy tyto fyzikální metody mají klady v rychlosti a možnosti měření na jatečné lince. Tyto přístroje slouží k měření elektrické vodivosti masa, tzv. ztrátového dielektrického faktoru, impedance a k měření dalších dielektrických vlastností masa (Ingr, 1989).

### 2.3.1 PSE

U PSE masa dochází k prudkému poklesu pH (hraniční hodnota je pH pod 5,8 za 45 minut *post mortem*) při ještě vysoké teplotě v mase, a tudíž dojde k částečné denaturaci bílkovin. Jelikož chybí krevní oběh a tím pádem i transport tepla dojde k intenzivním metabolickým dějům a teplota může vzrůst až na +43 °C. Vepřové maso má obvykle teplotu 45 minut po porážce +33 °C až +42 °C. Ke vzniku PSE masa nedochází při teplotě pod +30 °C. Hluboký pokles pH a denaturace vedou k výrazně nižší vaznosti masa a tkáň je měkká. Dochází k uvolňování velkého množství vody. Toto maso je pro kulinární úpravu nevhodné, jelikož se spéká a nastávají velké ztráty šťávy masa. U hovězího masa je tato vada málo významná. Nejvýraznější změny jsou v ušlechtilých částech zvířete (zádové partie a kýta). Avšak závisí i na teplotě masa, kdy při vyšších teplotách se i při hodnotě pH nad 5,8

vyvine vlastnost PSE masa a naopak při rychlém ochlazení nemusí dojít k této myopatii při poklesu  $pH_{45}$  pod 5,8. Proto nastává problém při měření pH, jelikož tato metoda nezohledňuje teplotu, která také určuje, zda maso nebude či bude mít vlastnost PSE (Pipek a Jirotková, 2001).

### 2.3.2 DFD

Oproti PSE masu má DFD maso jiné vlastnosti. U DFD masa dochází k malému poklesu pH, což vede k vysoké a dobré vaznosti, kdy tkáň je tuhá, a maso tudíž působí suchým a málo šťavnatým dojmem. Barva masa je tmavší až téměř černá u hovězího masa. Tmavší barvu způsobuje rovněž koloidní stav bílkovin, kdy jsou svalová vlákna více nabobtnalá a povrch masa nerozptyluje tolik dopadajícího světla jako normální maso. Dochází k pomalejšímu prosolování a v důsledku vysokého pH má DFD maso nedostatečný průběh zrání. Maso s touto vadou má nedostatečně výraznou chuť a aróma. Kvůli nepřítomnosti sacharidů na počátku posmrtných změn dochází k omezené údržnosti DFD masa. Kvůli své vysoké vaznosti se DFD maso využívá k výrobě měkkých salámů. Někdy dochází k přimíchání PSE masa ve směsi s DFD masem, čímž se kompenzují negativní vlastnosti jednotlivých vad. Nejčastěji dochází k této odchylce u hovězího masa, zvláště u býků. Odbourání glykogenu u DFD masa na kyselinu mléčnou nastává ještě před vykrvením, a tudíž se tato kyselina vyplaví s krví ven. Díky tomuto dochází k nízké koncentraci kyseliny mléčné ve svalu, a proto je pH vysoké. I za 24 hodin je hodnota pH vyšší než 6,2. K vysokému výskytu masa DFD u býků dochází v důsledku fyzického vyčerpání (hierarchické boje, sexuální aktivita,...), a s tím související nedostatečná zásoba glykogenu před porážkou. K určení DFD masa se používá metoda měření pH po 24 hodinách *post mortem*, kdy tato hodnota je vyšší než 6,2 (Pipek a Jirotková, 2001).

## 2.4 Vepřové maso

Podle Pipka a Jirotkové (2001) jsou nejvýznamnějším zdrojem masa ve střední Evropě prasata. V počátcích byla domestikace sloužící jen k usnadnění získávání masa, která postupně přerostla až k záměrnému měnění vlastností, užitkovosti a tělesných proporcí domácích živočichů. Současně se zvyšující produkcí masa a dalších živočišných produktů dochází ke klesání odolnosti přešlechtěných zvířat

proti chorobám a vlivům vnějšího prostředí, které na ně působí. Hybridní plemeno masného užitkového typu zvané české výrazně masné prase (ČVM) bylo vyšlechtěno za účelem snížení jateční hmotnosti podle oblíbenosti lehčích prasat v oblasti Evropské unie. Velmi dobrou plodnost, výkrmnost a vysokou zmasilost má u nás nejvýznamnější bílé ušlechtilé prase (BU). Dobrou odolnost proti stresovým faktorům má přeštické černostrakaté prase s vysokou plodností, avšak jeho jateční hodnota a výkrmnost je průměrná. Proto dochází k neustále dalšímu šlechtění ve snaze vymýzení některých nedostatků určitých plemen prasat (Pipek a Jirotková, 2001).

#### 2.4.1 Složení vepřového masa

Složité a velmi různorodá histologická struktura masa a proměnlivé chemické složení závisí na způsobu života, na řadě intravitálních vlivů, na funkcích jednotlivých částí organismu a i na průběhu posmrtných změn. Technologické a organoleptické vlastnosti masa, ale i jeho složení je nutné zohledňovat při zpracování masa. Podíl intramuskulárního (vnitrosvalového) a depotního (zásobního) tuku v mase bývá proměnlivý. V tab. č. 1 vidíme jednotlivé složení vepřového masa. Význam tuku v mase je senzoričtějšího charakteru, jelikož tuk je nosičem řady arómových látek. Pro chuť a křehkost má velký význam intramuskulární tuk (Pipek a Jirotková, 2001).

Tab. č. 1: Složení vepřového masa v %

Maso	Voda	Bílkoviny	Tuky	Minerální látky	Federovo číslo
Čistá svalovina	70-75	18-22	1-3	1-1,5	3,65
Vepřová kýta	53	15,2	31	0,8	3,5
Vepřová pečeně	58	16,4	25	0,9	3,5
Vepřová plec	49	13,5	37	0,7	3,6
Vepřový bok	34	7,1	56	0,5	4,79

(Pipek a Jirotková, 2001)

Chemické složení libové kosterní svaloviny je podle Ingra (2003) shodné, ale uvádí ještě procentické zastoupení extraktivních látek dusíkatých, což je 1,7 % a dále extraktivních látek bezdusíkatých v rozmezí od 0,9 až 1,3 %, které zahrnují i sacharidy (Ingr, 2003).

