

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Agronomická fakulta

Ústav technologie potravin



**Agronomická
fakulta**

**Mendelova
univerzita
v Brně**



Sledování jakostních ukazatelů při zrání hovězího masa

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Ing. Hana Šulcerová, Ph.D.

Vypracoval:

Bc. Kateřina Zelinková

BRNO 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Sledování jakostních ukazatelů při zrání masa vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

Poděkování

Dovoluji si tímto poděkovat paní Ing. Haně Šulcerové, Ph.D., za příkladné vedení, cenné rady a připomínky, které mi pomohl při vypracování této práce. Dále děkuji společnosti Mikrofarma s.r.o. a restauraci La Bouchée s.r.o., za poskytnutí vzorků a spolupráci při přípravě a senzorickém hodnocení rumpsteaku.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývala sledováním senzorických ukazatelů při zrání hovězího masa. Práce byla rozdělena na literární rešerši a praktickou část.

V literární rešerši bylo popsáno, jak zrání hovězího masa probíhá a jaké enzymy jsou při staření uplatňovány. Dále tu byly popsány rozdíly mezi suchým a mokřým zráním. Větší část se věnovala senzorické analýze a instrumentálním metodám používaných pro zjištění barvy a textury masa.

Praktická část se zabývala instrumentální analýzou syrových steaků, barvou a texturou, a senzorickou analýzou tepelně opracovaného hovězího rumpsteaku. Sledovaly se různé senzorické parametry v závislosti různé zralosti masa. Maso bylo zralé od 0 týdne po 8 týden. Během zrání došlo ke změnám barvy masa o 18 %, kdy déle stařené steaky byly tmavší. Dále se lehce snížila křehkost masa a zvýšila jeho pevnosti. Nejlepších výsledků vzhledem k intenzitě chuti a vůně dosáhlo maso stařené 7 týdnů. A vzhledem ke šťavnatosti a textuře maso stařené 4 týdny. Délka staření měla významný statistický dopad na světlost rumpsteaku a na texturní vlastnosti rumpsteaku měřené instrumentálními metodami.

KLÍČOVÁ SLOVA

Suché zrání, rumpsteak, senzorická analýza, CIELAB, TIRA, texturní vlastnosti hovězího masa, barva hovězího masa

ABSTRACT

This thesis deals with monitoring sensory characteristics of beef during ripening. It is divided into two parts.

The first part describes how beef ripens and what enzymes are important for beef aging. It also describes the difference between dry and wet maturing. The larger part is devoted to sensory analysis and instrumental methods used to determine the color and texture of beef.

The practical part deals with instrumental analysis of raw steaks. Of their color and texture. And with sensory analysis of cooked rumpsteak during 8 weeks of maturing. Various sensory parameters are monitored here. Such as flavour pleasantness and intensity, softness, juiciness etc. The color of beef meat changed by 18 %, where the longer aged beef were darker. Also the softness decreased and the strength increased. The best result had sample number 7 (7 weeks of aging), which had the best pleasantness and intensity of flavour and taste. But sample number 4 (4 weeks of aging) had best results when it comes to juiciness and texture to bite. The length of dry-ripening had statistically significant effect on lightness and texture properties of rumpsteak measured by instrumental methods.

KEYWORDS

Dry-aging, rumpsteak, sensory analysis, CIELAB, TIRA, texture properties of beef, color of beef

Obsah

1	ÚVOD.....	8
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	9
2.1	Zrání masa a jeho mechanismy.....	9
2.1.1	Enzymatický systém.....	10
2.1.2	Aktuální enzymatický model posmrtné proteolýzy a křehnutí zráním.....	12
2.1.3	Apoptóza.....	13
2.1.4	<i>Kaspáza</i>	14
2.1.5	Vnitřní svalové faktory ovlivňující postmortální proteolýzu.....	15
2.1.6	Vliv zkrácení svalu na kalpainem zprostředkovanou proteolýzu.....	15
2.1.7	Neenzymatické mechanismy stáření masa.....	16
2.2	Zrání hovězího masa za sucha.....	17
2.2.1	Suché zrání.....	18
2.2.2	Parametry suchého zrání.....	18
2.2.3	Mikrobiální kontaminace.....	20
2.2.4	Ekonomické parametry.....	21
2.3	Zrání hovězího masa a jeho vliv na sensoriku (suché, mokré).....	21
2.3.1	Váha a kombinované ztráty.....	22
2.3.2	pH a vodní kapacita.....	22
2.3.3	Barva na povrchu.....	22
2.3.4	Síla smyku.....	23
2.3.5	Senzorická analýza.....	23
2.3.6	Analýza metabolitů.....	23
2.4	Senzorická analýza potravin.....	24
2.4.1	Smyslové vnímání.....	25
2.4.2	Senzorická laboratoř a hodnotitelé.....	26
2.4.3	Hodnocení vzorku.....	27
2.4.4	Metody laboratorní sensorické analýzy.....	27
2.4.5	Senzorická analýza spojená s instrumentální analýzou.....	28
2.4.6	Význam sensorické analýzy potravin.....	29
2.5	Instrumentální analýza potravin.....	29
2.5.1	Barva.....	29
2.5.2	Textura.....	32
2.6	Porcování hovězího masa.....	35
2.6.1	Plec – Chuck.....	35

2.6.2	Krk – Neck	36
2.6.3	Žebra – Ribs	36
2.6.4	Hrudí – Breast, Brisklet.....	36
2.6.5	Pupek – Flank steak	36
2.6.6	Nízký roštěnec – Striploin, Sirloin.....	36
2.6.7	Pravá svíčková – Tanderloin.....	37
2.6.8	Hovězí kýta	37
2.6.9	Přední, zadní noha.....	38
3	CÍL PRÁCE	39
4	MATRIÁL A METODY.....	40
4.1	Materiál	40
4.2	Metodika	40
4.2.1	Barva steaků	40
4.2.2	Stanovení texturních vlastností syrových steaků	41
4.2.3	Senzorická analýza.....	41
4.2.4	Statistické vyhodnocení	42
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	42
5.1	Vyhodnocení barvy	42
5.2	Vyhodnocení textury.....	45
5.3	Senzorická analýza výsledky	47
5.3.1	Příjemnost vůně.....	48
5.3.2	Intenzita vůně.....	49
5.3.3	Textura při skusu.....	50
5.3.4	Šťavnatost	51
5.3.5	Příjemnost chuti	52
5.3.6	Intenzita chuti.....	53
6	ZÁVĚR	55
7	LITERATURA.....	57
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
9	PŘÍLOHY	63

1 ÚVOD

Konzumenti často vybírají potraviny podle jejich vzhledu a barvy. Maso a masné výrobky si musí udržet barvu a další senzorické atributy. U čerstvého masa, je jedním z nejdůležitějších deskriptorů barva. Vzhled a barva jsou závislé na množství hemových barviv ve svalovině.

Barva svaloviny je ovlivněná hlavně obsahem myoglobinu, což je primární červené barvivo v mase. Nicméně barva masa je ovlivněna mnoha dalšími faktory, kterými jsou plemeno, genetika zvířete, výživa, postmortální změny ve svalovině, inter- a intramuskulární změny, skladování (čas a teplota), zpracování, balení a jinými.

Podmínky skladování ovlivňují buněčné mechanismy hlavně změny myoglobinu. Proto ovlivňují stabilitu barvy během staření. Hodnocení barvy je nezbytnou částí zkoumání masa a masných výrobků.

Během postmortálních změn dochází ke zlepšování mnoha vlastností, jako jsou křehkost, chuť, aroma, vůně, šťavnatost. K těmto změnám dochází na základě strukturálního rozkladu svaloviny endogenními proteázami. Staření může probíhat dvěma způsoby. Buď jako suché zrání, kdy jsou hovězí čtvrtě nebo části skladovány při sledované teplotě, vlhkosti a proudění vzduchu, bez použití balení ve vakuu. Druhým způsobem je mokré zrání, což je zrání ve vakuu balených částí hovězího masa. Suché zrání musí probíhat za pečlivě kontrolovaných podmínek, jejichž parametry musí být pečlivě balancované a monitorované.

Suché zrání je tradičním procesem používaným pro skladování celých hovězích čtvrtí nebo nebalených částí masa za kontrolovaných podmínek (teplota, vlhkost a proudění vzduchu) po určitou dobu.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Zrání masa a jeho mechanismy

Většina spotřebitelů nechápe základní informaci, že veškeré maso červené, bílé nebo růžové je svalovina. Ta se během času mění na maso a její přeměna není v žádném případě okamžitá. Skladování masa *post mortem* v chladničkových teplotách (zrání) se vyznačuje významným zlepšením křehkosti masa a je známo velmi dlouhou dobu. Zrání neustále zůstává důležitou metodou pro produkci křehkého masa vhodného třeba na steaky. Díky prodloužení doby skladování dochází k degradaci proteinů a tím i ke křehčení masa. K degradaci proteinů dochází díky zvýšení nekoagulovatelných dusíkatých sloučenin během skladování masa. Zrání masa *post mortem* se také nazývá staření. Je to přirozený proces, při kterém je maso skladováno za kontrolovaných podmínek. Jelikož zrání má největší vliv na kvalitu hovězího masa, tak se nejčastěji staření právě toto maso. Vzhledem k relativně mladému porážkovému věku jehněčího a vepřového je vliv zrání na kvalitu masa zanedbatelný. V drůbežím mase také probíhá zrání, ale délka zrání drůbežího je velmi krátká (minuty až hodiny). V porovnání u hovězího jsou to dny až týdny (Toldrá, 2010, Aroeira et al., 2017; AMSA, 2012; Tapp et al., 2011).

Křehkost vznikající *post mortem* v kosterní svalovině probíhá řadou komplexních dějů. Hned po vykrvení je svalovina velmi jemná a křehká, dokud nedojde k *rigoru mortis* (posmrtná ztuhlost). Kdy vznikají vazby mezi aktinem a myozinem, což způsobuje ztuhnutí svalstva. Během zrání dochází ke strukturálním změnám svaloviny, díky postupnému rozkladu některých proteinů. V průběhu křehčení dochází k degradaci myofibrilárních proteinů a proteinů cytoskeletu jako jsou troponin, desmin, vinculin, dystrofin, nebulin a tinin ve svalu. Při rozpadu těchto proteinů se mění struktura svaloviny. Dochází k roztržení vazeb mezi I-proužkem a Z-liniemi v sarkoméře. Připojení Z až Z-linie je narušeno degradací přechodného filamentu. Dále je v sarkolemě narušeno připojení mezi M – a Z – liniemi. Ultrastrukturální změny probíhající ve svalu během zrání jsou způsobeny enzymatickou degradací myofibrilárních a cytoskeletálních proteinů (Toldrá, 2010).

2.1.1 Enzymatický systém

Kosterní svalovina obsahuje mnoho enzymů, které pohání mnoho metabolických drah v žijící tkáni. Většina z těchto enzymových systémů zůstává aktivních *post mortem* a ovlivňují kvalitu masa. Zejména katepsin, kalpain a proteozomální enzymový systém jsou intenzivně zkoumány z důvodu zjištění jejich funkce při proteolýze, která je spojená se zráním a křehnutím masa (Toldrá, 2010).

2.1.1.1 *Katepsiny*

Katepsin je kyselá proteináza nacházející se v lysozomech a fagocytujících buňkách, ale byla také nalezena v sarkoplazmatickém retikulu svalových buněk. Ultrastrukturální studie naznačují, že nejvíce lysozymů je v zárodečné svalové tkáni. V kosterní svalovině dospělých lidí se objevují mnohem méně. Katepsiny jsou význačné jejich aktivními místy (aspartové, cysteinové a serinové proteinázy) a substrátovou specificitou. Bylo identifikováno přes 15 lysozomálních katepsinů, ale pouze osm z nich (B, L, H, S, F, K, D, E) je ve vláknech kosterní svaloviny (Hopkins *et al.*, 2002).

Z důvodu lokace katepsinů v membráně lysozomů nejsou katepsiny často považovány za velmi důležité v procesu křehnutí masa. Na druhou stranu, vzhledem k tomu že lysozomy mají křehkou membránu, která může snadno prasknout se snižující se teplotou a pH ve svalu, se katepsiny mohou poměrně lehce dostat k substrátu. Pouze katepsiny B, D, H, a I rozkládají proteiny sledované během zrání. Katepsin B degraduje myozin a v menším rozsahu i aktin. Katepsin D degraduje jak aktin, tak myozin na menší fragmenty peptidů. Katepsin L účinkuje na myozin, aktin, α -aktinin, troponin-T a troponin-I. Endo i exopeptidáza katepsinu H degraduje myozin. Přesto, že katepsin nemá vliv na velké množství dějů při postmortální proteolýze, jejich účast se nedá zanedbat (Li *et al.*, 2008).

2.1.1.2 *Kalpainy*

Kalpainy jsou Ca^{2+} dependentní cysteinové, proteinázy s optimální aktivitou při neutrálním pH. Jsou přítomny v mnoha žijících organismech zahrnující zvířata, rostliny, plísně a bakterie. Existuje 15 různých kalpainů identifikovaných v savcích. 6 z nich je součástí mRNA v kosterní svalovině savců. Pouze μ -kalpain, m-kalpain a izoformy kalpainu 3 byly detekovány na úrovni bílkovin (Geesing a Veiseth, 2009; Suzuki *et al.*, 2004).

V drůbeží svalovině po smrti zůstává μ/m kalpainová aktivita v rovnováze (μ/m kalpainová aktivita, vyjadřuje množství Ca^{2+} potřebných k aktivaci, která je v tomto případě mezi hodnotami μ – a m -kalpainu). Aktivita μ -kalpainu se ztrácí během 6 hodin po smrti zvířete. Z tohoto zjištění bylo vydedukováno, že drůbeží svalovina křehne rychleji než hovězí, v důsledku větší aktivace kalpainového systému (Lee *et al.* 2008).

μ a m -kalpain se nacházejí v sarkoplazmě a jsou koncentrované okolo Z-linií vázané na jejich inhibitor – kalpastatin. Rovnováha vazby kalpainu na kalpastatin je závislá na koncentraci Ca^{2+} a pH. Se snižujícím pH se snižuje i rovnováha mezi kalpainem a kalpastatinem. Potřeba Ca^{2+} kalpainu při navázání na kalpastatin je mnohem nižší jak při aktivaci proteolýzy μ -kalpainu (Cong *et al.* 2002).

Méně jak 10 % z celkového množství kalpainu je normálně aktivováno v kosterní svalovině. Optimální podmínky pro aktivitu kalpainu je pH 7,5 při 25 °C, ale jeho aktivita je měřitelná i při pH 5. Zrání masa začíná při pH 6,3 (přibližně 6 hodin po usmrcení skotu), kdy je μ -kalpain aktivován při nízkých koncentracích Ca^{2+} . m -kalpain a kalpain 2 jsou optimálně aktivní při pH 6,5 až 8, ale vykazují minimální aktivitu při pH 5,5 a teplotě 5 °C (podmínky dosažené po 24 až 48 hodinách po porážce skotu). Přibližně 30 % m -kalpainu zůstává inaktivních po 56 dnech po porážce. Samotný kalpain s největší pravděpodobností není jediný zodpovědný za zrání masa. μ -kalpain je převládajícím aktivním enzymem při posmrtné proteolýze. Kombinace aktivit m a μ -kalpainu může být zodpovědná až za 85 % posmrtného křehčení masa (Geesink *et al.* 2006)

2.1.1.3 Protezomy

Kalpainy jsou nezbytné pro zahájení degradace myofibrilárních proteinů tím, že je uvolňují z povrchu myofibril a zpřístupňují je dalším degradacím. Vzhledem k tomu, že kalpainy štěpí proteiny na omezený počet míst a produkují velké polypeptidové fragmenty spíše než malé peptidy nebo aminokyseliny je jasné, že jiné proteázy mohou být zapojeny do hromadné degradace ze sarkomerových struktur. Jakmile kalpainy uvolní myofibrilární proteiny ze sarkomery, následuje jejich další rozdělení. Hlavním kandidátem pro tuto degradaci jsou proteazomy (Yamamoto *et al.* 2009; Geesink and Veiseth 2009).

Proteazomy nebo multikatalytický proteinový komplex (MCP) je multipodjednotkový proteázový komplex se sedimentačním koeficientem 20 S. Dva typy regulujících komplexů jsou navázány na oba konce cylindru 20 S. Jeden komplex

26 S proteazom je eukaryotická ATP dependentní proteáza, která hydrolyzuje ubikvitinované proteiny. Proteazom je válcovitý polypeptid s aktivními místy v jeho vnitřním jádře. 20 S latentní forma je součástí 26 S proteazomu a může být aktivovaná pomocí denaturačních procesů jako je teplota, přítomnost chemikálií a vysoký tlak. Mají nejméně pět multipeptidázových aktivit: podobná trypsinu, podobná chymotrypsinu, přednostně denaturující aminokyseliny se středním řetězcem, přednostně denaturující malé neutrální aminokyseliny a peptidoglutamyl peptid hydrolázu (PGPH). MCP proteozomální enzymy mají optimální aktivitu při pH 7-8 a proteozomy se nacházejí v sarkoplazmě kosterní svaloviny. MCP přednostně rozkládají polypeptidy, které jsou ubikvitinované a sekundárně dochází k degradaci pomocí omezení fyzické velikosti polypeptidů (které jsou schopny projít otvorem do centrálního jádra, zde jsou jednoduše rozloženy na 6-12 aminokyselinové fragmenty během jednoho prostupu) (Yamamoto *et al.* 2009).

MCP hraje hlavní roli v rozpadu sarkoplazmatických proteinů a myofibrilárních fragmentů. Nicméně neexistují dostatečné důkazy, že MCP rozkládá stejné proteiny ve svalovině jako při *in vitro* testech. Proteozomy zůstávají relativně stabilní po 7 dní zrání hovězího masa, což podporuje jejich potenciální roly v procesu křehnutí masa (Yamamoto *et al.* 2009; Lee *et al.* 2008).

2.1.2 Aktuální enzymatický model posmrtné proteolýzy a křehnutí zráním

Za účelem identifikace enzymů zodpovědných za posmrtné stárnutí masa, byla použita kritéria, která kandidátský enzymový systém musí splňovat:

- Být endogenní ke kosternímu svalstvu a mít přístup k substrátům

Mít schopnost degradovat stejné proteiny jaké jsou rozkládány během posmrtného zráním masa (Goll *et al.* 2008).

