

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra: Speciální zootechniky

Obor: Provozně podnikatelský

TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE

**MOŽNOSTI ZVYŠOVÁNÍ KVALITY
HOVĚZÍHO MASA ZRÁNÍM**

Autor diplomové práce:
Karel Beneš

Vedoucí diplomové práce:
Ing. Jarmila Voříšková, Ph.D.

2012

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Karel BENEŠ**
Osobní číslo: **Z07048**
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Provozně podnikatelský obor**
Název tématu: **Možnosti zvyšování kvality hovězího masa zráním**
Zadávací katedra: **Katedra speciální zootechniky**

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

Kvalita masa je jednou ze základních podmínek zvyšování spotřeby nejen hovězího masa. Cílem práce je provést analýzu vybraných faktorů ovlivňujících kvalitu hovězího masa. V kapitole o literárním přehledu se zaměříte na problematiku kvality hovězího masa ze širšího pohledu. Podrobně zpracujete oblast týkající se možnosti ovlivňování kvality prostřednictvím způsobu uchování a délky zrání masa po porážce jatečných zvířat. Od vybraných jatečných býků porážených na jatkách bude odebrán vzorek masa z roštěnce a v laboratoři JU ZF následně provedeno stanovení fyzikálních a chemických analýz (pH, barva, vaznost, textura, aj.) a to jak u syrového tak i u masa po tepelné úpravě (steaky). Stejně ukazatele budou sledovány i u vzorků masa vakuově baleného po stanovené době skladování. Ze zootechnické dokumentace vytvoříte datový soubor jednotlivých býků a získané údaje zpracujete ve vztahu ke kvalitě masa. Získaná data zpracujete příslušnými statistickými metodami. Diplomová práce je součástí řešení projektu NAZV QI 91A055.

Rozsah grafických prací: 10 tabulek a 5 grafů
Rozsah pracovní zprávy: 30- 40 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Steinhauser, L. et al.: Produkce masa. Polygra Brno, 2000, 464 s. ISBN 80-900260-7-9

Zahrádková, R. et al.: Masný skot od A až do Z. ČSCHMS, Praha, 2009, 397 s. ISBN 978-80-254-4229-6


Ingr, I.: Zrání masa a jeho praktický význam. Výživa a potraviny, 2003, 58,5, s. 147-148 ISSN 1211-846X

Říha, J. et al.: Využití diferencí mezi masnými plemeny k efektivní produkci. VÚCHS Rapotín, 2002, 144 s. ISBN 80-903143-0-9


Odborné články týkající se sledované problematiky v časopisech Czech Journal of Animal Science, Archiv für Tierzucht, Meat Science, Journal of Agrobiology, Journal of Central European Agriculture, Maso, Farmář, Náš chov, Agromagazín, a ve sbornících z odborných konferencí.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jarmila Voříšková, Ph.D.
Katedra speciální zootechniky

Datum zadání diplomové práce: 1. března 2010
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2012


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

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


doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 1. března 2010

Prohlášení autora diplomové práce

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

V Českých Budějovicích 26. 4. 2012

.....

Karel Beneš

Dovolují si na tomto místě poděkovat Ing. Jarmile Voříškové, Ph.D. za odborné vedení mé práce a pomoc při zpracování takto rozsáhlého tématu. Dále bych rád poděkoval mým rodičům za podporu a trpělivost.

MOŽNOSTI ZVYŠOVÁNÍ KVALITY HOVĚZÍHO MASA ZRÁNÍM

Abstrakt

Kvalita hovězího masa je ovlivňována vnitřními i vnějšími faktory, výsledný produkt je ovlivněn především posmrtnými změnami. Práce je zaměřena na vliv změn zrání masa na vybrané fyzikální ukazatele masa (pH, barva, vaznost a textura – síla stříhu) ovlivňující kvalitu masa jak z pohledu spotřebitele, tak dalšího průmyslového zpracování.

Ukazatele byly zjišťovány v pravidelných časových úsecích (1 den porážce a po 14 dnech zrání) a to jak u syrového, tak i tepelně upraveného (grilovaného) masa. Výzkum byl proveden na 258 vzorcích masa z býků českého strakatého skotu, analyzován byl sval roštěnce (*musculus longissimus lumborum et thoracis*).

Byla prokázána statisticky vysoce významná ($P \leq 0,001$) změna textury (síly stříhu) tepelně upravených vzorků, které prošly 14 denním procesem zrání (pokles z 22,574 kg na hodnotu 14,885 kg). Vliv doby zrání na sílu stříhu syrových vzorků byl potvrzen u hovězího masa s normální hodnotou pH jeden den po porážce ($\text{pH} < 5,8$), kdy po 14 dnech zrání došlo k poklesu z 6,403 kg ($P = 0,003$) na hodnotu 5,982 kg.

Při posuzování závislosti mezi jednotlivými veličinami byla zjištěna vysoká závislost mezi hodnotou pH a vazností jak jeden den postmortem ($r = 0,872$ ***), tak po čtrnácti dnech zrání ($r = 0,879$ ***). Dále byla prokázána střední závislost barvy na pH a to u všech zjišťovaných parametrů - L^* ($r = -0,479$ ***), a^* ($r = -0,478$ ***), b^* ($r = -0,581$ ***).

Závislost síly stříhu syrového masa byla potvrzena u hodnoty pH ($r = -0,281$ **), dále u hodnoty vaznosti ($r = -0,403$ ***). Při zjišťování této závislosti u hovězího masa po tepelné úpravě se tato závislost potvrdila. Vliv hodnoty parametru L^* ($r = -0,172$ *) a vaznosti ($r = -0,700$ ***) byl potvrzen u síly stříhu tepelně upravených vzorků. Z uvedených výsledků vyplývá, že vliv zrání masa je značný a vyzrálé maso mladých býků má po tepelné úpravě zlepšené parametry textury což by mohlo vést ke zvýšení poptávky spotřebitelů především v důsledku odstranění nestejnorodosti kvality nabízeného hovězího masa.

Klíčová slova: kvalita hovězího masa; zrání; síla stříhu; barva; pH

POSSIBILITIES OF IMPROVING THE QUALITY OF BEEF BY AGEING

Abstract

Internal and external factors affect the quality of meat, however ageing affects final product. Main objective of this work was to determine the effects of ageing on selected physical factors (pH, colour, water holding capacity and texture – shear force) which affect meat quality from consumer and further meat processing perspective.

Measuring of those factors was performed in periodical time sequences (one day post-mortem and 14 days of ageing) and factors of raw and heat-modified meat were measured. There were two hundred and fifty-eight samples from Czech pied cattle used in research. *Musculus longissimus lumborum et thoracis* (sirloin) was analyzed.

Statistically high shear force difference ($P \leq 0.001$) was identified at heat-modified and aged samples (decrease from 22.574 kg to 14.885 kg). Decrease of shear force during ageing of raw meat samples was observed at normal pH ($\text{pH} < 5.8$) beef – from 6.403 kg to 5.982 kg.

Correlations between pH and water holding capacity was found at samples which undergone ageing ($r = 0.879$ ***) and also at one day post-mortem samples ($r = 0.872$ ***). Middle correlation was observed between colour and pH at all colour parameters – L* ($r = -0.479$ ***), a* ($r = -0.478$ ***) and b* ($r = -0.581$ ***)).

Water holding capacity and pH have influence on shear force of raw beef and also heat-modified beef; this was confirmed by correlation analysis. Lightness (L*) and water holding capacity affect heat-modified samples texture which was confirmed with multi-regression linear analysis ($R^2 = 0.565$).

As shown above the influence of meat ageing on quality parameters is high and properly aged meat from young bulls has better texture values. If the aged beef will be sold regularly it could be expected that consumer demand will increase especially due to remove the inconsistency of the quality of beef.

Keywords: quality of beef; ageing; shear force; colour; pH

Obsah

1. Úvod	10
2. Literární rešerše	11
2.1 Obecná charakteristika masa a jeho kvality	11
2.2 Spotřeba hovězího masa v České republice	14
2.3 Složení hovězího masa.....	16
2.3.1 Histologická stavba masa	16
2.3.2 Chemické složení masa	18
2.4 Vlastnosti hovězího masa.....	21
2.4.1 pH.....	22
2.4.2 Vaznost.....	23
2.4.3 Barva	26
2.4.4 Křehkost a textura masa	28
2.4 Postmortální změny	30
2.4.1 <i>Prae-rigor</i>	30
2.4.2 Rigor mortis	33
2.4.3 Zrání masa	35
2.4.4 Abnormální průběh postmortálních změn.....	43
3. Cíl práce	45
4. Materiál a metodika	46
4.1 Materiál	46
4.1.1 Popis JUT	48
4.2 Výběr a zpracování vzorků	49
4.3 Zpracování dat	54
5. Výsledky a diskuse	56
5.1 Chemické složení.....	56

5.2 pH.....	57
5.3 Vaznost přidané vody	60
5.4 Barva.....	65
5.5 Textura syrového masa	71
5.6 Textura grilovaného masa	76
5.7 Nákladový model.....	82
5.7.1 Náklady na technické vybavení	82
5.7.2 Náklady na elektrickou energii	84
5.7.3 Shrnutí nákladových položek	85
6. Souhrn a závěr	87
7. Použitá literatura.....	92

1. Úvod

Maso je nejdůležitější živočišnou složkou v lidské výživě a to jak pro své energetické složení, tak pro své chemické složení, které zajišťuje většinu esenciálních složek (především aminokyselin, mastných kyselin atp.) potřebných pro funkčnost lidského těla.

Kvalita potravin je v poslední době velice diskutované téma především s ohledem na množství dovážených potravin a nabízený sortiment v maloobchodních prodejnách. Ne jinak je tomu i u hovězího masa, které je spotřebiteli často označováno za tuhé či méně kvalitní – např. ve srovnání s masem vepřovým či drůbežím, jejichž konzumace v České republice je vyšší než konzumace masa hovězího.

Problematická kvalita hovězího masa je dána především nestejnou porážení skupin zvířat a stává se, že se v rámci prodáváného výsekového masa mezi masem z poražených mladých zvířat vyskytne i maso z brakované dojnice, které nesplňuje spotřebitelovu představu o kvalitním hovězím masu a které se nejvíce projevuje v nutné delší tepelné úpravě, aby se dalo konzumovat.

Zvýšení kvality nabízeného hovězího masa lze však dosáhnout. Touto možností, jak docílit zvýšení prodeje, je zrání a i přes vyšší prodejní cenu bude hovězí maso žádanější.

Již ve středověku bylo známo, že maso poražených zvířat je nutné nechat odležet, čímž dojde ke zlepšení jeho sensorických vlastností – především k pozitivní změně v jeho textuře, tudíž ke zkřehnutí. V dnešní době je z hlediska skladovacích nákladů, které by zajistily údržnost hovězího masa během procesu zrání, velice drahé nechávat maso vyzrát a běžná praxe je expedovat již technologicky upravené celky masa co nejrychleji po jejich disekci do sítě maloobchodních prodejen ke spotřebiteli. V prodáváném hovězím masu tak nedojde k autolytickým a proteolytickým procesům, které ovlivňují jak barvu, tak křehkost masa a přestože se jedná z pohledu chemického složení o velice kvalitní potravinu, tak ze sensorického hlediska je maso méně kvalitní – tužší.

Na to, jakým způsobem je výsledná kvalita hovězího masa ovlivněna procesem zrání, se tato práce zaměřuje.

2. Literární rešerše

2.1 Obecná charakteristika masa a jeho kvality

Maso je oblíbenou složkou lidské stravy, konzumováno je především pro své sensorické vlastnosti ale i pozitivní nutriční důvody. Maso je zdrojem plnohodnotných bílkovin, vitaminů (především skupina B), nenasycených mastných kyselin a minerálních látek (Fe, Ca, Zn atd.). Z tohoto důvodu je považováno za nenahraditelnou složku lidské výživy (Kadlec et al., 2009).

V širším slova smyslu je maso specifikováno jako požitelné části původem z živých zvířat, přičemž se jedná nejen o nejběžněji označovanou kosterní (příčně pruhovanou) svalovinu (Zahrádková et al., 2009), ale i o vnitřnosti, tuk a kosti. (Hui et al., 2001; Vaclavik a Christian, 2008). Nejlépe lze maso definovat jako všechny části těl živočichů, včetně ryb a bezobratlých, v čerstvém nebo upraveném stavu, které je vhodné k lidské výživě (Kadlec et al., 2009; Steinhauser et al., 2000).

Vaclavik a Christian (2008) upravují definici, kdy maso je složeno ze třech hlavních částí – svalu, pojivové tkáně (šlach) a tukové tkáně, což odpovídá definici masa v užším slova smyslu dle Ingra (1996).

Součástí termínu maso jsou i vnitřní orgány jako mozek, srdce, játra a další požitelné tkáně. (Lawrie a Ledward, 2006).

Česká legislativa definuje vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 326/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů maso jako kosterní svalovinu jednotlivých živočišných druhů savců a ptáků určených k výživě lidí, která nebyla prohlášena za nevhodnou k lidské spotřebě podle předpisu Evropských společenství. Jednotlivé druhy mas jsou specifikovány dle živočišných druhů, přičemž hovězí maso je definováno jako maso mladého býka, býka, vola, jalovice a krávy.

Kadlec et al. (2009) jako hlavní zdroj masa zmiňuje především domestikované živočichy, zejména jatečná zvířata (prasata, skot, ovce, králíky atd.) a jatečná drůbež (hrabavá a vodní). Jako další zdroje masa v lidské výživě figuruje lovná zvěř (jelen, srnec, daněk, zajíc, bažant atd.), ale i ryby a řada bezobratlých – především měkkýši a koryši. Lawrie a Ledward (2006) zmiňují, že v rámci světa existuje odlišná skladba masa (různých živočišných druhů) v jídelníčku lidí –

např. maso polárních medvědů a tuleňů je velice důležitá část výživy Inuitů, původní australské obyvatelstvo konzumuje klokany a v jižní Asii je běžně konzumováno psí a kočičí maso.

Kvalita výrobků z širšího pohledu byla v posledních letech hlavním a nejdůležitějším faktorem, který byl sledován v celém zemědělsko-potravinovém řetězci (Sepúlveda et al., 2011). Pro úspěšné uplatnění masa (a potravin obecně) na trhu jsou dle Ingra (2003a) rozhodující tyto faktory:

- Zdravotní nezávadnost – zdravotní bezpečnost potravin
- Jakost – sensorická a nutriční
- Cena

Kvalitu masa lze chápat z tohoto pohledu spíše jako jakost, přičemž jakost je definována souborem vlastností, které výrobek má anebo má splňovat, jakým způsobem naplňuje funkce pro které je určen a to při nejnižší nabývací ceně (Ingr, 2003a).

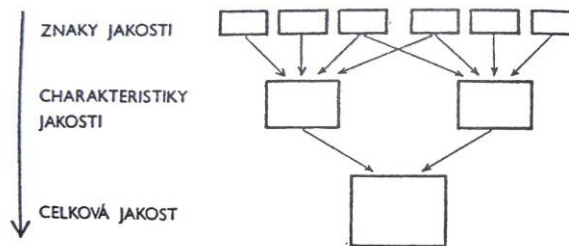
Dle Kerryho a Ledwarda (2002) lze kvalitu pojmut ze dvou pohledů: první je z pohledu spotřebitele, kdy se jedná především o komplexní sensorické vlastnosti masa, které lze rozdělit na ukazatele kvality (založené na subjektivním hodnocení spotřebitelem) a kvalitativní charakteristiky, které jsou pomocí vlastních ukazatelů vědecky měřitelné; druhá je z pohledu dodavatelsko-odběratelského řetězce, přičemž tento je možno rozdělit na ekonomickou a technologickou stránku.

Kvalitu masa z pohledu spotřebitele spoluvytváří dle Krystallise a Arvanitoyannise (2006): vzhled (barva, čerstvost, část zvířete, ze které daná část masa ve spotřebitelském balení pochází apod.), nutriční hodnota (včetně pozitivního vlivu na organismus), mikrobiologická bezpečnost (přítomnost bakterií atd.), chemická bezpečnost (rezidua antibiotik atd.) a obsah tuku.

Z pohledu technologického, resp. maso-zpracovatelského průmyslu, ovlivňuje kvalitu především plemeno zvířete, výživa, konstituce zvířete, hodnota pH postmortem, rychlost zchlazování jatečně upraveného těla a následné zacházení (např. zrání) (Toldrá, 2010).

Ingr (1996, 2003a) celkovou charakteristiku kvality masa vysvětluje jako výslednici jednotlivých znaků a charakteristik jakosti (viz obr. č. 1).

Obr. č. 1 - Schematické znázornění celkové jakosti potravin



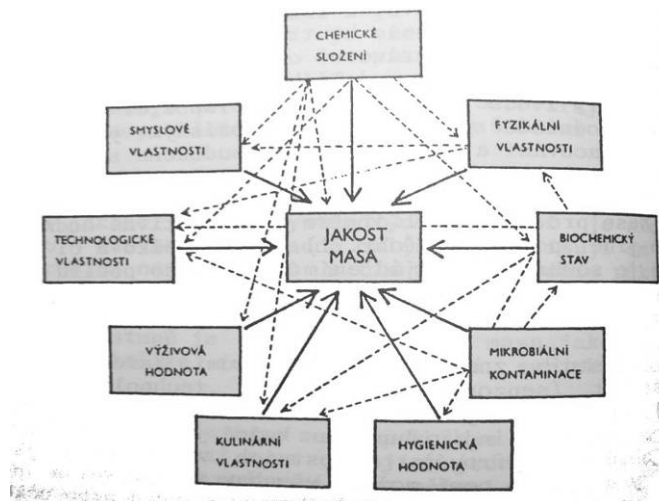
Zdroj: Ingr, 2003a

Dále zmiňuje, že celková kvalita je tvořena jakostními charakteristikami, v rámci kterých jsou seskupené příbuzné ukazatele.

Tyto charakteristiky jakosti rozděluje na (viz obr. č. 2):

- Chemické složení
- Fyzikální vlastnosti
- Biochemický stav
- Mikrobiální kontaminace
- Hygienická hodnota
- Kulinární vlastnosti
- Výživová hodnota
- Technologické vlastnosti
- Smyslové vlastnosti

Obr. č. 2 - Schematické znázornění jakostních charakteristik masa



Zdroj: Ingr, 1996

2.2 Spotřeba hovězího masa v České republice

Spotřeba masa na obyvatele za rok činí v České republice podobně jako v ostatních vyspělých státech více než 80 kg masa na kosti (cca 60 kg čisté spotřeby masa), oproti tomu spotřeba masa u předka *Homo sapiens sapiens* – *Homo sapiens fossilis* byla přibližně 2 kg masa denně (Kadlec et al., 2009).

Spotřeba masa na obyvatele za rok 2009 v Německu byla 88 kg (z toho 13 kg hovězího masa), ve Francii 94 kg (z toho 25 kg hovězího masa), v Itálii 90 kg (z toho 23 kg hovězího masa) a v Rakousku 100 kg (z toho 18 kg hovězího masa) (EUROSTAT, 2012).

V tabulce č. 1 je uvedena spotřeba masa v České republice v období 2000–2010. Hodnoty vyjadřují spotřebu masa na kosti, což je jatečná váha masa, které bylo získáno jako půlky, čtvrtě či kusy masa. Zahrnuje i podmíněně požitelné maso (nucený výsek) (ČSÚ, 2008a; ČSÚ, 2011b).

Tab. č. 1 - Spotřeba masa v ČR za období 2000–2010

	MJ	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
MASO NA KOSTI CELKEM	kg	79,4	77,8	79,8	80,6	80,5	81,4	80,6	81,5	80,4	78,8	75,9
Hovězí maso	kg	12,3	10,2	11,2	11,5	10,3	9,9	10,4	10,8	10,1	9,4	9,4
Vepřové maso	kg	40,9	40,9	40,9	41,5	41,1	41,5	40,7	42,0	41,3	40,9	41,6
Telecí maso	kg	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,07	0,06	0,06
Skopové, kozí, koňské maso	kg	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,34	0,4	0,37
Drůbeží	kg	22,3	22,9	23,9	23,8	25,3	26,1	25,9	24,9	25,0	24,8	21,4

Zdroj: ČSÚ, 2011a

Tab. č. 2 - Zastoupení jednotlivých druhů mas na kosti v ČR za období 2000–2010

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Hovězí maso	%	15,5	12,9	14,1	14,5	13	12,5	13,1	13,6	12,8	11,9	11,9
Vepřové maso	%	51,5	51,5	51,5	52,3	51,8	52,3	51,3	52,9	52,0	51,5	52,4
Telecí maso	%	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Skopové, kozí, koňské maso	%	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5
Drůbeží	%	28,1	28,9	30,1	30,0	31,9	32,9	32,6	31,4	31,5	31,2	27,0

Zdroj: ČSÚ, 2011a

Trend posledních dvou let vedl ke snížení celkové spotřeby masa na kosti (o 4–5 kg), která se první desetiletí 21. století pohybovala kolem 80 kg na obyvatele České republiky za rok. Hovězí maso z tohoto celkového objemu zaujímalo v roce 2010 11,9 %.

Nejvyšší spotřeby hovězího masa na kosti bylo dosaženo v roce 1987 (30,7 kg). Od roku 1990 dochází k neustálému poklesu spotřeby hovězího masa na kosti, která se pohybuje přibližně kolem 10 kg na obyvatele ČR za rok. Spotřeba hovězího masa na kosti se mezi roky 2009 a 2010 neměnila (ČSÚ, 2008b). Dle Štikové (2004) byl pokles spotřeby masa po roce 1989 nejvyšší ze všech potravinových skupin. Dodává, že tento trend byl způsoben především spotřebitelskou kvalitou, cenou, reklamou a pochybnostmi o zdravotní nezávadnosti. Šubrt (2004) zmiňuje, že významný podíl na poklesu spotřeby hovězího masa měla rovněž kvalita nabízeného hovězího masa. Nestandardní kvalita byla způsobena především nabídkou hovězího masa od různých věkových kategorií a užitkových typů skotu.

2.3 Složení hovězího masa

Maso má složitou a různorodou histologickou strukturu, proměnlivé chemické složení, technologické a sensorické vlastnosti. Struktura i složení závisí na způsobu života zvířete, funkci jednotlivých částí těla a na řadě intravitálních vlivů (plemeno, pohlaví, věk, způsob výživy, zdravotní stav aj.), průběhu postmortální změn a způsobu zpracování (Kadlec et al., 2009).

Ingr (1996) tvrdí, že nejdůležitější součástí masa je svalstvo, přestože v pojmu maso jsou zahrnuty i další pojmy – kosti, šlachy, povázky, cévy, nervy a tukové vazivo. Zmiňuje, že vzájemný poměr těchto součástí závisí na mnoha faktorech, přičemž u jatečného skotu je podíl svaloviny 60 až 70 % na celkové hmotnosti jatečně upraveného těla. Lawrie a Ledward (2006) uvádí, že podíl svalstva na jatečně upraveném těle skotu se pohybuje v rozmezí 49 až 68 %, přičemž podíl kostí na hmotnosti se snižuje se zvyšujícím se věkem zvířete. Dle Huie et al. (2001) činí poměr svalstva ke kostem 3,5 a podíl svalstva na jatečně upraveném těle je 62 %.

Na celkové hmotnosti těla skotu se z 38 % podílí části, které nejsou součástí jatečně upraveného těla, zbytek je tvořen tukem (17 %), kostmi (10 %) a svalstvem (35 %) (Hui et al., 2001).

2.3.1 Histologická stavba masa

Struktura masa je tvořena buňkami uspořádanými do tkání, souborů buněk stejných funkčně i morfologicky. Tkáň se dále člení na pět základních skupin: epitel, tkáň nervovou, tkáň pojivovou, tkáň svalovou a tkáňové tekutiny (Pipek a Jirotková, 2001).

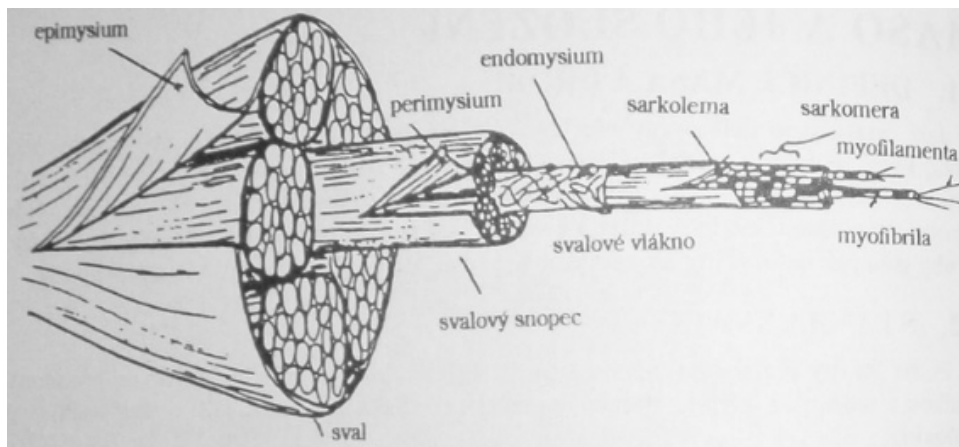
Svalová tkáň s vazivem, cévami a nervy vytváří samostatné orgány – svaly (*musculus*). Kosterní svalstvo je součástí pohybového aparátu (Ingr, 2003a).

Svalová tkáň se dělí na hladkou, příčně pruhovanou svalovou tkáň kosterní a příčně pruhovanou svalovou tkáň srdeční (Ingr, 1996). Hladká svalová tkáň se vyskytuje především ve stěně dutých orgánů, cév a ústí žlázových vývodů. Tvoří stěny orgánů trávicího, dýchacího, močového a pohlavního aparátu.

Příčně pruhované svalstvo se vyskytuje kromě kosterních svalů a srdečního svalu jako stavební součást dalších orgánů, svalstva jazyka, hltanu, hrtanu a jícnu, dále příčně pruhované svalstvo funguje kolem přirozených tělesných otvorů jako kruhové svěrače (Ingr, 2003a).

Základní stavební jednotkou příčně pruhované svaloviny je svalové vlákno, struktura příčně pruhovaného svalu je znázorněna na obrázku č. 3. Dle Ingra (1996) má svalové vlákno délku od 1 do 40 cm a tloušťku 10 až 100 μm . Jedná se o shluk buněk válcovitého tvaru, na jehož povrchu je sarkolema (buněčná blána), těsně pod ní jsou uložena buněčná jádra. Sarkoplasma (cytoplasma svalového vlákna) obsahuje jednotlivé buněčné organely, z nichž nejvýznamnější jsou myofibrily – kontraktilní vlákna, která vyplňují většinu objemu svalového vlákna. Jednotlivá svalová vlákna se spojují do vyšších celků – snopců (svazků) a ty vytváří sekundární snopce. Mezi primárními a sekundárními snopci jsou vazivové obaly, prostor mezi svalovými vlákny je vyplněn extracelulární tekutinou (Steinhauser et al., 1995). U větších svalů se mohou vyskytovat ještě terciární snopce (Ingr, 1996).

Obr. č. 3 - Základní struktura příčně pruhovaného svalu (Steinhauser et al., 1995)



Zdroj: Steinhauser et al., 1995

Dle Steinhausera et al. (1995) svalové vlákno obsahuje až 1000 myofibril. Myofibrila (tloušťka 0,5 až 2 μm) je složena z tzv. myofilament, které vytvářejí anizotropní a izotropní úseky vzájemně oddělené mezofragmou a telofragmou. Izotropní úseky (tvořeny bílkovinou aktin) jsou tenčí než anizotropní (tvořeny bílkovinou myosin).

2.3.2 Chemické složení masa

Za hlavní složky chemického složení jsou považovány bílkoviny (vč. aminokyselinového spektra), tuky (vč. poměrů nasycených a nenasycených mastných kyselin), popeloviny a vitaminy (Šubrt, 2004).

Lawrie a Ledward (2006) zmiňují, že maso obsahuje přibližně 75 % vody, 19 % bílkovin, 3,5 % rozpustných nebílkovinných látek a 2,5 % tuku. Steinhauser et al. (2000) tvrdí, že chemické složení je ovlivněno nejen druhem masa, ale i řadou intravitálních faktorů a technologických procesů výroby a zpracování masa. Dle Warrise (2000) svalová tkáň průměrně obsahuje 75 % vody, 20 % bílkovin a zbývajících 5 % představuje tuk, sacharidy (hlavně glykogen) a volné aminokyseliny. Dle Huie et al. (2001) svalstvo obsahuje 1 % popelovin (s největším zastoupením P, K, Na, Cl, Mg, Ca, Fe), 1 % sacharidů (antemortem především glykogen, postmortem především kyselina mléčná), 5 % tuků, 21 % dusíkatých látek (bílkovin) a 72 % vody.