Poměr obsahu vody a bílkovin je důležitým kritériem vyjadřovaným tzv. Federovým číslem. U syrového masa bývá poměrně stálé a má hodnotu přibližně 3,5, u tučnějšího masa má vyšší hodnotu. Využívá se v rámci mezioperační kontroly v masné výrobě k orientačnímu výpočtu složení masa. Vysoký obsah stromatických bílkovin, což jsou bílkoviny pojivových tkání, je v mase nežádoucí a cena masa klesá. Jakost masa a masných výrobků charakterizuje obsah sarkoplasmatických a myofibrilárních (svalových) bílkovin, kdy se tato veličina označuje jako BEFFE (Bindegewebeeisweissfreies Fleischeisweiss). Kjeldahlovou metodou se nejprve stanoví celkový obsah aminodusíku a poté se výsledek s příslušným koeficientem (obvykle 6,25) přepočítá na obsah hrubých bílkovin, od kterých se odečte obsah kolagenu. Kolagen, charakterizující obsah stromatických bílkovin, obsahuje aminokyselinu hydroxyprolin, která se stanoví spektrometricky v kyselém hydrolyzátu a přepočte se násobícím koeficientem 8 na obsah kolagenu. Tato metoda však neumožňuje zachycení nižšího obsahu svalových bílkovin přidávaných do masných výrobků. Jiným a vhodnějším ukazatelem může být stanovení obsahu 3-methylhistidinu, zastoupeným ve stálém poměru v myofibrilárních bílkovinách (Pipek a Jirotková, 2001).

#### **2.4.2 Měření pH**

Již celou řadu let se využívá pro detekci vad PSE a DFD měření pH. Ve svalovině dochází k biochemickým změnám, z čehož vyplívá hodnota pH. Je to fyzikálně-chemický ukazatel charakterizující stav pochodů glykogenolytických. Tzv. fyziologické pH je hodnota neutrálního pH svaloviny u živých zvířat (Hofmann, 1987).

Oproti masu normální kvality dochází u PSE masa za poměrně vysoké teploty k rychlému poklesu pH, což vede k vyšší ztrátě masné šťávy a k počínající denaturaci bílkovin (Honikel a Kim, 1986).

Podle Kleinové a Ingra (1999) metoda měření pH má svou nevýhodu v nutnosti kalibrace elektrody a ošetřování. Dále poukazují na metodu pro hodnocení kvality masa pomocí elektrické vodivosti, která se jeví jako jednodušší díky své výhodě snadné manipulace s elektrodou. Elektroda je tvořena dvěma kovovými bodci a je nenáchylná na mechanické poškození. Výhodou je také to, že se nemusí často kalibrovat (Kleinová a Ingr, 1999).

Pro orientační důkaz vady PSE se používá měření hodnot pH od 45 do 60 minut *post mortem*, kdy za PSE maso se považuje při hodnotě pH 5,80 a méně (Ingr, 1989).

### 2.4.3 Elektrická vodivost

Nejen ke zjišťování PSE masa a míry intenzity této jakostní odchylky slouží měření vodivosti a odporu elektrické vlastnosti masa. Souvisí to i s mírou neporušenosti nebo porušenosti struktury svaloviny. Jako přístroj k měření lze například uvést konduktometr LF 191 od firmy WTW z Weilheimu, kdy frekvence měření je 1 000 Hz a rozsah měření elektrické vodivosti tkání je 0 až 199,9 mS/cm. Tento přístroj se skládá z bateriového zdroje a vlastního vpichového čidla a měří celkovou elektrickou vodivost, tak že se bodcové kovové elektrody vbodnou do pečeně (MLLT – *musculus longissimus lumborum et thoracis*) do úrovně 13. až 15. hrudního obratle a dále se vbodnou do poloblanitého svalu kýty (MSM – *musculus semimembranosus*). Měření se provádí 40 až 50 minut ( $EV_{1}$ ) a 24 hodin ( $EV_{24}$ ) po porážce. Byl také vyvinut přístroj (MS-Tester) k vyhodnocení tzv. dielektrického ztrátového faktoru k hodnocení vady PSE. Výhodou měření pomocí přístroje MS-Tester proti měření celkové elektrické vodivosti přístrojem LF 191 je větší plocha a větší vzdálenost elektrod MS-Testeru, a tudíž jsou výsledky více reprezentativnější. Nevýhodou MS-Testeru je nutnost udržování stejné vzdálenosti, velikosti a plochy skalpelových elektrod, kdy by došlo při nedodržení k jiným výsledkům. Funkčně srovnatelný s rakouským Testrem je i německý přístroj na měření impedance UP 1.1 (Ingr, 2003; Kameník *et al.*, 1989).

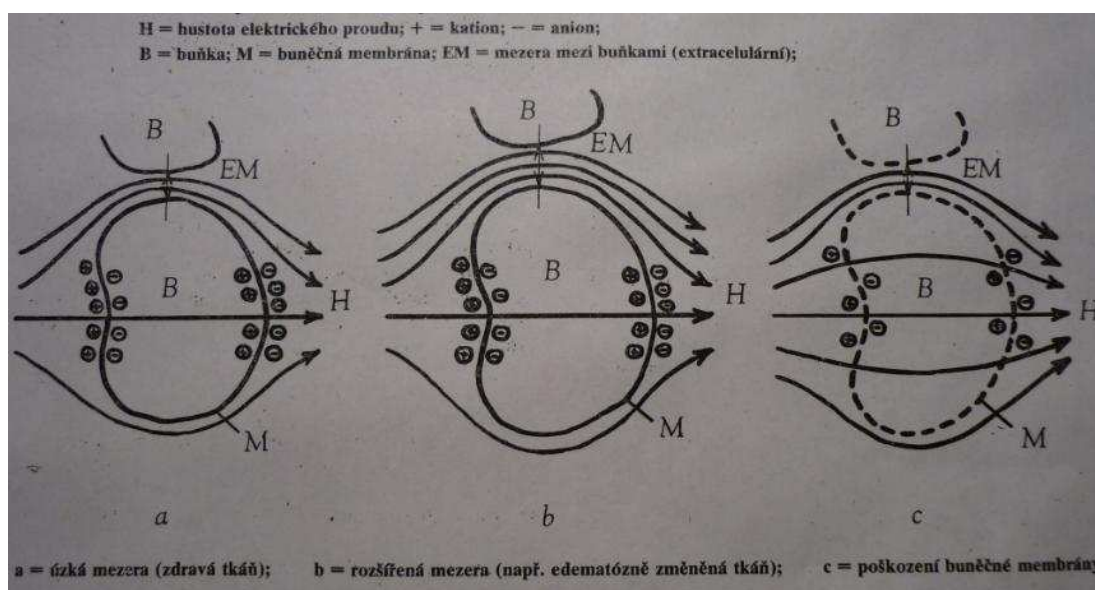
Během postmortální glykogenolýzy dochází k poklesu hodnoty pH a nastávají změny iontových poměrů. Dále dochází k výskytu denaturačních vlivů a k různému stupni narušení buněčných membrán, což vede ke splynutí extracelulárních a intracelulárních tekutin. Tímto dochází i ke změně elektrické vodivosti a tyto



změny ve tkáních jsou u masa normální kvality méně intenzivní než u PSE masa. Tento fakt dokazuje vhodnost použití elektrické vodivosti jako metody pro hodnocení kvality masa (Feldhusen *et al.*, 1987).