Ze tří hlavních enzymových systému pouze kalpainy splňují obě kritéria. Mají přístup k substrátům a omezenou proteolytickou schopnost štěpit myofibrilární proteiny na určitý počet míst za vzniku polypeptidových fragmentů podobných, které vznikají při posmrtném zráním masa. Lyzozomální katepsiny a proteozomy jsou schopné degradovat vzniklé polypeptidy na malé peptidy nebo krátké aminokyselinové segmenty, ale nemohou rozložit myofibrily a nevytvářejí stejný degradační model myofibrilárních bílkovin sledovaný během zráním masa. Navíc lokace katepsinů v lyzozomech brání jejich přístupu k substrátu. Tudíž, stávající teorie je,

že kalpain/katepsin systém je převládající poháněcí síla pro posmrtnou proteolýzu a křehnutí masa během zrání (Toldrá, 2010).

Zatímco je široce přijato, že proteolýza klíčových myofibrilárních bílkovin kalpainovým systémem je primárně zodpovědná za zvýšení křehkosti během posmrtného skladování, může být namítnuto, že kalpains samotné nejsou dostatečné pro vysvětlení posmrtné proteolýzy a křehnutí masa. Otázky týkající se role kalpainů v posmrtném křehčení se zpočátku soustředila na:

- Postřeh, že se aktivita kalpainů výrazně snižuje na začátku zrání
- Fakt, že hodně z výsledků týkajících se role kalpainů v křehnutí masa jsou založené na nepřímých důkazech

Při pH v rozsahu 7,4 až 5,8 si m-kalpain i μ -kalpain ponechávají aktivitu, ale jakmile pH svaloviny klesne, dojde k autolýze μ -kalpainu a tím se snižuje jeho proteolytická aktivita. Po prvních 24 hodinách při pH 7 a teplotě 5 °C je jeho aktivita méně jak 20 % aktivity původní. Po 14 dnech *postmortem* je aktivita kalpainu 5-10 % původní aktivity. Otázkou zůstává, jestli tato hladina aktivity je dostatečná na to, aby vysvětlilo rozklad bílkovin po 24 až 48 hodinách. (Geesink *et al.* 2006)

Důležitost kalpainu při křehnutí masa *postmortem* bylo potvrzeno, ale bylo také indikováno, že stažení a křehnutí masa je vysoce komplexní proces. Na jehož vysvětlení nestačí teorie o kalpainovém enzymovém systému. Pro objasnění postmortálních změn v maso a jeho spojení s křehnutím masa, je potřeba získat více důkazů o funkci různých enzymů a vzájemně závislých faktorů ve svalovině (Toldrá, 2010).

2.1.3 Apoptóza

Další proces, který může ovlivňovat postmortální změny masa je apoptóza. V živém organismu je apoptóza (programová smrt buňky) komplexní mechanismus, díky kterému dochází k eliminaci buněk, aniž by bylo poškozeno jejich okolí. Apoptóza je iniciovaná a regulovaná buď cílovými buňkami nebo nervovým systémem a je zprostředkována kaspázovým enzymovým systémem. Výsledkem porážky, je svalovina zbavená kyslíku a živin, díky ztrátě zásobování krví. Hypotéza zní, že za těchto anoxických podmínek, nemají svalové buňky žádnou jinou možnost než zahájit apoptózu, která skrz kaspázový systém vyvolává sérii biochemických a strukturálních změn důležitých ve zracím procesu. Tradiční model přeměny svaloviny na maso by tedy kromě fází *rigoru mortis* a stažení zahrnoval i fázi korespondující se zahájením smrti buněk. Apoptóza začíná při podmínkách (pH, dostupnost energie,

iontová síla), které jsou nevhodné pro enzymovou aktivitu (Herrera – Mendez *et al.* 2006; Ouali *et al.* 2006).

2.1.4 Kaspáza

Kaspázy jsou skupina neutrálních cystein proteináz, které po aktivaci, zahrnující štěpení domény a dimerizaci, štěpí proteiny ve specifické zbytky kyseliny asparagové. Existuje 14 kaspáz, které jsou rozděleny do tří skupin na základě jejich biologických funkcí: aktivátory cytokinů, kaspázy zahajující apoptózu a efektorové kaspázy. Během apoptózy zahajující kaspázy aktivují efektorové kaspázy, které štěpí specifické cílové proteiny. V souvislosti se svalovinou bylo zjištěno, že kaspázy pravděpodobně degradují proteiny zapojené do prostorového uspořádání myofibril a že další degradace buněčných komponent pokračuje za spoluúčasti dalších proteolytických systémů, jako jsou kalpains, katepsiny a proteozomy (Herrera – Mendez *et al.* 2006).

2.1.4.1 Proteiny tepelného šoku

Vzhledem k jejich anti-apoptické funkci v živé tkáni, jsou malé proteiny teplotního šoku (HSP) často zkoumané jako potenciální faktory ovlivňující přeměnu svaloviny na maso a kvalitu masa. V živé tkáni mají některé z nich (HSP20, HSP27) homeostatickou funkci, díky které stabilizují rozložené proteiny, pomáhají složit denaturované bílkoviny a zabraňují agregaci proteinů. Spekuluje se, že HSP exprese by mohla být stimulovaná po porážce v reakci na stres a smrt svalových buněk při přeměně svaloviny na maso a že mohou ovlivňovat posmrtnou proteolýzu. Několik studií demonstrovalo, že HSP jsou stimulovány ve svalovině po *rigoru mortis*. Anti-apoptická aktivita některých genů snižuje buněčnou smrt během přeměny svaloviny v maso a tím snižuje křehkost masa. HSP27 v čerstvé hovězí svalovině a množství HSP27 fragmentů ve 14 dnech zrání vysvětlují až 91 % sensoricky naměřených skóre křehkosti. V období před *rigorem mortis* u hovězího masa hladina HSP20 a alfa β -krystalinu dosahuje vrcholu asi 3 hodiny po porážce. Snižuje se až do 22 hodin po porážce. Hladina HSP je hlavně ovlivněna pH masa. Vysoká hladina alfa β -krystalinu 22 hodin po porážce je spojena se snížením degradace proteinů v hovězím masu s nízkým konečným pH. To naznačuje, že HSP chrání strukturu svalu před proteolytickým rozkladem během zrání (Pulford *et al.* 2009; Ouali *et al.* 2006; Bernard *et al.* 2007; Morzel *et al.* 2008; Pulford *et al.* 2008; Jia *et al.* 2006; Sayd *et al.* 2006; Jin *et al.* 2006).

2.1.5 Vnitřní svalové faktory ovlivňující postmortální proteolýzu

Aby bylo možné plně pochopit, jak kalpainsy přispívají k posmrtné proteolýze a křehčení masa, je třeba se také zajímat o posmrtné charakteristiky svalstva, které by mohly ovlivňovat buď aktivaci kalpainu nebo účinnost kalpainem zprostředkované proteolýzy. Rozdíly ve svalových faktorech jako jsou úroveň oxidace proteinů a sarkomer jsou důležité pro jejich potenciál zodpovídající za některé odlišnosti v míře a rychlosti posmrtné myofibrilární degradaci proteinů (Toldrá, 2010).

2.1.5.1 Vliv oxidace na kalpainem zprostředkovanou proteolýzu

Existuje stále více důkazů, že posmrtná proteolýza je ovlivněna dynamickými změnami, které vznikají v prostředí svalových buněk během přeměny svaloviny v maso. Kromě snížení pH a zvýšení iontové síly dochází k mohutnějšímu vzniku reaktivních forem kyslíku a zvýšení oxidace proteinů. Použitím suplementace vitamínu E a ozáření za účelem vzniku rozsahu úrovně oxidace v hovězí svalovině. Došlo na začátku zrání (<24 h) k navýšení oxidace svalových proteinů, což negativně ovlivnilo křehkost masa. Podobně se stalo v případě reverzibilní inaktivace kalpainu, kdy oxidační podmínky ve svalovině snížily aktivitu kalpainu a tím i myofibrilární proteolýzu, to vedlo ke zhoršení křehnutí. Vzhledem k tomu, že μ -kalpain a m-kalpain mají cysteinový zbytek ve svém aktivním místě, vyžadují redukční podmínky pro jejich činnost, oxidační podmínky inhibují proteolýzu pomocí μ -kalpainu. Bylo také prokázáno, že oxidace mění aktivitu kalpainu a jejich inhibici pomocí kalpastatinu různě a to v závislosti na pH a iontové síle ve svalovině. Z toho vyplývá, že oxidační podmínky ve svalovině po *rigoru mortis* mohou ovlivňovat posmrtnou proteolýzu a tím i křehkost masa (Pomponio *et al.* 2012).

2.1.6 Vliv zkrácení svalu na kalpainem zprostředkovanou proteolýzu

Přímý dopad na křehkost masa není zcela známí, ale vliv na ni může mít i zkrácení svaloviny a délka sarkomery na křehkost masa. Předpokládá se, že zkrácení sarkomery má vliv na křehkost masa na začátku zrání (<24 h). Variace v proteolýze ovlivňují rozdíly v křehkosti během zrání. Svalovina s delší sarkomerou má nižší odolnost vůči zkrácování jak svalovina s kratší sarkomerou. Dříve se domnívalo, že délka sarkomery nemá efekt na posmrtnou proteolýzu, negativní účinek krátkých sarkomer na křehkost masa je výhradně zapříčiněn zvýšeným překrytím tlustých a tenkých filament. Nicméně, nyní se spekuluje, že může existovat spojitost mezi délkou sarkomery a degradací myofibrilárních proteinů. Použitím svalového natahovacího modelu pro generování

vzorků svaloviny s větším rozpětím délek sarkomer, než byly použity dříve. Bylo zjištěno, že délka sarkomery přispěla k rozsahu proteolýzy troponinu-T během deseti dnů zrání. Použitím *in vitro* modelu, ve kterém byly myofibrily o různé délce sarkomer vstřebávány exogenním μ -kalpainem. Délka sarkomer ovlivňuje degradaci troponinu-T. V obou studiích, bylo pozorováno méně proteolýzy ve vzorcích s kratší sarkomerou. Kdy hypotéza zní, že svalovina s kratší sarkomerou má horší dostupnost substrátu a z toho důvodu dochází obtížněji k proteolýze (Weaver *at al.* 2008, 2009).

2.1.7 Neenzymatické mechanismy stáření masa

Řada studií ukázala, že pokles houževnatosti masa je doprovázen odpovídajícím zvýšením proteolýzy a rozpustnosti proteinů ve stařeném masu. Většina výzkumů je zaměřena na účinky endogenních proteolytických enzymů jako primárního mechanismu regulace křehčení masa. Nashromážděné důkazy o proteolytických systémech obsahují různé rozpory. Dále se jimi nedají zcela vysvětlit rozdíly v citlivosti masa a jeho křehkosti mezi jednotlivými druhy. Během prvních tří dnů zrání dochází k minimální aktivitě proteolytických enzymů, ale k největšímu počtu (65 %) změn v mase. Proto se uvažuje, že existují mechanismy jiné než enzymatické, které se podílejí na posmrtných změnách v mase (Toldrá, 2010).

2.1.7.1 Teorie vápníku při křehčení

Zvýšením volného sarkoplazmického Ca^{2+} z 10^{-4} mM v živé kosterní svalovině až na 0,2 mM v posmrtné svalovině je možným důvodem pro postmortální křehčení masa. Teorie vápníku je založena na důkazech, že všechny strukturální oslabení myofibril a síla její vazby, které obsahují molekulární složky s afinitou pro vazbu s Ca^{2+} , jsou plně indukované, pokud je koncentrace volných Ca^{2+} vyšší na více než 0,1 mM. Tento koncept se moc neuchytil. Podle zpráv za poslední čtyři desetiletí se mechanismus stojící za oslabením myofibril vztahuje k osvobození fosfolipidů ze Z-linií a fragmentací cytoskeletálních strukturálních proteinů titninu, nebulinu a desminu. To vše prostřednictvím přímé vazby s volnými Ca^{2+} . Druhým klíčovým prvkem oslabení myofibril je přemístění paratropomyozinu na tenký filament aktinu. Tyto ultrastrukturální změny vznikají pomocí vyšší koncentrace Ca^{2+} (0,1 mM) *in vitro*, ve svalovině hovězího masa, vepřového masa, drůbežího a králičího masa. Křehčení masa mezi živočišnými druhy se liší svojí rychlostí. Rychlost závisí na nárůstu volného vápníku, kdy nejrychleji křehčené maso má drůbež, králik, vepřové a hovězí. (Tatsumi a Takahashi, 2003; Ji a Takahashi, 2006).

2.1.7.2 Osmotický tlak

Jedním z nejvíce studovaným faktorům při *rigoru mortis* je pokles pH. Intracelulární osmotický tlak se zvětšuje téměř dvojnásobně a má blízký vztah s pH během posmrtné ztuhlosti. Pokles pH je pravděpodobně hlavním důvodem k velkému nárůstu osmotického tlaku prostřednictvím změny proteinů, ke kterým jsou obvykle vázány ionty (zejména Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). Koncentrace solí nad fyziologickou hladinu (0,15 M) zvyšuje rozpustnost myofibrilárních proteinů. V důsledku toho se předpokládá, že iontová síla dosažená na konci *rigoru* (0,24 – 0,30 M) by mohla být natolik vysoká, aby vyvolala částečnou disociaci myofibrilárních struktur a tím zvýšila citlivost myofibrilárních proteinů k proteolýze. Vysoká iontová síla v posmrtném svalu je zodpovědná za solubilizaci strukturních proteinů (C – protein, M – protein, troponin T, aktin, tropomyozin a alfa aktin) a změny v myofibrilární aktivitě ATPázy. Toto je podpořeno faktem, že nejvyšší hodnoty osmotického tlaku se shodují s rychlostí kontrakce svalu (rychlá bílá svalová vlákna jsou křehčena rychleji než pomalá červená svalová vlákna). Osmotický tlak spolu s proteolytickými enzymy, mají fyzikálně – chemický dopad na myofibrilární proteiny, které jsou spojeny se zvýšením křehkosti masa (Toldrá, 2010).

Celkově lze konstatovat, že kosterní svalovina je produkt mimořádně konstruovaných a orientovaných proteinů, které obsahují četné enzymy. Ty řídí různé metabolické dráhy v živé tkáni. Tím je tkáň předurčena tomu podstoupit řadu změn po smrti. Dramatické změny probíhají jak v průběhu staření, tak hlavně v období těsně po smrti, kdy dochází k přeměně svaloviny v maso. Posmrtné staření je proces, který probíhá přirozeně ve veškeré svalové tkáni ať už vakuově balených kusů svaloviny nebo jatečně upravených těl. Staření je proces, kdy dochází ke zlepšení sensorických vlastností masa (chuti, vůně a textury). Klíčem křehnutí masa jsou proteolytické reakce, které rozkládají proteiny na jednodušší sloučeniny. To se děje hlavně díky proteolytickým enzymům, které se přirozeně nacházejí ve svalovině. Staření masa je komplexní děj na který účinkují mnohé faktory (posmrtné i před porážkové), oba ovlivňují enzymatické mechanismy (Toldrá, 2010).

2.2 Zrání hovězího masa za sucha

Suché zrání hovězího masa je proces, kdy dochází k vyvěšení celých hovězích čtvrtí nebo větších částí hovězího JUT. Hovězí je vyvěšeno od 28 do 55 dnů při kontrolovaných podmínkách v chlazené místnosti kolem 0 °C až 5 °C a relativní

vlhkostí kolem 75–80 %. Staření za sucha je velmi drahá záležitost, a to hlavně z důvodu vysokých ztrát vysycháním povrchu (6–15% ztráta) a ztrátou vody (3–24 %). Suché zrání se liší od mokrého tím, že maso zraje v celých kusech, nejčastěji ve čtvrtích. Z toho vyplývá, že dochází ke značným ztrátám váhy masa. Na druhou stranu je takto vyzrálé maso považováno za chutnější a křehčí. Suché zrání masa hrálo velmi významnou roli v historii. Až do vynálezu balení za vakua bylo jediným možným způsobem zrání (Dashdorj *et al.*, 2016).

2.2.1 Suché zrání

Po celá staletí bylo suché zrání běžným způsobem, jak řezníci zachovávali a změkčovali maso. Tak tomu bylo až do doby před cca 50 lety, kdy došlo k rozmachu balení masa do vakua. Vakuové balení bylo výhodnější vzhledem k efektivitě a dopravě. Nicméně v poslední době se mnoho restaurací v různých zemích jako jsou Japonsko, Korea, Austrálie, vrací ke zpracování stařeného hovězího masa suchým zráním, pro jeho lepší sensorické vlastnosti (Dashdorj *et al.*, 2016).

Klíčovým vlivem suchého staření je koncentrování chuti masa. Během procesu suchého staření jsou šťávy absorbovány do masa, dále dochází k chemickému rozkladu bílkovin a tukových složek. Ty mají za následek vznik intenzivnější ořechovo-masité chuti. Navíc během staření dochází k rozkladu proteinů a pojivové tkáně v mase, což vede k větší křehkosti masa (Dashdorj *et al.*, 2016).

Tento proces je časově velmi náročný a vyžaduje zvláštní péči. Při suchém zrání dochází nejen k velkým ztrátám z důvodu odpaření vody, ale i riziku kontaminace. Z toho důvodu jsou zde kladeny velké nároky na podmínky zrání a prostor (Dashdorj *et al.*, 2016).

2.2.2 Parametry suchého zrání

Při vývoji způsobu suchého staření hovězího masa se zohledňují hlavně tyto faktory:

- Doba staření
- Teplota skladování
- Relativní vlhkost
- Proudění vzduchu

Tyto parametry jsou důležité, jelikož ovlivňují chutnost, údržnost, snižování hmotnosti, mikrobiální kažení a další kvalitativní a ekonomické faktory (Dashdorj *et al.*, 2016).

2.2.2.1 Proudění vzduchu

Proudění vzduchu by mělo být dostatečné tak, aby nedocházelo ke vzniku mrtvých zón (zóny bez proudění vzduchu) nebo naopak zón, kde je proud vzduchu příliš rychlý. Pokud nedochází k dostatečnému proudění vzduchu, maso nemůže uvolnit dostatečné množství vlhkosti. Naopak pokud je proud příliš velký, může docházet k přílišnému vysoušení a tím velkým ztrátám na hmotnosti. Doporučený průtok vzduchu je 0,5 – 2 m/s. rychlost vzduchu a jeho tok by měli být po celou dobu stažení konstantní, a to hlavně na začátku procesu. Proudění lze ovládat pomocí správně navržené chladicí jednotky, drátěných stojanů, děrovanými policemi, doplňkovými ventilátory, systému pro filtraci vzduchu a ultrafialovým světlem. Ultrafialové světlo napomáhá k likvidaci nežádoucí mikroflóry (Dashdorj *et al.*, 2016).

