

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra kvality a bezpečnosti potravin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv způsobu tepelné úpravy hovězího masa na nutriční
hodnotu, technologické a organoleptické vlastnosti**

Diplomová práce

Bc. Daniel Drholec

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

Doc. Ing. Daniel Bureš, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv způsobu tepelné úpravy hovězího masa na nutriční hodnotu, technologické a organoleptické vlastnosti" jsem vypracoval 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 autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19. 4. 2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Doc. Ing. Danielu Burešovi, PhD. za ochotu, vstřícný přístup, trpělivost a cenné rady během vedení mé diplomové práce. Dále bych touto formou rád poděkoval Vendule Sobotkové a VÚŽV Uhřetěves za pomoc s realizací praktické části práce.

Vliv způsobu tepelné úpravy hovězího masa na nutriční hodnotu, technologické a organoleptické vlastnosti

Souhrn

Byl hodnocen vliv různého způsobu tepelné úpravy na fyzikální, technologické a organoleptické vlastnosti masa tří svalů od šesti býků českého strakatého skotu poražených ve shodném věku (14,5 měsíců), průměrné živé hmotnosti 591,5 kg a jatečné hmotnosti 328,5 kg. V rámci experimentu byly odebrány vzorky tří svalů (*longissimus lumborum*, *biceps femoris*, *semitendinosus*). Byly hodnoceny parametry fyzikální (hmotnostní ztráty, pH, barva a křehkost), chemické (obsah bílkovin, sušina, tuk a popeloviny) a v neposlední řadě byla provedena deskriptivní sensorická analýza vzorků těchto tří svalů v rámci 3 tepelných úprav, školenými hodnotiteli (n = 9).

Ze zchlazených pravých půlek každého zvířete byly 48 h post mortem vyjmuty jednotlivé svaly, které byly dále hodnoceny. V době 48 h po porážce byly stanoveny fyzikálně chemické parametry u všech svalů. Následně byly jednotlivé svaly vakuově zabaleny a podrobeny mokrému zrání po dobu 14 dnů (2 °C). Po uplynulé době 14 dnů byly vzorky opět podrobeny fyzikálně chemickému rozboru. Následně byly vzorky opět zabaleny a zamraženy do doby sensorické analýzy. V rámci dalšího rozboru byly jednotlivé vzorky tepelně upraveny na sklokeramickém kontaktním grilu, pečený v plastovém sáčku a vařeny ve vodní lázni. Všechny metody tepelné úpravy měly stanovenou jednotnou koncovou teplotu v jádře 75 °C

Z výsledků experimentu plyne, že způsob tepelné úpravy patří mezi významné možnosti, jak lze ovlivnit nutriční, fyzikální, organoleptické, ale i technologické, parametry hovězího masa. V rámci jednotlivých tepelných úprav byly nalezeny signifikantní rozdíly (P < 0,05). Tyto rozdíly byly stanoveny u fyzikálních parametrů, jako barva či ztráty tepelnou úpravou. Z výsledků chemického rozboru je patrné, že vznikaly rozdíly v obsahu tuku po různých tepelných úpravách. Větší množství signifikantních rozdílů ve fyzikálněchemickém rozboru nabývaly jednotlivé svaly v rámci jiných tepelných úprav, což potvrzuje, že tepelná úprava má velký vliv na sledované veličiny.

Vliv výběru svalové partie se nejvíce projevil v rámci sensorického hodnocení jednotlivých svalů po 3 typech tepelných úprav. Jako celkově nejpříjemnější vzorek byl vyhodnocen sval nízkého roštěnce (*longissimus lumborum*), který vykazoval nejnížší rozdíly v rámci jednotlivých tepelných úprav. Další výzkum by mohl napomoci určení optimálních kulinárních úprav pro jednotlivé svalové partie hovězího masa a tím i zlepšení jejich organoleptických vlastností.

Klíčová slova: hovězí maso, křehkost, kvalita masa, organoleptické vlastnosti, tepelná úprava

The influence of heat treatment of beef on nutritional value, technological and organoleptic properties

Summary

The effect of different heat treatment methods on the physical, technological and organoleptic properties of meat from three muscles of six czech fleckvieh cattle bulls slaughtered at the same age (14.5 months), average live weight 591.5 kg and slaughter weight 328.5 kg was evaluated. Three muscles (longissimus lumborum, biceps femoris, semitendinosus) were sampled in the experiment. Physical parameters (cooking weight loss, pH, colour and tenderness), chemical parameters (protein content, moisture, fat and ash content) and descriptive sensory analysis of the three muscle samples were evaluated in 3 heat treatments by trained evaluators (n = 9).

Individual muscles were removed from the chilled right cheeks of each animal 48 h post-mortem and further evaluated. Physicochemical parameters were determined for all muscles at 48 h post-mortem. Subsequently, individual muscles were vacuum-packed and subjected to wet aging for 14 days (2 °C). After a period of 14 days had, the samples were again subjected to physicochemical analysis. Subsequently, the samples were re-packed and frozen until the time of sensory analysis. For further analysis, the individual samples were cooked on a glass ceramic contact grill, baked in a plastic bag and boiled in a water bath. All heat treatment methods had a uniform muscle internal end temperature of 75 °C

The results of the experiment show that the method of heat treatment is one of the important ways to influence the nutritional, physical, organoleptic, and technological parameters of beef. Significant differences ($P < 0.05$) were found among the different heat treatments. These differences were determined for physical parameters such as colour or heat loss. The results of the chemical analysis showed that differences in fat content were produced after the different heat treatments. More significant differences in physicochemical analysis were acquired by individual muscles under different heat treatments, which confirms that heat treatment has a great influence on the variables studied.

The influence of muscle part selection was most evident in the sensory evaluation of individual muscles after 3 types of heat treatments. The muscle of the sirloin (*longissimus lumborum*) was evaluated as the most acceptable sample overall, showing the lowest differences across heat treatments. Further research could help to determine the optimal cooking methods for individual beef muscles and thus improve their organoleptic properties.

Keywords: beef, heat treatment, meat quality, organoleptic properties, tenderness

Obsah

| | |
|--|-----------|
| 1 Úvod | 1 |
| Vědecká hypotéza a cíle práce..... | 2 |
| 2 Literární rešerše | 3 |
| Definice masa | 3 |
| Maso, jako potravina | 3 |
| 2.1.1 Role masa v lidské výživě | 3 |
| 2.1.2 Rozdíly mezi červeným a bílým masem..... | 4 |
| 2.1.3 Spotřeba hovězího masa | 4 |
| Fyziologie svalu | 5 |
| Chemické složení hovězího masa | 6 |
| 2.1.4 Bílkoviny | 7 |
| 2.1.5 Tuky..... | 8 |
| 2.1.6 Vitaminy a minerální látky | 8 |
| 2.1.7 Voda a vaznost masa | 9 |
| Vliv výběru plemene skotu na kvalitu masa | 10 |
| Porážka skotu | 11 |
| 2.1.8 Postmortální změny v mase | 12 |
| 2.1.9 Vliv výběru svalové partie na kvalitu hovězího masa | 14 |
| 2.1.10 Vznik vad masa..... | 15 |
| 2.1.11 DFD maso | 15 |
| Způsoby tepelné úpravy a její vliv na kvalitu hovězího masa | 16 |
| 2.1.12 Suché způsoby | 17 |
| 2.1.13 Mokré způsoby | 18 |
| 3 Materiál a metody | 19 |
| Podmínky experimentu (porážka a odběr vzorků) | 19 |
| fyzikální analýza | 20 |
| chemická analýza | 22 |
| Tepelná úprava | 23 |
| senzorická analýza | 23 |
| statistická analýza | 25 |
| 4 Výsledky | 26 |
| Fyzikální analýza | 26 |
| Chemická analýza | 31 |
| Senzorická analýza | 34 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5 | Diskuze | 39 |
| | Fyzikální parametry | 39 |
| | pH..... | 39 |
| | Ztráty tepelnou úpravou..... | 39 |
| | Měrná síla stříhu WBSF | 40 |
| | Barva | 41 |
| | Chemické parametry | 42 |
| | Senzorické parametry | 43 |
| 6 | Závěr | 45 |
| 7 | Literatura..... | 46 |
| 8 | Seznam použitých zkratk a symbolů | 52 |

1 Úvod

Maso je nedílnou součástí potravy již po tisíce generací lidského rodu. Jedná se o velmi specifickou potravinu se svými jednoznačnými organoleptickými vlastnostmi, pro které je konzumenty opakovaně vyhledávána. Zvláště pak hovězí maso je bohatým zdrojem esenciálních aminokyselin, vitaminů skupiny B, minerálních látek, ale i řady bioaktivních látek.

Spotřeba masa zaznamenala ve dvacátém století a obzvláště v jeho druhé polovině značný nárůst. Souvisí to jednak s vyšší spotřebou na jednoho obyvatele, ale také s rostoucí globální populací a se změnami na socioekonomické úrovni. Jeho produkce je specifický segment náročný na zdroje a současný růstový trend není možný vzhledem k udržitelnosti klimatu a dostupnosti zdrojů. Současná atmosféra části populace vyvíjí sociální tlak na omezení produkce a konzumace této komodity. V návaznosti na tato fakta se v průběhu let změnila spotřeba jednotlivých druhů mas i na našem území od konce devadesátých let se v případě hovězího masa jeho spotřeba téměř třikrát zmenšila.

Mezi dominantní plemeno z hlediska tuzemské produkce hovězího masa stále patří český strakatý skot. Jedná se o pozdnější skot se středním až větším tělesným rámcem a poměrně dobrým osvalením, při zachování dobré mléčné užitkovosti dojených krav. Toto plemeno je ceněno i pro svou přizpůsobivost, odolnost a menší náchylnost k nemocem. Ve srovnání s ostatními plemeny vyniká dobrou výkrmností a využitím objemných krmiv. Maso českého strakatého skotu se vyznačuje velmi dobrou intenzitou růstu, dobrou zmasilostí jatečného těla s relativně nízkým stupněm ukládání loje. Rovněž maso je charakteristické nízkým obsahem intramuskulárního tuku, což odpovídá požadavkům současných konzumentů.

Hovězí je mezi mazem hospodářských zvířat poměrně specifický druh, který se vyznačuje nejvyššími rozdíly v parametrech kvality mezi jednotlivými svalovými partiemi. Odlišnosti mezi jednotlivými svaly jsou znatelné ať z hlediska nutričního, definované jak chemickou skladbou nebo množstvím kolagenu, tak zejména množstvím obsahu tuku a převládajícím zastoupením svalových vláken. Jednotlivé části hovězího lze rozčlenit podle obsahu pojivové tkáně. Maso s menším množstvím pojivové tkáně, jako například roštěnec (*longissimus*) se obvykle připravuje suchou metodou, která rychle zvýší teplotu masa, ale nesníží tím křehkost masa zkrácením kontraktilních bílkovin nebo ztrátou vody. Naopak u hovězích partií s větším množstvím pojivové tkáně, jako je například kýta, je nejlepší je tepelně upravovat delší dobu mokřím způsobem. Toto vlhké teplo napomáhá rozpouštět frakce kolagenu, a tím učiní upravovaný kus křehčím.

Pro existující rozdíly mezi jednotlivými partiemi hovězího masa je diskutováno téma, jak kterou partii, co nejlépe tepelně upravit. I z tohoto důvodu je nutné podrobit výzkumu, co největší podíl svalů při různých typech úprav a vyhodnotit, která je nejvhodnější pro daný sval. Výsledkem by mohly být kompromisy, kdy za použití správné tepelné úpravy by i tužší partie s vyšším zastoupením pojivové tkáně, jako například váleček (*semitendinosus*) či spodní šál (*biceps femoris*) mohly dosahovat podobně kvalitních texturních parametrů, jako více ceněné části hovězího masa, jako svičková (*psaos major*).

Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit vliv různého způsobu tepelné úpravy na fyzikální, technologické a organoleptické vlastnosti masa tří svalů od šesti býků českého strakatého skotu poražených ve shodném věku.

Hypotéza: Metody tepelného opracování hrají pro texturní parametry a nutriční hodnotu hovězího masa významnější úlohu než svalová partie.

2 Literární rešerše

Definice masa

Než bude probírána v dalších částech práce samotná analýza masa, je důležité pochopit, co je to maso a jaké jsou jeho hlavní složky. Pro laika to je jednoduše maso zvířete, které člověk běžně konzumuje, ať už tepelně upravené, nebo v syrovém stavu. Kromě toho je maso definováno v Codex Alimentarius, jako všechny části zvířete, které jsou určeny k lidské spotřebě nebo byly posouzeny jako bezpečné a vhodné k lidské spotřebě. Tím se tedy rozumí nejen kosterní svalovina zvířat, ale také tuk, kůže, droby, kosti či krev. Maso je však dále definováno v evropském právu, jako "kosterní svalovina" skotu, ovcí, prasat, ryb i bezobratlých intenzivně chovaných i volně žijících uznaných za vhodné k lidské spotřebě s přirozeně obsaženou nebo přilehlou tkání (Richards 2018).

Maso, jako potravina

Z výzkumů vyplývá, že předchůdci moderního člověka postupně přešli z rostlinné stravy i na živočišnou potravu již zhruba před téměř 4 miliony lety z důvodu suchých období, kdy ubývalo rostlinné stravy, a byli nuceni začít konzumovat mršiny býložravců. Postupně se adaptovali natolik, že posléze *Homo habilis* přešel k lovu. Důsledkem byla o dost bohatší strava na obsah energie. S tím je spojován i rozvoj mozku a postupná adaptace gastrointestinálního traktu na živočišnou stravu. Lze tedy říci, že živočišná strava hrála zásadní roli v evolučním vývoji našeho druhu (Mann 2018). Mezi nejdůležitější organoleptické charakteristiky hovězího masa patří chuť a jeho křehkost, a to téměř ve všech zemích, kde je hovězí maso konzumováno. Šťavnatost, barva a textura jsou dalšími důležitými aspekty, následované mramorováním. Mramorování, má příznivý vliv na šťavnatost a chuť hovězího masa. Spotřebitelské vnímání kvality hovězího masa při konzumaci je složité, stejně jako měření indexů kvality. Měření atributů kvality hovězího masa je složitý proces. Existuje mnoho testů jakostních znaků (křehkost, barva, chuť, vaznost), které lze na mase aplikovat až poté, co opustí jateční závod. Tyto konvenční metody jsou však destruktivní a časově náročné. (Ojha et al. 2016)

2.1.1 Role masa v lidské výživě

Konzumace živočišných potravin vedla k mnoha adaptacím, včetně rychlého nárůstu velikosti mozku a změn ve struktuře trávicího traktu. Tento přechod také zahrnoval změnu ve stravovacích návycích, kdy se dieta stala více založená na obilovinách a kukuřici, což vedlo ke změně v příjmu mastných kyselin. Důležitými zdravotními aspekty konzumace masa v moderním světě jsou otázky týkající se nasycených tuků, omega-3 mastných kyselin a klíčových živin, které živočišné potraviny dodávají, s důrazem na funkci mozku, vývoj plodu a vývin dítěte v prvních letech života. (Pereira & Vicente 2013)

2.1.2 Rozdíly mezi červeným a bílým masem

Červené maso pochází obvykle z JUT savců, jako je hovězí, vepřové a jehněčí maso. Je charakteristické svou tmavší barvou díky přítomnosti myoglobinu, který na sebe váže kyslík ve svalové tkáni. Červené maso má také vyšší obsah celkového tuku, nasycených tuků a cholesterolu ve srovnání s bílým masem. Například 100 g syrového mletého hovězího masa s 10 % tuku obsahuje 10 g celkového tuku, 3,93 g nasycených mastných kyselin a 65 mg cholesterolu, zatímco 100 g syrových kuřecích prsou obsahuje pouze 1 g celkového tuku, z toho 0,3 g nasycených mastných kyselin a 73 mg cholesterolu. Červené maso je také dobrým zdrojem železa, zinku a vitamínu B12. Bílé maso obvykle pochází z drůbeže, jako jsou kuřata a krůty. Vyznačuje se světlejší barvou díky absenci myoglobinu.