Kameník *et al.* (1989) uvádějí jako prozatím nejvhodnější metodu pro stanovení jakosti masa hodnoty pH 30 až 45 minut po porážce ( $pH_1$ ). V praxi je nejosvědčenější metodou, ale má své nevýhody. Jednou z nevýhod je používání křehkých skleněných elektrod a nutná častá kalibrace s pravidelným ošetřováním. Kvůli uvedeným faktům se neustále hledají vhodnější metody a jako jedna z vhodných se ukazuje metoda měření elektrické vodivosti svaloviny. Biologickými kondenzátory a nejhoršími vodiči elektrického proudu v tkáni jsou buněčné membrány. Elektrickou vodivost tkáně podmiňují intercelulární a intracelulární tekutiny. U zdravých a neporušených tkáňových buněk membrány blokují průchodu stejnosměrného proudu a proudu s nízkou frekvencí (15 Hz), tudíž dochází k průchodu proudu úzkými mezibuněčnými prostory. Vodivost tkáně je nízká a na membránách dochází ke koncentraci iontů. Tato koncentrace je menší v intracelulárním prostoru. K intenzivnějšímu elektrickému proudění kolem buněk dojde u rozšířených mezibuněčných prostorů ve změněné tkáni. Při poškození buněčných membrán elektrický proud prochází přímo buňkou a dochází k výraznému zvýšení vodivosti tkáně – obr. č. 1.

Obr. č. 1: Znázornění průchodu elektrického proudu živočišnou tkání



(Kameník *et al.*, 1989)

V důsledku oddělení intra- a intercelulární tekutiny buněčnou membránou je intravitálně svalová tkáň špatným vodičem elektrického proudu, avšak postmortálně se vlivem denaturace bílkovin narušuje membránový systém a zvyšuje se koncentrace a pohyblivost iontů ( $H^+$  a  $Ca^{++}$ ) ve svalové tkáni. Dále dochází k zrušení membránové bariéry a k splnutí intra- a intercelulární tekutiny. Měřená tkáň se nachází nebo vkládá mezi dvě elektrody, čímž se zjišťuje elektrická vodivost pomocí konduktometrické metody. K měření se používá střídavý sinusový proud, aby se zamezilo polarizaci elektrod, což by vedlo k nežádoucí změně napětí. Při použití stejnosměrného proudu je odpor prostředí redukován na činný odpor (rezistence – R). V tomto případě se přidává ještě samoindukční a kapacitní složka, avšak samoindukční složka je zanedbatelná při měření elektrické vodivosti. Admitance (Y – celková vodivost systému) je dána součtem převrácené hodnoty činného odporu (G – konduktance) a kapacitní vodivosti (susceptance), kdy  $G = 1/R$ . Susceptance je dána vztahem  $1/R_c = j \times \omega \times C$ , kdy  $\omega = 2\pi f$  (C je kapacita, f je frekvence, kmitočet). Konduktometrie využívá nízko- a vysokofrekvenční metody, kdy nízkofrekvenční metoda (kmitočet 10 až  $10^4$  Hz) má výhodu zanedbatelnosti podílu kapacitní složky z celkové vodivosti a tato metoda se používá k zjišťování vad jatečného masa. Při posuzování jakosti by se měly respektovat kritické směrné hodnoty uvedené v tab. č. 2 a kritické směrné hodnoty pro technologickou jakost u třídění surovin dané v tab. č. 3. Hodnoty  $pH_1$  koreluje s  $EV_1$  v tomto časovém intervalu měření asi u 40 až 60 %, a tudíž shodně určují jakost měřené svaloviny, rozsah strukturálních změn a průběh glykolytických pochodů (Kameník *et al.*, 1989).

Tab. č. 2: Kritické hodnoty EV v MLLT a v MSM

Průběh glykogenolýzy	Doba měření po porážce	EV – hodnota v MLLT	EV – hodnota v MSM
normální	40-50 minut	< 7	< 7
	2-6 hodin	< 10	< 15
	24-48 hodin	< 10	< 10
zrychlený	40-50 minutovému	≥ 7	≥ 7
	2-6 hodin	≥ 10	≥ 15
	24-48 hodin	≥ 10	≥ 10

(Kameník *et al.*, 1989)

Tab. č. 3: Kritické hodnoty EV v MLLT z technologického hlediska

Jakost masa	MLLT			
	40 minut po porážce	50 minut po porážce	60 minut po porážce	24 hodin po porážce
dobrá	≤ 4,3	≤ 4,8	≤ 5,3	≤ 7,8
indiferentní	4,4-8,2	4,9-9,7	5,4-10,2	7,9-9,7
špatná (PSE)	≥ 8,3	≥ 9,8	≥ 10,3	≥ 9,8

(Kameník *et al.*, 1989)

#### 2.4.4 Optimální časová hladina měření

Podle Latky *et al.* (1991) se opomíjí sledování kvality výrobků a určujícím kritériem pro spotřebitele je cena. Tento stav je přechodný a nastane obrat k výběru potravin podle kvality. Popisují možnost detekce vad vepřového masa PSE a DFD