2.3.2.1 Bílkoviny

Bílkoviny masa se rozdělují do skupin dle jejich rozpustnosti ve vodě a to na bílkoviny sarkoplazmatické (rozpustné ve vodě a ve slabých solných roztocích), bílkoviny myofibrilární (rozpustné pouze v roztocích solí) a bílkoviny stromatické (nerozpustné, jedná se o bílkoviny pojivových tkání, např. sarkolemu) (Šubrt, 2004).

Dle Steinhausera et al. (1995) se odlišuje i procentuelní zastoupení bílkovin v rámci jednotlivých kategorií výrobních mas (část masa určeného pro mēlnění na masné výrobky, obsah např. v hovězí plecì 21,4 %, svíčkové 19,3 %, roštěnci 20,6 % aj.). Zmiňuje, že důležitou veličinou charakterizující jakost masa z hlediska technologického, nutričního a ekonomického je obsah svalových bílkovin (tedy sarkoplazmatických a myofibrilárních), který se určuje jako rozdíl všech bílkovin v mase a bílkovin stromatických. Velíšek a Hajšlová (2009) uvádí, že se obsah bílkovin v hovězím mase pohybuje od 13,1 do 27 %.

Bílkoviny obsažené v hovězím mase jsou vysoce stravitelné a poskytují všechny esenciální aminokyseliny, které lidský organismus nedokáže syntetizovat a musí je přijímat v potravě (Zahrádková et al., 2009).

Sarkoplazmatické bílkoviny jsou především obsaženy v sarkoplasmatu. Při tepelném opracování masa denaturují a podílejí se na zpevnění struktury svaloviny během záhřevu. V technologii masa mají největší význam hemová barviva – myoglobin a hemoglobin, která způsobují červené zbarvení masa a krve (Pipek a Jirotková, 2001).

Myofibrilární bílkoviny představují hlavní podíl bílkovin masa, způsobují svalovou kontrakci, váží největší podíl vody v mase, významně se podílejí na postmortálních změnách masa a rozhodují o vlastnostech masa. Mezi nejvýznamnější myofibrilární bílkoviny patří myosin (45 %) a aktin (22 %). Myosin je složkou tlustých filament a enzymu ATPasy, aktin je složkou tenkých filament. Obě tyto bílkoviny spolu vytváří tzv. aktinomyosinový komplex, který během posmrtných změn významně ovlivňuje vlastnosti masa (tlusté a tenké filamenty se do sebe zasunou) (Ingr, 2003a).

2.3.2.2 Lipidy

Mezi lipidy masa vysoce převažují tuky (triacylglyceroly) s podílem 99 %. Nacházejí se ve formě tuku svalového (intramuskulárního) a depotního (Ingr, 2003a).

Depotní tuk tvoří samostatnou tukovou tkáň, kdežto intramuskulární tuk se vyskytuje mezi jednotlivými svalovými buňkami ve formě žilek a tvoří tzv. mramorování masa, což má velký význam pro chuť a křehkost masa (Pipek a Jirotková, 2001).

Dle Lawrieho a Ledwarda (2006) intramuskulární tuk obsahuje 99 % triacylglycerolů, zbylé 1 %, zahrnuje fosfolipidy a cholesterol. Ve svalové tkáni jsou dále obsaženy komplexní lipidy obsahující cukry – glykolipidy. Hovězí maso obsahuje v rámci skupiny fosfolipidů 62 % lecitinu.

Cholesterol patřící mezi steroidy, je důležitou součástí lipidových dvojvrstev cytoplazmatické membrány živočišných buněk. Obecně lze říci, že vzrůst počtu vláken ve svalu zvyšuje celkový obvod vláken v určitém objemu a tím i obsah cholesterolu. Červená svalová vlákna oproti bílým obsahují více tuku, resp. cholesterolu. (Steinhauser et al., 2000) Libová hovězí svalovina dle Šubrta (2004) obsahuje přibližně 60 mg cholesterolu ve 100 g svalové tkáně, vysoké hodnoty cholesterolu mají játra (370 mg / 100 g) a mozková tkáň (3150 mg / 100 g).

Lawrie a Ledward (2006) uvádí, že obsah cholesterolu v hovězím mase je 59 mg ve 100 g svalové tkáně.

2.3.2.3 Extraktivní látky

Extraktivní látky vznikají zejména v průběhu posmrtných změn. Dělí se na sacharidy, organické fosfáty a dusíkaté extraktivní látky (Steinhauser et al., 2000).

Dle Steinhausera et al. (2000) jsou **sacharidy** v mase zastoupeny především jako glykogen, který ve svalech slouží jako zdroj energie. Během svalové práce se glykogen rozkládá anaerobní glykolýzou za vzniku kyseliny mléčné anebo je aerobně odbouráván v Krebsově cyklu na vodu a oxid uhličitý. Podobným způsobem se glykogen štěpí i během posmrtných změn. Pipek a Jirotková (2001) uvádí, že dle obsahu glykogenu ve svalech v okamžiku porážky dojde k hlubšímu či menšímu okyselení tkáně, což má význam pro údržnost i vaznost masa. U vyčerpaného zvířete s nízkým obsahem glykogenu dochází k malému okyselení a maso je málo údržné. Obsah glykogenu v mase se dle Ingra (2003a) ve svalovině jatečných zvířat pohybuje v rozmezí 0,3–0,9 %. Pösö a Puolanne (2005) zmiňují, že obsah glykogenu v těle jatečného skotu je 60 až 100 mmol.kg⁻¹.

Skupina **organických fosfátů** zahrnuje nukleotidy, nukleové kyseliny a jejich rozkladné produkty (Pipek a Jirotková, 2001). Nejvýznamnějšími jsou dle Ingra (2003a) nukleotidy na bázi adeninu. Steinhauser et al. (2000), Lawrie a Ledward (2006) a Toldrá (2008) tvrdí, že hlavním článkem přenosu energie je adenosintrifosfát (ATP), který se vlivem posmrtných změn postupně přeměňuje na adenosindifosfát (ADP), adenosinmonofosfát (AMP), kyselinu inosinovou, inosin, hypoxanthin, xantin a kyselinu močovou. Tyto meziprodukty odbourávání ATP dle Steinhausera et al. (2000) mají význam pro chutnost masa – především kyselina inosinová, inosin a ribóza. Obsah ATP ve svalovině zjištěný pomocí výpočtu je podle Pösa a Pulanneho (2005) od 0,35 do 2 $\mu\text{mmol.g}^{-1}.\text{s}^{-1}$ a je významně ovlivněn činností svalu.

Dusíkaté extraktivní látky jsou zastoupeny aminokyselinami a peptidy. (Pipek a Jirotková, 2001) Největší význam mají dle Ingra (2003a) volné aminokyseliny (taurin, glutamin, kyselina glutamová, glycin, lysin, alanin), dále peptidy (karnosin, anserin, glutathion), kreatin a biogenní aminy,

kteřé dle Pipka a Jirotkové (2001) vznikají dekarboxylací aminokyselin při rozkladu masa, přičemž se jedná především o kadaverin (vzniká rozkladem lysinu) a putrescin (vzniká rozkladem ornithinu).

2.3.2.4 Vitaminy a minerální látky

Maso je významným zdrojem **vitaminů**, především ze skupiny B. Kromě thiaminu (B₁) a riboflavinu (B₂) jde o vitamin B₁₂ (kobalamin), který je obsažen výhradně v potravinách živočišného původu. Lipofilní vitaminy (A, D, E, K) jsou obsaženy v tukové tkáni a játrech (Kadlec et al., 2009).

Dle Lawrieho a Ledwarda (2006) obsahuje hovězí maso průměrně ve 100 g svalové tkáni 0,07 mg vitaminu B₁, 0,20 mg vitaminu B₂, 2 µg vitaminu B₁₂ a stopové množství vitaminu A a D.

Minerální látky tvoří 1 % hmotnosti masa, přičemž je jich většina ve svalovině přítomna jako ionty. Na svalovinné bílkoviny je vázáno více kationtů, sarkoplazma váže více aniontů, celková reakce masa je kvůli tomuto rozložení spíše v kyselé oblasti (Pipek a Jirotková, 2001).

Dle Steinhauera et al. (2000) je Fe, Ca, Mg vázán na bílkoviny. Anionty (především hydrogenuhličitaný a fosforečnaný) vytvářejí zároveň puřrovací systém svaloviny. Hovězí maso je podle něj významným zdrojem K, Ca, Mg, Fe a Zn.

Dle Lawrieho a Ledwarda (2006) hovězí maso obsahuje ve 100 g svalové tkáni 69 mg sodíku, 334 mg draslíku, 5,4 mg vápníku, 24,5 mg hořčíku, 2,3 mg železa, 276 mg fosforu, 0,1 mg mědi a 4,3 mg zinku.

2.4 Vlastnosti hovězího masa

Stavba masa a jeho chemické složení ovlivňuje jeho technologické a organoleptické vlastnosti masa. Mezi nejvýznamnější tyto vlastnosti patří chuťnost, křehkost, textura, barva a vaznost (Pipek a Jirotková, 2001).

Dle Nolleta et al. (2007) existují čtyři hlavní kategorie vlastností hovězího masa: hygienické, fyzikální, technologické a senzorické vlastnosti. Pro stanovení kvality masa se užívají charakteristiky jako barva, křehkost, vaznost a senzorické

hodnocení. Pro přesnější stanovení křehkosti masa se využívá obsah intramuskulárního tuku, průběh proteolýzy postmortem a obsah pojivové tkáně v mase. Ingr (2003a) člení vlastnosti masa do následujících kategorií: fyzikální vlastnosti, smyslové vlastnosti, výživová hodnota, technologické vlastnosti a kulinární vlastnosti, které utvářejí celkovou jakost masa. Mezi prakticky významné fyzikální vlastnosti masa řadí texturu, vaznost, světlost barvy (odrazivost, remise), elektrické a dielektrické vlastnosti a hodnotu pH.

Jako nejvýznamnější technologické vlastnosti masa zmiňuje Šubrt (2004) barvu masa, vaznost vody, aktivita vody, pH a křehkost.

Technologické ukazatele jsou významnou součástí celkové jakosti masa. Jsou odvozeny od chemického složení masa, od jeho fyzikálních vlastností, od stupně postmortálních změn masa a zahrnují i hlediska senzorická (Říha et al., 2002).

Zahrádková et al. (2009) tvrdí, že mezi zjišťované fyzikální charakteristiky masa patří pH, barva, samovolná ztráta masové šťávy a vaznost.

2.4.1 pH

Hodnota pH masa je veličinou fyzikálně-chemickou, protože se jedná o vyjádření koncentrace vodíkových iontů neboli míry kyselosti nebo zásaditosti prostředí (Ingr, 1996).

Okyselení svalstva postmortem je jedna ze základních změn probíhající v mase. Toto okyselení ovlivňuje barvu masa a vaznost. Měření pH svaloviny může poskytnout informaci o potenciální kvalitě masa, především v situaci, kdy není možné provést detailnější analýzu. Údaje o pH se u hovězího masa nejčastěji získávají 24 hodin po porážce (Warriss, 2000).

Běžná hodnota pH živé kosterní svalové tkáně je mírně nad pH 7,0. Tato hodnota po porážce běžně klesá na hodnotu pH 5,4–5,7 (při hodnotě pH 5,4–5,7 je dle Younga et al. (2005) dosahováno uspokojivé údržnosti hovězího masa ve zchlazeném stavu), přičemž tento pokles závisí na počátečním množství glykogenu ve svalech. Hodnota pH má zásadní vliv na barvu a vaznost, stejně tak i na senzorické vnímání chuti masa, křehkost a míru změn v mase probíhajících postmortem (Kerry a Ledward, 2002).

Jeleníková et al. (2008) tvrdí, že se pH ve svazech skotu pohybuje v rozmezí 5,4–7,2. Dále zmiňuje, že pH ovlivňuje výslednou křehkost masa, která je zvýšená při hodnotách pH 6 až 7, přičemž křehkost masa není v okamžiku porážky závislá na pH, ale je ovlivněna až procesem zrání.

Dle Pipka a Jirotkové (2001) nastávají změny pH masa jak během posmrtných změn, tak i při některých technologických úpravách. Při hodnotě pH 5,0 maso dosahuje minimální vaznosti, neboť je vyrovnán počet kladných a záporných nábojů na molekule bílkoviny (izoelektrický bod). Při vyšší hodnotě pH dojde ke snížení příčné elektrostatické vazby mezi peptidovými řetězci, čím dochází ke zvětšování vzdálenosti mezi těmito řetězci a v prostoru mezi nimi se imobilizuje více vody. Dále zmiňují, že hodnota pH ovlivňuje světlost masa.

Glykolýza, která ve svazech probíhá postmortem snižuje pH svalové tkáně, čímž se tato tkáň stává světlejší a na jejím povrchu je více vody (Abril et al., 2001).

Hodnota pH svalové tkáně může být změřena přímým zasunutím skleněné elektrody do svalu (pokud je to nutné po vytvoření vhodného otvoru pomocí nože), takže oblast sondy citlivá na pH přijde do styku s tkání. Tato metoda je rychlá a poměrně přesná, protože je hodnota pH zjišťována přímo v tkáni. Jako alternativa k přímému měření (obava z kontaminace, nevhodné užití měřící sondy apod.) je odebrání malého vzorku masa, jeho následná homogenizace s vodou a měření pH vzniknuvší homogenizované směsi, přičemž je doporučený poměr 1:10 (1 díl masa a 10 dílů tekutiny). Z důvodu možných nepřesností, které vzniknou při homogenizaci vzorku, se doporučuje použít 0,15 % roztok chloridu draselného (Warris, 2000).

Nollet et al. (2007) doporučuje pro měření pH užití metalické sondy z důvodu vyšší pevnosti a nižší náchylnosti k poškození. Pro správné měření pH je třeba sondu do svalu zasunout do hloubky minimálně 5 cm. Jako další metodu měření pH zmiňuje užití povrchové sondy, které je srovnatelné s měřením provedeným skleněnou sondou.

2.4.2 Vaznost

Vaznost je dle Pipka, Jirotkové (2001) a Kerryho, Ledwarda (2002) schopnost masa vázat vlastní i přidanou vodu. Ovlivňuje ekonomiku výroby,

zejména ztráty vody při výrobě, skladování a tepelném opracování. Vaznost lze ovlivnit jak způsobem zacházení s masem, tak i různými přísadami.

Podle Šubrt (2004) patří vaznost mezi nejvýznamnější vlastnosti masa rozhodující o jeho kvalitě i použitelnosti pro přímý prodej nebo další zpracování. Uvádí, že schopnost masa vázat vodu závisí na četných faktorech: pH, koncentraci solí (iontové síle), průběhu posmrtných změn aj. Maso býků je považováno za maso s lepšími pojivovými vlastnostmi než maso krav.

Voda vázaná v mase tvoří přibližně $\frac{3}{4}$ jeho hmotnosti. V živé svalové tkáni je 10 % vázáno na svalové bílkoviny a dalších 5–10 % se nachází v prostoru mezi jednotlivými svalovými vlákny (Warris, 2000). Nejpevněji je vázána hydratační voda (vázaná elektrostaticky na disociované skupiny a vodíkovými můstky na nedisociované hydrofilní skupiny), další podíly vody jsou imobilizovány mezi jednotlivými strukturálními částmi svaloviny, zbytek je volně pohyblivý v mezibuněčných prostorech (Pipek a Jirotková, 2001).

Dle Pipka a Jirotkové (2001) imobilizovaná voda při naříznutí svalové tkáně nevytéká a k jejímuž uvolnění je potřeba použít zvýšeného tlaku, přičemž samotná imobilizace nastává v síti membrán a filament strukturálních bílkovin. Imobilizace vody je závislá na nábojích v molekule bílkoviny.

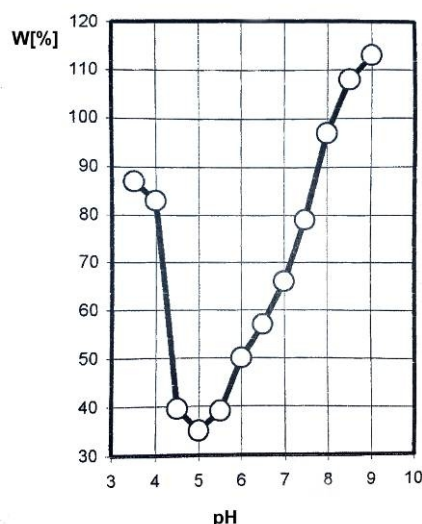
Základní mechanismus vaznosti je založen na účinku pH na uspořádání myofilament. Snížením pH směrem k izoelektrickému bodu svalových bílkovin a snížením elektrostatického odporu mezi myofilamentami, dojde ke zmenšení prostoru mezi jednotlivými svalovými vlákny, čímž dojde k vypuzení části vody, která se v tomto prostoru nachází. Tento jev je vysoce závislý na vlivu vnější teploty, struktury svalové tkáně a uchovávání masa (Kerry a Ledward, 2002).

Faktory ovlivňující vzdálenost myofilament (např. míra a rozsah okyselení svalu postmortem) mají vliv na ztrátu vody odkapem, nižší rozsah okyselení a vysoké pH po porážce vedou k nižším ztrátám vody v mase, zatímco nízká hodnota pH po porážce vede k vyšším ztrátám vody odkapem (Warris, 2000).

Puolanne a Halonen (2010) uvádějí, že existují tři způsoby, kterým maso zadržuje vodu: elektrostatické síly, osmotické síly a kapilární vztlakovost (síla). Postmortem dochází ke změně polarity buněčné membrány, ze které se uvolní

přebytečné ionty do sarkoplazmy, čímž se sarkolema rozruší a začne propouštět vodu. Další vliv na vaznost má také pH a soli. Vliv pH na vaznost je popsán na grafu č. 1.

Graf č. 1 - Vliv pH na vaznost



Zdroj: Pipek a Jirotková, 2001

Nollet et al. (2007) zmiňuje tři metody zjištění vaznosti masa: ztráta vody odkapem syrového masa, ztráta vody uvařeného masa (v celku) a ztráta vody uvařeného masa (rozmělněného). Ztráta vody odkapem syrového masa je založena na stažení myofibril postmortem. K provedení tohoto testu je z jatečně upraveného těla odebrán vzorek svalové tkáně (doporučená velikost je 80 g), který je zvážen a okamžitě umístěn na 24 hodin do nádoby, která bude jímat uvolňující se vodu. Po 24 hodinách je vzorek převážěn a zjistí se hmotností úbytek.

Ztráta vody vařeného masa v celku je založena na denuraci svalových bílkovin během vaření. Jednotlivé čerstvě odebrané vzorky jsou umístěny do polyethylenových sáčků a ponořeny do vodní lázně. Ohřev je zastavován při teplotách 55°C, 65°C, 80°C a 95°C. Tyto teploty odpovídají kuchyňským úpravám rare, medium, well done a propečené v celé vrstvě. Ztráta vody je poté vyjádřena jako hmotností ztráta oproti původní hmotnosti vzorku před zahájením testu.

Ztráta vody rozmělněného masa je založena na schopnosti svalových bílkovin vytvářet různé formy koloidních systémů a gelů. Test se provádí s 10 g vzorku masa, který je vložen do nádoby oválného tvaru, která je následně uzavřena a zahřívána

ve vodní lázni na teplotu 75°C. Po zahřátí jsou vzorky zchlazeny na teplotu 40°C a následně jsou odstředěny po dobu 15 minut, čímž se oddělí tuk a vodní část, která je následně zvážena.

Pipek a Jirotková (2001) zmiňují 4 různé metody pro zjištění vaznosti: ztráty odkapem, lisovací metoda, kapilární volumetrie a ztráty vývarem. Ztráta odkapem zjišťuje množství šťávy uvolněné za podmínek skladování masa. Metoda je citlivá a časově velmi náročná. Lisovací metoda (podle Graua a Hamma, 1953) je založena na měření plochy vzorku a tekutiny, vylisované za definovaných podmínek na podloženém chromatografickém papíru. Kapilární volumetrie je modifikovaná lisovací metoda, podíl volné vody se nasaje do sádrové destičky a měří se objem vzduchu vytlačený kapalinou. Ztráta vývarem určuje množství vody, která se uvolní v důsledku záhřevu masa. Toto množství vody se zjišťuje gravimetricky za definovaných podmínek (obvykle teplota a doba jejího působení). Dle Pipeka a Jirotkové (2001) mezi jednotlivými metodami nejsou přímé matematické vztahy, metody mají uzanční charakter a s naměřeným výsledkem je nutné uvádět i použitou metodu.

2.4.3 Barva

Dle Nolleta et al. (2007) je barva definována jako dopad vln světla (o vlnové délce 390–760 nm) ve viditelném spektru na lidskou sítnici. Barva masa je ovlivněna množstvím vody, které v sobě váže. U hovězího masa dochází ke změnám pigmentů masa oxidací a barva se mění od červené k nahnědlé a šedé. Mezi další faktory ovlivňující barvu patří mikrobiální aktivita, tepelná úprava a účinek chemikálií (solí, kyselin atd.). Kerry a Ledward (2002) jako faktory ovlivňující barvu masa zmiňují způsob uchovávání a balení masa, zacházení s jatečně upraveným tělem a biochemické procesy.

Spotřebitel považuje barvu masa za kvalitativní kritérium. Bledší barva je spojována se šťavnatějším a jemnějším masem, s příznivějšími chuťovými vlastnostmi a příjemnější vůní (Šubrt et al., 2005).

Barva masa souvisí zejména s obsahem hemových barviv (Pipek a Jirotková, 2001) zmiňují i fázi jejich oxidace), především myoglobinu a hemoglobinu. Při vyšším obsahu hemových barviv bývá maso tmavší a červenější.

Obsah hemových barviv a jejich chemické změny ovlivňují výrazně barvu masa – tento obsah se u hovězího masa pohybuje v rozmezí 1700–7500 mg.kg⁻¹ (Šubrt, 2004).

Oxidací či oxygenací myoglobinu vzniká oxymyoglobin (rumělkově červený, železný atom váže molekulu kyslíku), karboxymyoglobin (třešňově červený, železný atom váže molekulu oxidu uhelnatého) a nitroxymyoglobin (růžově červený, železný atom váže molekulu oxidu dusnatého) (Pipek a Jirotková, 2001).

Oxymyoglobin je nejdůležitější chemickou formou myoglobinu v čerstvém mase, protože má světlou červenou barvu nejvíce žádanou spotřebiteli. Svalová tkáň je schopna postmortem přijímat do určité hloubky vzdušný kyslík díky čemuž probíhá oxidace myoglobinu na oxymyoglobin (Lawrie a Ledward, 2006).

Lawrie a Ledward (2006) dále tvrdí, že barva masa záleží na obsahu pigmentu ve svalové tkáni, který je daný obsahem bílkovin myoglobinu a hemoglobinu ve svalové tkáni. Vysoká svalová aktivita evokuje k vyšší tvorbě myoglobinu – z toho důvodu má svalová tkáň býků větší obsah myoglobinu než svalová tkáň krav.

Myoglobin je svalové barvivo, které slouží jako zásobárna kyslíku ve svalech. Od hemoglobinu se liší větší afinitou ke kyslíku. Hemoglobin je krevní barvivo zprostředkávající přenos kyslíku z plic do svalů, přičemž se od myoglobinu liší především čtyřnásobnou molekulární hmotností. Není svalovým barvivem, ale ve svalu se nachází v různé koncentraci dle způsobu vykrvení zvířete a tvoří 10–30 % celkového obsahu hemových barviv ve svalové tkáni (Pipek a Jirotková, 2001).

Myoglobin (s jednou hemovou skupinou) tvoří 80–90 % pigmentů v mase. Hemoglobin (se čtyřmi hemovými skupinami) tvoří 10–20 % pigmentů v řádně vykrveném mase. Účinkem kyslíku oxiduje myoglobin na oxymyoglobin a v další fázi oxidace vzniká metmyoglobin, který vytváří nežádoucí hnědo-červené zbarvení (dojde k oxidaci molekuly železa v hemové skupině). Metmyoglobin se v mase nachází, pokud bylo vystaveno delší dobu dennímu světlu, nachází se v atmosféře s nízkým obsahem kyslíku anebo pokud se jedná o starší maso, ve kterém je již větší obsah bakterií (Vaclavik a Christian, 2008).

Tepelným opracováním masa (bez přítomnosti dusitanů – oxid dusnatý se váže na molekulu železa a zabraňuje oxidaci) dochází k denaturaci globinu, po níž následuje oxidace železa v hemové skupině v důsledku čehož dojde ke změně barvy na hnědou nebo šedohnědou. Barviva tepelně opracovaného masa se nazývají hemichromy (Pipek a Jirotková, 2001).

Dle Warrise (2000) je hodnocení barvy masa nejčastěji vyjadřováno v systému CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), který určuje celkovou barvu pomocí hodnot L^* (100 – bílá, 0 – černá), a^* (vztah mezi červenou a zelenou barvou) a b^* (vztah mezi žlutou a modrou barvou). Pipek (2001) zmiňuje jako nejvýznamnější veličinu světlost (L^*), která závisí na poměru intenzity světla odraženého ku intenzitě světla dopadajícího. Hodnota parametru L^* je určena obsahem hemových barviv, hodnotou pH, hydratačním stavu masa a na řadě další intravitálních a technologických vlivů.

2.4.4 Křehkost a textura masa

Křehkost masa a jeho textura je hodnocena jako nejdůležitější spotřebitelský parametr. Textura, viditelná okem, je rozčlenění svalové tkáně v podélném řezu, kdy jsou viditelné jednotlivé snopce svalových vláken oddělených pojivovou tkání. Hrubost textury stoupá s vyšším věkem zvířete, ale ve svalech, kde jsou menší svalová vlákna, není tento jev tak zjevný jako ve větších svalech. Textura je také ovlivněna tloušťkou perimysia, které tvoří obal svalových snopců (Lawrie a Ledward, 2006).

Textura je definována jako víceparametrová hodnota, která je odvozena od struktury potraviny a vnímána několika smysly. Charakteristika textury je členěna na mechanickou charakteristiku (viskozita, pružnost, přilnavost, tvrdost a soudržnost), geometrickou charakteristiku (velikost částic, tvaru a jejich směrové orientace) a další charakteristiky (např. vlhkost a obsah tuku) (Nollet et al., 2007).

Podle Kadlece et al. (2009) je křehkost masa dána jeho strukturou, stavem a chemickým složením. Dále zmiňuje, že křehkost významně závisí na obsahu pojivové tkáně (obsahu kolagenu a dalších stromatických bílkovin) a intramuskulárního tuku, přičemž maso s vyšším obsahem intramuskulárního tuku bývá křehčí (dle Warrise (2000) z důvodu větší tuhosti svalové tkáně než tukové).

Křehkost masa souvisí s obsahem vazivové tkáně, kdy více namáhané svaly (např. svaly kýty a bérce) mají více vaziva v porovnání se svaly hrudního pletence. Více vazivové tkáně mají býci než jalovice. Vyšší obsah vazivové tkáně bývá spojován s vyšším stupněm vykrmenosti a vyšším obsahem tuku, takže nelze říci, že obsah vazivové tkáně je jediným faktorem ovlivňující křehkost masa (Šubrt, 2004).

Dle Pipka a Jirotkové (2001) závisí křehkost nejen na obsahu pojivové tkáně v mase, ale i na dostatečném uzrání masa, aby došlo k uvolnění posmrtné ztuhlosti. Zráním jsou rovněž rozrušeny stromatické bílkoviny tvořící pojivovou tkáň (např. kolagen).

Texturní vlastnosti masa mají význam hlavně pro jeho sensorické hodnocení a pro jeho technologické zpracování (tvrdost, měkkost, tuhost, křehkost atd.) (Ingr, 1996).

Míra křehkosti může být vztažena k obsahu sarkoplazmatických, myofibrilárních (aktin, myosin) a stromatických (kolagen, elastin, riticulin) bílkovin. Hodnota jejich relativního obsahu ve svalovině závisí především na stupni stažení myofibril a druhu svalu (Lawrie a Ledward, 2006).