Bílé maso má ve srovnání s červeným masem obecně nižší obsah celkového tuku, nasycených tuků a cholesterolu. Například 100 g syrového mletého krůtího masa se 7 % tuku obsahuje 7 g celkového tuku a z toho, 1,9 g nasycených mastných kyselin a 62 mg cholesterolu, zatímco 100 g syrového steaku z hovězí svíčkové obsahuje 15 g celkového tuku, 6 g nasyceného tuku a 62 mg cholesterolu. Bílé maso se vyznačuje vysokým obsahem cholesterolu, který se v něm vyskytuje a je také dobrým zdrojem bílkovin a niacinu. Je důležité si uvědomit, že výživová hodnota červeného a bílého masa se může lišit v závislosti na jeho druhu, způsobu tepelné úpravy, zpracování a použité partii. Například kuřecí prsa bez kůže, která jsou pečená nebo grilovaná, jsou zdravější variantou ve srovnání se smaženým kuřetem nebo tučným kusem hovězího masa (Keeton & Dikeman 2017).

2.1.3 Spotřeba hovězího masa

Světová produkce hovězího masa se neustále zvyšuje, za poslední půlstoletí v průměru o 1,59 % ročně, současně s rostoucí životní úrovní v rozvojových zemích a v roce 2018 dosáhla 67,354 milionu tun. Současné trendy předpovídají další nárůst spotřeby v rozmezí z 69 až na 89 milionů tun v roce 2030. Tento trend je součástí kontinuálního celosvětového růstu roční spotřeby masa zaznamenaného ve stejném období, který je způsoben nárůstem spotřeby všech kategorií masa na celém světě. Nicméně specifická dynamika dostupnosti masa ukazuje, že z první pozice v šedesátých letech klesla spotřeba hovězího masa od počátku tohoto století na třetí nejkonzumovanější (8,8 kg/osobu v roce 2018) na druhou stranu vepřové maso dominovalo individuální spotřebě. Po padesáti letech bylo naopak upozaděno maso vepřové, jehož spotřeba byla předstížena masem kuřecím, které se pravděpodobně stává zdaleka nejrozšířenějším druhem masa z důvodu jeho etické, kulturní a náboženské neutrality nehledě na možnost využití automatizace v jeho produkčních systémech. Celosvětová spotřeba, zejména v rozvojových zemích, i produkce hovězího masa se neustále zvyšují, což vyžaduje, aby odvětví zlepšilo výkonnost a zároveň snížilo dopad na životní prostředí.

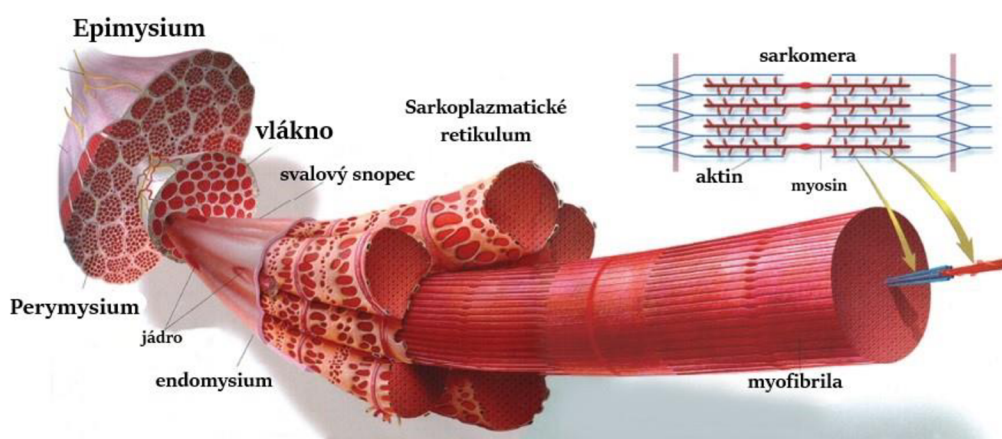
Vzhledem k tomu, že ke zlepšení efektivity a největším dopadům dochází na úrovni zemědělských podniků, je vhodné zaměřit se na ziskovost a environmentální udržitelnost tohoto typu chovu. Na mnoha místech světa je produkce hovězího masa ekonomicky a sociálně významná, protože se na ní podílí podstatná část zemědělské produkce a představuje zásadní hospodářskou činnost v horských oblastech, kde je chov hovězího dobytka velmi důležitý. Jedná se o mnoho regionů, kde existuje jen málo alternativ pro jinou zemědělskou produkci. Důležitou roli v zemědělském a potravinářském hospodářství na celém světě je budoucnost hovězího masa důležitá. Přináší však s sebou nelehké výzvy v podobě snížení ekologických dopadů, především přijetím agroekologických postupů, které tyto dopady zmírňují a současně zlepšují výkonnost výroby a kvality produktů. (Pulina et al. 2021).

Spotřeba hovězího masa v České republice se od roku 1990 snížila na zhruba třetinu, nyní dosahuje 9,4 kg na obyvatele a rok (ČSÚ, 2022). Tuzemská spotřeba představuje pouze asi polovinu průměrné spotřeby obyvatele zemí EU15. Snížení této poptávky lze přičítat kombinaci několika faktorů, z nichž nejvýznamnější zahrnují zejména cenu (ve srovnání s drůbežím a vepřovým masem), nevyrovnanou kvalitu nabízeného masa a někdy i nedostatečně podložené informace o negativním vlivu konzumace hovězího masa na lidské zdraví. Dále dochází k proměnám stravovacích návyků, především u mladší generace, která v důsledku odlišného životního stylu upřednostňuje jiné druhy masa (Panovská et al., 2008). Zvýšení konzumace hovězího masa nepřispívá ani relativně nízká informovanost spotřebitelů o správném zacházení s různými částmi masa a optimálním tepelném zpracování. Klíčovou roli při výběru hraje informovanost spotřebitelů o původu, chovu, výživě a zacházení se zvířaty při jejich rozhodování o nákupu hovězího masa. (Napolitano et al. 2010)

Fyziologie svalů

Svalová tkáň hospodářských zvířat a ryb používaných ke konzumaci představuje 35 až 60 % jejich tělesné hmotnosti. Příčně pruhované kosterní svaly připojené k páteři umožňují pohyb a držení těla. Příčně pruhovaná svalovina vykazuje širokou rozmanitost tvarů, velikostí, anatomických umístění a fyziologických funkcí. Vyznačují se složeným vzhledem, protože kromě svalových vláken se skládá, obsahují pojivovou, tukovou, cévní a nervovou tkáň, svalová vlákna. Intramuskulární pojivová tkáň a intramuskulární tuk hrají klíčovou roli při určování kvality. Druh použité svalové partie má velký vliv na řadu jakostních parametrů. Mezi které se řadí barva, textura, šťavnatost, jakož i chuť. (Listrat et al. 2016) Kosterní svalovina, která utváří základní jednotku masa, je velmi různorodá tkáň sestávající se z velkého množství vláken. Svalová vlákna jsou mnohoaderné útvary, jejichž průměr je 10–100 μm a jejich délka může být od několika milimetrů až po více jak 30 cm. Kosterní svalstvo dospělých zvířat se skládá z velkého množství funkčně rozdílných typů vláken, která se liší svými molekulárními, metabolickými a strukturními vlastnostmi, a tak mohou být klasifikovány podle různých parametrů (Choi & Kim 2009).

Svalová vlákna se člení na jednotlivé typy. Mezi hlavní tři jsou řazena vlákna typu I (červená s pomalou kontrakcí a oxidativním metabolismem), IIA (červená s rychlou kontrakcí a oxidativně-glykolytickým metabolismem) a vlákna IIB (bílá s rychlou kontrakcí a glykolytickým metabolismem). Zastoupení jednotlivých typů svalových vláken ve svalu je tak hlavním faktorem, který ovlivňuje metabolismus energie v kosterních svalech zvířat a následně také probíhající posmrtné změny. Utváření svalových vláken jak do velikosti, tak do zastoupení jednotlivých typů ovlivňuje řada faktorů. V rámci živočišného druhu to je především zvolená masná partie, plemeno nebo věk zvířat, ale také vnější faktory jako výživa nebo systém ustájení. (Joo et al. 2013)



Obr. 1 - schéma svalového vlákna (Listrat et al. 2016, upraveno)

Chemické složení hovězího masa

Hovězí maso je komplexní potravina, která obsahuje celé spektrum látek, jak organických tak anorganických. Bílkoviny hovězího masa jsou v poměrně vysokém zastoupení, přičemž nejvíce zastoupenými jsou aktin, myosin a kolagen. Aktin a myosin též nesou odpovědnost za texturu a chuť masa. Celkový obsah tuku v hovězím mase je velmi proměnlivý v závislosti na plemeni, výživě zvířete a hodnocené partii masa. Nachází se převážně v podkožním vazivu a intramuskulární tkáni (WILLIAMS 2007). Hovězí maso má komplexní profil mastných kyselin, který závisí na různých faktorech, jako jsou plemeno, věk, pohlaví, strava a typ svaloviny zvířete. Hlavní mastné kyseliny obsažené v hovězím mase jsou kyselina palmitová (C16:0), stearová (C18:0), olejová (C18:1n-9) a linolová (C18:2n-6). Podíl těchto mastných kyselin se liší v závislosti na typu svalu, například *longissimus lumborum* má vyšší obsah kyseliny olejové a nižší obsah kyseliny linolové než sval *semimembranosus*. Složení mastných kyselin v hovězím mase může být ovlivněno také metodami tepelné úpravy, přičemž některé metody vedou ke snížení obsahu polynenasycených mastných kyselin (PUFA) a zvýšení obsahu mononenasycených mastných kyselin (MUFA). Celkově může být hovězí maso zdrojem jak prospěšných, tak škodlivých mastných kyselin, v závislosti na množství a druhu konzumovaného tuku (Wood & Scollan 2022).

Tab. 1

Průměrné hodnoty použitých partií hovězího masa (kostky): květová špička, svrchní šál, nízký roštěnec, vysoký roštěnec, svičková

| Průměrný obsah nutričně významných látek ve 100g hovězího masa | | |
|---|----|------|
| Voda | g | 73,1 |
| Bílkoviny | g | 23,2 |
| Tuk | g | 2,8 |
| Cholesterol | kJ | 50 |
| Energie | kJ | 498 |
| Thiamin | mg | 0,04 |
| Riboflavin | mg | 0,18 |
| Niacin | mg | 5 |
| Vitamin B6 | mg | 0,52 |
| Vitamin B12 | µg | 2,5 |
| Vitamin A | µg | ≤5 |
| Kyselina pantethonová | mg | 0,35 |
| β-karoten | µg | 10 |
| α-tokoferol | mg | 0,63 |
| Na | mg | 51 |
| K | mg | 363 |
| Ca | mg | 4,5 |
| Fe | mg | 1,8 |
| Zn | mg | 4,6 |
| Mg | mg | 25 |
| P | mg | 215 |
| Cu | mg | 0,12 |
| Se | µg | 17 |

(WILLIAMS 2007, upraveno)

2.1.4 Bílkoviny

V libové svalovině hovězího masa je v průměru obsaženo 18 – 22 % hmotnostních bílkovin. Členění bílkovin masa je odvozováno od jejich rozpustnosti ve vodě a roztocích solí. Odlišná rozpustnost proteinů je závislá převážně na poměrech polárních a nepolárních skupin včetně jejich rozložení v molekule. To dále ovlivňuje sílu interakce bílkovin a rozpouštědla. Bílkoviny tedy dělíme do tří skupin: sarkoplazmatické, myofibrilární a stromatické. Sarkoplazmatické jsou rozpustné ve vodě a slabém roztoku solí. Jsou globulární kompozice a obsaženy v sarkoplazmatu. Další skupinou jsou myofibrilární bílkoviny, které jsou rozpustné v roztocích solí, ale v destilované vodě nikoli. Tvoří vláknité molekuly a konformace myofibril. Poslední skupinou jsou stromatické bílkoviny pojivových tkání. Nerozpouští se ani ve vodě ani v roztocích solí. Tvoří vlákna jednotlivých pojivových tkání a obalové části svalových struktur (Pipek 1998). Hovězí maso je dobrým zdrojem bílkovin, 100 gramová porce vařeného hovězího masa poskytuje přibližně 26 gramů bílkovin. Bílkoviny v hovězím masu jsou komplexní bílkoviny, což znamená, že obsahují všechny esenciální aminokyseliny, které tělo potřebuje k výstavbě a obnově tkání (Tornberg 2005).

2.1.5 Tuky

Tuk hovězího masa je jeho důležitou složkou, která ovlivňuje jeho nutriční hodnotu a organoleptické vlastnosti. Lze ho rozdělit na intermuskulární, intramuskulární, viscerální a depotní (Kameník 2014). Největší vliv na výsledný senzoričtý profil masa má tuk intramuskulární (IMT). Množství tuku v hraje zásadní roli při konzumaci hovězího masa. U hovězího masa panuje pozitivní vztah mezi jeho IMT a senzoričtými deskriptory, jako jsou křehkost a šťavnatost. To potvrzuje i studie, která hodnotila senzoričtí parametry hovězího masa a vliv množství IMT na jeho organoleptické vlastnosti. Byl hodnocen nízký roštěnec (n=42), (*Longissimus lumborum*). Do pokusu byly zahrnuta plemena skotu Angus a Wagyu, a to ve dvou způsobech výživy: pastevní chov a intenzivní výkrm (obilniny). Bylo zjištěno, že se šťavnatost a křehkost masa zvyšovala s mírou mramorování, to potvrdilo i měření síly stříhu (N) na Warner-Bratzlerově stroji. Při porovnání typu výkrmu u plemene Angus, bylo zjištěno, že pokud množství IMT převyšovalo 5 %, nebyly zjištěny významné rozdíly v organoleptických vlastnostech. (Frank et al. 2016)

2.1.6 Vitaminy a minerální látky

Maso je vynikajícím zdrojem řady vitaminů a minerálních látek. Červené maso poskytuje přibližně 25 % doporučené dávky riboflavinu, niacinu, vitamínu B6 a kyseliny pantotenové na 100 g a prakticky dvě třetiny denní potřeby vitamínu B12 ve stejné porci. Maso je také jedním z nejlepších zdrojů zinku, selenu, fosforu a železa. Hovězí libové maso poskytuje ve 100g porci přibližně 37 % denní dávky selenu, 26 % denní dávky zinku a 20 % draslíku. Vzhledem k tomu, že lidé jen zřídka jedí syrové maso, je důležité vzít v úvahu vliv způsobu tepelné úpravy na obsah vitaminů a stopových prvků. Dalším významným minerálem červeného a zvláště hovězího masa je železo. Železo má zásadní význam pro lidské zdraví a jeho nedostatek vede k narušení řady biologických funkcí i k poruchám růstu a vývoje dětí. Jeho metabolismus je odlišný od ostatních minerálních látek, protože se nevylučuje a 90 % jeho potřeby má endogenní zdroj, rozpad červených krvinek. Dochází také k obligátním ztrátám kůží, střevy, močovými cestami, dýchacími cestami a menstruací u žen. Zásadní roli při udržování rovnováhy železa v těle hraje strava. Železo se vyskytuje v široké škále potravin, nicméně je přítomno ve dvou různých formách: hemové a nehemové železo. Hemové železo pochází z hemoglobinu a myoglobinu, proto je přítomno pouze v živočišných potravinách. Je vysoce biologicky dostupné a snadno se vstřebává ve střevním lumenu, protože je vstřebáváno enterocyty, jako neporušená molekula. Nehemové železo, které je obsaženo především v zelenině s tmavými listy, jako je špenát a brukvovitá zelenina, luštěninách a mléčných výrobcích. Vstřebávání nehemového železa může být silně narušeno a má nízkou biologickou dostupnost, která se pohybuje od 2 do 20 %. (Pereira & Vicente 2013)