měření elektrické vodivosti v masě vepřových půlek. Tato metoda je u nás prozatím neobvyklým způsobem i přesto, že má mnoho nepopíratelných předností oproti detekci na principu stanovení pH nebo barvy fotometricky. Měřicí přístroj na zjišťování elektrické vodivosti masa je vyráběn i u nás a jeho pořizovací cena je dostupná. Výhodou je jednoduchá obsluha přístroje, dále i dlouhá životnost a nenáročnost bez nutnosti časté kalibrace. Dále upozorňují, že při stanovení jakostních odchylek masa objektivními metodami je časový nesoulad mezi optimální dobou měření po porážce a taktém porážecí linky. Obvykle jsou prasata porážena a zpracována v rozmezí 25 až 30 minut, zatímco optimální doba měření pH masa je po 45 až 60 minutách. Určování kvality podle barvy masa je optimální dokonce až po 24 hodinách po porážce. Hodnoty elektrické vodivosti, které rozhodují o kvalitě masa jsou vedeny v odlišné rovině biochemického zrání masa, než jak je to u ostatních metod. Byl proveden pokus v jatečných vepřových půlkách 79 prasat, která byla finálními hybridy různých kombinací křížení. Měřena byla hodnota  $pH_1$  a hodnoty elektrické vodivosti po porážce po 30, 40, 50, 120 minutách a také po 24 hodinách. Došlo k statistickému vyhodnocení výsledků a k vyjádření korelačních koeficientů vztahů mezi hodnotami měření na různých hladinách času. K vyhodnocení výsledků měření vedla známost mezní hodnoty pro stupně kvality masa, což jsou hodnoty  $pH_1$  a hodnoty elektrické vodivosti po 50 minutách *post mortem*. Výsledky v tab. č. 4 potvrzují biochemii zrání masa, na čemž je založena tato metoda. V tab. č. 4 vidíme základní statistické údaje, z kterých je zřejmá zvyšující se průchodnost elektrického náboje s časem. Denaturační proces bílkovin buněčných stěn působící elektrický odpor v živých organismech sílí s přibývajícím časem po porážce. Zvyšuje se průchodnost elektrického proudu odbouráváním buněčných bílkovin. Z výsledků pokusu lze usuzovat, že po 24hodinovém zrání masa *post mortem* dochází k ustálenému vnitřnímu prostředí. Je ukončeno zrání masa, které se projeví zastavením nebo poklesem hodnoty elektrické vodivosti. Toto tvrzení se nedá zcela paušalizovat z důvodu možné odlišnosti zrání masa u jednotlivých jatečných zvířat ovlivněných mnoha vlivy během porážky, po porážce i během života (Latka *et al.*, 1991).

Tab. č. 4: Základní statistické hodnoty elektrické vodivosti (EV) a pH v čase

Ukazatel	Počet měření	Průměr	Směrodatná odchylka
EV-30	79	3,263	0,474
EV-40	79	3,608	1,091
EV-50	79	4,026	1,529
EV-60	79	4,543	2,408
EV-120	79	6,174	3,519
EV-24	79	6,022	1,531
pH-1	79	6,258	0,299

(Latka *et al.*, 1991)

V tab. č. 5 se nacházejí hodnoty korelačních koeficientů uvádějící jednotlivá měření a jejich vzájemnou těsnot. Cílem bylo posouzení optimální časové hladiny měření, kdy nejtěsnějších vztahů měřením elektrické vodivosti je docíleno 50 a 60 minut po porážce. Zjištěné výsledky metody elektrické vodivosti na stanovení jakostních odchylek vepřového masa ukazují další přednost této metody. Je to časově nutný soulad mezi provozními podmínkami technologických linek a měřením (Latka *et al.*, 1991).

Tab. č. 5: Vyjádření vztahů elektrické vodivosti (EV) a pH mezi jednotlivými metodami a časy měření kvality vepřového masa korelačními koeficienty r

EV-30	EV-40	EV-50	EV-60	EV-120	EV-24	pH-1
EV-30	0,878	0,881	0,842	0,838	0,591	0,675
EV-40	-	0,908	0,840	0,698	0,446	0,526
EV-50	-	-	0,963	0,826	0,487	0,600
EV-60	-	-	-	0,870	0,505	0,633
EV-120	-	-	-	-	0,716	0,804
EV-24	-	-	-	-	-	0,758
pH-1						-

(Latka *et al.*, 1991)

Demo *et al.* (1993) uvádějí, že po 45 minutách po porážce lze zjistit vadu masa PSE metodou elektrické vodivosti, a že po 24 hodinách po porážce se vypovídací schopnost hodnot elektrické vodivosti nezvýšila. Vztah hodnot pH<sub>1</sub> a EV 24 hodin *post mortem* je většinou nevýrazný a neprůkazný (Demo *et al.*, 1993).

Brunken a Glodek (1985) píší, že měření EV 45 minut *post mortem* neudává tak přesné informace o kvalitě masa jako měření po 60 minutách *post mortem*. Měření EV 24 hodin po porážce je stejně dostatečné a informativní jako pH po 24 hodinách po porážce (Brunken a Glodek, 1985).

#### **2.4.5 Vliv délky přepravy jatečných prasat a doby odpočinku před porážkou**

Vznik vady masa PSE je ovlivněn nejen genetickými predispozicemi prasat, ale i samotnou přepravou na jatka, která působí jako zátěž a vyvolává stres. 3 566 jatečných prasat 14 různých genotypů byly přepravovány speciálním přepravníkem na živá zvířata od 4 do 70 km na jatka. Aby nedošlo k promíchání jatečných prasat před porážkou, byla ustájena ve stejných skupinách v navzájem oddělených kotcích. V těchto kotcích bylo zajištěno dostatečné větrání a při vyšších teplotách i rosení vzduchu. Pro jatečná prasata byl zajištěn i dostatek vody. Byly zajištěny vhodné podmínky a mikroklima odpovídajícím platným ČSN a ON. Ustájení probíhalo od několika minut do 21 hodin. Dále došlo k 10 minutovému sprchování jatečných prasat a následovalo omráčení elektrickým proudem. K vykvrvení došlo ve visu a dále následovalo paření v pařící koloně, ručně byla prasata dočištěna, zavěšena a rozpůlena pilou. Následovala hygienická veterinární prohlídka, kdy poté bylo maso osprchováno, zváženo a umístěno v chladárně. Po zvážení jatečných půlek prasat došlo k měření EV v pravé jatečné půlce. Vpichy byly v kolmé rovině k páteři z proximální strany v MLT a MSM na úrovni posledního žebra. Časový interval měření EV byl 40 až 50 minut *post mortem*, po 24 hodinách z provozních důvodů nedošlo k měření EV. Jatečná prasata byla rozdělena do čtyř skupin, a to do 10 km dopravní vzdálenosti na jatka, druhá skupina byla od 11 do 20 km, třetí od 21 do 40 km a čtvrtá skupina jatečných prasat byla dopravována na jatka z více jak 41 km vzdálenosti. V každé skupině byly ještě podskupiny rozdělené podle délky odpočinku před poražením (do 1 hodiny, do 2 hodin, do 4 hodin a nad 18 hodin). Při dopravní vzdálenosti do 10 km nebyla jatečná prasata ustájena na jatkách déle než 18 hodin. Tím pádem vzniklo 15 skupin, jak vidíme v tab. č. 6 (Provazník a Valenta, 1995).

