

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality a bezpečnosti potravin



**Vliv prodloužené doby zrání na organoleptické
charakteristiky hovězího masa**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Kristýna Horváthová

Obor studia: Kvalita a zpracování zemědělských produktů

Vedoucí práce: Ing. Daniel Bureš, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv prodloužené doby zrání na organoleptické charakteristiky hovězího masa" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24. 7. 2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala mému vedoucímu diplomové práce Ing. Danielu Burešovi, Ph.D. za pomoc, odborné vedení, věnovaný čas a poskytnutí cenných rad a připomínek, které mi pomohly práci zdárně dokončit.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině za zázemí, velkou podporu při studiu a důvěru, kterou ve mě vložili.

Vliv prodloužené doby zrání na organoleptické charakteristiky hovězího masa

Souhrn

Jedním ze základních produktů živočišné výroby je maso. V našem jídelníčku má zásadní význam a pro náš organismus je velice důležitým zdrojem celé řady plnohodnotných látek. V uplynulých letech byl u konzumace hovězího masa zaznamenán nižší pokles spotřeby, čím dál více vstupuje do rozhodování o výběru konkrétního druhu masa konzumenty jeho kvalita. Vzhledem k současným požadavkům na kvalitní parametry masa je žádoucí, abychom se snažili zhodnotit jeho složení a vlivy určitých faktorů na kvalitu masa. Biochemické a strukturální změny probíhající během zrání masa ovlivňují jeho organoleptické, technologické a nutriční vlastnosti. Nižší spotřeba hovězího masa je zapříčiněna mnoha faktory, z nichž ten nejdůležitější z hlediska spotřebitelů je cena, která je v porovnání s jinými druhy mas o něco vyšší. V současné době mají konzumenti větší zájem o kvalitní maso, zajímají se o původ, způsob chovu a výkrm zvířat. Velmi důležitým faktorem, na který by měl být brán zřetel, je kvalita masa, která může být ovlivněna věkem, pohlavím, kondicí zvířete a především nakládáním s masem po porážce zvířat. Zrání zlepšuje chuť a šťavnatost hovězího masa a má výrazný vliv na kvalitu konzumovaného masa. Dobře vyzrálé hovězí maso by mělo být pružné, mít typickou chuť, vůni, vzhled i barvu.

Stanoveným cílem realizovaného experimentu bylo hodnocení efektu odlišné doby zrání na fyzikální, technologické a organoleptické vlastnosti svalů *longissimus lumborum* a *semitendinosus* od šesti jalovic masného skotu. Byly hodnoceny kvalitativní parametry na chlazených a mražených vzorcích masa s dobou zrání 3, 30, 60 a 90 dnů. Z fyzikálních a technologických vlastností byla zjišťována barva masa, pH, instrumentálně měřená křehkost masa a ztráty hmotnosti související se skladováním, mražením a tepelnou úpravou masa. Deskriptivní sensorická analýza realizovaná sensorickým panelem trénovaných hodnotitelů posuzovala u grilovaného masa celkem třináct deskriptorů. Z výsledků fyzikální analýzy vyplývá, že s prodlužující se dobou zrání docházelo ke zvyšování instrumentálně hodnocené křehkosti masa, ale také rovněž k nárůstu hmotnostních ztrát varem. Nejvýraznější změny v tomto ohledu nastaly mezi 3 a 30 dnem. S prodlužující délkou zrání masa docházelo k poklesu pH u obou svalů a v případě svalu *longissimus lumborum* také ke zvyšování světlosti a červenosti masa. Z výsledků sensorické analýzy vyplývá, že vzorky masa s dobou zrání 30 a 60 dnů obdržely nejpříznivější hodnocení pro charakteristiky textury. U masa zrajícího po dobu 90 dnů bylo shodně u obou dnů pozorováno nejvyšší hodnocení výskytu abnormální vůně i chuti. Nejvyšší celková přijatelnost byla u nízkého roštěnce (sval *longissimus lumborum*) zjištěna v době 30 dnů od porážky, zatímco u masa z válečku (sval *semitendinosus*) bylo optimum nalezeno v době zrání 60 dnů.

Klíčová slova: hovězí maso, postmortální změny, sensorické vlastnosti, technologické vlastnosti

The effect of extended ageing on organoleptic characteristics of beef

Summary

The meat in general is one of the basic products of animal production. It is very important source of a number of full-value substances for human body and an essential in our diet as well. In previous years, there has been a lower decline in consumption of beef, and its quality is becoming more and more important in consumers' decisions about the choice of a specific type of meat. Given the current requirements for quality parameters of meat, it is desirable to try to evaluate its composition and the effects of certain factors on the quality of meat. Biochemical and structural changes taking place during the maturation of meat affect its organoleptic, technological and nutritional properties. The lower consumption of beef is caused by many factors, the most important of which from the consumer's point of view is the price, which is higher compared to other types of meat. Consumers are more interested in quality meat at present, they are interested in the origin, method of breeding and fattening of animals as well. A very important factor that should be taken into account is the quality of the meat, which can be affected by the age, sex, rearing conditions of the animal and the handling of the meat after the slaughter of the animals. Maturation improves the taste and juiciness of beef and has a significant effect on the quality of meat consumed. Well-ripened beef should be supplied with a typical taste, aroma, appearance and color.

The goal of the performed experiment was to evaluate the effect of different maturation time on the physical, technological and organoleptic properties of the muscles of *longissimus lumborum* and *semitendinosus* from six heifers of beef cattle. Qualitative parameters were evaluated on chilled and frozen meat samples with maturation times of 3, 30, 60 and 90 days. From the physical and technological properties, the colour of the meat, pH, instrumentally measured tenderness of the meat and weight loss related to storage, freezing and heat treatment of the meat were determined. Descriptive sensory analysis performed by a sensory panel of trained panelists assessed a total of thirteen descriptors for grilled meat. The results of the physical analysis show that with increasing maturation time, there was an increase in the instrumentally evaluated tenderness of the meat, but also an increase in weight loss by boiling. The most significant changes in this respect occurred between 3 and 30 days. As the length of the meat matured, the pH of both muscles decreased and, in the case of the *longissimus lumborum* muscle, the lightness and redness of the meat also increased. The results of the sensory analysis show that meat samples with a maturation period of 30 and 60 days received the most favorable evaluation for the texture characteristics. In meat aged for 90 days, the highest rating of both abnormal smell and taste was observed from both days. The highest overall acceptability was found in the *longissimus lumborum* muscle within 30 days of slaughter, while in the meat from *semitendinosus* muscle the optimum was found at the time of maturation at 60 days.

Keywords: beef, postmortem changes, sensory properties, technological properties

Obsah

1	Úvod	1
2	Vědecká hypotéza a cíl práce.....	2
2.1	Vědecká hypotéza.....	2
2.2	Cíl práce	2
3	Přehled literatury (literární rešerše)	3
3.1	Maso.....	3
3.1.1	Vlastnosti hovězího masa	3
3.1.2	Struktura masa.....	3
3.1.3	Hovězí maso ve výživě člověka	4
3.1.4	Spotřeba hovězího masa	4
3.1.5	Vlivy působící na kvalitu masa jatečných zvířat.....	6
3.2	Chemické složení masa.....	6
3.2.1	Bílkoviny	6
3.2.1.1	Sarkoplazmatické bílkoviny.....	7
3.2.1.2	Myofibrilární bílkoviny	7
3.2.1.3	Stromatické bílkoviny.....	7
3.2.2	Voda.....	7
3.2.3	Tuk.....	7
3.3	Fyzikální vlastnosti masa	8
3.3.1	Vaznost masa	8
3.3.2	Barva masa.....	8
3.4	Organolepticko-senzorické vlastnosti masa	9
3.4.1	Chuť masa.....	9
3.4.2	Vůně masa.....	9
3.4.3	Křehkost masa	10
3.4.4	Senzorická analýza	10
3.4.4.1	Flavor profile metoda	11
3.4.4.2	Texture profile metoda	11
3.4.4.3	Quantitative Descriptive Analysis	11
3.4.4.4	Spectrum Descriptive Analysis	11
3.4.4.5	Free-Choice Profiling	12
3.5	Předporážkové faktory působící na kvalitu masa jatečných zvířat	12
3.5.1	Plemeno zvířete	12
3.5.2	Věk zvířete	13
3.5.3	Pohlaví zvířete.....	13
3.5.4	Anatomické umístění svalů	14
3.5.5	Výživa.....	15
3.5.6	Zdravotní stav zvířete	16
3.5.7	Předporážková manipulace se zvířaty	16
3.5.8	Vady masa.....	17
3.5.8.1	Vada PSE.....	17
3.5.8.2	Vada DFD.....	18
3.5.8.3	Vada cold shortening	19
3.6	Poporážkové faktory působící na kvalitu masa jatečných zvířat	20
3.6.1	Zrání.....	20
3.6.2	Tepelná úprava masa	21

3.6.3	Maillardova reakce	21
3.6.4	Degradace lipidů	22
3.7	Postmortální faktory působící na kvalitu masa jatečných zvířat.....	23
3.7.1	<i>Prae-rigor mortis</i>	23
3.7.2	<i>Rigor mortis</i>	23
3.7.3	Zrání masa	24
3.7.4	Hluboká autolýza	25
3.7.5	Fyzikálně-chemické změny během <i>post mortem</i>	25
4	Metodika	27
4.1	Odběr vzorků	27
4.2	Měření fyzikálních vlastností masa	27
4.3	Senzorická analýza.....	28
4.4	Měření technologických vlastností	30
4.5	Statistická analýza	31
5	Výsledky	34
5.1	Vyhodnocení vlivu délky zrání na fyzikální a technologické vlastnosti masa...34	
5.2	Vyhodnocení vlivu délky zrání na organoleptické vlastnosti masa pomocí senzorické analýzy	39
6	Diskuze	43
7	Závěr	47
8	Seznam literatury	48
9	Seznam obrázků, tabulek a grafů	56
10	Seznam použitých zkratk a symbolů	56

1 Úvod

V lidském jídelníčku hraje maso důležitou roli a je významným zdrojem zinku, železa a selenu. Maso se řadí mezi živočišné bílkoviny a je vynikajícím zdrojem plnohodnotných bílkovin, obsahuje všechny esenciální aminokyseliny, vitamíny (především skupiny B), minerální látky a tuky. Podle ČSÚ (2018) se celková spotřeba hovězího masa v České republice pohybuje kolem 8,7 kg masa/osobu/rok, což je asi 10,6 % z celkové spotřeby. Nejmenší spotřeba hovězího masa byla v roce 2013, kdy se průměrná hodnota pohybovala kolem 7,5 kg masa/osobu/rok. Tuzemská spotřeba masa představuje pouze asi polovinu toho, co zkonzumuje průměrný obyvatel starých členských zemí EU. Nižší spotřeba hovězího masa je zapříčiněna mnoha faktory, z nichž ten nejdůležitější z hlediska spotřebitelů je cena, která je v porovnání s jinými druhy mas jako je např. kuřecí či krůtí o něco vyšší. Nevyrovnaná kvalita na trhu hovězího masa má vliv na spotřebitele a s tím také úzce souvisí nepodložené informace o negativním vlivu konzumace na lidské zdraví (Bureš et al. 2012). Panovská et al. (2008) také uvedli, že nižší spotřeba hovězího masa byla ovlivněna odlišnou preferencí mladších strávníků, kteří často dávají přednost libovějším druhům mas. Spotřebitelé mají v současné době větší zájem o kvalitní maso, zajímají se především o původ, chov, výkrm a ustájení zvířat či zda se jedná o eticky přijatelný způsob produkce. Kvalita masa a živočišných produktů obecně, je velmi důležitým faktorem, na který by měl být brán zřetel. Kvalita masa může být definována jako soubor technologických, fyzikálních, kulinářských a senzorických vlastností, dále také jako výživová hodnota masa, biochemický stav masa a v neposlední řadě přítomnost mikroorganismů.

Kvalita masa se tradičně týká vlastností, které umožňují, aby maso bylo vhodné ke spotřebě a dalšímu zpracování a skladování (Napolitano et al. 2010). Problematika kvality hovězího masa není problémem jenom původu mléčného či masného charakteru, ale je také ovlivněna věkem, pohlavím, kondicí zvířete a především dobou a způsobem zrání masa.

Zrání zlepšuje chuť a šťavnatost hovězího masa. Dobře vyzrálé hovězí maso má na první pohled typickou chuť, vůni, vzhled i barvu a je pružné. Na naše pulty se do prodejen dostává i nevyzrálé hovězí maso a dobrý prodejce by měl být ochoten poskytnout spotřebiteli důležité informace o stáří zvířat a datu porážky, z něhož je tedy možné odvodit, jak dlouho maso zrání. Posmrtné zrání probíhá ve 4 fázích a má výrazný vliv na kvalitu konzumovaného masa a i proto je důležité se tímto tématem více zabývat. Sledováním postmortálních změn můžeme docílit vyšší kulinární kvality hovězího masa a jeho následné vyšší konzumace našimi spotřebiteli. Předmětem této práce je problematika zrání masa během tří, třiceti, šedesáti a devadesáti dnů a sledování jeho senzorických vlastností jako je chuť, vůně, křehkost, šťavnatost a další zvolené atributy.

2 Vědecká hypotéza a cíl práce

2.1 Vědecká hypotéza

Dle dostupné odborné literatury byla stanovena tato vědecká hypotéza diplomové práce: Sledované fyzikální a organoleptické vlastnosti masa budou vykazovat optimální hodnoty u obou svalů při různě dlouhé době zrání.

2.2 Cíl práce

Cílem práce je vyhodnotit vliv prodloužené doby zrání hovězího masa na jeho organoleptické a technologické vlastnosti.

3 Přehled literatury (literární rešerše)

3.1 Maso

Již od pravěku je maso základní součástí lidské potravy. Nejlépe popsanou definici o mase lze nalézt v Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004. Tato směrnice se zabývá požadavky, které se týkají všech výrobků živočišného původu. Nalézt zde lze i několik podrobných definic masa (Lautenschlaeger & Upmann 2017).

Maso je v užším významu kosterní svalová tkáň jatečně upravených těl zvířat, která je vnímaná jako svalová tkáň včetně tuků, nervů, cév a vazivových částí nebo jako samostatná svalová tkáň (Hocquette et al. 2012).

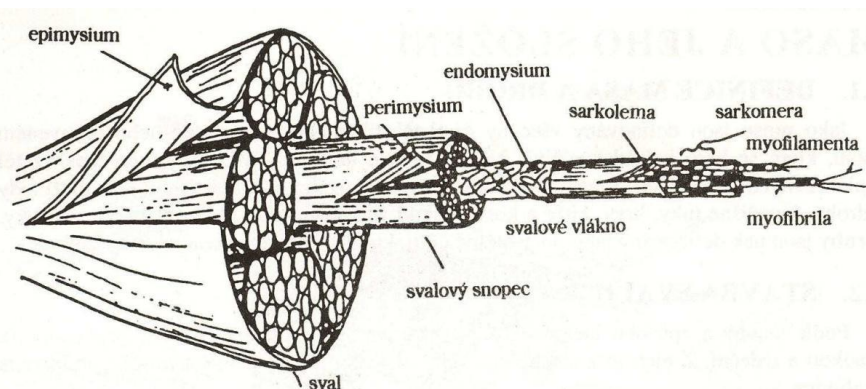
3.1.1 Vlastnosti hovězího masa

Hovězí maso obsahuje velké množství plnohodnotných bílkovin, což znamená, že obsahuje všechny esenciální aminokyseliny. Libové hovězí maso průměrně obsahuje 21 % bílkovin, které regulují buněčný metabolismus a jsou stavebním buněčným materiálem. Dále obsahuje 3 % tuku, což je ukazatel chutnosti a křehkosti hovězího masa. V lidské výživě je maso výborným a důležitým zdrojem železa, zinku, selenu a vitaminů skupiny B a iproto je důležité maso konzumovat v období těhotenství, dětství či při tvrdé fyzické práci (Ulmannová 2009).

3.1.2 Struktura masa

Svalovina je kontraktilní tkáň, mezi jejíž hlavní funkce patří kontrakce, která umožňuje vykonávání různých druhů pohybů a přeměn energie z chemických vazeb na mechanickou práci (Pipek 1995). Svalová tkáň se dále rozlišuje na příčně pruhovanou, kosterní, srdeční a hladkou svalovinu (Du & McCormick 2009). Základní stavební jednotkou příčně pruhované svaloviny je svalové vlákno, tvořené mnohjadernými svalovými buňkami.

Povrch svalového vlákna je tvořen buněčnou membránou sarkolemou, tvořenou čtyřmi vrstvami. Cytoplazmu svalové buňky tvoří sarkoplazma, která vyplňuje celý objem svalového vlákna. V sarkoplazmě se nachází mimo inkluzí a buněčných organel zejména vysoce uspořádaná a hustě zabalená síť myofibril, složená z tenkých aktinových a tlustých myozinových myofilamentů, které umožňují svalový stah (viz obrázek 1) (Pipek 1995). Svalová vlákna jsou jednovláknová a táhnou se od začátku svalu až k jeho úponu. Ve svalech lze nalézt různý počet vláken, která jsou navzájem rovnoběžná a jejich průměr může být okolo 10 – 100 μm , s délkou až několik centimetrů (Kerth 2013).



Obrázek 1: Základní struktura příčně pruhované svaloviny (Steinhauser et al. 1995)

Významná je také pojivová tkáň, která zaujímá velký podíl mezibuněčné hmoty a je tvořena kolagenovými a elastickými vlákny, díky kterým je tkáň pevná (Steinhauser et al. 1995). V masě nalezneme tři základní druhy pojivové tkáně, a to epimysium, endomysium a perimysium. Konečnou vrstvou je endomysium, které se skládá především z retikulárních vláken (Kerth 2013). Perimysium je tenká vrstva pojivové tkáně, která obklopuje svalová vlákna nebo svalové svazky. A nakonec epimysium, které tvoří tlusté pouzdro, obklopující celý sval pojivové tkáně (Nollet et al. 2007).

3.1.3 Hovězí maso ve výživě člověka

Hovězí maso patří mezi červená masa, která se nejvíce využívají při výrobě českých tradičních masných výrobků. V posledních letech se zvýšil zájem o čerstvé hovězí maso, s čímž souvisí i vyšší požadavky konzumentů na kvalitu masa (Katina & Kšana 2015). Hlavní požadavky dnešních spotřebitelů na kvalitu a jakost hovězího masa splňuje zejména výsekové maso se sníženým obsahem mezisvalového a podkožního tuku s adekvátním obsahem vnitrosvalového tuku v řezu. Z hlediska výživové stránky je požadovaná ideální nutriční hodnota, velký obsah minerálů a plnohodnotných bílkovin a zároveň malý obsah cholesterolu. Mezi technologické požadavky na hovězí maso patří snadná údržnost, ideálně rychlá minutková úprava, dispozice pro dobrou chuť, aroma a textura masa (Franc et al. 1994).

3.1.4 Spotřeba hovězího masa

Nedílnou součástí lidského jídelníčku je hovězí maso, které patří mezi tradiční druhy mas. Pro hovězí maso je charakteristická vysoká nutriční hodnota, zejména tedy plnohodnotné bílkoviny, vitamíny a minerální látky a často se využívá jako delikatesa v restauracích. Celkové množství konzumovaných druhů mas se v jednotlivých zemích a různých národech mění. Je to dáno především kupní silou, hospodářstvím, náboženstvím a rozvinutostí zemědělství (Bureš et al. 2018). Průměrná spotřeba masa se v České republice pohybuje kolem 80 kg na osobu za rok, kdy nejvíce je konzumováno kuřecí, dále pak vepřové a hovězí je až na třetím místě (Zahrádková et al. 2009). Hovězího masa společně s telecím, dosáhlo v roce 2017 spotřeby 8,5 kg/obyv, což je asi 10,6 % z celkové spotřeby masa vůbec. V roce 1995 činil podíl

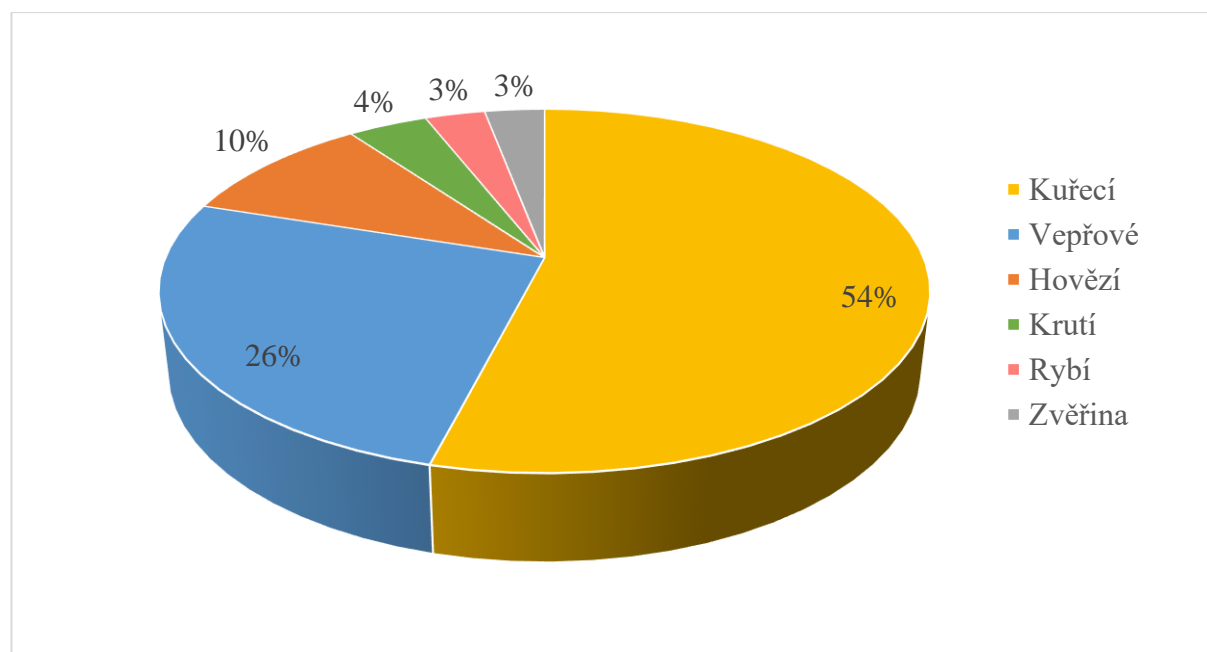
hovězího masa z celkové spotřeby 23 % a od té doby meziročně klesal. V roce 2013 dokonce dosáhla spotřeba hovězího masa nejmenších hodnot za sledované období 1995 – 2017. Příčin poklesu konzumace hovězího masa je celá řada. Hlavními faktory, které ovlivňují pokles hovězího masa, je pravděpodobně vyšší cena v porovnání s ostatními druhy v tuzemsku konzumovaných mas, jeho delší příprava a preference spotřebitelů k dietnějším masům (kuřecí, krutí) (Josrová 2019).

Dalším negativem, který zásadně ovlivnil spotřebu hovězího masa v České republice mezi lety 2000 – 2001, je výskyt nemoci šílených krav (BSE), nežádoucí nálezy reziduí a zkažené maso na pultech supermarketů (Bureš et al. 2018). Spotřeba také úzce souvisí s kvalitou nabízeného masa. Celková jakost hovězího masa je ovlivněna několika faktory, především způsobem chovu, věkem, pohlavím, způsobem porážky a plemennou příslušností (Zahrádková et al. 2009).

Tabulka 1: Spotřeba často konzumovaných druhů mas na obyvatele ČR za rok (kg)

Maso celkem	1995	2000	2011	2013	2014	2015	2018
	82,0	79,4	78,6	74,8	75,9	79,3	82,4
Hovězí	18,5	12,3	9,1	7,5	7,9	8,1	8,7
Telecí	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Vepřové	46,2	40,9	42,1	40,3	40,7	42,9	43,2
Skopové, kozí, koňské	-	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Drůbež	13,0	22,3	24,5	24,3	24,9	26,0	28,4
Zvěřina	-	0,4	0,7	0,9	0,9	1,0	1,0
Králíci	-	3,0	1,8	1,3	1,0	0,8	0,6
Ryby	4,9	5,4	5,4	5,3	5,4	5,5	5,6

(ČSU 2019)



Graf 1: Nejčastěji konzumované maso (Bureš et al. 2018)

3.1.5 Vlivy působící na kvalitu masa jatečných zvířat

Kvalita masa, ukládání tuků a složení mastných kyselin, jsou ukazatele, které jsou ovlivňovány chovem zvířat, pohlavím, stravou, živou hmotností, stárnutím a vzájemným působením těchto faktorů. Chuť masa je velmi důležitý atribut přispívající k sensorické kvalitě masa a masných výrobků (Khan et al. 2015). Je proto důležité kvantifikovat faktory, které ovlivňují kvalitu masa během výroby a zpracování (Mottram 1998).