2.1.7 Voda a vaznost masa

Obsah vody ve svalové tkáni je přibližně 70-75 %, přičemž přibližně 85 % této vody se nachází uvnitř myofibril, primárně mezi tenkými a tlustými filamenti a zbývajících 15 % v extracelulárním prostoru. Vázaná voda představuje asi 4-5 % celkové svalové vody a je pevně spojena se svalovými proteiny prostřednictvím iontově-dipólových interakcí, má sníženou pohyblivost a je odolná vůči vnějším silám, jako je mráz nebo zahřívání. Další frakce vody v masu je imobilizovaná voda, která představuje asi 80-85 % celkové vody ve svalech a má částečně omezenou pohyblivost. Imobilizovaná voda se drží uvnitř ve svalových vláknech sterickými účinky nebo tvorbou vodíkových vazeb se svalovými bílkovinami a vázanou vodou. (Warner 2014)

Tato voda může být odstraněna sušením či denaturací bílkovin. Volná voda představuje 10 % celkové vody ve svalu a může neomezeně migrovat ze struktury bez ohledu na náboj funkčních skupin. Volná voda se nachází v sarkoplazmatické tekutině a je udržována pouze slabými kapilárními silami mezi extramyofibrilárními a intramyofibrilárními vlákny. Všechny 3 formy vody v masu mají různé vlastnosti, přičemž volná voda se sušením odstraňuje jako první, následovaná imobilizovanou frakcí, vázaná voda má mezitím jiné vlastnosti a lze ji jen stěží odstranit běžným sušením. (Álvarez et al. 2021) Vaznost masa je jeden z hlavních kvalitativních atributů čerstvého masa a je základním prvkem jeho obchodní hodnoty, protože má významný vliv na změnu hmotnosti a organoleptickou přijatelnost pro zákazníka. Ovlivňuje tak i barvu, texturu, šťavnatost a pevnost během přepravy a skladování. Během postmortální přeměny svaloviny v maso dochází ke změnám, které ovlivňují právě i jeho vaznost složitým biochemickým procesem. Apoptóza (programová buněčná smrt) je silně spojena s vazností svaloviny během postmortálního skladování nebo zrání masa. Nedávné studie zjistily, že apoptóza podporuje degradaci myofibrilárních proteinů, což vedlo ke ztrátě vody vázané na proteiny.

Současně s tím dochází k tzv. degradaci proteinů, což podpoří i ztrátu vody vytvořením kanálů pro vodu, která proudí svalem. Studie, která hodnotila sval *longissimus lumborum* z osmi býků skotu plemene Qinchuan ve stáří 18-24 měsíců, o tělesné hmotnosti 400 ± 20 kg (Liu et al. 2023), zjistila, že exprese genu HMOX1 spolu s ferroptózou (forma apoptózy) jsou spojeny se strukturálními změnami v genomu, což má za následek sníženou, vaznost hovězího masa.

Vliv výběru plemene skotu na kvalitu masa

V dnešní době je známo několik typů skotu, které se člení dle užitkovosti. Jedná se o plemena masná, mléčná a kombinovaná. Tyto typy jsou pak chovány pro různé účely a využití. Mléčný skot je primárně chován pro produkci mléka, zvláště pak plemena jako holštýn, jersey nebo guernsey jsou známá pro svou vysokou produkci mléka a jsou hojně využívána v mléčném průmyslu. Není však výjimkou, že jsou tato plemena předmětem výzkumů ohledně kvality jejich masa. Masný skot je k jednostranné produkci masa. Mezi hojně využívaná plemena lze pak řadit například aberdeen angus, hereford, charolais, limousin či simmental. Některá plemena skotu jsou chována jak pro produkci mléka, tak i masa. Jedná se o kombinovaný typ, přičemž se jedná například o Český strakatý skot (také: „ČESTR“). Tato plemena jsou užívána pro svou schopnost kombinovat obě užitkovosti, což může být v některých případech ekonomicky lukrativní.

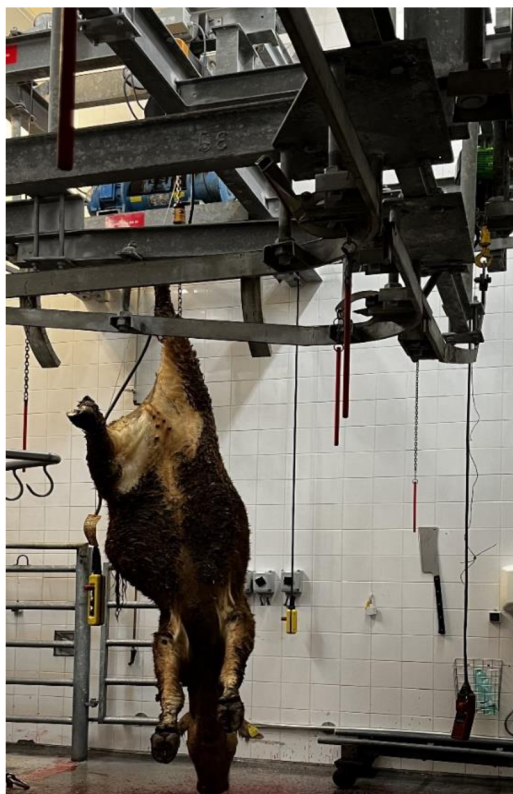
Jedním z klíčových faktorů ovlivňujících kvalitu masa je genetický původ jatečných zvířat. V populaci skotu v České republice dominuje holštýnské plemeno, zaměřené na produkci mléka, představující přibližně třetinu populace. Další třetinu tvoří české strakaté plemeno, kombinující různé užitkové vlastnosti. Zbytek populace představuje masný typ skotu. Tento segment zahrnuje širokou škálu masných plemen, některá čistokrevná až křížence s mléčnými plemeny či navzájem mezi sebou. Tento rozmanitý mix má významné dopady na složení masa a jeho chuťové vlastnosti. Zvířata s vyšším podílem kontinentálních plemen mohou dosáhnout vyšší porážkové hmotnosti díky nižšímu ukládání tuku, což obvykle vede k vyšší jatečné výtěžnosti a výraznějšímu podílu masa v jatečném těle. Na druhou stranu, zvířata s britskými plemeny, jako je aberdeen angus nebo hereford, bývají většinou porážena v nižší živé hmotnosti, jejich maso je typicky bohatší na intramuskulární tuk, což se projevuje charakteristickým mramorováním. (Bureš & Bartoň 2012)

Nemalý vliv na kvalitativní parametry hovězího masa různých plemen, má především metabolismus daného zvířete, typ chovu, ale také zacházení se zvířetem před porážkou. Jedná se o velké množství vlivů. Například studie, která porovnávala 4 masná plemena (aubrac, salers, limousin, charolais) neprokázala žádné významnější rozdíly ve výsledné kvalitě masa, která byla senzoričsky hodnocena. Autor uvádí, že větší rozdíly v kvalitě masa jsou pak znatelné mezi jednotlivými svalovými partiemi než v samotném druhu plemene. (Dransfield et al. 2003)

Naproti tomu pokus, ve kterém bylo hodnoceno maso mladých býků plemen aberdeen angus, gasconne, holštýnské a české strakaté, za totožných podmínek výkrmu a ustájení. Porážka byla provedena ve shodném stáří 17 měsíců. Rozboru byly podrobeny vzorky svalu roštěnce (*longissimus lumborum*). Po provedeném chemickém rozboru a senzoričské analýze byly zjištěny rozdíly mezi plemeny, nejpříznivěji pak bylo hodnoceno plemeno aberdeen angus. U tohoto plemene byl též zjištěn nejvyšší obsah intramuskulárního tuku a nejnižší síla stříhu síly stříhu Warner Bratzlerovým strojem. (Bureš & Bartoň 2012)

Porážka skotu

Porážka skotu zahrnuje mnoho dílčích úkonů, které mohou zásadně ovlivnit výslednou kvalitu masa. Mezi kritické body těchto úkonů patří například nakládka zvířat, přeprava na jatka, vykládka zvířat na jatkách, manipulace s nimi, jejich krátkodobé ustájení a v neposlední řadě následuje porážka. Zdravé zvíře je zpravidla 24 hodin před porážkou odstaveno od krmiva, nastává tzv. lačnění, za stálého přístupu k vodě. Poté, co je skot vyložen na jatkách by měl být krátkodobě ustájen, nejlépe v chladnějším prostředí bez výraznějších stresových podnětů.



Obr. 2 – zavěšení skotu na jatkách, vykrvení ve visu (foto, autor DP)

Na počátku celého procesu je skot kusově naváděn k místu omráčení systémem uliček z železného hrazení. Ze snahy o menší stres zvířete je vhodné, aby místo samotného omráčení a následné porážky bylo vzdáleno mimo od místa dočasného ustájení. K místu omráčení se skot nahání buď po noze, nebo na dopravníku. Tato cesta by měla být co nejkratší. V moderních provozech je však využíváno dopravníků. Po dopravení zvířete k místu omráčení je fixováno v poslední části klece. Skot je omračován zpravidla buď mechanicky, nebo za použití elektrického proudu. Při mechanickém způsobu omráčení upoutaným projektilem dochází proražení lebky a je zde riziko kontaminace nervovou tkání. Zatímco při použití elektrického proudu dojde k excitáčnímu vzrušení mozku, zvýšení jeho aktivity i spotřeby kyslíku. Následkem toho vzniká epileptický záchvat. V důsledku toho dochází ke ztrátě vědomí. (Woerner et al. 2014)

Bezprostředně po omráčení je obvykle co nejrychleji zvíře zavěšeno za Achillovu šlachu na hák se systémem kolejnic (viz. Obr. 1) pro ulehčení další manipulace a úkonů. Následně je vzat sterilní vykrvovací nůž, kdy je veden řez skrze kůži i svalovinu krku asi 15 cm nad koncem hrudí. Po vykrvení je zvíře přemístěno na háku systémem kolejnic do další části jatečného závodu, kde nastává stahování kůže. Při stahování dojde k separaci kůži od podkoží. Je přerušeno podkožní vazivo, je však dbáno na to, aby na stažené kůži nezůstávalo zbytečně velké množství tukové a svalové tkáně. (Pipek, 1998)

Ve valné většině podniků je k stahování kůži skotu využíváno vibračních nebo rotačních nožů v kombinaci se stahovacím zařízením, které oddělí zbytek kůže namotáním části předpracované kůže do zařízení, které poté stáhne zbytek kůže z těla až po hlavu zvířete. Předpracování kůže skotu zahrnuje také odejmutí pohlavních orgánů býků a vemene u krav a jalovic. Další úkon předpracování je odstranění nožin mechanickými nůžkami. Dále je odříznuta hlava z které jsou odřezány uši, rohy, odejmuty oči, jazyk a je z ní stažena kůže. Vlastní stahování je uskutečněno na strojích, jako rolovací systém, erfutský způsob či bubnový stahovač. (Woerner et al. 2014)

Po stažení kůže je prováděna eviscerace (vykolení), vyjmutí vnitřních orgánů. Vykolení zahrnuje vyjmutí orgánů dutiny pánevní, hrudní, břišní a pohlavních orgánů, plic, jater, srdce, hltanu a hrtanu. Samotné vykolení u skotu je zahájeno rozříznutím kosti hrudní pilou (rozhruzení). Na krku je uvolněn hrtan a jícen. Posléze je rozříznutá svalovina pánve, kdy je uvolněn konečník, který se podváže. Spona pánevní je rozdělena pilou nebo sekýrou. Jsou vyjmuty pohlavní orgány, močový měchýř, střevní komplex i s předžaludky a žaludkem. Dále jsou vyjmuta játra a další orgány. Orgány jsou poté kontrolovány veterinářem. Následně je tělo půleno popřípadě děleno ještě na čtvrtě. Takto jatečně upravené tělo též podléhá veterinární prohlídce a zařazení do jakostní třídy dle systému SEUROOP. Hodnocena je zmasilost, protučnělost a třída skotu. Po kontrole veterinářem je potravinářskou barvou jatečné tělo příslušně označeno a přepraveno do chladících prostor, kde probíhají postmortální změny během, kterých vzniká maso se všemi typickými organoleptickými vlastnostmi. Další možnost, je zpracování tzv. za tepla, kdy ihned po porážce je JUT bouráno před nástupem rigor mortis. (Pipek, 1998)

2.1.8 Postmortální změny v mase

O výsledné kvalitě masa rozhoduje kromě dalších faktorů průběh postmortálních změn, kdy se svalová tkáň mění na maso. V živém organismu při dostatku kyslíku je ve svalu odbouráván glykogen aerobně za zisku energie až na oxid uhličitý a vodu v rámci respiračního řetězce. Jedna molekula glukózy je schopna vygenerovat až 38 molekul ATP. Dále se se uvolňuje i teplo, které slouží k udržení tělesné teploty.

Za života zvířete, zvláště pak u skotu při silné vyčerpávající práci je spotřebovááno více kyslíku, než je schopna krev do svalu v daný moment dodat. V tom případě je glykogen anaerobně enzymaticky odbourán na laktát. Tato anaerobní glykolýza nastává též po usmrcení zvířete v důsledku přerušení krevního oběhu. Také během anaerobní glykolýzy dochází k uvolnění energie, která může být využita k následné tvorbě ATP. (Joseph 2003)

Z jedné molekuly glukózy se však anaerobně vytváří pouze 3 molekuly ATP. Posmrtné změny, během kterých se sval mění na maso, probíhají v čtyřech fázích. A to období prae rigor, rigor mortis, zrání masa a hluboká autolýza. Po usmrcení zvířete dochází k přerušení krevního oběhu a okysličení svalové tkáně. V důsledku toho začnou ve tkáních převládat anaerobní pochody nad aerobními. Při anaerobní glykolýze, vzniká kyselina mléčná. Po přerušení krevního oběhu však nedochází k transportu kyseliny mléčné do jater a její re-syntéze. Ubývá ze zásob glykogenu, zároveň se hromadí laktát ve svalech a způsobuje okyselení tkáně. První fáze posmrtných změn je období před *rigorem*. V této fázi je v tkáni dostatek ATP a aktin s myosinem jsou v disociovaném stavu. V tomto období maso vykazuje vysokou vaznost. V tomto období má maso poměrně vysokou teplotu 35 - 40 °C. V prvním stádiu probíhají procesy, které vyústí v *rigor-mortis*. Klesne-li koncentrace ATP pod určitou hladinu, aktin a myosin již nemohou zůstat v disociovaném stavu, spojují se tak tenká a tlustá filamenta, čímž nastává *rigor mortis*. (Pipek 1998)

Rigor mortis nastává po snížení koncentrace ATP o 75 - 80 %. V této fázi bývá hodnota pH hověziho masa kolem 5,9. Rozhodující je, ale množství ATP. V tkáních se utvoří tzv. aktino-myosinový komplex. Vlákna jsou smrštěna v příčném směru, vzdalují se od *endomysia*. I když vysoké teploty nejsou v praxi běžné, nízké teplota před nástupem *rigoru mortis* může vyvolat tzv. cold-shortening neboli chladové zkrácení. V *rigoru mortis* je ztuhlá svalová tkáň zkrácena ze své původní délky o 7 - 10 %. Vzhledem k vlastnostem, které maso během průběhu *rigoru mortis* vykazuje, se v této fázi nezpracovává. (Cabrera & Saadoun 2014)

Vlastní zrání masa, třetí fáze postmortálních změn, přináší postupné uvolnění ztuhlosti, zlepšení vaznosti a organoleptických vlastností. Uvolnění *rigoru mortis* a tím i zvýšení křehkosti masa, souvisí s degradací myofibrilárních bílkovin. Uplatňují se nativní proteázy svalu i mikrobiální proteázy. Okyselením kyselinou mléčnou na pH 5,5 dojde k rozrušení lysozomů a uvolňují se katepsiny. Katepsiny degradují bílkoviny, zejména pak troponin T. Tento jev posléze vede ke zkrátnutí masa (Toldrá et al. 2010). Do jaké míry maso zkrátně, je závislé na zkrátnutí sarkomer v okamžiku, kdy dochází k ztuhnutí. Hodně zkrátnuté svaly mají více příčných vazeb a v důsledku toho jsou tužší.