Metody hodnocení textury se dle Lawrieho a Ledwarda (2006) člení na fyzikální a chemické. Chemické metody jsou založeny na hodnocení obsahu pojivové tkáně a stupni enzymatické aktivity. Fyzikální metody zahrnují měření síly stříhu, síly k průniku do svalové tkáně, mělnění, stlačování, natahování (měření síly v tahu) svalové tkáně a zkouška simulující skus zuby. Nollet et al. (2007) jako fyzikální metody zmiňuje měření síly stříhu, pnutí a stlačení. Kadlec et al. (2009) zmiňuje dvě možnosti hodnocení křehkosti masa – sensoricky a objektivně jako měření síly stříhu.

Jako nejběžnější test pro hodnocení síly stříhu se používá metoda měření síly stříhu dle Warnera-Bratzlera (WB) (Lorenzen et al., 2010; Warris, 2000). Vzorky (syrové i tepelně upravené) jsou stříhány kolmo k směru svalových vláken, přičemž přibližná tloušťka vzorku je 2,54 cm. Zjišťuje se maximální síla [N nebo kg], která byla naměřena v průběhu stříhání vzorku a celková energie [J] potřebná k jeho přestřížení (Nollet et al., 2007).

Destefanis et al. (2008) třídí hovězí maso dle síly stříhu jako:

- Velmi tuhé (síla stříhu nad 6,26 kg)
- Tuhé (síla stříhu 5,27–6,26 kg)
- Střední (síla stříhu 4,29–5,27 kg)
- Měkké (síla stříhu 3,29–4,29 kg)
- Velmi měkké (síla stříhu pod 3,29 kg)

2.4 Postmortální změny

Maso jatečných zvířat představuje složitý biologický systém, v němž i po porážce probíhá celá řada biochemických procesů, které lze souborně nazvat „zráním masa“ (Zahrádková et al., 2009). Postmortální změny mají dle Velíška a Hajšlové (2009) zásadní vliv na jakost masa.

Procesy probíhající v těle zvířat vedou k tomu, že se nativní svalová tkáň přeměňuje na maso. Průběh postmortálních změn ovlivňuje kvalitu masa, ve svých důsledcích se odráží i v ekonomice masného průmyslu. Vytváří se křehkost a údržnost masa, probíhají děje vytvářející extraktivní složky masa. Dochází však také ke ztrátám masové šťávy a odparu vody. Postmortální procesy probíhají ve čtyřech stádiích: období před rigorem (*prae-rigor*), rigor mortis (posmrtná ztuhlost), zrání masa a hluboká autolýza (Kadlec et al., 2009).

Postmortální procesy jsou ovlivňovány četnými faktory a jsou proto velmi rozmanité z hlediska rychlosti, intenzity a výsledného projevu. Rozhodují o aktuální jakosti masa a jejich kvalifikované posouzení má zásadní význam pro správné rozhodnutí o dalším uchovávání masa nebo o jeho vhodném použití (Ingr, 1996).

2.4.1 *Prae-rigor*

První stadium posmrtných změn před nástupem rigoru mortis je charakterizováno přítomností dostatečného množství ATP, takže aktin a myosin jsou disociované. Obsah ATP se po smrti zvířete udržuje na stejné úrovni, po určitém čas však začne klesat, přičemž tato prodleva souvisí s vytvářením nových molekul ATP a zároveň s mírou odbourávání adenosintrifosfátu ATPázou (Pipek a Jirotková, 2001).

Potřebná energie pro svalovou práci (kontrakci – zajišťují bílkoviny myosin a aktin) se získá štěpením ATP. Pro další následnou svalovou kontrakci je nutné ATP resyntetizovat k čemuž se potřebná energie získává štěpením glykogenu. Jestliže je ve svalech dostatek kyslíku, dochází k aerobnímu štěpení svalového glykogenu na oxid uhličitý a vodu, přičemž z jedné molekuly glykogenu se vytvoří 39 molekul ATP a teplo pro udržení tělesné teploty. Pokud je ve svalové tkáni kyslíku nedostatek, je glykogen odbouráván anaerobně na kyselinu mléčnou. ATP je ve svalové tkáni ve velice nízké koncentraci (dle Takahashiho (2006) 2 mmol/100.g⁻¹ svalové tkáně), nadbytečné množství ATP se váže na kreatin za vzniku kreatinfosfátu (CP) a ADP. Tato reakce je vratná a CP je pohotovou rezervou pro vyrovnání potřebné hladiny ATP při svalové práci (Ingr, 1996).

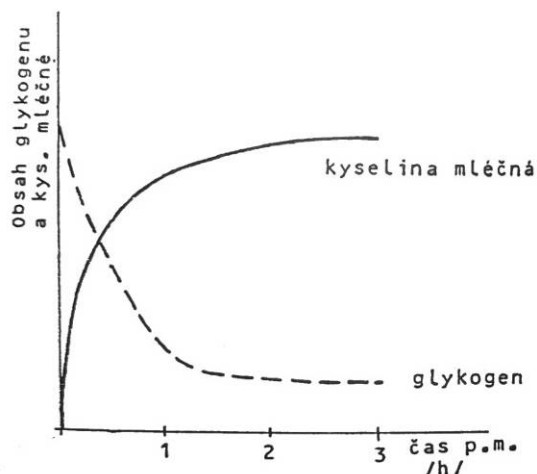
Zdrojem syntézy ATP po smrti zvířete je glykogen uložený v jednotlivých svalových vláknech (Warris, 2000). Vápenaté ionty i po smrti zvířete vyvolávají reakci aktinu s myosinem a hydrolyzu ATP na ADP a organických fosfát (Velíšek a Hajšlová, 2009). Usmrčením zvířete dojde k zastavení krevního oběhu a svaly nejsou zásobovány kyslíkem, glykolýza ovšem pokračuje dál a glykogen je přeměňován na ATP a následnými procesy na kyselinu mléčnou (Vaclavik a Christian, 2008).

Změna pH, vznik anaerobního prostředí a hromadění metabolických produktů (např. oxid uhličitý) mají za následek změnu aktivity jednotlivých nativních enzymů – u některých klesá a postupně zmizí, u některých se aktuálně relativně zvýší a pak také mizí. Postmortální období, ve kterém působí nativní enzymy, se nazývá autolýza (samovolný rozklad) masa. Jedná se o endogenní proces, ve kterém jsou postupně metabolické produkty degradovány na stále jednodušší látky a na konečné produkty rozkladu (voda, oxid uhličitý, amoniak aj.) (Ingr, 2003a, 2003b).

Anaerobní glykogenolýza nastává v plném rozsahu po usmrčení zvířete. Aktivují se enzymy katalyzující glykogenolýzu, vlastním aktivátorem je cyklický adenosintrifosfát (cATP). Glykogen je přeměňován na kyselinu mléčnou a ATP se rozkládá na kyselinu fosforečnou. Se vzrůstající koncentrací obou kyselin nastává inhibice enzymatické glykogenolýzy a dochází ke snižování pH svaloviny. Snižování pH má za následek změny v konformaci bílkovin, které jsou základem změn užitečných vlastností masa (Ingr, 1996).

Obsah glykogenu ve svalové tkáni se tímto způsobem zcela vyčerpá a dosáhne se tak maximálního možného okyselení masa v celém průběhu postmortálních změn. Dosažená nejnižší hodnota pH se označuje jako ultimativní (pH_{ult}), Vaclavik a Christian (2008) zmiňují, že tato hodnota se běžně pohybuje kolem hodnoty pH 5,5. Tento stav lze charakterizovat i jako dosažení úplné degradace glykogenu na kyselinu mléčnou (viz graf č. 2) (Ingr, 1996).

Graf č. 2 - Dynamika obsahu glykogenu a kyseliny mléčné ve svalovině poražených zvířat



Zdroj: Ingr, 1996

Autolytické změny představují komplex enzymových reakcí, které přeměňují nativní svalovinu v maso jako potravinu se všemi důležitými vlastnostmi. Samotný autolytický proces se člení na posmrtné ztuhnutí (rigor mortis), zrání a hlubokou autolýzu (Ingr, 2003b).

Podle Ingra (2003b) *prae-rigor* trvá pouze krátkou dobu po zabití zvířete (přibližně dvě hodiny, dokud teplota svaloviny neklesne pod 27°C) a svalovina si po tuto dobu udržuje velmi dobrou vaznost a měkkou konzistenci. Vysoká vaznost je dle Pipka a Jirotkové (2001) způsobena pH vzdáleným od izoelektrického bodu a přítomností ATP, z masa se voda neuvolňuje a je velmi vhodné pro zpracování na mělněné masné výrobky. Zároveň zmiňují, že je podstatné že nenastal rigor mortis.

2.4.2 Rigor mortis

Poklesem koncentrace ATP (na 20 % původní hladiny, dle Warrise (2000) je tato koncentrace 5 mmol v kg svalové tkáně) vznikne ireversibilní spojení aktinu a myosinu (tzv. aktinomyosinový komplex), resp. tenkých a tlustých filament, čímž nastane posmrtná ztuhlost – rigor mortis (Pipek a Jirotková, 2001; Vaclavik a Christian, 2008).

Ztuhnutí svalové tkáně závisí na obsahu aktinomyosinového komplexu, který fakticky závisí na přesahu tenkých a tlustých filament. Čím je tento přesah větší, tím pevnější je vazba, kterou aktinomyosinový komplex vytvoří (Vaclavik a Christian, 2008).

Obr. č. 4 - Stažené (b) a uvolněné (a) filamenty svalové tkáně



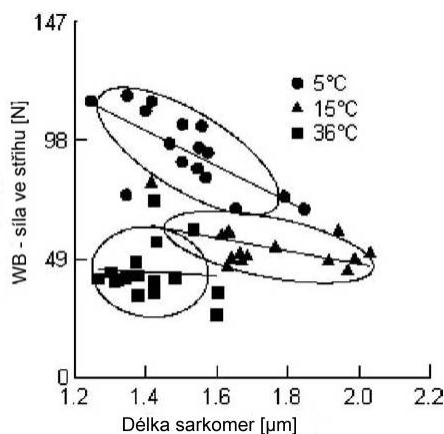
Zdroj: Vaclavik a Christian, 2008

Doba, po kterou posmrtné ztuhnutí u hovězího masa přetrvává, se pohybuje dle Ingra (1996, 2003a, 2003b) mezi 24 a 48 hodinami (Warris (2000) uvádí 24 hodin) v závislosti na teplotě. Dle Steinhausera et al. (1995) nástup rigoru mortis pro hovězí maso začíná 3–6 hodin po porážce. Warris (2000) zmiňuje, že nástup rigoru mortis je ovlivně mimo jiné i předporážkovým zacházením se zvířetem, kdy energeticky náročné pohyby anebo dlouhodobý stres vyčerpají zásoby glykogenu ve svalovech a rigor mortis tak nastane rychleji. Míra posmrtné ztuhlosti může být částečně snížena rychlým zchlazením, zároveň dodává, že není podstatná hodnota pH, ale obsah degradovatelného ATP.

Dle Steinhausera et al. (1995) závisí nástup rigoru mortis na teplotě. Hang et al. (2004) zmiňuje, že rychlé zchlazení má vliv i na pokles hodnoty pH, pro dosažení hodnoty pH 6,2 při teplotě 5°C je potřeba 8 hodin, zatímco při teplotě 15°C 7,4 hodiny. Dále tvrdí, že teplota ovlivňuje svalové zkrácení, čímž je ovlivněna

křehkost masa – uvádí pro sílu stříhu hodnotu 9,3 kg při teplotě 5°C, pro teplotu 15°C 7,59 kg. Zmiňuje, že tuhost chladem zkráceného masa je způsobena změnou délky jednotlivých sarkomer – tedy mírou tvorby aktinomyosinového komplexu.

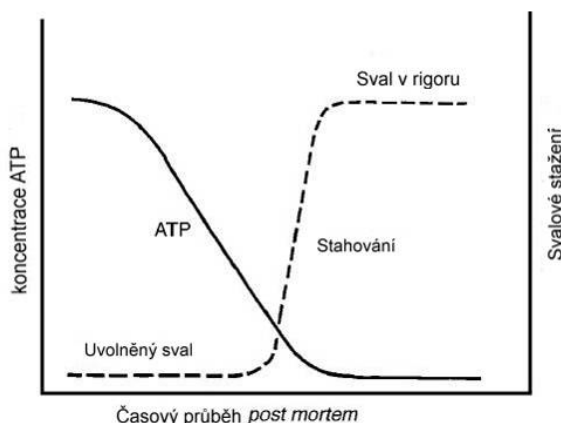
Graf č. 3 - Vliv délky sarkomer na sílu stříhu při různé teplotě



Zdroj: Hwang et al., 2004

Kadlec et al. (2009) a Kerry, Ledward (2002) zmiňují, že v důsledku okyselení svalové tkáně na pH_{ult} dochází i ke snížení vaznosti následkem čehož dochází ke snížení množství vázané vody v mase (jako následek stažení filament k sobě, čímž se zmenší prostor pro imobilizaci vody (Ingr, 1996)). Warris (2000) dále tvrdí, že pokud je dosaženo izoelektrického bodu zvýší se rozptýlenost světelných paprsků, které se od masa odrážejí, a to pak má bledší barvu.

Graf č. 4 - Vztah mezi ATP a začátkem rigoru mortis



Zdroj: Warris, 2000

Podle Pipka a Jirotkové (2001) snížení vaznosti není následek pouhého dosažení pH_{ult} , ale větší vliv má svalová kontrakce a odbourání ATP. V této fázi postmortálních změn masa je vaznosti nejnižší.

Dle Ingra (1996, 2003b), Pipka a Jirotkové (2001) je maso ve stadiu rigor mortis nevhodné k jakémukoli využití z důvodu nedostatečných sensorických, technologických a kulinárních vlastností. Steinhauser et al. (1995) zmiňuje, že při tepelném zpracování masa ve fázi rigor mortis dochází k uvolňování velkého množství masné šťávy, následně tepelně upravené maso nemá typickou křehkost a šťavnatost.

2.4.3 Zrání masa

Zráním masa se rozumí stav, kdy je maso udržováno při teplotě lehce nad bodem mrazu a zároveň dochází ke zvýšení křehkosti a ostatních chuťových vjemů (flavour) (Lawrie a Ledward, 2006). Zrání je hlavním procesem autolytických reakcí (Ingr, 2003b), dochází k uvolnění ztuhlosti svalu, zlepšuje se vaznost, mírně roste pH a výrazně se zlepšují organoleptické vlastnosti (Pipek a Jirotková, 2001).

Dle Zahradkové et al. (2009) je ideální teplota pro zrání hovězího masa 1–4°C bez přístupu kyslíku, aby se zamezilo nežádoucím oxidačním procesům v mase.

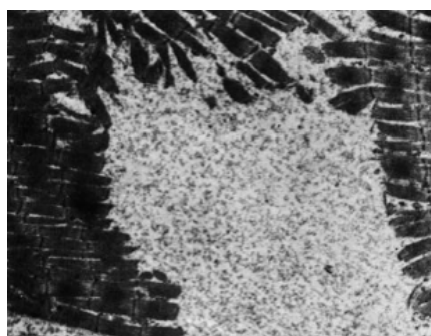
Dle Šubrt (2004) zrání ovlivňuje celkovou jakostní charakteristiku hovězího masa. Zmiňuje, že se zrání podílí na pozitivních změnách křehkosti a šťavnatosti hovězího masa a zároveň dochází k uvolňování řady extrakčních látek zvýrazňující chuťové vlastnosti a aroma masa, což tvrdí i Ingr (1996). Šubrt (2004) dále uvádí, že zrání má pozitivní vliv i na změnu barvy – především její zlepšením vlivem snížení obsahu svalových pigmentů a snížení ztrát hmotnosti masa a jeho šťavnatosti úbytkem volné vody. Negativní vliv zrání spočívá v částečném úbytku plazmatických bílkovin.

Zrání masa se dle Steinhausera et al. (1995) dotýká především myofibrilárních bílkovin, jejichž fragmentaci katalyzují nativní proteolytické enzymy a následně i mikrobiální procesy. Aktinomyosinový komplex se disociuje na výchozí bílkoviny – aktin a myosin (Ingr, 2003b). Tento proces je způsoben nahromaděnými

anorganickými fosfáty (vzniklé štěpením ATP), současně dochází ke štěpení kolagenu (Pipek a Jirotková, 2001).

Udržení struktury myosinu, aktinu a ostatních svalových bílkovin je podmíněno dostatkem ATP ve svalové tkáni, protože po smrti zvířete, se další ATP nevytváří a následně dochází k pozvolné denaturaci bílkovin (Lawrie a Ledward, 2006). Degradace bílkovin a rozrušení aktinomysinového komplexu probíhá dle Kerryho a Ledwarda (2002) ve spojení izotropních a anizotropních úseků v místě tzv. Z-linie – viz obr. č. 5. Hlavní změny v křehkosti masa se projevují mezi 7. a 14. dnem zrání, ale denaturace bílkovin pokračuje s nižší mírou intenzity i při dalším skladování (Kerry a Ledward, 2002).

Obr. č. 5 - Snímek roztržených myofibril (zvětšeno 5000x), každé vlákno se přetrhlo v Z-linii



Zdroj: Lawrie, Ledward, 2006

Warris (2000) doporučuje délku zrání pro hovězí maso 10–21 dní, přičemž po 10 dnech zrání hovězí maso dosahuje 80 % maximální křehkosti. Pipek (1996) jako optimální dobu zrání hovězího masa v chladírenských podmínkách zmiňuje 10–14 dní. Změny v křehkosti masa jsou dle Warrise (2000) rozčleněny do dvou fází: první jsou změny myofibrilárních bílkovin, druhá fáze je oslabení struktury pojivových tkání uvnitř svalu. Lawrie a Ledward (2006) i Warris (2000) zmiňují, že hlavní vliv na zvýšení křehkosti v průběhu zrání mají změny myofibrilárních bílkovin společně s částečnými změnami stromatických bílkovin – konkrétně kolagenu, které se projevují po delších dobách zrání.

Warris (2000) dodává, že aktin i myosin zůstává ve vytvořeném aktinomysinovém komplexu, svalová tkáň tedy zráním nezískává zpět schopnost prodlužování se a zkracování se. Zvýšení křehkosti je způsobeno rozpadnutím filament, čímž dojde k narušení původní struktury myofibrilárních bílkovin.

Proteolýzu bílkovin svalové tkáně nejvíce ovlivňují cysteinové proteázy – calpainy, které ovlivňují i výslednou křehkost masa. Faktory ovlivňující jejich aktivitu jsou oxidace, denaturace bílkovin a aktivita calpastatinu (antagonistického enzymu). Calpainy přímo působí na rozrušení aktinomyosinového komplexu, čímž dochází k přerušení myofibril – nachází se především v oblasti Z-linie (viz obr. č. 5) (Ilian et al., 2004; Anderson et al., 2012; Warris, 2000).

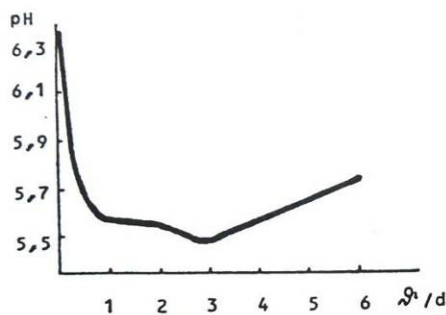
Calpainy jsou aktivovány ionty vápníku (Ca^{2+}) a nejvyšší aktivity dosahují při neutrálním či mírně zásaditém pH. Jejich aktivita dále roste při vyšší teplotě (Warris, 2000).

2.4.3.1 Vliv zrání masa na pH

Hodnota pH se vlivem zrání zvyšuje jednak v důsledku vytěkání oxidu uhličitého (aerobní glykolýza), odbouráním kyseliny mléčné (při počátečním obsahu 10 mg glykogenu v 1 g svalu vznikne dle Říhy et al. (2002) přibližně 11 mg / g kyseliny mléčné). pH ovšem nedosahuje původní hodnoty (pokud nedojde k hnilobě) (Pipek, Jirotková, 2001).

Postmortální průběh změn hodnot pH je znázorněn na grafu č. 5.

Graf č. 5 - Vyjádření dynamiky pH hovězího masa během prvních šesti dnů zrání



Zdroj: Ingr, 1996

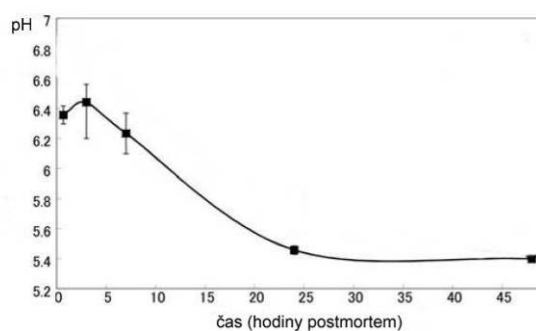
Dle Jeleníkové et al. (2008) změna pH ovlivňuje i délku sarkomer, při poklesu pH_{ult} pod 6,2 dochází k prodlužování jejich délky. Vliv pH na křehkost masa (sílu stříhu) je nejvyšší při hodnotě pH 6,07 a vyšší hodnoty pH_{ult} způsobují vyšší změny křehkosti během zrání (maso s vyšším pH prochází celým procesem rychleji). Dále uvádí, že minimální křehkosti hovězí svíčkové je dosahováno při pH 5,8–6,1, zatímco při hodnotě pH 5,7–6,8 je pozitivně ovlivněna síla stříhu (její pokles) a vaznost (její zvýšení).

Vysoká hodnota pH_{ult} jako následek vyčerpání zásob glykogenu při předporážkovém zacházení významně ovlivňuje celkovou kvalitu masa. Přestože je maso s vysokým pH křehčí, barva masa je tmavá, je více náchylné k bakteriálnímu znehodnocení a má sníženou chuť (Silva et al., 1999)

Silva et al. (1999) zmiňuje, že zráním hovězího masa po dobu 1, 6 a 13 dnů je prokázán nárůst hodnot pH z pH_{ult} 5,5 na 6,7. Zhang et al. (2005) jako normální hodnotu pH zmiňuje 5,4–5,8, jako vyšší pH 5,8–6,2 a jako vysoké pH nad 6,2.

Pokles pH dle Neatha et al. (2007) u hovězího masa probíhá z hodnot pH 6,4 (40 minut po porážce) na pH_{ult} 5,4 (po 24 hodinách). Zmiňuje, že rychlost poklesu pH nezávisí pouze na obsahu glykogenu ve svalové tkáni, ale i na druhu svalových vláken – červená svalová vlákna dosahují nižší míry glykolýzy. Šubrt et al. (2005) jako optimální hodnotu pH u vyzrálého masa zmiňuje rozmezí 5,4–5,8.

Graf č. 6 - Pokles pH u hovězího masa



Zdroj: Neath et al. 2007

V důsledku změn hodnot pH dochází ke změnám vaznosti a hodnoty L^* , přičemž vaznost společně s růstem pH lineárně stoupá, zatímco hodnota L^* s růstem pH klesá (Voříšková et al., 2010).

Huidobro et al. (2003) zmiňuje pokles pH během zrání z hodnot pH 6,47 45 minut po porážce na hodnotu pH 5,53–5,55, která se v tomto rozmezí pohybovala v časovém rozmezí 24 a 48 hodin po porážce a dále 3 a 6 dní po porážce.

2.4.3.2 Vliv zrání na vaznost

Vaznost se během zrání rovněž zvyšuje, a to jak v souvislosti se zvyšováním pH, tak především z fyzikálních důvodů – uvolňováním rigoru mortis.

Vaznost v průběhu zrání nedosahuje své původní hodnoty, kterou měla ve fázi před rigorem (Pipek, Jirotková, 2001).

Podle Huidobra et al. (2003) vaznost poklesne okamžikem porážky, v průběhu zrání zůstává konstantní, což je způsobeno především závislostí vaznosti na pH, což zmiňuje i Voříšková et al. (2010), přičemž čím je hodnota pH vyšší, tím je vyšší i hodnota vaznosti.

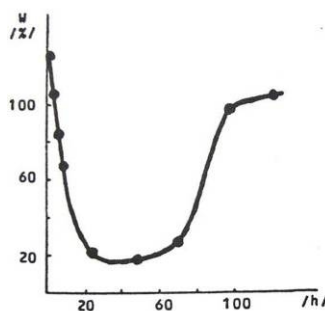
Huidobro et al. (2003) zmiňuje, že vaznost přidané vody jeden den po porážce dosahuje 18,82 %, tři dny po porážce 19,28 % a šest dní po porážce 20,04 %.

Lawrie a Ledward (2006) tvrdí, že i přes zlepšení vaznosti během zrání vlivem rekonfigurace struktury svalových bílkovin je ztráta masové šťávy v důsledku nižší vaznosti po poklesu pH po porážce vyšší – tudíž z masa je vyloučena část vody, která se do něj již nevrátí.

Zvýšení vaznosti po odeznění rigoru mortis je dle Puolanneho a Halonena (2010) způsobeno rozpadem aktinomyosinového komplexu, čímž mezi jednotlivými svalovými vlákny vznikne prostor, ve kterém před nástupem rigoru mortis voda byla.

Změny vaznosti v průběhu zrání popisuje graf č. 7.

Graf č. 7 - Změny vaznosti hovězího masa v postmortálním období



Zdroj: Ingr, 1996

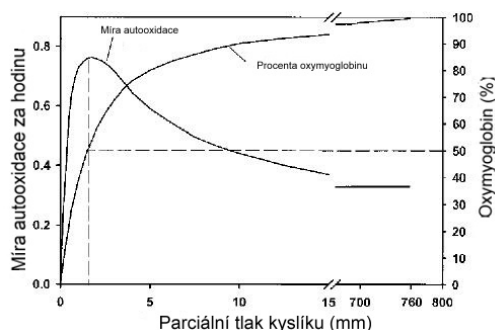
2.4.3.3 Vliv zrání na barvu

Změna barvy je ovlivněna jak předporážkovým zacházením se zvířetem, tak oxidačními a oxygenačními procesy v průběhu zrání. Hodnota pH změnu barvy ovlivňuje nepřímo, přímo ji ovlivňuje obsah myoglobinu resp. fyzikálně-chemický stav tohoto barviva (Abril et al., 2001).

Ztráta barvy masa resp. její změny je dle Beriaina et al. (2009) způsobena především působením vnější atmosféry na povrch masa, protože dochází k oxidaci myoglobinu a růstu koncentrace metmyoglobinu, což je ovlivněno i hodnotu pH, mikrobiální aktivitou a způsobem uchovávání (vakuum). Obsah myoglobinu a jeho forem oxymyoglobinu a metmyoglobinu po porážce ovlivňuje změnu barvy masa v průběhu zrání. Zjistili, že v časovém úseku 24 hodin – 3 dny po porážce dochází k poklesu hodnoty L^* z 38,4 na 37,3, zatímco mezi 3 a 14 dnem po porážce hodnota parametru L^* stoupá ze 37,3 na 38,7. Hodnoty parametrů a^* a b^* konstantně stoupají z hodnoty 14,8 (a^*) a 10,2 (b^*) na hodnoty 17,4 (a^*) a 11,7 (b^*).

Podle Huie et al. (2001) dochází k oxidaci myoglobinu na oxymyoglobin v rámci vteřin (přeměna z fialově-červené barvy na světle červenou), zatímco posmrtná přeměna oxymyoglobinu na metmyoglobin (přeměna ze světle červené barvy na hnědou) trvá v řádu hodin. Přítomnost metmyoglobinu je nežádoucí z důvodu změny barvy masa, která již není pro spotřebitele tolik atraktivní. Zmiňuje, že míra této přeměny je dána především parciálním tlakem kyslíku a čím je tato hodnota vyšší, tím vyšší je rychlost přeměny – viz graf č. 8.