Na začátku procesu je velmi důležité, aby hovězí čtvrtě vyschly co nejrychleji. Toho docílíme zvýšením proudu vzduchu. Aby nedošlo ke kažení masa, musí být části masa od sebe dostatečně odděleny. Tím se umožní účinné a řízené proudění vzduchu mezi každou částí masa (Dashdorj *et al.*, 2016).

2.2.2.2 Doba stažení

Počet dní suchého zrání se ohromně liší jak v praxi, tak v literatuře. Smith (2007) nezjistil téměř žádné rozdíly v celkové líbivosti, chuti a úrovně křehkosti během stažení (mokrě i suché) v obdobích 14, 21, 28 a 35 dnů. Nicméně, hodnoty střižné síly podle Warner-Bratzler se výrazně snížily o 17 % od 14 do 35 dnů. To ukazuje, že během stažení dochází ke zlepšení křehkosti masa. Campbell *et al.* (2001) srovnával stažení masa během 7, 14 a 21 dní. Zjistil menší zlepšení chutnosti během zrání masa, ale z větší části neobjevil nějaké větší zlepšení po 14 dnech zrání. Většina produktů bývá stažena po dobu 21 dní. Stažení kolem 28 dnů nevykázalo žádné zvýšené chuťové vlastnosti masa. Podle Smitha *et al.* (2008) dosáhly vzorky největší chutnosti při době stažení 21 dní (Dashdorj *et al.*, 2016, Degeer *et al.*, 2009, Lepper-Blilie *et al.*, 2014).

Stanovení počtu dnů stažení je založeno spíše na osobních preferencích než na vědeckých datech. Ty spíše doporučují určitou minimální a maximální dobu skladování. Ta se většinou pohybuje kolem 14 až 35 dnů (Dashdorj *et al.*, 2016, Lepper-Blilie *et al.*, 2014).

2.2.2.3 Teplota skladování

Správná teplota skladování je kritická pro průběh zrání. Pokud je nižší než teplota mrznutí masa (-2 až -3 °C), zastavují se enzymatické procesy v mase a ke zrání nedochází. Pokud je teplota skladování vyšší, enzymatické procesy probíhají v optimálních podmínkách, ale zvyšuje se pravděpodobnost vývinu mikrobiálního kažení masa a změny vůně a chuti. Navíc zvýšená teplota umožňuje růst patogenní mikroflóry. Z těchto důvodů je teplota skladování velmi důležitá. Optimální teplota při zrání je od 0 °C do 4 °C (Dashdorj *et al.*, 2016).

2.2.2.4 Relativní vlhkost

Jednou z nejvýznamnějších otázek týkajících se parametrů při suchém staření je, jaká by měla být použita relativní vlhkost vzduchu při staření. Pokud by byla relativní vlhkost moc vysoká, dochází k vysokému růstu bakterií, které mohou způsobit změny pachu a chutě masa. Je-li relativní vlhkost příliš nízká, dochází k vysokým ztrátám na hmotnosti z důvodu velkého vysychání povrchu. Nejvhodnější hladina je kolem 80 % vlhkosti.

Doporučené podmínky pro správné staření masa suchou cestou jsou doba staření 28 až 55 dní při teplotě 0–4 °C, relativní vlhkosti 75 až 80 % a proudu vzduchu o rychlosti 0,5 až 2 m/s. tyto podmínky jsou vhodné, jelikož inhibují mikrobiální kontaminaci, zvyšují křehnutí masa a zlepšují celkovou chuť masa (Dashdorj *et al.*, 2016).

2.2.3 Mikrobiální kontaminace

Suché staření zahrnuje omezení růstu kontaminující mikroflóry a podporu růstu prospěšným mikroorganismům. Mezi tyto prospěšné mikroorganismy patří *Thamnidium*, což je plíseň nacházející se na povrchu stařeného masa. Jeví se jako světle šedé skvrny na tučných částech stařeného hovězího masa. Tyto organismy jsou důležité, jelikož produkují enzymy, které jsou schopny proniknout do masa. *Thimnidium* uvolňuje proteázy a kolagenolytické enzymy, které štěpí svalové a pojivové tkáně, čímž zvyšují měkkost a chutnost stařeného hovězího masa (Dashdorj *et al.*, 2016).

Růst těchto plísní začíná od třetího týdne staření. Další plísně, které jsou spojovány se suchým zráním je *Rhizopus* a *Mucor*. Tyto plísně patří ke kontaminujícím a nepříznivým, jelikož jsou spojovány s lidskými infekčními nemocemi (Dashdorj *et al.*, 2016).

2.2.4 Ekonomické parametry

2.2.4.1 Snížení hmotnosti

Při zrání po dobu 14 dní dochází k snížení hmotnosti až o 5 % během suchého zrání. Celkové smrštění se zvyšuje vzhledem k vzrůstající době zrání. V průběhu zrání dochází k zvýšení smrštění a zintenzivnění chuti. Během prvních sedmi dnů je maso poměrně světlé, ale zvyšující se dobou zrání ztmavne. Po 21 dnech dochází ke ztrátě 10 % hmotnosti vypařováním. Voda se vypařuje z předních i zadních částí, ale kde je tuk a kosti k vypařování nedochází. Po 30 dnech staření se vyvíjí typická vůně a textura pro stařené maso. Maso je velmi jemné s výraznou hovězí chutí. V tomto okamžiku dochází ke ztrátám 15 % celkové hmotnosti. V 50 dni staření dochází ke ztrátám až 23 % hmotnosti. Po 90 dnech vzniká na mase bílé pruhování, to způsobují žádoucí plísně a soli, které se dostávají na povrch zároveň s vodou. Na povrchu vzniká tvrdá krusta, která chrání maso. Po 120 dnech maso ztrácí 35 % své hmotnosti. Takto dlouho stařené maso má velmi výraznou chuť a zároveň je velmi drahé, takže je pro někoho, kdo ocení intenzivní aroma hovězího masa. K dalším obrovským ztrátám dochází ořezem krusty na povrchu. Zde mohou být ztráty až 30 %. Vzhledem k tomu, že kosti se chovají jako izolant pro maso, pokud zrajeme pouze části masa, ne celou čtvrt, je výhodné zrát části s kostí (T-bone, I-bone). Čtvrtě s větším tukovým krytím vykazují nižší ztráty než čtvrtě libovější. Kromě senzorických vlastností vyžralého hovězího masa suchým typem zrání jsou dalšími pozitivními vlastnostmi vyšší rychlost tepelné úpravy a nižší ztráty vařením (Dashdorj *et al.*, 2016).

2.2.4.2 Cena

Suché staření je nákladný proces, jelikož získáváme nižší výnosy vzhledem k velkým ztrátám na hmotnosti. Dále je časově náročné ve srovnání s mokřím zráním. Abychom získali kvalitní výstupní produkt, musíme mít i kvalitní vstupní surovinu. Pro suché zrání je nejvhodnější hovězí maso s rovnoměrným mramorováním. Dalším důvodem vyšší ceny je delší doba bourání. Ta je prodloužena vzhledem ke vznikající krustě na povrchu masa/čtvrti. Čím déle stařené maso je, tím tlustší má krustu a tím je jeho zpracování delší (Dashdorj *et al.*, 2016).

2.3 Zrání hovězího masa a jeho vliv na senzoriku (suché, mokré)

Během posmrtného staření dochází ke zlepšení senzorických atributů masa, jeho chutnosti, křehkosti a šťavnatosti, to vše v důsledku strukturálního zhroucení

svalových vláken pomocí endogenních proteáz. Zrání probíhá dvěma způsoby a to buď takzvaným suchým zráním, nebo mokrým zráním. Suché zrání spočívá ve zrání celých hovězích čtvrtí, které jsou bez obalu v chladících skladech. Maso zraje při kriticky kontrolovaných podmínkách. Kterými jsou teplota, relativní vlhkost a proudění vzduchu. Tyto parametry je třeba pečlivě monitorovat, kvůli inhibici růstu mikroorganismů a minimalizaci úbytku na váze. Při mokrém staření jsou kusy hovězího vakuovány a zrají v obalech. Z tohoto důvodu je mokré zrání ekonomičtější, jelikož nedochází ke ztrátám na hmotnosti. U suchého zrání nejen že dochází ke ztrátám vody, ale vzhledem k suchému povrchu JUT ke ztrátám ořezáním suchých částí (Kim Yuan *et al.*, 2016, Kim *et al.*, 2014).

2.3.1 Váha a kombinované ztráty

Při suchém zrání dochází k mnohem větším ztrátám než při mokrém zrání, a to z důvodu vyšší dehydratace povrchu. Mezi hmotností podkožního tuku a kostní hmoty nebyl zjištěn žádný rozdíl. U suchého zrání byla výtěžnost masa cca 46 %. U mokrého 55 %. Nižší výtěžnost u suchého zrání je samozřejmě jak kvůli ořezu suchých částí, tak kvůli vyšší ztrátě vody (Dikeman *et al.*, 2013; Kim Yuan *et al.*, 2016).

2.3.2 pH a vodní kapacita

U zrání masa (mokrém/suché) obecně nedochází ke změnám pH vzhledem k různým režimům (teploty, relativní vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu) staření. I když použijeme významně odlišných režimů, rozdíl v pH je tak minimální, že je zanedbatelný. Jak už bylo zmíněno, u suchého zrání dochází k větším ztrátám vlhkosti než u mokrého. Při 3 °C docházelo k větším ztrátám, jak při 1 °C k tomu zřejmě dochází díky většímu odparu vody při vyšší teplotě a nižší relativní vlhkosti. Naproti tomu u mokrého zrání teplota neovlivňuje ztráty. Po ořezání a upravení hovězího masa se ztráty vařením a okapem nijak nelišily na základě způsobu a režimu zrání (Kim Yuan *et al.*, 2016; Dikenman *et al.*, 2013)

2.3.3 Barva na povrchu

Hovězí maso získané suchým zráním je tmavší, má nižší L* hodnotu (indikace světla), než maso získané mokrým zráním. U suchého zrání platí, že čím vyšší teplota je při staření, tím je maso tmavší. Světlejší barva masa při mokrém zrání je vysvětlena tím, že maso obsahuje více vody (Kim Yuan *et al.*, 2016).

A* hodnota (označení pro červenou) a intenzita barvy mají stejné tendence jak L* hodnota. Při suchém zrání je a* hodnota malinko nižší než při zrání mokrého. Nicméně tento rozdíl je tak malý že je zanedbatelný. Stejně tak intenzita barvy byla vyšší u suchého zrání, to zřejmě z důvodu vyšší absorpce světla vzhledem k nižšímu obsahu vody. V odbarvení není žádný rozdíl (Kim Yuan *et al.*, 2016).

2.3.4 Síla smyku

Síla smyku se velmi liší vzhledem ke způsobu a režimu zrání masa. Kdy maso získané mokřím zráním vykazuje největší smykovou sílu. Čím je teplota mokrého zrání nižší, tím vyšší je smyková síla. Při vyšší teplotě je maso křehčí díky vyšší aktivitě proteolytických enzymů. U suchého zrání křehkost není závislá na teplotě zrání (Kim Yuan *et al.*, 2016).

2.3.5 Senzorická analýza

Na základě senzorické analýzy bylo ukázáno, že maso stařené suchou metodou je chutnější než to stařené ve vakuu. Je to vzhledem k tomu, že chutná více po hovězím. Šťavnatost není ovlivněna způsobem zrání, ale je ovlivněna teplotou. Čím vyšší teplota tím šťavnatější maso je. Křehčí bylo maso stařené suchým způsobem (Kim Yuan *et al.*, 2016).

2.3.6 Analýza metabolitů

2.3.6.1 Metabolity nacházející se v hovězím mase

V hovězím mase se nachází mnoho různých metabolitů.

- Amino kyseliny (alanine, leucin, glutamin, glutamát, valin, methionin, tyrosin, izoleucin a fenylalanin)
- Metabolity hojně přítomné v mase (kreatin, karnosin, karnitin, kreatinin)
- Laktát, meziprodukty cyklu kyseliny citrónové (sukcinát, fumarát)
- Sacharidy (glukóza, glukóza-6-fosfát, mannóza)
- Organické kyseliny, osmolyty, nukleotidy

Několik z těchto metabolitů se účastní na tvorbě chuti masa. Například valin, tyrozin, izoleucin, fenylalanin, tryptofan a leucin jsou spojované s hořkou chutí. Alanin, methionin, glutamin, glycin, glukóza, laktát a sukcinát se sladkou chutí. Aspartová a glutamová kyselina, histidin, asparagin, sukcinát a laktát s kyselou chutí. Glutamová a aspartová kyselina se slanou chutí. Glutamát, aspartát, karnosin a inosin

monofosfát s chutí umami (van Ba, Hwang, Jeong a Touseef, 2012, Dashdorj *et al.*, 2014).

2.3.6.2 Rozdíly metabolitů mezi hovězím masem stařeným suchým a mokřým zráním

Mezi hovězím stařeným suchým a mokřým zráním se koncentrace 8 metabolitů z 32 výrazně lišila. Tryptofan, fenylalanin, valin, tyrosin, glutamát, izoleucin a leucin se vyskytovaly víc u masa stařeného suchým zráním jak mokřým. Naopak inosin monofosfát byl ve větším množství přítomen v hovězím mase stařeným mokřým zráním. Hlavním důvodem pro vyšší koncentraci metabolitů u masa získaného suchým zráním je zvýšená ztráta vlhkosti během zrání. Ale vzhledem k tomu, že se nezvýšila koncentrace všech metabolitů, není to jediným důvodem vyššího množství metabolitů. Dalším důvodem je zřejmě rozdílná hladina proteolýzy. Koncentrace 20ti z 22 aminokyselin naměřených během zrání se zvýšila v období od 3 do 21 dne zrání. Aminokyseliny, které prošly největšími změnami, během této doby, byly serin, treonin, leucin, izoleucin, methionin, valin a tryptofan. Při suchém zrání došlo ke zvýšení koncentrace izoleucinu, leucinu, methioninu, tryptofanu a valinu což může ukazovat na rychlejší proteolýzu ve srovnání s mokřým zráním. Tento rozdíl v degradaci proteinů může vysvětlovat rozdíl smykových sil mezi suchým a mokřým zráním.

Některé z těchto aminokyselin jsou zdrojem masové chuti (Kim Yuan *et al.*, 2016).

2.4 Senzorická analýza potravin

Do celkové kvality potravin patří i její senzorická kvalita. Senzorická kvalita hodnotí chuť, vzhled, vůni a texturu potraviny. Aby byla senzorická analýza správně provedena, probíhá ve speciálních senzorických laboratořích za standardních podmínek. Hodnotitelé musí být proškolení nebo experti. Tato analýza patří mezi základní kontrolní metody kvality surovin, přídatných a pomocných látek v potravinářství. Je důležitou součástí hygienického dozoru a používají ho i výrobci potravin (Kinclová spol., 2004).

Celková jakost potravin je určena nejen senzorickými vlastnostmi, ale i chemickým složením, fyzikálními vlastnostmi, mikrobiální a toxikologickou kontaminací, dobou minimální trvanlivosti, balením a značením. Už od dávných dob člověk hodnotil potraviny svými smysly. Prvně jimi zjišťoval, zda není potravina zkažená, toxická, či je výživná. V pozdějších dobách, kdy nebyla potravina brána za nutnost, se výrazně rozvinuly kulinářské technologie. Ty zlepšovaly senzorickou kvalitu potravin. Nyní

výběr potravin záleží pouze na sensorické jakosti, jelikož spotřebitele považují zdravotní nezávadnost za samozřejmost (Kinclová spol., 2004).

Senzorická analýza je poměrně mladý obor, který čerpá z poznatků psychologických, sociologických, biologických, chemických a biochemických (Kinclová spol., 2004).

2.4.1 Smyslové vnímání

Smyslové vnímání je uzpůsobeno díky smyslovým buňkám čili receptorům, které reagují na podnět změnou vlastnosti svého klidového membránového potenciálu. To znamená, že receptorové potenciály, na jejichž základě je nervová aktivita ve formě akčního potenciálu (tato nervová aktivita obsahuje informaci o kvalitě, intenzitě, místě a trvání podnětu) se dostávají nervovými drahami do nervových center, kde nastává konečné zpracování informace. Podle typu podnětů rozlišujeme mechanoreceptory, foto-, chemo- a termoreceptory (Kinclová spol., 2004).

Senzorická analýza zahrnuje hodnocení chuti, vzhledu, vůně a textury. Existují čtyři základní chutě – sladká (na špičce jazyka), slaná a kyselá (na bocích jazyka) a hořká (na kořenu jazyka). Mechanismus chuťového vjemu je velmi složitý, ale jeho základním princip je navázání chuťových aktivních látek na receptory bílkovinného charakteru. Ty zachycují nervový vzruch, který je pak přenesen do centrální nervové soustavy, zde je vzruch zpracován. Rozlišujeme i pátou chuť, což je chuť umami. Ta je vyvolána zvýrazňovači chuti, jako je například glutaman sodný. Mezi další chutě patří třeba palčivá, svíravá či kovová chuť (Kinclová spol., 2004).

Dalším ze smyslů, které používáme při sensorické analýze je čich. Čichovým orgánem vnímáme pach. Pach se rozděluje na příjemné vjemy a zápach. Do příjemných vjemů patří vůně (vnímaná nadechnutím přímo do nosní dutiny) a aroma (vnímané v nosní dutině po přechodu z dutiny ústní). Na stropu dutiny nosní ve sliznici se nacházejí čichové receptory. U čichu není zcela znám jeho přesný mechanismus. Čich spolupracuje zároveň s chutí a tvoří komplexní vjem, ten se nazývá flavour (Kinclová spol., 2004).

Zrak je vjem, který umožňuje vnímat elektromagnetické záření o vlnové délce 380-780 nm. U barvy je oko schopné rozeznat odstín, světlost a sytost zbarvení dále může zachytit světlo a určit jeho intenzitu. Zrak dává informaci o barvě, tvaru, velikosti, povrchu potravin a jiné (Kinclová spol., 2004).

Sluch slouží pro vnímání třech typů sluchových podnětů. Těmi jsou tóny, šelesty a hřmoty. Z těchto tří podnětů jsou v senzorní analýze nejdůležitější šelesty a hřmoty. Sluch je nejvíce uplatňován při hodnocení křehkosti a čerstvosti (Kinclová spol., 2004).

Rozlišujeme dva druhy hmatu. Taktilní, jehož receptory jsou v pokožce a sliznicích. Dává nám pojem o vlastnostech povrchu, tvaru a velikosti. Kinestetický smysl slouží ke zjištění elasticity, křehkosti a tvrdosti (Kinclová spol., 2004).