K uvolňování ztuhlosti napomáhají také nahromaděné fosfáty, které katalyzují disociaci aktinu a myosinu podobně, jako ATP. V neposlední řadě dochází ke štěpení kolagenu, jak enzymatickou činností, tak i v důsledku snížení pH. Doba zrání závisí na druhu zvířete, teplotě a dalších faktorech. (Pipek 1998) Optimální doba zrání u hovězího masa je pak 0 °C asi 10 až 12 dní. Výsledná hodnota pH po ukončení procesu zrání by měla u hovězího masa činit. Zrání po delší době přechází v hlubokou autolýzu. Jedná se o procesy vyloženě nežádoucí. Chuť i konzistence masa se při hluboké autolýze stanou nepříjemnými, kromě výjimečných případů, jako například zpracování zvěřiny. (Álvarez et al. 2021)

2.1.9 Vliv výběru svalové partie na kvalitu hovězího masa

Pojem "kvalita" zahrnuje mnoho faktorů. Barva a struktura masa patří mezi ty hlavní, přičemž textura, křehkost je pro spotřebitele nejdůležitější. Křehkost a texturní vlastnosti masa jsou ovlivněny pojivovou tkání, myofibrilami a jejich vzájemným působením. Tuhost způsobená kontraktinálními bílkovinami je dána specifickou délkou sarkomer dané svalové partie. Kolagen, jakožto hlavní složka svalové pojivové tkáně, výrazně ovlivňuje kvalitu hovězího masa. Literatura uvádí, že kolagen přispívá k takzvané "základní" tuhosti masa. Obecně se proto předpokládá, že kolagen je hlavním zdrojem tuhosti hovězího masa. Kolagen obsažený v pojivové tkáni svaloviny se dá rozdělit na dvě frakce, a to kolagen rozpustný a nerozpustný. Koncentrace kolagenu se během růstu až do porážky výrazně nemění, ale rozpustnost kolagenu klesá s hmotností a věkem zvířete (Torrescano et al. 2003). Studie Torrescana hodnotila 14 různých svalů masa mladých býků švýcarského hnědého skotu. Hodnocení proběhlo u *biceps femoris*, *quadriceps femoris*, *diaphragm*, *flexor digitorum*, *gluteus medius*, *infraspinatus*, *longissimus lumborum*, *longissimus thoracis*, *psaos major*, *pectoralis profundus*, *semimembranosus*, *semitendinosus*, *sternomandibularis* a *triceps brachii*. Byly hodnoceny charakteristiky, jako síla stříhu, obsah rozpustného i nerozpustného kolagenu, délka svalových sarkomer, hodnota pH a barva. Studie odhalila korelaci mezi silou stříhu WBSF a obsahem nerozpustného kolagenu. Nejnižších hodnot síly stříhu dosahovaly svaly *psaos major* (svíčková), a *flexor digitorum* (bránice, tzv. „veverka“). Dle výsledků této studie vyplývá poměrně lineární závislost těchto dvou veličin. (Torrescano et al. 2003)

Toto tvrzení podporuje i experiment, který porovnával vliv plemenné příslušnosti čtyřech plemen mladého skotu na utváření svalových vláken a texturu masa. Býci byli vykrmováni v identických podmínkách ustájení a výživy a po porážce od nich byly odebrány vzorky svalů na histologickou, chemickou analýzu svalových vláken a texturní analýzu masa. Významnější vliv na vlastnosti svalových vláken i texturu masa měla spíše daná masná partie než plemenná příslušnost zvířat. Vliv na měřenou sílu stříhu měla spíše kompozice svalových vláken jednotlivých svalových partií. (Lebedová 2021)

Například rozsáhlá rešeršní studie, která si dala za cíl seřadit významné svaly hovězího masa podle Warner-Bratzlerovy síly stříhu (WBSF) a sensorických vlastností na základě komplexního studia literatury, čímž se shromáždil velký počet pozorování pro každý sval. Svaly se třemi nebo více literárními zdroji byly seřazeny podle WBSF (n = 40), sensorické křehkosti (n = 14) a šťavnatosti (n = 13) hodnotila velké spektrum svalů hovězího masa. Jako křehké maso panel zkušených hodnotitelů vnímal ty svaly, jejichž síla stříhu (WBSF) byla rovna nebo nižší než 39 N, kdežto za středně tuhé byly považovány vzorky se silou stříhu 39 až 46 N. Vzorky se silou stříhu nad 46 N byly hodnoceny, jako tuhé. Nejlepších výsledků z hlediska křehkosti dosahovaly svaly *Psoas major*, *Infraspinatus* a *Spinalis dorsi*. (SULLIVAN & CALKINS 2011)

2.1.10 Vznik vad masa

Kvalita masa je určována hlavně intravitálními faktory. Mezi ty patří typ plemene jatečného zvířete, jeho pohlaví, věk, typ chovu a výživa, roční období, ale též stres, welfare zvířete včetně technologie zpracování. Po porážce na jatkách je rozhodující o kvalitě masa metabolismus svalových tkání *post-mortem*. Nejrozšířenější kvalitativní odchylky masa, zvláště pak hovězího jsou DFD či cold-shortening. Vady masa jsou nejčastěji pak spojovány se stresujícími faktory, což může být nakládka zvířat, jejich transport a vyložení na jatkách (Kameník, 2014).

Toto tvrzení podporuje i studie, která hodnotila vliv předporážkového stresu skotu na výslednou kvalitu masa. Bylo hodnoceno pět svalových partií, a to *Psoas major* (svíčková), *Longissimus lumborum* (nízký roštěnec), *Biceps femoris* (spodní šál), *Semitendinosus* (váleček) a *Infraspinatus* (loupaná plec). Hodnocení bylo provedeno na skotu mladším 24 měsíců, který byl součástí extenzivního chovu (n=488). Hodnoceny byly skupiny skotu, které byly poraženy ihned po vykládce na jatkách v porovnání se skupinami, které byly ustájeny před porážkou po dobu 14 dní. Dále se skupiny lišily v zastoupení pohlaví, kdy jedna skupina byla pohlavně smíšená a v druhé byli jen býci a volí. Svaly byly po tepelné úpravě sensoricky hodnoceny nezkušenými hodnotiteli (n=11 220). Nejlepších výsledků pak dosahovaly skupiny s pohlavní monogamií a čtrnáctidenním ustájením před porážkou. (Loudon et al. 2019)

2.1.11 DFD maso

Jednou z nejběžněji se vyskytujících vad hovězího masa je tzv. DFD maso („dark, firm, dry“- tmavé, tuhé, suché). V posledních desetiletích se zemědělská produkce transformovala do intenzivního produkčního systému. I tento fakt může mít negativní vliv na dobré životní podmínky zvířat a jejich stresový stav v souvislosti s nevhodnými postupy manipulace se zvířaty, a v důsledku toho se zvyšujícím výskytem vad masa, jako je právě DFD maso (Fuente, García et al. 2022). Vznik tohoto defektu je nejčastěji přisuzován dlouhodobému stresu zvířat před porážkou, kdy zvíře vyčerpává větší množství svalového glykogenu.

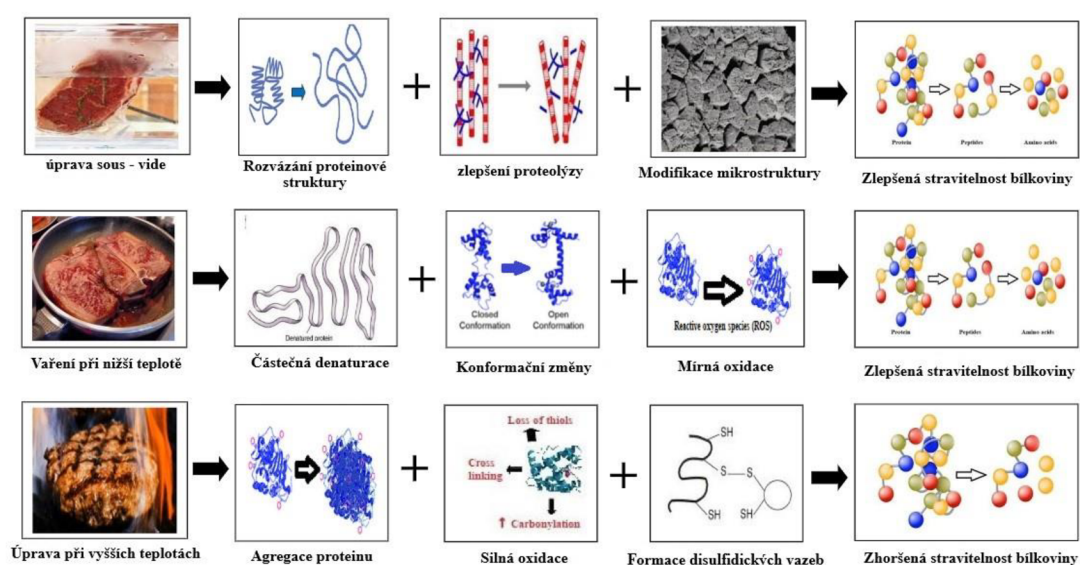
To způsobuje snížení dostupnosti substrátu (glykogen) a mění postmortální glykolytický metabolismus, což má za následek menší množství kyseliny mléčné a díky tomu vysoké konečné pH po průběhu postmortálních změn. Vada je indikována vyšším pH v době 24 h po porážce. Za normálních podmínek klesne pH z 7 na 5,4 – 5,6, kdežto u DFD masa je pH po 24 h vyšší než 6,0. (Joseph, 2003) Co se týče využití DFD masa, jedná se většinou o zpracování v masných výrobcích. Například ve výrobě drobných masných výrobků. Z důvodu vyšší vaznosti DFD masa je vhodné pro tvorbu tzv. spojky (Pipek, 1998). Ve studii Viljoen et al. (2002) byly naopak hodnoceny sensorické parametry masa normálního a DFD masa. Bylo zjištěno, že v syrovém stavu panel hodnotitelů nekompromisně upřednostnil maso s optimálním pH. Kdežto po hodnocení organoleptických vlastností tepelně upravených vzorků (gril), nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi steaky z hovězího masa normálního a DFD.

Způsoby tepelné úpravy a její vliv na kvalitu hovězího masa

Pro tepelné opracování masa a je využíváno hned několika způsobů tepelného ohřevu. Způsoby se liší v čase úpravy, teplotách a ve způsobu přenášení tepla. Rychlost přenosu tepla je závislá na velikosti a tvaru svalové partie, typu partie, jejím obsahu tuku či vodní aktivitě. Základní členění způsobů tepelného opracování masa se dá rozdělit na suché a mokré způsoby (Pipek, 1998). Tepelná úprava je jednou z klíčových fází zpracování masa. Charakterizuje ji soubor po sobě jdoucích složitých fyzikálních a chemických procesů, jejichž cílem je fixace tvaru a struktury výrobku, zničení vegetativních forem mikroflóry a vytvoření specifických organoleptických parametrů. V důsledku působení teploty, získává maso svou novou typickou chuť a aromatické látky, specifické texturní vlastnosti, hutnou konzistenci a je obvykle lépe stravitelné pro organismus. Fyzikální a chemické změny, ke kterým dochází během tepelného opracování, zahrnují denaturaci bílkovin, hydrotermický rozklad kolagenu, změny extraktivních látek, vitaminů, vaznosti a organoleptických parametrů včetně texturních vlastností masa (Vinnikova et al. 2019). Denaturace svalových bílkovin, která souvisí s organoleptickými vlastnostmi (křehkostí, šťavnatostí a barvou) vařeného masa, je studována již dlouho. Je známo, že myosin denaturuje při teplotách kolem 54 a 58 °C, zatímco aktin, aktinomyosinový komplex a titin denaturují při teplotách kolem 80 °C a teplota sarkoplazmatických bílkovin je asi 65-67 °C (Tornberg, 2005).

K degradaci kolagenu dochází mezi 58 °C a 65 °C. Z toho důvodu je rozhodující právě teplota a doba působení tepla na maso, vliv jednotlivých úprav na bílkoviny masa je názorně uveden v schématu *Obr. 2*. Změna barvy v důsledku zvýšení teploty je zpočátku způsobena denaturací myoglobinu, která přechází ze sytě červené do růžové a poté do šedavé barvy a končí světle hnědou. Je známo, že k těmto změnám dochází v blízkosti 60 °C, mezi 60 a 70 °C a mezi 70 a 80 °C. Při teplotě nad 85 °C se začíná tvořit Maillardova reakce, což zvyšuje pečené aroma masa.

Na druhou stranu může extenzivní vaření způsobit vysoké oxidační reakce a vznik nežádoucích polycyklických aromatických uhlovodíků a melanoidní pigmenty, které jsou spojeny s barvou grilovaného a pečeného masa, se zvyšující se teplotou zpravidla narůstá i množství produktů těchto reakcí (Kondjohan et al. 2014). Výsledná kvalita a sensorické vlastnosti masa se mohou lišit nejen díky volbě svalové partie, ale též v závislosti na způsobu tepelné úpravy a podmínkách, včetně teploty, rychlosti ohřevu a způsobu přenosu tepla. V několika studiích bylo zjištěno, že vliv metod tepelné úpravy na chuť masa je způsoben především rozdíly v typech přenosu tepla mezi, které patří kondukce, konvekce a radiace. Tepelnou úpravu lze také klasifikovat podle teploty vaření: nízkoteplotní vaření pod 100 °C, vysokoteplotní vaření nad 100 °C a velmi vysokoteplotní vaření nad 200 °C. (Ángel-Rendón et al. 2020)



Obr. 3 - Strukturální změny bílkovin v závislosti na použité tepelné úpravě (Bhat et al. 2021, upraveno)

2.1.12 Suché způsoby

Při tepelné úpravě suchými způsoby není přítomna voda, jako přenašeč tepla to svalové partie. Mezi nejběžnější způsoby suché lze řadit pečení či smažení. Pečení patří mezi suché způsoby tepelné úpravy masa. V běžné praxi je pak často kombinováno s parou v potravinářských provozech. Dochází k přirozené nebo nucené konvekci vzduchu, který je v tomto případě brán jako tepelné médium. Při tomto způsobu tepelné úpravy dochází rychlému nárůstu tepelného gradientu. Povrchové části masa jsou rychle odvodňovány, dochází k tvorbě kůrky, přičemž denaturace bílkovin je doplňována i oxidací vzdušným kyslíkem, což vede k intenzivnějším termickým procesům. Hmotnostní ztráty během pečení vznikají výlučně odpařováním volné vody a vylučováním tuku z masa. Při volbě tepelné úpravy pečení je třeba brát zřetel na vybranou partii masa a její vhodnost pro tepelnou úpravu, většinou se jedná o delší čas tepelné úpravy (Ha et al. 2022).