3.2 Chemické složení masa

Chemické složení závisí na mnoha faktorech. Jedním z těchto faktorů může být fakt, zda se hodnotí jatečně upravený kus jako celek nebo pouze jeho čistá svalovina, včetně mezsvalového tuku a jiných tkání (Markus et al. 2011). Hlavní složky hovězího masa tvoří bílkoviny, voda a tuk (tabulka 2). Mezi minoritní složky se řadí sacharidy, vitamíny a minerální látky (Ahmed et al. 2018).

Tabulka 2: Přehled chemického složení masa

	Hovězí maso %	Vepřové maso %	Kuřecí maso %
Voda	70,4	57,0	76,2
Sušina	29,6	43,0	23,8
Bílkoviny	20,8	15,5	20,4
Lipidy	7,8	26,7	1,4
Minerální látky	1,0	0,8	1,4

(Škopková et al. 1957)

3.2.1 Bílkoviny

Z nutričního hlediska jsou bílkoviny nejcennější složkou masa (Markus et al. 2011). Například v hovězím mase se nachází 20 – 24 g/100 g masa bílkovin (Wyness 2016). Příjem bílkovin se mění podle fyziologických potřeb. Například sportovci a děti by měli mít vyšší příjem bílkovin než nesportující jedinci, kteří přijímají průměrně 0,66 – 0,83 g/kg bílkovin za den (EFSA 2017).

Bílkoviny se skládají z aminokyselin, které se dělí na esenciální a neesenciální. Bílkoviny obsahující všechny esenciální aminokyseliny, se označují jako plnohodnotné. Lidské tělo si esenciální aminokyseliny neumí vytvořit samo a je tedy důležité je přijímat potravou, naopak neesenciální aminokyseliny si lidské tělo umí vytvořit (Li 2017).

Bílkoviny se mohou dělit na rostlinné a živočišné, přičemž je známo, že živočišné bílkoviny jsou lépe stravitelné a mají lepší biologickou hodnotu než bílkoviny rostlinného původu (Pereira & Vicente 2013). Dále se bílkoviny dělí dle technologického hlediska do tří skupin podle jejich rozpustnosti ve vodě a solných roztocích a to na bílkoviny sarkoplazmatické, myofibrilární a stromatické (Steinhauser et al. 2000).

3.2.1.1 Sarkoplazmatické bílkoviny

Sarkoplazmatické bílkoviny jsou rozpustné ve vodě a slabých solných roztocích, denaturují při tepelném opracování a podílejí se během záhřevu na zpevnění masa. Mezi sarkoplazmatické bílkoviny patří hemoglobin a myoglobin, které se řadí k hemovým barvivům zodpovědným za červené zbarvení krve a masa a také obsahují železo (Markus et al. 2011). Myoglobin je svalové barvivo, sloužící ve svalu jako zásobárna kyslíku. Naopak hemoglobin je krevní barvivo, které se ve svalu vyskytuje při nedokonalém nebo špatném vykrvení zvířete (Steinhauser et al. 2000).

3.2.1.2 Myofibrilární bílkoviny

Myofibrilární bílkoviny jsou ve vodě nerozpustné, rozpustné jsou však v solných roztocích. Mezi hlavní zástupce tvořící 90 % myofibrilárních bílkovin patří myosin, titin, tropomyosin, aktin, troponin a nebulin. Myofibrilární bílkoviny lze dále dělit na podpůrné, kontraktilní a regulační (Steinhauser et al. 2000). Mezi kontraktilní bílkoviny spadá aktin (20 %) a myosin (50 %), které vážou největší podíl vody v mase a dále se podílí na svalové kontrakci (Markus et al. 2011). Mezi podpůrné bílkoviny se řadí titin a nebulin, mezi regulační bílkoviny troponin, tropomyosin (Steinhauser et al. 2000).

3.2.1.3 Stromatické bílkoviny

Stromatické bílkoviny mají dlouhou dobu kulinární úpravy a nejsou rozpustné ani v solných roztocích ani ve vodě. Jsou pevné, tuhé a nachází se v pojivových tkání, tudíž ve vazivech, šlachách a chrupavkách (Velíšek 2009). Nejvíce zastoupenou bílkovinou v pojivové tkáni je kolagen, který je charakteristický tím, že je pevný, čistě bílý, lehce průtažný a při záhřevu na 60 °C se jeho vlákna ohýbají a deformují, čímž se jejich délka zkracuje na 1/3 z počáteční hodnoty. Při záhřevu na 65 – 90 °C vzniká želatina (Pipek 1998). Kolagen obsahuje hydrokyseliny zejména hydroxyprolin, který se v jiných bílkovinách neobjevuje. Od ostatních bílkovin se liší především složením aminokyselin. Obsahuje mnoho nepolárních aminokyselin jako je například glycin a naopak neobsahuje cystein a tryptofan (Pipek 1995).

3.2.2 Voda

Obsah vody v mase se pohybuje okolo 70 – 75 %. Voda je významnou sloučeninou v biosféře a z nutričního hlediska nemá moc velký význam. Nicméně voda jako taková hraje velmi významnou roli v kulinární, sensorické a technologické jakosti masa. Nejvýznamnější vlastností masa při zpracování je jeho schopnost vázat vodu, čímž je ovlivněna kvalita výrobku a ekonomická efektivita (Velíšek 2002b).

3.2.3 Tuk

Ve správném poměru je tuk řazen mezi nejdůležitější živiny ve výživě člověka a je proto nutné dodávat lidskému tělu pouze ideální denní množství kvalitního tuku (Ahmed et al. 2018).

Mezi tuky nebo-li lipidy se řadí tři hlavní zástupci, a to triacylglyceroly, fosfolipidy a cholesterol, který je často spojován s kardiovaskulárním onemocněním. Z chemického hlediska jsou triacylglyceroly tvořeny jednou molekulou glycerolu a molekulami mastných kyselin. Mastné kyseliny se rozdělují na nenasycené a nasycené. Nenasycené mastné kyseliny obsahují jednu nebo více dvojných vazeb a dominantním zástupcem těchto kyselin je kyselina palmitová. Nasycené mastné kyseliny neobsahují ve svém řetězci žádnou dvojnou vazbu a mezi nejvýznamnější patří kyselina palmitová, stearová a myristová (Wood et al. 2004). Fosfolipidy jsou součástí instamuskulárního tuku a mají větší vliv na aroma masa než triacylglyceroly. Fosfolipidy jsou složeny z většího podílu mastných kyselin s dlouhým řetězcem a jsou proto náchylnější k oxidaci lipidů. Pro lidské tělo je tuk významný nositel energie a dodavatel základních živin a vitamínů typu A, D, E, K (Wood et al. 2008).

Tuk zvyšuje převážně chuť k jídlu a usnadňuje stravitelnost. U zvířat je tuk uložen v tukové tkáni a označuje se jako intramuskulární tuk (Ahmed et al. 2018). Intramuskulární tuk je uložen mezi jednotlivými svalovými vlákny, čímž přispívá k křehkosti, chutnosti a měkkosti masa, dále také ovlivňuje sensorické vlastnosti masa a tvoří tzv. mramorování. Mramorování je pojem, který se používá pouze v produkci masa. Jde především o pruhy, viditelné bílé skvrny či ložiska, která se nachází ve zmiňovaných jednotlivých svalových vláknech (Harper & Pethick 2004). K posuzování kvality dle preferencí spotřebitele (jak pozitivní tak negativní), slouží viditelný intramuskulární tuk. Množství intramuskulárního tuku je odlišné u jednotlivých druhů mas, plemen a svalů. Zvířata, která mají více svalstva v těle, mají nižší obsah intramuskulárního tuku (Hocquette et al. 2010).

3.3 Fyzikální vlastnosti masa

3.3.1 Vaznost masa

Schopnost masa si udržet vlastní i vázanou vodu má vaznost. Z ekonomického hlediska je tato schopnost velice důležitá především kvůli jeho hmotnosti při prodeji. Při ztrátě vody dochází k hmotnostním ztrátám. Vaznost a obsah vody v mase udává kvalitu masa. Voda se v syrovém mase ztrácí odpařováním z povrchu nebo odkapáváním (Offer et al. 1989). Existují dvě metody pro měření obsahu vody, a to ztracené odkapem a měření obsahu vody před a po uvaření hovězího masa (Honikel 1998).

3.3.2 Barva masa

Nejvýznamnější faktor kvality, který ovlivňuje spotřebitele při koupi výrobků je barva masa. Je to především zapříčiněno tím, že spotřebitel posuzuje výrobek přímo v místě prodeje (Gerrard et al. 1996). Ukazatel čerstvosti a zdravotní nezávadnosti pro konzumenta je právě barva masa, která je úzce spojena i se vzhledem. Vzhled masa ovlivňuje genetika, chemické změny, posmrtné změny a spousta jiných faktorů, které se pojí se zpracováním masa. Pro zachování přirozené barvy masa je důležité pochopit dvě jednoduché charakteristiky svalů, jedná se především o redukci metmyoglobinu a spotřebu kyslíku (Mancini & Hunt 2005). U hovězího masa je červená barva způsobena přítomností hemových barviv. Myoglobin je

globulární protein, který spadá pod hemovou skupinu, je zodpovědný za barvu masa a také slouží jako zásobárna kyslíku pro svalová vlákna. Proteolitickou složkou myoglobinu je hem. Konjugované dvojnásobné vazby s tetrapyrrolovým jádrem tvoří hem a dodávají tak hemu jeho červenou barvu. Reakce atomu železa ovlivňují změnu barvy masa (Holman et al. 2016).

Světlejší komplex oxymyoglobin vzniká na povrchu masa za přístupu vzdušného kyslíku. V průběhu oxidace se oxymyoglobin přemění na hnědočervenou, později na červenohnědou směs a železitý metmyoglobin. Pokud se na povrchu masa objeví nahnědlá až nazelenalá barva, jedná se pouze o metmyoglobin (Pearson & Dutson 1994). Barva masa je hodnocena pomocí instrumentálního vyhodnocení a hodnotí se především parametry jako je světlost, která se značí L^* , žlutost (b^*) a červenost (a^*). Druhá příslušnost a vykrvení zvířete, pohlaví a věk, výživa má vliv na množství hemoglobinu. Jeho množství v hovězím mase dosahuje 4 – 10 mg/g svaloviny což je o něco více než u vepřového masa, kde je obsah hemoglobinu 2 mg/g svaloviny (Holman et al. 2016).

3.4 Organolepticko-senzorické vlastnosti masa

Organoleptické vlastnosti lze řadit mezi charakteristiky potravin, které lidské smysly dokáží vnímat. Jedná se především o vůni, vzhled a chuť. Křehkost a šťavnatost masa, je také jeden z mnoha důležitých aspektů při hodnocení chuti (Blumer 1963). Lidské smysly jsou rozděleny na nižší a vyšší. Sluch a zrak je řazen mezi smysly vyšší, které fungují na detekci elektromagnetického spektra různých rozsahů. Mezi nižší smysly je zařazena vůně a chuť, jedná se o přímý podnět stimulu se smyslovým orgánem (Pearson & Dutson 1994).

3.4.1 Chuť masa

Velice důležitým senzoryčným a kvalitativním faktorem pro spokojenost spotřebitelů je chuť, která spolu s vůní tvoří jakýsi komplex při konzumaci jídla. Chuť ovlivňuje celkovou přijatelnost masa a masných výrobků. Dělí se na několik tříd: sladká, hořká, slaná, kyselá a umami. Receptory, kterými lze vnímat chuť, se nacházejí na chuťových pohárcích, které lze nalézt na patře jazyka. U člověka jsou tyto receptory chutí determinovány třemi hlavovými nervy, jedná se o hlavové nervy VII., IX. a X. Různé třídy chutí mají odlišnou citlivost na jednotlivých částech jazyka. Na sladkou a slanou chuť je citlivější především přední část jazyka, hořká chuť je citlivější v zadních částech (Pearson & Dutson 1994).

Prekurzory chutí, které jsou obsaženy v mase se rozdělují do dvou skupin, a to na látky rozpustné ve vodě a lipidy. Obě tyto skupiny dodávají masu masovou příchut' a také jeho aroma. Heterocyklické sloučeniny, které obsahují především síru, dodávají masu slanou masovou pečenou a vařenou chuť (Mottram 1998).

3.4.2 Vůně masa

Tepelně upravené maso má více aromatických vlastností než maso syrové. Z tohoto důvodu se provádí hodnocení masa pouze v případě, kdy je maso tepelně ošetřené. Mezi velice

důležité reakce, které jsou zodpovědné za produkci aroma a těkavých látek, se řadí Maillardova reakce degradace thiaminů a lipidová reakce (Pearson & Dutson 1994). Látky, díky kterým vzniká vůně masa, jsou thiamin, lipidy, peptidy, aminy, aminokyseliny a glykogen. Působením mikroorganismů probíhá v bacheru přežvýkavců vznik aromatických sloučenin a jejich prekurzorů (Resconi et al. 2013).

Masové aroma způsobují disulfidy, furanthioly, furansulfidy, které patří mezi významné aromatické sloučeniny (Mottram 1998). Amoniak, sirovodík, diacetyl, actaldehyd jsou složky, které vznikají při uvolňování prekurzorů bez zápachu během vaření a jsou zodpovědné za vůni hovězího masa. Dále při vaření byl pozorován výskyt kyseliny mravenčí, octové, propionové, isopropionové. Hovězí maso obsahuje více lipidů a během vaření vznikají sloučeniny, které jsou odvozené od lipidů. Jedná se především o nenasycené nebo nasycené aldehydy, pro které je charakteristické šest až deset uhlíků. Těkavá látka vznikající při tepelné úpravě masa, se nazývá hexanal a při hydrolýze mastných kyselin vzniká noananal a hexanal a to hlavně vlivem vysokého zastoupení omega-6 mastných kyselin a kyseliny olejové v celkovém profilu mastných kyselin v tuku hovězího masa (Kerth & Miller 2015).

3.4.3 Křehkost masa

Jako ukazatel textury masa, který se často porovnává se žvýkatelností a tuhostí masa, je křehkost (Szczesniak 1962). Díky fyziologickým smyslům je člověk schopen rozpoznat jednotlivé strukturní prvky v mase. Instrumentálními nebo sensorickými metodami je člověk schopen měřit texturu masa. Textura masa je při stanovení hodnocena obvykle Warner-Bratzlerovým přístrojem, který je schopen měřit křehkost masa v závislosti na potřebné síle (Tornberg 1996).

3.4.4 Sensorická analýza

Miller (2017) uvedl, že sensorická analýza je formulována jako vědecká disciplína, která se využívá k hodnocení, měření a interpretaci lidských reakcí na vlastnosti potravin, které lze vnímat 5 smysly – zrak, čich, chuť, sluch a dotyk. Lyon et al. (1992) zaznamenali, že sensorická analýza může být využita při jakémkoliv hodnocení kvality i testování potravin. Maso je posuzované na základě jeho vlastností a kvality, které je spotřebitel schopen vnímat organolepticky. Mezi vlastnosti masa, které se posuzují sensoricky lze řadit například barvu, šťavnatost, křehkost, texturu a aroma. Textura masa je považována za velice důležitou vlastnost, která ovlivní kvalitu výrobku a jeho celkovou přijatelnost (Krzywdzińska-Bartkowiak et al. 2016). Se sensorickou analýzou úzce souvisí i konzumentské testování, které slouží s naplněním spotřebitelské jakosti vlivem odpovědí, které zahrnují propojení spotřebitele s daným produktem (Lyon et al. 1992).

Konzumentský test slouží v sensorické analýze k získání informací. Tento konzumentský absolvují nezkušené osoby, kteří nemají v oboru sensorické analýzy žádnou praxi. Vybrané nezkušené osoby odpovídají dle daného schéma, které jim je předkládáno. Důležitou roli hraje především to, že nezkušené osoby musí odpovídat v souladu se spotřebitelskými soubory. Důležité při konzumentském testu je, aby hodnotitel byl seznámen se způsobem vyplnění

dotazníků. Nejčastěji se hodnotí celková příjemnost vjemu a vyhovující vzorky. Při konzumentském testu by neměli hodnotit stálí hodnotitelé, protože by svým způsobem docházelo k jejich zaškolení (Ingr et al. 1997).

Deskriptivní neboli popisná analýza je senzorická metoda, která slouží ke kvantitativnímu popisu produktů, který je založený na vnímání skupin kvalifikovaných hodnotitelů a umožňuje vědeckým přístupem měřit vnímání jednotlivých vlastností produktu. Jedná se tedy o úplný senzorický popis, při kterém se hodnotí všechny smyslové aspekty jako je sluch, čich, zrak, vjem pohybu. Mezi metody deskriptivní analýzy řadíme Flavor profile method, Texture profile, Quantitative Descriptive Analysis, Spectrum Descriptive Analysis, Free-Choice Profiling. Kvantitativní deskriptivní metody nejsou schopny vyřešit problémy z hodiny na hodinu a žádná senzorická analýza nedokáže trvale vyřešit problematiku oblíbenosti. Deskriptivní metody byly navrženy tak, aby dokázaly hodnotit velmi spolehlivě a precizně a případně přinést vodítko k řešení problému (Miller 2017).

3.4.4.1 Flavor profile metoda

Patří mezi nejnámější senzorické metody, při kterých dochází ke kombinaci analýzy chuti a vůni. Tato metoda je sestavena z šesti hodnotitelů, kteří musí projít přísnými kritérii a je hodnocen jejich přístup, schopnost rozlišení základních chutí a vůní. Zkušební hodnotitelé poté prochází dalším zaškolením, kde nabírají zkušenosti, jak správně hodnotit dané produkty. Po senzorickém hodnocení daného výrobku, hodnotitelé diskutují o výsledcích, kde je na závěr shrne panel leader. Předpokládaná funkce tohoto panelu je schopnost vést skupinu a diskusi k jednomu směru. Výhodou této metody je rychlý vyvozený závěr díky objektivnímu a vysoce profesionálnímu přístupu (Miller 2017).

3.4.4.2 Texture profile metoda

Tato metoda popisuje hodnocení textury masa a byla definována jako senzorická analýza texturovaného komplexu produktu podle geometrických mechanických vlastností, vlhkosti a obsahu tuku. Tyto vlastnosti se posuzují od prvního kousnutí do kompletního rozžvýkání (Brandt et al. 1963).

3.4.4.3 Quantitative Descriptive Analysis

Je funkční metoda, která bere v potaz, že lidský mozek je schopen vnímat jednotlivé chutě zpětně. Hodnotitelé jsou schopni označit konkrétní vlastnost svými termíny a úkolem leadera je nasměrovat hodnotitele k diskusi a závěru dle stanovených pravidel. Tato metoda vznikala až po texture profile metodě, jelikož v předešlé metodě bylo nalezeno spousta nedostatků. Cílem této metody bylo odstranění zmíněných nedostatků, možností lepšího statistického vyhodnocení dat (Stone & Sidel 2008).

3.4.4.4 Spectrum Descriptive Analysis

Jako u metody Flavoured a Texture profile metody probíhá výběr hodnotitelů stejným způsobem. Hodnotitelé procházejí různými testy a musí dokázat svoji schopnost a zájem o to,

stát se součástí panelu. Tato metoda je oproti předchozím metodám náročnější a to z toho důvodu, že tréninková aktivita je zaměřena na schopnost hodnocení různých intenzit. Tento proces probíhá každý týden 3 – 4 hodiny po dobu 14 dnů (Stone et al. 2004).

3.4.4.5 Free-Choice Profiling

Tato metoda je velice odlišná od předešlých zmiňovaných metod. Pro Free-Choice Profiling metodu se využívá panel nezaškolených hodnotitelů. Tato metoda se zatím samostatně nevyužívá, i přesto, že mnozí autoři tuto metodu využívají jako jednu z tréninkových metod (Williams et al. 1984)

3.5 Předporážkové faktory působící na kvalitu masa jatečných zvířat

3.5.1 Plemeno zvířete

Při posuzování preferencí hovězího masa během zrání by se mělo brát v potaz plemeno zvířete (Monsón et al. 2005). Maso přežvýkavců má více nasycených mastných kyselin v porovnání s monogastrickými zvířaty. Hladina tuku ovlivňuje složení mastných kyselin v mase. Následkem zvýšení nasycených mastných kyselin a mononenasycených mastných kyselin je snížení relativního podílu PUFA (omega-3) a poměru polynenasycených : nasycených mastných kyselin (Gondret et al. 1998). Campo et al. (1999) uvedli, že věk zvířete ovlivňuje křehkost a vývoj zrání masa, vždy ale závisí na typu plemene daného zvířete.

Bureš et al. (2012) porovnávali čtyři plemena mladých býků skotu aberdeen angus (AA), gasconne (GS), holštýn (H) a české strakaté (C). Z Výsledků, které jsou uvedené v tabulce 3 je patrné, že značné rozdíly v chemickém složení masa u těchto plemen jsou především v obsahu tuku a sušiny. U plemene AA byl zjištěn největší rozdíl v obsahu tuku a sušiny oproti ostatním plemenům. Zřejmě z toho důvodu, že pro plemeno aberdeen angus je charakteristické vyšší ukládání tuku.

Tabulka 3: Chemické složení a fyzikální vlastnosti roštěnce dle plemene

	Aberdeen angus (AA)	Gasconne (GS)	Holštýn (H)	České strakaté (C)
Sušina (g/kg)	271,5	255,1	266,3	254,6
Bílkoviny (g/kg)	214,1	221,2	218,7	220,5
Tuk (g/kg)	36,2	15,0	27,7	16,9
Kolagen celkem (g/kg)	4,56	4,30	4,59	4,53
Rozpustný kolagen (% z celkového kolagenu)	24,9	22,2	22,3	26,7
Síla stříhu WB (N)	36,0	46,8	58,5	49,8

(Bureš et al. 2012)

3.5.2 Věk zvířete

Klíčové změny ve složení svalové tkáně jsou způsobeny stárnutím zvířete, díky kterému dochází ke zvýšení obsahu intramuskulárního tuku (IMF). Změny obsahu IMF ve svalové tkáni související s věkem vedou k rozdílům v profilech mastných kyselin ovlivňujících chuť masa. Chuť masa obecně roste s věkem zvířete. Rozdíly v chuti masa lze připsat změnám v prekurzorech masové chuti, které obecně souvisejí s věkem (Neethling et al. 2016). Svaly mladších zvířat často obsahují vyšší koncentraci PUFA, zatímco maso ze starších zvířat zpravidla obsahuje vyšší procento IMF (Rule & McCormick 1998; Daszkiewicz et al. 2012).

Koutsidis et al. (2008) uvedli, že čím je zvíře starší, tím má vyšší podíl sušiny, hrubších vláken a větší množství extraktivních látek, které mají vliv především na chuť a vůni masa. Ze studie, kterou provedli Neethling et al. (2015) vyplývá, že se zvyšujícím se věkem zvířat klesá voda ve svalech, naopak se zvyšuje množství kolagenu a příčných vazeb mezi molekulami a kolagenovými vlákny. Bureš et al. (2012) prováděli experiment na maso z poražených jalovic a býků ve věku 14 a 18 měsíců. Podle jejich studie bylo prokázáno, že starší zvířata mají v mase více tuku, kolagenu a sušiny. To v praxi tedy znamená, že zvířata s vyšším věkem mají vyšší podíl nerozpustného kolagenu a nižší podíl cenných masných partií. Bylo také zjištěno, že maso starších zvířat je lépe hodnoceno jak z hlediska celkové přijatelnosti, tak i křehkosti, šťavnatosti a intenzity hovězí chuti. S vyšším věkem zvířete se postupně snižuje konverze krmiva. U jalovic s vyšším věkem stoupá celková přijatelnost, kdežto u býku je tomu opačně, s vyšším porážkovým věkem se snižuje celková přijatelnost. Podle studie mají býci s vyšším věkem světlejší maso než býci mladší, u jalovic je tomu naopak (Bureš et al. 2012).