Tab. č. 6: Četnost jednotlivých skupin prasat v závislosti doby opočinu před porážkou na dopravní vzdálenosti

Dopravní vzdálenost	do 1 hodiny odpočinu před porážkou	do 2 hodin odpočinu před porážkou	do 4 hodin odpočinu před porážkou	nad 18 hodin odpočinu před porážkou
do 10 km	73	426	40	-
do 20 km	199	200	89	308
do 40 km	20	558	34	104
nad 41 km	558	238	559	160

(Provazník a Valenta, 1995)

Provazník a Valenta (1995) použili podle autorů Brunkena a Glodka (1985) limitní hodnoty  $EV_1$  k stanovení kvality vepřového masa. K zpracování výsledků použili variačně-statistické metody a vepřové maso rozdělili do tří tříd. V první třídě je podle naměřené hodnoty  $LF_{50}$  do 4,8 mS normální maso, v druhé třídě je maso inklinující k vadě PSE s naměřenou hodnotou  $LF_{50}$  od 4,9 do 9,7 mS a v třetí třídě je PSE maso s hodnotou  $LF_{50}$  nad 9,8 mS. Došlo k měření  $EV_1$  svalů MLT a MSM 40 až 50 minut *post mortem*. Z tab. č. 7 vyplývá, že nejvyšší průměrné hodnoty  $EV_1$  mají jatečná prasata s dobou odpočinu do jedné hodiny a zároveň s nejkratší vzdáleností dopravy na jatka, a to do 10 km a do 20 km. Důvodem zhoršení kvality masa může být možnost, že prasata nebyla unavena a vyčerpána z tak krátké dopravní vzdálenosti, a tudíž docházelo k více vzájemným soubojům mezi jatečnými prasaty. V tab. č. 8 vidíme, že situace je obdobná jako u tab. č. 7. Nejvyšší procentuální výskyt vady masa PSE mají jatečná prasata dopravovaná na jatka do vzdálenosti do 10 km a 20 km s dobou odpočinu do 1 hodiny a do 4 hodin, ale byla také zjištěna tendence zvyšování výskytu PSE masa s rostoucí dobou předporážkového odpočinu a prodlužující se dopravní vzdáleností na jatka. Nejvyšší výskyt vady masa PSE je u jatečných prasat s dopravní vzdáleností do 20 km s dobou odpočinu před porážkou do 2 hodin, a to s procentuálním



zastoupením u kotlety (MLLT) 9,5 % a u kýty (MSM) 3,5 %. Dále uvádějí, že metoda  $EV_1$  je značně jednodušší a rychlejší než metoda  $pH_1$  (Provazník a Valenta, 1995).

Tab. č. 7: Hodnoty EV svalů MLLT a MSM v závislosti na dopravní vzdálenosti a době odpočinku poražených prasat

Sval	Dopravní vzdálenost	Statistická veličina	Doba odpočinku (hodiny)			
			do 1	do 2	do 4	do 18
			EV			
MLLT	do 10 km	$\bar{x}$	4,43	3,57	4,39	
		$S_{\bar{x}}$ S	2,45 0,29	0,98 0,06	2,17 0,34	
	do 20 km	$\bar{x}$	4,69	3,49	4,14	3,70
		$S_{\bar{x}}$ S	2,93 0,21	0,92 0,04	2,30 0,24	1,53 0,09
MLLT	do 40 km	$\bar{x}$	2,75	4,22	4,10	3,62
		$S_{\bar{x}}$ S	0,52 0,12	2,78 0,20	1,89 0,32	0,88 0,09
	nad 41 km	$\bar{x}$	3,87	3,75	3,89	3,89
		$S_{\bar{x}}$ S	0,96 0,04	1,47 0,07	1,23 0,05	1,99 0,16
MSM	do 10 km	$\bar{x}$	3,73	3,60	3,28	
		$S_{\bar{x}}$ S	0,85 0,10	0,61 0,04	1,21 0,19	
	do 20 km	$\bar{x}$	3,91	3,48	3,38	3,55
		$S_{\bar{x}}$ S	1,87 0,13	0,69 0,03	1,12 0,12	0,76 0,04
MSM	do 40 km	$\bar{x}$	3,22	3,62	3,70	3,57
		$S_{\bar{x}}$ S	0,63 0,14	0,43 0,03	1,29 0,22	0,51 0,05
	nad 41 km	$\bar{x}$	3,45	3,57	3,60	3,35
		$S_{\bar{x}}$ S	0,61 0,03	0,69 0,03	0,51 0,02	1,39 0,11

(Provazník a Valenta, 1995)

Tab. č. 8: Procentuální výskyt jatečných vad masa ve svalech MLLT a MSM podle hodnot EV v závislosti na dopravní vzdálenosti a době odpočinku poražených prasat

Sval	Dopravní vzdálenost	Charakter svalu	Doba odpočinku (hodiny)							
			do 1		do 2		do 4		do 18	
			%							
MLLT	do 10 km	Norm	82,2		95,0		80,0			
		In/PSE	11,0	6,8	4,6	0,4	12,5	7,5		
	do 20 km	Norm	76,9		96,6		87,6		94,2	
		In/PSE	13,6	9,5	2,9	0,5	7,9	4,5	4,2	0,6
	do 40 km	Norm	100		89,0		85,3		92,3	
		In/PSE	0	0	5,0	6,0	8,8	5,9	7,7	0
	nad 41 km	Norm	93,2		94,4		93,6		88,1	
		In/PSE	6,3	0,5	4,2	1,4	5,2	1,2	8,8	3,1
MSM	do 10 km	Norm	97,3		99,2		95,0			
		In/PSE	2,7	0	0,4	0,4	2,5	2,5		
	do 20 km	Norm	90,5		98,2		96,7		96,8	
		In/PSE	6,0	3,5	1,4	0,4	2,2	1,1	2,9	0,3
	do 40 km	Norm	95,0		96,0		94,2		98,1	
		In/PSE	5,0	0	3,0	1,0	2,9	2,9	1,9	0
	nad 41 km	Norm	97,8		96,9		98,9		98,8	
		In/PSE	2,2	0	3,1	0	0,9	0,2	0	1,2

Legenda: In = maso inklinující k PSE, Norm = normální maso (Provazník a Valenta,1995)

#### 2.4.6 Vývoj hodnot elektrické vodivosti v průběhu zrání vepřového masa

Problémem nejen naším, ale i světovým je řešení rychlého a snadného objektivního hodnocení kvality masa. Z technologických důvodů se objevuje ve světě nutnost o vyčlenění dalších jakostních kategorií, ale stále nebyl dořešen způsob poznání jakostních vad PSE a DFD, který by byl včasný a jednoznačný a byl by možný přímo po porážce. Došlo k pokusu, který zkoumal vývoj hodnot pH a elektrické vodivosti v průběhu zrání vepřového masa. Byly měřeny hodnoty pH

a elektrické vodivosti ve svalovině pečeně (MLLT – *musculus longissimus lumborum et thoracis*) a kýty (MSM – *musculus semimembranosus*) u 110 různých hybridů prasat rozdělených do 11 skupin po 10 kusech. Prasata byla od různých dodavatelů a jejich průměrná hmotnost opracovaného těla činila 93 kg. K měření došlo v intervalech 1; 3; 5; 7 a 24 hodin po porážce a měřeno bylo pH metrem CPH 51 s kombinovanou skleněnou elektrodou a konduktometrem LF 191 od firmy WTW Weinheim, kdy v tab. č. 9 jsou uvedena kritéria pro měření elektrické vodivosti ve vepřovém mase ve vztahu k vadě PSE (Kleinová a Ingr., 1999).