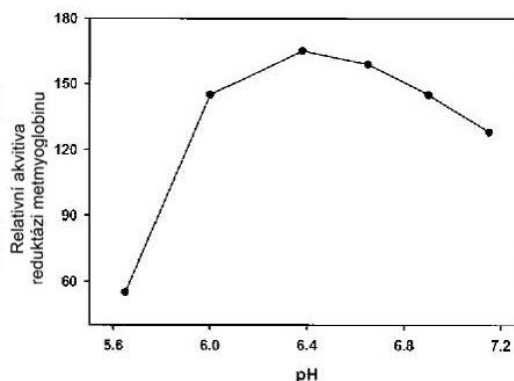
Graf č. 8 - Vliv parciálního tlaku kyslíku na míru autooxidace oxymyoglobinu



Zdroj: Hui et al., 2001

Hui et al. (2001) dále uvádí, že nejvyšší přeměna oxymyoglobinu na metmyoglobin je dosahována při hodnotě pH 5,5. Rychlost autooxidace oxymyoglobinu stoupá s teplotou. Redukce metmyoglobinu probíhá enzymatickou reakcí na povrchu mitochondrií ve svalových buňkách, přičemž tento děj probíhá i post mortem (viz graf č. 9).

Graf č. 9 - Vliv na redukci metmyoglobinu



Zdroj: Hui et al., 2001

Podle Huidobra et al. (2003) v průběhu zrání nelze určit jednoznačný trend variantnosti pro parametry L^* , a^* , b^* . Vliv pH na změnu světlosti (L^*) je dle nich vysoký ($r = -0,78$, $P \leq 0,01$), ovšem změny parametru L^* v průběhu 1–3 dnů po porážce nebyly statisticky průkazné. Pokles parametrů a^* a b^* zaznamenali jak po třech, tak po šesti dnech zrání. Dosahované hodnoty parametru L^* jeden den po porážce byly 36,97, tři dny po porážce 35,67 a šest dní po porážce 36,42. Změny v parametru a^* nebyly statisticky průkazné mezi třetím a šestým dnem po porážce, během šesti dnů po porážce došlo k poklesu z hodnoty 18,40 (jeden den po porážce) na 17,3 (šest dní po porážce), průkazná změna byla zjištěna mezi prvním a třetím (a^* 17,40) dnem po porážce. Ke změnám v parametru b^* uvádějí, že mezi prvním (b^* 6,34) a šestým dnem (b^* 6,13) nebyla zjištěná statisticky významná odlišnost.

Goñi et al. (2007) zjistil, že hodnoty L^* a^* b^* hovězího masa dosahují hodnot $L^* = 44,76$, $a^* = 11,37$ a $b^* = 8,03$ – 24 hodin post mortem. Zmiňuje, že dle barvy (L^* , a^* , b^*) nelze kvůli nízké vzájemné závislosti texturu hovězího masa předvídat.

Hodnoty L^* dle Yue et al. (2008) mezi 1 a 2 dnem po porážce klesají z hodnoty 33,56 na 32,15, zatímco 6 den je zaznamenán vzestup na 32,73. Hodnoty a^* a b^* se zvyšují z 17,5 na 18,2 (a^*) a 6,34 na 6,55 (b^*). Dle Fiemse et al. (2000) dosahují hodnoty L^* 24 hodin postmortem 38,6–41,1.

2.4.3.4 Vliv zrání na křehkost

Dle Iliana et al. (2004) ovlivňují změnu křehkost zásadním způsobem proteolytické enzymy ze skupiny calpainů, které rozrušují myofibrily v místě Z-linie, čímž dojde k rozrušení vzniknutého aktinomyosinového komplexu a maso zkřehne.

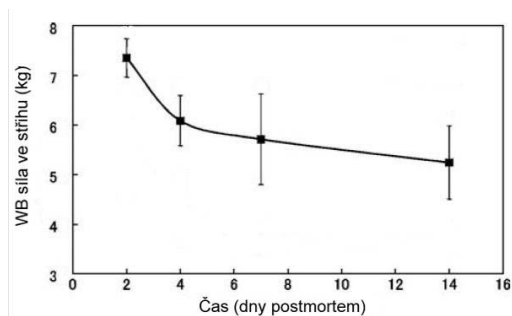
Jeleníková et al. (2008) zjistila, že hodnota síly stříhu v mase býků (při skupinovém ustájení) dosahuje průměrné hodnoty 5,25 kg. Bratcher et al. (2005) oproti tomu uvádí, že hodnota síly stříhu po 7 dnech zrání dosahuje hodnoty 4,3 kg a po 14 dnech zrání 3,92 kg. Dle Voříškové et al. (2010) dochází k výraznému zvýšení křehkosti (snížení síly stříhu) mezi 1. a 14. dnem zrání – pro tepelně upravené vzorky zmiňuje hodnoty 25,5 kg (jeden den postmortem) a 14,65-16,27 kg (čtrnáct dní postmortem).

Hannula a Puolanne určili, že by se pH hovězího masa mělo pohybovat kolem hodnoty 5,7 při dosažení teploty 7 °C, aby bylo dosaženo optimálních texturních vlastností, přičemž zmiňují, že při teplotě 10°C se síla stříhu pohybovala v rozmezí 10,8 až 15,5 kg a po 21 dnech zrání došlo k poklesu o 18% na hodnoty v rozpětí 8,84 kg až 12,71 kg. Fiems et al. (2000) udává hodnoty síly stříhu 24 hodin postmortem v rozmezí 4,17–4,76 kg, zároveň dodává, že mezi silou stříhu a obsahem intramuskulárního tuku existuje pouze velmi malá závislost.

Silva et al. (1999) uvádí hodnoty síly stříhu pro normální maso 15,2 kg 1 den postmortem, 11,6 kg 3 dny postmortem a 12,3 kg 13 dní postmortem. Pro maso s vadou DFD – tmavé, tuhé, suché hodnoty síly stříhu 9,5 kg jeden den postmortem, 5,9 kg tři dny postmortem a 6,0 kg třináct dní postmortem. Dále zjistil, že hodnota síly stříhu roste lineárně s poklesem pH_{ult} .

Neath et al. (2007) tvrdí, že při dosažení pH_{ult} 5,54 jsou hodnoty síly stříhu 2 dny postmortem 7,5 kg, 7 dní postmortem 5,8 kg a po 14 dnech zrání 5,4 kg. Pokles síly stříhu v průběhu zrání je znázorněn na grafu č. 10.

Graf č. 10 - Hodnoty síly stříhu v průběhu 14 denního zrání

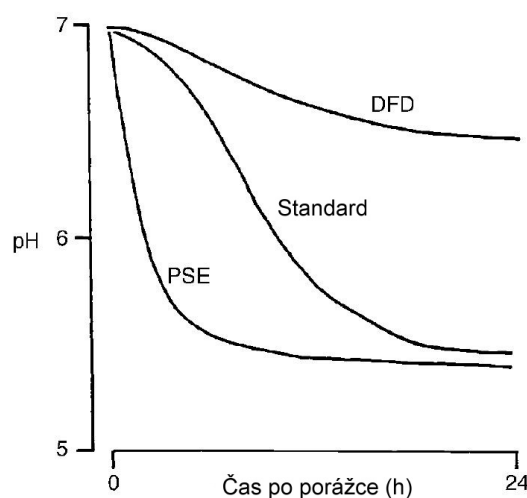


Zdroj: Neath et al., 2007

2.4.4 Abnormální průběh postmortálních změn

Za určitých okolností existují rozdíly v průběhu posmrtných procesů oproti normálnímu masu, především v průběhu hodnoty pH, což má následek pro další vlastnosti masa. Vznik těchto abnormálních odchylek je způsoben různým genetickým základem jatečných zvířat, způsobem zacházení se zvířaty před porážkou, ale i způsobem jatečního opracování (Pipek, Jirotková, 2001). Pokles hodnot pH je znázorněn na grafu č. 11.

Graf č. 11 - Průběh poklesu pH a výskyt abnormálních průběhů zrání



Zdroj: Warris, 2000

Jakostní odchylka PSE (pale, soft, exudative – maso světlé, měkké a vodnaté) se vyskytuje především u vepřového masa a je způsobena nízkou hodnotou pH (kolem 5,6) po porážce, která se nemění v průběhu 24 hodin po porážce. Důvod je rychlejší glykogenolýza a tím pádem vyšší tvorba kyseliny mléčné. Kvůli nižší hodnotě pH dochází k denaturaci bílkovin, maso má světlejší barvu a klesá jeho schopnost vázat vodu (Velíšek a Hajšlová, 2009). Dle Ingra (2003) se mohou u hovězího masa objevit podobné vlastnosti připomínající odchylku PSE, a to především u plemen skotu šlechtěných na mimořádně vysokou zmasilost, konkrétně u plemen belgické modré.

Odchylka DFD resp. DCB (dark, firm, dry – tmavé, tuhé, suché; dark cutting beef – hovězí maso tmavé v řezu) se vyskytuje převážně u hovězího masa. Tato vada se vyznačuje velice pomalým poklesem pH v důsledku čehož má maso vysokou vaznost čímž maso působí velice suchým dojmem. Vysoká hodnota pH (pro DFD

maso určuje Ingr (1996) hodnotu nad pH 6,2) má za následek nedostatečný průběh zrání, maso je pak tuhé a nemá dostatečně výraznou chuť a aroma (Velíšek a Hajšlová, 2009; Pipek a Jirotková, 2001).

Pokles hodnoty pH závisí na obsahu glykogenu ve svalové tkáni, vyčerpáním zvířete před porážkou dojde ke snížení jeho obsahu, čímž se nevytvoří dostatečné množství kyseliny mléčné postmortem a maso je pak méně údržné a náchylnější k bakteriální nákaze (Warris, 2000).

Určení abnormality DFD lze dle Kerryho a Ledwarda (2002) poměrně dobře interpretovat pomocí hodnoty L^* , zároveň dodává, že vada DFD se u hovězího masa vyskytuje při hodnotě pH nad 6,2. Warris (2000) jako hraniční hodnotu pro vadu DFD u hovězího masa zmiňuje pH 6,2 (stejnou hodnotu uvádí i Steinhauser et al., 1995).

Výskyt DFD je dle Steinhausera et al. (1995) možné snížit organizačními zásahy – především udržováním stabilních skupin zvířat až do porážky, která by se měla odehrát do 24 hodin po přepravě na jatky. Tvrdí, že k obnově energetických složek ve svalech lze užít sacharidové roztoky.

Na obr. č. 6 je znázorněna odlišnost masa s vadou DFD (vlevo) a normálního masa (vpravo). Maso s vadou DFD v tomto případě dosahovalo hodnoty pH 6,4; normální maso pH 5,79.

Obr. č. 6 - Porovnání DFD a normálního hovězího masa



Zdroj: autor

3. Cíl práce

Dostupné kvalitní potraviny, resp. kvalita masa jako hlavní bílkovinné složky lidské stravy jsou jedním ze základních požadavků spotřebitele. Z tohoto důvodu bylo hlavním cílem této práce vyhodnotit, jakým způsobem a v jaké míře dochází ke změně kvalitativních parametrů hovězího masa v průběhu zrání.

Toto vyhodnocení bylo založeno na analýze vybraných faktorů, které ovlivňují kvalitu hovězího masa.

Pro práci byly stanoveny následující dílčí cíle:

- vyhodnotit vliv zrání masa po stanovenou dobu na vybrané fyzikální ukazatele (pH, vaznost přidané vody, barvu a sílu stříhu)
- posoudit vztahy mezi vybranými kvalitativními fyzikálními ukazateli
- určit vztahy mezi sledovanými ukazateli pomocí statistických analýz

4. Materiál a metodika

4.1 Materiál

Pro vyhodnocení kvality masa (sledované vybrané fyzikální ukazatele byly pH, barva, vaznost a textura – síla stříhu) bylo použito 258 vzorků ze 129 býků českého strakatého skotu (C), přičemž 33 býků bylo poraženo v roce 2009, 30 býků bylo poraženo v roce 2010 a 66 býků v roce 2011. Zařazení býků do plemenných skupin (dle Kvapilíka et al., 2011), je znázorněno v tab. č. 3.

Tab. č. 3 - Zařazení sledovaného souboru býků do plemenných skupin

Plemenná skupina	ks	%
C 88 % a více	58	44,96 %
z toho C100	58	44,96 %
C 75–87 %	55	39,53 %
C 51–74 %	16	9,30 %
CELKEM	129	100,00 %

Skupinu tvořili potomci testovaných býků ze SKVS Želeč (REPROGEN a.s., Planá nad Lužnicí) a SKVS Rapotín (REPROGEN a.s.).

Odchov a výkrm býčků začíná v 1. měsíci věku.

1. V období mléčné výživy (od zástavu do 60 dnů věku) byla zvířata individuálně ustájena. Krmná dávka byla složena z mléčné krmné směsi (9 l / ks / den⁻¹) a sena, které bylo dostupné ad libitum. Při přechodu na rostlinnou výživu se zkrmovala směs pro časný odstav telat.
2. Předvýkrm (od 60 do 150 dnů věku) – zvířata byla ustájena skupinově, ve stlaných kotcích, po 14 kusech. Krmná dávka byla složena z kukuřičné siláže, jetelotravní senáže, sena a jadrné krmné směsi (průměrná dávka 3,5 kg / ks / den).
3. Vlastní výkrm (od 150 do 530 dnů věku) probíhal při shodném skupinovém ustájení jako předvýkrm, složení skupin se neměnilo. Krmná dávka byla složená shodně pro předvýkrm a výkrm. Pro výkrm byla stanovena na denní přírůstek 1300 g.

Porážka jatečných zvířat byla provedena na dvou jatkách ZŘUD – Masokombinát Písek a Masokombinát Polička, Polička. Průměrný věk zvířat při porážce dosahoval cca 529,74 dne, průměrná porážková hmotnost byla 541,63 kg. Průměrný netto přírůstek činil 574,41 g / ks / den (viz tab. č. 4).

Po porážce byla jatečně upravená těla zatříděna dle ČSN 46 6120 „Jatečný skot“ pomocí metodiky SEUROP do jakostních tříd za zmasilost a protučnělost. Průměrné zatřídění v rámci metodiky SEUROP odpovídá zařazení pod písmeno R, průměrná třída protučnělosti 2. Hmotnost jatečně upraveného těla (HJUT) byla průměrně 304,29 kg. Pro lepší srozumitelnost jsou hodnoty zobrazeny v tabulce č. 4.

Po vychlazení jatečných půlek (24 hodin po porážce) byly pravé půlky mezi 8. a 9. hrudním obratlem rozčtvrceny, zváženy a následně byla provedena jejich disekce dle normy masného průmyslu a stanoveny hmotnostní podíly masa, kostí a oddělitelného tuku. Výsekové maso bylo rozděleno do 2 tříd jakosti – 1. třída jakosti: kýta, plec, roštěnec a svičková, 2. třída jakosti: klišky, ořezy, maso z krku, boku, žeber a podplečí.

Tab. č. 4 - Jatečné ukazatele sledovaného souboru býků

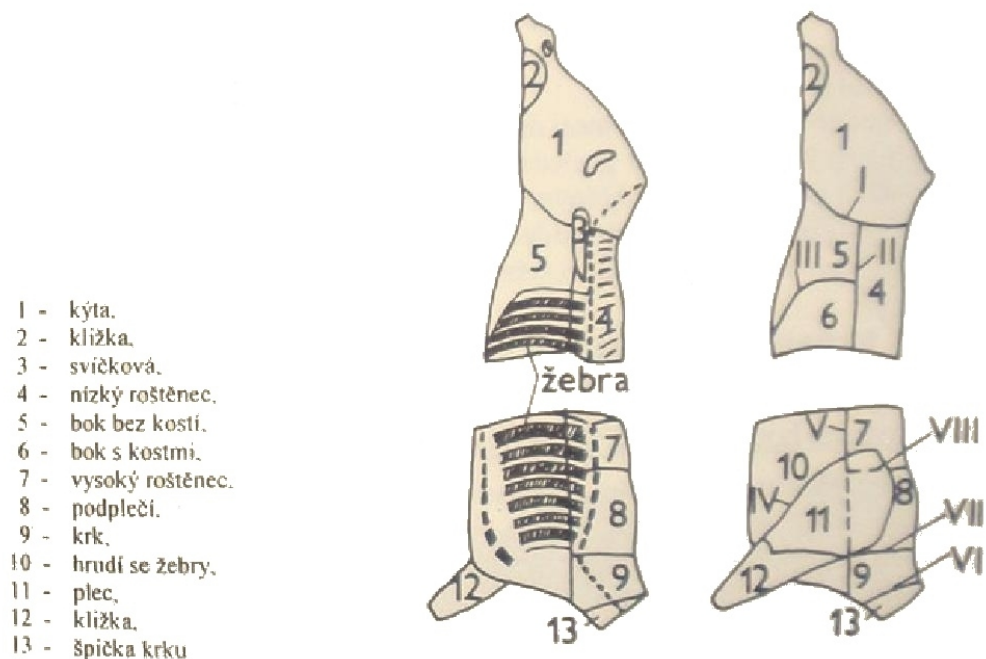
	n	Porážkový věk [dny]	Porážková hmotnost [kg]	Netto přírůstek [g / den]	HJUT [kg]	Zmasilost*	Protučnělost
\bar{x}	129	529,74	541,63	574,41	304,29	4,21	2,05
s_x	129	4,07	66,50	70,35	37,36	0,43	0,31
min	129	520,00	412,07	437,48	231,48	3,00	1,00
max	129	544,00	831,00	880,89	466,87	5,00	3,00

*zmasilost představuje kód metodiky SEUROP (S=1 E=2, U=3, R=4, O=5, P=6)

4.1.1 Popis JUT

Jednotlivé části jatečně upraveného těla a dělení do čtvrtí (mezi 8. a 9. hrudním obratlem) je popsáno na obr. č. 7. Číslice I–VIII značí základní dělicí řezy pro dělení hovězích čtvrtí na jednotlivé technologické celky.

Obr. č. 7 - Popis hovězího JUT a čtvrtí



Zdroj: Steinhauser et al., 1995

Analyzován byl sval roštěnce – *musculus longissimus lumborum et thoracis*, který je znázorněný na obr. č. 8. Jeho umístění v JUT znázorňuje obr. č. 9 – řez mezi 8. a 9. hrudním obratlem a č. 10 – umístění v zadní čtvrti (červená oblast).

Obr. č. 8 - Roštěnec



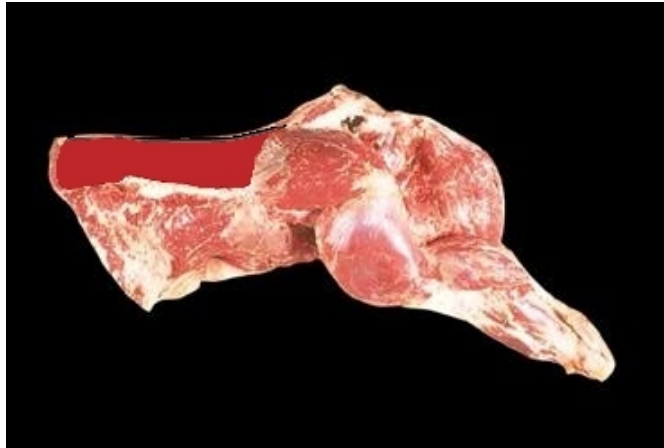
Zdroj: Jones et al., 2004

Obr. č. 9 - Řez mezi 8. a 9. hrudním obratlem



Zdroj: Jones et al., 2004

Obr. č. 10 - Umístění roštěnce v JUT



Zdroj: Jones et al., 2004

4.2 Výběr a zpracování vzorků

K analýze byly odebrány vzorky *musculus longissimus lumborum et thoracis* (MLLT, nízký roštěnec) z pravé poloviny JUT (viz obr. č. 11). Každý vzorek (min. 1,2 kg masa) byl rozdělen na 2 části. První část byla zpracována den po porážce (a následné disekci z JUT), zbývající část byla zavaukována a uchovávána při stabilní teplotě 2–4°C a relativní vlhkosti 80% po dobu čtrnácti dnů. Poté byly vzorky zpracovány.

Obr. č. 11 - *Musculus longissimus lumborum et thoracis*



Zdroj: autor

Vybrané fyzikální faktory byly stanoveny v laboratoři katedry speciální zootechniky Zemědělské fakulty Jihočeské university. Zjišťované faktory byly pH,

vaznost přidané vody dle Ingra (1977), barva – hodnoty L^* , a^* , b^* a textura – síla stříhu u syrových vzorků a tepelně upravených vzorků.

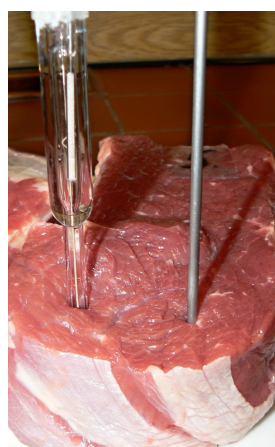
Stanovení pH probíhalo pomocí digitálního pH metru GMH 3530 skleněnou vpichovou elektrodou typu HC123 od firmy Geisner Electronic GmbH – viz obr. č. 12 a č. 13.

Obr. č. 12 - pH metr GMH 3530



Zdroj: autor

Obr. č. 13 - elektroda HC123 a teplotní elektroda



Zdroj: autor

Stanovení barvy masa probíhalo pomocí spektrofotometru Color Eye XTH od výrobce GretagMacbeth, přičemž byly zjišťovány hodnoty v systému CIE – L^* , a^* , b^* . Každé měření bylo opakováno čtyřikrát a následně přístrojem určeny střední hodnoty měření. Vzorky byly před měřením rozkrájeny na dva stejné přibližně 2,5 cm tlusté steaky a v místě řezu bylo provedeno měření. Na testovaný vzorek byla před měřením přiložena průhledná polypropylenová folie. Průběh měření viz obr. č. 14.

Obr. č. 14 - Měření spektrofotometrem Color Eye XTH



Zdroj: autor

Vaznost přidané vody byla stanovena na principu homogenizace vzorku v solném roztoku dle Ingra (1977). Známé množství homogenátu bylo zváženo, zahřáno na stanovenou teplotu a po odkapání vody bylo znovu provedeno zvážení. 80 g průměrného vzorku masa bylo homogenizováno spolu se 120 ml destilované vody a 5 g kuchyňské soli po dobu 30 s a 10 000 otáček za minutu v laboratorním mixéru Grindomix GM200 firmy Retsch (viz obr. č. 15 a č. 16).

Obr. č. 15 - Grindomix GM200 **Obr. č. 16 - Homogenát pro stanovení vaznosti**



Zdroj: autor



Zdroj: autor

Po rozemletí se homogenát převedl do zvážené saturační zkumavky a hmotnost naplněné zkumavky se zvážíla. Zkumavka uzavřena hliníkovou folií se následně vložila do vodní lázně s teplotou 75°C po dobu 30 minut. Pro záhřev byla použita vodní lázeň firmy Mmert WNB 22 (viz obr. č. 17).

Obr. č. 17 - Homogenát



Zdroj: autor

Obr. č. 18 - Vodní lázeň



Zdroj: autor

Po 30 minutách ve vodní lázni se uvolnila hliníková folie, zkumavka se nechala v převrácené poloze vychladnout a odkapat po dobu 30 minut. Poté se zvažila. Množství vázané vody x (%) se vypočítá dle vzorce:

$$x = \frac{250 \cdot (b - 0,4 \cdot a)}{a}$$

a ... hmotnost homogenátu před zahříváním [g]

b ... hmotnost homogenátu po záhřevu, vychladnutí a odkapání

Textura masa resp. síla stříhu byla zjišťována pomocí přístroje TA.XT Plus se sondou WBSF (Warner-Bratzler Shear Force). Pro zjištění síly stříhu bylo na každém vzorku provedeno 10 opakovaných měření se silou stříhu 5 kg a dobou působení síly 12 vteřin. Použité vzorky byly před zpracováním upraveny do tvaru kvádrů se šířkou 2 cm – viz obr. č. 19 a č. 20.

Obr. č. 19 - Upravené vzorky pro měření síly stříhu WB



Zdroj: autor

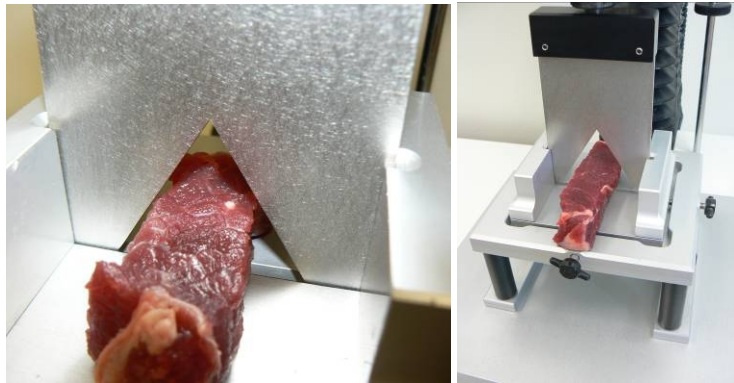
Obr. č. 20 - Boční pohled na upravený vzorek



Zdroj: autor

Po této úpravě byl vzorek umístěn pod sondu Warner-Bratzler tak, aby síla, kterou přístroj vyvíjí, působila kolmo ke svalovým vláknům – viz obr. č. 21 a č. 22.

Obr. č. 21 a Obr. č. 22 - Umístění vzorku v analyzátoru textury



Zdroj: autor

Dále byla zjišťována textura tepelně upravených vzorků, které byly grilované při teplotě 180°C po dobu 7 minut na kontaktním grilu APEXA. Po tepelné úpravě došlo k 5 minutovému vychladnutí a následně úpravě do tvaru kvádrů – rozměrově shodného jako u syrových vzorků.

Obr. č. 23 - Tepelně upravené vzorky



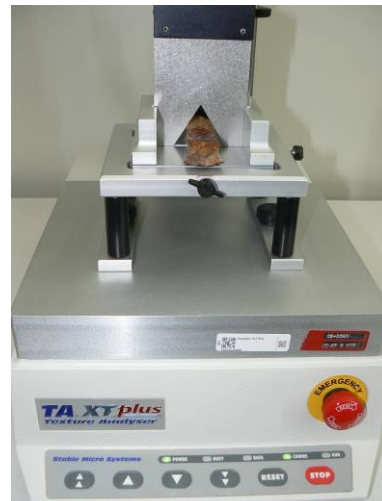
Obr. č. 24 - Tepelně upravené vzorky



Obr. č. 25 - Kontaktní gril APEXA



Obr. č. 26 - Umístění vzorku v analyzátoru textury



Zdroj: autor

4.3 Zpracování dat

Data byla zpracována pomocí programu Microsoft Excel 2007 a StatSoft Statistica 10.0. Výstupní data z přístroje TA.XT Plus byla zpracována pomocí programu Exponent. Grafické znázornění jednotlivých hodnot, výsledků a analýz bylo provedeno pomocí programu Microsoft Excel 2007 a Statistica 10.0.

U získaných hodnot byly vypočteny následující základní statistické charakteristiky:

n ... četnost

\bar{x} ... průměrná hodnota

s_x ... směrodatná odchylka

min ... minimální hodnota

max ... maximální hodnota

Pro srovnání změn ukazatelů během doby zrání byl použit párový t-test vyhodnocovaný na hladině významnosti:

$P > 0,05$ statisticky nevýznamné

$P \leq 0,05$ (*) statisticky významné

$P \leq 0,01$ (**) statisticky velmi významné

$P \leq 0,001$ (***) statisticky vysoce významné

Pro zjištění funkčních závislostí mezi zjišťovanými faktory byla použita jednoduchá lineární regrese a pro zjištění předpokládané závislosti textury na ostatních zjišťovaných faktorech byla užita více faktorová lineární regrese.

Přehled použitých symbolů:

n ... četnost

r ... koeficient korelace

R^2 ... koeficient determinace

Těsnost závislosti byla posuzována při $R^2 \leq 0,3$ jako nízká, při R^2 od 0,3 do 0,6 jako střední a při R^2 nad 0,7 jako vysoká.

Korelační koeficienty jednotlivých hodnot byly vyhodnocovány na hladinách významnosti $P \leq 0,05$ jako statisticky významné, $P \leq 0,01$ jako statisticky velmi významné a $P \leq 0,001$ jako statisticky vysoce významné.