3.5.3 Pohlaví zvířete

Pohlaví zvířete má zjevný dopad na změny chuti v mase (Khan et al. 2015). Gorraiz et al. (2006) studovali variace těkavých látek, zápachu chutí u býků a jalovic během stárnutí. Po uvaření hovězího masa bylo pozorováno u býků krvavé aroma, které se pojí s vyšším obsahem 2-propanonu a silnější vůní, zatímco maso z jalovic má silnější charakteristickou chuť. Maso samic obvykle obsahuje výrazně vyšší množství IMF ve srovnání se samci a v důsledku toho také obsahuje vyšší podíly SFA, zatímco samci mají často vyšší procento PUFA. Přípouštěcí sezóna ovlivňuje stav samců a obvykle v tomto období dochází u samců k úbytku váhy (Neethling et al. 2016). To má za následek významné snížení IMF a obsah samčích kosterních svalů (Renecker et al. 2005).

Březost a laktace u samic může ovlivnit chemické složení v mase. Dále různé obsahy IMF mezi pohlavím mohou ovlivňovat aroma a chuť masa (Sampels et al. 2005). Bureš et al. (2012) uvedli, že jatečná zvířata pocházející z kontinentálních plemen, je možné vykrmovat do vyšších porážkových hmotností, pravděpodobně díky nižšímu ukládání tuků. Pro tyto jedince je charakteristická vyšší jatečná výtěžnost, vyšší podíl cenných partií i vyšší podíl masa. Naopak u plemen britských, jako je aberdeen angus a hereford, dochází k poražení jatečných zvířat při nižších hmotnostech a jejich maso obsahuje více intramuskulárního tuku.

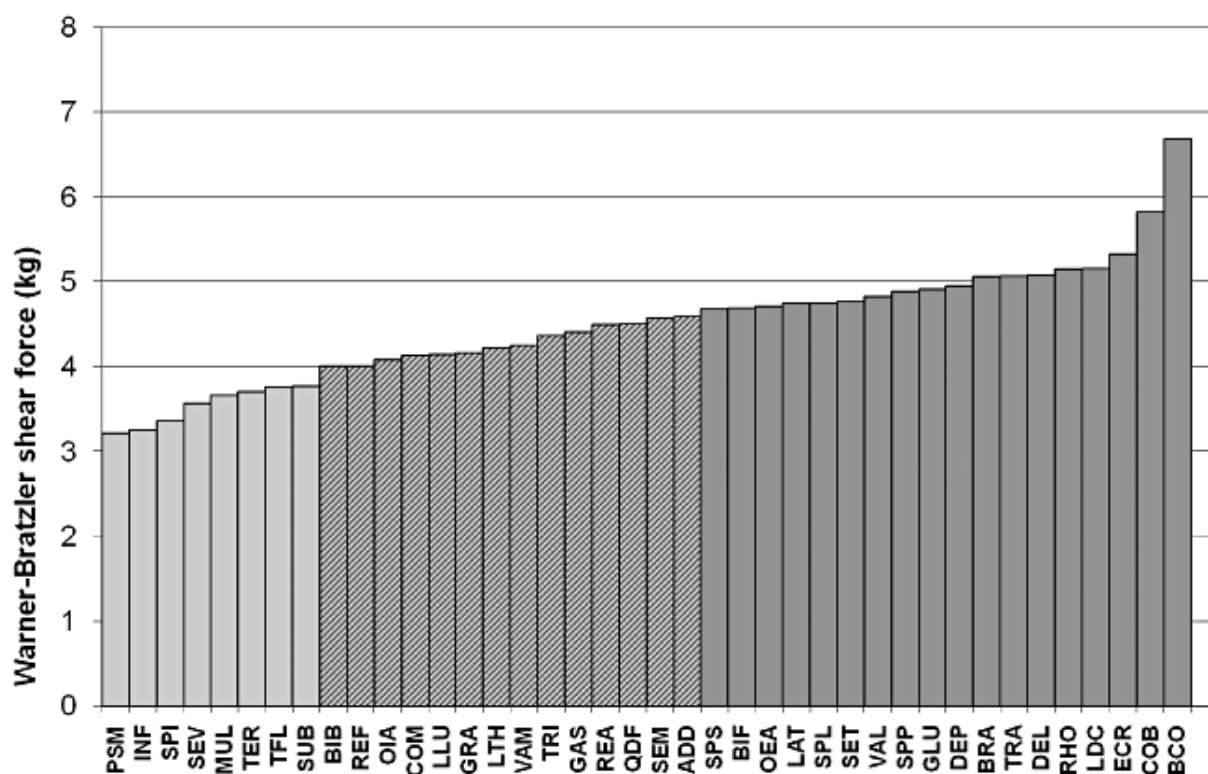
Bartoň et al. (2011) prováděli studii, která byla zaměřena na složení mastných kyselin a obsah stearyl-CoA destrukce v tukové a svalové tkáni u poražených zvířat dle pohlaví. Experimentu se zúčastnilo 24 býků a jalovic. Jednalo se o zvířata, která byla křížena s plemenem

charolais a simental a byla poražena ve věku 14 – 18 měsíců. Celkové množství nasycených mastných kyselin ve svalech se prokázalo u starších zvířat, zatímco u jalovic byl obsah monoenových mastných kyselin vyšší než u býků. Dále u býků byl prokázán vyšší obsah nasycených mastných kyselin, polynenasycených mastných kyselin, také byl zaznamenán vyšší podíl kyseliny palmitové, linolové a linolenové. U jalovic stoupá poměr monoenových mastných kyselin a nasycených mastných kyselin s věkem, přičemž byl v jejich případě zjištěn vyšší obsah kyseliny palmitové, myristolejové, palmitolejové, olejové a konjugované kyseliny linolové.

3.5.4 Anatomické umístění svalů

Fyziologické funkce kosterních svalů jsou jedinečné, každý sval má zřetelné anatomické umístění a funkci. V důsledku toho se fyzikálně-chemické složení svalů liší, což ovlivňuje kvalitu masa (Daszkiewicz et al. 2012; Ba et al. 2014). Složení typu svalových vláken se může lišit vlivem systému produkce *antemortem* (intenzivní vs. extenzivní) nebo úrovně fyzické aktivity. Je velice důležité kvantifikovat rozdíly ve složení a chuti masných výrobků získaných z různých anatomických míst nebo svalů (Vestergaard et al. 2000).

Carmack et al. (1995) identifikovali rozdíly v intenzitě chuti hovězího masa, které získali z 12 různých anatomických míst zvířete. Kromě toho byly také zjištěny značné rozdíly v citlivosti různých hovězích svalů. Legako et al. (2015) prokázali rozdíly v množství těkavých aromatických látek, které byly produkovány ve čtyřech svalech v hovězím mase (*longissimus lumborum*, *psaos major*, *gluteus medius* a *semimembranosus*). Dále bylo zjištěno, že obsah pěti sloučenin (2,3-butandion, heptan, 3-hydroxy-2-butanon, oktán a methyl-pyrazin) se významně liší ve svalech, bez ohledu na jejich stupeň jakosti. Bylo prokázáno, že sval *longissimus lumborum* je hlavní součástí nízkého roštěnce. U jatečných zvířat tento sval hraje důležitou roli z hlediska pohybu páteře a je také považován za jeden z největších a nejdůležitějších svalů. Tento sval se často využívá při hodnocení kvality masa a je pro něj charakteristická homogenní struktura (Bureš et al. 2018). Sval *triceps brachii* se nachází v další cenné partii (plec). Tento sval má na starost pohyb zvířete. Sval *rectus abdominis* se nachází v partii, která se nazývá bok (bez kosti), též se může označovat jako „pupek“. *Rectus abdominis* se kulinárně označuje jako flank steak (Kameník et al. 2014). Oury et al. (2010) uvedli, že tento sval se dá snadno vyjmout z jatečného těla zvířat, aniž by došlo k znehodnocení a rozřezání těla. Z toho vyplývá, že tento sval je vhodnou alternativou ke svalu *longissimus lumborum*, protože parametry kvality jednoduše svalu nejsou relevantním ukazatelem kvality jatečného těla zvířat. Sval *semitendinosus*, má podlouhlý oválný tvar. Tzv. hovězí váleček je jemně prorostlý tukovými žilkami a na povrchu může mít tenkou tukovou vrstvu. Struktura SEM je pevná, hrubě vláknitá a hodí se k pozvolnému pečení nebo dušení vcelku (Hocquette et al. 2014). Sullivan et al. (2011) zkoumali ve své práci 40 různých svalů z různých anatomických míst zvířete. Svaly seřazovali podle jejich křehkosti a zjistili, že mezi nejkřehčí svaly patří *psaos major*, *infraspinatus*, *serratus ventralis*, *spinalis dorsi*, mezi méně křehké patří *longissimus lumborum* a *longissimus thoracis*, *biceps brachii*, a mezi tuhé se zařazují svaly *semitendinosus*, *gluteus medius*, *supraspinatus* (graf 2).



Graf 2: Seřazení svalů podle jejich křehkosti (Sullivan et al. 2011)

3.5.5 Výživa

Jedním z hlavních nákladů v živočišné výrobě jsou krmiva pro zvířata. Krmivo ovlivňuje fyzikálně-chemické a organoleptické parametry, složení mastných kyselin, jakost, křehkost a barvu masa. Složení jatečně upraveného těla a stupeň výkrmu jsou ovlivňovány systémem krmení zvířat. Přijatelnost spotřebitelů se zvyšuje u zvířat, která jsou krmená především na pastvině, protože vykazují nižší hladinu tuku, než zvířata krmená koncentrátem, jelikož mají žlutší tuk. Rozdíly ve stravě proto vedou ke změnám ve složení masa a mastných kyselin, což následně ovlivňuje stabilitu lipidů během skladování a konečnou senzoryckou kvalitu (Khan et al. 2015).

Zahrádková et al. (2009) uvedli že skot je vykrmován ve stájích konzervovanými krmivy, která jsou doplněna jadrnou směsí ale také na pastvinách. Kvalitativní vlastnosti masa můžeme ovlivnit speciální výživou. Z hlediska výživy je vitamin E spojován s barvou masa. Pokud je vitamin E přidáván do krmné dávky, zvyšuje se jeho koncentrace ve svazech a zpomaluje se přeměna deoxymyoglobinu na světle červený oxymyoglobin a hnědý metmyoglobin (Hunt et al. 1999).

Wood et al. (2003) uvedli, že vitamin E je antioxidant, který je schopen udržet nižší hladinu polynenasycených mastných kyselin v mase, a tím dochází k zabránění zhoršující se kvality masa. Zvířata, která jsou chována v extenzivním chovu přijímají vyšší obsah antioxidantů a polynenasycených mastných kyselin, obzvláště tedy kyseliny linolenové. Podáváním obilnin a lněných semen můžeme ovlivnit obsah polynenasycených mastných kyselin. Výživa hospodářských zvířat ovlivňuje také texturní vlastnosti masa. Bílá vlákna typu II a větší průměr svalových vláken snižují křehkost masa.

Byl proveden experiment na sledování vlivů různé intenzity výkrmu. Na experiment bylo použito 53 jalovic z plemena hereford a sledovali se faktory jako je zastoupení svalových vláken a průměry u svalu *longissimus lumborum*. Jalovice byly rozděleny do tří skupin, kdy dvě skupiny jalovic byly dávkovaně dokrmovány adlibitně po dobu 2/4 měsíců a jedna skupina byla krmena adlibitně. Bylo také zjištěno, že krmení, které probíhalo dva měsíce nemělo žádný vliv na poměr svalových vláken svalu *longissimus lumborum*, ale bylo prokázáno, že svalová vlákna měla menší průměr (Yambayamba & Price 1991).

Bureš et al. (2006) se zabývali studií, která se zaměřovala na senzorycké, fyzikální a chemické vlastnosti u svalu *musculus longissimus thoracis*, který získali ze 46 býků plemene charolais a simmental. Tato plemena dostávala různé krmné dávky. Býci měli v krmné dávce kukuřičnou siláž, vojtěškové seno, slámu a koncentrát, který byl doplňován slunečnicovými semeny, především kvůli tukům nebo krmivo Megalac, pro které je charakteristické vyšší obsah mastných kyselin, palmový olej, vápník a minerální látky. Pro racionální výživu zvířat je krmivo Megalac velice vhodné, jelikož se v něm nachází vysoký obsah vápníku, který chrání tuk před jeho rozkladem v bachoru. Býci, kteří jsou přikrmováni slunečnicí, mají nevýraznou vůni a šťavnatost masa, což nejspíše souvisí s oxidačními reakcemi nenasycených mastných kyselin, které jsou obsaženy ve slunečnicových semenech. Bylo zaznamenáno, že maso přikrmovaných býků krmivem Megalac bylo lépe hodnoceno z 43,6 % případů a býci, kteří byli přikrmováni slunečnicovými semeny, byli hodnoceni lépe o 33,8 % případů. Žádné nebo minimální rozdíly byly zaznamenány u 22,6 % případů.

3.5.6 Zdravotní stav zvířete

Zdravotní stav zvířat ovlivňuje hmotnost jatečných zvířat, jakost masa i výkrm, a to i během příhonu na jatka. U nemocných zvířat se snižují cenné látky, urychluje se jejich metabolismus a dochází k rapidnímu zhoršení organoleptických vlastností masa. Pokud jsou zvířata nemocná, dochází k tomu, že je jejich maso zdravotně závadné, tudíž pro člověka nepoživatelné, což je zapříčiněno průnikem mikroflory trávicího traktu do svaloviny. Nemocná zvířata se při porážce daleko hůře vykrvují a jejich cévy mají vyšší lomivost, čímž dochází ke krevním výronům do svaloviny (Pipek 1995).

3.5.7 Předporážková manipulace se zvířaty

Během svého života jsou zvířata vystavena různým stresovým situacím. Způsob, jakým reagují, závisí do velké míry na druhu, plemeni, pohlaví a věku zvířete. Karabasil et al. (2019) uvedli, že přežvýkavci jsou odolnější vůči stresu než drůbež a prasata. Ssamice i mláďata jsou více citlivá na stres než samci a starší zvířata. Po dosažení věku jsou zvířata posílána na jatka, kde jsou následně usmrcena. Doprava může mít negativní dopady na zdraví zvířat a s tím může souviset i kvalita jatečně upravených těl a masa. Stresové situace způsobují zranění, úmrtí a nemoci u jatečných zvířat, a to v důsledku nedostatečného množství potravin a vody během přepravního období. Vystavení hluku, vibracím, toxinům a různým klimatickým podmínkám, špatná manipulace a smíchání zvířat s neznámými skupinami má negativní dopad na jakost masa (Liana et al. 2010). Účinky stresu na zvíře se mohou lišit v závislosti na různých faktorech,

jako může být například kvalita postupu, vykládaní a nakládání zvířat, zkušenosti řidičů, kvalita manipulačního zařízení a zdravotní podmínky zvířat. Skot je nejvíce vystaven stresu při manipulaci během nakládky a vykládky (Cussen et al. 2008). González et al. (2012.) pak uvedli, že zkušenosti řidičů hrají také důležitou roli, přičemž bylo prokázáno, že úbytek tělesné hmotnosti zvířat při vykládce je nižší u skotu přepravovaného řidiči, kteří mají 6 a více let zkušeností než u těch, kteří mají zkušenost 5 a méně let. Na jatkách odpočívají zvířata před porážkou ve stáji, aby se ustálila zásoba glykogenu, která byla během přepravy snížena. Ustájení zvířat před porážkou má největší vliv na kvalitu masa. Zvířata mohou získat během ustájení modřiny a zranění v důsledku bojů mezi sebou a tím může dojít i k vadám masa. Nedostatečná čistota ve stájích může vést ke vzniku mikroorganismů, čímž se zvyšuje riziko kontaminace jatečně upravených těl (Karabasil et al. 2019). Je proto důležité dávat pozor na etické hledisko, protože situace, kdy jsou zvířata, vystavena zcela novým situacím, na které nejsou zvyklá, lze svým způsobem posuzovat jako týrání zvířat. Zvířata, která jsou určena k porážení, by měla být ve velmi dobrém psychickém i fyzickém stavu, měla by být správně krmena, mít čerstvý vzduch, dostatek vody a přiměřenou teplotu ve stájích (Steinhauser et al. 2000).

3.5.8 Vady masa

Předporážková manipulace má zásadní vliv na kvalitu masa. Jak bylo již zmíněno, před porážkou dochází ke stresujícím operacím, které vedou k vývoji vad jatečně upravených těl a masa. Po usmrcení zvířete se glykogen, který je zdrojem energie, přemění na kyselinu mléčnou. To tedy znamená, že zvíře, které před porážkou trpí stresem, má menší množství glykogenových rezerv, menší množství kyseliny mléčné a vyšší hodnoty pH. Mezi známé vady masa, kterým obecně čelí masný průmysl, lze zařadit situace, kdy je maso tmavé, pevné, suché (DFD) či bledé, ale také měkké a exsudativní maso (PSE) (Karabasil et al. 2019). Tyto odchylky se mohou vyskytnout u všech zvířat v závislosti na tom, jak se s nimi zachází před porážkou. Poškození jatečně upravených těl, například modřiny, hemoragie, kožní vady či krevní podlitiny, jsou jasnými známkami nesprávného zacházení se zvířaty. Všechna tato poškození způsobují extravaskulární akumulaci krve, a proto mohou sloužit jako potenciální médium pro mikrobiální růst, což umožňuje zrychlené kažení masa (Warriss 2000). Odchylky neboli vady jsou tedy pro spotřebitele nežádoucí kvůli špatné kvalitě masa a špatné kvalitě dalších zpracovaných produktů (Viljoen et al. 2002).

3.5.8.1 Vada PSE

Zkratka PSE je odvozena od pale – soft – exudative, tedy bledé – měkké – vodnaté maso. Tato odchylka se projevuje nejvíce u vepřového masa, ale může se ojediněle vyskytnout i u hovězího masa. PSE je způsobena akutním stresem, těsně před začátkem porážky vlivem škodlivé činnosti jako je mlácení zvířat s používáním elektrických pohaněčů. Tato jakostní odchylka, ale nesouvisí s onemocněním zvířat, ale s odchýlením v průběhu zrání. Po zrychleném stupni *post mortem* glykolýzy následuje rychlý pokles pH, zatímco teplota masa je stále vysoká. Maso s pH nižším než 6,0 45 minut po porážce nebo s konečným pH < 5,3,

je označeno jako PSE (Karabasil et al. 2019). Kadlec et al. (2009) uvedli, že tato jakostní odchylka nejvíce zasahuje kýtu a pečení. Dále Lesiow (2003) uvedl, že prasata s touto jakostní odchylkou mají o 10 % tlustší svalová vlákna, než jaká jsou svalová vlákna u zdravých prasat. PSE maso má nízkou vaznost, je vodnaté a při kulinární úpravě uvolňuje velké množství masové šťávy. I proto není vhodné ke zpracování a kulinární úpravě (Steinhauser et al. 1995).

3.5.8.2 Vada DFD

Zkratka DFD neboli dark – firm – dry v překladu tmavé – tuhé – suché maso, je jakostní odchylka, která je spojována především s hovězím masem (Ingr 2003). Tato jakostní odchylka je vyvolána chronickými stresovými stavy především příliš dlouhým transportem, hladověním a vysokou hustotou při ustájení (Warriss 2000). Altera & Alterová (2007) uvedli, že pokud je zvíře po delší dobu před porážkou z nějakého důvodu stresově vyčerpané, dochází k tomu, že maso zvířat s touto odchylkou obsahuje málo glykogenu a kyselina mléčná se odčerpává ze svalů pomocí krve. V důsledku tohoto jevu dochází ke ztmavnutí barvy masa, které se stává suchým, tuhým a tmavým, přičemž je schopné dobře vázat vodu. Vzhledem k malému množství postmortálního glykogenu je normální proces okyselení zpomalen, což udržuje pH masa vysoké. Maso s konečným pH > 6,0 lze považovat za maso s DFD odchylkou. Při nedostatečném okyselení vzniká velice vhodné prostředí pro rozvoj mikroorganismů a maso se tak rychleji kazí (Karabasil et al. 2019).

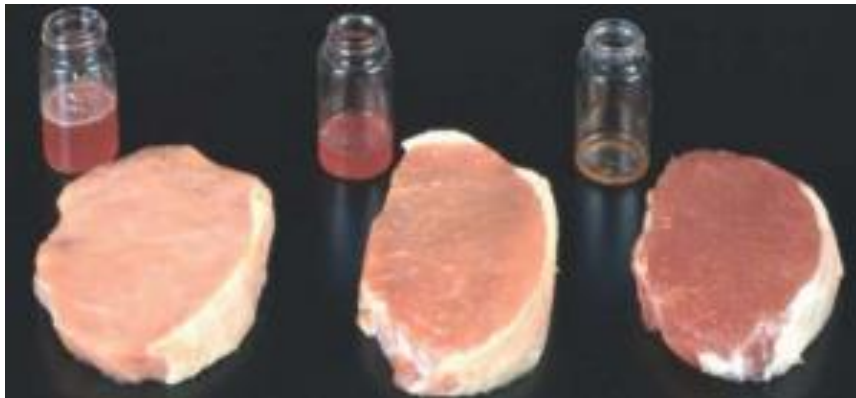
Warriss (2000) uvedl, že prevence DFD vady v mase závisí hlavně na opatřeních, která zabrání stresu u zvířat před porážkou. K těmto stresům patří nakládání a vykládání na vozidla, nedostatek krmiva a vody během přepravy, držení v neznámém prostředí, míchání s jinými zvířaty, zápach, vysoká teplota a hluk, který je způsobený pohybujícím se vozidlem.

Bartos et al. (1993) uvedli, že výskyt DFD odchylky nepochybně souvisí s určitými genotypy, které jsou citlivé více na stres (Halothane pozitivní) a mají libové maso. Steinhauser et al. (1995) uvedli, že k hromadnějšímu a častějšímu výskytu odchylky DFD dochází při vyšších koncentracích skotu ve výkrmu, také při průmyslovém jatečném opracování a především při předporážkové manipulaci. Největší výskyt u této odchylky se zjišťuje u poražených býků, kteří bývají vykrmováni ve vazném ustájení. Pokud jsou individuálně ustájená zvířata volně přepravována a předporážkově ustájována společně s dalšími zvířaty, dochází mezi nimi k soubojům o pozice ve skupině, a to vede k jejich nadměrnému fyzickému vyčerpání.

Muchenje et al. (2009) zjistili, že býci Bonsmary trpí ve srovnání s plemeny Angus a Nguni nejvíce před porážkou na stres, a to i přesto, že všechna plemena byla vystavena stejnému stavu manipulace před zabitím. Naopak O'Neill et al. (2003) zjistili, že plemeno Bonsmara má nejnižší hladinu stresových hormonů a ve své studii srovnává několik plemen Bos Taurus a Bos Indicu. Reakce zvířat na stres se řídí složitou interakcí genetických faktorů a předchozích zkušeností (Mormède et al. 2002). Bylo prokázáno, že zejména tropická plemena jsou odolná vůči stresu, ale hůře a pomaleji se jim tvoří svaly, zatímco mírná plemena jsou náchylnější ke stresu, ale naopak mají dobrou tvorbu růstu svalů. Kombinace těchto genotypů z mírných i tropických oblastí, by mohla být užitečná při snižování výskytu masa DFD.