2.4.2 Senzorická laboratoř a hodnotitelé

K senzornímu hodnocení potřebujeme skupinu hodnotitelů. Jim se říká tzv. panel hodnotitelů. Hodnotitelé se dělí do tří skupin. První jsou posuzovatelé, ti jsou laici, jsou vybráni z široké veřejnosti. Tito lidé se ještě nikdy neúčastnili senzorního hodnocení. Do další skupiny patří vybraní posuzovatelé, tyto lidé jsou vyškolení a byli vybráni pro jejich dovednosti a schopnosti. Poslední skupinou jsou experti, ti mohou být dvojího typu. Expert posuzovatel je osoba zvěhlá v hodnocení a podává reprodukovatelné výsledky. Specializovaný expert posuzovatel je navíc specialista na určitý výrobek, je schopný hodnotit a předvídat vlastnosti výrobku, které vznikly změnou výroby, receptury, skladováním, stárnutím nebo vlivem suroviny. Hodnotitelé jsou trénováni v schopnosti rozeznat barvu, chuť, pach, intenzitu vjemů a texturu. Dále jsou trénováni ve slovním popisu, dlouhodobé senzorní paměti a různých metodách senzorní analýzy. Experti také musí mít dovednosti ve statistickém zpracování dat a musí mít přehled o situaci na trhu. Množství hodnotitelů je různé. Liší se podle použité metody a podle toho, jak jsou zaškoleni. Pro spotřebitelské senzorní testy je to až tisíce hodnotitelů. Pokud zjišťujeme rozdíly v jakosti výrobku je počet hodnotitelů nižší, mezi deseti až třiceti. A nakonec kolem tří hodnotitelů při každodenním hodnocení výrobku.

Vlastní analýza správně probíhá ve specializovaných senzorních laboratořích. Ty mají být postavené v klidných částech budov. Má být rozdělena na zkušební a přípravný prostor. Ve zkušební části se nachází kóje, které jsou od sebe oddělené. Zkušební a připravené prostory musí být konstruované tak, aby nedocházelo k průniku pachů do zkušební místnosti. Kóje zaručují objektivitu hodnotitelů, jelikož znemožňují komunikaci mezi hodnotiteli. Stěny senzorní laboratoře mají být vymalovány bílou barvou, nádobí má být neutrální, nezanechávat žádné pachy a být bez ozdob. Laboratoř musí mít regulovanou teplotu a vlhkost vzduchu a osvětlení by mělo odpovídat kvalitě

denního světla. Takto stavěná laboratoř je velmi neutrální a díky tomu neovlivňuje smysly hodnotitelů (Kinclová spol., 2004).

Při hodnocení je nutné dodržovat pauzy, aby se vjemy navzájem neovlivňovaly. Aby se tomu nestalo, napomáhají nám neutralizátory chuti, které podáváme po každém vzorku. Neutralizátory vyplavují zbytky sousta z dutiny ústní. Nejčastějším neutralizátorem je voda. Ta se po vypláchnutí vyplivuje. Kromě vody se podle hodnocené potraviny používá také hořký čaj, minerálka nebo vodka. Při hodnocení tekutých vzorků se využívá tuhých neutralizátorů jako je chléb, bílé pečivo nebo například jablko. Hodnotitel si musí na pracovišti udržet pořádek, být neustále soustředěn a pečlivě vyplňovat protokol (Kinclová spol., 2004).

2.4.3 Hodnocení vzorku

Při odběru a manipulaci se vzorkem se musejí dodržovat nejen obecně platné požadavky na odběr, ale také hygienická pravidla. Při hodnocení musí být dostatečné množství vzorku. U kapalin je to 15–20 ml a u tuhého vzorku 20–30 g. U některých hodnocení se používá i několikrát více vzorku. Vzorky musejí být při analýze podávány za stejných podmínek. To znamená ve stejném množství, za stejné teploty, a stejném nádobí atd. Teplota vzorku by měla být taková, jaká je jeho skutečná teplota při konzumaci. Teplota je velmi důležitá, jelikož ovlivňuje chuť a vůni vzorku. Při hodnocení je nutné, aby vzorky byly anonymní, proto jsou vzorky označeny číselným kódem (Kinclová spol., 2004).

Vzorek hodnotíme jak při konzumaci. Prvně se hodnotí celkový vzhled, barva a pach vzorku. Následně se hodnotí textura vzorku, prvně mezi prsty ruky a poté v dutině ústní. Během žvýkání sledujeme chuť, změny intenzity a vývoj chutě i vjemy čichové. Jelikož se některé vjemy uplatňují až po spolknutí, tak se ve většině případů sousto polyká. Celkový pocit, který hodnotitel po analýze získá, se nazývá flavour. Je komplexní kombinací chuťových a čichových vlastností, které jsou ovlivněny i hmatovými, tepelnými a jinými účinky (Kinclová spol., 2004).

2.4.4 Metody laboratorní senzorické analýzy

Laboratorní metody jsou zkoušky probíhající ve speciálních laboratořích a použití školených hodnotitelů a expertů za standardních podmínek. Tyto metody jsou povětšinou normované (Kinclová spol., 2004).

Mezi hlavní metody senzorické analýzy patří:

1. Preferenční zkoušky – těmito zkouškami se určuje zájem spotřebitelů o různé výrobky. Základem těchto testů jsou subjektivní pocity neškolených hodnotitelů. Testy jsou nejčastěji formulovány jako dotazníky. Musí být jednoduché a srozumitelné. Výsledky testů jsou klíčové pro výrobce, jelikož slouží při rozhodování o zaměření výroby podniku (Kinclová spol., 2004).
2. Metody rozdílové nebo rozlišovací – jde o porovnání vzorků vzhledem k jejich organoleptickým a sensorickým vlastnostem (Kinclová spol., 2004).
3. Metody pořadové – orientačně třídí skupiny výrobků. Ty slouží k výběru vzorků, které se liší od ostatních. Také mohou sledovat vliv nějakého faktoru na sensorickou jakost nebo organoleptické vlastnosti výrobku (Kinclová spol., 2004).
4. Hodnocení srovnáním se standardem – probíhá srovnáváním vzorku se známým (standardním) referenčním vzorkem. Hodnotí rozdíly mezi nimi a jejich velikost. Dále se mohou srovnávat vzorky se sadou standardů a určit ke kterému se nejvíce přibližují. Nejčastěji jsou standardy tři: výrobek špičkový, standardní a horší (Kinclová spol., 2004).
5. Hodnocení s použitím stupnic – nejčastější metoda při hodnocení jakosti. Stupnicí je zde myšlena řada stupňů (kvality, intenzity, příjemnosti), které jsou seřazené do posloupnosti. Stupnice má charakter vektoru. Časté je grafické znázornění (Kinclová spol., 2004).
6. Poměrové metody – hodnotitel označí velikost počítku u standardu určitým číslem (např. 100), velikost počítku u zkoumaného vzorku se vyjádří jako číslo vztažené ke standardu. Poměry se počítají až při hodnocení. Jde o bezrozměrnou veličinu (Kinclová spol., 2004).
7. Metody slovního popisu – provádí se popisem vjemů, nejlepší je mít seznam vhodných termínů, které se dají použít k popisu vjemů. Jedná se o nejstarší metodu sensorické analýzy (Kinclová spol., 2004).
8. Metoda sensorického profilu – jde o metodu, kde se dají vyjádřit jednotlivé složky kvantitativně. Používají se hlavně pro výzkumnou a vývojovou činnost. Dále v provozní praxi (Kinclová spol., 2004).

2.4.5 Sensorická analýza spojená s instrumentální analýzou

Velmi časté je spojení sensorické analýzy s analýzou instrumentální. Instrumentální metody jsou velmi výhodné, jelikož je analýza dobře opakovatelná a snadno

se reprodukují její výsledky. Dále jsou jednoduché a automatizované. Instrumentální metody nejsou časově náročné a jsou lehce statisticky zpracovatelné. Velký nedostatek těchto metod je, že oproti senzorickým analýzám měří podněty nikoliv vjemy. Proto instrumentální metody používáme, pokud známe vztah charakteru vjemu na intenzitě podnětu. Aby tyto metody správně fungovaly, musí se přístroje nakalibrovat. Instrumentálními metodami lze měřit barvu (spektrofotometriky, obrazovou analýzou), texturní vlastnosti (Instron), aromatické látky a jiné (Kinclová spol., 2004).

2.4.6 Význam senzorické analýzy potravin

Senzorická analýza potravin je jedna z hlavních metod kontroly jakosti potravinářských surovin, pomocných a přídatných látek i potravinářských výrobků. Jakost se definuje jako shoda výrobku se standardy. Ty jsou stanoveny legislativou, normami nebo spotřebitelskými požadavky (Kinclová spol., 2004).

Jelikož je nabídka potravin velmi široká, má spotřebitel velkou možnost výběru. Kritéria pro výběr potravin jsou hlavně vzhled, tvar, barva a atraktivnost obalu. Po celkovém vzhledu ovlivňují výběr další vlastnosti potravin. Z toho důvodu je ve velkém množství potravinářských podniků běžné každodenní senzorické hodnocení jejich výrobků. Některé firmy zaměstnávají speciálně vyškolené hodnotitele, kteří jsou využíváni hlavně při vývoji nových výrobků (Kinclová spol., 2004).

Legislativní požadavky zajišťují prostřednictvím stanoveného standardu určité minimální požadavky na jakost potravinářských výrobků a kontrola dodržování těchto požadavků je náplní práce dozorových orgánů (Státní zemědělská a potravinářská inspekce a Státní veterinární správa). Senzorická analýza je postavena na vědeckých základech a je ve světě uznávanou disciplínou. Využívají ji jak producenti potravin, tak kontrolní orgány. Je nepostradatelnou součástí kontroly hygienického dozoru při výrobě a distribuci potravin. Barevné změny jsou častým ukazatelem mikrobiální kontaminace nebo nesprávné technologie či hygienických požadavků (Kinclová spol., 2004).

2.5 Instrumentální analýza potravin

2.5.1 Barva

Pro spotřebitele je barva velmi důležitým kritériem. Barva závisí na koncentraci myoglobinu a na stupni jeho oxidace, stejně tak na struktuře masa. Barva je zřejmě jedním z nejdůležitějších faktorů při výběru masa a masných výrobků (Saláková, 2012).

2.5.1.1 Popis barvy

Fyzikálně je barva záření, které obsahuje směs různých vlnových délek a zároveň je segment viditelného spektra světla odraženého od objektu, jehož barva je hodnocena okem pozorovatele. Barva, nebo přesněji řečeno, co člověk jako barvu vnímá, závisí na celé řadě podmínek. Nejvýznamnější z nich jsou spektrální složení a úhel dopadu světla. Dále směr pohledu pozorovatele, povrchové vlastnosti a vlastnosti pozorovatele, jako je jeho vize ostrosti, přizpůsobení k okolnímu světlu a věk (Saláková, 2012).

S ohledem na vlastnosti pozorovatele je objektivní posouzení barvy velmi komplikované. Hlavně tím, že naše smysly jsou náchylné k oklamání vzhledem k očekávání a paměti. Normálním pohledem neregistrujeme barevné variace známých objektů, toto je způsobené změnami okolního světla. Je to proto, že člověk se automaticky přizpůsobí na intenzitu světla i na referenční bílé barvy. Objekt je také ovlivněn barvami v jeho blízkosti (Saláková, 2012).

Barva může být charakterizována třemi základními vlastnostmi:

- Odstín – vlastnost, která složí k rozlišení jedné barvy od druhé. Červená barva se liší od modré a zelená od žluté. Mícháním sousedních spektrálních barev můžeme získat hladký přechod. Například z červené a žluté barvy můžeme vytvořit spektrum barvy z červené na oranžovou na žlutou. Začátek a konec této řady jsou spojeny (Saláková, 2012).
- Světlost – popisuje barvy na stupnici od tmavé do světlé. Černá a bílá společně s odstíny šedé mezi nimi, se označují jako neutrální barvy a v tomto smyslu nemají odstín (Saláková, 2012).
- Sytost – popisuje vlastnost barvy ve smyslu přechodu od neutrální šedé až čistému odstínu, kdy je jas konstantní (Saláková, 2012).

2.5.1.2 Objektivní měření barvy masa

Barva masa může být hodnocena za použití barevných standardů. Měřením pomocí reflektivní spektrometrie nebo analýzy obrazu (VIA). Alternativní metodou je NIR (Near Infrared Reflectance) spektroskopie, která je charakterizovaná rychlostí, jednoduchostí použití a minimálními interferencemi vlivem vlhkosti (Saláková, 2012).

2.5.1.3 Systém barev

Základem výzvy pro standardizaci barev byl vznik CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) v roce 1931. Ten je zodpovědný za formulování a prosazování mezinárodních norem ohledně barvy. CIE generuje mimo jiné definice barevných

prostorů, norem vztahujících se na metodiky měření, charakteristiky pozorovatele a parametry osvětlení (Saláková, 2012).

- ***Systém Munsell***

Tento systém byl první, který určil barvu neznámého vzorku v trojrozměrném prostoru. Barva je zde charakterizována třemi atributy. Odstínem (H), hodnotou (V) nebo světlostí a sytostí (C). Munsell také identifikoval pět základních barev (červená, žlutá, zelená, modrá a fialová), které umístil rovnoměrně po celém obvodu kruhu s pěti kompozitními barvami a mezi nimi vloženými barvami (YR, BY, BG, PB, RP). Munsellův kruh má celkem deset barevných sektorů s přiřazenými číselnými hodnotami. Sytost barev se zvětšuje od středu kruhu k jeho okraji. Vertikální osa reprezentuje jas, který má hodnoty 0–10. Kde 0 je absolutní černá a 10 absolutní bílá (Saláková, 2012).

- ***Systém CIEXYZ***

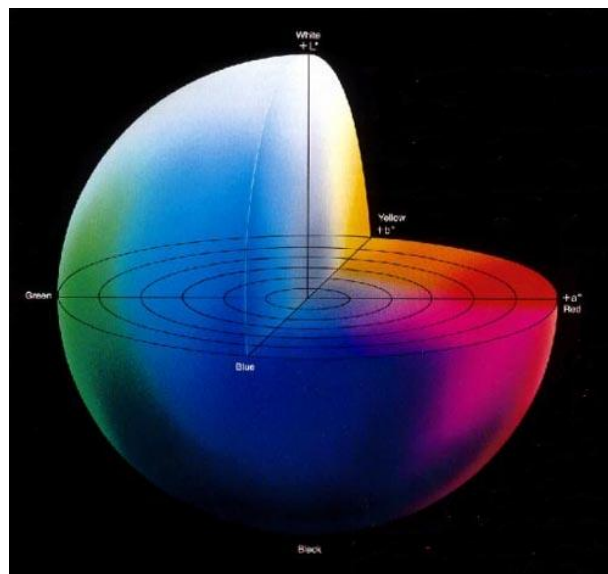
CIE systém pro měření barev transformuje spektrum odrazivosti nebo prostupnosti objektu do trojrozměrného barevného prostoru. Přitom se opírá o spektrální rozložení energie světelného zdroje chromaticky odpovídající funkci standardního pozorovatele. Místo “skutečných” základních barev červené, zelené a modré, se používá X, Y, Z místa, kde Y je odrazivost světla nebo prostupnost. Použitím hodnoty Y a chromatických souřadnic x a y, může být každá barva jednoznačně umístěna v barevném prostoru pod standardním osvětlením a pomocí standardního pozorovatele. Jas je tedy vyjádřen hodnotou Y a barvy s tímto jasnem jsou uspořádány v chromatickém diagramu (x, y). Odstíny jsou rozmístěny po obvodu tohoto diagramu a nasycení se mění směrem k centrální (neurální) oblasti. Nevýhodou je, že separace barev ne vždy odpovídá rozdílu vnímaným pozorovatelem (Saláková, 2012).

- ***Systém CIELAB***

Systém CIELAB je jeden z nejvíce používaných systémů na měření barvy předmětů. Vznikl v roce 1976. Zde je barva definována jako bod v trojrozměrném prostoru v závislosti na souřadnicích L^* , a^* , a b^* . L^* označuje světlost barvy. Je umístěn na svislé ose v prostoru a jeho hodnota se pohybuje od 0 (černá) do 100 (bílá). Souřadnice a^* a b^* reprezentují hodnoty, ze kterých se může vypočítat sytost a odstín barvy. Existují v horizontální rovině. a^* je součástí spektra vlnových délek, které odpovídají barvy od zelené ($-a^*$) k červené ($+a^*$), b^* od modré ($-b^*$) na žlutou ($+b^*$) (Saláková, 2012).

Barva nemůže být současně červená a zelená nebo modrá a žlutá. Takže je možné představit hodnoty popisující umístění odstínu mezi zeleným a červeným nebo modrým a žlutým. Je-li barva definována CIE $L^*a^*b^*$, pak L^* označuje jas, a^* označuje pozici mezi primárními barvami R/G (červená/ zelená) a b^* označuje polohu mezi základními barvami Y/B (žlutá/modrá). Kruhový graf má neutrální oblast ve středu, zatímco v trojrozměrném prostoru, který tvoří $L^* a^* b^*$, neutrální barvy prochází středem tohoto prostoru (Saláková, 2012).

Souřadnice $L^*a^*b^*$ definují pozici barvy v jednotném barevném prostoru. V praxi jsou nejčastěji požadované informace, jak se vzorek liší od standardu. CIE $L^*a^*b^*$ je založen na vnímání identifikovatelných barevných rozdílů v souřadnicovém systému. Nicméně tento systém neurčuje přijatelnost vzhledem ke stupni barevné diferenciaci. Stupeň přijatelnosti se liší v závislosti na typu vzorku. Postavení barvy v souřadnicích a^* , b^* mohou být označeny v kruhovém grafu, ale skutečná poloha barvy je získána po zahrnutí hodnoty L^* a pozice barvy v prostoru (Saláková, 2012).



Obrázek 1: Trojrozměrný barevný prostor podle CIELAB (<http://www.rpdms.com/cielch/>)

2.5.2 Textura

Textura je důležitým aspektem kvality masa, někdy může být i důležitější než barva a chuť. Z texturních charakteristik jsou nejčastěji zmiňovány tvrdost (houževnatost), soudržnost a šťavnatost. Metody k hodnocení struktury mohou být rozděleny do tří skupin: senzorické metody, instrumentální metody (také známe jako objektivní,

fyzikální nebo mechanické) a nepřímé metody (například stanovení obsahu kolagenu v mase, množství sušiny atd.) (Saláková, 2012).

2.5.2.1 Instrumentální hodnocení textury

Většina instrumentálních metod pro hodnocení textury jsou založeny na mechanických zkouškách, které zahrnují měření odporu, potravina představuje větší síly než gravitace, které na ni působí. Mechanické měření textury je obvykle destruktivní, jelikož používané síly překračují pevnost testovaného vzorku, čímž dochází k jeho destrukci. Mezi nejpoužívanější instrumentální metody měřící texturu patří Allo-Kramer test, Warner-Bratzler test a analýza profilu textury (Saláková, 2012).