Tab. č. 9: Hodnota elektrické vodivosti ve vztahu k vadě PSE

EV/jakost	Velmi dobrá	Přijatelná	Špatná
EV <sub>1</sub> (mS)	< 5,3	< 10,3	> 10,3
EV <sub>24</sub> (mS)	< 7,3	< 9,8	> 9,8

(Kleinová a Ingr., 1999)

Hodnoty EV<sub>1</sub> (mS) byly zjišťovány vpichy elektrody konduktometru v pečení (MLLT) na úrovni posledního obratle, kdy pH bylo měřeno mezi vpichy od elektrody konduktometru a následná měření byla prováděna mezi dalšími sousedními bederními obratli. Měření v kýtě (MSM) probíhalo postupováním dorzálním směrem. Byl použit *t*-test pro párové hodnoty, který slouží k testování rozdílů mezi průměry měření EV a pH. Podle hodnot pH<sub>1</sub> uvedených v tab. č. 10 vyplývá, že se jedná o soubor, kde je vysoký výskyt PSE vady masa. Použitý *t*-test na výsledky měření pH potvrdil výsledky Schepera (1978), který uvádí pokles hodnoty pH za 6 až 8 hodin na hodnoty 5,4 – 5,8 v průběhu postmortálních změn při rozkladu glykogenu na laktát. Došlo k ověření poklesu hodnot pH v MLLT pouze mezi měřeními pH 1 hodinu po porážce a 3 hodinou po porážce. Glykolytický proces u svalu MSM probíhal dále do 5 hodiny po porážce. Při měření pH 24 hodin *post mortem* došlo k mírnému zvýšení hodnoty pH ve svalu MSM. Výsledky měření elektrické vodivosti můžeme vidět v tab. č. 11, kde je patrné zvyšování elektrické vodivosti v obou svaích v průběhu 7 hodin po porážce. Dále je patrné, že ve svalu

MLLT docházelo k vyšší hodnotě vodivosti než ve svalu MSM, ale u měření hodnoty pH tomu bylo právě naopak (Kleinová a Ingr, 1999; Scheper, 1978).

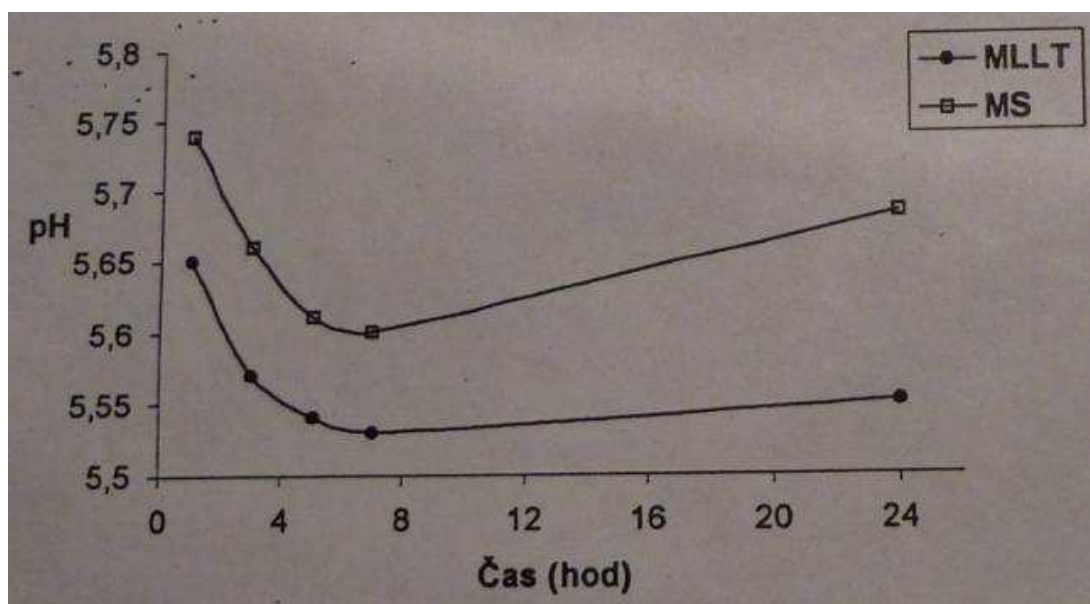
Na glykolytický proces vyvolávající změnu vnitřních podmínek svaloviny reaguje svalová tkáň strukturálními změnami, které měření elektrické vodivosti postihne až s určitým zpožděním, jak je patrné z obr. č. 2 a obr. č. 3 (Kleinová a Ingr, 1999).

Tab. č. 10: Průběh hodnot pH ve svalovině pečeně a kýty u vzorku jatečných prasat

Sval	Statistická veličina	pH <sub>1</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>5</sub>	pH <sub>7</sub>	pH <sub>24</sub>
MLLT	$\bar{x}$	5,65	5,57	5,54	5,53	5,55
	$s_x$	0,35	0,27	0,26	0,22	0,29
	$V_x$	6,19	4,85	4,69	4,07	5,23
MSM	$\bar{x}$	5,74	5,66	5,61	5,60	5,68
	$s_x$	0,28	0,25	0,22	0,24	0,26
	$V_x$	4,83	4,39	3,84	4,35	4,63

(Kleinová a Ingr, 1999)