Warriss (2000) uvádí, že býci jsou agresivnější než volkové a krávy, a toto chování u býků způsobuje vysokou úroveň nepřátelských konfrontací a vzájemných bojů. Býci vykazují

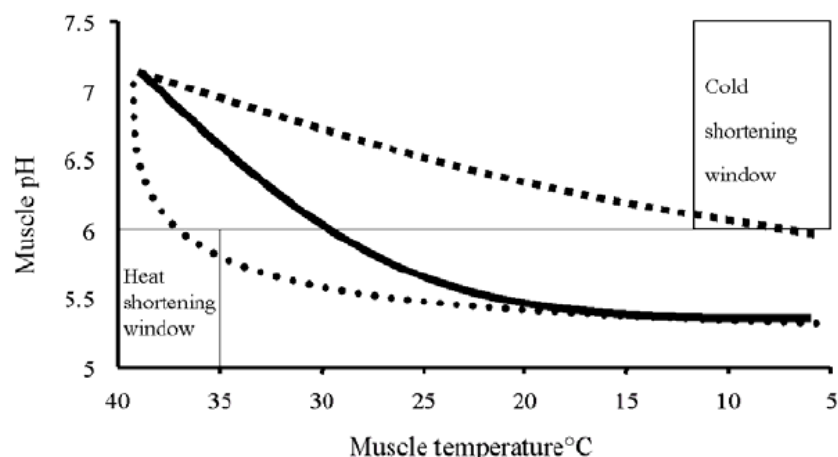
rychlejší rekuperaci ze stresu v důsledku agresivnějšího sexuálního chování, díky čemuž jsou více zvyklí na chronický stres. To pravděpodobně naznačuje to, že pokud se s býky zachází dobře před porážkou, vyprodukují méně masa s odchylkou DFD. Aby došlo ke snížení výskytu DFD, je nutné znát technologii výkrmu skotu. To v praxi znamená, že vazně vykrmované býky je dobré porazit co nejdříve po transportu, popřípadě je individuálně ustájit. Býky ze stabilizované skupiny z volného výkrmu je nutné udržovat spolu až do jejich porážky (Ingr 1996). DFD odchylka se posuzuje smyslově – maso na řezu je velmi lepivé a suché, na řezu nevyvstává masná šťáva, což je zapříčiněno nadprůměrnou vazností masa DFD, barva masa je velmi tmavá. DFD hovězí maso je velice nevhodné pro výsekový prodej a pro balení do porcí k prodeji v samoobslužných obchodech. Maso s touto odchylkou je vhodné použít co nejrychleji do tepelně opracovaných masných výrobků (Steinhauser et al. 2000).



Obrázek 2: Srovnání normálního masa s masem PSE a DFD (Ellis 2011)

3.5.8.3 Vada cold shortening

Při jakostní odchylce cold shortening, dochází ke zkrácení svalových vláken, kdy se uplatňují šokové a velmi rychlé zchlazení jatečně zpracovaných zvířat. Postižený sval se může při této odchylce zkrátit až o 80 %. Tímto zkrácením dochází ke špatnému kulinárnímu zpracování a pokud je pH vyšší než 6,0, teplota klesne pod 10 °C a ATP je stále dostupné v postiženém svalu. Cílem je zlepšení hygienického chladírenského skladování a snížení hmotnostních ztrát. Tato jakostní odchylka se projevuje především u menších a málo tučných zvířat, přičemž příkladem je tele, jehně a mladý skot. Červená svalová vlákna jsou při této odchylce více postižena než svaly, které mají převahu bílých vláken. Také dochází k problémům, které se pojí se zvýšením aktivity enzymu ATPázy a v této souvislosti dochází k uvolňování velkého množství vápníkových iontů. Tento děj je zapříčiněn stimulací sarkoplazmatického retikula a tubulárního systému. Právě díky poklesům teploty pod 10 °C se neuplatňují mechanismy, které se podílí na zpětné reabsorpci vápníkových iontů do sarkoplazmatického retikula. Prevence u cold shortening vady je elektrostimulace nebo regulace rychlosti chlazení masa (Steinhauser 2000).



Obrázek 3: Vada cold shortening (Thompson 2002)

3.6 Poporážkové faktory působící na kvalitu masa jatečných zvířat

Podkožní tuk, který obklopuje svaly společně s IMF mění pevnost masa. Pevnost masa, je především ovlivněna pevností IMF, který se ukládá mezi jednotlivé svalové svazky a tímto je ovlivněna teplota a složení mastných kyselin (Joo et al. 2013). Křehkost a šťavnatost je ovlivněna obsahem IMF (Webb & O'Neill 2008).

3.6.1 Zrání

Zrání přispívá ke strukturálním změnám a vývoji chuti masa. Významné změny byly pozorovány v obsahu různých chemických složek jako jsou sacharidy, organické kyseliny, peptidy, volné aminokyseliny a nukleotidové metabolity během zrání masa (Koochmaraie & Geesink 2006). Campo et al. (1999) uvedli, že celková intenzita a chuť masa se během procesu zvyšuje. Tvorba peptidů během posmrtného zrání vede ke vzniku aromatických prekurzorů a vývoji různých chutí. Vzájemné reakce aromatických prekurzorů s jinými sloučeninami, vedou ke tvorbě nových aromatických sloučenin. Bylo zjištěno, že měkkost v mase se zvyšuje s nárůstem přítomnosti volných aminokyselin a dalších prekurzorů, které vznikají v důsledku vysokého stupně proteolýzy, která je spojena s delším zráním (Koutsidis et al. 2008). Množství těkavých látek odvozených od degradace mastných kyselin prokazuje zvýšení produktů vyrobených z důvodu lipolytické aktivity enzymu. Zrání masa má vliv na barevné složení hovězího masa, protože zralé hovězí maso má jasnější a mírně červenou barvu díky enzymatickým změnám, které jsou důsledkem rozkladu některých proteinů (Gašperlin et al. 2001; Jayasooriya et al. 2007).

Bylo prokázáno, že červená barva masa koreluje s jeho čerstvostí, a proto je nanejvýš důležitá, jelikož všechny změny ve svalech se odrážejí v jeho barvě. Obsah myoglobinu ve svalech je měřítkem barvy masa a závisí na několika technologických a biochemických faktorech. Barva masných výrobků, které jsou vystaveny stejným vnitřním teplotám, se značně liší, což pro masný průmysl představuje potíže při plnění očekávání spotřebitelů. Faktory

zodpovědné za změnu barvy masa mohou zahrnovat obsah masného pigmentu, pH, denaturaci bílkovin a teplotu vaření (Muhammad et al. 2015).

Zrání vede k hydrolyze proteinů, která produkuje různé aminokyseliny, což může vést ke zvýšení pH (Gašperlin et al. 2001; Jayasooriya et al. 2007). Navíc doba stárnutí ovlivňuje instrumentální barevné parametry ve svalech *longissimus dorsi* (Boakye & Mittal 1996).

3.6.2 Tepelná úprava masa

Lorenzen et al. (2005) analyzovali způsoby zpracování masa při různých teplotách. Při této reakci vzniká větší množství různých látek, které ovlivňují zpracování masa. Dále Lorenzen et al. (2005) uvedli rozdíly u látek 2,4-dimethyl-3-oxazolinu, 2,4,5-trimethyl-3-oxazolinu, 2,4-dimethyl-5-ethyl-3-oxazolinu, 2,5-dimethyl-4-ethyl-3-oxazolinu, 2,4-dimethyl-3-thiazolinu a 2,4,5-trimethyl-3-thiazolinu v souvislosti s danými podmínky na přípravu masa. V koncentraci volných aminokyselin, hexanolu, pyrazinu i inosinomonofosfátu byly registrovány značné rozdíly, které měly dopad na zvýšení intenzity vůně úměrně s teplotou. Z lipidových matric se přirozeně uvolňuje více těkavých látek vlivem vyššího stupně ohřevu, a tím pádem se zvýší i koncentrace benzenových, heterocyklických sloučenin, polysulfidů a alifatických aldehydů (Pegga & Shahidiho 2004). Calkins & Hodgen (2007) zaznamenali, že syrové maso je nevýrazné, ale najdou se v něm tuky rozpustné ve vodě a velké množství rozpustných sloučenin, které mají molekulovou hmotnost o něco nižší než 200 Da a které se účastní tepelné úpravy a tímto se podílejí i na aromatu masa. Významné jsou především prekurzory aromatických látek, které jsou katalyzovány tepelným záhřevem a tímto vznikají meziprodukty. Tyto meziprodukty dále reagují s jinými produkty tepelného záhřevu masa a vznikají komplexní směsi těkavých látek, které jsou zodpovědné za aroma masa. Podle Koutsidis et al. (2008) se mezi známé prekurzory řadí glykogen, glykoprotein, thiamin, volné cukry, nukleotidy a nukleosidy, aminy a mnoho dalších. Mezi velice známé reakce prekurzorů lze zařadit degradaci lipidů, Maillardovu reakci a Streckerovu syntézu aminokyselin z aldehydů. Maillardova reakce probíhá při vyšších teplotách, zatímco u degradačních produktů lipidů stačí teplota o něco nižší. Všechny vyjmenované reakce probíhají v mase jakéhokoliv zvířete. Aroma masa a těkavé produkty jsou ukazatele, které jsou u každého masa zcela odlišné (Resconi et al. 2013).

3.6.3 Maillardova reakce

Maillardova reakce je řada komplexních reakcí neenzymatických zhnědnutí mezi volnými aminokyselinami, peptidy a redukujícími cukry v mase. Tyto reakce nevyžadují vysoké teploty vaření což z Maillardovy reakce činí jednu z nejdůležitějších cest k tvorbě těkavých aromatických látek v mase (Delwiche 2004). Maillardova reakce se vyskytuje nejčastěji na bázi nízké hladiny vlhkosti. Produkty Maillardovy reakce zahrnují vysokomolekulární hnědě zbarvené sloučeniny (melanoidiny) a těkavé aromatické sloučeniny. Počáteční krok v Maillardově reakci zahrnuje vytvoření N-substituovaného glykosylaminu kondenzací karbonylové skupiny redukujícího cukru s primární aminoskupinou aminokyseliny, peptidu nebo proteinu. N-glykosylamin mění uspořádání na Amadoriho přesmyku, který může

být dále degradován za vzniku sloučenin, jako jsou furanony, furfuraly, dikarbonyly a hydroxyketony (Mottram 1998). Tyto sloučeniny mohou přímo ovlivňovat chuť masa a jsou důležité jako substráty pro vytváření dalších těkavých aromatických sloučenin (Neethling et al. 2016). Tyto substráty mohou interagovat s reaktivními sloučeninami (např. aminy, aminokyseliny, amoniak, sirovodík, thioly, acetaldehyd a další aldehydy) za vzniku mnoha důležitých tříd těkavých aromatických sloučenin v mase (např. thiofeny, thiazoly, pyraziny, oxazoly a další heterocyklické sloučeniny). Jsou to převážně sloučeniny obsahující síru odvozené od ribózy a aminokyseliny cysteinu. Maillardova reakce je především zodpovědná za velké množství heterocyklických sloučenin, které se nacházejí v profilu těkavých aromatických sloučenin vařeného masa, což přispívá k pečenému, vařenému a pikantnímu aromatu (Mottram 1998). Je proto velice důležité kontrolovat průběh reakcí, aby nevznikaly nežádoucí látky. Faktory ovlivňující průběh Maillardovy reakce jsou hydratace, pH a teplota (Adrian 1974).

3.6.4 Degradace lipidů

Více než polovina těkavých aromatických sloučenin vzniká tepelnou degradací lipidů. Kromě toho mohou být tyto sloučeniny odvozené od lipidů, které jsou produkovány dvěma reakcemi, a to tepelnou oxidací a žluknutím. Tepelně indukovaná oxidace acylových řetězců (mastných kyselin) lipidů je jednou z primárních reakcí odpovědných za tvorbu těkavých aromatických sloučenin během vaření masa, zatímco autooxidace řetězců nenasycených mastných kyselin je odpovědná za produkci nežádoucích příchutí spojených se žluknutím, který se obvykle vyvíjí během skladování potravin. Tyto reakce jsou si velice podobné, avšak malé změny v jejich mechanismech vedou k různým profilům těkavých aromatických sloučenin (Mottram 1998). Mottram & Edwards (1983) prokázali význam strukturálních fosfolipidů ve vývoji masového aroma. Ve své studii mělo odstranění triglyceridů za následek mírné změny aroma vařeného masa a vývoj alifatických aldehydů a alkoholů. Odstranění triglyceridů a strukturálních fosfolipidů však mělo za následek výrazné rozdíly v aromatu vařeného masa, protože aroma masa bylo následně nahrazeno aromatem „opečeného“ či „praženého“. Kromě toho bylo významně sníženo množství alifatických aldehydů a alkoholů, zatímco se zvýšilo množství benzaldehydu a pyrazinů (Neethling et al. 2016).

Strukturální fosfolipidy mají vysoké podíly PUFA, které se primárně skládají z mastných kyselin se třemi nebo více dvojnými vazbami, jako je například arachidonová kyselina (Fisher et al. 2000). Tyto vysoce nenasycené mastné kyseliny se pravděpodobně během tepelného zpracování rozloží a mohou reagovat s Maillardovými reakčními produkty (Mottram 1998). Oxidace nenasycených mastných kyselin produkuje významné množství karbonylových sloučenin, jako jsou ketony a aldehyd. Kromě toho lipidy také působí jako rozpouštědla pro sloučeniny rozpustné v tucích, které se stanou těkavými při tepelném zpracování. Vařené, mírně grilované nebo pečené maso, vykazuje známky primární degradace lipidů, z nichž některé mají relativně vysoké pachové prahové hodnoty zápachu, což vede k minimálním příspěvkům k celkově vařenému masovému aromatu (Piqueras-Fiszman & Spence 2015). Aldehydy, nenasycené alkoholy, ketony a laktony, mají

nízké pachové prahové hodnoty, což jim umožňuje přímo přispívat k masové vůni (Mottram 1998).

3.7 Postmortální faktory působící na kvalitu masa jatečných zvířat

Po porážce jatečných zvířat dochází k přerušení krevního oběhu a tímto dějem se přeruší i zásobení svalů kyslíkem. Za aerobních podmínek s dostatečným množstvím kyslíku, by byl konečný produkt pyruvát, který by byl oxidovaný v Krebsově cyklu (Longo et al. 2015). Dále probíhá v maso za anaerobních podmínek mnoho biochemických a fyziologických procesů, které zahrnují glykolýzu, tvorbu laktátu, pokles pH. Díky těmto dějům se sval poraženého zvířete transformuje na maso (Simeonova et al. 2003). Longo et al. (2015) uvedli rozdělení postmortálních změn ve 4 fázích, a to *prae-rigor* fáze, *rigor mortis* fáze, fáze zrání, fáze hluboké autolýzy.

3.7.1 *Prae-rigor mortis*

Prae-rigor mortis je období, které probíhá v časovém intervalu mezi porážkou zvířete a fází *rigor mortis*. V této fázi je aktin a myosin v disociované formě díky velkému množství adenosintrifosfátu (ATP). *Prae-rigor* trvá přibližně 1 – 8 hodin s ohledem na druh zvířete a další faktory (Kameník et al. 2012). Po usmrcení zvířete dochází k mnoha reakcím ve svalových vláknech, klesá aktivita enzymů a hromadí se metabolické produkty. Dále dochází k poklesu přísunu kyslíku ve svalech a obsah glykogenu není doplňován resyntézou v játrech kvůli chybějícímu krevnímu oběhu (Ingr 2003). Vyčerpaný kyslík, který je uložen především ve svalech, způsobuje přeměnu aerobního dýchání na anaerobní glykolýzu. Tímto dochází k poklesu pH z 7 – 7,5 na 5 – 5,5. Tato reakce je způsobená především zvýšeným množstvím kyseliny mléčné ve svalech, která vzniká při glykolýze (Braden 2013). Maso se označuje v tomto období jako „teplé“, má příliš vysokou vaznost a nevolňuje vodu, proto je vhodné maso zpracovávat na mělněné masné výrobky (Pipek & Pour 1998).

3.7.2 *Rigor mortis*

Je-li zvíře podrobena činností zpracovatelského závodu, jeho tělo z počátku reaguje na úrovni neporušeného organismu. V momentě, kdy nastává smrt zvířete, dochází k reakcím, kdy jednotlivé tkáně a buňky působí společně. Když dochází k odumírání tkáně a buňky ztrácí svoji schopnost, sacharidy tvoří relativně malé procento svalové tkáně (0,5 – 1,5 % celkové svalové hmotnosti) a hrají hlavní roli v procesu přeměny svalu na maso (Pösö & Puolanne 2005).

Sval je považován za agregát jednotlivých svalových buněk, přičemž každá z těchto buněk podléhá své vlastní reakci. V důsledku ztráty krve a výsledné anoxie při usmrcení zvířete svalové buňky nadále dýchají, produkují a konzumují ATP. Jakmile se buněčný kyslík vyčerpá, závisí buňka výhradně na anaerobním metabolismu pro výrobu potřebného ATP. Konečný produkt anaerobního metabolismu se hromadí kvůli nedostatečnému množství průtoku krve

a dochází k jeho odstranění. Sarkoplazmatické pH klesá a dochází k inhibici další glykolýzy a produkce ATP přestává. Glukóza a glykogen jsou výhodnými molekulami používanými při metabolismu svalů a mohou být použity v aerobním (oxidační fosforylaci) nebo v anaerobním (anaerobní glykolýze) prostředí (Álvarez et al. 2019).

Z daleka nejdůležitějším z těchto dvou zdrojů energie je glykogen, jelikož jeho předběžná koncentrace (500 mmol.kg^{-1} suchého svalu) souvisí s poklesem pH během anaerobního metabolismu (kvůli hromadění kyseliny mléčné během transformace glykogenu na ATP) (Immonen et al. 2000). Spotřeba ATP však pokračuje, zejména v roli ATP jako změkčovadla k disociaci aktinu a myosinu, při zachování roztažitelnosti svalů. Když koncentrace ATP klesne na kritickou úroveň 1 mM.g^{-1} není dostatek ATP k disociaci veškerého aktinu a myosinu (Sams 1998). Z těchto proteinů se stává komplex tzv. aktomyosin a začíná fáze nástupu *rigor mortis*. Tyto komplexy se dále hromadí, dokud koncentrace ATP nedosáhne přibližně $0,1 \text{ mM.g}^{-1}$, kdy se vytváří rigortace. Dochází k tomu, že sval není roztažitelný (nemůže se „uvolnit“) a ztuhne (Lawrie 1991).

Tuhost svalu v *rigor mortis* je funkcí rozsahu myofibrilárního překrývání tlustých a tenkých vláken, která je určena k pevnosti protilehlých svalových skupin přítomností kosterních vazeb (Walker et al. 1995). Pokud dojde ke snížení hodnot pH, sníží se vaznost masa a nastává prodloužení údržnosti masa. V některých případech dochází k neobvyklému průběhu s čímž jsou úzce spojovány vady v mase, který se označují jako DFD a PSE. Maso ve fázi *rigor mortis* má velice špatné sensorické vlastnosti a je nevhodné pro jakoukoliv tepelnou úpravu a masnou výrobu, jelikož je velice tuhé a není schopné vázat dostatečné množství vody a tímto dojde k hmotnostním ztrátám (Pipek 1995).

Při tepelné úpravě dochází k uvolnění důležitých nutričních látek v podobě masné šťávy. U hovězího masa nastává fáze *rigor mortis* po 20 hodinách a trvá přibližně 24 až 48 hodin (Hrabě 2006).

3.7.3 Zrání masa

Stárnutí masa, také známé jako „zrání“, je přirozený proces, který dodává masu lepší organoleptické vlastnosti. Muhammad et al. (2016) uvedli, že zrání se obvykle provádí tak, že se maso skladuje za kontrolovaných chlazených podmínek, díky kterým dochází ke zlepšení několika znaků v mase a tento proces následně ovlivní spokojenost spotřebitelů. Faktory, výrazně ovlivňujícími křehkost masa, která se obecně zvyšuje s narůstající dobou zrání, je teplota a čas. (Nishimura et al. 1995). Křehkost masa se liší podle typu svalů a množství přítomné pojivové tkáně. Je tomu tak proto, že různé svaly vyžadují různou dobu zrání tak, aby bylo dosaženo přiměřené křehkosti podle očekávání spotřebitele.

Zrání zlepšuje chuť a šťavnatost hovězího masa (Irurueta et al. 2008). Pro nezralé hovězí maso je typická slaná nebo pražená chuť. Je prokázáno, že porážka má za následek přerušení oběhového systému, což vede ke hromadění metabolických vedlejších produktů ve svalech a následně ke snížení pH, což způsobí příznivé změny v chuti hovězího masa (Yancey et al. 2005). Hladina oxidace lipidů se zvyšuje a se vzrůstající dobou stárnutí, čímž dochází k uvolňování produktů, které reagují s produkty degradace proteinů a dodávají zralému

hovězímu masu chuť. Denaturace proteinů během zrání má za následek světlejší barvu a sníženou aktivitu vody u zralého hovězího masa (Jayasooriya et al. 2007).

Existují dva komerční typy zrání hovězího masa: zrání za sucha a zrání za mokra. Suché zrání se provádí tak, že se maso umístí v chlazené místnosti bez jakéhokoli balení, zatímco mokré zrání je maso, které se vakuově balí a skladuje (Smith et al. 2008). Čas zrání hovězího masa se značně liší v závislosti na teplotách. Je prokázáno, že delší doba zrání zlepšuje texturní a chuťové vlastnosti masa (Leroy et al. 2004). Optimální doba pro suché zrání je 14 – 21 dní, zatímco pro mokré zrání je to 7 – 10 dnů při specifické teplotě 0 – 1 °C. Při suchém zrání má hovězí maso praženou příchuť, která se liší od chuti zrání za mokra, pro kterou je typické krvavá a kovová (Campbell et al. 2001).

Byly provedeny různé studie o chutnosti zralého hovězího masa, z nichž řada prokázala, že zrání způsobuje, že maso křehne (Parrish et al. 1991). V řadě studií však existuje neshoda ohledně aspektu chutnosti. Campbell et al. (2001) dospěli k závěru, že suché zrání po dobu minimálně 14 dnů zlepšuje chutnost masa ve srovnání se zráním ve vakuu a vývoj těchto atributů v maso je dostatečně vyrovnaný. Suché masné výrobky mají charakteristickou chuť ve srovnání s mokřými nebo nezralými produkty. Nebyl však pozorován žádný rozdíl ani poklesy atributů chuti, kromě křehkosti (Stenström et al. 2014).

3.7.4 Hluboká autolýza

Poslední změnou u poraženého zvířete je hluboká autolýza. Čtvrtá fáze u zrání masa patří mezi nežádoucí, protože dochází k ovlivnění chutí a vůní. Bílkoviny a jejich produkty se v této fázi odbourávají na aminokyseliny a nižší peptidy až na amoniak, aminy sirovodík a tyto rozkladné produkty vedou především k nežádoucím vlastnostem masa. V této fázi se rozkládají i tuky a dojde k jejich hydrolytickému oxidačnímu žluknutí (Steinhauser et al. 1995). Z nutričního, technologického i kulinárního hlediska je hluboká autolýza nežádoucí, žádoucí je pouze v prvotních počátcích, a to při kulinárním zpracování zvěřiny. Maso je v této fázi nepoživatelné a je doplňováno mikrobiální proteolýzou (Steinhauser 2000).

3.7.5 Fyzikálně-chemické změny během *post mortem*

Lipolýza, proteolýza a oxidace jsou některé z biochemických reakcí, které se vyskytují během *post mortem*. Proteolýza zahrnuje rozklad myofibrilárních proteinů uvolňujících peptidy a aminokyseliny, které fungují jako aromatické prekurzory rozpustné ve vodě (Spanier et al. 1990). Tyto produkty reagují s redukcujícími cukry a přispívají k chuti masa. Volné mastné kyseliny uvolňované v důsledku degradace lipidů dále vedou k produkci peroxidů, které reagují s peptidy za vzniku aromatických sloučenin (Zhou & Zhao 2007).