Pečení se většinou doporučuje u patrtí s vyšším obsahem pojivové tkáně. Přesto však studie Yanceho, která porovnávala různé způsoby úpravy *longissimus thoracis* (vysoký roštěnec) přisoudila pečení v horkovzdušné troubě nejlepší křehkost po tepelné úpravě (Yancey et al. 2011).

Smažení je jeden ze suchých způsobů tepelné úpravy masa. Konvekci tepla zajišťuje médium v podobě tuku. Buď rostlinného v podobě olejů či živočišného, jako sádlo popřípadě lůj. Proces probíhá přímým vložením masa do lázně oleje nebo s menším množstvím tuku na pánvi popřípadě použitím rozprášeného tuku na celý povrch masa v horkovzdušných fritézách. Smažení je poměrně diskutovaným způsobem tepelné úpravy kvůli substancím, které při něm vznikají polycyklické aromatické uhlovodíky, aldehydy či akrylamid s prokázanou karcinogenitou (Shen et al. 2023).

2.1.13 Mokrý způsob

Při mokřím způsobu tepelné úpravy masa je přenos tepla realizován médiem s vysokým obsahem vody. Může se jednat o mokřý vzduch, páru, vodu nebo vývar. Ve většině případů je využíván uzavřený prostor, jako mohou být konvektomaty, autoklávy, hrnce či nádoby s krytem (Pipek 1998). Vařením masa dochází ke změnám konformace svalových bílkovin a aminokyselin, včetně denaturace, agregace bílkovin, modifikace postranních řetězců aminokyselin, oxidace fenylalaninu a tvorby karboxy-ethyl lysinu. Tyto změny mohou ovlivnit stravitelnost bílkovin a měly by být zohledněny při volbě délky vaření. Kromě toho byl zaznamenán významný vliv vaření na obsah celkových karboxylových skupin a sulfanylových skupin (SH), (Bhat et al. 2021).

Dále je též významný obsah extraktivních látek ve vodním médiu, ve kterém je maso vařeno, což potvrzuje i studie, kdy byly vařeny části hovězího svalu *semimembranosus* ve vodném roztoku za přítomnosti zeleniny bohaté na škrob a další část stejného svalu byla za stejných podmínek připravena ve vodní lázni s částmi dýně (*Curcubita maxima*) a hub (*Agaricus bisporus*). Tyto potraviny byly záměrně vybrány pro přítomnost proteolytických enzymů. Dle výsledků bylo patrné, že stravitelnost živočišné bílkoviny byla po uvaření v přítomnosti dýně a hub lepší (Farouk et al. 2019).

Tepelná úprava Sous-vide je metoda vaření hovězího masa, která spočívá v uzavření masa do plastového sáčku ve vakuu a jeho vaření ve vodní lázni při přesné a rovnoměrné teplotě po delší dobu, obvykle 6-48 hodin. Tento způsob vaření je v posledních letech stále oblíbenější díky své schopnosti zachovat více vlhkosti, chuti a přirozeného stavu masa ve srovnání s běžnými metodami vaření. Studie prokázaly, že vaření metodou sous-vide může mít pozitivní vliv na kvalitu a stravitelnost hovězího masa.

Například studie o vlivu zpracování sous-vide na kvalitu a stravitelnost hovězího masa in vitro zjistila, že vzorky vařené sous-vide měly ve srovnání s konvenčně vařenými vzorky výrazně vyšší rozpustnost bílkovin, stravitelnost bílkovin a uvolňování volných aminokyselin a minerálních látek. Vaření sous-vide může také vést k lepším sensorickým vlastnostem hovězího masa, jako je křehkost, šťavnatost a barva, a také k lepší oxidační stabilitě a snížení ztrát látek souvisejících se zdravím, jako jsou antioxidanty, vitaminy a minerální látky. Celkově lze říci, že vaření sous-vide je slibnou metodou vaření hovězího masa, která může zlepšit jeho kvalitu, stravitelnost a nutriční hodnotu při zachování jeho přirozeného stavu a chuti (Bhat et al. 2021).

3 Materiál a metody

Podmínky experimentu (porážka a odběr vzorků)

Hovězí maso, které bylo hodnoceno v rámci experimentu, bylo odebráno z šesti mladých býků plemene českého strakatého skotu. Býci byli vykrmeni v experimentálních stájích Výzkumného ústavu živočišné výroby v Uhřetěvsi a ustájeni volně v kotcích se slamou přistýlaným ložem. Směsná krmná dávka byla předkládána *ad libitum* a byla tvořena z kukuřičné siláže, vojtěškové senáže, vojtěškového sena, řepkového extrahovaného šrotu, pšeničného zrna a minerálních a vitaminových doplňků. Porážka byla provedena v průměrném věku zvířat 14,5 měsíců. Živá hmotnost dosahovala v průměru 591,5 kg a hmotnost jatečná 328,6 kg. Zvířata byla 24. 4. 2023 nejprve omráčena a následně vykřvena v souladu s veterinárními podmínkami na experimentálních jatkách VÚŽV v Uhřetěvsi. Zde došlo také k následnému jatečnému opracování.

Po opracování byly půlky zavěšeny za Achillovu šlachu do chladicích prostor o teplotě 2°C. Po 48 hodinách došlo k technologickému rozboru pravých jatečných půlek, během něhož byly odebrány svaly, které byly předmětem experimentu. Jednalo se o svaly, *longissimus lumborum* (LL, nízký roštěnec, obrázek 4), *biceps femoris* (BF, spodní šál - kýta, obrázek 5) a *semitendinosus* (ST, váleček - kýta, obrázek 6). Část každého z těchto tří svalů, byla využita k měření fyzikálních charakteristik a chemického složení, zbylá část svalů byla vakuově zabalena a ponechána v lednici při teplotě 2 °C za účelem mokrého zrání, a to po dobu 14 dní.



Obr. 4 – Sval longissimus lumborum (Bureš et al. 2023)



Obr. 5 - Sval biceps femoris (BF), (foto autor DP).



Obr. 6 - Sval semitendinosus (ST), (foto autor DP)

fyzikální analýza

Bezprostředně po odejmutí vzorků byla jejich část hodnocena. Z fyzikálních veličin byla hodnocena barva masa (L^* - světlost; a^* - červenost; b^* - žlutost), pH, hmotnostní ztráty varem (%), vaznost (%) a síla stříhu (N). Tyto veličiny byly opětovně změřeny i po uběhlých 14 dnech zrání. Barva masa byla stanovena na plátcích masa po 30 min expozice na vzduchu spektrofotometrem Minolta CM-700d (Konica Minolta, Osaka, Japonsko) vždy, jako průměr třech měření jednoho vzorku. Dále bylo měřeno pH (pH 70 Vio, XS Instruments, Carpi, Itálie).

Na Stanovení hmotnostních ztrát varem byly plátky masa zváženy, vloženy do polyethylenového sáčku a vařeny ve vodní lázni (80°C) do finální teploty v jádře 75°C (Honikel, 1998) měřené vpichovým teploměrem. Poté co vzorky vychladly, byly osušeny a opětovně zváženy. Posléze byly vzorky pokrájeny na hranoly o velikosti 1 × 1 × 2 cm, které byly řezány napříč svalovými vlákny Warner-Bratzlerovým nožem (*Obr. 7*) na přístroji Instron Univerzal Texture Analyzer 3365 (Canton, MA, USA) s nastavením rychlosti střížné hlavy na 100 mm/min. Výsledné hodnoty (N) jsou uváděny, jako průměr šesti měření na vzorek.



Obr. 7 - Instron Univerzal Texture Analyzer 3365 (Canton, MA, USA), (Lebedová et al. 2022).

Vaznost byla ve vzorcích stanovena metodou za působení tepla. Duplikáty 80 g svaloviny byly zhomogenizovány se 120 ml destilované vody a 5 g NaCl (*Obr. 6*), a převedeny do předem zvážených zkumavek, které byly následně zahřívány 30 min ve vodní lázni při 75°C (*Obr. 9*). Následně byla odstraněna volná voda, zkumavky byly ponechány 30 min v převrácené poloze (*Obr. 10*), a po uplynuté době byly opět převáženy. Množství vody přijaté byl vypočítán z rozdílů hmotností (Dostálová et al. 2020).



Obr. 8 – 10 – Stanovení vaznosti jednotlivých vzorků (zleva: homogenizace, zahřívání ve vodní lázni a vzorky po stanovení před finálním vážením (foto autor DP)

chemická analýza

Vzorky určené k chemické analýze složení byly homogenizovány a posléze sušeny do konstantní hmotnosti při 105°C. Následně byl v těchto vzorcích stanoven obsah sušiny (AOAC, 2005). Vzorky po sušení byly analyzovány na obsah hrubého proteinu přístrojem Kjeltec 2400 (2460, FOSS Tecator AB, Hogans, Švédsko). Podíl intramuskulárního tuku (IMT) byl stanoven pomocí extrakce petroléteremna přístroji Soxtec Avanti 2055 (FOSS Tecator AB, Švédsko).

Hodnocení chemického složení masa bylo obdobným způsobem hodnoceno i v období 16 dnů po porážce a také u tepelně upravených vzorků masa.

Miofibrilární fragmentační index (MFI) byl stanoven adaptací metody dle Aroeira et al., (2020). Ze zmraženého vzorku svaloviny byly nakrájeny plátky cca 5 mm velké v množství 4 g ve dvou duplikátech, které byly vloženy do plastových kádinek. K masu bylo přidáno 40 ml zchlazeného MFI pufru a proběhla homogenizace při 1500 otáčkách po dobu 30 s v homogenizátoru Velp Scientifica OV5 (Velp Scientifica Srl, Usmate, Itálie). Homogenát byl přelit do 50ml centrifugační zkumavky a proběhlo odstředění v chlazené centrifuze Hermle Z36 HK (Hermle Labortechnik GmbH, Wehingen, Německo při 2 °C, 1000 g × 15 minut. Následně byl odebrán supernatant a reziduum bylo opětovně zředěno 40 ml chlazeného MFI pufru a opětovně umístěno do centrifugy při 1000 g × 15 min. Po opětovném oddělení supernatantu bylo opět přidáno k reziduu 10 ml chlazeného MFI pufru a došlo k vortexování na mixeru F202A0173 Classic Vortex Mixer (Velp Scientifica Srl, Usmate, Itálie) při plné rychlosti (3000 RPM) po dobu 30 s. Následně byl vzorek přelit přes polyethylenové sítko o velikosti ok 1 mm² (18 mesh = 1000 μm), tak aby došlo k odstranění zbytků pojivové tkáně. Po zfiltrování byl vzorek umístěn do centrifugační zkumavky.

Vzorky byly následně měřeny ve spektrofotometru Varian Cary 50 Probe (Varian, Inc. Mulgrave, Austrálie) při 540 nm. Jako standard pro vytvoření kalibrační křivky sloužil hovězí sérový albumin. Vyšší naměřená hodnota u vzorků poukazuje na vyšší stupeň fragmentace myofibrilární struktury.

Tepelná úprava

Vzorky, které byly určeny k sensorické analýze, byly tepelně upravené třemi způsoby. Prvním způsobem bylo vaření vzorku ve vodní lázni v plastovém obalu, voda lázně měla 80°C. Druhý způsob tepelné úpravy bylo pečení v pečícím obalu viz *Obr. 11* (Proffissimo dm, Německo). V neposlední řadě třetí způsob úpravy bylo použití sklokeramického grilu, který byl temperován na 200 °C. U každého z dílčího způsobu tepelné úpravy byla konečná teplota v jádře stanovena na 75 °C. Ta byla měřena digitálním vpichovým teploměrem (AD14TH, Ama-Digit, Kreuzwertheim, Německo).



Obr. 11 – tepelná úprava v pečícím obalu (foto, autor DP)



Obr. 12 – tepelná úprava na sklokeramickém grilu (foto, autor DP)

sensorická analýza

Po tepelné úpravě (viz. *Obr. 10 - 11*) byly ze vzorků odstraněny okraje, byly pokrájeny do tvaru kostiček 2×2 cm. Takto upravené vzorky byly rozřazeny do sklenic s příslušným označením vzorků. Do doby zahájení sensorické analýzy byly vzorky ponechány v sušárně Memmert typ 30-1060 (Mettler GmbH, Norimberk, Německo) a udržovány při teplotě 50 °C.



Obr. 13 – hodnotící box senzoričké laboratoře
(foto, autor DP)



Obr. 14 – vzorky pro senzoričkou analýzu
(foto, autor DP)

Senzoričká analýza se uskutečnila formou třech samostatných seancí v senzoričké laboratoři VÚŽV. Laboratoř je vybavena potřebným vybavením v přípravně, deseti samostatnými boxy s červeným světlem v každém boxu, to zajišťovalo, aby nedocházelo k rozlišování na základě barvy vzorků. K vzorkům byl podáván chleba a voda k neutralizaci chuti předešlých vzorků (viz. Obr. 13). Deskriptivní senzoričká analýza se skládala z 6 setů vzorků po 3 na jeden hodnotící den, u každého svalu tak bylo posuzováno 18 vzorků od šesti zvířat. V trojici vzorků byl hodnocen vždy jeden sval ze stejného býka s rozdílnou tepelnou úpravou. Panel hodnotitelů byl tvořen 8 trénovanými pracovníky VÚŽV, které měli předchozí zkušenost s posuzováním hovězího masa. V rámci deskriptivní senzoričké analýzy bylo posuzováno celkem 15 deskriptorů, které jsou včetně způsobu hodnocení definovány v Tab. 2. Vyhodnocení vzorků probíhalo pomocí nestrukturované stupnice, která byla následně převedena do číselné řady 0 - 100, pro jednodušší statistické vyhodnocení. V každém ze tří dnů hodnocení byly náhodně vybrané vzorky dvou zvířat u každého svalu. Celkem tak bylo v rámci experimentu posuzováno 54 vzorků masa ze tří svalů od šesti zvířat ve třech tepelných úpravách v 18 setech.