Přehled použitých symbolů pro jednotlivé ukazatele:

pH-1 ... pH jeden den po porážce

pH-14 ... pH čtrnáct dní po porážce

vaznost-1 ... vaznost přidané vody jeden den po porážce

vaznost-14 ... vaznost přidané vody čtrnáct dní po porážce

L-1 ... hodnota L* jeden den po porážce

a-1 ... hodnota a* jeden den po porážce

b-1 ... hodnota b* jeden den po porážce

L-14 ... hodnota L* čtrnáct dní po porážce

a-14 ... hodnota a* čtrnáct dní po porážce

b-14 ... hodnota b* čtrnáct dní po porážce

TXTS-1 ... textura syrového vzorku jeden den po porážce

TXTS-14 ... textura syrového vzorku čtrnáct dní po porážce

TXTG-1 ... textura tepelně upraveného vzorku jeden den po porážce

TXTG-14 ... textura tepelně upraveného vzorku čtrnáct dní po porážce

pH < 5,8 ... hodnota pH jeden den postmortem normálního hovězího masa

pH > 5,8 ... hodnota pH jeden den postmortem DFD hovězího masa a masa

k abnormalitě DFD

Přehled stanovených intervalů četnosti pro jednotlivé fyzikální veličiny je v tab. č. 5.

Tab. č. 5 - Intervaly četností sledovaných veličin

Veličina	Intervaly				
pH	do 5,6	5,6–5,8	5,8–6,0	6,0–6,2	nad 6,2
vaznost [%]	do 20	20–40	nad 40	/	
L*	do 34	34–36	36–38	38–40	nad 40
a*, b*	do 4,0	4,0–6,0	6,0–8,0	nad 8,0	/
TXTS [kg]	do 5,0	5,0–6,0	6,0–7,0	nad 7,0	/
TXTG [kg]	do 16,0	16,0–20,0	20,0–24,0	24,0–28,0	nad 28,0

5. Výsledky a diskuse

5.1 Chemické složení

Z hlediska chemického složení byly sledovány základní parametry – sušina, tuk, bílkoviny, celkový dusík a popeloviny. Dosahované hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 6.

Tab. č. 6 - Ukazatele chemického složení

Ukazatel	n	\bar{x}	s_x	min	max
Sušina [%]	129	25,316	1,292	21,840	28,880
Tuk [%]	129	2,089	1,119	0,410	7,140
Bílkoviny [%]	129	21,210	0,687	19,080	22,680
Popeloviny [%]	129	1,089	0,054	0,830	1,240

Průměrný obsah sušiny ve vzorcích dosahoval hodnoty 25,316 %. Dle Warrise (2000) voda tvoří $\frac{3}{4}$ masa, podle Kadlece et al. (2009) obsahuje hovězí maso 70–75 % vody. Šubrt et al. (2005) zmiňuje, že roštěnec obsahuje přibližně 67 % vody. Lze tedy říci, že obsah sušiny odpovídá normálnímu hovězímu masu.

Dosažená tučnost odpovídala v průměru 2,089 %. Lawrie, Ledward (2006) jako průměrnou tučnost masa zmiňují 2,5 %, Warris (2000) a Hui et al. (2001) 5 %. Kadlec et al. (2009) jako průměrný obsah tuku ve svalovině uvádí 1–5 %. Ingr (1996) zmiňuje, že optimální podíl intramuskulárního tuku jsou 2 %, čímž jsou zajištěny optimální sensorické vlastnosti po tepelné úpravě masa.

Kadlec et al. (2009) a Velíšek, Hajšlová (2009) tvrdí, že svalovina obsahuje 18–22 % (resp. 13,1–27 %) bílkovin. Steinhauser et al. (1995) jako průměrný obsah bílkovin v roštěnci (*musculus longissimus lumborum et thoracis*) uvádí 20,6 %, čemuž odpovídá průměrný obsah bílkovin sledovaného souboru, který dosahoval hodnoty 21,21 %.

Obsah popelovin byl v průměru 1,089 %, což odpovídá tvrzení Pipka a Jirotkové (2001), že 1 % hmotnosti svaloviny tvoří minerální látky.

5.2 pH

Průměrné dosahované hodnoty pH jeden den po porážce a čtrnáct dní po porážce jsou uvedeny v tabulce č. 7. Hodnota pH po jednom dni po porážce činila 5,759. Po čtrnácti dnech zrání došlo v průměru ke zvýšení o 0,001 na hodnotu pH 5,76.

Tab. č. 7 - Základní ukazatele pH

Ukazatel	n	\bar{x}	s_x	min	max
pH-1	129	5,759	0,339	5,320	6,960
pH-14	129	5,760	0,353	5,340	6,830

Young et al. (2005) zmiňuje jako hodnotu pH pro normální hovězí maso (konkrétně roštěnec) v rozmezí 5,6–5,8. Zároveň dodává, že pH vhodné k optimální údržnosti masa se pohybuje mezi hodnotami 5,4–5,7. Page et al. (2001) jako normální hodnotu pH_{ult} roštěnce uvádí rozmezí 5,4–5,59. Maso s hodnotou pH nad 5,8 klasifikují jako maso tmavší v řezu (nejedná se ještě o maso s abnormalitou DCB). Šubrt et al. (2005) uvádí jako optimální hodnoty pH v rozmezí 5,4–5,8 přičemž zmiňuje, že jsou ovlivněny především stupněm postmortálních změn. Zhang et al. (2005) jako hodnotu pH pro normální hovězí maso zmiňuje rozmezí 5,4–5,79 a pro maso s vysokým pH uvádí hodnoty v rozmezí 6,1–6,79. White et al. (2006) zjistil, že optimální křehkosti hovězího masa je dosaženo při hodnotě pH (tři hodiny po porážce) v rozmezí 5,9–6,2 (maso inklinující k abnormalitě DFD). Page et al. (2001) uvádí standard amerického ministerstva zemědělství pro pH_{ult} $5,57 \pm 0,25$.

Jeleníková et al. (2008) pro býky českého strakatého skotu zmiňuje hodnoty pH jeden po porážce v rozmezí 5,79–5,93.

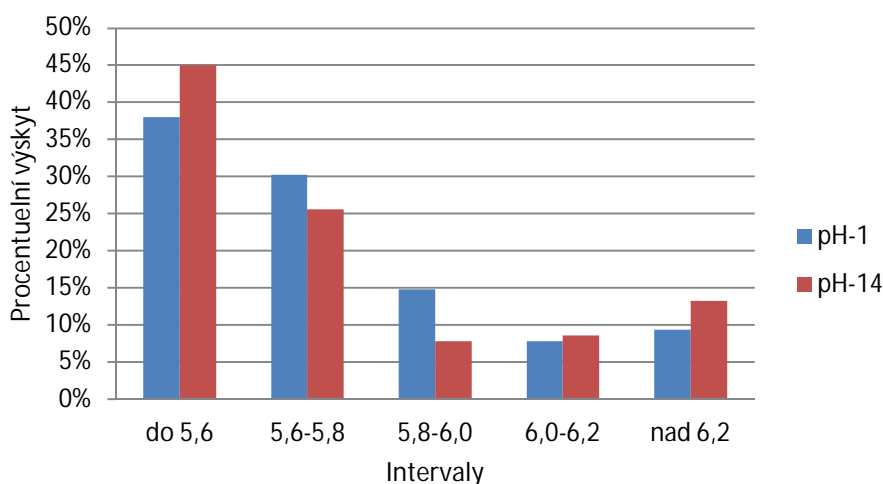
Hodnoty pH sledovaného souboru rozčleněné do intervalů popisující výskyt abnormality DFD, maso tmavší v řezu a normální hovězí maso jsou uvedeny v tabulce č. 8. Grafické znázornění je patrné v grafu č. 12.

Tab. č. 8 - Četnosti hodnot pH dle intervalů

Interval	pH-1 [ks]	% podíl	pH-14 [ks]	% podíl	Δ [ks]*
do 5,6	49	37,98 %	58	44,96 %	9
5,6–5,8	39	30,23 %	33	25,58 %	-6
5,8–6,0	19	14,73 %	10	7,75 %	-9
6,0–6,2	10	7,75 %	11	8,53 %	1
nad 6,2	12	9,30 %	17	13,18 %	5

* $pH-14 - pH-1$

Graf č. 12 - Intervaly hodnot pH sledovaného souboru



Z tabulky č. 8 (resp. grafu č. 12) vyplývá, že dle klasifikace Younga et al. (2005) a Page et al. (2001) dosahovalo 68,21 % (88 ks) vzorků jeden den po porážce hodnot pH pro normální hovězí maso. Čtrnáct dní po porážce jako normální hovězí maso bylo klasifikováno 70,54 % (91 ks) vzorků.

Jako maso tmavší řezu (inklinující k vadě DFD) dle Page et al. (2001) lze klasifikovat 22,48 % (29 ks) vzorků – jeden den po porážce, resp. 16,28 % (21 ks) čtrnáct dní po porážce.

Abnormalita v kvalitě hovězího masa DFD se podle Steinhausera et al. (1995), Ingra (1996), Pipka, Jirotkové (2001) a Warrise (2000) vyskytuje při hodnotě nad 6,2. Ve sledovaném souboru byl výskyt abnormality DFD jeden den po porážce prokázán ve 12 případech (9,3 %) resp. v 17 případech (13,18 %) čtrnáct dní po porážce.

Změny pH v průběhu zrání v rámci celého souboru nebyly statisticky významné. Vliv zrání nebyl statisticky potvrzen jak při porovnání hodnot pH jeden

den po porážce a po 14 dnech zrání u normálního masa ($\text{pH-1} < 5,8$), tak při porovnání stejných hodnot u masa inklinujícího k vadě DFD a masa s vadou DFD ($\text{pH-1} > 5,8$ resp. 6,2). Data jsou shrnuta v tabulce č. 9. Rozdíl hodnot pH normálního masa činil 0,02 u pH-14 oproti pH-1 (došlo ke zvýšení), zatímco u hodnot pH masa inklinujícího k DFD a masa DFD došlo ke snížení o 0,02.

Tab. č. 9 - Rozdílnost hodnot pH jeden a čtrnáct dní postmortem

Porovnávané ukazatele	n	Hodnota t-testu	P	Významnost
pH-1: pH-14*	129	0,055	0,956	-
pH-1 < 5,8: pH-14**	88	1,314	0,192	-
pH-1 > 5,8: pH-14**	41	0,542	0,592	-

* porovnání hodnot pH celého souboru 1 den a 14 dní postmortem

** hodnoty pH-14 patří ke skupině pH-1 < 5,8 resp. pH-1 > 5,8; jedná se tedy pouze o část výběru

Ingr (1996), Silva et al. (1999), Pipek a Jirotková (2001), Neath et al. (2007) zmiňují, že k největšímu poklesu hodnot pH dochází prvních 24 hodin po porážce. Míra poklesu je dle Ingra (2003a) dána obsahem glykogenu, který se anaerobní glykolýzou přeměňuje na kyselinu mléčnou. Dále zmiňuje, že rychlost změny hodnoty pH je dána i mírou degradace ATP na kyselinu fosforečnou. Říha et al. (2002) zmiňuje, že z 10 mg glykogenu vznikne 11 mg kyseliny mléčné, přičemž počáteční obsah glykogenu je 10 mg / g svalové tkáně.

Neath et al. (2007) tvrdí, že jedním z limitujících faktorů poklesu pH je i typ svalových vláken, protože v červených svalových vláknech probíhá glykolýza pomaleji. Pokles pH podle Signoriniho et al. (2007) čtyři dny postmortem a při skladovací teplotě 4°C je o 0,1 na hodnotu 5,5. Dále uvádí hodnotu pH šest dní postmortem 5,2 a zvýšení této hodnoty dvanáct dní post mortem na hodnotu pH 5,3. Purchas et al. (1999) zmiňuje zvýšení pH_u 5,5 na pH 6,0 (6,2) po 20 dnech zrání. Změna pH je markantnější z důvodu vyšší teploty uchovávání, která byla prvních 24 hodin postmortem 15–20°C a zvířata zároveň byla před porážkou ustájena přes noc na jatkách. Mírné zvýšení pH v průběhu procesu zrání zmiňuje Steinhäuser et al. (1995), protože dochází k degradaci kyseliny mléčné na oxid uhličitý a vodu.

Rychlost této přeměny závisí dle Ingra (2003b) na teplotě skladování masa. Ingr (2003b) dále uvádí, že vzestupem pH postmortem nad hodnotu 6,0 dochází k rychlému a dynamickému rozvoji mikrobiálního kažení. Vyšší mikrobiální aktivita a následné rozkladné procesy, kterými na svalovou tkáň působí, zapříčiňují podle Pipka a Jirotkové (2001) další zvýšení pH.

Vliv pH jakožto objektivního ukazatele kvality masa (s ohledem na snadné určení jakostní odchylky hovězího masa – DFD) na hodnoty vaznosti, barvy a textury je uveden u jednotlivých ukazatelů.

5.3 Vaznost přidané vody

V tabulce č. 10 jsou uvedeny základní statistické ukazatele pro vaznost přidané vody. Průměrná dosažená vaznost jeden den po porážce byla 41,046 %, čtrnáct dní po porážce 56,089 %. Normální hovězí maso (pH pod 5,8) vykazovalo průměrnou hodnotu vaznosti přidané vody 23,869 % a po čtrnácti dnech zrání 38,675 %. Dle předpokladu vykazovalo nejvyšší vaznost maso inklinující k DFD a maso DFD – jeden den postmortem v průměru 81,959 % a po čtrnácti dnech zrání 96,095 %.

Tab. č. 10 - Základní hodnoty vaznosti přidané vody

Ukazatel	n	\bar{x} [%]	s_x	min [%]	max [%]
vaznost-1 [%]	129	41,046	33,729	14,320	140,896
vaznost-14 [%]	129	56,089	35,949	13,970	155,433
vaznost-1 [%] (pH < 5,8)	88	23,869	5,553	14,320	41,076
vaznost-14 [%] (pH < 5,8)	88	38,675	16,022	13,970	113,310
vaznost-1 [%](pH > 5,8)	41	81,959	34,432	24,789	131,635
vaznost-14 [%](pH > 5,8)	41	96,095	33,651	32,220	140,654

Sochor et al. (2005) uvádí hodnotu vaznosti pro hovězí maso jeden den po porážce v rozmezí 75,05 %–86,20 %. Vyšší hodnota je průměrná vaznost MLLT býků českého strakatého skotu. Vysokou vaznost definoval Sawyer et al. (2008) ve vztahu k pH nad 6,0. Zhang et al. (2005) zmiňuje hodnotu vaznosti 72,7 % pro maso s vysokým pH (nad 6,1) a pro maso s normálním pH (pod 5,8) 48,7 %, přičemž rozdíl mezi vaznostmi masa s normálním a s vysokým pH byl statisticky vysoce významný ($P \leq 0,001$). Young et al. (2005) zjistil, že hodnota vaznosti masa

s vysokým pH je 71,3 % a hodnota vaznosti masa s normální pH je 41,3 %. Šubrt (2004) uvádí celkovou hodnotu vaznosti vody pro býky 75,92 %.

Dle Ingra (1996) má libové maso nejvyšší vaznost – konkrétně hovězí, přičemž zvýšení vaznosti je patrné 5 až 6 dní po porážce a později. Hlavní podíl vody je v masě vázán mezi myofibrilami (Huff-Lonergan a Lonergan, 2005). Vlivem zrání dochází k fragmentaci aktinomyosinového komplexu, čímž se zvětšuje prostor mezi jednotlivými fibrilami (Steinhauser et al., 1995; Ingr, 2003b; Kerry a Ledward, 2002; Lawrie a Ledward, 2006; Warris, 2000) a k přerušení komplexu dochází v místě Z-linie (Ilian et al, 2004; Anderson et al., 2012).

Říha et al. (2002) uvádí hodnoty pro ztrátu volné vody v masě býků českého strakatého skotu v rozmezí 22,77–26,64 %.

Změny vaznosti přidané vody v průběhu zrání sledovaného souboru jsou uvedeny v tabulce č. 11. Byla potvrzena statisticky významná rozdílnost u změny vaznosti celkového souboru, kdy došlo k průměrnému zvýšení vaznosti přidané vody čtrnáct dní postmortem o 15,043 %. U normálního hovězího masa ($\text{pH} < 5,8$) došlo ke zvýšení vaznosti přidané vody o 14,806 % resp. o 14,136 % u masa inklinujícího k abnormalitě DFD a masa s abnormalitou DFD ($\text{pH} > 5,8$ resp. $\text{pH} > 6,2$).

Tab. č. 11 - Rozdílnost hodnot vaznosti přidané vody 1 a 14 dní postmortem

Porovnávané ukazatele	n	Hodnota t-testu	P	Významnost
vaznost-1: vaznost-14	129	10,713	0,001	***
vaznost-1: vaznost-14 ($\text{pH} < 5,8$)*	88	9,110	0,001	***
vaznost-1: vaznost-14 ($\text{pH} > 5,8$)**	41	4,372	0,001	***

* $\text{pH} < 5,8$ – vaznost normálního masa

** $\text{pH} > 5,8$ – vaznost masa inklinujícího k vadě DFD a s vadou DFD

Vliv doby zrání na vaznost přidané vody popisuje Huidobro et al. (2003), který uvádí hodnotu vaznosti jeden den po porážce 18,82 %, tři dny po porážce 19,28 % a šest dní po porážce 20,04 %.

Hodnoty vaznosti rozdělené do intervalů jsou uvedeny v tabulce č. 12 a grafu č. 13. Intervaly popisují vaznost přidané vody jako nízkou (pod 20 %), normální (20–40%) a vysokou (nad 40 %). Nízkou vaznost vykazovalo jeden den po porážce 17,05 % (22 ks) vzorků, zatímco čtrnáct dní po porážce to bylo pouhých 2,33 % (3 ks). Normální vaznost vykazovala nadpoloviční většina vzorků – 57,36 %

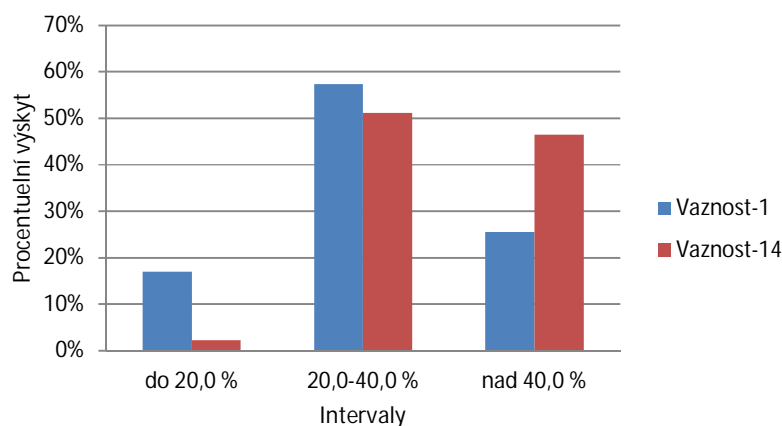
jeden den po porážce a 51,16 % čtrnáct dní po porážce. Rapidní zvýšení (o 20,93 %) bylo zaznamenáno u skupiny s vysokou vazností.

Tab. č. 12 - Četnosti hodnot vaznosti přidané vody dle intervalů

Interval	Vaznost-1 [ks]	% podíl	Vaznost-14 [ks]	% podíl	Δ [ks]*
do 20,0 %	22	17,05 %	3	2,33 %	-19
20,0–40,0 %	74	57,36 %	66	51,16 %	-8
nad 40,0 %	33	25,58 %	60	46,51 %	27

* $vaznost-14 - vaznost-1$

Graf č. 13 - Intervaly hodnot vaznosti přidané vody sledovaného souboru



Při posuzování vlivu závislosti vaznosti na pH bylo jako východisko použito tvrzení Voříškové et al. (2010) a Sochora et al. (2005), kteří zmiňují, že existuje vysoká závislost na hodnotě pH a se stoupajícím pH stoupá i vaznost. Závislost vaznosti na pH dále zmiňují Kerry, Ledward (2002), Warris (2000), Puolanne, Halonen (2010), Pipek, Jirotková (2001) a Nollet et al. (2007).

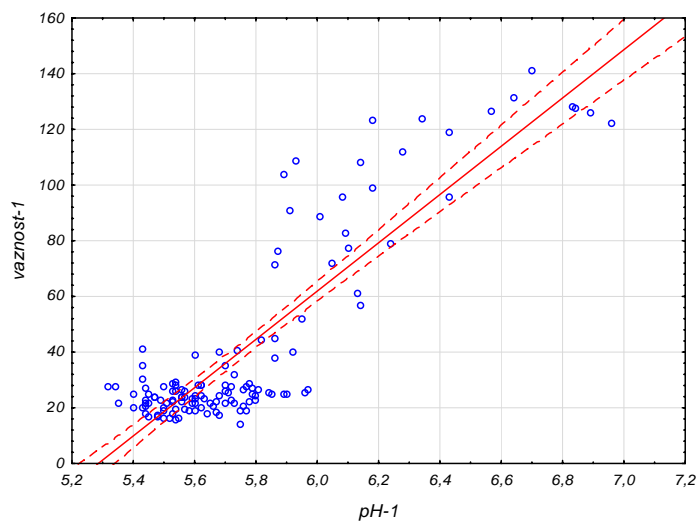
V tabulce č. 13 jsou shrnuty korelační koeficienty a koeficienty determinace vyjadřující závislost vaznosti přidané vody na pH. Tato závislost byla jak jeden den po porážce, tak čtrnáct dní po porážce vyhodnocena jako vysoká ($R^2 = 0,760$ resp. $R^2 = 0,771$). Zároveň byly jako statisticky vysoce významné vyhodnoceny ($t = 20,046$; *** jeden den porážce a $t = 20,655$; *** čtrnáct dní po porážce) korelační koeficienty mezi pH a vazností přidané vody jeden den po porážce ($r = 0,872$) a čtrnáct dní po porážce ($r = 0,879$).

Na grafu č. 14 (jeden den po porážce) a grafu č. 15 (čtrnáct dní po porážce) je zobrazena lineární regresní závislost – červená plná čára značí regresní funkci, čárkovaná červená čára značí 95% interval spolehlivosti.

Tab. č. 13 - Závislost vaznosti přidané vody na pH

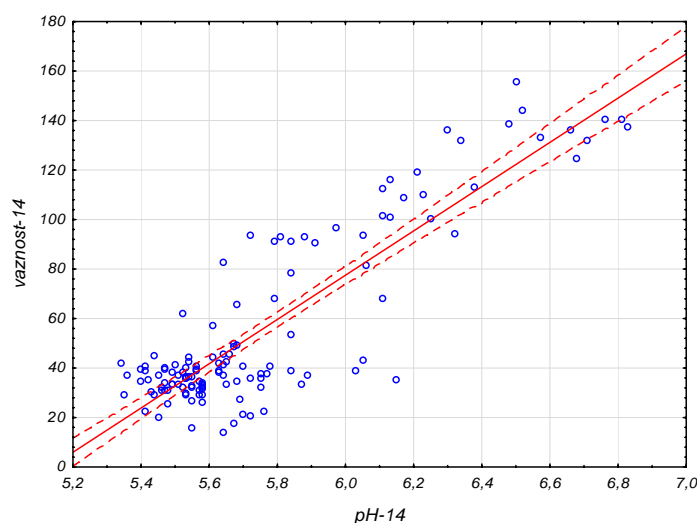
	pH-1: vaznost-1	pH-14: vaznost-14
n	129	129
R ²	0,760	0,771
r	0,872	0,879
významnost	***	***

Graf č. 14 - Regresní závislost vaznosti přidané vody na pH-1



Závislosti vaznosti přidané vody jeden den po porážce na pH popisuje rovnice: $vaznost - 1 = -458,291 + 86,701 \cdot pH - 1$.

Graf č. 15 - Regresní závislost vaznosti přidané vody na pH-14



Závislosti vaznosti přidané vody jeden den po porážce na pH popisuje rovnice: $vaznost - 14 = -459,031 + 89,427 \cdot pH - 14$.

Vysoká závislost vaznosti na pH je způsobena tím, že přibližně 70 % vázané vody je vázáno na hlavní svalové bílkoviny (především myosin) – tato vazba je ovlivněna pH, protože dosažením izoelektrického bodu je vnější potenciál molekul bílkovin nulový a tudíž na ně není vázána žádná voda. Z důvodu nulového potenciálu se jednotlivé molekuly bílkovin neodpuzují, čímž dojde k jejich přiblížení, což vede ke zmenšení prostoru mezi myofibrilami (Huff-Lonergan a Lonergan, 2005).

Sochor et al. (2005) definoval korelační závislost vaznosti na pH jako vysokou ($r = 0,93$). Purchas et al. (1999) potvrzuje lineární závislost vaznosti na pH – vliv pH a hodnotí jej jako statisticky významný ($P \leq 0,05$) zatímco Silva et al. (1999) uvádí statisticky vysoce významnou ($P \leq 0,001$) závislost.

Immonen et al. (2000) zjistil, že i když existuje závislost vztahu obsahu glykogenu ve svalovině na míře intenzity poklesu pH postmortem, tak jeho obsah ve svalové tkáni nemá přímý vliv na změnu vaznosti ($P > 0,05$).

Je nutné dodat, že vzhledem k různým metodickým možnostem, kterými lze vaznost masa interpretovat (ztráta vody odkapem, ztráta vody varem, lisovací zkouška dle Graua a Hamma (1953) atd.), nelze relevantně porovnat zjištěné hodnoty s výsledky jiných autorů.

5.4 Barva

V tabulce č. 14 jsou uvedeny základní hodnoty popisující barvu sledovaného souboru vzorků masa. Průměrný odstín (L^*) vykazoval jeden den postmortem hodnotu 37,073 a čtrnáct dní postmortem hodnotu 37,453. Červené spektrum (a^*) jeden den po porážce dosahovalo hodnoty 6,177; po čtrnácti dnech zrání 7,589 a žluté spektrum (b^*) 5,682 jeden den postmortem resp. 7,228 čtrnáct dní postmortem.

Tab. č. 14 - Základní hodnoty barvy

Ukazatel	n	\bar{x}	s_x	min	max
L-1	129	37,073	2,703	28,320	45,660
a-1	129	6,177	1,618	2,360	10,810
b-1	129	5,682	1,589	1,820	9,660
L-14	129	37,453	3,509	30,470	53,940
a-14	129	7,589	1,980	3,110	13,220
b-14	129	7,228	2,039	3,040	12,070
L-1*	88	37,198	2,852	28,320	45,660
a-1*	88	6,260	1,451	2,940	9,670
b-1*	88	5,830	1,470	1,820	8,720
L-14*	88	37,599	3,057	30,810	48,820
a-14*	88	7,706	1,848	3,650	12,280
b-14*	88	7,363	1,924	3,060	11,750
L-1**	41	36,908	2,311	32,560	42,300
a-1**	41	5,826	1,946	2,930	10,810
b-1**	41	5,324	1,823	2,530	9,660
L-14**	41	36,867	4,936	30,470	53,940
a-14**	41	7,457	2,349	3,110	13,220
b-14**	41	7,108	2,461	3,040	12,070

* $pH < 5,8$

** $pH > 5,8$

Zhang et al. (2005) pro hovězí maso s normálním pH uvádí hodnoty L^* 39,3; a^* 19,3; b^* 8,0; pro maso s abnormalitou DFD L^* 36,7; a^* 16,8; b^* 6,1. Rozdílnost mezi sledovaným souborem a výsledky Zhanga et al. (2005) pro parametr a^* lze vysvětlit rozdílností použitého materiálu – fríské plemeno a český strakatý skot. Goňi et al. (2007) pro maso s průměrným pH 5,49 – L^* 44,21; a^* 10,10; b^* 7,10. Fiems et al. (2000) jako běžnou hodnotu parametru L^* jeden den postmortem uvádí rozmezí 38,6–41,1. Page et al. (2001) cituje z normy amerického ministerstva zemědělství, která jako standard barvy v parametru L^* uvádí $38,48 \pm 3,10$.