Porážka zvířat má za následek přerušení buněčných kontrolních systémů, kdy dochází k produkci enzymů, které začínají regovat na různé buněčné molekuly bez rozdílu a dojde k přeměně velké molekuly bez chuti na menší flavorsomové fragmenty. Proteiny se rozkládají na aminokyseliny, tuky a aromatické mastné kyseliny, které přispívají k charakteristické ořechové a masové chuti. Kromě toho tyto produkty rozkladu reagují s jinými přísadami během vaření a obohacují aroma masa vytvářením nových aromatických molekul. Přerušení

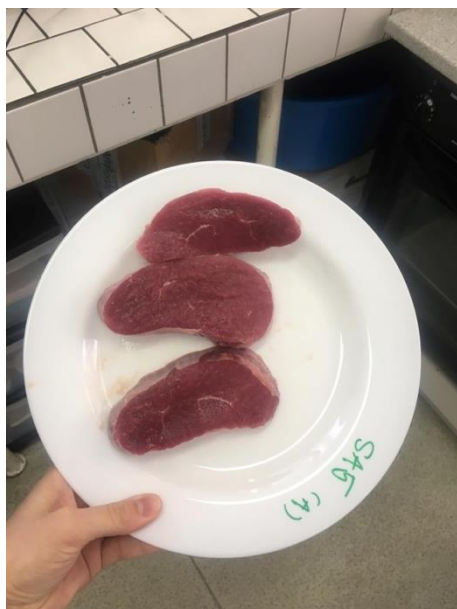
cirkulačního systému po porážce má za následek akumulaci kyseliny mléčné a pokles pH, což usnadňuje tyto změny v chuti. Přítomnost nižšího pH (5,4) aktivuje endogenní enzymy, jako jsou katepsiny B a L a thiolové proteinázy (hydrolyzují více peptidových vazeb ve srovnání s jinými proteázami), které se během stárnutí redistribuují intracelulárně (Bruce et al. 2006). Tyto enzymové aktivity jsou nezávislé na změnách teploty a katepsiny B a L si zachovávají svoji vysokou aktivitu i při teplotách vaření (70 °C).

Produkce aromatických látek v masě je ovlivněna redistribucí enzymů a jejich aktivitou díky kombinovaným účinkům *post mortem* stárnutí a vaření (70 °C). Mili a mikrokaspainy jsou zodpovědné za změny *post mortem* exturní změny zvyšují žluklou, kyselou a slanou chuť masa produkováním určitých peptidů. Muhamma et al. (2015) ve své studii uvedli, že během 7 dnů zrání byl obsah kyseliny glutamové více než zdvojnásoben (9 mg / 100 g čtvrtý den a 21 mg/100 g v den sedmý). Mikrobiální rozklad proteinů přispívá k produkci kyseliny glutamové. Produkce karbonylů vznikajících oxidací lipidů byla během zrání zvýšena a mohla přispět k vývoji výrazně nežádoucích chutí. Kromě toho hraje mikrobiální degradace lipidů také významnou úlohu při zvyšování koncentrace prekurzorů příchutí během procesu zrání. Vůně „zralého hovězího masa“ je připisována přítomnosti derivátů 2-methyl-3-furanthiolu. Suché zrání vede k intenzivnější chuti hovězího masa ve srovnání se zráním v naplněném prostředí vakuem nebo oxidem uhličitým (Jeremiah & Gibson 2003). Bylo zjištěno, že koncentrace inosinu-5'-monofosfátu (IMF) se během zrání snižuje a současně se zvyšuje koncentrace inosinu a hypoxanthinu. Dále bylo zjištěno, že vyšší koncentrace IMF a jeho degradačních produktů jsou přítomny přibližně v 72 hodinách *post mortem* zrání, což naznačuje, že metabolismus *post mortem* odchází asi druhý den po porážce. Proteolytické enzymy jsou zodpovědné za rozklad svalových proteinů na menší fragmenty, což vede k mortalitě během procesu přeměny svalů na maso (Miller et al. 1997).

4 Metodika

4.1 Odběr vzorků

Ve společnosti Aspius s.r.o. byly při bourání zadních čtvrtí odebrány vzorky svalů *lonigissimus lumborum* (MLL, partie nízký roštěnec) a *semitendinosus* (SET, partie kýta – váleček) v období 72 hodin po porážce. Tyto svaly byly zvoleny díky své odlišné metabolické aktivitě, rozdílům v textuře i různému kulinárnímu využití. Vzorky každého svalu byly náhodně rozděleny na čtyři části o hmotnosti v rozmezí 500 – 1 000 gramů. Byla zjištěna přesná hmotnost každého vzorku, který byl následně vakuově zabalen na zařízení, kterým disponuje společnost Aspius. Vzorky byly označeny číslem zvířete a písmenem A, B, C a D, které symbolizovaly dobu zrání 72 hod, respektive 30, 60 a 90 dnů. Vzorky s označením B – D byly po požadovanou dobu skladovány při teplotě 0 – 1 °C.

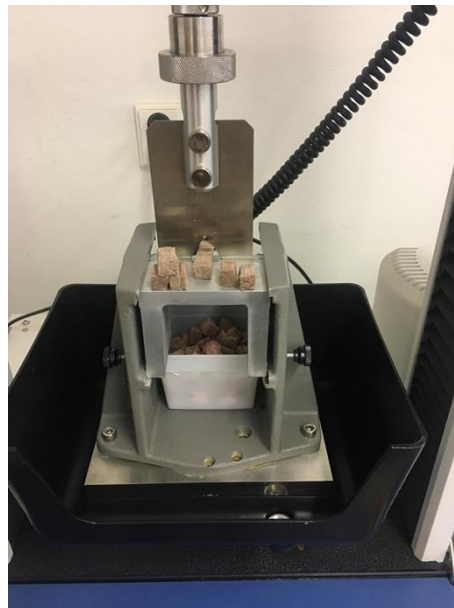


Obrázek 4: Nakrájený sval před grilováním

4.2 Měření fyzikálních vlastností masa

Vzorky s nejkratší dobou zrání byly převezeny do laboratoře masa VÚŽV, kde bylo provedeno měření pH (přístroj InoLab 730, WTW, Weilhem, Německo, vybavený sondou SenTix sp) masa. Barva byla měřena přenosným spektrofotometrem CM700d, Konika Minolta, Osaka, Japonsko) U každého vzorku bylo provedeno měření třikrát náhodně na řezu svalu po expozici na řezu 30 minut. Následně byla zjištěna hmotnost plátku masa o síle 20 mm, který byl vložen do polyetylenového sáčku a vložen do vodní lázně temperované na 80 °C. Vzorky byly z lázně vyjmuty, když vnitřní teplota plátku masa dovršila 75 °C (měřeno vpichovým digitálním teploměrem AD14TH, Ama-Digit, Kreuzwertheim, Německo). Následně byly vzorky masa zchlazeny a opět zváženy. Rozdíly v hmotnosti před a po tepelné úpravě sloužily k stanovení ztrát vařením. Zchlazené vzorky byly následně nakrájeny na hranoly o rozměrech

20 x 10 x 10 mm, které sloužily ke stanovení instrumentální tuhosti masa. Ta byla měřena na přístroji Instron Universal Texture Analyzer 3365 (Instron, Canton, MA, USA) vybaveného Warner-Bratzlerovým nožem, který byl nastaven na stříhání vzorků při rychlosti 100 mm/min. Stříh vzorků byl orientován napříč svalovými vlákny a hodnoty síly byly získány jako průměr na základě stříhu šesti hranolů u každého vzorku. Způsoby stanovení ztrát vařením a měřením instrumentální tuhosti masa byly provedeny dle metodiky doporučené pro hodnocení fyzikálních vlastností masa (Honikel, 1998). Vzorky skupin B, C a D byly měřeny stejným způsobem vždy po dosažení stanoveného intervalu zrání a doručení do laboratoře.



Obrázek 5: Hodnocení křehkosti masa na přístroji Instron

4.3 Senzorická analýza

Při doručení vzorků do laboratoře masa VÚŽV bylo maso vyjmutu z plastového obalu a část byla využita pro měření fyzikálních vlastností. Zbývající část byla zvážena, vložena do plastového obalu, vakuována a zmrazena při teplotě $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$. V této podobě byly vzorky skladovány do doby samotné sensorické analýzy. Velmi nízká teplota byla zvolena s cílem minimalizace působení rozdílné doby skladování vzorků na kvalitu masa. Jeden den před sensorickým posuzováním masa byly vzorky vyjmuty z mrazicího boxu a při pokojové teplotě jim bylo umožněno rozmrznutí uvnitř plastového obalu. Tepelná úprava vzorků spočívala v grilování 20 mm silných plátků masa na kontaktním sklokeramickém grilu (VCR 61 TL, Faimma, Aveiro, Portugalsko) temperovaném na teplotu $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Steaky byly z grilu vyjmuty při dosažení konečné vnitřní teploty $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ měřené vpichovým teploměrem (AD14TH, Ama-Digit, Kreuzwertheim, Německo). Následně byly nakrájeny na kostky o hraně 20 mm a vloženy do skleniček označených třímístným kódem a skladovány do doby samotného hodnocení přibližně jednu hodinu při teplotě $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při krájení plátků nebyly pro hodnocení využity okrajové části plátků, nebo ty, které obsahovaly zjevně viditelné vazivové části. Posuzování vzorků probíhalo prostřednictvím deskriptivní sensorické analýzy. Během čtyř dnů bylo

posouzeno celkem 48 vzorků ve 12 setech. Odděleně byly posuzovány oba svaly, v jeden den sensorické analýzy bylo posuzováno maso ve třech samostatných setech maso tří jedinců, které se lišilo v délce zrání masa. Hodnocení probíhalo v standardizované sensorické laboratoři (ISO 8589, 2007) při použití červeného osvětlení v boxech, které znemožňovalo posuzování vzorků podle barvy. Devět trénovaných hodnotitelů posuzovalo celkem čtrnáct deskriptorů, jejichž charakteristika je uvedena v tabulce 4. Hodnocení bylo zaznamenáváno do protokolu, který využíval nestrukturovanou 100 mm dlouhou stupnici. Ta byla pro účely statistického vyhodnocení převedena na číselné hodnoty 0 – 100. Hodnotitelům byla předkládána jako neutralizační sousto voda a chléb.



Obrázek 6: Sval grilovaný do vnitřní teploty 70 °C



Obrázek 7: Vzorky v sušárně (Mettmert UML500)

4.4 Měření technologických vlastností

Z rozdílů ve hmotnosti vzorků způsobených zabalením do vakuového obalu a po uplynutí požadované doby zrání, byly stanoveny ztráty související se skladováním, z rozdílů hmotností vzorků před mražením a po rozmražení pak byly vypočteny ztráty mražením, z rozdílů v hmotnosti vzorků před grilováním a po grilování byly následně stanoveny ztráty způsobené grilováním hovězího masa. Hodnoty jsou v tabulkách vyjadřovány v procentech. Část vzorku grilovaného masa pocházející ze středu plátku byla určena pro nakrájení šesti hranolů, o rozměrech 20 x 10 x 10 mm, které byly následně zchlazeny a využity pro měření síly stříhu Warner-Bratzlerovým nožem obdobným způsobem, jak je popsáno výše. Dvojí měření nám umožňuje sledovat změny v texturních charakteristikách masa, pokud jsou měřeny u chlazeného masa tepelně upraveného ve vodní lázni nebo naopak u rozmražených vzorků, tepelně upravených grilováním.



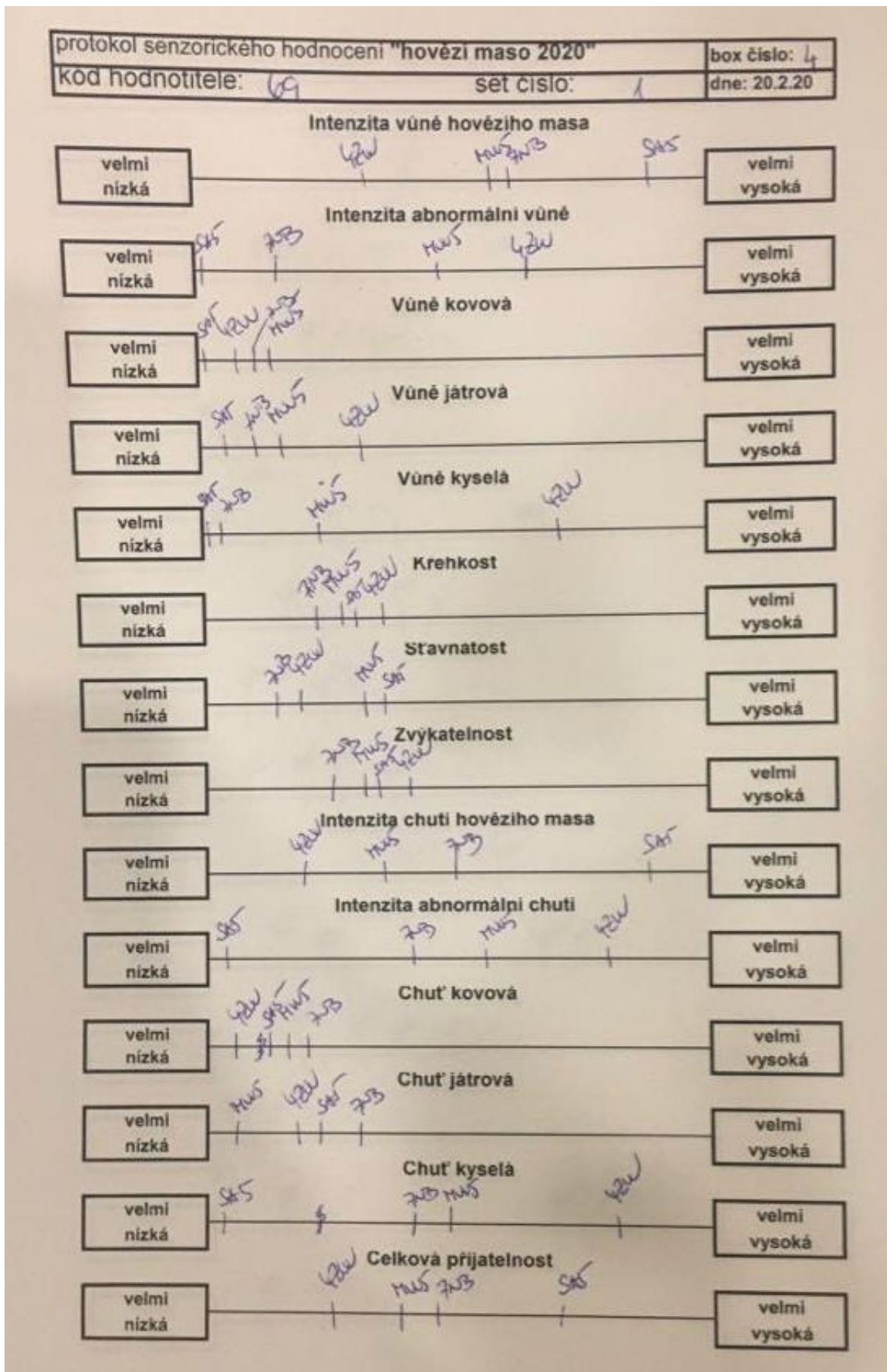
Obrázek 8: Sedorická analýza



Obrázek 9: Hodnotitelský box

4.5 Statistická analýza

Naměřené hodnoty byly analyzovány ve statistickém programu SAS, verze 9.4 (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA). Data byla nejprve testována na ověření normálního rozdělení uplatněním Shapiro-Wilkova testu normality (procedura UNIVARIATE) a následně byl proveden test schody rozptylů (Levene test v proceduře GLM). Pro vyhodnocení rozdílů mezi skupinami byl uplatněn smíšený lineární model (procedura MIXED s použitím metody omezené odhadované maximální věrohodnosti: REML). Do modelové rovnice analyzující fyzikální vlastnosti byl zařazen pevný efekt délky zrání a náhodný efekt jedince. Do rovnice pro vyhodnocení organoleptických vlastností byl zařazen pevný efekt délky zrání, náhodný efekt jedince, dne hodnocení a hodnotitele. Data v tabulkách jsou vyjadřována jako nejmenší čtverce průměru (LSM) s příslušnou standardní chybou (SEM). Statistická významnost rozdílů mezi skupinami byla odhadována Tukey-Kramerovým testem.



Obrázek 10: Charakteristiky posuzovaných senzoričkých vlastností

Tabulka 4: Charakteristika posuzovaných sensorických vlastností a jejich popis

Deskriptor	Popis vlastností	Způsob hodnocení	Škála
Intenzita vůně hovězího masa	Síla a vydatnost vůně typická pro hovězí maso	Před konzumací vzorku	0 = bez intenzity 100 = velmi intenzivní
Intenzita abnormální vůně	Síla či vydatnost nepřirozené vůně	Před konzumací vzorku	0 = bez intenzity 100 = velmi intenzivní
Vůně kovová	Síla či vydatnost vůně související s kovem	Před konzumací vzorku	0 = bez intenzity 100 = velmi intenzivní
Vůně kyselá	Síla či vydatnost vůně kyselé	Před konzumací vzorku	0 = bez intenzity 100 = velmi intenzivní
Křehkost	Síla potřebná ke skousnutí vzorku stoličkami	Po dvou či třech kousnutími stoličkami	0 = velmi tuhé 100 = velmi křehké
Šťavnatost	Množství uvolněné šťávy ze sousta	Po pěti až deseti kousnutích stoličkami	0 = velmi suché 100 = velmi šťavnaté
Žvýkatelnost	Síla potřebná k rozkousání sousta	Po patnácti kousnutích stoličkami	0 = obtížně žvýkatelné 100 = velmi snadno žvýkatelné
Intenzita chuti hovězího masa	Síla chuti asociovaná s hovězím masem	Po pěti až deseti kousnutích stoličkami	0 = bez intenzity 100 = velmi intenzivní
Intenzita abnormální chuti	Síla či vydatnost nepřirozené chuti	Po pěti až deseti kousnutích stoličkami	0 = bez intenzity 100 = velmi intenzivní
Chuť kovová	Síla či vydatnost chuti asociované s kovem	Po pěti až deseti kousnutích stoličkami	0 = bez intenzity 100 = velmi intenzivní
Chuť játrová hovězího masa	Síla či vydatnost chuti typické pro tepelně upravená játra	Po pěti až deseti kousnutích stoličkami	0 = bez intenzity 100 = velmi intenzivní
Chuť kyselá	Síla chuti asociované s kyselou	Po pěti až deseti kousnutích stoličkami	0 = bez intenzity 100 = velmi intenzivní
Celková přijatelnost	Celková preference hodnotitele	Po zkonzumování vzorku	0 = nepřijatelné 100 = velmi přijatelné

5 Výsledky

5.1 Vyhodnocení vlivu délky zrání na fyzikální a technologické vlastnosti masa

V tabulce 5 jsou uvedeny výsledné hodnoty naměřených fyzikálních a technologických vlastností chlazeného masa s různou dobou zrání u svalu *longissimus lumborum*. V tabulce lze vidět, že signifikantní rozdíl nevykazuje světlost a síla stříhu, jelikož p-hodnota byla vyšší než stanovená hladina významnosti ($p < 0,05$). Statisticky významný rozdíl vykazuje pouze červenost, žlutost a pH.

Jak lze vyčíst z tabulky nejvyšší hodnota pH byla zaznamenána v 60 dnech, druhá nejvyšší hodnota byla naměřena ve 30 dnech, v těsné blízkosti o dvě setiny menší bylo pH naměřeno ve 3 dnech. Nejmenší pH bylo vyhodnoceno v 90 dnech. Rozdíl v červenosti masa mezi nejkratší a nejdelší dobou zrání byl statisticky významný ($P > 0,001$), zatímco ve žlutosti masa se signifikantně odlišovaly vzorky s nejkratší dobou zrání od zbývajících skupin ($P > 0,001$). U síly stříhu byla nejvyšší hodnota naměřena ve 3 dnech, ale zjištěné difference nebyly statisticky významné.

Tabulka 5: Fyzikální a technologické vlastnosti chlazeného masa s různou dobou zrání u svalu *longissimus lumborum*

	Délka zrání				SEM	Významnost
	3 dny	30 dnů	60 dnů	90 dnů		
	LSM	LSM	LSM	LSM		
L*	35,1	37,3	38,2	38,7	0,95	0,069
a*	14,8 ^b	16,9 ^{ab}	16,4 ^{ab}	17,6 ^{ab}	0,56	0,015
b*	11,7 ^b	14,2 ^a	13,8 ^a	15,8 ^a	0,56	0,001
pH	5,62 ^a	5,64 ^a	5,69 ^a	5,44 ^b	0,04	0,001
Síla stříhu (N)	62,6	58,7	56,1	57,5	4,97	0,813

*L = světlost, a = červenost, b = žlutost

*a,b,c = Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ($p < 0,05$)

V tabulce 6 jsou zaznamenány výsledné hodnoty změřených fyzikálních a technologických vlastností u rozmrazeného masa s odlišnou dobou zrání u svalu *longissimus lumborum*. Z tabulky je zřejmé, že statisticky významný rozdíl neexistoval pouze u ztrát pomocí chlazení a grilování. Signifikantní rozdíl byl zjištěn u síly stříhu, ztrát vařením a mražením, jelikož výsledná p-hodnota byla nižší než stanovená hladina významnosti. Bylo zaznamenáno, že s rostoucí dobou zrání mají ztráty mražením a vařením vzrůstající charakter a nejvyšších hodnot nabývají u masa, které zrál 90 dnů. Naopak nejmenší hodnoty byly naměřeny u masa v době 3 dny po porážce. Pomocí přístroje Instron byla zjištěna nejvyšší síla stříhu u masa, které zrál pouze 3 dny. Druhá největší hodnota byla zaznamenána ve 30 dnech poté v těsné blízkosti byla naměřena hodnota v 60 dnech a nejmenší hodnota stříhu byla zaznamenána v 90 dnech.

Tabulka 6: Fyzikální a technologické vlastnosti rozmrazeného masa s různou dobou zrání u svalu *longissimus lumborum*

	Délka zrání				SEM	Významnost
	3 dny	30 dnů	60 dnů	90 dnů		
	LSM	LSM	LSM	LSM		
Síla stříhu (N)	72,0 ^a	52,2 ^b	52,0 ^b	51,8 ^b	3,35	0,001
Ztráty varem %	14,3 ^c	31,9 ^{ab}	26,3 ^b	32,2 ^a	1,42	< 0,001
Ztráty chlazením %	-	4,9	7,2	10,6	1,84	0,099
Ztráty mražením %	3,6 ^c	31,6 ^b	34,9 ^b	41,4 ^a	1,49	< 0,001
Ztráty grilováním %	19,6	19,6	19,8	24,4	3,53	0,681

*a,b,c = Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší (p < 0,05)

V tabulce 7 lze pozorovat výsledné hodnoty naměřených fyzikálních a technologických vlastností chlazeného masa s různou dobou zrání u svalu *semitendinosus*. Je očividné, že statisticky významný rozdíl vykazují všechny v tabulce uvedené hodnoty. Co se týká světlosti tak nejvyšší hodnota byla naměřena ve 30 dnech, nejmenší hodnota ve 3 dnech a hodnoty v 60 a 90 dnech byly téměř totožné. Nejvíce červené bylo maso, které zrání 60 dnů, nejnižší červenost byla zjištěna u masa s dobou zrání 90 dnů. U vzorků, které zrály 30 dnů, byla naměřena druhá nejvyšší hodnota červenosti. Nejvíce žluté byly vzorky, které zrály 30 dnů, naopak nejméně tomu bylo u vzorků v době 90 dnů od porážky. Síla potřebná k přestříhnutí svaloviny byla nejvyšší ve 3 dnech a nejmenší v 90 dnech. Rozdíly mezi nejkratší dobou zrání a ostatními byly statisticky významné ($P < 0,001$).