Tab. 2: Charakteristika vlastností posuzovaných senzoričným panelem

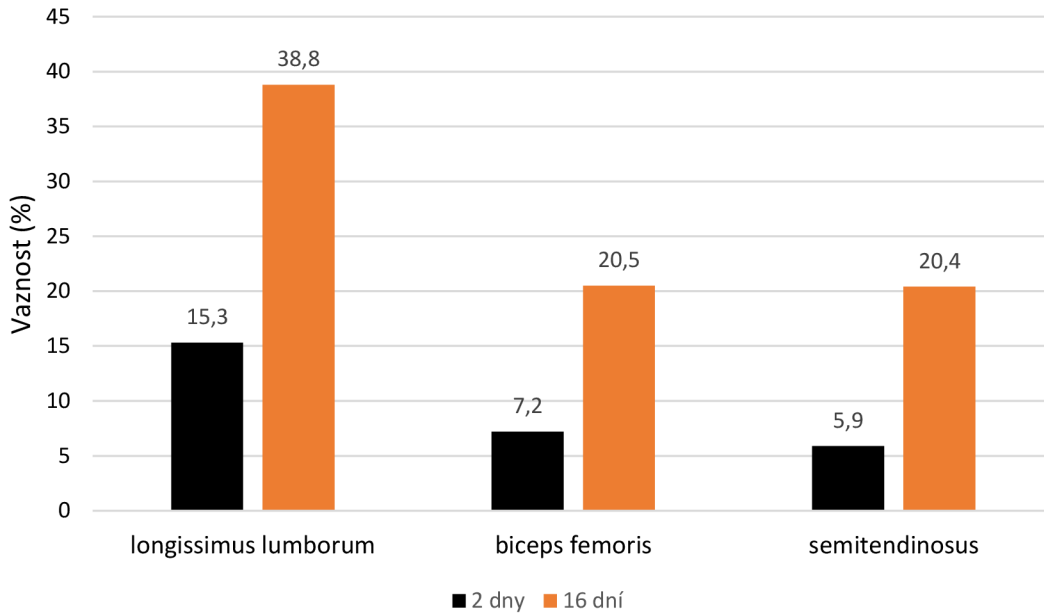
| Deskriptor | Popis vlastností | Způsob hodnocení | Škála |
|--------------------------------------|---|--|---|
| Intenzita vůně hovězího masa | Síla či vydatnost vůně typické pro hovězí maso | Před konzumací vzorku | 0=velmi nízká 100=velmi vysoká |
| Intenzita abnormální vůně | Síla či vydatnost nepřírozené vůně | Před konzumací vzorku | 0=velmi nízká 100=velmi vysoká |
| Křehkost | Síla potřebná ke skousnutí vzorků stoličkami | Po dvou až po třech skousnutích | 0=velmi tuhé 100=velmi křehké |
| Šťavnatost | Množství uvolněné šťávy ze sousta | Po prvních pěti až po deseti skousnutích | 0=velmi suché 100=velmi šťavnaté |
| Vláknitost | Hrúbost vláken posuzovaná v ústech | Po prvních pěti až po deseti skousnutích | 0=velmi hrubé 100=velmi jemné |
| Žvýkatelnost | Síla potřebná k rozkousání sousta | Alespoň po patnácti skousnutích | 0=obtěžně žvýkatelné 100=snadno žvýkatelné |
| Intenzita chuti hovězího masa | Síla či vydatnost chuti typické pro hovězí maso | Po prvních pěti až deseti skousnutích | 0=velmi nízká 100=velmi vysoká |
| Intenzita abnormální chuti | Síla či vydatnost nepřírozené chuti | Po prvních pěti až deseti skousnutích | 0=velmi nízká 100=velmi vysoká |
| Chuť jater | Chuť typická pro tepelně upravená játra | Po prvních pěti až deseti skousnutích | 0=velmi nízká 100=velmi vysoká |
| Chuť kyselá | Síla či vydatnost kyselé chuti | Po prvních pěti až deseti skousnutích | 0=velmi nízká 100=velmi vysoká |
| Chuť oříšková | Chuť připomínající lískové ořechy | Po prvních pěti až deseti skousnutích | 0=velmi nízká 100=velmi vysoká |
| Chuť pečeného masa | Chuť typická pro pečené maso | Po prvních pěti až deseti skousnutích | 0=velmi nízká 100=velmi vysoká |
| Celková přijatelnost | Celková preference hodnotitele | Po ukončení hodnocení vzorku | 0=nepřijatelné 100=velmi přijatelné |

statistická analýza

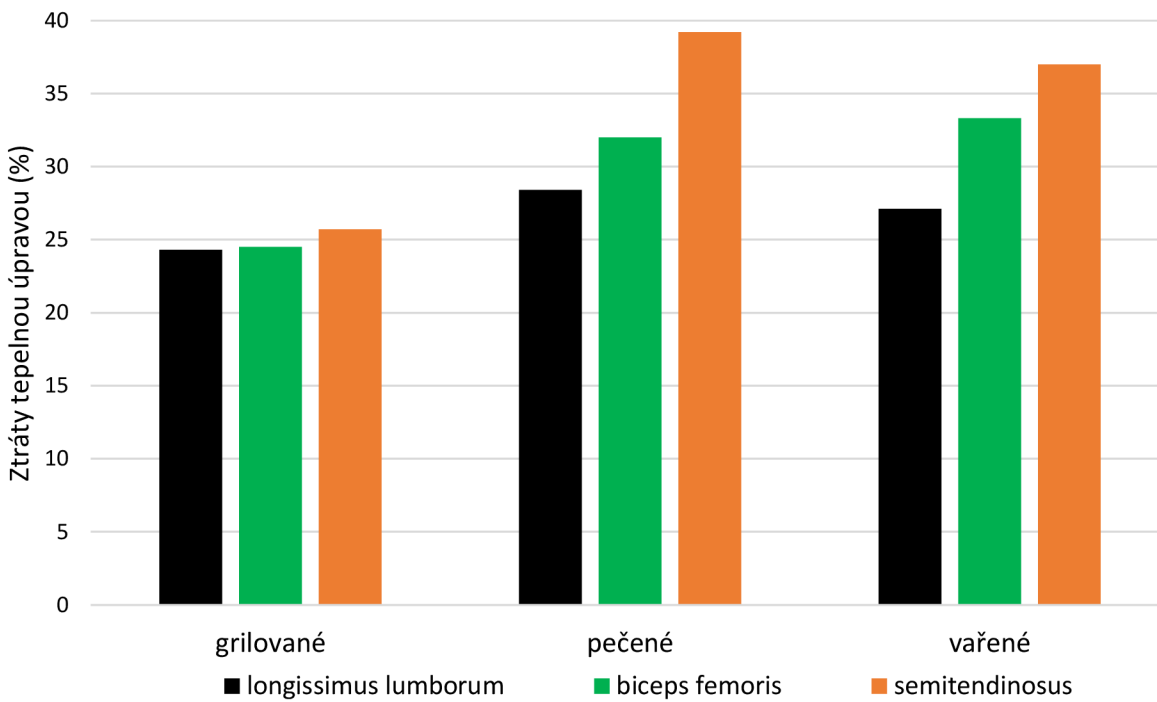
Naměřená data byla nejprve přepsána do Excelového souboru odkud byla exportována do statistického programu SAS (verze 9.4). Nejprve proběhla explorační analýza dat s cílem ověřit, zda se jedná o normální distribuci dat (procedura UNIVARIATE) a následně byla testována schoda rozptylů v proceduře GLM (Levene test). Jelikož struktura dat vyhovovala vyhodnocení prostřednictvím analýzy variance, došlo k dalšímu zpracování dat pomocí smíšeného lineárního modelu (Procedura MIXED). Každý sval byl hodnocen samostatně, přičemž modelová rovnice pro fyzikální vlastnosti a chemické složení zahrnovala pevný efekt způsobu tepelné úpravy (respektive i doby po porážce, ve které maso bylo hodnoceno) a náhodný efekt zvířete. Modelová rovnice pro senzoričnou analýzu byla navíc doplněna o náhodný efekt dne hodnocení (seance) a hodnotitele. Data jsou prezentovaná v tabulkách jako nejmenší čtverce průměru (LSM) s patřičnou standardní chybou (SEM). Statistické signifikance rozdílů mezi skupinami byly testovány Tukey-Kramerovým testem.

4 Výsledky

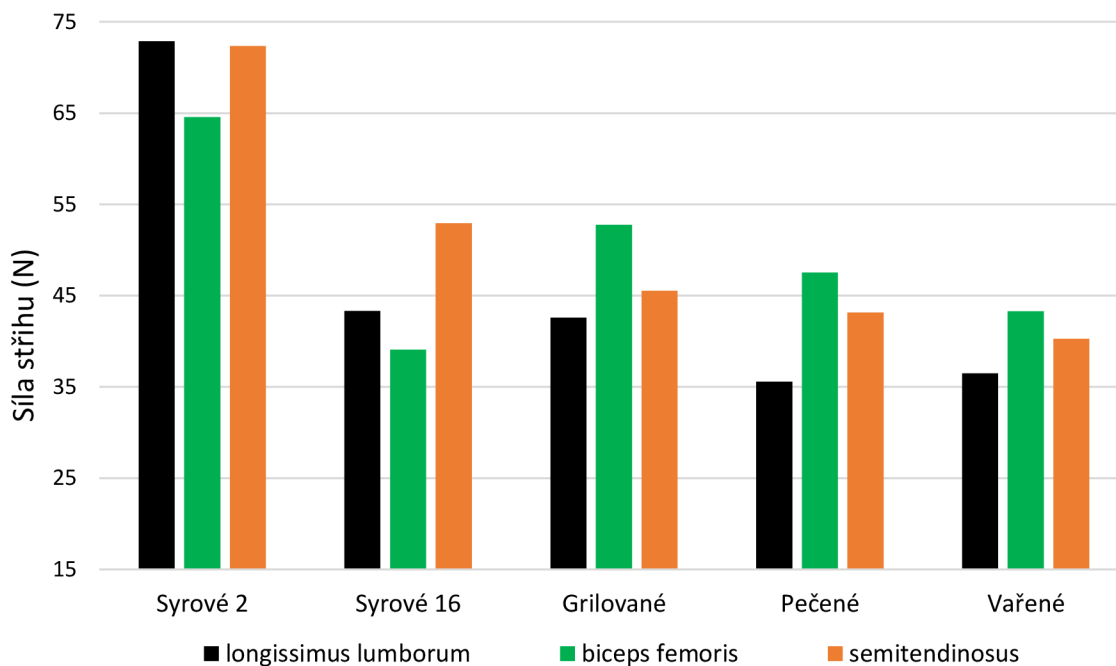
Fyzikální analýza



Graf 1 – vaznost jednotlivých svalů před a po zrání



Graf 2 – ztráty tepelnou úpravou (%)



Graf – 3 měrná síla stříhu (WBSF, N)

Výsledky fyzikální analýzy svalu *longissimus lumborum* jsou uvedeny v tabulce 3. Statisticky významné rozdíly byly nalezeny u hodnot barvy, pH a WBSF (síla stříhu, N). Jak bylo očekáváno, nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly u ztrát mražením. U ztrát tepelnou úpravou též nedošlo k zásadním rozdílům. Zatímco u vaznosti masa v průběhu zrání byly poměrně markantní. Nejvyšší vaznosti dosahoval sval nízkého roštěnce (*longissimus lumborum*), zbylé dva svaly BF a ST měly hodnoty podobné (viz. Graf 1) Nejvyšší ztráta tepelnou úpravou byla zaznamenána u pečení. Signifikantní rozdíly byly zaznamenány i u síly stříhu (WBSF).

Z grafu 3 vyplývá, že nejvyšší hodnota po tepelné úpravě byla zaznamenána u úpravy na sklokeramickém grilu (42,59 N). Naopak nejnižší hodnota síly stříhu byla naměřena u úpravy pečením (35,57 N). Významný vliv na změnu síly stříhu mělo i zrání masa, z původních 72,89 N (48 h po porážce) klesla síla stříhu na 43,31 N (po 14 dnech zrání). Hodnota pH vzrůstala s dobou tepelné úpravy. Nejvyšší hodnota byla naměřena u vzorků po úpravě vařením. Byly zaznamenány statisticky významné rozdíly v barvě, a to ve všech veličinách barvy ($P < 0,0001$). Světlosti (*L), červenosti (a) i žlutosti (b). Signifikantní rozdíly v barvě byly zaznamenány u syrových vzorků před a po zrání, ale i u jednotlivých metod tepelné úpravy.

Výsledky fyzikální analýzy svalu *biceps femoris* jsou uvedeny v tabulce 4. Statisticky významný rozdíl, i když ne natolik markantní oproti ostatním veličinám ($P = 0,018$) byl shledán u hodnoty pH, kdy nejvyšší hodnotu po tepelné úpravě měly vzorky pečené. Hodnoty barvy vykazovaly též signifikantní rozdíly (*L, a, b: $P < 0,0001$).

Nejvyšší světlost po tepelné úpravě byla naměřena u vzorků vařených ve vodní lázni, zatímco nejnižších hodnot světlosti bylo docíleno úpravou pečením. Červenost vzorků (a) svalu *biceps femoris* významně vzrostla po zrání z 15,64 na 19,22. Naopak síla stříhu WBSF po tepelné úpravě spodního šálu ještě vzrostla. Nejvyšší hodnota po tepelné úpravě byla naměřena u vzorků grilovaných (52,75 N) a nejnižší síla stříhu byla naměřena u vzorků vařených ve vodní lázni (43,3 N).

Výsledky fyzikální analýzy svalu *semitendinosus* jsou uvedeny v tabulce 5. Hodnoty pH vykazovaly významné rozdíly ($P < 0,0001$). Nejvyšší bylo měřeno u metody úpravy válečku ve vodní lázni ($\text{pH} = 6,0$). Hodnoty barvy vykazovaly také statisticky významné rozdíly (L^* , a^* , b^* : $P < 0,0001$). Nejvyšší světlost (L^*) byla zaznamenána u tepelné úpravy vařením ve vodní lázni. Ztráty mražením nebyly významné. Rozdíly v červenosti mezi jednotlivými úpravami byly zřejmé spíše u grilovaných vzorků.

Nejvyšší ztráty tepelnou úpravou byly stanoveny u metody pečení, zatímco nejnižší u metody grilování (viz. Graf 2). Síla stříhu válečku (*semitendinosus*) výrazně klesla, po době zrání ze 72,36 N na 52,94 N. Po tepelné úpravě, byla nejvyšší hodnota WBSF u grilovaných vzorků (45,52 N). Fragmentační index vykazoval také významné rozdíly mezi jednotlivými vzorky svalu *semitendinosus* ($P < 0,005$).

Při pohledu na fyzikální rozbor všech tří vzorků svalů (tabulky 4, 5, 6) je patrné, že nejvyšších hodnot pH po tepelné úpravě dosahoval sval *longissimus lumborum* ($\text{pH} = 6,07$). Zatímco nejnižších hodnot nabyl *biceps femoris* po tepelné úpravě na grilu ($\text{pH} = 5,8$). Hodnota pH syrových vzorků v době 48 h po porážce a 14 dní po porážce nabývalo podobných hodnot, avšak u *semitendinosus* a *longissimus lumborum* byly rozdíly nejvíce významné, ($P < 0,0001$). Hodnoty barvy masa vykazovaly významné rozdíly u všech 3 svalů (L^* , a^* , b^* : $P < 0,0001$). Nejvyšší vaznosti dosahoval sval nízkého roštěnce (*longissimus lumborum*).

Nejvyšší světlost (L^*) byla naměřena u svalu *semitendinosus* po tepelné úpravě vařením ve vodní lázni (61,38) a naopak nejnižší světlost byla sledována u *biceps femoris* po tepelné úpravě pečením (51,82). Nejvyšší červenost (a^*), po tepelné úpravě byla u *longissimus lumborum* (6,77), nejnižší pak u svalu *semitendinosus* po úpravě ve vodní lázni (3,53). Nejvyšší žlutost (b^*) po tepelné úpravě grilem byla stanovena u svalu *semitendinosus* (17,01) nejnižší hodnotu (b^*) po tepelné úpravě měl sval *biceps femoris* (15,52).

U ztrát mražením nebyly shledány signifikantní rozdíly ani u jednoho ze tří hodnocených svalů, nejnižších ztrát mražením dosáhl sval *biceps femoris* po tepelné úpravě ve vodní lázni (4,6 %). Naměřené hodnoty ztrát tepelnou úpravou byly nejvyšší u svalu válečku (*semitendinosus*), se signifikantními rozdíly, ($P < 0,0001$). Celkově nejvyšší ztráta tepelnou úpravou byla shledána u metody pečení (*semitendinosus*: 39,2 %).

Nejnižší ztráty tepelnou úpravou byly naměřeny u svalu nízkého roštěnce, kdy nebyly shledány statisticky významné rozdíly mezi tepelnými úpravami ($P = 0,297$). U měřené síly stříhu, dle očekávání nabýval nejnižších hodnot sval nízkého roštěnce (*longissimus lumborum*). U tohoto svalu byly shledány signifikantní rozdíly ($P < 0,0001$), přičemž roštěnec měl i nejvyšší pokles síly stříhu u vzorků v syrovém stavu před a po zráním (72,89 N – 43,31 N). Nejvyšší síla stříhu vzorků po tepelné úpravě byla naměřena u svalu spodního šálu (*biceps femoris*) po úpravě grilováním (54,29 N). Hodnoty fragmentačního indexu vykázaly signifikantní rozdíly jen u svalu válečku (*semitendinosus*), ($P = 0,005$).