Textura je objektivně měřena silou nebo energií vynaloženou na řezání nebo stlačení vzorku masa nebo masných výrobků. Instrumentální metody vyžadují vzorky, které mají být větší a přesně definovány. Je velmi složité porovnávat výsledky různých laboratoří se vzorky o různých velikostech a tvarů nebo různém nastavení přístrojů (Saláková, 2012).

- ***Analýza profilu textury (TPA)***

Analýza textury profilu je jedna z metod, která simuluje podmínky, kterým je potravina vystavena v dutině ústní (Saláková, 2012).

Je to objektivní metoda instrumentální analýzy. Zkouška se skládá z komprese vzorku potravy ve dvou cyklech. Nejběžnějším způsobem průběhu je udržet rychlost jedné z desek konstantní, zatímco se měří tlakové síly. Výsledná zatěžovací křivka zobrazuje sílu jako funkci deformace vzorku. Tlaková deska by měla být větší, než je testovaný vzorek a vzorek by měl mít hladký, rovný povrch, tak, aby plocha v kontaktu s deskou byla známá a konstantní. Síla versus deformace umožňuje odvodit jednotlivé texturní parametry, jako jsou tvrdost, měkkost, přilnavost, pružnost, žvýkatelnost, gumovitost a soudržnost (Saláková, 2012).

- ***Warner-Bratzler test***

Hodnocení smykové pevnosti podle Warner-Bratzlera je velmi často používané, ačkoliv metodiky nejsou jednotné. Tento test smykové pevnosti umožňuje měřit sílu nutnou k řezu do vzorku tkáně. Stříhání umožňuje zjištění chování potravinu během prvního kousnutí. Vzorek, se svalovými vlákny rovnoběžně s delší osou nože je nařezán, dokud se vlákna úplně neoddělí. Během řezání se zaznamenává maximální pevnost a houževnatost, tj. energie potřebná pro proříznutí vzorku (Saláková, 2012).

Vzorek musí být připraven a umístěn tak, že řez je kolmý ke svalovým vláknům. Rychlost nože se může měnit podle potřeby, a to i v průběhu měření, z minimálně 0,5 mm.min⁻¹ na maximálně 1000 mm.min⁻¹ (Saláková, 2012).

Tato metoda umožňuje měřit maximální sílu (N) jako funkci posunutí nože (Mm) a tlak potřebný ke stříhu daného vzorku masa (Mpa). Výsledek tohoto měření ukazuje tvrdost (houževnatost) masa. Opakovatelnost výsledků při testování Warner-Bratzler se zvyšuje kvadraticky se zvyšujícím se počtem měřených vzorků. Nejvyšší opakovatelnost se získá tím, že se desetkrát proměří jeden experimentální vzorek (Saláková, 2012).

- ***Penetrometrie***

Tento test je založen na pronikání sondou do vzorku. Tato metoda může být použita ve dvou variantách

- Měření síly potřebné k proniknutí do určité hloubky, při konstantní rychlosti
- Měření hloubky vpichu dosažené v nastaveném čase, nebo jinak s konstantní silou působící na sondě (Saláková, 2012).

Penetrometry představují nejstarší a nejdéle využívané nástroje na měření struktury. V zásadě platí, že se měří síla potřebná pro dosažení částečné nebo úplné penetrace sondy do zkoušeného materiálu. Čím větší je požadována síla, nebo čím menší je hloubka průniku, tím odolnější je materiál. Penetrometry mohou být užitečné při testování konzistence tuků (Saláková, 2012).

- ***Jiné instrumentální metody pro hodnocení textury***

Mezi další instrumentální metody patří například různé řezací přístroje, masticometry, které simulují žvýkání, viskozimetry a extrudéry. Způsoby hodnocení textury jsou destruktivní, časově náročné a nevhodné pro online aplikace. Je třeba vyvinout rychlé, nedestruktivní, přesné a on-line technologie (Saláková, 2012).

2.6 Porcování hovězího masa



Obrázek 2: Základní části hovězího masa

(https://elainebutler.files.wordpress.com/2013/06/fix_main_beef_cuts.jpg)

2.6.1 Plec – Chuck

Tato část se nachází v oblasti ramene JUT. Maso plece je velmi chutné a levné, ale tučné a tvrdé. Zároveň má velké množství kostí a chrupavek. Je vhodné k pomalému vaření a dušení.

Velká plec – Top blade

Jako velká plec se označují velké svaly nad zadní polovinou lopatky. Je to nejjemnější maso z přední kýty (plece).

Kulatá plec (falešná svíčková) - Mock tender roast

Jemný kus masa, který patří do zadního hovězího. Má podobná svalová vlákna jako má pravá svíčková.

Loupaná plec – Top blade steak

Jemné krátké šťavnaté maso z přední kýty (plece) je tvořeno svaly s poměrně malým obsahem vaziva a tuku.

Podplečí – Chuck roll eye

Nachází se na pleci, je přední část hovězího hřbetu za krkem a navazuje na vysoký roštěnec. Podplečí obsahuje svalovinu krku, složenou z menších svalů s dostatkem vaziva a tukové tkáně mezi nimi. Obsah kostí, chrupavky a vaziva, jakož i tukové tkáně, dává této části masa vyslovený charakter masa předního. Dá se využít jak na vaření, dušení, tak i na pečení (Underly Keri, 2011).

2.6.2 Krk – Neck

Prorostlá svalovina se silnějšími svalovými vlákny. Je vhodný na mletí, hlavně do masa na burgery.

2.6.3 Žebra – Ribs

Vysoké žebro – Back ribs

Nízké žebro – Back ribs

Vysoký roštěnec – Ribeye roast

Vysoký roštěnec, je tukem prorostlé jemné maso z přední čtvrtě (před osmým žebrem).

Vysoký roštěnec s kostí – Ribeye steak

Rib Eye Steak je kus hovězího masa z žeberní části. Rib Eye Steak neboli vysoký roštěnec s kostí je jeden z nejlepších plátků hovězího masa. A to i díky tomu, že se nachází ve velmi pohyblivé části zvířete (na rozdíl třeba od hovězí svíčkové). Rib Eye Steak je krásně prorostlý tukem a díky tomu velmi šťavnatý.

2.6.4 Hrudí – Breast, Brisklet

Přední hrudí

Přední hovězí pochází z dobře vyvinutých svalových částí, proto je maso aromatické, s výraznou chutí.

Zadní hrudí

Plochá širší část hrudí, která nabízí libovější maso s nízkým podílem kostí (Underly Keri, 2011).

2.6.5 Pupek – Flank steak

Obsahuje do plochy uspořádané svaly břišní stěny. Patří mezi tučnější partie. Po vyzrání je velmi vhodný na steak, jinak je to spíše tužší maso (Underly Keri, 2011).

2.6.6 Nízký roštěnec – Striploin, Sirloin

Maso je z hřbetní zadní části. Je libovější než vysoký roštěnec. Obsahuje jemně vláknité maso, které i přes nízký obsah tuku, patří k nešťavnatějším částem hovězího masa. V USA se dělí na přední část (Striploin) a zadní část (Sirloin).

Entrecote

Část masa na hranici mezi vysokým a nízkým roštěncem. Na povrchu má silnou vrstvu tuku

I-Bone – nízký roštěnec s kostí

T-Bone – americký steak pojmenovaný podle kosti ve tvaru T. Na jedné straně je pravá svíčková a na druhé nízký roštěnec (Underly Keri, 2011).

2.6.7 Pravá svíčková – Tanderloin

Pruh svaloviny pod páteří (roštěncem). Je to nejméně namáhaná svalovina proto je maso svíčkové křehké, jemné, vláknité a libové (Underly Keri, 2011).

2.6.8 Hovězí kýta

Květová špička – Rump steak

Nejlepší část zadního hovězího masa. Situované je na horní části kýty, v těsné blízkosti nízkého roštěnce. Méně namáhaná zadní část hovězího obsahuje svalovinu s nižším podílem vaziva a tukové tkáně. Velmi libové maso s jemným mramorováním a výraznou chutí (Underly Keri, 2011).



Obrázek 3: Rumpsteak (<http://www.mikrofarma.cz/produkt/bio-kvetova-spicka-rump-steak/>)

Ořech – tip roast, tip steak, ball tip

Libová část z předku zadní kýty (předkýti). Skládá se ze tří částí svaloviny, které se od sebe oddělují.

Vrchní šál – top round steak

Libový kus vnitřní části kýty s jemným tukovým mramorováním. Jemnější jak maso ze spodního šálu

Spodní šál – bottom round steak

Je nejnamáhanější část ze zadní kýty, proto je tužší. Má hrubší svalové vlákno, maso je libové a mírně drobivé.

Váleček – eye round steak

Kus libového masa odděleného od spodního šálu a kýty (Underly Keri, 2011).

2.6.9 Přední, zadní noha

Kližka – shank

Libové maso prorostlé šlachami.

Ossobucco – kližka s kostí

Jemné vynikající maso s morkovou kostí (Underly Keri, 2011).

3 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce, jejíž téma zní „Sledování jakostních ukazatelů při zrání masa“ bylo:

- prostudovat dostupnou literaturu k danému tématu,
- prostudovat nejčastěji sledované jakostní parametry hovězího masa,
- zaměřit se na texturní vlastnosti, změnu barvy a sensorické parametry měnící se v průběhu zrání masa,
- prostudovat a následně prakticky provádět příslušné analýzy-měření textury, barvy a sensorickou analýzu,
- získané výsledky statisticky a graficky zpracovat,
- ze získaných výsledků vyvodit závěry a diskutovat s dostupnou literaturou,
- sepsat a odevzdat diplomovou práci.

4 MATERIÁL A METODY

4.1 Materiál

Veškeré vzorky steaků byly dodány firmou Mikrofarma. s.r.o. Charakteristika vzorků je v tabulce 1.

Pro všechny analýzy byly použity vzorky jednoho plemene hovězí kýty, a to střední části květové špičky, takzvaný rumpsteak. Vzorky byly skladovány při podmínkách pro suché zrání po dobu od 0 týdnů do 8 týdnů. Při teplotě 1 ± 0.5 °C a relativní vlhkosti 80–85 %.

Tabulka 1: Popis a charakteristika vzorků pro měření barvy, textury a pro senzorickou analýzu

Vzorky	Datum porážky	Začátek zrání	Zrání (týdny)	Stáří zvířete (měsíce)
0	2016-07-01	2016-07-04	0	19
2	2016-06-24	2016-06-27	2	21
3	2016-06-13	2016-06-16	3	22
4	2016-06-02	2016-06-06	4	29
5	2016-06-02	2016-06-03	5	29
6	2016-05-26	2016-05-31	6	22
7	2016-05-13	2016-05-17	7	32
8	2016-05-09	2016-05-11	8	22

4.2 Metodika

Pro měření barvy a textury byly připraveny vždy 2 vzorky z 1 kusu květové špičky jdoucí za sebou, každý měl tloušťku 20 mm. Pro senzorickou analýzu byly připraveny steaky filované o tloušťce 40 mm.

4.2.1 Barva steaků

Vzorky hovězích steaků byly zjištěny jako hodnoty odrazivosti světla založeny na $L^*a^*b^*$ systému CIE. Měření probíhalo na přístroji Konica Minolta 3500 d – spektrofotometr (Osaka, Japonsko). Vzorek steaků byl zabalen do potravinářské fólie a byl přiložen na měřicí aparaturu (šterbinu). K vlastnímu měření byl zvolen reflektanční mód, kdy emitované světlo se částečně odrazí od masa a dopadá

na detektor (neprochází vzorkem – transmittance), který převede informaci softwaru (SpectraMagic NX), který vypočítá barvu. Velikost štěrbin byla zvolena 30 mm, úhel pozorování 10°, zdroj osvětlení D65 (denní světlo), dále byla zvolena metoda měření SCE, která pohlcuje přebytečné světlo, které vytváří fólie a každý vzorek byl měřen ve třech opakováních. Hodnoty CIE L*a*b* byly zaznamenány, představují světlost, červenost a žlutost, v uvedeném pořadí. Získané výsledky ze softwaru SpectraMagic NX byly vypočítány a statisticky zpracovány.

4.2.2 Stanovení texturních vlastností syrových steaků

Pro stanovení texturních vlastností steaků v různé délce zrání bylo použito přístroje pro stanovení mechanických vlastností potravin TIRATESTU 27 025 (TIRA Maschinenbau GmbH, Germany) – univerzální stroj měřící pevnost v tahu, tlaku a ohybu různých materiálů. Byly použity dvě metody s 200 N kompresním siloměrem s rychlostí křížové hlavy 100 mm.min⁻¹:

1) metodou vlačování sondy tvaru kuličky (která odpovídá vlačování palce do steaku) s průměrem 10 mm a hloubkou 1 cm.

2) Křehkost syrového rumpsteaku byla stanovena na Meullenet-Owens pomocí smykového testu za použití nože. Během tohoto testu byla zaznamenána smyková síla na noži.

4.2.3 Senzorická analýza

Vzorky hovězího masa zrajícího suchou cestou ve visu byly připraveny v restauraci La Bouchée, Brno standardní steakovou přípravou, a to: prudké opečení steaku ze všech stran, následné pečení při 180 °C po dobu 5 minut a 5 minut „odpočinutí“ před filováním a podáváním. Vzorky nebyly ochuceny. Steaky byly dvanácti hodnotitelům podávány náhodně, bez časového sledu délky zrání. Výsledky hodnotitelé zaznamenávali do formuláře s nestrukturovanými grafickými 100 mm dlouhými úsečkami se slovním popisem krajních bodů, kde hodnota 0 byla popsána jako nejhorší a hodnota 100 jako nejlepší v každém deskriptoru. Byly hodnoceny následující deskriptory: příjemnost vůně, intenzita vůně, textura při skusu, šťavnatost, příjemnost chuti a intenzita chuti.

4.2.4 Statistické vyhodnocení

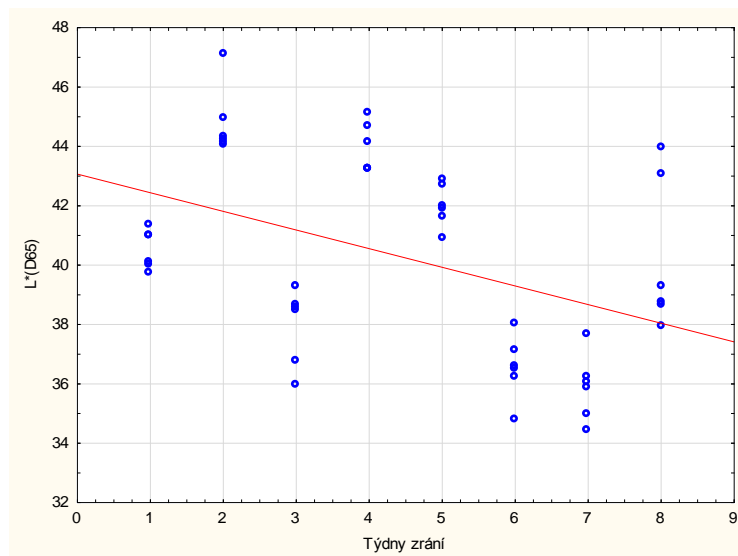
Získané výsledky byly zpracovány v programu MS Excel a statisticky vyhodnocené v programu Statistica CZ, verze 12.0., a to jednofaktorovou metodou ANOVA, pomocí Duncanova testu ($p < 0,05$) pro mnohonásobné porovnávání a metodou lineární regrese.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Vyhodnocení barvy

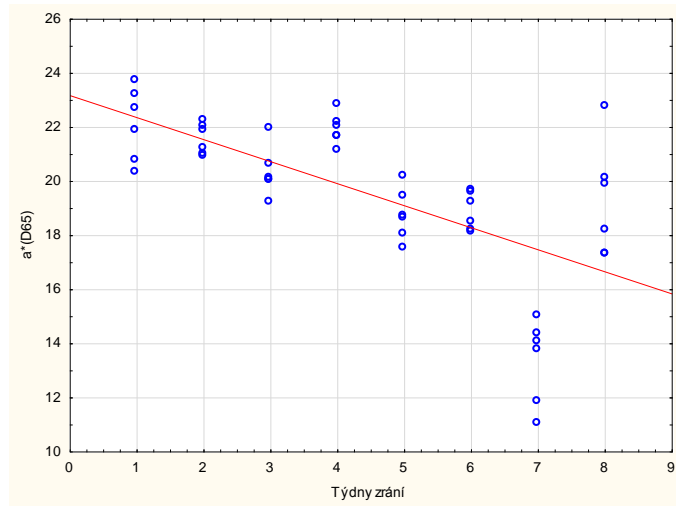
Pro instrumentální hodnocení barvy se hodnotila světlost steaků, která byla statisticky hodnocena jako vysoce průkazná $p < 0,0020$, tedy byl prokázán vliv délky zrání na světlost (L^*). Při regresním hodnocení, tzn. rozptylu od střední hodnoty nebyla prokázána silná závislost $r^2 = 0,1896$ (Obr. 4). Změny během zrání masa vedou k mnoha změnám, které mohou ovlivnit kvalitu masa, a to hlavně jeho barvu. Je pravděpodobné, že vysoká koncentrace rozpustných látek, zejména pigmentů v intracelulárním prostředí příčinou staření, přispěl k větší absorpci světla. Je tedy odpovědná za snížení světlosti masa (Aroeira *et al.* 2017).

Během suchého staření byly pozorovány změny L^* hodnoty. Počáteční L^* $40,52 \pm 0,61$ vzrostla ve druhém týdnu staření na $44,82 \pm 1,07$ a tato variabilita L^* byla pozorována v dalších čtyřech týdnech. Ve čtvrtém týdnu byla L^* $43,96 \pm 0,76$ a poté se mírně snížila, kdy v sedmém týdnu dosáhla minimální hodnoty L^* $35,87 \pm 1,03$. Na konci osmého týdne se hodnota L^* lehce zvýšila na $40,26 \pm 2,32$. Na začátku a na konci zrání byly mezi vzorky zjištěny statisticky významné korelace ($p < 0,05$), korespondující s jejich L^* hodnotami. Výsledky byly potvrzeny Zakrys-Valiwanderem *et al.* (2011), který pozoroval prvořadě statistické změny ($p < 0,05$) v hodnotách L^* během 14ti dnů staření hovězí pravé svičkové. Na druhé straně Colle *et al.* (2015) nenalezl žádný statistický rozdíl v průběhu staření během 63 dnů v hovězím mase. Během staření se hodnota L^* zvyšovala a snižovala, tyto změny mohlo vyvolat přemístění v intracelulárním prostředí a koncentrace pigmentů (Farouk a Wieliczko, 2003; Aroeira *et al.*, 2017, Suman *et al.*, 2014).