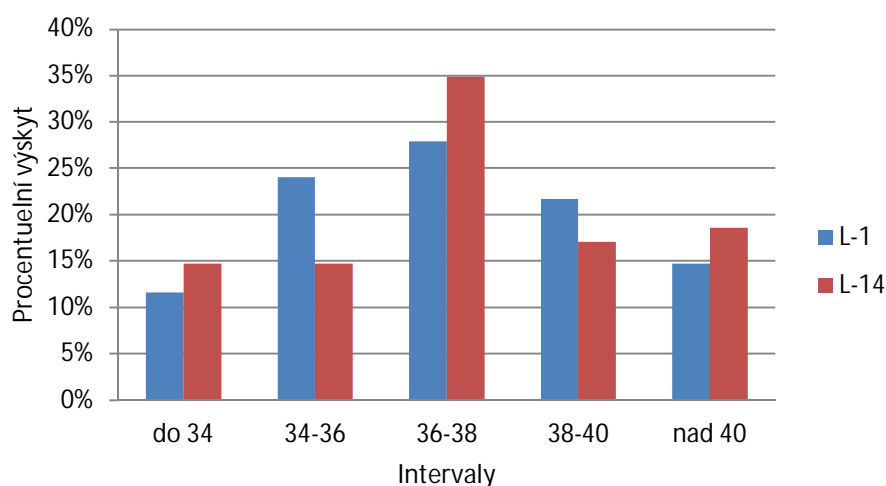
Roztřídění sledovaného souboru vzorků do intervalů je znázorněno v tabulce č. 15 a grafech č. 16 a č. 17. Intervaly byly zvoleny tak, aby popisovaly rozdělení celého sledovaného souboru. Je patrné, že nejvíce vzorků dosahovalo hodnoty L* v rozmezí 36–38 (27,91 % jeden den po porážce a 34,88 % čtrnáct dní po porážce). Nejvíce vzorků v červeném spektru (a*) vykazovalo jeden den po porážce hodnotu v rozmezí 4,0–8,0 (79,85 %) a po čtrnácti dnech zrání došlo ke zvýšení počtu vzorků v intervalu nad 8,0 ze 14 ks na 57 ks. Obdobné změny proběhly u hodnoty žlutého spektra (b*) – největší podíl hodnot jeden den po porážce byl v rozmezí 4,0–8,0 (76,74 %) a po čtrnácti dnech zrání došlo ke zvýšení počtu sledovaných vzorků v intervalu nad 8,0 o 44 ks z původních 6. Změna červené a žluté části barevného spektra značí dle Beriana et al. (2009) vyšší míru přeměny myoglobinu na oxymyoglobin.

Tab. č. 15 - Četnosti hodnot barvy dle intervalů

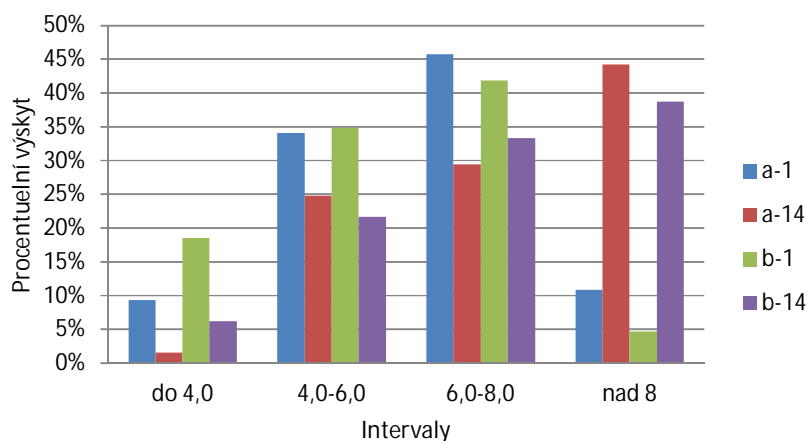
Interval	L-1 [ks]	% podíl	L-14 [ks]	% podíl	Δ [ks]*
do 34	15	11,63 %	19	14,73 %	4
34–36	31	24,03 %	19	14,73 %	-12
36–38	36	27,91 %	45	34,88 %	9
38–40	28	21,71 %	22	17,05 %	-6
nad 40	19	14,73 %	24	18,60 %	5
Interval	a-1 [ks]	% podíl	a-14 [ks]	% podíl	Δ [ks]
do 4,0	12	9,30 %	2	1,55 %	-10
4,0–6,0	44	34,11 %	32	24,81 %	-12
6,0–8,0	59	45,74 %	38	29,46 %	-21
nad 8	14	10,85 %	57	44,19 %	43
Interval	b-1 [ks]	% podíl	b-14 [ks]	% podíl	Δ [ks]
do 4,0	24	18,60 %	8	6,20 %	-16
4,0–6,0	45	34,88 %	28	21,71 %	-17
6,0–8,0	54	41,86 %	43	33,33 %	-11
nad 8	6	4,65 %	50	38,76 %	44

* hodnota 14 dní po porážce - hodnota 1 den po porážce

Graf č. 16 - Intervaly hodnot L* sledovaného souboru



Graf č. 17 - Intervaly hodnot a*, b* sledovaného souboru



Porovnání rozdílnosti výše uvedených hodnot je uvedeno v tabulce č. 16, grafické znázornění statisticky významných rozdílů na grafu č. 18. Bylo zjištěno, že čtrnáctidenní proces zrání neovlivnil hodnotu parametru L* ($P = 0,171$) u celého souboru, u normálního hovězího masa ($P = 0,191$) a u masa inklinujícího k DFD a masa s abnormalitou DFD ($P = 0,959$).

Jako statisticky vysoce významná byla hodnocena změna parametru a* (červené spektrum) a to jak u celého souboru (zvýšení o 1,412), tak i u normálního masa ($pH < 5,8$; zvýšení o 1,446) a masa inklinujícího k DFD a masa s abnormalitou DFD ($pH > 5,8$; zvýšení o 1,632).

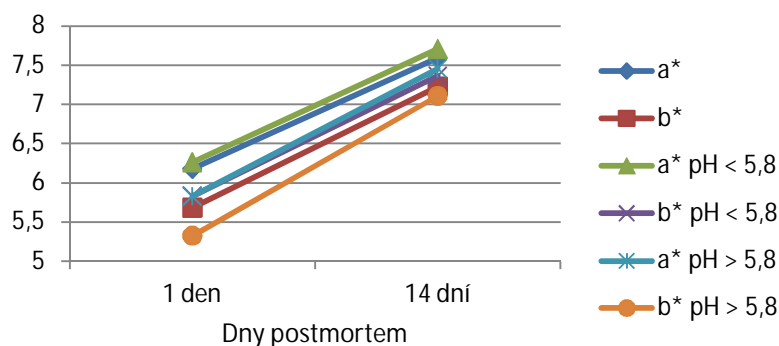
Byl prokázán vliv zrání na parametr b* (žluté spektrum), přičemž v rámci celého souboru došlo ke zvýšení o 1,546. U hovězího masa s normálním pH se

hodnota b^* zvýšila o 1,533, zatímco u masa inklinujícího k DFD a masa s abnormalitou DFD došlo ke zvýšení o 1,783.

Tab. č. 16 - Rozdílnost hodnot barvy 1 a 14 dní postmortem

Porovnávané ukazatele	n	Hodnota t-testu	P	Významnost
L-1: L-14	129	1,377	0,171	-
L-1: L-14 (pH < 5,8)	88	1,318	0,191	-
L-1: L-14 (pH > 5,8)	41	0,052	0,959	-
a-1: a-14	129	8,705	0,001	***
a-1: a-14 (pH < 5,8)	88	7,639	0,001	***
a-1: a-14 (pH > 5,8)	41	4,203	0,001	***
b-1: b-14	129	10,045	0,001	***
b-1: b-14 (pH < 5,8)	88	9,061	0,001	***
b-1: b-14 (pH > 5,8)	41	4,381	0,001	***

Graf č. 18 - Změny hodnot parametru a^* , b^* během zrání



Berian et al. (2009) sledoval vliv zrání na změny barvy hovězího masa a uvádí, že během prvních třech dnů dojde ke změně hodnoty L^* z 38,4 (jeden den postmortem) na 37,3 a následnému zvýšení na 38,7 po čtrnácti dnech zrání. Zároveň dodává, že v průběhu procesu zrání dochází k růstu hodnot parametrů a^* (z 14,8 na 17,4) a b^* (z 10,2 na 11,7). Jako hlavní důvod těchto změn uvádí oxidaci myoglobinu a jeho obsah, který ovlivňuje především změnu hodnot červené resp. žluté části spektra. Toto potvrzuje Abril et al. (2001), Lindahl (2011), Šubrt (2004), Pipek a Jirotková (2001), Lawrie a Ledward (2006) kteří zjistili, že obsah myoglobinu v mase přímo ovlivňuje jeho barvu. Nollet et al. (2007) uvádí, že vliv na barvu masa má i množství vázané vody. Toto odůvodňuje Page et al. (2001) tím, že odrazivost světla je závislá na obsahu volné vody na povrchu masa, jejíž obsah s vyšší hodnotou pH klesá.

Abril et al. (2001) dále uvádí pro parametr L^* hodnotu 38,5 dva dny postmortem a po čtrnácti dnech zrání 38,4 přičemž nebyla potvrzena statisticky významná odlišnost. Jako hodnoty pro parametr a^* uvádí zvýšení z 11,67 jeden den postmortem na hodnotu 12,53 (***) čtrnáct dní postmortem. Oproti tvrzení Beriana et al. (2009 zjistil, že došlo k poklesu hodnoty parametru b^* z 6,73 a 6,63 (***)

Vliv zrání na změny barvy hovězího masa zjišťoval i Yu et al. (2008) – uvádí, že mezi 1 a 2 dnem postmortem dochází k poklesu L^* z 33,56 na 32,15 zatímco 6 dní postmortem dochází k vzestupu na hodnotu 32,73. U parametrů a^* a b^* během šesti dnů postmortem dochází ke zvýšení z 17,5 na 18,2 (a^*) resp. z 6,34 na 6,55 (b^*).

Při posuzování závislosti barvy masa na hodnotě pH (tuto závislost zmiňují Hui et al., 2001; Abril et al., 2001; Berian et al., 2009 a Nollet et al., 2007) bylo zjištěno, že ukazatele L-14 ($R^2 = 0,325$), b-1 ($R^2 = 0,349$) a b-14 ($R^2 = 0,368$) mají střední míru lineární regresní závislosti na hodnotách pH. Nízkou míru lineární regresní závislosti vykazovaly ukazatele L-1 ($R^2 = 0,229$), a-1 ($R^2 = 0,229$), a-14 ($R^2 = 0,253$). Hodnoty popisující zjištěné závislosti jsou uvedeny v tabulce č. 17.

Tab. č. 17 - Závislost barvy (L^* , a^* , b^*) na hodnotách pH-1 a pH-14

	L-1: pH-1	L-14: pH-14	a-1: pH-1	a-14: pH-14	b-1: pH-1	b-14: pH-14
n	129	129	129	129	129	129
R^2	0,229	0,325	0,229	0,253	0,349	0,368
r	-0,479	-0,570	-0,478	-0,503	-0,591	-0,607
významnost	***	***	***	***	***	***

$n = 129$

Jako statisticky vysoce významné byly hodnoceny korelační koeficienty mezi všemi posuzovanými ukazateli a to jak jeden den po porážce, tak čtrnáct dní po porážce. Regresní rovnice jednotlivých ukazatelů jsou uvedeny níže.

$$L - 1 = 59,054 - 3,817 \cdot pH - 1$$

$$L - 14 = 70,105 - 5,668 \cdot pH - 14$$

$$a - 1 = 19,321 - 2,282 \cdot pH - 1$$

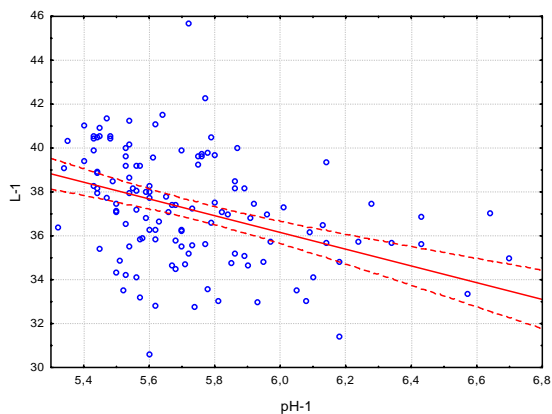
$$a - 14 = 59,054 - 3,817 \cdot pH - 14$$

$$b - 1 = 59,054 - 3,817 \cdot pH - 1$$

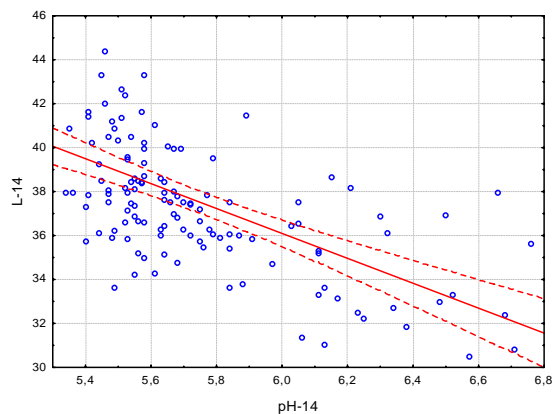
$$b - 14 = 59,054 - 3,817 \cdot pH - 14$$

Znázornění těchto rovnic je patrné na grafech č. 19–č. 24.

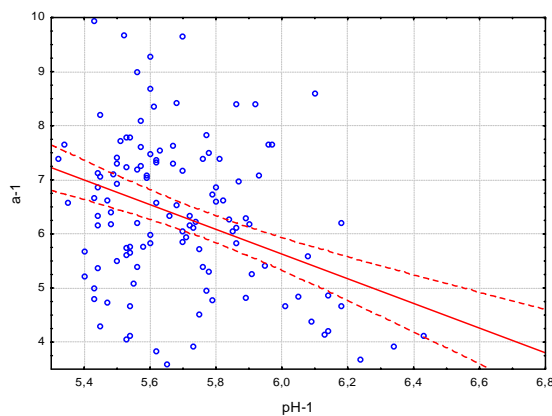
Graf č. 19 - Regresní závislost L-1 na pH-1



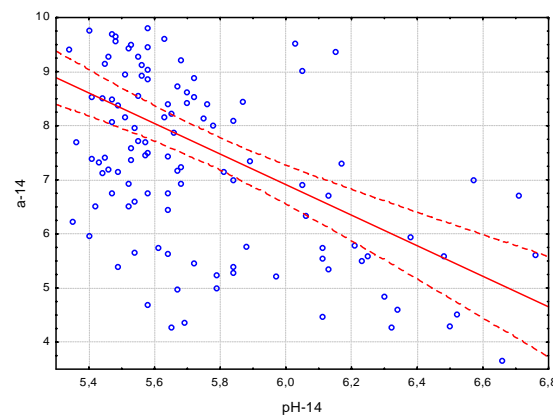
Graf č. 20 - Regresní závislost L-14 na pH-14



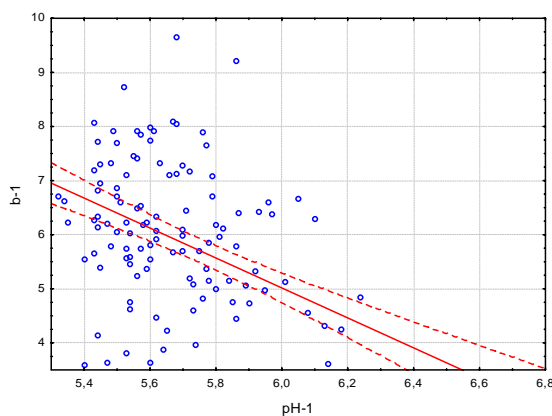
Graf č. 21 - Regresní závislost a-1 na pH-1



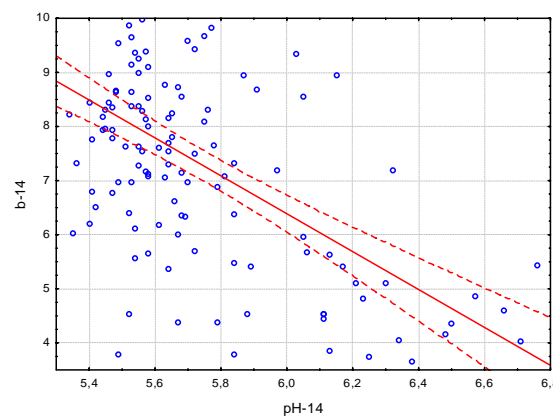
Graf č. 22 - Regresní závislost a-14 na pH-14



Graf č. 23 - Regresní závislost b-1 na pH-1



Graf č. 24 - Regresní závislost b-14 na pH-14



Křivka modelu je provedena plnou červenou čarou, 95% interval spolehlivosti je proveden červenou čárkovanou čarou.

Brewer a Novakovski (1999) uvádí, že mezi barvou hovězího masa a pH existuje střední korelační závislost pro parametr L* ($r = -0,62$) a b* ($r = -0,34$). Pro parametr a* uvádí nízkou závislost ($r = -0,04$).

Purchas et al. (2002) pro závislost barvy na pH uvádí hodnoty koeficientu determinace pro L* ($R^2 = 0,49$), a* ($R^2 = 0,64$) a b* ($R^2 = 0,66$).

Page et al. (2001) zmiňuje, že korelace pH s parametrem a* ($r = -0,58$), b* ($r = -0,56$) je vyšší, než s parametrem L* ($r = -0,40$). Tyto záporné hodnoty korelace odůvodňuje především změnami ve vaznosti a aktivitou enzymů, která je s vyšším pH nižší, čímž dochází k menšímu okysličování povrchového myoglobinu a tím je maso tmavší a méně červené.

5.5 Textura syrového masa

Základní hodnoty textury (síly stříhu) syrového masa jsou uvedeny v tabulce č. 18. V tabulce č. 19 je uvedeno porovnání rozdílů hodnot textury jeden den postmortem a po čtrnácti dnech zrání. Jeden den po porážce byla zjištěna průměrná hodnota textury 6,158 kg celého souboru vzorků, po čtrnácti dnech zrání byl zaznamenán statisticky nevýznamný pokles o 0,163 kg na hodnotu 5,995 kg. Maso vykazující hodnotu pH < 5,8 jeden den po porážce vykazovalo průměrnou hodnotu síly stříhu 6,403 kg a byl zaznamenán statisticky velmi významný pokles o 0,421 kg na hodnotu 5,982 kg po čtrnácti dnech zrání. Ke statisticky průkazné změně u masa inklinujícího k DFD a masa s abnormalitou DFD nedošlo – průměrná hodnota síly stříhu jeden den postmortem byla 5,585 kg a po 14 dnech zrání 5,865 kg.

Tab. č. 18 - Základní hodnoty textury syrového masa

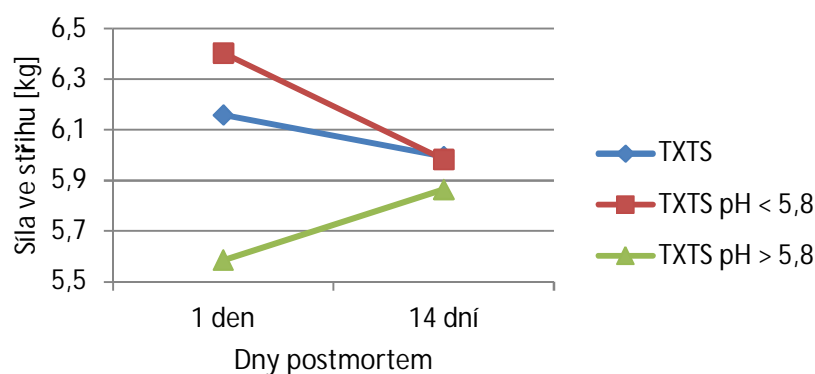
Ukazatel	n	\bar{x} [kg]	s_x	min [kg]	max [kg]
TXTS-1	129	6,158	1,378	3,487	9,956
TXTS-14	129	5,995	1,194	3,574	9,643
TXTS-1 (pH < 5,8)	88	6,403	1,331	3,977	9,816
TXTS-14 (pH < 5,8)	88	5,982	1,076	3,574	9,329
TXTS-1 (pH > 5,8)	41	5,585	1,500	3,487	9,956
TXTS-14 (pH > 5,8)	41	5,865	1,368	3,582	8,718

Změny hodnot textury syrové masa jsou uvedeny v grafu č. 25.

Tab. č. 19 - Rozdílnost hodnot textury syrového masa 1 a 14 dní postmortem

Porovnávané ukazatele	n	Hodnota t	P	Významnost
TXTS-1: TXTS-14	129	1,315	0,191	-
TXTS-1: TXTS-14 (pH < 5,8)	88	3,021	0,003	**
TXTS-1: TXTS-14 (pH > 5,8)	41	1,011	0,321	-

Graf č. 25 - Změny hodnot textury syrového masa během zrání



Purchas et al. (2002) jako průměrnou hodnotu síly stříhu hovězího masa zmiňuje 11,68 kg. Jeleníková et al. (2008) tvrdí, že síla stříhu masa býků českého strakatého skotu, kteří byli skupinově ustájeni je 5,25 kg.

Změny v textuře masa v průběhu zrání uvádí Silva et al. (1999) – jako počáteční hodnotu jeden den postmortem 15,2 kg, tři dny postmortem 11,6 kg a po třinácti dnech zrání 12,3 kg. Pro maso s abnormalitou DFD zmiňuje nižší hodnoty – 9,5 kg (jeden den postmortem), 5,9 kg (tři dny postmortem) a 6,0 kg (třináct dní postmortem). Neath et al. (2007) pro hodnotu pH_{ult} zmiňuje hodnoty 7,5 kg dva dny postmortem, 5,8 kg sedm dní postmortem a 5,4 kg po čtrnácti dnech zrání. Maher et al. (2004) potvrzuje pokles hodnot síly stříhu a to z 8,09 kg dva dny postmortem na 6,56 kg (7 dní postmortem) resp. 5,75 kg (14 dní postmortem). Vliv dlouhodobého zrání zjišťoval Nishimura et al. (1998) – pokles síly stříhu během 7 dnů zrání z 5,7 kg na 4,6 kg byl rychlejší, než během dalších 7 dnů zrání (tedy celkem 14) z hodnoty 4,6 kg na 3,9 kg.

Bratcher et al. (2005) tyto hodnoty uvádí nižší – 4,3 kg po sedmi dnech zrání resp. 3,92 kg po čtrnácti dnech zrání.

Pokles změn je dán dle Nishimury et al. (1998), Neatha et al. (2007), Silvy et al. (1999) a Mahera et al. (2004) především rozrušením aktinomyosinového komplexu proteolytickou enzymatickou aktivitou, čímž dojde ke snížení síly stříhu. Neath et al. (2007) uvádí, že míra aktivity těchto enzymů (calpainů) je ovlivněna počátečním poklesem pH – nejlépe na hodnotu 6,0 jeden a půl hodiny postmortem. Rychlejší pokles vede k inaktivaci calpainů, čímž je redukována proteolýza myofibrilárních bílkovin a následné křehnutí v průběhu zrání. Toto tvrzení dokládá rozložení hodnot v grafu č. 25, které naznačuje odlišnosti v textuře při různých hodnotách pH jeden den postmortem, které byly následně procesem zráním eliminovány. Vliv pH na hodnotu síly stříhu potvrzují Jeleníková et al. (2008), Hannula a Puolanne (2004) a Purchas et al. (1999, 2002).

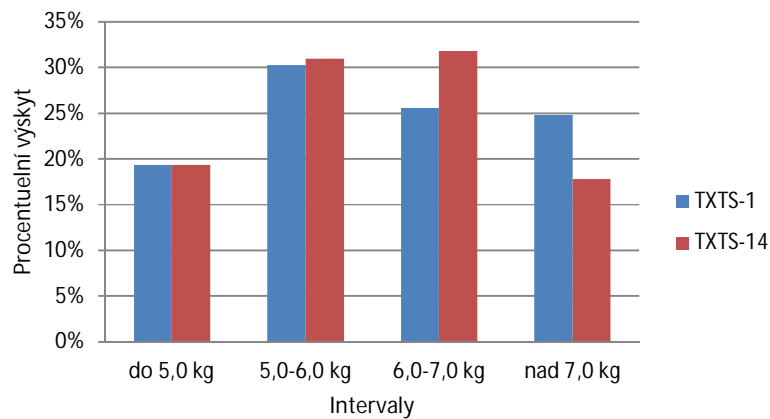
Rozdělení jednotlivých hodnot do intervalů je uvedeno v tabulce č. 20 a grafu č. 26. Toto rozdělení přibližně odpovídá třídění dle Destefanise et al. (2008), který hovězí maso rozděluje jako středně tuhé (síla stříhu 4,29–5,27 kg), tuhé (5,27–6,26 kg) a velmi tuhé (síla ve stříhu nad 6,26 kg).

Tab. č. 20 - Četnosti hodnot textury syrového masa dle intervalů

Intervaly	TXTS-1 [ks]	% podíl	TXTS-14 [ks]	% podíl	Δ [ks]*
do 5,0 kg	25	19,38 %	25	19,38 %	0
5,0–6,0 kg	39	30,23 %	40	31,01 %	1
6,0–7,0 kg	33	25,58 %	41	31,78 %	8
nad 7,0 kg	32	24,81 %	23	17,83 %	-9

* hodnota 14 dní po porážce - hodnota 1 den po porážce

Graf č. 26 - Intervaly hodnot textury syrového masa



Největší podíl vzorků – 30,23 % (39 ks) byl jeden den postmortem zaznamenán u masa hodnoceného jako tuhé. Po čtrnácti dnech zrání nejvíce vzorků vykazovalo hodnoty síly stříhu vykazující znaky velmi tuhého masa v intervalu od 6,0 do 7,0 kg, ve kterém došlo k nárůstu o 6,2 % (8 ks). Zároveň došlo ke snížení počtu vzorků, jejichž hodnota síly stříhu byla vyšší než 7 kg, a to o 6,98 % (9 ks). Žádná změna nebyla zaznamenána u středně tuhého masa, které se v celém souboru vyskytovalo v 19,38 % případů (tedy 25 ks).

Bratcher et al. (2005) zmiňuje, že jako dostačující doba pro zvýšení křehkosti hovězího masa je 14 dní, čímž se zamezí větší variantnosti v kvalitě nabízeného masa spotřebitelům. Nishimura et al. (1998) zjistil, že zvýšení křehkosti po této době dosahuje přibližně 17–23 %.

Statisticky nesignifikantní změny textury syrového masa celého souboru, masa inklinující k DFD a masa s abnormalitou DFD lze vysvětlit rychlostí degradace pojivových tkání v obalových částech svalových vláken (epimysium, endomysium, perimysium a sarkolema). Nishimura et al. (1998) při zjišťování vlivu posmrtných změn na obsah kolagenu v těchto částech svalu zjistil, že mezi prvním dnem postmortem, 7 dny zrání a 14 dny zrání není statisticky významný rozdíl a jeho obsah se pohybuje v rozmezí 300 mg / 100 g svalové tkáně po čtrnácti dnech zrání resp. 311 mg / 100 g svalové tkáně jeden den postmortem. Vliv stromatických bílkovin na hodnotu síly stříhu potvrzuje i Purchas et al. (2002).

Dále byla zjišťována závislost textury syrového masa na hodnotě pH, vaznosti přidané vody a barvě – parametru L*. Zjištěné hodnoty a významnosti korelační koeficientů jsou uvedeny v tabulce č. 21.

Tab. č. 21 - Závislost textury syrového masa na hodnotách pH, vaznosti přidané vody a L*

	pH-1		vaznost-1		L-1		pH-14		vaznost-14		L-14	
	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
TXTS-1	-0,281	**	-0,403	***	0,113	-	-0,329	**	-0,385	***	0,158	-
TXTS-14	0,010	-	-0,010	-	0,050	-	-0,007	-	-0,057	-	-0,161	-

n = 129

Byla potvrzena korelační závislost textury syrového masa jeden den postmortem (TXTS-1) na hodnotě pH a vaznosti přidané vody. Vliv parametru L* na křehkost masa byl statisticky nevýznamný ($P > 0,05$).

Následně byla pro tyto ukazatele použita lineární regresní analýza, přičemž byly zjištěny regresní rovnice popisující tuto závislost (viz tab. č. 22).

Tab. č. 22 - Regresní rovnice závislosti TXTS-1

Rovnice	R^2
$TXTS - 1 = 12,74 - 1,143 \cdot pH - 1$	0,079
$TXTS - 1 = 6,834 - 0,016 \cdot vaznost - 1$	0,1627

Vícenásobnou lineární regresní analýzou byla zjištěna závislost TXTS-14 na hodnotě vaznosti přidané vody a L* (vaznost-14, L-14). Tato závislost je popsána v tabulce č. 23. Lineární regresní závislost mezi výše uvedenými faktory lze posoudit jako nízkou ($R^2 \leq 0,3$) a vysvětluje pouhých 5 % síly stříhu 14 dní postmortem.