V Tabulce 3 je uvedeno porovnání fyzikálních a chemických vlastností masa třech sledovaných svalů vždy při shodném způsobu tepelné úpravy. Je zjevné, že v případě tepelné úpravy grilováním byly statisticky významné diference pozorovány pouze v případě barvy a jejího parametru žlutosti, která byla signifikantně vyšší u svalu *semitendinosus* než u svalu *biceps femoris*. Pokud bylo maso upravováno vařením, byly pozorovány signifikantní rozdíly ve světlosti masa (L^*), neboť maso ze spodního šálu bylo signifikantně ($P < 0,05$) tmavší než maso z válečku. Ztráty tepelnou úpravou byly statisticky průkazně ($P < 0,01$) nižší u masa z nízkého roštěnce, než tomu bylo v případě masa z válečku. Nejvíce signifikantních rozdílů mezi hodnocenými svaly bylo nalezeno, pokud bylo maso upraveno pečením. Podobně jako u úpravy vařením byl sval *biceps femoris* nejtmaší a statisticky průkazně ($P < 0,05$) se odlišoval od zbývajících partií. I v tomto případě vykázaly ztráty tepelnou úpravou vyšší ($P < 0,05$) hodnoty u masa z válečku, než tomu bylo u vzorků svalu *semitendinosus*. Obsah tuku byl nejvyšší u masa ze spodního šálu a signifikantně ($P < 0,01$) se lišil od obou zbývajících svalů. Bez ohledu na způsob tepelné úpravy byla vždy nejvyšší síla stříhu a tedy nejvíce tuhé maso u svalu BF, zatímco nejnižší instrumentálně měřená tuhost byla u svalu LL. Tyto rozdíly však nebyly ani v jednom případě statisticky významné.

Tabulka 3: Porovnání fyzikálních vlastností a chemického složení u masa se stejným způsobem tepelné úpravy

| Sval | <i>Longissimus lumborum</i> | <i>Biceps femoris</i> | <i>Semitendinosus</i> | SEM | Významnost |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|--------|------------------|
| Grilované | | | | | |
| pH | 5,90 | 5,80 | 6,00 | 0,097 | 0,371 |
| Barva: L* – světllost | 56,24 | 54,29 | 60,35 | 1,749 | 0,088 |
| a* – červenost | 5,03 | 5,06 | 5,12 | 0,382 | 0,962 |
| b* – žlutost | 16,68 ^{ab} | 16,15 ^b | 17,01 ^a | 0,208 | 0,042 |
| Ztráty t. úpravou (%) | 24,34 | 24,50 | 25,72 | 1,518 | 0,786 |
| Síla stříhu (N) | 42,59 | 52,75 | 45,52 | 5,23 | 0,394 |
| Sušina | 352,61 | 353,28 | 351,31 | 5,69 | 0,930 |
| Protein | 292,99 | 290,19 | 291,52 | 4,65 | 0,747 |
| Tuk | 19,31 | 22,29 | 17,54 | 2,604 | 0,222 |
| Popel | 10,30 | 10,65 | 10,71 | 0,216 | 0,363 |
| Vařené | | | | | |
| pH | 6,07 | 5,87 | 6,00 | 0,093 | 0,367 |
| Barva: L* – světllost | 58,10 ^{ab} | 55,32 ^b | 61,38 ^a | 1,112 | 0,002 |
| a* – červenost | 5,44 | 5,06 | 3,53 | 0,594 | 0,101 |
| b* – žlutost | 16,90 | 15,80 | 16,34 | 0,357 | 0,141 |
| Ztráty t. úpravou (%) | 27,12 ^b | 33,29 ^a | 37,00 ^a | 1,034 | <0,001 |
| Síla stříhu (N) | 36,48 | 43,30 | 40,28 | 3,331 | 0,235 |
| Sušina | 362,41 | 361,21 | 376,45 | 7,972 | 0,289 |
| Protein | 297,70 | 296,21 | 309,98 | 8,211 | 0,386 |
| Tuk | 22,29 | 22,75 | 23,35 | 3,063 | 0,953 |
| Popel | 9,99 | 10,55 | 10,36 | 0,374 | 0,586 |
| Pečené | | | | | |
| pH | 5,97 | 5,99 | 5,90 | 0,075 | 0,702 |
| Barva: L* – světllost | 58,77 ^a | 51,82 ^b | 59,97 ^a | 1,608 | 0,010 |
| a* – červenost | 6,77 | 5,41 | 3,98 | 1,259 | 0,329 |
| b* – žlutost | 17,40 | 15,52 | 16,39 | 0,544 | 0,081 |
| Ztráty t. úpravou (%) | 28,44 ^b | 31,99 ^{ab} | 39,16 ^a | 2,046 | 0,012 |
| Síla stříhu (N) | 35,57 | 47,53 | 43,15 | 3,920 | 0,059 |
| Sušina | 361,23 | 344,55 | 370,68 | 13,418 | 0,177 |
| Protein | 297,11 | 278,86 | 303,18 | 11,227 | 0,151 |
| Tuk | 20,66 ^b | 26,82 ^a | 20,25 ^b | 2,900 | 0,008 |
| Popel | 10,21 | 10,34 | 10,65 | 0,268 | 0,512 |

^{A,B,C} Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ($P < 0.05$)

Chemická analýza

V rámci chemického rozboru byla stanovována sušina, bílkoviny, intramuskulární tuk a popeloviny. Jak je patrné z tabulky 3. Pro sval nízkého roštěnce (*Longissimus lumborum*) vyšly signifikantní rozdíly v obsahu sušiny a proteinu ($P < 0,0001$). Nejvyšší obsah sušiny byl shledán u tepelné úpravy vaření ve vodní lázni (362,41 g/kg) zatímco nejnižší obsah byl shledán v syrovém stavu 48 h po porážce (246,85 g/kg).

Tab. 4 – Technologické vlastnosti a chemické složení (g/kg svaloviny), v syrovém stavu a s různou tepelnou úpravou

Longissimus lumborum

| <i>Longissimus lumborum</i> | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | SEM | P-value |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|-------------------|
| | Syrové 2 | Syrové 16 | Grilované | Pečené | Vařené | | |
| <i>Technologické vlastnosti</i> | | | | | | | |
| pH | 5,56 ^b | 5,53 ^b | 5,90 ^a | 5,97 ^a | 6,07 ^a | 0,067 | <0,0001 |
| Barva masa: L* | 40,49 ^b | 42,27 ^b | 56,24 ^a | 58,77 ^a | 58,10 ^a | 1,253 | <0,0001 |
| a* | 13,28 ^a | 15,43 ^a | 5,03 ^b | 6,77 ^b | 5,44 ^b | 1,069 | <0,0001 |
| b* | 13,31 ^b | 16,05 ^a | 16,68 ^a | 17,40 ^a | 16,90 ^a | 0,443 | <0,0001 |
| Ztráty mražením (%) | - | - | 7,2 | 6,8 | 6,5 | 0,81 | 0,682 |
| Ztráty tepelnou úpravou (%) | - | - | 24,3 | 28,4 | 27,1 | 1,81 | 0,297 |
| Síla stříhu WBSF (N) | 72,89 ^a | 43,31 ^b | 42,59 ^b | 35,57 ^b | 36,48 ^b | 4,677 | <0,0001 |
| Fragmentační index | - | - | 119,8 | 107,2 | 135,8 | 52,60 | 0,559 |
| <i>Chemické složení</i> | | | | | | | |
| Sušina (g/kg) | 246,85 ^b | 255,00 ^b | 352,61 ^a | 361,23 ^a | 362,41 ^a | 8,084 | <0,0001 |
| Protein (g/kg) | 208,30 ^b | 212,00 ^b | 292,99 ^a | 297,11 ^a | 297,70 ^a | 7,295 | <0,0001 |
| Intramuskulární tuk (g/kg) | 22,40 | 19,87 | 19,31 | 20,66 | 22,29 | 3,186 | 0,676 |
| Popel (g/kg) | 10,11 | 9,83 | 10,30 | 10,21 | 9,99 | 0,161 | 0,187 |
| ^{a,b} Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ($P < 0,05$) | | | | | | | |

Tab. 5 – Technologické vlastnosti a chemické složení (g/kg svaloviny), v syrovém stavu a s různou tepelnou úpravou

Biceps femoris

| <i>Biceps femoris</i> | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | SEM | P-value |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|-------------------|
| | Syrové 2 | Syrové 16 | Grilované | Pečené | Vařené | | |
| <i>Technologické vlastnosti</i> | | | | | | | |
| pH | 5,59 ^b | 5,64 ^{ab} | 5,80 ^{ab} | 5,99 ^a | 5,87 ^{ab} | 0,083 | 0,018 |
| Barva masa: L* | 39,14 ^b | 41,23 ^b | 54,29 ^a | 51,82 ^a | 55,32 ^a | 1,424 | <0,0001 |
| a* | 15,64 ^b | 19,22 ^a | 5,06 ^c | 5,41 ^c | 5,06 ^c | 0,446 | <0,0001 |
| b* | 14,42 ^c | 16,60 ^a | 16,15 ^{ab} | 15,52 ^b | 15,80 ^{ab} | 0,264 | <0,0001 |
| Ztráty mražením (%) | - | - | 5,2 | 5,4 | 4,6 | 0,44 | 0,374 |
| Ztráty tepelnou úpravou (%) | - | - | 24,5 ^b | 32,0 ^a | 33,3 ^a | 1,81 | 0,009 |
| Síla stříhu WBSF (N) | 64,56 ^a | 39,09 ^b | 52,75 ^{ab} | 47,53 ^{ab} | 43,30 ^b | 4,829 | 0,013 |
| Fragmentační index | - | - | 45,9 | 48,4 | 40,6 | 12,08 | 0,824 |
| <i>Chemické složení</i> | | | | | | | |
| Sušina (g/kg) | 231,96 ^b | 244,09 ^b | 353,28 ^a | 344,55 ^a | 361,21 ^a | 7,267 | <0,0001 |
| Protein (g/kg) | 198,57 ^b | 199,64 ^b | 290,19 ^a | 278,86 ^a | 296,21 ^a | 5,524 | <0,0001 |
| Intramuskulární tuk (g/kg) | 9,33 ^c | 18,41 ^b | 22,29 ^{ab} | 26,82 ^a | 22,75 ^{ab} | 2,312 | <0,0001 |
| Popel (g/kg) | 10,11 | 9,95 | 10,65 | 10,34 | 10,55 | 0,354 | 0,201 |
| ^{a,b} Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ($P < 0.05$) | | | | | | | |

U svalu *biceps femoris* byly nalezeny signifikantní rozdíly ($P < 0,0001$) ve 3 ze 4 veličin, a to v sušině, obsahu bílkovin i intramuskulárním tuku. Nejvyšší obsah sušiny byl ve vzorcích, které byly upraveny vařením. Obsah proteinu byl též nejvyšší u vzorků vařených. Vzorky v syrovém stavu v době 48 h po porážce a 14 dní po porážce nevykázaly zásadní změny v obsahu popelovin a proteinu, kdežto v obsahu intramuskulárního tuku hodnoty vzrostly zráním téměř o polovinu. U vzorků tepelně upravených bylo stanoveno nejnižší množství proteinu u metody pečení.

Tab. 6 – Technologické vlastnosti a chemické složení (g/kg svaloviny), v syrovém stavu a s různou tepelnou úpravou

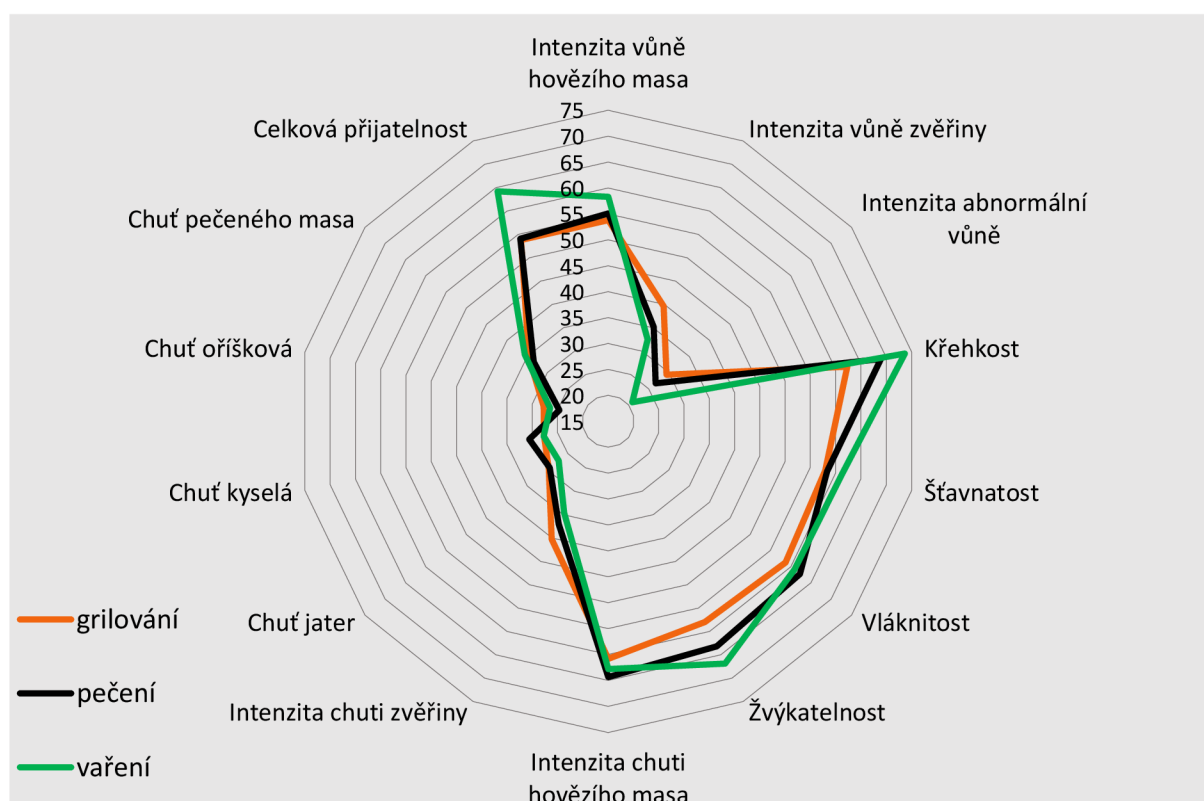
| <i>Semitendinosus</i> | | | | | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|-------------------|
| <i>Semitendinosus</i> | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | SEM | P-value |
| | Syrové 2 | Syrové 16 | Grilované | Pečené | Vařené | | |
| <i>Technologické vlastnosti</i> | | | | | | | |
| pH | 5,53 ^b | 5,62 ^b | 6,00 ^a | 5,90 ^a | 6,00 ^a | 0,056 | <0,0001 |
| Barva masa: L* | 45,10 ^b | 46,83 ^b | 60,35 ^a | 59,97 ^a | 61,38 ^a | 1,309 | <0,0001 |
| a* | 13,28 ^b | 16,23 ^a | 5,12 ^c | 3,98 ^c | 3,53 ^c | 0,543 | <0,0001 |
| b* | 15,89 ^b | 19,02 ^a | 17,01 ^b | 16,39 ^b | 16,34 ^b | 0,326 | <0,0001 |
| Ztráty mražením (%) | - | - | 8,6 | 7,3 | 8,7 | 0,93 | 0,385 |
| Ztráty tepelnou úpravou (%) | - | - | 25,7 ^b | 39,2 ^a | 37,0 ^a | 0,99 | <0,0001 |
| Síla stříhu WBSF (N) | 72,36 ^a | 52,94 ^b | 45,52 ^b | 43,15 ^b | 40,28 ^b | 3,427 | <0,0001 |
| Fragmentační index | - | - | 86,5 ^a | 61,2 ^b | 53,9 ^b | 14,20 | 0,005 |
| <i>Chemické složení</i> | | | | | | | |
| Sušina (g/kg) | 234,77 ^b | 247,08 ^b | 351,31 ^a | 370,68 ^a | 376,45 ^a | 7,358 | <0,0001 |
| Protein (g/kg) | 203,63 ^b | 210,25 ^b | 291,52 ^a | 303,18 ^a | 309,98 ^a | 9,827 | <0,0001 |
| Intramuskulární tuk (g/kg) | 8,67 ^c | 12,32 ^{bc} | 17,54 ^{ab} | 20,25 ^a | 23,35 ^a | 2,385 | <0,0001 |
| Popel (g/kg) | 10,17 | 10,75 | 10,71 | 10,65 | 10,36 | 0,301 | 0,434 |
| ^{a,b} Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ($P < 0.05$) | | | | | | | |

Po chemickém rozboru vzorků svalu *Semitendinosus* byly nalezeny signifikantní rozdíly v obsahu sušiny, proteinu a intramuskulárního tuku ($P < 0,0001$). V obsahu popelovin nebyly nalezeny rozdíly, jako u ostatních svalů. Nejvyššího obsahu sušiny po tepelné úpravě dosahovaly vzorky vařené (376,45 g/kg). Během zrání masa mírně vzrostl obsah intramuskulárního tuku a bílkovin. Při porovnání výsledků chemického rozboru všech tří svalů byly zjištěny signifikantní rozdíly v obsahu sušiny a proteinu ($P < 0,0001$).