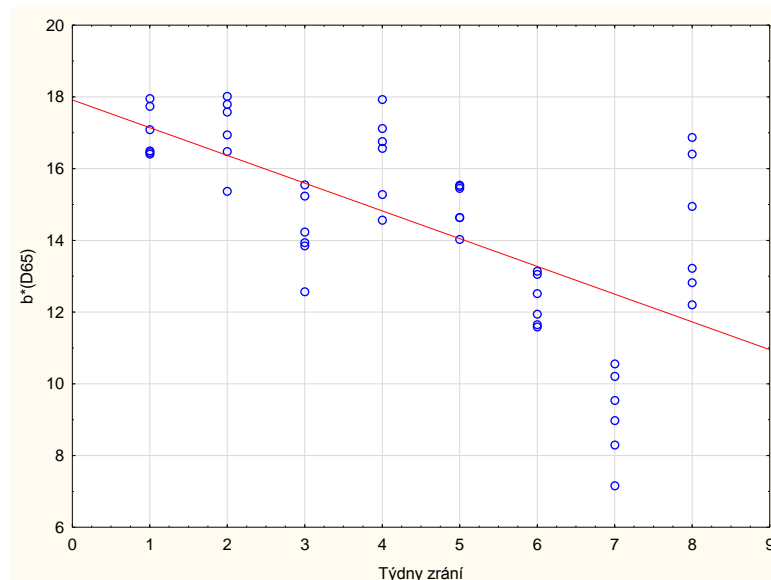
Obrázek 4: Statistické hodnocení steaků – Světlost L^* a délky zrání v týdnech ($p < 0,0020$; $r^2 = 0,1896$)

Dalším hodnoceným parametrem bylo a^* (červená barva), které bylo statisticky vysoce průkazné a byla zde vypočítána silná statistická závislost $p < 0,0000$. Hodnota červené barvy a^* byla ovlivněna délkou zrání. Z hlediska regresní závislosti zde vycházela silnější regrese, ale i tak hodnota r^2 byla nízká ($r^2 = 0,4222$). Naměřené hodnoty jsou vyneseny v grafu na obrázku 6. Byly zde zpozorovány tři skupiny hodnot a^* , vysoká statistická významnost ($p < 0,05$) byla zjištěna od začátku zrání až po čtvrtý týden staření, mimo třetí týden, který byl na hranici první a druhé skupiny. Do druhé skupiny patří vzorky z pátého, šestého a osmého týdne zrání. V sedmém týdnu byly zjištěny odlišné hodnoty. Zde je nejnižší hodnota L^* i různé hodnoty a^* a b^* .



Obrázek 5: Statistické hodnocení steaků a^* (červená) a délky zrání ($p < 0,0000$)

Podobných statistických výsledků dosáhla žlutá hodnota b^* (Obr. 6), která jako předchozí dvě hodnoty L^* a a^* byly statisticky průkazné pro délku zrání, ($p < 0,0000$). Žlutá hodnota b^* měla i podobný regresní průběh $r^2 = 0,4266$ jako hodnota a^* . Obě hodnoty a^* a b^* měli klesající trend od začátku zrání po třetí týden zrání a od čtvrtého po sedmý týden zrání. Změny v hodnotách a^* a b^* se shodovaly se studií Colle *et al.* (2015) a Zakrys-Waliwandera *et al.* (2011) na rozdíl od výsledků Aroeira *et al.* (2017) kde se hodnoty a^* a b^* zvyšovaly v závislosti na délce zrání.



Obrázek 6: Statistické hodnocení steaků b^* (žlutá) a délky zrání ($p < 0,0000$)

Pro hodnocení celkového rozdílu se může u pokusů, kde se sleduje jeden parametr a jeho vliv na ostatní hodnotit i delta E. Delta E je matematická rovnice, která pročitá s hodnotami $L^*a^*b^*$. Z hodnoty delty E lze zjistit celkový rozdíl mezi výchozím vzorkem a vzorky, které byly sledovány v průběhu zrání. Statisticky tyto rozdíly korespondují s předešlými výsledky $L^*a^*b^*$, tedy vysoká statistická průkaznost $p < 0,0000$ a relativně nízké $r^2 = 0,2857$. Na druhou stranu, z vlastního hodnocení delty E lze říci, že rozdíly mezi vzorky byly kromě prvního (výchozí) a sedmého relativně homogenní. Barevný rozdíl nebyl nijak velký a vzorky si byly podobné. Výjimku tvořil především vzorek sedm (sedmý týden zrání), který vykazoval velmi odlišné hodnoty. Další hodnoty C^* a h° vycházely jako všechny předešlé se silnou statistickou korelací $p < 0,0000$ a pro C^* $r^2 = 0,4427$ a pro h° $r^2 = 0,1320$. V případě sytosti C^* největších rozdílů dosahovaly vzorky, které zrály sedm týdnů a ve všech opakování byly hodnoty pod 18,38 až do 13,15; naproti tomu v ostatních týdnech byly hodnoty vyšší a minimální hodnota byla 21 a maximální 29,76.

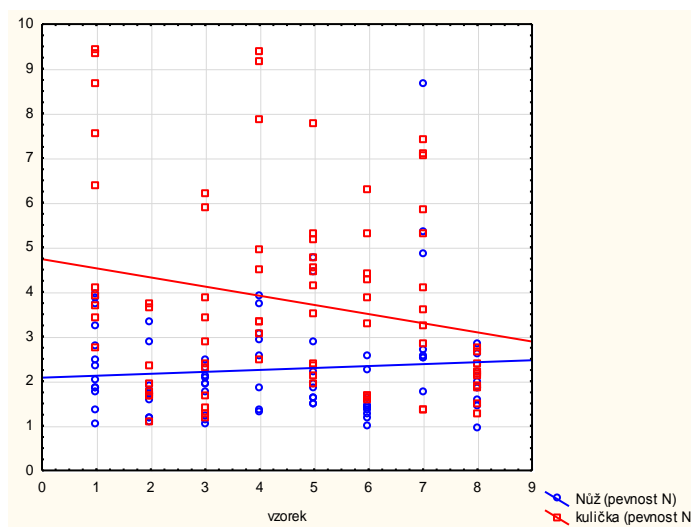
Posledním ukazatelem, který byl u barvy hodnocen, byl stínový úhel h° , který jak již bylo zmíněno, je výsledkem barvy s přidaným odstínem. Stínový úhel h° je matematická rovnice a výsledkem je úhel ve stupních ($^\circ$). Při porovnání výsledků pro C^* a h° po jejich následném vsazení do barevného systému CIE vyšli výsledky sytosti a jejich barevných tónů jako červeno-oranžově-hnědé (dle týdnů zrání). Na druhou stranu výsledků pro nějaký závěr, zda by CIE bylo vhodným nástrojem ke kontrole barvy masa steaků, není nyní možné přesně definovat, a to z důvodu nedostatečné škály vzorků. I přesto z tohoto malého pokusu ale vyplývá, že spektrofotometr je schopen reagovat na změny během zrání a při opakování pokusu by bylo možné zjistit a případně potvrdit trendy, které barva během zrání masa vykazuje.

5.2 Vyhodnocení textury

Texturní vlastnosti zralých steaků měřených dvěma metodami, jsou v tabulce 2. Metodou vtlačování sondy byla u vzorků za podmínek metody stanovena měkkost steaků. Měkkost steaků se pohybovala v rozpětí od 1,5 N do 7,57 N. Nejměkčími byly vzorky steaků 2 (1,61 N) po 2 týdnech zrání a 6 (1,63 N) po 6 týdnech zrání, které byly až 4,6 x měkčí než vzorky 0 (7,57 N) bez doby zrání a 3 (7,42 N) po 3 týdnech zrání.

Metodou stříhem byla za podmínek metody stanovena tvrdost steaků. Tvrdost steaků se pohybovala v rozpětí od 1,32 N do 3,25 N. Nejtvrdšími byly vzorky steaků 0 (3,25 N) bez doby zrání a 5 (3,23 N) po 5 týdnech zrání, které byly až 2,5 x tvrdší než vzorky 6 (1,32 N) po 6 týdnech zrání a 3 (1,42 N) po 3 týdnech zrání.

Z výsledků lineární regrese (Obr. 7) můžeme konstatovat, že v průběhu zrání došlo k poklesu měkkosti (kulička) a k nárůstu pevnosti (nůž) steaků. Vliv zrání nebyl významný a měkkost jím byla ovlivněna pouze z necelých 5 % (nůž: $p = 0,4640$; $r^2 = 0,0071$; kulička: $p = 0,0607$; $r^2 = 0,0433$



Obrázek 7: Vliv délky zrání hovězího masa – rumpsteak – texturu měřenou TIRA testem

Tabulka 2: Texturní vlastnosti syrového rumpsteaku

Vzorky	Smyková síla (N)	Penetrační síla (N)
0	5.91 ±2.51 ^c	2.47 ±0.93 ^a
2	2.22 ±0.90 ^a	1.82 ±0.69 ^a
3	2.95 ±1.68 ^{ab}	1.80 ±0.47 ^a
4	5.94 ±2.58 ^c	2.58 ±0.94 ^a
5	3.82 ±1.62 ^{ab}	2.42 ±1.15 ^a
6	3.02 ±1.63 ^{ab}	1.54 ±0.46 ^a
7	4.61 ±2.12 ^{bc}	3.86 ±2.15 ^b
8	2.07 ±0.45 ^a	1,92 ±0,55 ^a

5.3 Senzorická analýza výsledky

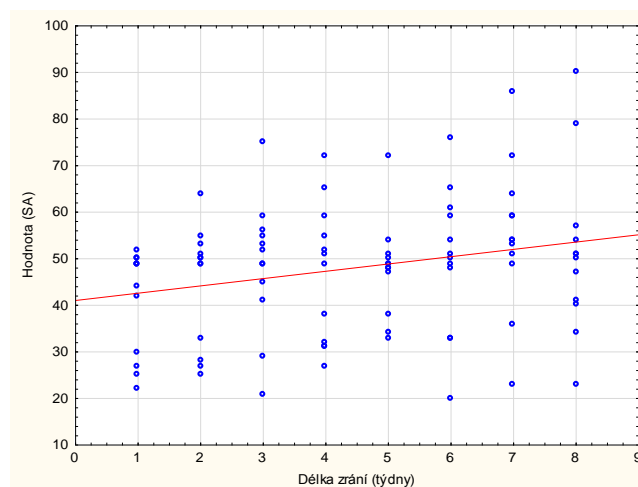
Z výsledků senzorické analýzy můžeme konstatovat, že délka zrání měla statisticky průkazný vliv ($p \leq 0,05$) na jednotlivé sledované deskriptory, kromě deskriptoru „textura při skusu“ (Tab. 3).

Tabulka 3: Zjištěné hodnoty jednotlivých deskriptorů při senzorickém hodnocení

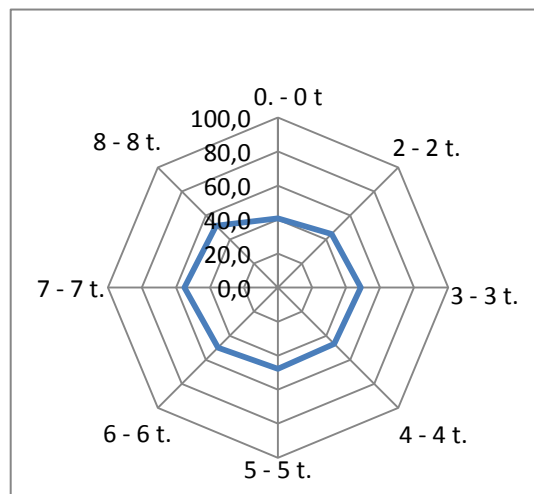
vzorek – týdny zrání	příjemnost vůně (průměr±sm. odchylka)	intenzita vůně (průměr±sm. odchylka)	textura při skusu (průměr ±sm. odchylka)	Šťavnatost (průměr ±sm. odch.)	Příjemnost chuti (průměr ±sm. odchylka)	intenzita chuti (průměr ±sm. Odch.)
0 - 0 t.	40,8±10,9 ^a	38±11,8 ^a	59,2±13,8 ^a	51,8±12 ^a	42,4±6,1 ^b	41,8±9,5 ^{a,b}
2 - 2 t.	44,5±12,2 ^{a,b}	41,6±12,8 ^{a,b}	57±11,9 ^a	48,3±9,8 ^a	45,9±7,2 ^{a,b}	43,5±7,5 ^{a,b}
3 - 3 t.	48,7 ± 13,4 ^{a,b}	44,2±12,7 ^{a,b}	54,7±11,6 ^a	48,9±5,1 ^a	47,8±8,6 ^{a,b}	43,2±10,2 ^{a,b}
4 - 4 t.	46,8±14,2 ^{a,b}	39,4±14,3 ^{a,b}	59,6±12,9 ^a	55,5±10,2 ^a	44,7±14,9 ^{a,b}	37,8±13,2 ^a
5 - 5 t.	47,8±9,8 ^{a,b}	43,9±16,4 ^{a,b}	51,9±10,3 ^a	51,4±9,9 ^a	48,1±11,9 ^{a,b}	46,9±11,9 ^{a,b,c}
6 - 6 t.	49,9±14,7 ^{a,b}	49,1±18,4 ^{a,b}	54,1±12,3 ^a	50,3±6,6 ^a	48,5±11,1 ^{a,b}	50,6±12,2 ^{b,c,d}
7 - 7 t.	55±15,3 ^b	53,5±15,3 ^b	55,8±13,1 ^a	50,3±9,2 ^a	55,7±16,9 ^{a,b}	59,9±17 ^d
8 - 8 t.	51,4±17,5 ^{a,b}	49,8±17,1 ^{a,b}	49,7±11,7 ^a	48,2±7 ^a	55,8±15,9 ^a	56,4±18,6 ^{c,d}

5.3.1 Příjemnost vůně

Při hodnocení tohoto deskriptoru byla vytvořena velká homogenní skupina mezi šesti vzorky z osmi. Statisticky průkazný rozdíl byl mezi vzorkem 0 (0 týdnů zrání) a vzorkem 7 (7 týdnů zrání) (viz. Tab. 3). Z výsledků lineární regrese (Obr. 8) ($p = 0,0133$; $r^2 = 0,0634$) můžeme konstatovat, že délka zrání má vliv na příjemnost vůně, i když pouze minimální (cca 6%). Hodnotitelé jako nejlepší vybrali vzorek 7 ve stáří 7 týdnů a nejhůře byly ohodnoceny vzorky 0 a 2 na počátku doby zrání (0 a 2 týdny) (Obr. 9)



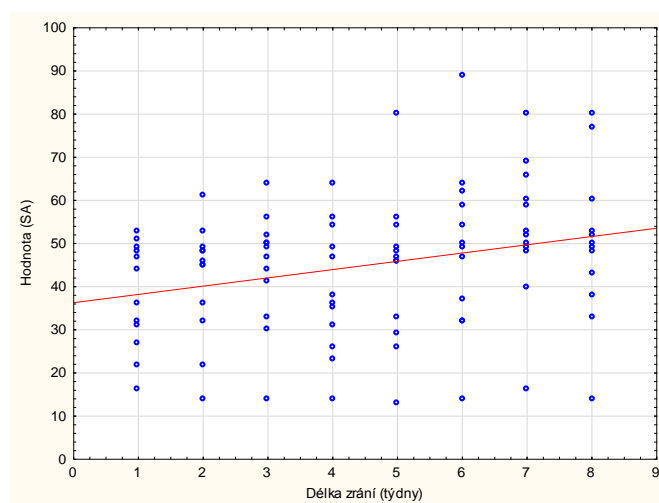
Obrázek 8: Vliv délky zrání hovězího masa – rumpsteak – na příjemnost vůně



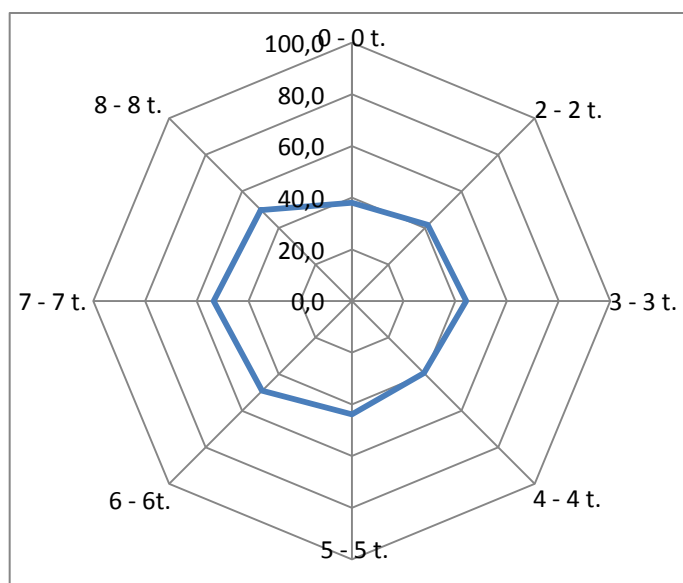
Obrázek 9: Senzorické hodnocení příjemnosti vůně u 8 vzorků v délce zrání 0–8 týdnů

5.3.2 Intenzita vůně

U deskriptoru intenzita vůně byl jako nejvýraznější ohodnocen vzorek 7 v délce zrání 7 týdnů. Nejméně výrazný byl vzorek s nejkratší dobou zrání, a to 0 – 0 týdnů a pak vzorek 4 s dobou zrání 4 týdny. Pozitivně intenzivně a příjemně byly hodnoceny i vzorky zrající 6 (6) a 8 (8) týdnů. Statisticky průkazné rozdíly byly pouze mezi vzorky zrajícími 0 (0) a 7 (7) týdnů. Můžeme tedy konstatovat, že jinak byla vytvořena homogenní skupina ostatních vzorků. Z obrázků 10 a 11 je patrný vliv délky zrání na intenzitu vůně s rostoucí tendencí ($p=0,0063$; $r^2=0,0768$).