Tab. č. 23 - Závislost TXTS-14 na L-14 a vaznosti-14

	L-14	vaznost-14
n	129	129
r	-0,272	-0,204
R^2	0,056	
významnost	**	*

Tuto závislost popisuje následující rovnice, která vysvětluje 5 % ($R^2 = 0,056$) variabilitu textury syrového masa po 14 dnech zrání:

$$TXTS-14 = 9,8441 - 0,0068 \cdot vaznost-14 - 0,0926 \cdot L-14$$

Goňi et al. (2007) při posuzování závislosti síly stříhu zjistil závislost na hodnotě L* ($r = -0,42 *$). Závislost síly stříhu na parametru L* potvrzuje Fiems et al. (2000), udává korelační koeficient $r = -0,167$ ($P \leq 0,05$). Oba uvádějí, že další roli hraje především hodnota pH a protučnělost testovaného vzorku. V rámci sledovaného souboru nebylo tvrzení Goňiho et al. (2007) a Fiemse et al. (2000) potvrzeno, což je dáno především tím, že hodnota pH ovlivňuje vaznost a ta následně odrazivost světla, čímž přímo ovlivňuje hodnotu parametru L*.

Purchas et al. (1999, 2002) potvrzuje na hladině významnosti $P \leq 0,05$ závislost síly stříhu na hodnotě pH při indexu determinace $R^2 = 0,737$ a pro vyšší hodnotu pH udává i nižší hodnoty síly stříhu (negativní korelace). Jeleníková et al. (2008) zmiňuje pro závislost síly stříhu na pH korelační koeficient $r = 0,83 (**)$ v rozmezí hodnot pH 6,2–6,4. Hannula a Puolanne (2004) uvádějí závislost síly stříhu 5 dní postmortem na hodnotě pH jako vysokou ($r = 0,94$, $P = 0,002$) a pro lineární regresní rovnici ($Síla\ stříhu = -295,4 + 73,0 \cdot pH$) index determinace také jako vysoký ($R^2 = 0,871$).

5.6 Textura grilovaného masa

Průměrné hodnoty textury (síly stříhu) grilovaného masa jeden den postmortem dosahovaly 22,574 kg, po čtrnácti dnech zrání 14,885 kg. Vyšší hodnoty byly zaznamenány u masa s normální hodnotou pH – jeden den postmortem 24,710 kg a čtrnáct dní postmortem 16,209 kg. Nižší hodnoty oproti normálnímu hovězímu masu a celému souboru vykazovalo maso inklinující k DFD a s abnormalitou DFD – 17,903 kg (jeden den postmortem) resp. 12,034 kg (čtrnáct dní postmortem). Hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 24.

Tab. č. 24 - Základní hodnoty textury grilovaného masa

Ukazatel	n	\bar{x} [kg]	s_x	min [kg]	max [kg]
TXTG-1	129	22,574	6,339	5,796	37,581
TXTG-14	129	14,885	4,988	4,311	26,638
TXTG-1 (pH < 5,8)	88	24,710	4,854	8,164	37,581
TXTG-14 (pH < 5,8)	88	16,209	4,594	6,668	26,638
TXTG-1 (pH > 5,8)	41	17,903	6,862	5,796	29,182
TXTG-14 (pH > 5,8)	41	12,034	4,292	4,311	18,599

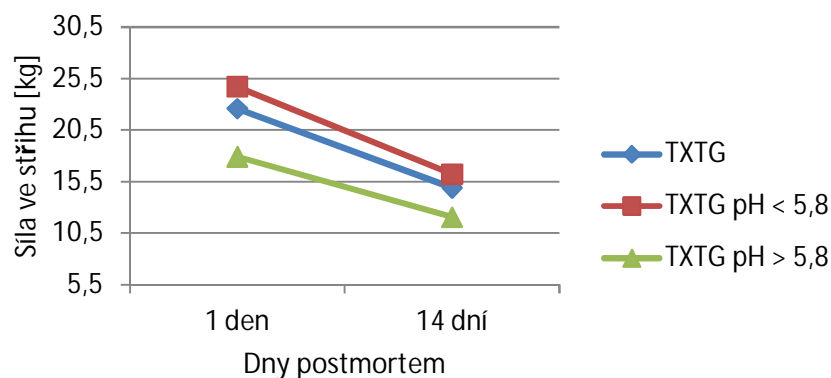
Změny textury grilovaného masa byly statisticky vysoce významné pro všechny sledované ukazatele – jak u celého souboru, tak u normální hovězího masa, ale i u masa inklinujícího k DFD a masa s abnormalitou DFD (viz tab. č. 25).

Pokles síly stříhu celého souboru po tepelné úpravě byl 7,689 kg. Nejvyšší pokles byl zaznamenán u normálního hovězího masa – 8,501 kg a nejnižší pokles u masa DFD (a inklinujícího k DFD) – 5,869 kg. Grafické znázornění je uvedeno v grafu č. 27.

Tab. č. 25 - Rozdílnost hodnot textury grilovaného masa 1 a 14 dní postmortem

Porovnávané ukazatele	n	Hodnota t	P	Významnost
TXTG-1: TXTG-14	129	18,683	0,001	***
TXTG-1: TXTG-14 (pH < 5,8)	88	16,532	0,001	***
TXTG-1: TXTG-14 (pH > 5,8)	41	8,171	0,001	***

Graf č. 27 - Změny hodnot textury grilovaného masa během zrání



Tento pokles potvrzuje Voříšková et al. (2010), která uvádí hodnoty textury tepelně upravených vzorků býků českého strakatého skotu jeden den postmortem 25,5 kg a následný pokles o 9,23–10,85 kg na hodnoty 14,65–16,27 kg po čtrnácti dnech zrání.

Vliv zrání na sílu stříhu hovězího masa zkoumal i Wheeler et al. (2007), který uvádí hodnoty síly stříhu po tepelné úpravě grilováním $25,1 \pm 8,6$ kg dva dny postmortem a následný pokles hodnot vlivem 14 dnů zrání na hodnotu $20,1 \pm 7,1$ kg.

Shackleford et al. (1999) hodnotí hovězí maso po tepelné úpravě jako křehké, pokud hodnota síly stříhu dosahuje do 20 kg, jako středně tuhé klasifikuje maso se silou stříhu 20–40 kg a jako tuhé maso se silou stříhu vyšší než 40 kg (toto odpovídá síle stříhu syrového masa $4,2 \pm 0,7$ kg, $5,5 \pm 0,8$ kg resp. $7,9 \pm 1,2$ kg). Tyto hodnoty stanovil na základě měření síly stříhu a následném senzoryckém hodnocení.

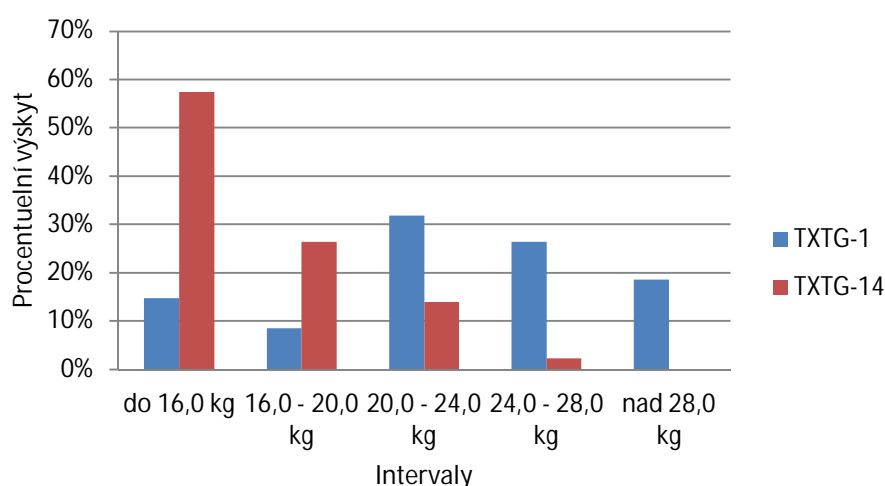
Tabulka č. 26 (graf č. 28) obsahuje rozdělení souboru vzorků do jednotlivých intervalů četností. Intervalů odpovídají rozdělení hovězího masa dle tuhosti po tepelné úpravě podle Shackleforda et al. (1999).

Tab. č. 26 - Četnosti hodnot textury grilovaného masa dle intervalů

Intervaly	TXTG-1 [ks]	% podíl	TXTG-14 [ks]	% podíl	Δ [ks]*
do 16,0 kg	19	14,73%	74	57,36%	55
16,0–20,0 kg	11	8,53%	34	26,36%	23
20,0–24,0 kg	41	31,78%	18	13,95%	-23
24,0–28,0 kg	34	26,36%	3	2,33%	-31
nad 28,0 kg	24	18,60%	0	0,00%	-24

* *TXTG-14 – TXTG-1*

Graf č. 28 - Intervaly hodnot textury grilovaného masa



Jeden den postmortem lze jako křehké (síla stříhu pod 20 kg) označit 23,26 % (30 ks) všech vzorků. Tato hodnota se po 14 dnech zrání zvýšila o 60,46 % (celkově se tedy jedná o 83,72 % resp. 108 ks).

Jako středně tuhé lze označit zbývající počet vzorků – jeden den postmortem se jednalo o 76,74 % (99 ks). Po čtrnácti dnech byl zaznamenán významný pokles, kdy střední hodnotu síly stříhu vykazovalo pouhých 16,28 % (21 ks).

Změny síly stříhu vlivem zrání potvrzují Silva et al. (1999), Nishimura et al. (1998), Neath et al. (2007) a Maher et al. (2004). Brunton et al. (2006) toto zdůvodňuje změnami myofibrilárních bílkovin. Teplo, které během grilování působí na aktinomyosinový komplex způsobuje denaturaci aktinu (Brunton et al. (2006) uvádí teplotu 70–90°C) a myosinu (40–60°C dle Bruntona et al., 2006). Přeměna kolagenu teplem je nejvyšší při teplotě cca 66°C a při teplotě 70–85°C dle Bruntona et al. (2006) a Powella et al. (2000) dochází k přeměně na želatinu, čímž se snižuje síla stříhu.

Ve sledovaném souboru tedy vždy došlo k přeměně kolagenu na želatinu (dle Nishimura et al. (1998) nedochází v prvních 14 dnech zrání ke statisticky významné degradaci kolagenu) tepelnou úpravou a změny hodnoty síly stříhu tepelně upravených vzorků v průběhu 14 denního zrání jsou způsobeny rozpadem aktinomyosinového komplexu. Toto tvrzení zmiňuje i Tornberg (2005). Zvýšení hodnoty síly ve stříhu po tepelné úpravě vysvětluje tím, že dochází k agregaci struktury aktinu a myosinu denurací a následně vlivem této změny struktury dochází k mírnému zkrácení filament.

Při posuzování závislosti hodnot síly stříhu tepelně upravených vzorků byla posuzována závislost na hodnotě pH, vaznosti přidané vody a odstínu barvy (L*). Pro všechny ukazatele existuje statisticky vysoce významná korelační závislost s výjimkou korelace mezi silou stříhu tepelně upravených vzorků po čtrnácti dnech zrání, kdy je tato závislost pouze statisticky významná. Hodnoty korelační koeficientů a shrnutí statistických významností je uvedeno v tabulce č. 27.

Tab. č. 27 - Závislost textury syrového masa na hodnotách pH, vaznosti přidané vody a L*

	pH-1		vaznost-1		L-1		pH-14		vaznost-14		L-14	
	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
TXTG-1	-0,646	***	-0,733	***	0,466	***	-0,722	***	-0,669	***	0,427	***
TXTG-14	-0,457	***	-0,554	***	0,211	*	-0,588	***	-0,607	***	0,208	*

n = 129

Následně provedená lineární regresní analýza potvrzuje střední lineární regresní závislost pro hodnoty pH-1 ($R^2 = 0,417$), pH-14 ($R^2 = 0,346$), vaznost-1 ($R^2 = 0,538$), vaznost-14 ($R^2 = 0,369$). Nízká regresní lineární závislost byla potvrzena pro hodnotu L-1 ($R^2 = 0,217$) a L-14 ($R^2 = 0,043$). Hodnoty včetně regresních rovnic jsou shrnuty v tabulce č. 28.

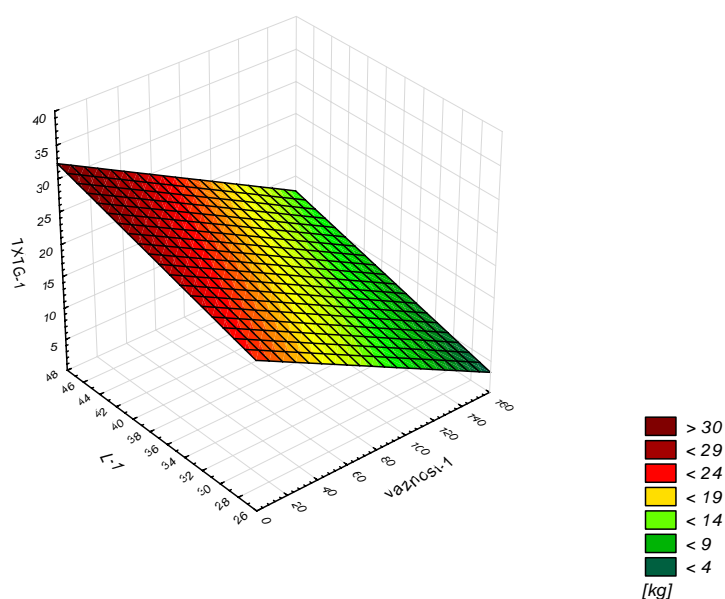
Tab. č. 28 - Regresní závislosti TXTG na pH, vaznosti přidané vody a L*

Rovnice	R²
<i>TXTG-1 = 92,075 - 12,068 . pH-1</i>	0,417
<i>TXTG-1 = 28,232 - 0,138 . vaznost-1</i>	0,538
<i>TXTG-1 = -17,939 + 1,093 . L-1</i>	0,217
<i>TXTG-14 = 62,744 - 8,308 . pH-14</i>	0,346
<i>TXTG-14 = 19,161 - 0,084 . vaznost-14</i>	0,369
<i>TXTG-14 = 0,295 . L-14</i>	0,043
<i>TXTG-14 = 53,606 - 6,723 . pH-1</i>	0,209
<i>TXTG-14 = 18,245 - 0,082 . vaznost-1</i>	0,306
<i>TXTG-14 = 0,390 . L-1</i>	0,045

Výše uvedené korelační koeficienty pro L* potvrdil Goñi et al. (2007) ($r = -0,42$; $P \leq 0,05$) a Fiems et al. (2002) ($r = -0,167$; $P \leq 0,05$). Závislost síly stříhu na hodnotě pH potvrzují Purchas et al. (1999, 2002), Jeleníková et al. (2008) (uvádí $r = 0,83$) a Hannula, Puolanne (2004), kteří zmiňují korelační koeficient $r = 0,94$.

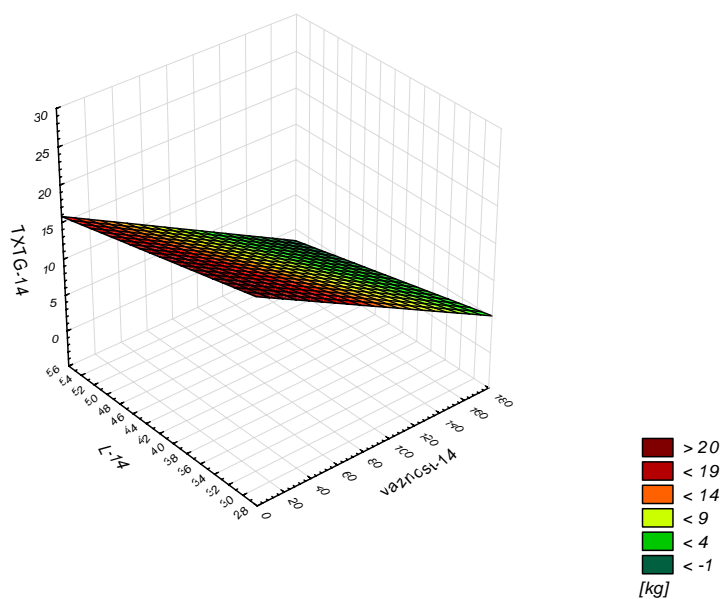
Dále byla pomocí vícefaktorové lineární regresní analýzy zjišťována závislost síly stříhu tepelně upraveného hovězího masa na parametru L* a vaznosti. Byly zjištěny regresní rovnice, které popisují hodnotu síly stříhu jeden a čtrnáct dní postmortem. Obě vykazují střední míru lineární regresní závislosti mezi sledovanými proměnnými. Znázornění této regrese je uvedeno na grafech č. 29 a č. 30. Příslušené regresní rovnice jsou uvedeny pod nimi.

Graf č. 29 - Závislost TXTG-1 na vaznost-1 a L-1



$$TXTG-1 = 11,865 + 0,425 \cdot L-1 - 0,123 \cdot vaznost-1 \quad (R^2 = 0,565)$$

Graf č. 30 - Závislost TXTG-14 na vaznost-14 a L-14



$$TXTG-14 = 29,492 - 0,244 \cdot L-14 - 0,097 \cdot vaznost-14 \quad (R^2 = 0,389)$$

Z uvedeného grafického řešení je patrné, že pokud jeden den postmortem bude maso tmavší (nižší hodnota L-1) a zároveň bude vykazovat vyšší vaznost (vaznost-1), lze s přibližně 56% ($R^2 = 0,565$) pravděpodobností tvrdit, že takovéto hovězí maso bude dosahovat nižší síly stříhu a lze jej hodnotit jako křehčí.

Po čtrnácti dnech zrání je patrné, že vliv barvy ovlivňuje sílu stříhu především v rozmezí hodnot 4–9 kg a závisí především na dosažené vaznosti (čím bude vyšší, tím bude nižší síla stříhu).

5.7 Nákladový model

Pro předpokládané zvýšení nákladů na hovězí maso spojených s procesem zrání byla vybrána maloobchodní prodejna – řeznictví, které by chtělo nabízet kvalitnější a spotřebitelem lépe hodnocené české hovězí maso.

Zjišťováno bylo zvýšení přímých nákladů na úchovu menšího množství vakuově baleného hovězího masa při zajištění optimálních podmínek zrání masa (2–4°C a 80 % relativní vlhkost). Do celkového vyjádření přímých nákladů jsou zahrnuty jak náklady na elektřinu, tak náklady na pořízení chladicího zařízení, ve kterém by byly steaky uchovávány a dále i náklady na pořízení komorové vakuovací baličky. Všechny uvedené peněžní vyjádření jsou bez daně z přidané hodnoty.

V rámci předběžné kalkulace přímých nákladů nejsou zahrnuty mzdové náklady (nutná manipulace s masem při vakuování a uložení do chladicího zařízení) a náklady nutné pro splnění legislativních požadavků (především pro splnění vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 202/2003 Sb. o veterinárních požadavcích na čerstvé maso, mleté maso, masné polotovary a masné výrobky).

5.7.1 Náklady na technické vybavení

Jako chladicí zařízení byla zvolena gastronomická chladnička s cirkulací vzduchu Liebherr GKPv 6570 ProfiLine. Základní specifikace chladničky jsou uvedeny v tabulce č. 29. Průměrná cena na českém trhu činila ke dni 17. 4. 2012 65 893 Kč (Heureka.cz, 2012).

Tab. č. 29 - Základní parametry chladicího zařízení

Liebherr GKPv 6570	
Vnější rozměry [v x š x h, cm]	215 x 70 x 83
Vnitřní rozměry [v x š x h, cm]	155 x 51 x 65
Využitelný vnitřní objem [l]	513
Spotřeba elektřiny za 24h [kWh]	1,047
Rozsah vnitřních teplot [°C]	1–15
Rozsah provozních teplot [°C]	16–40
Materiál stěn	chromniklová ocel
Počet chladících oddělení	5
Zatížitelnost jednoho oddělení [kg]	60
Hmotnost [kg]	118

Zdroj: Liebeherr.com, 2012

Vakuovací balicí zařízení slouží ke zvýšení údržnosti masa v průběhu procesu zrání. Jako obalový materiál byly uvažovány polyamidové/polypropylenové vrstvené sáčky (rozměr 250 x 200 mm), cena za 1000 ks ke dni 17. 4. 2012 činila 1 392 Kč (Gastroform, 2012). Do kalkulace nejsou zahrnuty náklady na etikety, kterými musí být jednotlivá balení opatřena. Byla zvolena komorová vakuovací balička fi. Victor Buzcel International model VAC-260 jejíž parametry jsou uvedeny v tabulce č. 31. Cena pořízení byla ke dni 17. 4. 2012 31 990 Kč (Ráj gastronomie, 2012).

Tab. č. 30 - Základní parametry vakuovací baličky

VAC-260	
Rozměry komory [š x h x v, mm]	385 x 280 x 50
Délka svářecí lišty [mm]	260
Hloubka [mm]	315
Výkon vakuové pumpy [m ³ /hod]	12
Spotřeba el. energie [kWh]	0,37
Hmotnost [kg]	36

Zdroj: Victroprofi.pl, 2012

V rámci předběžné kalkulace je uvažováno 80 % využití vnitřního prostoru, což odpovídá 240 kg z celkových 300 kg využitelné kapacity chladničky. Konkrétní využití chladicího boxu stejně tak i volba konkrétního typu závisí především na rychlosti obratu daného zboží, na základě čehož lze stanovit potřebný skladovací prostor.

Pro výpočet přímých nákladů je uvažován roční prodej 260 kg masa z hovězího roštěnce prodávaného ve spotřebitelském balení o hmotnosti 0,5 kg. Shrnutí materiálových a technologických nákladů je v tabulce č. 31.

Z důvodu ročního prodeje 260 kg (tedy 520 ks spotřebitelských balení) odpovídá týdenní využití chladicího boxu 10 kg zabaleného a zrajícího roštěnce (4 % celkové kapacity chladicího zařízení – z tohoto důvodu je odpis chladničky vztažen jen k 4 % její ceny), při prodeji jednoho balení je uvažováno okamžité doplnění do výše uvedeného skladovaného množství, ve kterém probíhá proces zrání. Lineární odepisování s nulovou zůstatkovou cenou bylo stanoveno pro chladničku Liebherr GKPv 6570 a vakuovací baličku VAC-260 na dobu 5 let.

Tab. č. 31 - Souhrn přímých nákladů na materiálové a technické vybavení

Materiálové náklady	ks	Cena za ks	Cena celkem
Vakuovací sáčky [ks]	520	1,39 Kč	723,84 Kč
Roční odpis Liebherr GKPv 6570	1	549,11 Kč	549,11 Kč
Roční odpis VAC-260	1	6 398,00 Kč	6 398,00 Kč
CELKEM			7628,71 Kč
Celkem na 1 balení (0,5 kg)			15,26 Kč
Celkem na 1 kg			31,79 Kč

5.7.2 Náklady na elektrickou energii

Jako dodavatel elektrické energie byla zvolena firma E.ON Česká republika s.r.o., z jejíž nabídky byl zvolen jednotarifní produkt E.ON StandardPower se sazbou C 02d, hodnota hlavního jističe byla zvolena dle ceníku firmy E.ON v rozmezí hodnot 16A–20A. Ceny za jednotlivé složky elektrické energie jsou uvedeny v tabulce č. 32. Cena za 1 MWh (megawatthodinu) měsíčně činí 4675,72 Kč, což odpovídá ceně za 1 kWh (kilowatthodinu) měsíčně 4,68 Kč.

Tab. č. 32 - Měsíční náklady elektrické energie

Ukazatel	Cena
Cena za dodávku elektřiny [Kč/MWh]	1 747,00 Kč
Stálý měsíční plat za dodávku elektřiny [Kč/měsíc]	48,00 Kč
Spotřební daň z elektřiny [Kč/MWh]	28,30 Kč
Cena za distribuované množství [Kč/MWh]	2 204,45 Kč
Měsíční plat za příkon dle hodnoty hlavního proudového jističe před elektroměrem - nad 3x16A do 3x20A [Kč/měsíc]	78,00 Kč
Cena za systémové služby [Kč/MWh]	144,00 Kč
Cena za podporu výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů [Kč/MWh]	419,22 Kč
Cena za činnost operátora na trhu s elektřinou [Kč/MWh]	6,75 Kč
CELKEM za 1 MWh/měsíc	4 675,72 Kč
CELKEM za 1 kWh/měsíc	4,68 Kč

Náklady na elektrickou energii vztažené k použitým spotřebičům a využitému prostoru jsou uvedeny v tabulce č. 33.

Tab. č. 33 - Náklady elektrické energie na 1 kg skladového hovězího masa

Náklady elektrické energie	Spotřeba [kWh]	Cena za jednotku	Cena celkem
Spotřeba chladničky (rok)	382,155	4,68 Kč	1 786,85 Kč
Modifikovaná spotřeba chladničky (započtení otevření dveří, naskladnění nového zboží) (rok)	496,802	4,68 Kč	2 325,03 Kč
Roční modifikovaná spotřeba chladničky s ohledem na využitý prostor (+ 20 %)	20,700	4,68 Kč	96,88 Kč
Spotřeba vakuovací baličky (30 s pro zabalení 1 balení)	1,603	4,68 Kč	7,50 Kč
CELKEM	20,711		104,38 Kč
Celkem na 1 balení (0,5 kg)	0,400		0,20 Kč
Celkem na 1 kg	0,800		0,42 Kč

5.7.3 Shrnutí nákladových položek

Celkové shrnutí přímých nákladů je znázorněno v tabulce č. 34. Při ročním prodeji 260 kg vyzrálého hovězího roštěnce – tedy 520 ks spotřebitelského balení (0,5 kg) dojde ke zvýšení přímých nákladů z důvodu delšího skladování a dodatečného balení o 14,95 Kč. Započtením 15% obchodní marže dojde ke zvýšení prodejní ceny o 17,19 Kč resp. 19,6 Kč s DPH.

Tab. č. 34 - Celkové zvýšení přímých nákladů při dodržení 14 dnů zrání hovězího masa

Celkové náklady	Počet jednotek	Cena za jednotku	Cena celkem
Elektrická energie [kWh]	20,711	4,68 Kč	96,93 Kč
Obalový materiál [ks]	520	1,39 Kč	722,80 Kč
Liebherr GKPv 6570 (roční odpis)	1	549,11 Kč	549,11 Kč
VAC-260 (roční odpis)	1	6 398,00 Kč	6 398,00 Kč
CELKEM			7 774,29 Kč
Celkem na 1 balení (0,5 kg)			14,95 Kč
Celkem na 1 kg			29,90 Kč

Je otázkou na kolik je existující dogma o tužším hovězím mase, které popisuje Štiková (2004) mezi spotřebiteli stále rozšířené a jestli by byli ochotni akceptovat zvýšenou cenu hovězího roštěnce určeného pro tepelnou úpravu grilováním, přičemž by maso bylo dostatečně vyztřálé a tedy křehčí.

6. Souhrn a závěr

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv zrání masa na vybrané fyzikální ukazatele (pH, vaznost přidané vody, barva a textura – síla stříhu). Práce je zaměřena především na vyhodnocení změn těchto ukazatelů. Dále bylo zjišťováno, zda se tyto ukazatele vzájemně ovlivňují a jaká míra závislosti mezi nimi existuje.

Data byla zpracována pomocí programu Microsoft Excel 2010 a StatSoft Statistica 10.0. Vyhodnocení síly stříhu proběhlo programem Exponent. Pro posouzení vlivu zrání masa na vybrané fyzikální ukazatele byl použit párový t-test. Závislosti mezi jednotlivými proměnnými byly zjišťovány korelační a lineární regresní analýzou.

pH

Průměrná hodnota pH jeden den po porážce činila 5,759. Po čtrnácti dnech zrání došlo v průměru ke zvýšení o 0,001 na hodnotu pH 5,76. Jeden den po porážce dosahovalo 68,21 % (88 ks) hodnot pH pro normální hovězí maso ($\text{pH} < 5,8$). Čtrnáct dní po porážce jako normální hovězí maso bylo klasifikováno 70,54 % (91 ks) vzorků.