Tabulka 7: Fyzikální a technologické vlastnosti chlazeného masa s různou dobou zrání u svalu *semitendinosus*

	Délka zrání				SEM	Významnost
	3 dny	30 dnů	60 dnů	90 dnů		
	LSM	LSM	LSM	LSM		
L*	37,4 ^b	40,8 ^a	39,7 ^{ab}	39,6 ^{ab}	1,17	0,023
a*	19,5 ^{ab}	19,8 ^{ab}	21,2 ^a	18,4 ^b	0,75	0,005
b*	16,0 ^b	17,7 ^a	17,6 ^a	16,8 ^{ab}	0,52	0,010
pH	5,60 ^a	5,59 ^a	5,59 ^a	5,42 ^b	0,03	0,001
Síla stříhu (N)	107,5 ^a	72,6 ^b	72,5 ^b	71,0 ^b	5,09	0,001

*L = světlost, a = červenost, b = žlutost

*a,b,c = Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší (p < 0,05)

V tabulce 8 jsou znázorněny výsledné hodnoty naměřených fyzikálních a technologických vlastností rozmrazeného masa s různou dobou zrání u svalu *semitendinosus*. U síly stříhu, ztrát varem a mražením, byl zjištěn signifikantní rozdíl, je tedy zřejmé, že výsledná p-hodnota byla nižší než stanovená hladina významnosti. Z tabulky rovněž vyplývá, že statisticky významný rozdíl neexistuje u ztrát grilováním a chlazením. S rostoucí

dobou zrání masa mají ztráty mražením a varem vzrůstající charakter. Největší ztráty byly naměřeny v 90 dnech z čehož je patrné, že se jedná o maso s největšími ztrátami. Nejmenší ztráty byly na zaznamenány ve 3 dnech. U sílu stříhu byla naměřena největší síla stříhu Warner-Bratzlerovým nožem ve třech dnech a s rostoucí dobou zrání mělo přestříhnutí masa klesající charakter. Rozdíly mezi vzorky s nejkratší dobou zrání a ostatními skupinami byly signifikantní ($P < 0,01$)

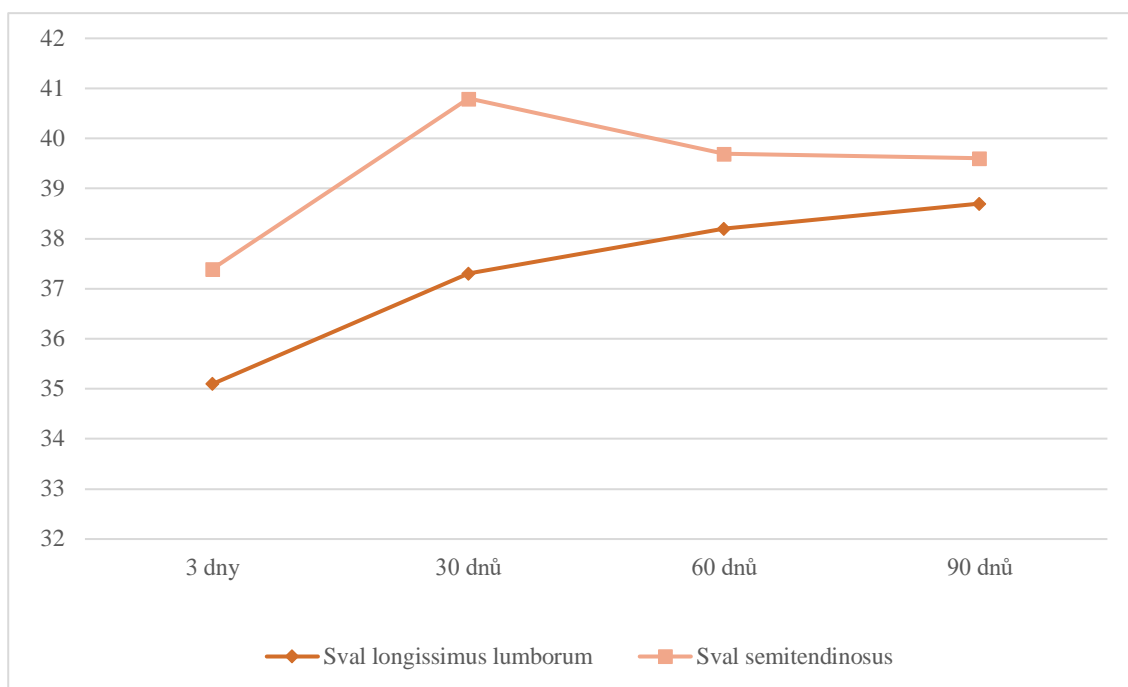
Tabulka 8: Fyzikální a technologické vlastnosti rozmrazeného masa s různou dobou zrání u svalu *semitendinosus*

	Délka zrání				SEM	Významnost
	3 dny	30 dnů	60 dnů	90 dnů		
	LSM	LSM	LSM	LSM		
Síla stříhu (N)	85,2 ^a	61,9 ^b	52,2 ^b	56,6 ^b	5,70	0,001
Ztráty varem %	25,6 ^c	36,4 ^a	31,2 ^b	35,2 ^a	1,50	< 0,001
Ztráty chlazením %		6,3	6,3	7,9	0,67	0,188
Ztráty mražením %	4,2 ^b	29,5 ^a	27,2 ^a	31,0 ^a	1,91	< 0,001
Ztráty grilováním %	25,3	29,2	29,8	30,9	1,97	0,171

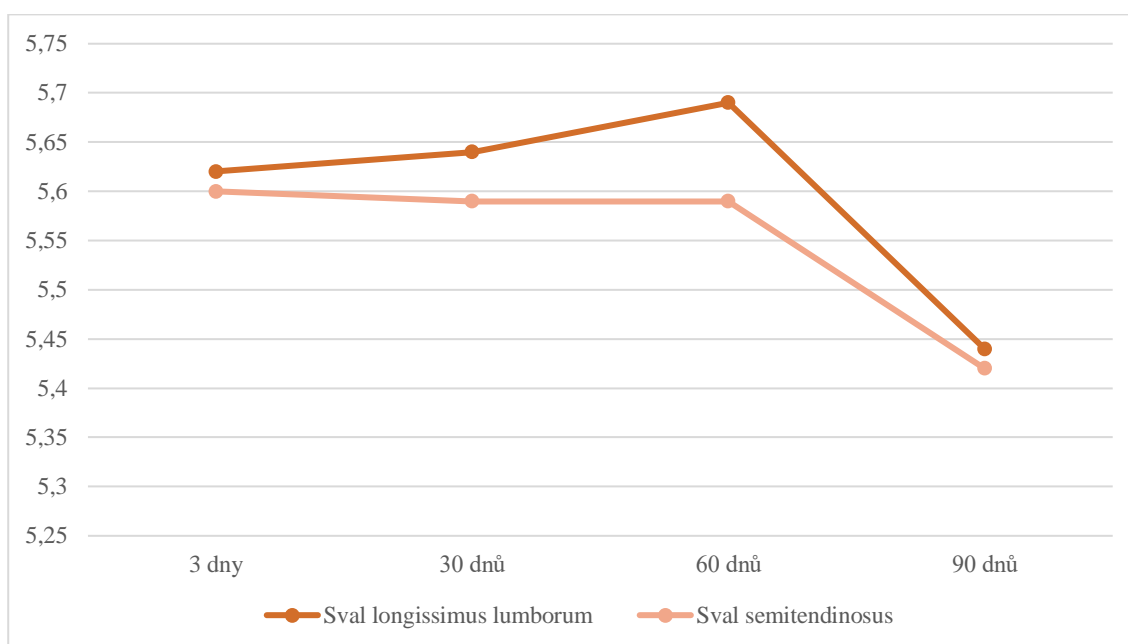
*a,b,c = Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ($p < 0,05$)

Výsledky fyzikálních vlastností u svalu *longissimus lumborum* jsou uvedeny v tabulce 5 a pro sval *semitendinosus* v tabulce 7. V průběhu postmortálních procesů docházelo ke změnám barvy masa. Co se týká světlosti, tak ta se u svalů *longissimus lumborum* postupným zráním zvyšuje. U svalu *semitendinosus* pozorujeme tento trend mezi 3. a 30. dnem (dále již následuje mírný pokles). Nejvyšší světlost byla zaznamenána u svalu *semitendinosus*, který zrál třicet dnů, u svalu *longissimus lumborum* pak po devadesáti dnech zrání. Naopak nejnižší hodnoty byly zaznamenány v počáteční době zrání, a to v obou případech viz (graf 2).

Graf 3 nabízí porovnání naměřených hodnot pH. Z výsledku je zřejmé, že v průběhu prvních třech sledovaných intervalů se hodnoty pH nelišily. K statisticky významnému poklesu docházelo až u vzorků s dobou zrání 90 dnů. U nemraženého masa byly naměřené hodnoty síly stříhu (N) nejvyšší třetí den zrání a následně docházelo k jeho poklesu.



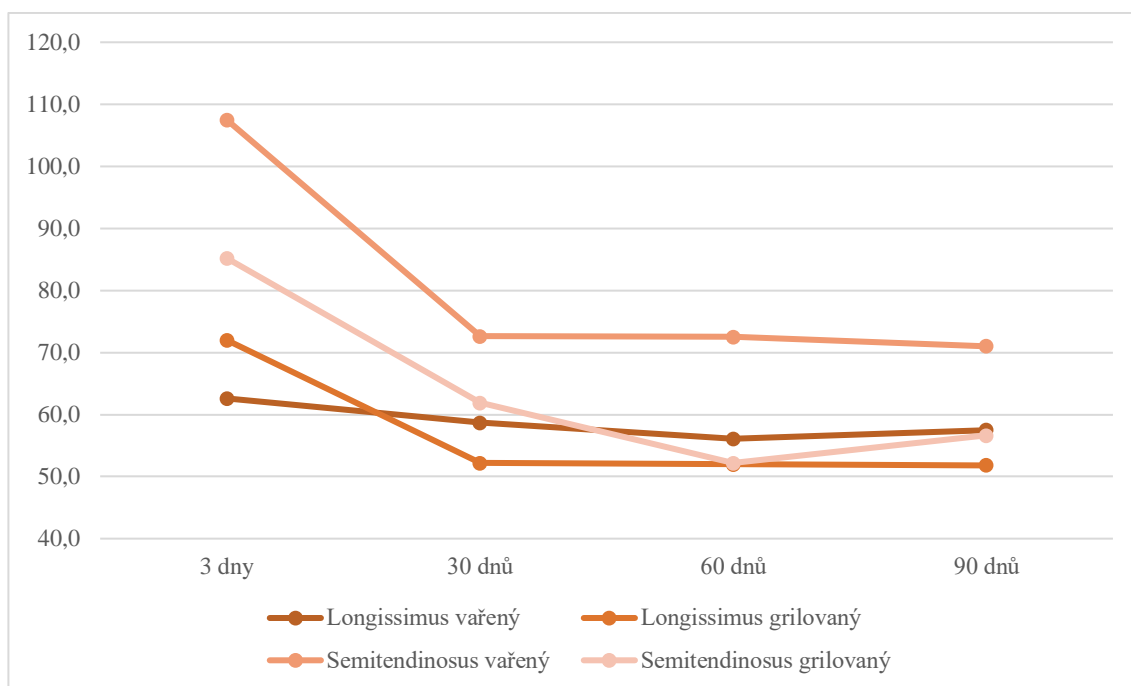
Graf 3: Porovnání světlosti u svalů



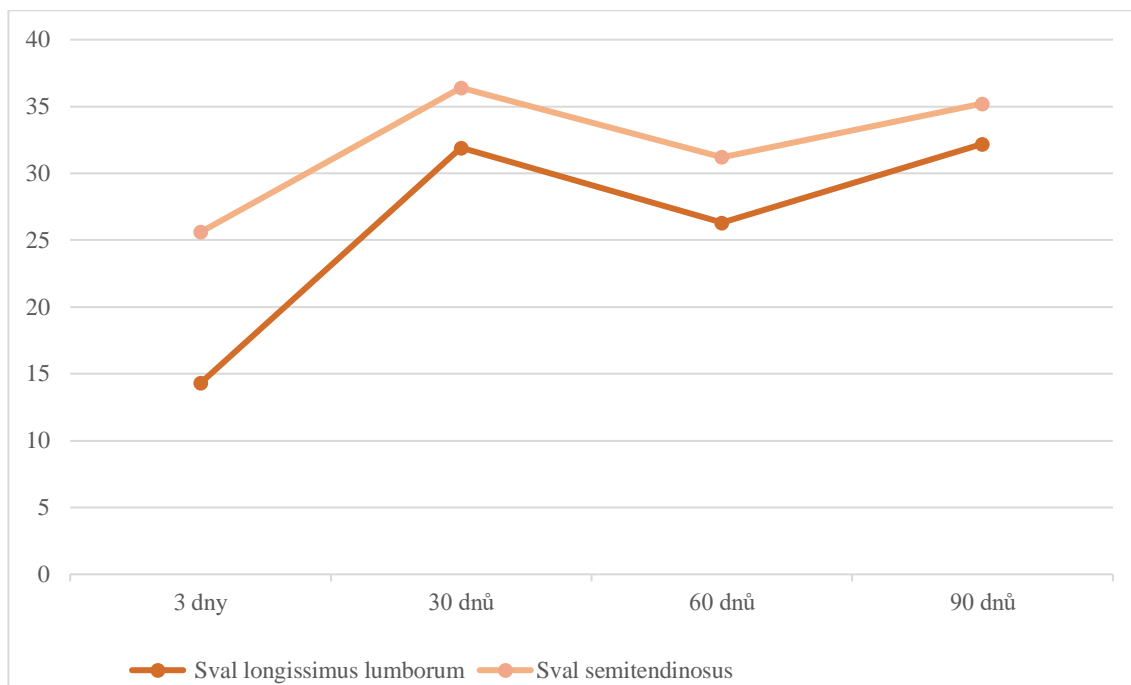
Graf 4: Porovnání pH u svalů

U svalu *longissimus lumborum* byly tyto rozdíly malé a nesignifikantní, naopak u svalu *semitendinosus* docházelo k výraznému poklesu mezi třetím a třicátým dnem zrání. Ve zbývajících sledovaných intervalech ještě hodnoty mírně klesaly, přesto se nejednalo o výrazné změny viz graf 4. Zřetelné výsledky můžeme vidět na grafu 5, kde byly pozorovány rozdíly u hmotnostních ztrát varem. Nejnižší podíl byl zjištěn u obou svalů u nejkratší doby zrání v porovnání s jinými sledovanými skupinami. Zvláště u svalu *longissimus lumborum* byly rozdíly poměrně výrazné a dosahovaly přibližně dvojnásobných hodnot. V tabulkách 6 pro sval *longissimus lumborum* a v tabulce 8 pro sval *semitendinosus* jsou uvedeny ztráty hmotnosti

vzorků, které souvisejí se skladováním, mražením a tepelnou úpravou. Z výsledků je patrné, že výrazný nárůst hmotnostních ztrát souvisí s prodlouženou dobou skladování masa. U ztrát varem, mražením, chlazením i grilováním vidíme zvýšený nárůst v 90 dnech zrání.



Graf 5: Síla stříhu měřená Warner-Bratzlerovým nožem u svalů *longissimus lumborum* a *semitendinosus* v různé době zrání masa a různé tepelné úpravě



Graf 6: Hmotnostní ztráty varem u svalu

5.2 Vyhodnocení vlivu délky zrání na organoleptické vlastnosti masa pomocí senzoričké analýzy

V tabulce 9 je uveden senzoričké profil masa s různou dobou zrání u svalu *longissimus lumborum* a v tabulce 10 pro sval *semitendinosus*. V tabulkách nalezneme výsledky hodnocení organoleptických vlastností masa v závislosti na jeho době zrání. Z výsledků vyplývá, že řada zjištěných diferencí vykazuje velmi podobné schéma u obou svalů. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny v případě masa z nízkého roštěnce u všech sledovaných deskriptorů, v případě masa z válečku u všech vlastností s výjimkou játrové vůně.

Maso, které zrání pouhé tři dny, vykazovalo poměrně nízké hodnoty u intenzity abnormální vůně i chutě a nejvyšší hodnota byla naměřena v 90 dnech u obou svalů. Rozdíly mezi vzorky s nejkratší dobou zrání a ostatními skupinami byly signifikantní ($P < 0,01$). Nízké hodnoty rovněž vykazovala chuť a vůně kovová, játrová či kyselá. U kovové vůně byla naměřena u svalu SET i MLL nejvyšší hodnota v 90 dnech druhou nejvyšší hodnotu vykazovaly svaly v 60 dnech. S rostoucí délkou zrání se u svalu *longissimus lumborum* zvyšovala játrová vůně avšak v 90 dnu zrání klesla hodnota k těsné blízkosti hodnoty ke 30 dnu naopak u svalu *semitendinosus* byla zaznamenána nejvyšší hodnota v 60 dnu což s porovnáním se svalem MLL je o něco nižší. S postupným prodlužováním doby zrání masa je zřejmé, že se zvyšuje kyselá chuť u obou svalů. Největší intenzita byla vnímána u masa, které zrání 90 dní, nejmenší intenzita byla stanovena ve 3 dnech zrání.

Co se týče chuti, tak maso s největší intenzitou kyselé chuti bylo označeno maso z dobou zrání 90 dnů a za nejméně kyselé bylo hodnoceno maso s dobou zrání 3 dnů, což je patrné z grafu 6 a 7 můžeme také říci, že vzorky s nejkratší dobou zrání se u obou svalů signifikantně odlišovaly ($P < 0,01$) od zbývajících skupin. Největší intenzita játrové chuti byla zaznamenána u svalu MLL v 90 dnech naopak u svalu SET byla nejvyšší intenzita naměřena v 60 dnech. Jak u svalu *longissimus lumborum* a *semitendinosus* jsme vyhodnotili nejmenší stejnou hodnotu třetí den zrání a to 24,4. Také u texturních charakteristik bylo zaznamenáno u masa s nejkratší dobou zrání nižší úroveň hodnocení v porovnání s ostatními skupinami. S rostoucí délkou zrání se u masa ze svalu *longissimus lumborum* zvyšovala křehkost, naopak u masa ze svalu *semitendinosus* byla zjištěna největší křehkost v šedesátém dnu zrání. Co se týká šťavnatosti tak bylo zaznamenáno, že nejvíce šťavnaté bylo maso z roštěnce, které zrání třicet dnů a u masa ze svalu *semitendinosus* byla nejvyšší hodnota u tohoto deskriptoru zaznamenána v šedesátém dnu. Naopak jako nejtěžší tedy nejméně šťavnaté maso bylo hodnoceno u svalů MLL, který zrání 3 dny a u svalu SET, který zrání 30 dní

Z grafu 7 lze říci, že v případě senzoričce hodnocených texturních charakteristik byly v případě masa z nejdějšího zádového svalu nalezeny statisticky významné rozdíly mezi vzorky s třídní dobou zrání a zbývajících skupinami, které však navzájem vykazovaly diference minimální. V grafu 8 je vidět, že u žvýkatelnosti bylo nejméně příznivé hodnoceno maso s nejkratší délkou zrání, naopak nejpříznivěji bylo hodnoceno maso, které zrání 60 dnů. Poměrně jednoznačně byla hodnocena abnormální vůně a chuť u obou svalů kde výsledky vyznačovaly relativně stejné hodnoty. Nejnížší hodnota byla pozorována u masa s třídní dobou zrání a velmi těsně následovala třicetidenní doba zrání. Vyšší hodnoty byly zjištěny u masa s šedesátidenní dobou zrání. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány v devadesáti dnech a to u obou svalů a ve všech případech se statisticky významně ($P < 0,001$) odlišovaly od

ostatních skupin. Vysoké hodnoty byly zaznamenány u devadesátidenních vzorků u abnormální chuti i vůně též se tato hodnota projevila u kovové a kyselé vůně i chuti. Poslední sledovaným deskriptorem byla „celková přijatelnost“, která měla vyjádřit preference hodnotitelů na předkládané vzorky. Nejvyšší celková přijatelnost byla zaznamenána u svalů MLL s délkou zrání 30 dnů, naopak u svalu SET byla nejvyšší celková přijatelnost vyhodnocena v 60 dnech. Nejnižší hodnota byla pozorována u obou těchto svalů u skupiny s nejdelší dobou zrání. Vzorky této skupiny se u obou svalů signifikantně odlišovaly ($P < 0,01$) od zbývajících skupin.

Tabulka 9: Senzorický profil masa s různou dobou zrání u svalů *longissimus lumborum*

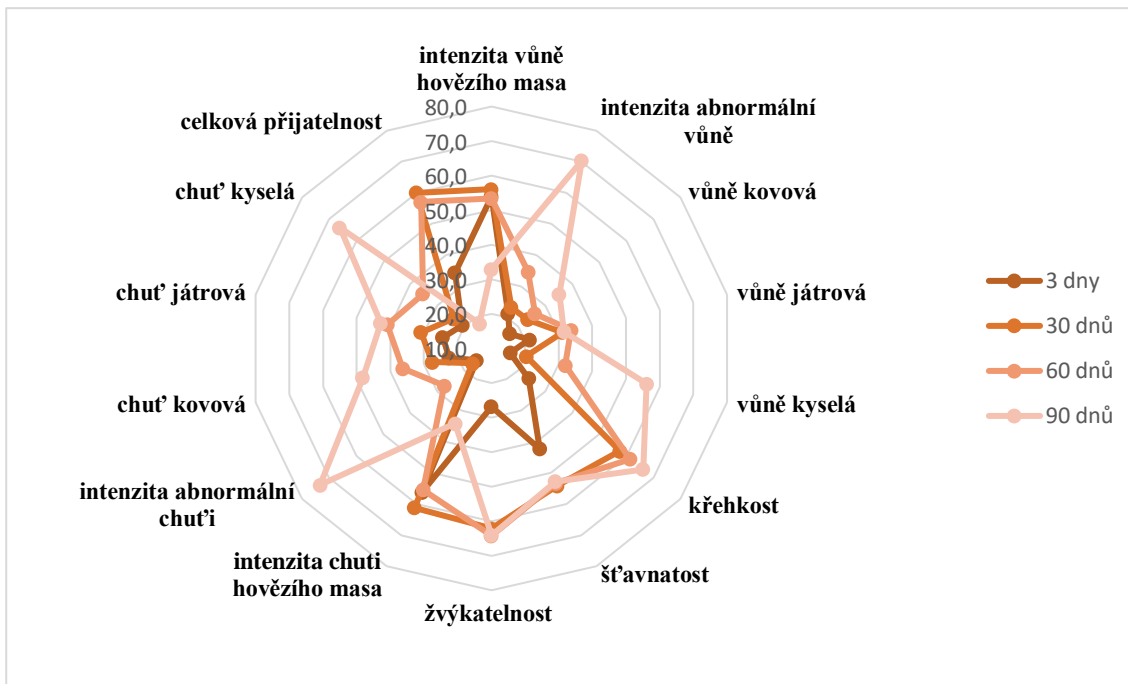
	Délka zrání				SEM	Významnost
	3 dny	30 dnů	60 dnů	90 dnů		
	LSM	LSM	LSM	LSM		
Intenzita vůně hovězího masa	54,0 ^a	56,1 ^a	53,4 ^a	32,9 ^b	3,67	<0,001
Intenzita abnormální vůně	21,1 ^c	23,2 ^{bc}	34,6 ^b	70,3 ^a	3,35	<0,001
Vůně kovová	16,8 ^c	23,4 ^{bc}	26,1 ^{ab}	35,2 ^a	5,43	<0,001
Vůně játrová	21,3 ^b	31,1 ^a	33,7 ^a	31,6 ^a	5,19	0,001
Vůně kyselá	15,6 ^c	20,4 ^c	32,0 ^b	56,1 ^a	4,33	<0,001
Křehkost	23,9 ^b	57,6 ^a	61,4 ^a	66,2 ^a	4,25	<0,001
Šťavnatost	42,3 ^b	54,1 ^a	53,3 ^a	52,7 ^{ab}	5,66	0,012
Žvýkatelnost	26,8 ^b	62,1 ^a	64,2 ^a	64,1 ^a	4,49	<0,001
Intenzita chuti hovězího masa	56,1 ^a	61,2 ^a	55,4 ^a	34,1 ^b	3,36	<0,001
Intenzita abnormální chuti	15,4 ^c	17,0 ^c	27,4 ^b	73,4 ^a	3,26	<0,001
Chuť kovová	22,5 ^c	27,6 ^c	36,3 ^b	48,2 ^a	4,99	<0,001
Chuť játrová	24,4 ^b	30,9 ^b	40,9 ^a	42,9 ^a	5,40	<0,001
Chuť kyselá	20,7 ^c	23,9 ^c	35,3 ^b	66,1 ^a	4,66	<0,001
Celková přijatelnost	34,3 ^b	60,0 ^a	57,0 ^a	17,9 ^c	3,51	<0,001

^{a,b,c} Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ($P < 0,05$)