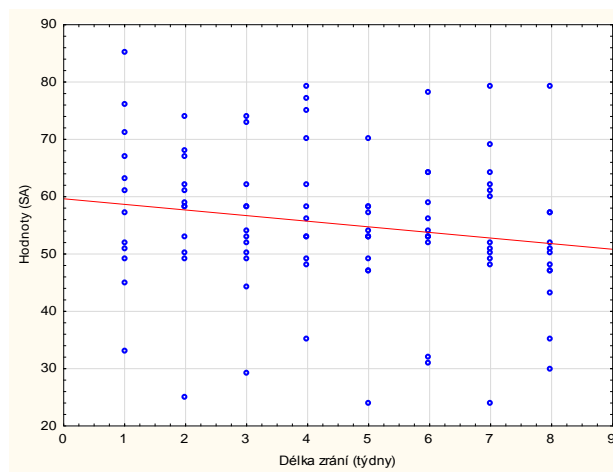
Obrázek 10: Vliv délky zrání hovězího masa – rumpsteak – na intenzitu vůně



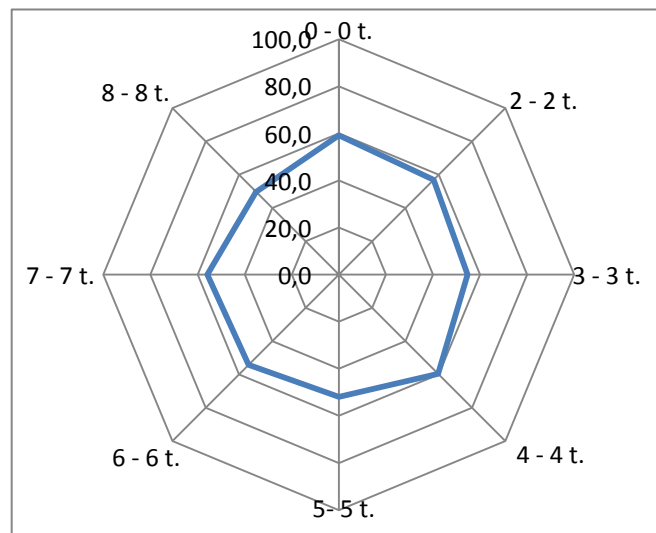
Obrázek 11: Senzorické hodnocení intenzity vůně u 8 vzorků v délce zrání 0–8 týdnů

5.3.3 Textura při skusu

U deskriptoru textura při skusu hodnotitelé nezaznamenali statisticky průkazný rozdíl mezi vzorky, což ovšem nemusí kolidovat s výsledky měření textury TIRA, kdy vzorky byly měřeny před tepelnou úpravou. Jako nejměkčí byl ohodnocen vzorek 4 po 4 týdnech zrání a jako nejtvrdší vzorek 8 po 8 týdnech zrání. Z obrázku lineární regrese je patrný vliv délky zrání na texturu při skusu s klesajícím průběhem, tzn., že s délkou zrání je steak tvrdší. Významnost $p = 0,0842$; $r^2 = 0,0314$ je ale velmi nízká. Z obrázku 13 je patrné poměrně rovnoměrné rozložení hodnocení všech vzorků a pouze výraznější zvýšení tuhosti a tvrdosti na konci doby zrání, tudíž po 8 týdnech (vzorek 8).



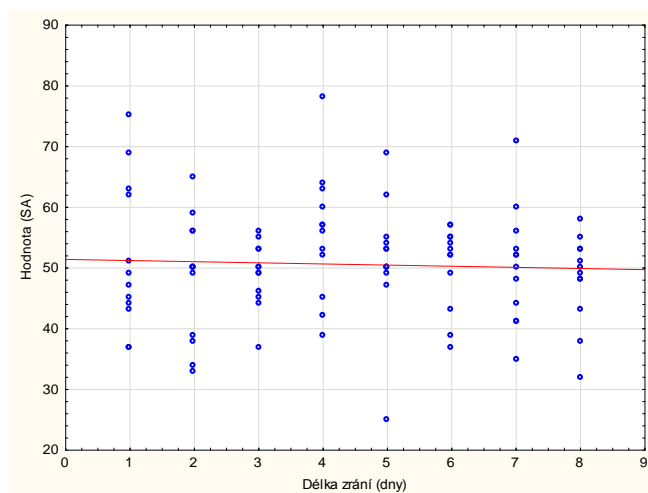
Obrázek 12: Vliv délky zrání hovězího masa – rumpsteak – na texturu při skusu



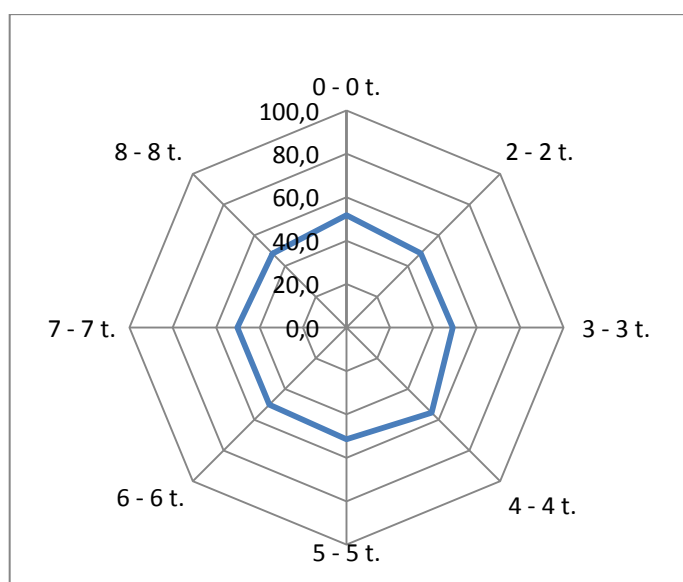
Obrázek 13: Senzorické hodnocení textury při skusu u 8 vzorků v délce zrání 0–8 týdnů

5.3.4 Šťavnatost

Při hodnocení deskriptoru šťavnatost nebyly mezi vzorky zjištěny statisticky průkazné rozdíly ($p \leq 0,05$). Z výsledků statistického vyhodnocení lineární regrese můžeme zjistit téměř nulový vliv délky zrání rumpsteaku na jeho šťavnatost ($p = 0,6534$; $r^2 = 0,0022$), ovšem je nutné upozornit, že hodnocení nemusí kolidovat s měřením TIRA, které bylo prováděno na syrovém mase a sensorické hodnocení bylo po telené úpravě. Z obrázku 15 zjistíme nejvyšší šťavnatost vzorku 4 po 4 týdnech zrání a nejnižší šťavnatost u vzorku 8 po 8 týdnech zrání, ovšem bez statistické průkaznosti.



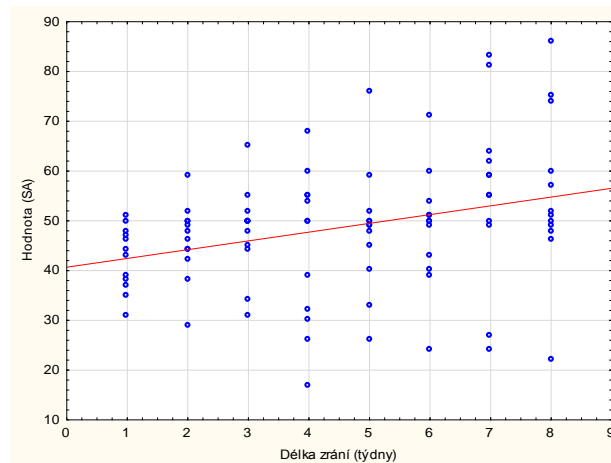
Obrázek 14: Vliv délky zrání hovězího masa – rumpsteak – na šťavnatost



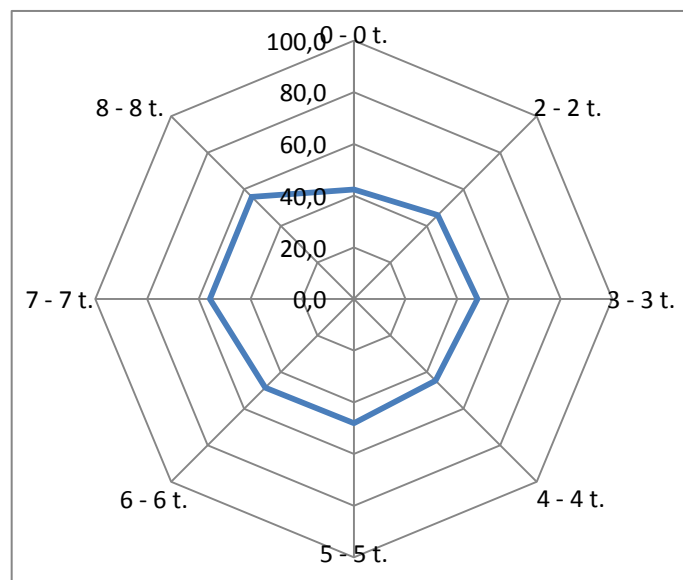
Obrázek 15: Sensorické hodnocení textury při skusu u 8 vzorků v délce zrání 0–8 týdnů

5.3.5 Příjemnost chuti

Z obrázků 16 a 17 můžeme konstatovat, že příjemnost chuti rostla lineárně s délkou zrání ($p = 0,0021$; $r^2 = 0,0964$). Postupně se po každém týdnu zrání zvyšovala z počáteční hodnoty 42,4 až na hodnotu 55,8. Byl zde zjištěn i statisticky průkazný rozdíl mezi vzorky, a to mezi 0 a 8 týdny zrání. Délka zrání ovlivňuje příjemnost chuti téměř z 10 %. Nejlépe a téměř shodně byly hodnoceny vzorky na konci doby zrání, a to 7 po 7 týdnech a 8 po 8 týdnech zrání



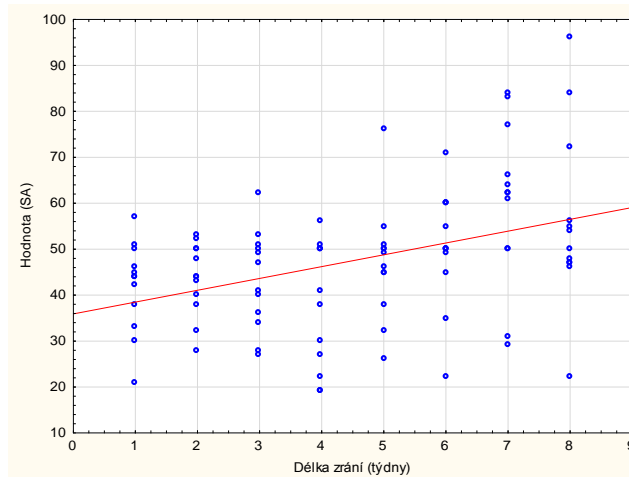
Obrázek 16: Vliv délky zrání hovězího masa – rumpsteak – na příjemnost chuti



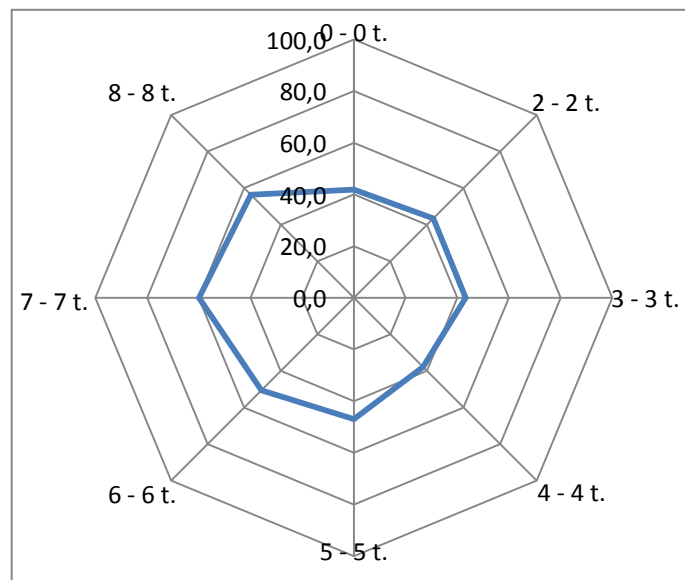
Obrázek 17: Sensorické hodnocení příjemnosti chuti u 8 vzorků v délce zrání 0–8 týdnů

5.3.6 Intenzita chuti

Dalším hodnoceným deskriptorem, který byl výrazněji ovlivněn délkou zrání, byla intenzita chuti. Na obrázku 18 z výsledku lineární regrese můžeme vidět zřetelný nárůst intenzity chuti s délkou zrání ($p = 0,00006$; $r^2 = 0,1582$), která intenzitu chuti ovlivní téměř ze 16 %. Mezi vzorky existovaly významné, statisticky průkazné rozdíly. Zejména od 5. týdne zrání došlo k výraznějšímu nárůstu hodnot (Obr. 19) a nejvyšší byly dosaženy u vzorků 7, 7 týdnů zrání (59,9) a 8, 8 týdnů zrání (56,4).



Obrázek 18: Vliv délky zrání hovězího masa – rumpsteak – na intenzitu chuti

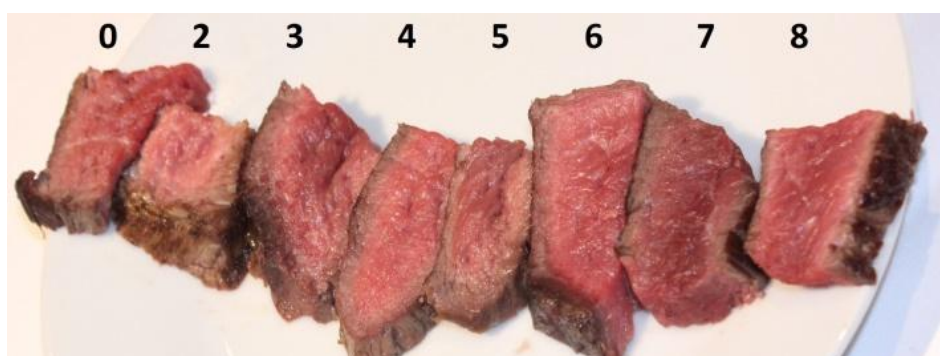


Obrázek 19: Senzorické hodnocení intenzity chuti u 8 vzorků v délce zrání 0–8 týdnů

Na základě sensorické analýzy můžeme říct, že vzhledem k deskriptorům jako je aroma a chuť byl nejlepší vzorek č 7 (7 týdnů zrání). Vzorek č. 4 byl nejlepší

vzhledem k textuře a šťavnatosti. Vzorky steaků pro senzoryckou analýzu jsou zobrazeny na obrázku č. 20.

Warren and Kastner (1992) zjistily intenzivnější chuťové charakteristiky jako je více hovězí chuti u vyzrálého masa suchým zráním než u masa zralého vlhkým zráním. Nicméně řada jiných studií nezjistily žádný významný dopad suchého zrání na chutnosti hovězího masa. (Dickeman *et al.*, 2013; Laster *et al.*, 2008; Smith *et al.*, 2008). Existují studie, které podporují názor, že se během zrání, jak suchého tak mokrého, zlepšuje kvalita hovězího masa. Campbell *et al.* (2001) zjistil, že křehkost, intenzita chuti a šťavnatost hovězího masa zralého 16 až 21 dní suchým zráním byla lepší než u hovězího masa zralého pouze pár dní. Křehkost zralého hovězího mokřím zráním byla lepší při 28 dnech zrání (Dixon *et al.*, 2012). Nishimura *et al.* (1988) objevil, že množství intramuskulární pojivové tkáně se progresivně snižuje během 28mi dnů po porážce. Dále Yanagihara *et al.* (1995) ukázal na mase z Holštýnského plemene, že chuť a křehkost se zlepšovaly během posmrtných změn po dobu 32 až 56 dnů. Chuť se s delším zráním zhoršovala. Navzdory těmto studiím, existuje pouze malé množství článků zabývajících se zlepšením kvality vysoce mramorovaného masa. Je dobře známo, že obecně by se hovězí maso mělo skladovat 2 až 3 týdny při teplotě 2 až 4 °C, pro zlepšení křehkosti a chuti po *rigoru mortis* (Campbell *et al.*, 2001; Dixon *et al.*, 2012; Nishimura *et al.*, 1988; Shimada *et al.*, 1992). Nicméně vysoce mramorované maso je často skladováno delší dobu při specificky regulovaných podmínkách než klasické maso.



Obrázek 20: Vzorky vyzrálého (0–8 týdnů) rumpsteaku po tepelné úpravě

6 ZÁVĚR

Délka zrání hovězího masa (rumpsteak) po dobu osmi týdnů měla vliv na změnu barvy. Ke změně došlo z 18 %, kdy se tato změna projevila jako tmavnutí. Maso tmavlo lineárně, bez skoků až na vzorek č. 7, který byl zřetelně tmavší než ostatní vzorky. Hodnota L^* (světlost) se snižovala, kdy počáteční L^* byla $40,52 \pm 0,61$ v druhém týdnu se zvýšila na $44,82 \pm 1,07$. Tato variabilita byla pozorována další 4 týdny zrání. Ve čtvrtém týdnu byla hodnota L^* $43,96 \pm 0,76$ poté došlo k mírnému snížení hodnoty. Minimální hodnoty nabyla v 7 týdnu, kdy L^* bylo $35,87 \pm 1,03$. To se dá vysvětlit tak, že vzorek č. 7 byl z nejstaršího kusu skotu. Je všeobecně známo, že čím starší je dobytek při porážce, tím je jeho maso tmavší. Další sledovaným parametrem byla červená barva a^* . Hodnota červené barvy klesala s dobou zrání. Nejnižší hodnotu měl vzorek č. 7, který se vymykal od ostatních vzorků. Posledním měřeným parametrem byla žlutá barva u vzorků b^* . Ta měla také klesající tendenci a stejně jak u hodnoty a^* měl vzorek č. 7 odlišné hodnoty. V průběhu zrání došlo k poklesu měkkosti a nárůstu pevnosti steaků, vliv zrání nebyl významný a měkkost jím byla ovlivněna pouze z necelých 5 %. Měkkost steaků se pohybovala v rozpětí 1,61 N – 7,57 N. Nejměkčí byly vzorky 2 (1,61 N) a 6 (1,63 N) (2 týdny a 6 týdnů zrání), které byly 4,6 x měkčí než vzorky 0 (7,57 N) a 3 (7,42 N). Tvrdost steaků se pohybovala od 1,32 N do 3,25 N. Nejtvrďší byl vzorek 0 (3,25 N) a 5 (3,23). Ty byly až 2,5 x tvrdší než vzorky 6 (1,32 N) a 3 (1,42 N) Příjemnost vůně měla vzrůstající tendenci. Byla zde vytvořena homogenní skupina mezi šesti vzorky z osmi. Podle hodnotitelů měl nejpříjemnější vůni vzorek č. 7 (7 týdnů zralý) a nejhůře byly ohodnoceny vzorky č. 0 a 2 na začátku zrání. Délka zrání měla vliv na příjemnost vůně, ale pouze minimální (cca 6 %). U intenzity vůně vyšel taktéž nejlépe vzorek č. 7. Nejméně výrazným byl vzorek č. 0 (0 týdnů zrání) a vzorek č. 4 (4 týdny zrání). Vliv délky zrání na intenzitu vůně měl rostoucí tendenci. Byla zde vytvořena homogenní skupina všech vzorků kromě vzorku č. 0 a 7. Při hodnocení textury na skusu se určovala tvrdost steaku v průběhu zrání. Tento deskriptor má klesající tendence. Jako nejměkčí byl hodnocen vzorek č. 4 (4 týdny zrání) a jako nejtvrďší vzorek č. 8 (8 týdnů zrání). Celkově se dá říct, že čím vyšší doba zrání, tím tvrdší hovězí steak byl. Vliv délky zrání na šťavnatost steaků byl téměř nulový, i tak se dá říct, že nejvíce šťavnatý byl vzorek č. 4 a nejméně vzorek č. 8. Tento výsledek ovšem není statisticky průkazný. Příjemnost chuti rostla lineárně s délkou zrání. Délka zrání ovlivňuje příjemnost chuti téměř

z 10 %. Nejlépe byly hodnoceny vzorky na konci doby zrání tedy v sedmém a osmém týdnu. Intenzita chuti byla také výrazněji ovlivněna délkou zrání, kdy se s délkou zrání zvyšovala. A byla ovlivněna téměř z 16 %. Výrazný nárůst byl zjištěn od pátého týdne zrání. Nejvyšší intenzitu chutě měly vzorky 7 a 8 (7 a 8 týdnů zrání).