Obr. č. 2: Průběh hodnot pH ve svalech MLLT a MSM u vzorku jatečných prasat



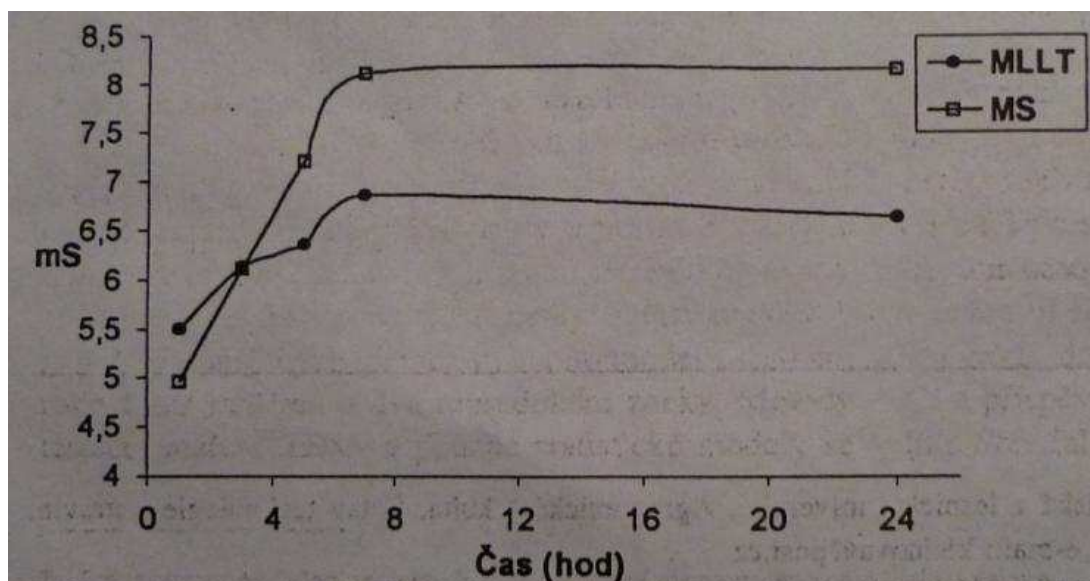
(Kleinová a Ingr, 1999)

Tab. č. 11: Průběh hodnot elektrické vodivosti (mS) ve svalu pečeně a kýty u vzorku jatečných prasat

Sval	Statistická veličina	EV <sub>1</sub>	EV <sub>3</sub>	EV <sub>5</sub>	EV <sub>7</sub>	EV <sub>24</sub>
MLLT	$\bar{x}$	5,49	6,13	6,35	6,86	6,61
	$s_x$	2,75	3,04	3,09	3,31	2,57
	$V_x$	50,09	49,62	48,66	48,18	38,80
MSM	$\bar{x}$	4,95	6,10	7,19	8,10	8,09
	$s_x$	2,82	3,71	4,13	4,29	3,14
	$V_x$	57,03	60,84	57,45	53,00	38,81

(Kleinová a Ingr, 1999)

Obr. č. 3: Průběh hodnot elektrické vodivosti (mS) ve svazech MLLT a MSM u vzorku jatečných prasat



(Kleinová a Ingr, 1999)

## 2.5 Hovězí maso

Průměrná spotřeba hovězího masa rapidně rok od roku klesá. V roce 1989 byla roční spotřeba hovězího masa na 1 obyvatele ČR 30 kg v hodnotě „na kosti“, zatímco v roce 2001 činila spotřeba hovězího masa jen 10,2 kg na 1 obyvatele ČR. Na poklesu spotřeby hovězího masa se podílela nevýhodná relace mezi jakostí a cenou. A dále především zhoršení texturní vlastnosti masa kvůli nedostatečnému vyzrání (Ingr, 2003).

Z kulturních plemen ve světě má nejpočetnější populaci holštýnský skot. Je to černostrakatý skot pocházející ze severozápadní Evropy. Ze Švýcarska pochází český strakatý skot (dříve červenostrakatý), který patří do skupiny plemen horského strakatého skotu. Česká červinka je chovaná za podpory státu jako takzvaný „genetický zdroj“. Z masných plemen bez tržní produkce mléka dovezených do České republiky lze jmenovat například aberdeen angus (AA), blonde d'Aquitaine (BA), belgické modrobílé (BM), galloway (GA), gasconne (GS), hereford (HRF), highland (HI), charollaise (CH) a další (Hofírek *et al.*, 2009).

Poznatky etologické přispěly v posledních deseti letech k změnám názorů na dobu odpočinku jatečných zvířat po převozu na jatka. Dřívější požadavek na dobu odpočinku nejméně 12 hodin před porážkou byl překonán. Ukázalo se, že zvířata vytvářejí nové skupiny a bojují o pozice postavení, a tudíž se fyzicky vyčerpávají a zneklidňují. K tomuto dochází hlavně u býků, kteří by měli být poraženi bezprostředně po převozu na jatka. Složení hovězího masa je uvedeno v tab. č. 12. Vlákna hovězího masa jsou jemná, barva je bledě červená. Texturu má řídkou, vlhkou, měkkou až lepkavou. Hovězí maso má nedostatečně vyvinutou tukovou tkáň (Ingr, 2003).

Tab. č. 12: Složení hovězího masa v %

Maso	Voda	Bílkoviny	Tuky	Minerální látky	Federovo číslo
Čistá svalovina	70-75	18-22	1-3	1-1,5	3,65
Hovězí plec	70,03	21,48	6,95	0,99	3,68
Hovězí kýta	73,43	20,25	5,04	1,10	3,63
Hovězí svíčková	71,98	19,36	7,43	1,06	3,72
Hovězí roštěnec	67,77	20,64	10,31	1,01	3,28
Hovězí krk	72,36	21,15	5,55	1,03	3,42
Hovězí kliška	70,85	21,69	6,68	1,02	3,27

(Pipek a Jirotková, 2001)

### **2.5.1 Experimentální ověření možnosti odhadnout senzorické a kvalitativní ukazatele hovězího masa použitím bioimpedance**

Senzorické parametry a základní chemické složky, jako je například intramuskulární tuk, hovězího masa výrazně ovlivňují jeho kvalitu a senzorické vlastnosti. Hovězí maso je důležitým zdrojem živočišných proteinů v lidské výživě. Na zpracovatelských linkách nepřipadají v úvahu sice přesné, ale zato časově náročné chemické rozborů masa. Alternativní možností k těmto rozborům proto mohou být měření bioimpedance, ultrazvuku a infračervené spektroskopie. Měření bioimpedance ve vzorcích hovězího masa slouží k určení senzorických a kvalitativních parametrů, a také k určení obsahu intramuskulárního tuku. Byl proveden pokus, kdy výsledky měření impedance a fázového posunu na 12 vzorcích masa býků plemene ČSTR byly porovnány s výsledky laboratorního stanovení obsahu tuku, bílkovin, dusíkatých látek (N-látek), popelovin, vaznosti vody, svalových pigmentů, pH, remisí při 522 nm a síly vlákna. Výsledky jsou uvedeny v tab. č. 13. Kalibračním stanovením regresních závislostí těchto parametrů a hodnot posunu fáze a impedance došlo k průkazným lineárním vztahům mezi hodnotami impedance a obsahu intramuskulárního tuku ( $r = 0,606$ ;  $p = 0,48$ ), mezi remisí při 522 nm a impedancí ( $r = 0,666$ ;  $p = 0,25$ ) a mezi posunem fáze a vazností vody ( $r = 0,8053$ ;  $p = 0,003$ ). Z výsledku vyplývá vhodnost a možnost využití experimentálního měření impedance k rutinní analýze kvalitativních parametrů hovězího masa přímo na porážkových místech na jatkách (Říha *et al.*, 2009).