Změny pH v průběhu zrání v rámci celého souboru nebyly statisticky významné. Vliv zrání nebyl statisticky potvrzen jak při porovnání hodnot pH jeden den po porážce a po 14 dnech zrání u normálního masa ($\text{pH} < 5,8$), tak při porovnání stejných hodnot u masa inklinujícího k vadě DFD a masa s vadou DFD ($\text{pH} > 5,8$ resp. 6,2). Rozdíl hodnot pH normálního masa činil 0,02 u pH po 14 dnech zrání oproti pH jeden den postmortem (došlo ke zvýšení), zatímco u hodnot pH masa inklinujícího k DFD a masa DFD došlo ke snížení o 0,02.

Vaznost přidané vody

Průměrná dosažená vaznost jeden den po porážce byla 41,046 %, po čtrnácti dnech zrání 56,089 %. Byla potvrzena statisticky významná rozdílnost u změny vaznosti celého souboru vzorků, kdy došlo k průměrnému zvýšení vaznosti přidané vody čtrnáct dní postmortem o 15,043 %. U normálního hovězího masa ($\text{pH} < 5,8$) došlo ke zvýšení vaznosti přidané vody o 14,806 % resp. o 14,136 % u masa inklinujícího k abnormalitě DFD a masa s abnormalitou DFD.

Nízkou vaznost (pod 20 %) vykazovalo jeden den po porážce 17,05 % (22 ks) vzorků, zatímco čtrnáct dní po porážce pouhých 2,33 % (3 ks). Normální vaznost (20–40 %) vykazovala nadpoloviční většina vzorků – 57,36 %, tj. 74 ks (1 den po porážce) resp. 51,16 %, tj. 66 ks (po 14 dnech zrání). Rapidní zvýšení četností výskytu (o 20,93 %, 27 ks) bylo zaznamenáno u skupiny s vysokou vazností (nad 40 %).

Lineární regresní závislost vaznosti přidané vody na hodnotě pH byla jak jeden den po porážce, tak čtrnáct dní po porážce vyhodnocena jako vysoká ($R^2 = 0,760$ resp. $R^2 = 0,771$). Zároveň byly jako statisticky vysoce významné vyhodnoceny korelační koeficienty mezi pH a vazností přidané vody jeden den po porážce ($r = 0,872$ ***) a čtrnáct dní po porážce ($r = 0,879$ ***)).

Barva

Průměrný odstín (L^*) vykazoval jeden den postmortem hodnotu 37,073 a čtrnáct dní postmortem hodnotu 37,453. Červené spektrum (a^*) jeden den po porážce dosahovalo hodnoty 6,177; po čtrnácti dnech zrání 7,589 a žluté spektrum (b^*) 5,682 jeden den postmortem resp. 7,228 čtrnáct dní postmortem. Jako statisticky vysoce významná byla hodnocena změna parametru a^* , a to jak u celého souboru (zvýšení o 1,412), tak i u normálního masa ($pH < 5,8$; zvýšení o 1,446) a masa inklinujícího k DFD vč. masa s abnormalitou DFD ($pH > 5,8$; zvýšení o 1,632). Byl prokázán vliv zrání na parametr b^* (žluté spektrum), přičemž v rámci celého souboru došlo ke zvýšení o 1,546. U hovězího masa s normálním pH se hodnota b^* zvýšila o 1,533, zatímco u masa inklinujícího k DFD a masa s abnormalitou DFD došlo ke zvýšení o 1,783.

Pomocí korelační analýzy bylo zjištěno, že ukazatele L^* 1 den postmortem ($r = -0,479$), po 14 dnech zrání ($r = -0,570$); b^* 1 den postmortem ($r = -0,591$) a po 14 dnech zrání ($r = -0,607$); a^* 1 den postmortem ($r = -0,478$) a po 14 dnech zrání ($r = -0,503$) vykazují statisticky vysoce významnou míru závislosti na hodnotách pH.

Textura syrového masa

Jeden den po porážce byla zjištěna průměrná hodnota textury 6,158 kg celého souboru vzorků, po čtrnácti dnech zrání byl zaznamenán statisticky nevýznamný

pokles o 0,163 kg na hodnotu 5,995 kg. Maso s normální hodnotou pH ($\text{pH} < 5,8$) jeden den po porážce vykazovalo průměrnou hodnotu síly stříhu 6,403 kg a byl zaznamenán statisticky velmi významný pokles o 0,422 kg na hodnotu 5,982 kg po čtrnácti dnech zrání. Ke statisticky průkazné změně u masa inklinujícího k DFD a masa s abnormalitou DFD nedošlo – průměrná hodnota síly stříhu jeden den postmortem byla 5,585 kg a po 14 dnech zrání 5,865 kg.

Byla potvrzena korelační závislost textury syrového masa jeden den postmortem a po čtrnácti dnech zrání na hodnotě pH a vaznosti přidané vody. Vliv parametru L^* na křehkost masa byl statisticky nevýznamný ($P > 0,05$).

Textura tepelně upraveného masa

Průměrná textura (síla stříhu) grilovaného masa jeden den postmortem dosahovala hodnoty 22,574 kg, po čtrnácti dnech zrání 14,885 kg. Vyšší hodnoty byly zaznamenány u masa s normální hodnotou pH (pod 5,8) – jeden den postmortem 24,710 kg a čtrnáct dní postmortem 16,209 kg. Nižší hodnoty oproti normálnímu hovězímu masu a celému souboru vykazovalo maso inklinující k DFD a s abnormalitou DFD ($\text{pH} > 5,8$) – 17,903 kg (jeden den postmortem) resp. 12,034 kg (čtrnáct dní postmortem). Tyto změny byly statisticky vysoce významné pro celý sledovaný soubor, pro normální hovězí maso ($\text{pH} < 5,8$) a pro maso inklinující k DFD a maso DFD ($\text{pH} > 5,8$).

Bylo zjištěno, že textura tepelně upraveného masa má statisticky významnou korelační závislost na ukazateli pH, vaznosti a parametru odstínu (L^*) a to jak jeden den po porážce, tak i po čtrnácti dnech zrání.

Následně provedená lineární regresní analýza potvrzuje střední lineární regresní závislost pro hodnoty pH-1 ($R^2 = 0,417$), pH-14 ($R^2 = 0,346$), vaznost-1 ($R^2 = 0,538$), vaznost-14 ($R^2 = 0,369$). Nízká regresní lineární závislost byla potvrzena pro hodnotu L-1 ($R^2 = 0,218$) a L-14 ($R^2 = 0,0432$).

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že v průběhu zrání hovězího masa, došlo ke změnám v jeho fyzikálních parametrech.

V průběhu čtrnácti dnů zrání se prokázala změna barvy hovězí masa v červeném (a^*) a žlutém spektru (b^*) přičemž změna zráním zvýraznila tyto odstíny. Vzorky měly výraznější červené zbarvení. Hodnoty světlosti (L^*) nevykázaly statisticky průkazné změny.

Změna textury tepelně upravených vzorků byla statisticky vysoce významná, došlo k výraznému zlepšení texturních vlastností vzhledem k poklesu síly stříhu, na základě čehož lze potvrdit, že hovězí maso vyztřelé po dobu 14 dnů je vhodnější ke konzumaci spotřebiteli.

Při posuzování závislosti mezi vazností, hodnotou světlosti a texturou tepelně upravených vzorků byla zjištěna střední závislost. Z toho vyplývá, že spotřebitel může očekávat, u tmavšího výsekového hovězího masa z mladého býka, maso s vyšší křehkostí. Z pohledu výrobce masných výrobků lze očekávat v případě tmavšího hovězího masa s vyšší hodnotou vaznosti omezenou využitelnost z důvodu snížené údržnosti.

Byl prokázán významný vliv zrání na vaznost přidané vody, která se po 14 dnech zrání zvýšila. Maso s vyšší vazností je vhodné pro použití v masných výrobcích s kratší trvanlivostí (z důvodu zhoršené údržnosti), protože díky zvýšené vaznosti dochází ke zvýšení soudržnosti výsledného produktu.

Při sledování závislosti vaznosti přidané vody na pH se prokázalo, že vaznost je vysoce závislá na hodnotě pH, lze tedy říci, že čím je vyšší hodnota pH, tím vyšší je i vaznost přidané vody.

Vyztřelé hovězí maso má po tepelné úpravě zlepšené parametry textury a lepší barvu – je více červené. Pro spotřebitele se takovéto hovězí maso stává atraktivnější, a pokud by se dostatečně vyztřelé maso pravidelně objevovalo v nabídce maloobchodních prodejen, pravděpodobně by došlo k pozvolnému zvýšení spotřeby hovězího masa, především v důsledku odstranění horších kvalitativních znaků vnímaných spotřebitelem.

Spotřebitelé by měli být při nákupu hovězího masa informováni (případně se sami aktivně zajímat) o kategorii skotu (mladý býk, býk, jalovice, kráva),

ze které daný produkt pochází. Na základě této informace se mohou rozhodnout, zda je pro ně případná kvalita akceptovatelná – z uvedeného výzkumu vyplývá, že v případě mladých, intenzivně vykrmovaných býků značí tmavší barva masa lepší texturní vlastnosti a maso je po tepelné úpravě oproti světlejšímu masu více křehké a to jak jeden den po porážce, tak po 14 dnech zrání.

Vzhledem ke zvýšení nákladů, které jsou nutně spojené s prodloužením skladování – jak zvětšení skladovacího prostoru, tak energetická náročnost, ale i obalový materiál a zvýšené mzdové náklady, není v současné době možné zhodnotit, jakým způsobem by spotřebitelé na zvýšení ceny (ale zároveň i zvýšení kvality) reagovali a zda by toto opatření nezpůsobilo další propad ve spotřebě hovězího masa. Pro získání těchto informací by bylo nutné provést marketingový výzkum tohoto tržního segmentu.

Jako vhodnou alternativou se díky legislativním změnám jeví možnost domácí porážky skotu. Problematická je formulace této legislativní úpravy, protože takto získané maso může pro svou domácí spotřebu využít pouze chovatel a není možné jej prodávat spotřebitelům. Jedná se tedy o značné omezení chovatele, který nemůže své výrobky přímo sám distribuovat, na druhou stranu toto omezení má chránit spotřebitele, především z hlediska možné alimentární intoxikace.

7. Použitá literatura

- ABRIL M., M. M. CAMPO a A. ÖNENC et al. Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2001, vol. 58, issue 1, p. 69-78. ISSN 0309-1740.
- ANDERSON, M. J., S.M. LONERGAN a E. HUFF-LONERGAN. Myosin light chain 1 release from myofibrillar fraction during postmortem aging is a potential indicator of proteolysis and tenderness of beef. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2012, vol. 90, issue 2, p. 345-351. ISSN 0309-1740.
- BERIAIN M. J., M. V. GOÑI, G. INDURAIN, M. V. SARRIÉS a K. INSAUSTI. Predicting *Longissimus dorsi* myoglobin oxidation in aged beef based on early post-mortem colour measurements of the carcass as a colour stability index. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2009, vol. 81, issue 3, p. 439-445. ISSN 0309-1740.
- BRATCHER, C. L., D. D. JOHNSON, R.C. LITTELL a B. L. GWARTNEY. The effects of quality grade, aging and location within muscle on Warner-Bratzler shear force in beef muscles of locomotion. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2005, vol. 70, issue 2, p. 279-284. ISSN 0309-1740.
- BREWER M. S. a J. NOVAKOFSKI. Cooking rate, pH and final endpoint temperature effects on color and cook loss of a lean ground beef model system. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 1999, vol. 52, issue 4, p. 443-451. ISSN 0309-1740.
- BRUNTON N. P., J. G. LYNG, L. ZHANG a J. C. JACQUIER. The use of dielectric properties and other physical analyses for assessing protein denaturation in beef *biceps femoris* muscle during cooking from 5°C to 85°C. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2006, vol. 72, issue 2, p. 236-244. ISSN 0309-1740.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 202/2003 Sb., O veterinárních požadavcích na čerstvé maso, mleté maso, masné polotovary a masné výrobky. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2003. Dostupné z: <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb03202&cd=76&typ=r>

ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 326/2001 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), g), h), i) a j) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, pro maso, masné výrobky, ryby, ostatní živočichy a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2001. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_vyhlaska-2001-326-potraviny.html

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *3004-11 Spotřeba potravin 2010: Tab. 1 Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů (na obyvatele za rok)* [online]. 2011a [cit. 2011-10-03]. Dostupné z: [http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/53004FB2E0/\\$File/30041101.xls](http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/53004FB2E0/$File/30041101.xls)

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *3004-11 Spotřeba potravin 2010: Náplň publikovaných položek* [online]. 2011b [cit. 2011-10-03]. Dostupné z: [http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/53004FB2DC/\\$File/300411nc.pdf](http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/53004FB2DC/$File/300411nc.pdf)

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *3014-01 Retrospektivní údaje o spotřebě potravin v letech 1920 2006: Tab.1d: Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů v letech 1987 až 2006* [online]. 2008a [cit. 2011-10-03]. Dostupné z: [http://www.czso.cz/csu/2008edicniplan.nsf/t/950035376D/\\$File/301408_01d.xls](http://www.czso.cz/csu/2008edicniplan.nsf/t/950035376D/$File/301408_01d.xls)

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *3014-01 Retrospektivní údaje o spotřebě potravin v letech 1920 2006: Stručný komentář* [online]. 2008b [cit. 2011-10-03]. Dostupné z: [http://www.czso.cz/csu/2008edicniplan.nsf/t/950025F81E/\\$File/301408_c.pdf](http://www.czso.cz/csu/2008edicniplan.nsf/t/950025F81E/$File/301408_c.pdf)

DESTEFANIS G., A. BRUGIAPAGLIA, M. T. BARGE a E. Dal MOLIN. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2008, vol. 78, issue 1, p. 153-156. ISSN 0309-1740.

- EUROSTAT. *Consumption of certain foodstuffs per inhabitant* [online]. 1-2012 [cit. 2012-03-03]. Dostupné z: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do?jsessionid=9ea7d07e30da42f0138d1f35451fb47efe9b75842aa9.e34OaN8Pc3mMc40Lc3aMaNyTaxaSe0?tab=table&plugin=0&pcode=tsdpc330&language=en>
- FIEMS L. O., S. De CAMPENEERE a S. De SMET et al. Relationship between fat depots in carcasses of beef bulls and effect on meat colour and tenderness. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2000, vol. 67, issue 2, p. 403-408. ISSN 0309-1740.
- GASTROFORM. *Hladké vakuové sáčky pro komorové vakuové baličky* [online]. 2012 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.profikuchyne.cz/hladke-vakuovaci-sacky/250-vyska-200-mm/>
- GOŇI M. V., M. J. BERIAIN, G. INDURAIN a K. INSAUSTI. Predicting *longissimus dorsi* texture characteristics in beef based on early post-mortem colour measurements. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2007, vol. 79, issue 1, p. 38-46. ISSN 0309-1740.
- GRAU R. a R. HAMM. Eine einfache methode zur bestimmung der wasser bindung in muskel. *Neturwissanschaften*. 1953, vol. 40, no. 1, p. 29-30. ISSN 1432-1904.
- HANULLA T. a E. PUOLANNE. The effect of cooling rate on beef tenderness: The signifikance of pH at 7 °C. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2004, vol. 67, issue 2, p. 403-408. ISSN 0309-1740.
- HEUREKA.CZ. *Liebherr GKPv 6570* [online]. 17. 4. 2012 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://vitriny-vinoteky.heureka.cz/liebherr-gkpv-6570/>
- HUFF-LONERGAN E. a S. M. LONERGAN. Mechanism of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2005, vol. 71, issue 1, p. 194-204. ISSN 0309-1740.
- HUI, Y et al. *Meat science and applications*. New York: Marcel Dekker, 2001, 710 p. ISBN 08-247-0548-3.

- HUIDOBRO, F. R., E. MIGUEL, E. ONEGA a B. BLÁZQUEZ. Changes in meat quality characteristics of bovine meat during the first 6 days post mortem. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2003, vol. 65, issue 4, p. 1439-1446. ISSN 0309-1740.
- HWANG, I. H., B. Y. Park, S. H. CHO a J.M. LEE. Effects of muscle shortening and proteolysis on Warner-Bratzler shear force in beef *longissimus* and *semitendinosus*. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2004, vol. 68, issue 3, p. 497-505. ISSN 0309-1740.
- ILIAN, M. A., A. El-Din BEKHIT a R. BICKERSTAFFE. The relationship between meat tenderization, myofibril fragmentation and autolysis of calpain 3 during post-mortem aging. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2004, vol. 66, issue 2, p. 387-397. ISSN 0309-1740.
- IMMONEN K., M. RUUSUNEN a E. PUOLANNE. Some effects of residual glykogen concentration on the physical and sensory quality of normal pH beef. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2000, vol. 55, issue 1, p. 33-38. ISSN 0309-1740.
- INGR, I. *Technologie živočišných výrobků II: Návody do cvičení*. Praha: SPN, 1977, 100 s.
- INGR, I. *Technologie masa*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1996, 273 s. ISBN 80-715-7193-8.
- INGR, I. *Produkce a zpracování masa*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003a, 202 s. ISBN 80-715-7719-7.
- INGR, I. Zrání masa a jeho praktický význam. *Výživa a potraviny: časopis Společnosti pro výživu*. Praha: Výživaservis s. r. o., 2003b, roč. 58, č. 5, s. 147-148. ISSN 1211-846X.
- JELENÍKOVÁ J., P. PIPEK a L. STARUCH. The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2008, vol. 80, issue 1, p. 870-874. ISSN 0309-1740.

- JONES, S., C. CALKINS a B. CARPENTER et al. UNIVERSITY OF NEBRASKA, Lincoln Institute of Agriculture and Natural Resources. *Bovine Myology* [online]. 2004 [cit. 2012-03-01]. Dostupné z: <http://bovine.unl.edu>
- KADLEC, P., K. MELZOCH a M. VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2009, 536 s. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.
- KERRY, J. a D. LEDWARD. *Meat processing: improving quality*. 1st published. Cambridge: Woodhead Publishing, 2002, 464 p. ISBN 978-185-5735-835.
- KRYSTALLIS, A. a I. ARVANITTOYANNIS. Investigating the concept of meat quality from the consumers' perspective: The case of Greece. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2006, vol. 72, issue 1, p. 164-176. ISSN 0309-1740.
- KVAPILÍK, J., Z. RŮŽIČKA a P. BUCEK et al. *Ročenka - Chov skotu v České republice: Hlavní výsledky a ukazatele za rok 2010*. Praha: Český svaz chovatelů masného skotu, 2011, 96 s. ISBN 978-80-904131-6-0.
- LAWRIE, R. A. a D. LEDWARD. *Lawrie's meat science*. 7. ed. Boca Raton, Fla. [u.a.]: CRC Press, 2006, 442 p. ISBN 08-493-8726-4.
- LIEBHERR. *Liebherr GKPv 6570* [online]. 2012 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: http://www.liebherr.com/HGG/en-GB/region-DE/products_hgg.wfw/id-492313-0_6506-2
- LINDAHL G. Colour stability of steaks from large beef cuts aged under vacuum or high oxygen modified atmosphere. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2011, vol. 87, issue 2, p. 428-435. ISSN 0309-1740.
- LORENZEN, C. L., C. R. CALKINS, M. D. GREEN et al. Efficacy of performing Warner-Bratzler and slice shear force on the same beef steak following rapid cooking. *Meat science*. London: Elsevier Applied Science, 2010, vol. 85, issue 4, p. 792-794. ISSN 0309-1740.

- MAHER S. C., A. M. MULLEN a A. P. MOLONEY et al. Colour, composition and eating quality of beef from progeny of two Charolais sires. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2004, vol. 67, issue 1, p. 73-80. ISSN 0309-1740.
- NEATH, K.E., A.N. Del BARRIO a R.M. LAPITAN et al. Difference in tenderness and pH decline between water buffalo meat and beef during aging. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2007, vol. 75, issue 3, p. 499-505. ISSN 0309-1740.
- NISHIMURA T., A. LIU, A. HATTORI a K. TAKAHASHI. Changes in mechanical strenght of intramuscular connective tissue during postmortem aging of beef. *Journal of animal science*. 1998, vol. 76, no. 2, p. 528-532. ISSN 1525-3163.
- NOLLET, L. M., T. BOYLSTON a F. CHEN. *Handbook of meat, poultry and seafood quality*. 1st ed. Ames, Iowa: Blackwell Pub., 2007, 719 p. ISBN 9780813824468.
- PAGE, J. K., D. M. WULF a T. R. SCHWOTZER. A survey of beef muscle color and pH. *Journal of animal science*. 2001, vol. 79, no. 3, p. 678-687. ISSN 1525-3163.
- PIPEK, P. a D. JIROTKOVÁ. *Hodnocení jakosti, zpracování a zbožiznalství živočišných produktů*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2001, 136 s. ISBN 80-704-0490-6.
- PÖSÖ, A. R. a E. PUOLANNE. Carbohydrate metabolism in meat meat animals. *Meat science*. London: Elsevier Applied Science, 2005, vol. 70, issue 3, p. 423-434. ISSN 0309-1740.
- POWELL T. H., M. C. HUNT a M. E. DIKEMAN. Enzymatic assay to determine collagen thermal denaturation and solubilization. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2006, vol. 54, issue 4, p. 307-311. ISSN 0309-1740.
- PUOLANNE E. a M. HALONEN. Theoretical aspects of water-holding in meat. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2010, vol. 86, issue 1, p. 151-165. ISSN 0309-1740.

- PURCHAS R.W., X. YAN a D. G. HARTLEY. The influence of a period of ageing on the relationship between ultimate pH and shear values of beef *m. longissimus thoracis*. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 1999, vol. 51, issue 1, p. 135-141. ISSN 0309-1740.
- PURCHAS R. W., D. L. BURNHAM a S. T. MORRIS. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. *Journal of animal science*. 2002, vol. 80, no. 12, p. 3211-3221. ISSN 1525-3163.
- RÁJ GASTRONOMIE. *Vakuová balička Victor - vakuovačka PROFI* [online]. 2012 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z:
<http://www.e-gastroshop.cz/gastroshop/eshop/0/0/5/5581-Vakuova-balicka-Victor-vakuovacka-PROFI>
- ŘÍHA, J., V. JAKUBEC a P. POLÁCH et al. *Využití diferencí mezi masnými plemeny k efektivní produkci*. Rapotín: Asociace chovatelů masných plemen, 2002, 144 s. ISBN 80-903-1430-9.
- SAWYER J. T., J. K. APPLE a Z. B. JOHNSON. The impact of lactic acid concentration and sodium chloride on pH, water-holding capacity, and cooked color of injection-enhanced dark-cutting beef. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2008, vol. 79, issue 2, p. 317-325. ISSN 0309-1740.
- SEPÚLVEDA, W. S., M. T. MAZA a L. PARDOS. Aspects of quality related to the consumption and production of lamb meat: Consumers versus producers. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2011, vol. 87, issue 4, p. 366-372. ISSN 0309-1740.
- SHACKLEFORD S. D., T. L. WHEELER a M. KOOHMARAIE. Tenderness classification of beef II: Design and analysis of a system to measure beef longissimus shear force under commercial processing conditions. *Journal of animal science*. 1999, vol. 77, no. 6, p. 1474-1481. ISSN 1525-3163.
- SIGNORINI M., J. A. SALAZAR, E. PONCE-ALQUICIRA a I. GUERRERO-LEGARRETA. Effect of lactic acid and lactic acid bacteria treatment on myofibrillar protein degradation and dynamic rheology of beef. *Journal of Texture Studies*. 2007, vol. 38, issue 3, p. 373-392. ISSN 1745-4603.

- SILVA J. A., L. PATARATA a C. MARTINS. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 1999, vol. 52, issue 2, p. 453-459. ISSN 0309-1740.
- SOCHOR J., J. SIMEONOVÁ, J. ŠUBRT, J. BUCAR. Effect of selected fattening performance and carcass value traits on textural properties of beef. *Czech Journal of Animal Science*. 2005, vol. 50, issue 2, p. 81-88. ISSN 1212-1819.
- STEINHAUSER, L. et al. *Hygiena a technologie masa*. 1. vyd. Brno: LAST, 1995, 643 s. ISBN 80-900-2604-4.
- STEINHAUSER, L. et al. *Produkce masa*. 1. vydání. Tišnov: LAST, 2000, 464 s. ISBN 8090026079.
- ŠTIKOVÁ, O. Jaké vlivy nejvíce působily na poptávku a vývoj spotřeby hovězího masa v ČR. In: *Výživa a potraviny: časopis Společnosti pro výživu*. Praha: Výživaservis s. r. o., 2004, č. 4. ISSN 1211-846X. Dostupné z: <http://www.vyzivaspol.cz/clanky-casopis/jake-vlivy-nejvice-pusobily-na-poptavku-a-vyvoj-spotreby-hoveziho-masa-v-cr.html>
- ŠUBRT, J. Kvalita hovězího masa. In: *Genetické základy šlechtění na kvalitu jatečných těl a hovězího masa s možností využití výkrmu volků: sborník příspěvků k semináři: Rapotín 2004*. Rapotín: Asociace chovatelů masných plemen, 2004, s. 65-81. ISBN 80-903143-6-8.
- ŠUBRT, J., R. FILIPČÍK, J. SIMEONOVÁ a M. BJELKA. Faktory ovlivňující masnou užitkovost kříženců se specializovanými výkrmovými plemeny skotu. In: *Využití genetických metod ve šlechtění skotu na masnou užitkovost a její ovlivnění faktory prostředí: sborník příspěvků k semináři: Rapotín 2005*. Rapotín: Asociace chovatelů masných plemen, 2005, s. 22-49. ISBN 80-903143-7-6.
- TAKAHASHI, J.R. Ji K. Changes in concentration of sarcoplasmic free calcium during post-mortem ageing of meat. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2006, vol. 73, issue 3, p. 395-403. ISSN 0309-1740.

- TOLDRÁ, F. *Meat biotechnology*. New York, NY: Springer, 2008, 499 p. ISBN 03-877-9381-X.
- TOLDRÁ, F. *Handbook of meat processing*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2010, 566 p. ISBN 08-138-2182-7.
- TORNBERG E. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2005, vol. 70, issue 3, p. 493-508. ISSN 0309-1740.
- VACLAVIK, V. A. a E. W. CHRISTIAN. *Essentials of food science*. 3rd ed. New York, NY: Springer, 2008, 571 p. ISBN 03-876-9939-2.
- VELÍŠEK, J. a J. HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin I. Rozš. a přepac.* 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 580 s. ISBN 978-80-86659-15-2.
- VOŘÍŠKOVÁ, J., A. DUFEK, L. HANUSOVÁ, J. ŠUBRT a M. HOMOLA. Vybrané faktory ve vztahu ke kvalitě hovězího masa. *Výzkum v chovu skotu 4/2010*. Rapotín: Výzkumný ústav pro chov skotu, 2010, vol. 179, issue 4, s. 85-97. ISBN 0139-7265.
- WARRISS, P. *Meat science: an introductory text*. New York, NY: CABI Pub., 2000, 310 p. ISBN 0851994245.
- WHEELER T. L., S. D. SHACKELFORD a M. KOOHMARAIE. Beef longissimus slice shear force measurement among steak locations and institutions. *Journal of animal science*. 2007, vol. 85, no. 9, p. 2283-2289. ISSN 1525-3163.
- WHITE A., A. O'SULLIVAN, D. J. TROY a E. E. O'NEILL. Manipulation of the pre-rigor glycolytic behaviour of bovine *M. longissimus dorsi* in order to identify cause of inconsistencies in tenderness. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2006, vol. 73, issue 1, p. 151-156. ISSN 0309-1740.
- YOUNG, O. A., S. X. ZHANG, M. M. FAROUK a C. PODMORE. Effects of pH adjustment with phosphates on attributes and functionalities of normal and high pH beef. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2005, vol. 70, issue 1, p. 133-139. ISSN 0309-1740.

YU, L. H., D. G. LIM a S. G. JEONG et al. Effects of temperature conditioning on postmortem changes in physico-chemical properties in Korean native cattle (Hanwoo). *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2008, vol. 79, issue 1, p. 64-70. ISSN 0309-1740.

ZAHRÁDKOVÁ, R. et al. *Masný skot: od A do Z*. 1. vyd. Praha: Český svaz chovatelů masného skotu, 2009, 397 s. ISBN 978-80-254-4229-6.

ZHANG, S. X., M. M. FAROUK, O. A. YOUNG, K.J. WIELICZKO a C. PODMORE. Functional stability of frozen normal and high pH beef. *Meat Science*. London: Elsevier Applied Science, 2005, vol. 69, issue 3, p. 765-772. ISSN 0309-1740.