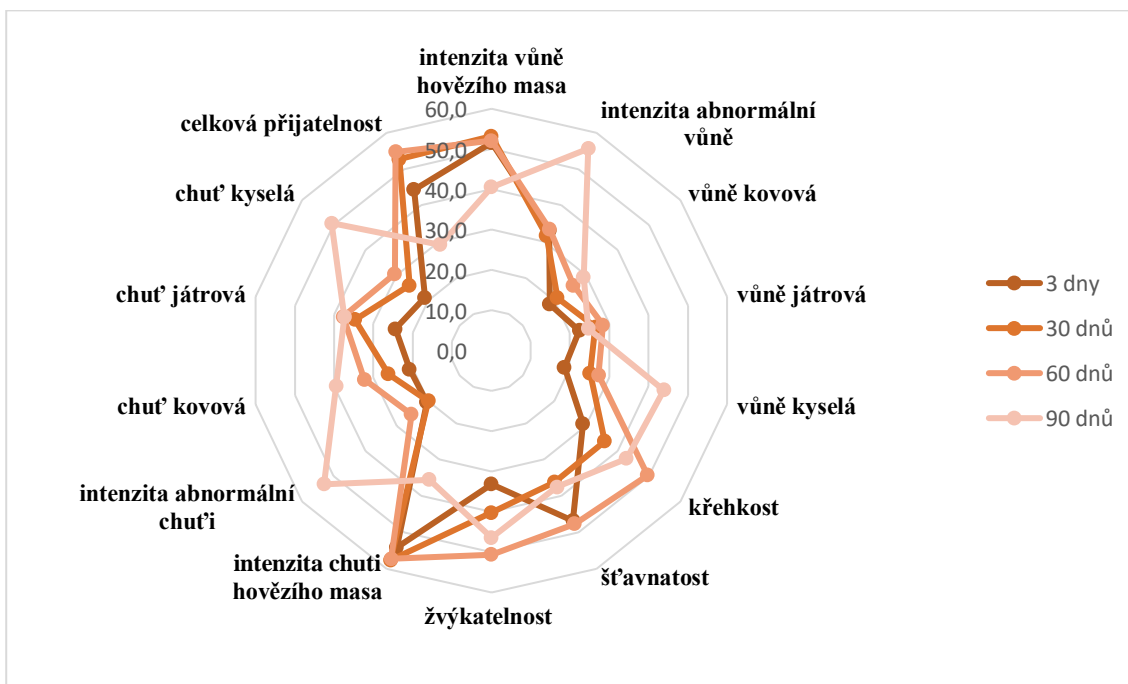
Tabulka 10: Senzorický profil masa s různou dobou zrání u svalů *semitendinosus*

	Délka zrání				SEM	Významnost
	3 dny	30 dnů	60 dnů	90 dnů		
	LSM	LSM	LSM	LSM		
Intenzita vůně hovězího masa	51,6 ^a	53,2 ^a	52,1 ^a	40,6 ^b	3,50	0,006
Intenzita abnormální vůně	33,1 ^b	31,6 ^b	33,4 ^b	55,6 ^a	1,50	<0,001
Vůně kovová	18,5 ^c	21,0 ^{bc}	26,0 ^{ab}	29,3 ^a	4,25	<0,001
Vůně játrová	22,4	26,5	28,4	24,7	5,00	0,289
Vůně kyselá	18,6 ^c	25,1 ^{bc}	27,3 ^b	43,9 ^a	3,34	<0,001
Křehkost	29,1 ^c	36,0 ^{bc}	49,6 ^a	42,9 ^{ab}	3,73	<0,001
Šťavnatost	46,8 ^{ab}	36,2 ^c	47,7 ^a	37,6 ^{bc}	4,41	0,002
Žvýkatelnost	33,1 ^c	40,2 ^{bc}	50,6 ^a	46,4 ^{ab}	4,70	<0,001
Intenzita chuti hovězího masa	54,2 ^a	57,7 ^a	57,3 ^a	35,5 ^b	3,09	<0,001
Intenzita abnormální chuti	20,5 ^b	20,0 ^b	25,4 ^b	53,1 ^a	4,27	<0,001
Chuť kovová	20,8 ^c	26,2 ^{bc}	32,3 ^{ab}	39,5 ^a	4,87	<0,001
Chuť játrová	24,4 ^b	34,7 ^a	37,7 ^a	37,4 ^a	5,95	<0,001
Chuť kyselá	21,1 ^c	26,0 ^{bc}	30,6 ^b	50,7 ^a	4,37	<0,001
Celková přijatelnost	44,3 ^a	52,7 ^a	54,7 ^a	29,2 ^b	3,41	<0,001

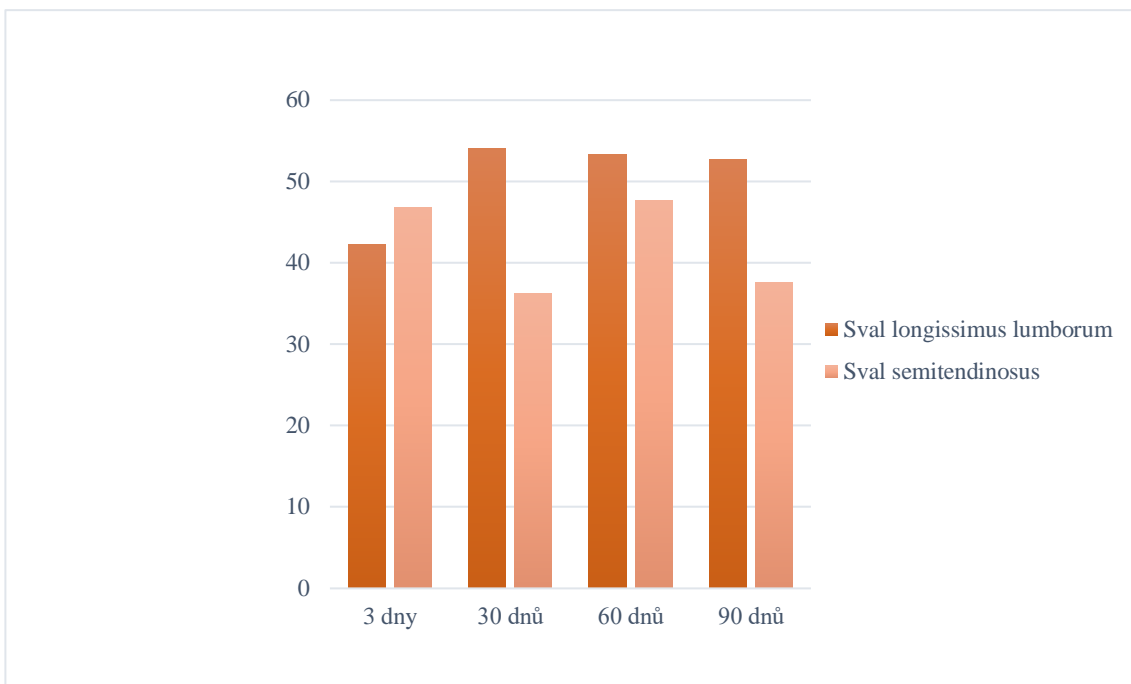
^{a,b,c} Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ($P < 0,05$)



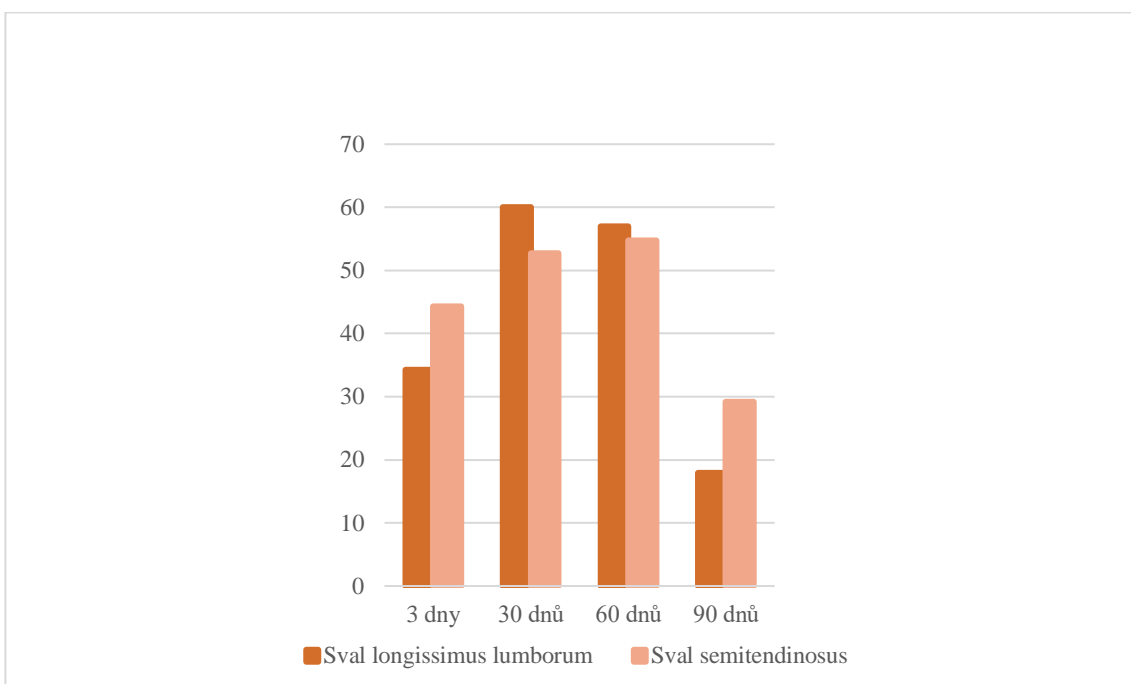
Graf 7: Organoleptické vlastnosti svalu *longissimus lumborum*



Graf 8: Organoleptické vlastnosti svalu *semitendinosus*



Graf 9: Senzorické vyhodnocení šťavnatosti u svalů



Graf 10: Celková přijatelnost

6 Diskuze

Experiment této diplomové práce byl zaměřen na hodnocení efektu odlišných dob zrání fyzikálních a organoleptických vlastností svalů u *longissimus lumborum* a *semitendinosus*, které byly získány z šesti jalovic kříženek s podílem plemene masného simentálu. Hodnoty byly naměřeny v poměrně odlišných dobách zrání od 3 dne až do celkem extrémní hodnot 90 dnů. Cílem této práce bylo vyhodnocení optimální délky zrání masa.

Křehkost je jednou z nejdůležitějších charakteristik hovězího masa. Svaly prochází po porážce různými biofyzikálně-chemickými změnami a událostmi, které je přeměňují na maso. Tento proces lze obecně rozdělit do tří fází. První fáze se označuje pre-rigorózní fáze během které je tuhost ovlivněna zejména množstvím pojivové tkáně a kolagenu. Druhá fáze se označuje jako fáze rigor mortis, během níž dochází k maximálnímu ztuhnutí, které je zapříčiněno zkrácením svalů. V třetí fázi dochází k řadě změn ve struktuře svalových vláken, které napomáhají ke zvýšení křehkosti masa. Tím pádem lze říci, že křehkost masa určují tři hlavní faktory, a sice obsah kolagenu, který má vliv na tuhost, rozsah zkrácení svalů a nakonec samotný proces zrání, které se liší v závislosti na čase, teplotě, individuálním genotypu, typech svalů a živočišných druzích. Pro maximalizaci křehkosti je však nezbytná aktivace endogenních proteolytických enzymů (kalpaniny, katepsiny, kaspázy), které jsou zodpovědné za degradaci svalových vláken. Několik studií již přesvědčivě prokázalo, že vývoj křehkosti masa v průběhu zrání je výsledkem *post mortem* proteolýzy klíčových strukturních proteinů, včetně desminu, titinu, nebulinu, troponinu-T a dalších. Mikroskopické studie prokázaly narušení struktury sarkomery u Z-disků degradovaných během prvních dnů zrání. Tyto strukturální změny způsobené postmortální proteolýzou myofibrilárních proteinů jsou hlavní příčinou zvýšení křehkosti během zrání (Bhat et al. 2018).

Mancini & Hunt (2005) uvedli, že prvním kvalitativním znakem masa, který spotřebitel posuzuje při koupi, je barva. Všechny kvalitativní znaky, tedy i barvu masa, můžeme ovlivnit předporážkovými a poporážkovými faktory. Barva se rozděluje do několika parametrů, a to na světlost (L^*), červenost (a^*) a žlutost (b^*). Světlost masa je ovlivněna pH, obsahem intramuskulárního tuku a obsahem myoglobinu a hemoglobinu (Priolo et al. 2001). Prieto et al. (2017) uvedli, že technologické parametry jako je barva a pH jsou důležitými vlastnostmi masa, které korelují se senzorickým hodnocením masa. V mé diplomové práci byly také pozorovány fyzikální a technologické vlastnosti u obou svalů. V tabulce 5 a 7 můžeme vidět rozdílné hodnoty u obou svalů. Sval *longissimus lumborum* byl světlejší, červenější a žlutější v porovnání se svalem *semitendinosus*. Ingr (2003) uvedl, že světlost (L^*) vyjadřuje podíl odraženého světla, které dopadá na povrch vzorku masa. Čím více světla se odrazí, tím je maso světlejší nebo naopak. Světlost se u svalu *longiss lumborum* postupným zráním zvyšuje naopak u svalu *semitendinosus* se postupným zrání zvyšuje do 30 dnů a poté následuje mírný pokles. V tabulce 5 můžeme také vidět, že L^* u svalu MLL nevykazuje signifikantní rozdíl, z čehož je zřejmé, že pravděpodobnost byla vyšší než stanovená hladina významnosti. Naopak v tabulce 7 je prokazatelné, že L^* u svalu SET existuje statisticky významný rozdíl. U obou svalů byly naměřené nejnižší hodnoty v počáteční době.

Amie et al. (2019) uvedli ve své studii, že postupným zráním bylo maso ze svalu MLL po dobu 42 dnů světlejší, než když se nechá zrát méně dní což odpovídá i našemu měření. Bohužel sval *semitendinosus* nebyl do jejich analýzy zařazen. Dále jsme se věnovali pH.

Dráčková et al. (2010) uvádějí, že pH souvisí s vazností masa, čím větší je pokles pH, tím je maso světlejší. V našem experimentu bylo zaznamenáno nejvyšší pH u svalu MLL v 60 dnech a u svalu SET ve 3 dnech z grafu 3 je patrné, že nejnižší pH bylo zaznamenáno v 90 dnech a vykazovalo signifikantní rozdíl. Ve studii Colle et al. (2015) bylo měřeno pH u svalu *gluteus medius* a *longissimus lumborum* ve 2, 14, 21, 42 a 63 dnech. V jejich studii nejvyšší pH vykazoval *longissimus lumborum* sval v 63 dnech, což je srovnatelné s našimi výsledky, kdy sval MLL vykazoval nejvyšší pH v 60 dnech. Naopak Bogdanowicz et al. (2018) se zabývali hodnotou pH u svalu SET, která při čtvrtém dni dosahovala pH 5,56, což potvrzuje studie Qianqian Yu et al. (2016), kde bylo u stejného svalu naměřeno pH 5,41. Ve srovnání s námi byla naše hodnota pH o něco vyšší (5,60) již po 3 dnech zrání.

Mimo problematiku kvantity by se především měla řešit také kvalita masa. Velmi důležitým faktorem, na který by měl být brán zřetel, je kvalita masa. V průběhu postmortálních procesů dochází u zralého masa ke změnám sensorického profilu masa. Cílem této práce bylo vyhodnocení optimální délky zrání masa. Bureš et al. (2014) uvedli, že během postmortálních změn dochází k přeměně svaloviny na maso i s příslušnými technologickými a organoleptickými vlastnostmi. Nejvýraznější změny a rozdíly jsou často zaznamenávány u textury masa (šťavnatost, žvýkatelnost a křehkost). Marino et al. (2013) také uvedli, že křehkost masa je považovaná za nejdůležitější texturní charakteristiku u všech velkých hospodářských zvířat. Spotřebitelé křehkost masa vnímají jako nejvýznamnější atribut u kvality masa a naopak negativně hodnotí tuhost masa. Ze studie autorů (Campo et al. 1999, Monsón et al. 2005, Juárez et al. 2010) vyplývá, že v hovězím mase dochází k lepšímu sensorickému hodnocení křehkosti vlivem prodloužené doby zrání a současně se snižuje síla stříhu Warner-Bratzlerovým nožem. Mechanismy křehkosti masa během zrání jsou složitým komplexem reakcí a změn a mohou být spojovány s počátečním obsahem pojivové tkáně a ztrátami vlhkosti.

V mase se křehkost zvyšuje v období několika týdnů a během čtrnácti dnů, které uplynou od porážky, je právě v křehkosti masa zaznamenána nejvýraznější změna. Je také známo, že existuje velká variabilita ve smyslové kvalitě hovězího masa kvůli mnoha faktorům, jako jsou plemeno, pohlaví, věk, porážková hmotnost nebo strava a technologickým faktorům, jako je především doba zrání (Monsón et al. 2005). Jak můžeme vidět z tabulky 9 a 10, tak křehkost masa vykazovala u obou svalů signifikantní rozdíly. Nejvyšší křehkost byla zaznamenána u svalu SET v 60 dnech zatímco u svalu MLL byla nejvyšší křehkost zaznamenána v 90 dnech a nejméně křehké se u svalů jevílo maso, které zrání pouze 3 dny. Ve studii Bureš et al. (2018) byla zaznamenána nejvyšší křehkost u svalu *longissimus lumborum* nejspíše kvůli tomu, že maso z tohoto svalu je jemně vláknité a snadno žvýkatelné. Stejně výsledky byly zaznamenány i v této práci, kdy u svalu MLL byla zaznamenána vyšší křehkost než u svalu SET. Ruiz De Huidobro et al. (2005) uvedli, že šťavnatost a žvýkatelnost jsou dalšími důležitými texturními atributy. Z mnoho studií z Francie, Německa, Velké Británie a Španělska bylo zjištěno, že nejvíce důležitými kvalitativními aspekty u hovězího masa je kromě křehkosti i šťavnatost a způsob, jak je maso připravené a jak je výživné (Grunert 1997). Garmyn et al. (2020) uvedli, že šťavnatost masa se obecně snižuje s délkou posmrtného zrání a ve své studii uvádí, že vzorky ze svalu *longissimus lumborum* s dobou zrání u 21 až 35 dnů, prokazovaly větší šťavnatost než vzorky, které se nechají dozrát 63 dnů a déle. Také uvedli, že vzorky s dobou zrání 42 až 56 dnů měly však podobnou šťavnatost jako vzorky, které zrály

21 až 35 dní. Z grafu 9 můžeme vidět, jak bylo sensoricky vyhodnocena šťavnatost masa v naší práci. U svalů *longissimus lumborum* bylo nejšťavnatější maso vyhodnoceno s délkou zrání 30 dnů, což odpovídá předešlé zmiňované práci, naopak u svalu *semitendinosus* se jeví nejvíce šťavnaté maso v 60 dnech a nejméně šťavnaté bylo maso, které zrání u svalů MLL 3 dny a u svalu SET 30 dní. Monsón et al. (2005) ve své práci uvedli, že při posuzování zrání masa by se mělo brát v úvahu plemeno zvířete a preference spotřebitelů. Také uvedli, že maso z holštýnského plemene by mělo zrát více než 21 dní a maso z plemene limousinské o něco méně. Z čehož tedy vyplývá, že maso by ideálně mělo zrát 30 až 60 dní. Při zrání masa ve třech dnech je maso nežvýkatelné a málo křehké. Dále také bylo v jejich studii uvedeno, že chuť masa a celková přijatelnost je stejně důležitá při hodnocení jako křehkost. Bureš & Bartoň (2014) prováděli experiment, který se zabýval vyhodnocením vlivu kategorie jatečného skotu a délky zrání na sensorické charakteristiky hovězího masa. V jejich výsledcích bylo vidět, že nejpříznivěji bylo hodnocené maso s délkou zrání 28 dnů především v celkové přijatelnosti a texturních charakteristikách. V našem experimentu vyšla celková přijatelnost nejvyšší u svalu MLL v 30 dnech, což odpovídá předešlé zmiňované studii, zatímco u svalu SET vyšla nejvyšší přijatelnost v 60 dnech. V této studii byla prokázána korelace, která naznačovala, že chuť byla více korelována s celkovou přijatelností než křehkost. Je tedy zřejmé, že chuť masa a celková přijatelnost jsou dalšími důležitými atributy, které přispívají ke spokojenosti zákazníků s hovězím masem.

Nesmíme zapomenout na další důležitý atribut při sensorickém hodnocení, a to je vůně, která společně s chutí hraje důležitou roli při sensorickém vyhodnocování (Monsón et al. 2005). K vývoji aromatických prekurzorů dochází při postmortálních procesech v mase (Koutsidis et al. 2008). Také Campo et al. (1999) uvedli, že vývoj chuti je úzce spojován s vývojem chuťových prekurzorů během *post mortem* zrání, jelikož velké množství peptidů se tvoří právě během této fáze zrání. Peptidy ve fázi *post mortem* reagují s jinými sloučeninami za vzniku aromatických složek. Bureš et al. (2015) uvedli, že aromatické těkavé látky mohou vznikat Maillardovou reakcí nebo oxidací lipidů a jsou také odpovědné za vývoj vůně v mase. Při tepelné úpravě dochází k rozvoji masové vůně díky enzymatickým produktům (Koutsidis et al. 2008). U hovězího masa se postupnou délkou zrání snižuje intenzita chuti a vůně, ale naopak je tomu u chuti a vůně kovové, játrové a kyselé, u kterých je prokázána zvýšená tendence (Monsón et al. 2005). Podobné výsledky byly zaznamenány i v této diplomové práci, kdy výsledky sensorického hodnocení naznačují, že s delší dobou zrání dochází u vzorků s masem ke zvýšení chuti a vůně kyselé, kovové i játrové a současně tím dochází, ale i ke zhoršení celkové přijatelnosti masa. Chuť hovězího masa podle Garmyn et al. (2020) se s rostoucím zráním masa velmi zřetelně snižuje. V jejich studii porovnávali vzorky od 21, 42, 49, 63, 70, 84 dnů. Vzorky, které nechali uzrát 21 až 42 dnů, byly spotřebiteli preferovány více než vzorky, které se nechaly uzrát 70 až 84 dní, kladně však hodnotili vzorky s dobou zrání 49 až 63 dní. Co se týká celkové přijatelnosti, tak v jejich studii konzumenti hodnotili nejlépe vzorky s dobou zrání 35 a více naopak negativně hodnotili vzorky, které se nechali uzrát 63 dnů a víc. Ve výsledcích naší studie byla nejlépe hodnocena celková přijatelnost u svalu *longissimus lumborum* ve 30 dnech zrání a u svalu svalu *semitendinosus* v 60 dnech. Nejhůře byla spotřebiteli hodnocena celková přijatelnost v 90 dnech a celkově vykazovala signifikantní rozdíly. Sullivan et al. (2011) ve své práci porovnali 40 druhů svalů z různých anatomických míst jatečného těla skotu. Svaly seřazovali podle jejich

křehkosti a ve své práci uvedli, že mezi nejkřehčí svaly patří *psoas major*, *infraspinatus*, *serratus ventralis*, *spinalis dorsi*, mezi méně křehké patří *longissimus lumborum* *longissimus thoracis*, *biceps brachii* a mezi tuhé pak svaly *semitendinosus*, *gluteus medius*, *supraspinatus*. Členění svalu podle Sullivan et al (2011) je tedy ve shodě s našimi výsledky porovnání svau *longissimus lumborum* a *semitendinosus* v závislosti na příslušné době zrání.

7 Závěr

Z výsledků práce vyplývá, že k nejméně výraznějším změnám v textuře masa docházelo mezi třetím a třicátým dnem bez ohledu na druh svalu. Následující změny v křehkosti masa již byly poměrně malé a docházelo ke zvyšování intenzity abnormální vůně a chuti, kyselé vůně a chuti, jádrové vůně a chuti a kovové vůně a chuti, tedy vlastností, které při vyšších intenzitách snižují celkovou přijatelnost. Svalovina nízkého roštěnce náleží mezi zástupce svalů středně křehkých a nejvyšší celková přijatelnost byla dosažena v době zrání jednoho měsíce. U masa z válečku, který je zařazován mezi svaly tuhé, byla dosažena optimální celková přijatelnost v době dvou měsíců od porážky. Je proto vhodné při volbě optimální délky zrání masa kromě užitkového typu a kategorie jatečného skotu respektovat také charakteristiku jednotlivých masných partií. Na základě výsledků práce a následné diskuze je proto možné potvrdit stanovenou hypotézu, která navrhuje různé optimum doby zrání pro různé svalové partie v závislosti na jejich složení a fyzikálních či technologických charakteristikách. Další výzkum by se měl zaměřit na nalezení optimálních organoleptických vlastností u dalších ekonomicky významných svalů a případně detailněji vyhodnotit organoleptické vlastnosti v této práci sledovaných svalů v kratších intervalech období jednoho až dvou měsíců po porážce.