Na základě sensorické analýzy můžeme říct, že vzorek č. 7 (7 týdnů zralý) byl vyhodnocen jako nejlepší vzhledem k příjemnosti a intenzity vůně i chuti. Z hlediska šťavnatosti a textury na skusu byl nejlépe vyhodnocen vzorek č 4, po 4 týdnech zrání, a vzorek č. 7 byl v těchto parametrech nejhorší. Z výsledků vyplívá, že nejvhodnější je nechat maso zrát 4 nebo 7 týdnů. Kdy většina spotřebitelů u steaků upřednostňuje šťavnatost a texturu masa při skusu, proto by bylo vhodnější maso nechávat zrát 4 týdny. Steaky vyzrálé po dobu 7 týdnů jsou výrazné na chuť, z toho důvodu jsou vhodné spíše pro gurmány.

7 LITERATURA

AMSA, 2012. Meat Color Measurement Guidelines. American Meat Science Association. Champaign, Illinois USA. [online] s.a. [cit.2017-01-28] Available at: <http://www.meatscience.org/publications-resources/printed-publications/amsa-meat-color-measurement-guidelines>.

Aroeira, C. N, Filho, R. A. T., Fontes, P. R., Ramos, A. L. S., Gomide, L. A. M., Ladeira M. M., Ramos, E. M. (2017). Effect of freezing prior to aging on myoglobin redox forms and CIE color of beef from Nellore and Aberdeen Angus cattle. *Meat Science*, 125, 16-21.

BERNARD, C., CASSAR-MALEK, I., LE CUNFF, M., et al. (2007) New Indicators of Beef Sensory Quality Revealed by Expression of Specific Genes: Implications on Meat Color Development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. CRC Press, 55, 5229-5237.

CAMPBELL, R.E., HUNT, M. C., LEVIS, P., CHAMBERS, E., JOHNSON, D. E. a STIKA, J. F., (2001) Dry-Aging Effects on Palatability of Beef Longissimus Muscle. *Journal of Food Science*. 66, 196-199.

COLLE, M. J., RICHARD, R. P, KILLINGER, K. M., BOHLSCHEID, J. C., GRAY, A. R., LOUCKS, W. I., DAY, R., N., COCHRAN, A. S., NASADOS, J. A., DOUMIT, M. E. 2015. Influence of extended aging on beef quality characteristics and sensory perception of steaks from the gluteus medius and longissimus lumborum. *Meat Science*, 110, 32-39.

CONG, J., THOMPSON, V. F., GOLL, D. E., BRIAND, Y. a BRIAND, M., (2002) Immunoaffinity purification of the calpains. *Protein Expression and Purification*. CRC Press, 25, 283-290.

DASHDORJ, D., AMNA, T., HWANG, I. a BERG, P. T., (2015) Influence of specific taste-active components on meat flavor as affected by intrinsic and extrinsic factors: an overview. *European Food Research and Technology*. 241. 157-171.

DASHDORJ, D., TRIPATHI, V. K., CHO, S., KIM, Y.a HWANG, I., (2016) Dry aging of beef; Review. *Journal of Animal Science and Technology*, 58, ISSN 2055-0391.

DEGEER, S.L., HUNT, M.C., BRATCHER, C. L., CROZIER-DODSON, B. A., JOHNSON, D. E. a STIKA, J. F., (2009) Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. *Meat Science*. 83, 768-774.

DIKEMAN, M. E., OBUZ, E., GÖK, V., AKKAYA, L. a STRODA, S., (2013) Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on yields and eating quality of beef Longissimus lumborum steaks. *Meat Science*. 94, 228-233.

DIXON, C. L., WOERNER, D. R., TOKACH, R. J., CHAPMAN, P. L., ENGLE, T. E., TATUM, J. D., BELK, K. E., (2012) Quantifying the aging response and nutrient composition for muscle of the beef round. *Journal of Animal Science*. 90, 996-1007.

GEESINK, G. H., KUCHAY, S., CHISHTI, A. H., KOOHMARAIE M. a BRIAND, M., (2006) M-Calpain is essential for postmortem proteolysis of muscle proteins. *Journal of Animal Science*. CRC Press, 84, 2834.

GEESINK, G., VEISETH, E., KAWABATA, Y. a SORIMACHI., H. Muscle Enzymes. *Handbook of Muscle Foods Analysis*. CRC Press, 2008, 53, 91.

GOLL, D. E., NETI, G., MARES,S. W., THOMPSON,V . F. a BRIAND, M., (2008) Myofibrillar protein turnover: The proteasome and the calpains. *Journal of Animal Science*. CRC Press, 86, 19-35

HOPKINS, D.L., THOMPSON, J. M. a POWICK, W. C., (2002) The degradation of myofibrillar proteins in beef and lamb using denaturing elektrophoresis – an overview. *Journal of Muscle Foods*. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Agriculture, 13, 81-102. ISSN 1046-0756.

JIA, X., HILDRUM, K. I., WESTAD, F., KUMMEN, E., AASS, L., HOLLUNG, K. a SENTANDREU, M.A., (2006a) Changes in Enzymes Associated with Energy Metabolism during the Early Post Mortem Period in Longissimus Thoracis Bovine Muscle Analyzed by Proteomics: Reconsideration of the current concept. *Journal of Proteome Research*. CRC Press, 5, 1763-1769.

JIA, X., HOLLUNG, K., THERKILDSEN, M., HILDRUM, K. I., BENDIXEN E. a SENTANDREU, M. A., (2006b) Proteome analysis of early post-mortem changes in two bovine muscle types: M. longissimus dorsi andM. semitendinosus. *PROTEOMICS*. CRC Press, , 6, 936-944.

JI, J.-R., TAKAHASHI, K., GERRARD, D.E., et al. (2006) Changes in concentration of sarcoplasmic free calcium during post-mortem ageing of meat: Factors of Meat Tenderization During Postmortem Aging. *Meat Science*. CRC Press, 73, 395-403

JIN, H. J., PARK, B.Y., PARK, J. C., et al. (2006)The Effects of Stress Related Genes on Carcass Traits and Meat Quality in Pigs: Implications on Meat Color Development. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. CRC Press, 19, 280-285.

KIM, Y. H. B., KEMP, R. a SAMUELSSON, L. M., (2016) Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Science*. 111, 168-176.

KIM, Y. H. B., WARNER, R. D., ROSEWOLD, K. 2014. Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: a review. *Animal Production Science*, 54, 375-395.

KINCLOVÁ V., JAROŠOVÁ A., TREMLOVÁ B. (2004) Senzorická analýza potravin. *Veterinářství*;54, 362-364.

LASTER, M. A., SMITH, R. D., NICHOLSON, K. L., NICHOLSON, J. D. W., MILLER, R. K., GRIFFIN, D. B., SAVEL, J. W. (2008) Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeye, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups. *Meat Science*. 80,795-804.

LEE, H. L., SANTE-LHOUELIER, V., VIGOUROUX, S., BRIAND, Y. a BRIAND, M., (2008) Role of Calpains in Postmortem Proteolysis in Chicken Muscle. *Poultry Science*. CRC Press, 87, 2126-2132.

LEPPER-BLILIE, A.N., BERG, E. P., BUCHANAN, D. S. a BERG, P. T., (2014) Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. *Meat Science*. 96, 473-474.

Li, S. H., Zhou, X. Q., Zhang, N., Liu, H., a Ma, C. W., (2008) Purification and characterisation of cathepsin L2 from dorsal muscle of silver carp. *Food Chemistr*, 111, 879 – 886.

MENDEZ, H., Hernan, C., BECILA, S., BOUDJELLAL, A., OUALI, A. a BRIAND, M., (2006) Meat ageing: Reconsideration of the current concept. *Trends in Food Science*. CRC Press, 17, 394-405.

MORZEL, M., TERLOUW, C., CHAMBON, C., et al. (2008) Muscle proteome and meat eating qualities of Longissimus thoracis of “Blonde d’Aquitaine” young bulls: A central role of HSP27 isoforms. *Meat Science*. CRC Press, 2008, 78, 297-304.

NISHIMURA, T., RHUE, M. R., OKITANI, A., KATO, H. (1988). Components contributing to the improvement of meat taste during storage. *Agricultural and Biological Chemistry*. 52, 2323-2330.

OUALI, A., Hernan, C., MENDEZ, H., COULIS, G., BECILA, S., BOUDJELLAL, A., AUBRY, L. a SENTANDREU, M. A., (2006) Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms: Reconsideration of the current concept. *Meat Science*. CRC Press, 74, 44-58.

POMPONIO, L., ERTBJERG, P., FROST, D. F., et al. (2012) The effect of temperature on the activity of μ - and m-calpain and calpastatin during post-mortem storage of porcine longissimus muscle: A central role of HSP27 isoforms. *Meat Science*. CRC Press, 91(1), 50-55.

PULFORD, D.J., DOBBIE, P., FRAGA VAZQUEZ, S., et al. (2009) Variation in bull beef quality due to ultimate muscle pH is correlated to endopeptidase and small heat shock protein levels: A central role of HSP27 isoforms. *Meat Science*. CRC Press, 83, 1-9.

PULFORD, D.J., FRAGA VAZQUEZ, S., FROST, D. F., et al. (2008) The intracellular distribution of small heat shock proteins in post-mortem beef is determined by ultimate pH: A central role of HSP27 isoforms. *Meat Science*. CRC Press, 79, 623-630.

SALÁKOVÁ, A. (2012) Instrumental measurement of texture and color of meat and meat products. *Maso International*. 4, 107 - 114

SAYD, T., MORZEL, M., CHAMBON, CH., et al.(2006) Proteome Analysis of the Sarcoplasmic Fraction of Pig Semimembranosus Muscle: Implications on Meat Color Development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. CRC Press, 54, 2732-2737.

SHIMADA, A., WATANUKI, M., TANISAWA, Y., HATA, K. (1992). Changes in the taste of beef with aging. *Journal of Home Economics Japan*. 43, 199–206.

SMITH, R.D., NICHOLSON, K. L., NICHOLSON, J. D. W., HARRIS, K. B., MILLER, R. K., GRIFFIN, D. B. a SAVELL, J. W., (2008) Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. *Meat Science*. 79, 631-639.

SUMAN, S. P., HUNT, M. C., NAIRA, M. N., RENTFROW, G. 2014. Improving beef color stability: Practical strategies and underlying mechanisms. *Meat Science*, 98, 490-504.

SUZUKI, K., HATA, H., KAWABATA, Y. a SORIMACHI, H., (2004) Structure, Activation, and Biology of Calpain. *Diabetes*, 53(Supplement 1), S12-S18. ISSN 0012-1797.

TATSUMI, R., TAKAHASHI, K., GERRARD, D. E., et al.(2003) Structural Changes in Titin and Nebulin Filaments Specific to Calcium Ions at 0.1 mM: Factors of Meat Tenderization During Postmortem Aging. *Journal of Food Science*. CRC Press, 68, 756-760.

TOLDRÁ, F., (2010): *Handbook of meat processing*. 2nd ed. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell. ISBN 978-081-3821-825.

TAPP, W. H., YANCEY, Y. W. S., APPLE, J. K. 2011. How is the instrumental color of meat measured? *Meat Science*, 89, 1-5.

UNDERLY, K., (2011) *The art of beef cutting: a meat professional's guide to butchering and merchandising*. Hoboken, N.J.: Wiley, 2011
VAN, H., HWANG, I., JEONG, D., TOUSEEF, A. a STRODA, A., (2012) Principle of Meat Aroma Flavors and Future Prospect. *Latest Research into Quality Control*. InTech, 94, 228-233.

WARREN, K. E., KASTNER, C. L. (1992). A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. *Journal of Muscle Foods*. 3, 151-157.

WEAVER, A. D., BOWKER, B. C., GERRARD, D. E., et al. (2008) Sarcomere length influences postmortem proteolysis of excised bovine semitendinosus muscle: A central role of HSP27 isoforms. *Journal of Animal Science*. CRC Press, 86, 1925-1932.

WEAVER, A. D., BOWKER, B. C., GERRARD, D. E., et al.(2009) Sarcomere length influences -calpain-mediated proteolysis of bovine myofibrils: A central role of HSP27 isoforms. *Journal of Animal Science*. CRC Press , 87, 2096-2103.

YAMAMOTO, S., SUZUKI, A., NISHIUMI, T., KOOHMARAIE, M. a BRIAND, M.,(2009) Stability of Proteasomes Extracted from Pressurized, Aged Skeletal Muscles. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. CRC Press, 22, 282-288.

YANAGIHARA, K., YANO, Y., NAKAMURA, T., NAKAI H. TANABE, R. (1995). Changes in sensory, physical and chemical properties of beef loins during prolonged conditioning at chilled temperature. *Japanese Animal Science and Technology*, 66, 160-168.

YUAN, H. B., MEYERS, K. B., KIM, H.-W, LICEAGA, A. M., LEMENAGER, R. P. 2017. Effects of stepwise dry/wet-aging and freezing on meat quality of beef loins. *Meat Science*, 123, 57-63.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Trojrozměrný barevný prostor podle CIELAB (http://www.rpdms.com/cielch/)	32
Obrázek 2: Základní části hovězího masa (https://elainebutler.files.wordpress.com/2013/06/fixb_main_beef_cuts.jpg)	35
Obrázek 3: Rumpsteak (http://www.mikrofarma.cz/produkt/bio-kvetova-spicka-rumpsteak/)	37
Obrázek 4: Statistické hodnocení steaků – Světlost L^* a délky zrání v týdnech ($p < 0,0020$; $r^2 = 0,1896$)	43
Obrázek 5: Statistické hodnocení steaků a^* (červená) a délky zrání ($p < 0,0000$)	44
Obrázek 6: Statistické hodnocení steaků b^* (žlutá) a délky zrání ($p < 0,0000$)	44
Obrázek 7: Vliv délky zrání hovězího masa – rumpsteak – texturu měřenou TIRA testem	46
Obrázek 8: Vliv délky zrání hovězího masa – rumpsteak – na příjemnost vůně	48
Obrázek 9: Sensorické hodnocení příjemnosti vůně u 8 vzorků v délce zrání 0–8 týdnů	48
Obrázek 10: Vliv délky zrání hovězího masa – rumpsteak – na intenzitu vůně	49
Obrázek 11: Sensorické hodnocení intenzity vůně u 8 vzorků v délce zrání 0–8 týdnů	49
Obrázek 12: Vliv délky zrání hovězího masa – rumpsteak – na texturu při skusu	50
Obrázek 13: Sensorické hodnocení textury při skusu u 8 vzorků v délce zrání 0–8 týdnů	50
Obrázek 14: Vliv délky zrání hovězího masa – rumpsteak – na šťavnatost	51
Obrázek 15: Sensorické hodnocení textury při skusu u 8 vzorků v délce zrání 0–8 týdnů	51
Obrázek 16: Vliv délky zrání hovězího masa – rumpsteak – na příjemnost chuti	52
Obrázek 17: Sensorické hodnocení příjemnosti chuti u 8 vzorků v délce zrání 0–8 týdnů	52
Obrázek 18: Vliv délky zrání hovězího masa – rumpsteak – na intenzitu chuti	53
Obrázek 19: Sensorické hodnocení intenzity chuti u 8 vzorků v délce zrání 0–8 týdnů	53
Obrázek 20: Vzorky vyzrálého (0–8 týdnů) rumpsteaku po tepelné úpravě	54

9 PŘÍLOHY

Senzorické hodnocení tepelně upraveného masa – rump steak

Pohlaví:

Datum:

Věk:

Hodina:

Zdravotní stav:

Ochutnejte předložené vzorky a stanovte jejich senzoričnou jakost použitím níže uvedených grafických nestrukturovaných stupnic.

Příjemnost vůně

Cizí vůně-identifikujte

701B	_____	701B
503B	_____	503B
760B	_____	760B
664B	_____	664B
665B	_____	665B
519B	_____	519B
692B	_____	692B
729B	_____	729B

příliš výrazná,
agresivní až nepříjemná

výrazná, typická

nevýrazná, mdlá

Intenzita vůně

701B	_____
503B	_____
760B	_____
664B	_____
665B	_____
519B	_____
692B	_____
729B	_____

příliš výrazná,
agresivní až nepříjemná

příjemná, výrazná, typická

nevýrazná, mdlá

Textura v ústech při kousání

701B	_____
503B	_____
760B	_____
664B	_____
665B	_____
519B	_____
692B	_____
729B	_____

tuhá, tvrdá,
houževnatá

křehká, soudržná,
měkká, jemná

rozbředlá, řídká
nesoudržná, rozpadající se

Šťavnatost

701B	_____	_____	
503B	_____	_____	
760B	_____	_____	
664B	_____	_____	
665B	_____	_____	
519B	_____	_____	
692B	_____	_____	
729B	_____	_____	
	tkáň suchá	tkáň šťavnatá, s dostatečným uvolněním masné šťávy pro spolknutí	tkáň vodnatá, nepříjemná v ústech, rozbředlá

Příjemnost chuti

Cizí vůně-identifikujte

701B	_____	701B	
503B	_____	503B	
760B	_____	760B	
664B	_____	664B	
665B	_____	665B	
519B	_____	519B	
692B	_____	692B	
729B	_____	729B	
	příliš výrazná, agresivní až nepříjemná	výrazná, typická	nevýrazná, mdlá

Intenzita chuti

701B	_____→		
503B	_____		
760B	_____		
664B	_____		
665B	_____		
519B	_____		
692B	_____		
729B	_____		
	příliš výrazná, agresivní až nepříjemná	příjemná, výrazná, typická	nevýrazná, mdlá