Tab. č. 13: Výsledky měření impedance a fázového posunu a výsledky laboratorních hodnot sledovaných parametrů u vzorku hovězího masa

Parametry	průměrné hodnoty	Minimum	Maximum	Stddev
sušina (%)	24,617	22,530	29,490	2,072
tuk (%)	1,813	0,190	7,300	2,103
bílkoviny (%)	21,493	20,830	22,850	0,643
N-látky (%)	3,437	3,330	3,660	0,103
popeloviny (%)	1,094	0,990	1,140	0,043
vaznost vody (%)	84,128	74,700	92,100	5,409
svalové pigmenty (mg/g)	3,420	2,493	4,986	0,803
pH	5,714	5,500	6,380	0,294
remise při 522 nm (%)	5,118	2,300	8,400	1,900
síla vlákna (nm)	35,223	29,600	42,030	3,882
posun fáze (gr)	-6,368	-9,193	-3,722	1,784
impedance (Ohm)	20,726	17,248	22,518	1,789

(Říha *et al.*, 2009)

Srovnatelné výsledky uvádí i Altmann a Pliquet (2006). Kalibrační parametry impedance pro intramuskulární obsah tuku udávají v rozmezí od  $r = 0,28$  až  $0,69$  ( $P < 0,001$ ). Prokazatelný vztah byl také zjištěn mezi stanovenými hodnotami fázového posunu a schopností masa vázat vodu ( $r = 0,81$ ;  $p = 0,003$ ). Z toho vyplývá, že by impedance mohla být použita k technologickému zjišťování nízké kvality masa, a to nejen u hovězího masa, ale mohla by být použita i k zjišťování PSE masa u jatečných prasat (Altmann a Pliquet, 2006).

### 3. Závěr

Z literárních údajů je zřejmé, že metoda bioimpedance je možná a vhodná k posouzení a určení jakosti masa hospodářských zvířat. Tato fyzikální metoda využívající přístroje pro měření elektrické vodivosti masa má svou přednost v možnosti měření přímo na jatečné lince, kdy toto měření je i rychlé. Optimální časovou hladinou pro měření elektrické vodivosti se jeví doba měření 50 až 60 minut *post mortem*. Měření elektrické vodivosti a dielektrického ztrátového úhlu lze také využít k detekování vady PSE a DFD, a to hlavně vady PSE u jatečných prasat. Touto metodou byl zjištěn i vliv délky přepravy na jatka a doby odpočinku před porážkou na výskyt vady PSE u jatečných prasat. Nejvyšší výskyt vady PSE se zjistil u jatečných prasat přepravovaných na jatka ze vzdálenosti do 20 km a dobou odpočinku před porážkou do 2 hodin. Výsledky ukázaly vhodnost využití experimentální metody bioimpedance ke zjišťování kvalitativních parametrů hovězího masa. Výhodou této metody oproti metodě měření pH je snadná manipulace s elektrodou, kdy nevýhodou přístrojů na měření pH je jejich skleněná a křehká elektroda vyžadující častou kalibraci.

## 4. Přehled použité literatury a zdrojů

INGR I., (2003): Produkce a zpracování masa. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 202 s.

PEŠEK M., (1997): Hodnocení jakosti, zpracování a zbožiznalství živočišných produktů, Část I. České Budějovice: Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity. 235 s.

PIPEK P., JIROTKOVÁ D., (2001): Hodnocení jakosti, zpracování a zbožiznalství živočišných produktů, Část III.. České Budějovice: Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity. 136 s.

INGR I. (1989). Odchylky v jakosti vepřového masa. *Náš Chov* (Praha), 5: 221-223.

HOFMANN K. (1987). Der pH Wert – Ein Qualitätskriterium für Fleisch. *Fleischwirtschaft*, 67: 557-562.

HONIKEL K. O., KIM C. J. (1986). Causes of the development of PSE pork. *Fleischwirtschaft*, 66: 349-353.

KLEINOVÁ I., INGR I. (1999). Vývoj hodnot pH a elektrické vodivosti ve vepřovém mase v průběhu zrání. *Czech Journal of Animal Science*, 44: 551-554.

KAMENÍK J., ŠIMÁKOVÁ A., RUCKI A., INGR I. (1989). Elektrická vodivost a vady vepřového masa. *Veterinářství*, 39: 467-469.

FELDHUSEN F., NEUMANN-FUHRMANN D., WENZEL S. (1987). Die Leitfähigkeit als Parameter der Fleischbeschaffenheit. *Fleischwirtschaft*, 67: 455-460.

LATKA P., ŠTEFUNKA F., STUPKA R., POUR M. (1991). Nový pohled na detekci vad vepřového masa PSE a DFD. *Náš Chov* (Praha), 171-172.

DEMO P., POLTÁRSKY J., KRŠKA P., GRÁČIK P., FÜLÖP L. (1993). Identifikácia akostných väd mäsa ošípaných rozdielnych genotypov využitím odlišných hodnotiacich metód. *Živočišná Výroba*, 38: 457-469.

BRUNKEN H. G., GLODEK P. (1985). Untersuchungen zur Fleischbeschaffenheit im Hinblick auf die Leitfähigkeit und Halotanreaktion von Schweinen Landrace. *Züchtungskunde*, 57: 357-363.

PROVAZNÍK L., VALENTA J. (1995). Stanovení vady vepřového masa PSE pomocí elektrické vodivosti u jatečných prasat s ohledem na délku jejich přepravy a dobu odpočinku před porážkou. *Živočišná Výroba*, 40: 513-518.

SCHEPER J. (1978). pH-Wert-Messung an Schweinehälften, Zeitpunkt, Messtelle, Aussage. *Fleischwirtschaft*, 58: 1642-1646.

HOFÍREK B., DVOŘÁK R., NĚMEČEK L., DOLEŽAL R., POSPÍŠIL Z., *et al.*, (2009): *Nemoci skotu*. Brno: Česká buiatrická společnost. 1149 s.

ŘÍHA J., KADLEC R., VONDRA V., BEZDÍČEK J. (2009). Experimental verification of the possibility to estimate sensoric and quality parameters of beef with use of bioimpedance. *Výzkum v chovu skotu*, 51: 38-49.

ALTMANN M., PLIQUETT U. (2006). Prediction of intramuscular fat by impedance spectroscopy. *Meat Science*, 72: 666-671.