8 Seznam literatury

- Ahmed A, Arshad MS, Imran A, Ali SW. 2018. Introductory Chapter: Meat Science and Human Nutrition. *Meat Science and Nutrition*. 4-14.
- Álvarez C, Morán L, Keenan DF, Mullen AM, Delgado-Pando G. 2019. Mechanical and Biochemical Methods for Rigor Measurement: Relationship with Eating Quality. *Journal of Food Quality*.
- Bartoň L, Bureš D, Kott T, Řehák D. 2011: Effect of sex and age on bovine muscle and adipose fatty acid composition and stearoyl-CoA desaturase mRNA expression. *Meat Science* **89**: 444-450.
- Bartoš L, Franc Č, Řehák D, Štípková 1993. A practical method to prevent dark-cutting (DFD) in beef.
- Blumer TN. 1963. Relationship of Marbling to the Palatability of Beef. *Journal of Animal Science* **22**:771-778.
- Boakye K, Mittal GS. 1996. Changes in colour of beef *M. longissimus dorsi muscle* during ageing. *Meat Science* 42:347-354.
- Bouška J. 2006. Chov dojného skotu. Profi Press, Praha.
- Braden KW, Converting muscle to meat: 2013. Physiology of rigor. Kerth, CR. The science of meat quality. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, s. 79-97. ISBN 978-0-8138-1543-5.
- Brandt MA, Skinner EZ, Coleman J A. 1963. Texture profile method. *Journal of Food Science*. 28(4). 404-409.
- Bruce HL, Beilken SL, Leppard P. 2006. Variation in Flavor and Textural Descriptions of Cooked Steaks from Bovine *M. longissimus thoracis et lumborum* from Different Production and Aging Regimes. *Journal of Food Science* **70**:309-316.
- Bureš D 2012a, Bartoň L, 2012b: The chemical composition and sensory characteristics of meat from Aberdeen Angus, Gascon, Holstein and Czech Fleckvieh bulls. *Maso International* **2**:125-130.
- Bureš D, Bartoň L, Kotrba R, Hakl J, 2015. Quality attributes and composition of meat from red deer (*Cervus elaphus*), fallow deer (*Dama dama*) and Aberdeen Angus and Holstein cattle (*Bos taurus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* **95**:2299-2306.
- Bureš D, Bartoň L, Kudrnáčová E, Panovská Z, Kouřimská L. 2018. Maso divokých zvířat a jeho role v lidské výživě. 9-13.
- Bureš D, Bartoň L, Teslík V, Zahradková S. 2006. Meat quality characteristics of beef from Charolais and Simmental bulls fed different diets. EAAP – 57rd Annual Meeting, September 17 – 20, 2006, Antalya, Session C33, 57, 371.
- Bureš D, Bartoň L. 2012a. Growth performance, carcass traits and meat quality of bulls and heifers slaughtered at different ages. *Czech Journal of Animal Science* **57**:34-43.
- Calkins CR, Hodgen JM. 2007. A fresh look at meat flavour. *Meat Science* **77**:63-80.

- Campbell RE, Hunt MC, Levis P, Chambers IVE. 2001. Dry-aging effects on palatability of beef *longissimus muscle*. *Journal of Food Science* **66**:196-199.
- Campo M, Sañudo C, Panea B, Alberti P, Santolaria P, 1999a. Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Science* **51**:383-390.
- Campo M, Sañudo C, Panea B, Alberti P, Santolaria P. 1999b. Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Science* **51**:383-390.
- Carmack CF, Kastner CL, Dikeman ME, Schwenke JR, García Zepeda CM. 1995. Sensory evaluation of beef-flavor-intensity, tenderness, and juiciness among major muscles. *Meat Science* **39**:143-147.
- Cussen V, Garcés L, Lambert L, Long JTE, Broom DM, Welfare A. 2008. The welfare of livestock during road transport. *Long Distance Transport and the Welfare of Farm Animals*, 157-181.
- Daszkiewicz T, Kubiak D, Winarski R, Koba-Kowalczyk M. 2012. The effect of gender on the quality of roe deer (*Capreolus capreolus* L.) meat. *Small Ruminant Research* **103**:169-175.
- Delwiche J. 2004 . The impact of perceptual interactions on perceived flavor. *Food Quality and Preference* **15**:137-146.
- DeSmet S, Raes K, Demeyer D. 2004. Meat fatty acid composition affected by fitness and genetic factors: A review. *Animal Research*, **53**:81-98.
- Dračková E, Šubrt J, Filipčík R. 2010. Vliv pohlaví českého strakatého skotu na vývoj parametrů barvy masa. *Sborník příspěvků z IV. mezinárodní vědecké konference: Šlechtění na masnou užitkovost a aktuální otázky produkce jatečných zvířat*. Brno. 133-136.
- Du M, McCormick RJ. 2009: *Applied Muscle Biology and Meat Science*. Boca Raton, FL: CRC Press, 337 s. ISBN 978-1-4200-9272-1.
- Franc Č, Bartoš L, Herrmann H, Kratochvilova M, Teslik V, Volek J. 1994. *Zasady produkce kvalitního hovězího masa s garantovanými vlastnostmi. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.*
- Garmyn A, Hardcastle N, Polkinghorne R, Lucher L, Miller M. 2020. Extending Aging of Beef Longissimus Lumborum From 21 to 84 Days Postmortem Influences Consumer Eating Quality. *Department of Animal and Food Sciences*
- Gašperlin L, Žlender B, & Abram V. 2001. Colour of beef heated to different temperatures as related to meat ageing. *Meat Science* **59**:23-30.
- Gerrard DE, Gao X, Tan J. 1996. Beef Marbling and Color Score Determination by Image Processing. *Journal of Food Science* **61**:145-148.
- Gondret F, Juin H, Mourot J, Bonneau M. 1998. Effect of age at slaughter on chemical traits and sensory quality of longissimus lumborum muscle in the rabbit. *Meat Science* **48**:181-187.

- González LA, Schwartzkopf-Genswein KS, Bryan M, Silasi R, Brown F. 2012. Relationships between transport conditions and welfare outcomes during commercial long haul transport of cattle in North America *J. Anim. Sci.* **90**:3640-3651.
- Harper GS, Pethick DW. 2004. How might marbling begin?. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **44**:653-662.
- Hocquette JF, Botreau R, Picard B, Jacquet A, Pethick D, Scollan N. 2012. Opportunities for predicting and manipulating beef quality. Review. *Meat Science* **92**:197-209.
- Hocquette JF, Gondret F, Baeza E, Medale F, Jurie C, Pethick DW. 2010. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal* **4**:303-319.
- Holman, B. W. B., Mao , Y. W., Coombs, C. E. O., Van de Ven, R. J., Hopkins, D. L. 2016: Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability. *Meat Science* **121**:104-106.
- Honikel KO. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* **49**:447-457.
- Hrabě J, Březina P, Valášek P. 2006. Technologie výroby potravin živočišného původu (bakalářské studium). UTB ve Zlíně . ISBN 80-7318-405-2.
- Hunt MC, Sorheim O, and Slinde, E. 1999. Color and heat denaturation of myoglobin forms in ground beef. *Journal of Food Science* **64**:847-851.
- Immonen K, Ruusunen M, Puolanne E. 2000. Some effects of residual glycogen concentration on the physical and sensory quality of normal pH beef. *Meat Science* **55**:33-38.
- Ingr I. 2003. Zrání masa a jeho praktický význam. Český svaz chovatelů masa. Dostupné z: <http://www.cszm.cz/clanek.asp?typ=1&id=894>.
- Irurueta M, Cadoppi A, Langman L, Grigioni G, Carduza F. 2008. Effect of aging on the characteristics of meat from water buffalo grown in the Delta del Paraná region of Argentina. *Meat Science* **79**:529-533.
- Jayasooriya SD, Torley PJ, D'Arcy BR, Bhandari BR. 2007. Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine Semitendinosus and Longissimus muscles. *Meat Science* **75**:628-639.
- Jeremiah LE, Gibson LL. 2003. Cooking influences on the palatability of roasts from the beef hip. *Food Research International* **36**:1-9.
- Joo ST, Kim GD, Hwang YH, Ryu YC. 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science* **95**:828-836.
- Juárez M, Larsen IL, Gibson LL, Robertson WM, Dugan ME R, Aldai N, Aalhus JL. 2010. Extended ageing time and temperature effects on quality of subprimal cuts of boxed beef. *Canadian Journal of Animal Science* **90**:361-370.
- Kameník J, Kašpar L, Putnová I, Holubcová S, Jůza M. 2014 A. Hovězí maso pro výsek: názvosloví a svalová soustava. 1. část – maso přední čtvrtě. *Časopis maso* **3**:36-40.

- Kameník J, Kašpar L, Putnová I, Holubcová S, Jůza M. 2014 B. Hovězí maso pro výsek: názvosloví a svalová soustava. 2. část – maso zadní čtvrtě. *Časopis maso* **4**:42-46.
- Kameník JL, Steinhauer I, Ateinhauserová. 2012. Zrání masa aneb jak se svalovina stává masem. *Časopis maso* **4**:48-52.
- Karabasil N, Boskovic T, Vivic I, Cobanović N, Dimitrijevic M, Teodorovic V. 2019. Meat quality: Impact of various pre-slaughter conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **333**.
- Katina J, Kšana F. 2015. Jak pozname kvalitu? Hovězi a vepřové maso. Sdružení českých spotřebitelů, Praha.
- Kerth CR, Miller RK. 2015. Beef flavor: a review from chemistry to consumer. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **95**:2783-2798.
- Kerth CH. R. 2013: *The Science of Meat Quality*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, **293 s.** ISBN 978-0-8138-1543-5.
- Khan, Muhammad I, Jo C, Tariq MR. 2015. Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors-A systematic review. *Meat Science* **110**:278-284.
- Khan, Muhammad I, Jung S, Nam KC, Jo C. 2016. Post mortem aging of beef with a special reference to the dry aging. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* **36**:159-169.
- Koohmaraie M, Geesink GH. 2006. Contribution of post mortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science* **74**:34-43.
- Koutsidis G, Elmore JS, Oruna-Concha MJ, Campo MM, Wood JD, Mottram DS. 2008. Water-soluble precursors of beef flavour. Part II: Effect of post-mortem conditioning. *Meat Science* **79**:270-277.
- Koutsidis G, Elmore JS, Oruna-Concha MJ, Campo MM. 2008 B: Water-soluble precursors of beef flavor: I. Effect of diet and breed. *Meat Science*. **9** :124 – 128
- Lautenschlaeger R, Upmann M. 2017. How meat is defined in the European Union and in Germany. *Animal Frontiers* **7**:57-59.
- Lawrie R, 1991. Pages 58-212 in: *Meat Science*. 5th ed. Pergamon Press, Elmsford, NY.
- Legako J. F, Brooks JC, O'Quinn TG, Hagan TDJ, Polkinghorne R, Farmer LJ, & Miller MF. 2015. Consumer palatability scores and volatile beef flavor compounds of five USDA quality grades and four muscles. *Meat Science* **100**:291-300.
- Leroy B, Lambotte S, Dotreppe O, Lecocq H, Istasse L, Clinquart A. 2004. Prediction of technological and organoleptic properties of beef *Longissimus thoracis* from near-infrared reflectance and transmission spectra. *Meat Science* **66**:45-54.
- Lesiow T, Kijowsky, J. 2003. Impact of PSE and DFD meat on poultry processing: A review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* **12**:3-8.

- Li C. 2017. The role of beef in human nutrition and health. Ensuring safety and quality in the production of beef **2**:329-338.
- Liana M, Radam A, & Yacob MR. 2010. Consumer perception towards meat safety: Confirmatory factor analysis. *International Journal of Economics and Management* **4**:305-318.
- Lorenzen CL, Davuluri VK, Adhikari K, and Grün IU. 2005. Effect of end point temperature and degree of doneness on sensory and instrumental flavor profile of beefsteaks. *Journal of Food Science* **70**:113-118.
- Mancini RA, Hunt MC. 2005. Current research in meat color. *Meat Science* **71**:100-121.
- Marino R, Albenzio M, della Malva A, Santillo A, Loizzo P, Sevi A. 2013. Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time. *Meat Science* **95**:281-287.
- Markus SB, Aalhus JL, Janz JAM, and Larsen IL. 2011. A survey comparing meat quality attributes of beef from credence attribute-based production systems. *Canadian Journal of Animal Science* **91**:283-294.
- Mikšík J, Žižlavský J. 2005. *Chov skotu*, Brno: MZLU, 149 s.
- Miller MF, Kerth CR, Wise JW, Lansdell JL, Stowell JE, Ramsey CB. 1997. Slaughter Plant Location, USDA Quality Grade, External Fat Thickness, and Aging Time Effects on Sensory Characteristics of Beef Loin Strip Steak. *Journal of Animal Science* **75**:662-667.
- Miller RK. 2004. Palatability. In C. Devine, & M. Dikeman (Eds.), *Encyclopedia of meat sciences*. Oxford: Elsevier Academic Press **1**:256-266.
- Monson F, Sanudo C, Sierra I. 2005. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science* **71**:471-479.
- Mormède P. 2002. Molecular genetics approaches to investigate individual variations in behavioral and neuroendocrine stress responses. *Psychoneuroendocrinology* Warriss, P. D. 2000. *Meat science: An introductory text*. CAB-International: Wallingford.
- Mottram DS. 1998. Flavour formation in meat and meat products: A review. *Food Chemistry* **62**:415-424.
- Neethling J, Hoffman LC, Muller M. 2016. Factors influencing the flavour of game meat: A review. *MESC* **113**:139-153.
- Nishimura T, Hattori A, Takahashi K. 1995. Structural weakening of intramuscular connective tissue during conditioning of beef. *Meat Science* **39**:127-133.
- Nollet LML, Boylston T, Chen F, Coggins PC, Gloria MB, Hyldig G, Kerth CHR, Mckee LH, Hui YH. 2007. *Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality*. Ames, Iowa: Blackwell Publishing, 719 s.
- O'Neill. 2003. Influence of the time of year on the incidence of PSE and DFD in Irish pigmeat.

- Offer G, Knight P, Jeacocke R, Almond R, Cousins T. 1989. The Structural Basis of the Water Holding Appearance and Toughness of Meat and Meat Products. *Food Structure* **8**:151-170.
- Oury PM, Dumont R, Jurie C, Hocquette JF, Picard B. 2010. Specific fibre composition and metabolism of the rectus abdominis muscle of bovine Charolais cattle. *BMC Biochemistry* **1**:11-23.
- Panovská Z, Valentová H, Váchová A, Pokorný J. 2008. Preference masa a masných výrobků u vysokoškoláků na konci dvacátého století. *Maso* **3**:32-36.
- Parrish FC, Boles JA, Rust RE, Olson DG. 1991. Dry and Wet Aging Effects on Palatability Attributes of Beef Loin and Rib Steaks from Three Quality Grades. *Journal of Food Science* **56**:601-603.
- Pearson AM, Dutson TR. 1994. *Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products*. Springer US.
- Pegg RB, Shahidi F. 2004: Flavour development. *Encyclopedia of meat sciences* **2**:570-578.
- Pereira PM, de CC, Vicente AF dos RB. 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science* **93**:586-59.
- Pipek P, 1995: *Technologie masa I*. Praha: VŠCHT, **334 s.** ISBN 80-7080.
- Pipek P, Pour M. 1998: *Hodnocení jakosti živočišných produktů*. Praha: Česká zemědělská univerzita, **139 s.** ISBN 80-213-0442-1.
- Pipek P. *Technologie masa II*. Kostelní Vydří: Karmelitánské nakladatelství, 1998. **360 s.** ISBN 80-7192-283-8.
- Piqueras-fiszman B, Spence C. 2015. Sensory expectations based on product-extrinsic food cues : An interdisciplinary review of the empirical evidence and theoretical accounts. *Food Quality and Preference* **40**:165-179.
- Pösö AR, Puolanne E. 2005. Carbohydrate metabolism in meat animals. *Meat Science* **70**: 423-434.
- Priolo A, Micol D, Agabriel J. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research* **6**:25-32.
- Renecker TA, Renecker LA, Mallor FF. 2005. Relationships between carcass characteristics, meat quality, age and sex of free-ranging Alaskan reindeer: a pilot study. *Rangifer* **25**:107-121.
- Resconi VC, Escudero A, Campo MM. 2013. The development of Aromas in Ruminant Meat. *Molecules* **18**:6748-6781.
- Ruiz De Huidobro F, Miguel E, Blázquez B, Onega E. 2005. A comparison between two methods (Warner-Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Science* **69**:527-536.
- Rule DC, McCormick RJ. 1998. Fatty acid composition and cholesterol concentration in tissues of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) as influenced by lactation, age, and season

- of the year. *Comparative Biochemistry and Physiology – B Biochemistry and Molecular Biology* **119**:563-570.
- Sampels S, Pickova J, Wiklund E. 2005. Influence of production system, age and sex on carcass parameters and some biochemical meat quality characteristics of reindeer (*Rangifer tarandus tarandus* L.). *Rangifer* **25**:85-96.
- Sams AR. 1998. Rigor Mortis Development – Death of the Muscle Cell. *Poultry Science* **79**:798-803.
- Simeonovová J, Gajdůšek S, Ingr I. 2003: *Zpracování a zbožiznalství živočišných produktů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 122 s. ISBN 80-7157-708-1.
- Skládanka J, Doležal O, Hegedusová Z, Holásek R, Chládek G, Kopec T, Kučera J, Kropsch M, Kvapilík J, Ofner-Schröck E, Ondráková M, Strapák P. 2014. *Chov strakatého skotu*. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Smith RD, Nicholson KL, Nicholson JDW, Harris KB, Miller RK, Griffin DB, Savell JW. 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.
- Spanier AM, McMillin KW, Miller JA. 1990. Enzyme Activity Levels in Beef: Effect of Post mortem Aging and End-point Cooking Temperature. *Journal of Food Science* **55**:318-322.
- Sullivan GA, Calkins CR. 2011. RANKING BEEF MUSCLES FOR WARNER–BRATZLER SHEAR FORCE AND TRAINED SENSORY PANEL RATINGS FROM PUBLISHED LITERATURE. *Journal of Food Quality* ISSN 1745-4557
- Steinhauser L. 1995. *Hygiena a technologie masa*. 1. vyd. Brno: LAST, 643 s. ISBN 80-900260-4-4.
- Steinhauser L. 1995. *Hygiena a technologie masa*. Brno: LAST, 664 s. ISBN 80-900260-4-4.
- Steinhauser L. 2000. *Produkce masa*. Brno, 464 s. ISBN 80-900260-7-9
- Stenström H, Li, X, Hunt MC, & Lundström K. 2014. Consumer preference and effect of correct or misleading information after ageing beef longissimus muscle using vacuum, dry ageing, or a dry ageing bag. *Meat Science* **96**:661-666.
- Szczesniak AS. 1963. Classification of Textural Characteristics. *Journal of Food Science* **28**:385-389.
- Stone H, Sidel JL. 2004. *Sensory Evaluation Practices*. Elsevier Academic Press. London. 377 p. ISBN: 0126726906
- Stone H, Sidel J, Oliver S, Woolsey A, Singleton RC. 2008. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Descriptive Sensory Analysis in Practice*. 23-34.
- Tornberg E. 1996. Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science* **43**:175-191.
- Ulmánová Z, 2009. Hovězí maso. Dostupné na: <http://www.svet-potravin.cz/clanek.aspx?id=1740>.
- Velíšek J. 2002b. *Chemie potravin 2*. Tábor: OSSIS, 320 s. ISBN 80-86659-01-1

- Vestergaard M, Oksbjerg N, Henckel P. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Science* 54:177-185.
- Viljoen HF, De Kock HL, Webb EC. 2002 Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks *Meat Sci* 61:181 .
- Walker LT, Shackelford SD, Birkhold SG, Sams AR. 1995. Biochemical and Structural Effects of Rigor Mortis-Accelerating Treatments in Broiler Pectoralis. *Poultry Science* 74:176-186.
- Warriss PD. 2000 *Meat science: An introductory text* (Wallingford: CABI).
- Webb EC, O'Neill HA. 2008. The animal fat paradox and meat quality. *Meat Science* 80:28-36.
- Williams AA, Langron SP. 1984. The use of free-choice profiling for the evaluation of commercial ports. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 35(5). 558-568.
- Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science* 78:343-358.
- Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Sheard PR, Enser M. 2004. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science* 66:21-32.
- Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Enser M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science* 66:21-32.
- Yambayamba E. Price, MA. 199. Fiber type proportions and diameters in the longissimus muscle of beef heifers undergoing catch-up (compensatory) growth. *Canadian Journal of Animal Science* 71:1031-1035.
- Zahrádková R, Bartoň L, Brychta J, Bureš D, Doležal P, Illek J, Kaplanová K, Kvapilík J, Rozsypal R, Skládanka J, Slavík J, Stehlík L, Stejskalová E, Stěhulová I, Šárová R, Šeba K, Špínka M, Teslík V, Veselá Z, Vostrý L, Zeman L, Žďárský P. 2009. *Masný skot od A do Z. Český svaz chovatelů masného skotu*, Praha
- Zhou GH, Zhao GM. 2007. Biochemical changes during processing of traditional Jinhua ham. *Meat Science* 77:114-120.

9 Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1: Základní struktura příčně pruhované svaloviny (Steinhauser et al. 1995).....	4
Obrázek 2: Srovnání normálního masa s masem PSE a DFD (Ellis 2011)	19
Obrázek 3: Vada cold shortening (Thompson 2002).....	20
Obrázek 4: Nakrájený sval před grilováním	27
Obrázek 5: Hodnocení křehkosti masa na přístroji Instron.....	28
Obrázek 6: Sval grilovaný do vnitřní teploty 70 °C	29
Obrázek 7: Vzorky v sušárně (Memmert UML500)	29
Obrázek 8: Sensorická analýza	30
Obrázek 9: Hodnotitelský box.....	31
Obrázek 10: Charakteristiky posuzovaných sensorických vlastností.....	32
Tabulka 1: Spotřeba často konzumovaných druhů mas na obyvatele ČR za rok (kg)	5
Tabulka 2: Přehled chemického složení masa.....	6
Tabulka 3: Chemické složení a fyzikální vlastnosti roštěnce dle plemene	12
Tabulka 4: Charakteristika posuzovaných sensorických vlastností a jejich popis	33
Tabulka 5: Fyzikální a technologické vlastnosti chlazeného masa s různou dobou zrání u svalu longissimus lumborum	34
Tabulka 6: Fyzikální a technologické vlastnosti rozmrazeného masa s různou dobou zrání u svalu longissimus lumborum	35
Tabulka 7: Fyzikální a technologické vlastnosti chlazeného masa s různou dobou zrání u svalu semitendinosus	35
Tabulka 8: Fyzikální a technologické vlastnosti rozmrazeného masa s různou dobou zrání u svalu semitendinosus	36
Tabulka 9: Sensorický profil masa s různou dobou zrání u svalů longissimus lumborum	40
Tabulka 10: Sensorický profil masa s různou dobou zrání u svalů semitendinosus	40
Graf 1: Nejčastěji konzumované maso (Bureš et al. 2018).....	5
Graf 2: Seřazení svalů podle jejich křehkosti (Sullivan et al. 2011)	15
Graf 3: Porovnání světlosti u svalů	37
Graf 4: Porovnání pH u svalů	37
Graf 5: Síla stříhu měřená Warner-Bratzlerovým nožem u svalů <i>longissimus lumborum</i> a <i>semitendinosus</i> v různé době zrání masa a různé tepelné úpravě.....	38
Graf 6: Hmotnostní ztráty varem u svalu	38
Graf 7: Organoleptické vlastnosti svalu longissimus lumborum.....	41
Graf 8: Organoleptické vlastnosti svalu semitendinosus	41
Graf 9: Sensorické vyhodnocení šťavnatosti u svalů.....	42
Graf 10: Celková přijatelnost.....	42

10 Seznam použitých zkratk a symbolů

ATP	adenosintrifosfát
IMF	intramuskulární tuk
IMP	inosin-5'-monofosfát
LSM	nejmenší čtverec průměru
MLL	<i>Musculus longissimus lumborum</i>
SEM	příslušná standardní chyba
SET	<i>Musculus semitendinosus</i>