Nejvyšší hodnoty sušiny ze všech 3 svalů dosáhl sval *Semitendinosus*, tepelnou úpravou vařením ve vodní lázni (376,45 g/kg). Nejvyšší podíl bílkovin byl též u svalu *Semitendinosus* po úpravě vařením. Z hlediska obsahu intramuskulárního tuku měl váleček (*Semitendinosus*) po úpravě vařením také nejvyšší hodnotu, avšak v porovnání s ostatními svaly nešlo o významné rozdíly (19,31g/kg ; 23,35 g/kg).

Senzorická analýza

V rámci senzorické analýzy byly hodnoceny organoleptické vlastnosti vzorků svalů o různé tepelné úpravě. Jednalo se o 15 deskriptorů, které nabývaly hodnot 0 – 100 (viz. Tab. 2). Po proběhlé deskriptivní senzorické analýze, byly z naměřených hodnot vyhodnoceny výsledky. V tabulce 7 je vyhodnocený senzorický profil pro sval *longissimus lumborum*. Z tabulky 7 vyplývá, že pouze 2 veličiny nabyly signifikantních rozdílů. Jednalo se o křehkost a intenzitu vůně zvěřiny. Senzorický panel vyhodnotil, jako nejkřehčí vzorky upravené metodou vaření ve vodní lázni. Tyto vzorky byly signifikantně křehčí ($P < 0,01$) než maso upravené grilováním. Intenzita vůně zvěřiny byla nejvyšší u vzorků grilovaných a statisticky významně se lišila ($P < 0,05$) od masa upravovaného vařením. Deskriptor celkové přijatelnosti sice již nenabyl signifikantních rozdílů, avšak jeho hodnota ($P = 0,053$) ukazuje na zjevnou tendenci pro preferenci masa připravovaného ve vodní lázni. Z grafu 4 je patrné, že numericky nejvýraznější rozdíly mezi jednotlivými skupinami u masa z nízkého roštěnce byly pozorovány u deskriptorů intenzity abnormální vůně, křehkosti, žvýkatelnosti, a celkové přijatelnosti.

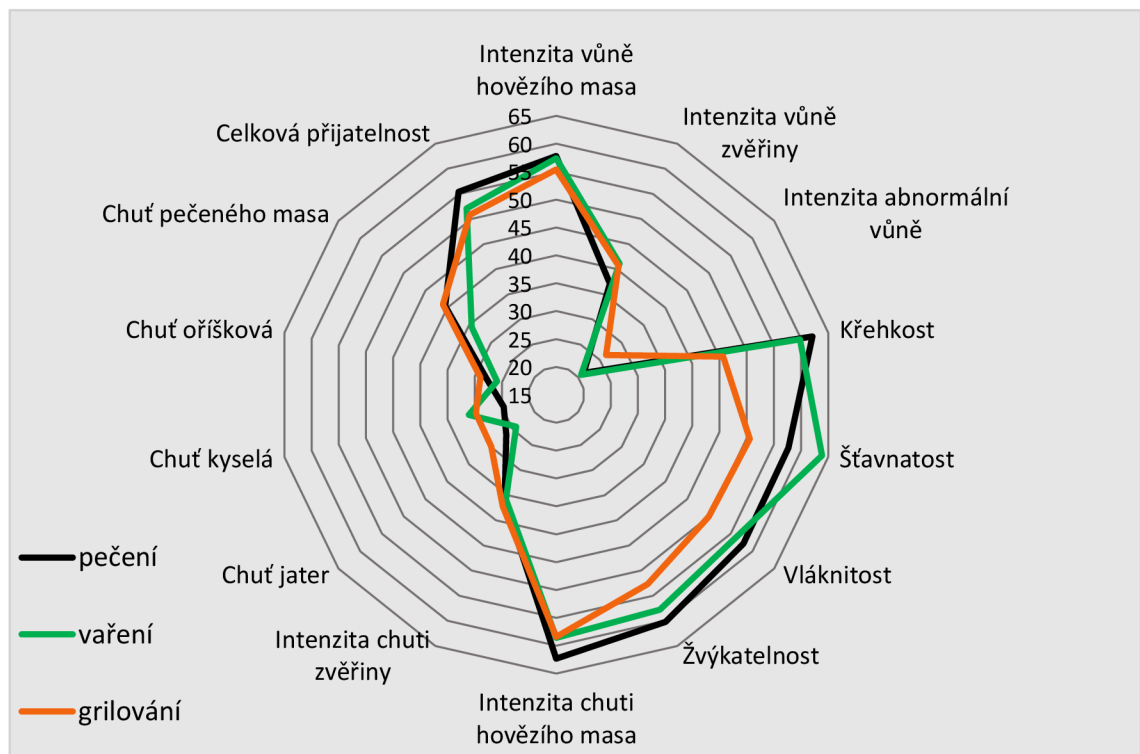


Graf 4 - Senzorický profil svalu *longissimus lumborum* s různým způsobem tepelné úpravy (vypracoval autor DP).

Tab. 7 – Senzorický profil svalu *longissimus lumborum* s různým způsobem tepelné úpravy (vypracoval autor DP)

| | Tepelná úprava | | | SEM | P-value |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------|--------------|
| | Grilované | Pečené | Vařené | | |
| Intenzita vůně hovězího masa | 50,3 | 52,0 | 55,9 | 4,44 | 0,364 |
| Intenzita vůně zvěřiny | 35,7 ^a | 30,8 ^{ab} | 28,0 ^b | 5,40 | 0,038 |
| Intenzita abnormální vůně | 31,3 | 28,9 | 22,3 | 5,36 | 0,060 |
| Křehkost | 59,7 ^b | 66,4 ^{ab} | 72,6 ^a | 3,97 | 0,003 |
| Šťavnatost | 55,4 | 55,1 | 60,5 | 6,53 | 0,437 |
| Vláknitost | 56,5 | 59,0 | 59,2 | 6,28 | 0,781 |
| Žvýkatelnost | 58,0 | 62,5 | 66,6 | 4,74 | 0,108 |
| Intenzita chuti hovězího masa | 59,3 | 62,4 | 63,1 | 3,65 | 0,535 |
| Intenzita chuti zvěřiny | 36,5 | 32,8 | 32,1 | 5,88 | 0,392 |
| Intenzita abnormální chuti | 25,3 | 26,0 | 21,3 | 5,20 | 0,236 |
| Chuť jater | 30,2 | 30,9 | 29,3 | 5,19 | 0,880 |
| Chuť kyselá | 29,5 | 33,1 | 29,6 | 5,11 | 0,475 |
| Chuť oříšková | 30,7 | 26,2 | 25,9 | 4,85 | 0,289 |
| Chuť pečeného masa | 34,8 | 34,4 | 31,8 | 5,67 | 0,637 |
| Celková přijatelnost | 53,3 | 52,7 | 61,7 | 3,41 | 0,053 |

^{a, b} hodnoty označené různými symboly se navzájem statisticky liší ($P < 0,05$)



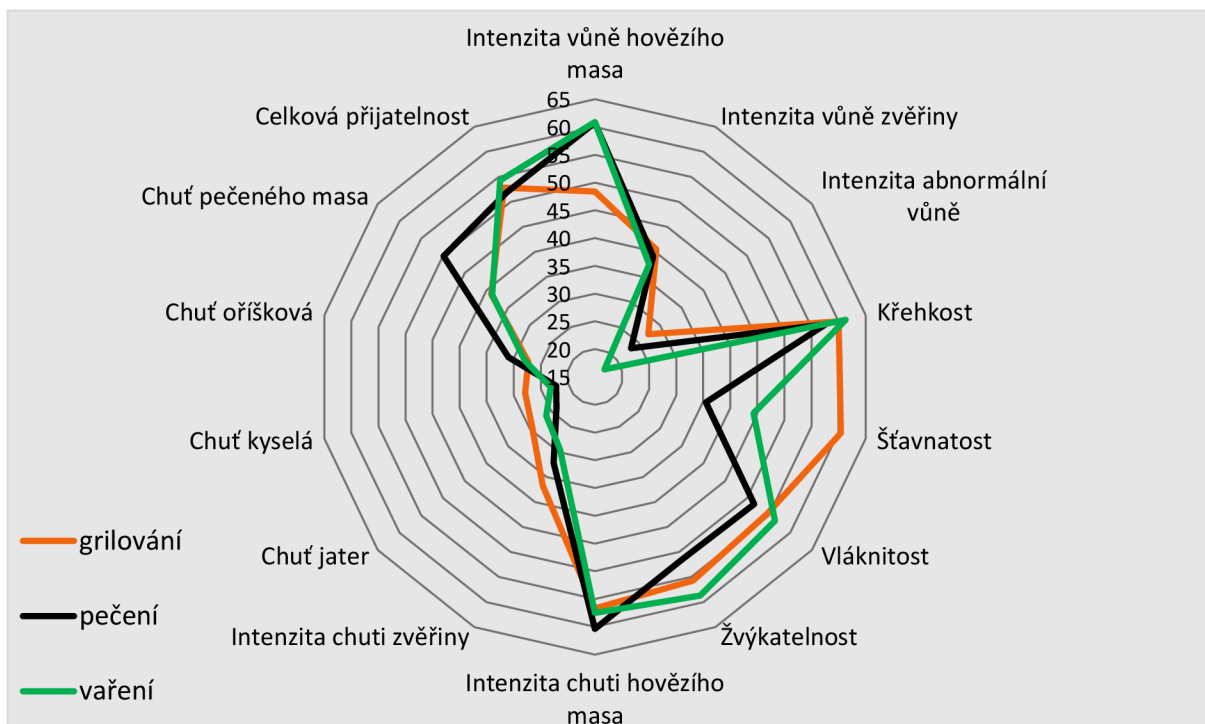
Graf 5 - Senzorický profil svalu *biceps femoris* s různým způsobem tepelné úpravy (vypracoval autor DP).

Tab. 8 - Senzorický profil svalu *biceps femoris* s různým způsobem tepelné úpravy (vypracoval autor DP).

| | Tepelná úprava | | | SEM | P-value |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|------|------------------|
| | Grilované | Pečené | Vařené | | |
| Intenzita vůně hovězího masa | 51,5 | 57,0 | 53,4 | 5,02 | 0,322 |
| Intenzita vůně zvěřiny | 36,3 | 33,4 | 36,0 | 5,81 | 0,565 |
| Intenzita abnormální vůně | 28,6 | 22,9 | 22,4 | 5,48 | 0,106 |
| Křehkost | 41,9 ^b | 59,9 ^a | 56,2 ^a | 3,31 | <0,001 |
| Šťavnatost | 48,8 ^b | 56,3 ^{ab} | 61,1 ^a | 4,15 | 0,015 |
| Vláknitost | 47,4 | 55,7 | 52,5 | 3,77 | 0,158 |
| Žvýkatelnost | 49,6 | 60,0 | 55,2 | 3,98 | 0,064 |
| Intenzita chuti hovězího masa | 57,9 | 60,2 | 55,0 | 3,40 | 0,409 |
| Intenzita chuti zvěřiny | 35,0 | 32,7 | 30,2 | 5,35 | 0,281 |
| Intenzita abnormální chuti | 25,7 | 22,7 | 24,0 | 4,70 | 0,609 |
| Chuť jater | 32,6 ^a | 27,9 ^{ab} | 24,8 ^b | 4,53 | 0,045 |
| Chuť kyselá | 32,3 ^{ab} | 26,5 ^b | 34,1 ^a | 6,38 | 0,042 |
| Chuť oříšková | 29,9 | 29,4 | 26,7 | 4,41 | 0,549 |
| Chuť pečeného masa | 37,3 | 38,9 | 31,3 | 5,43 | 0,068 |
| Celková přijatelnost | 46,6 | 53,4 | 49,0 | 3,44 | 0,258 |

^{a, b} hodnoty označené různými symboly se navzájem statisticky liší ($P < 0,05$)

V tabulce 8 je vyhodnocený senzorický profil vzorků masa s různou tepelnou úpravou u svalu *biceps femoris*. U hodnocení tohoto svalu vyšly signifikantní rozdíly u 4 deskriptorů. Jednalo se o křehkost, šťavnatost, chuť jater, a chuť kyselou. Nejvyšší křehkost ($P < 0,001$) byla posouzena u vzorků, které byly upraveny metodou pečením. Naopak nejnižší křehkost vykazovala metoda grilování. Šťavnatost byla nejlépe hodnocena u vzorků upravených vařením a nejhůře hodnoceno bylo maso připravené na grilu. Chuť jater byla nejintenzivněji vnímána u vzorků grilovaných a odlišovala se signifikantně od masa s tepelnou úpravou vařením. V neposlední řadě chuť kyselá byla nejvyšší u vzorků vařených ve vodní lázni a odlišovala se statisticky významně od vzorků připravených pečením. Jako celkově nejvíce přijatelná tepelná úprava pro sval *biceps femoris* bylo pečení, nicméně rozdíly mezi jednotlivými skupinami byly malé a neprůkazné. Graf 5 vyobrazuje senzorický profil pro sval *biceps femoris* v různých tepelných úpravách. Je zřejmé, že zejména u charakteristiky textury jsou vzorky masa připraveného grilováním posuzovány nejméně příznivě.



Graf 6 - Senzorický profil svalu *semitendinosus* s různým způsobem tepelné úpravy (vypracoval autor DP).

Tab. 9 – Senzorický profil svalu *semitendinosus* s různým způsobem tepelné úpravy (vypracoval autor DP)

| | Tepelná úprava | | | SEM | P-value |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|------|-------------------|
| | Grilované | Pečené | Vařené | | |
| Intenzita vůně hovězího masa | 45,2 ^b | 58,5 ^a | 58,5 ^a | 4,75 | <0,0001 |
| Intenzita vůně zvěřiny | 37,6 | 35,2 | 33,2 | 7,43 | 0,351 |
| Intenzita abnormální vůně | 30,1 ^a | 23,6 ^b | 18,7 ^b | 5,59 | <0,001 |
| Křehkost | 57,6 | 54,0 | 58,8 | 5,68 | 0,523 |
| Šťavnatost | 58,8 ^a | 33,3 ^c | 43,8 ^b | 4,50 | <0,0001 |
| Vláknitost | 51,7 | 48,5 | 54,4 | 3,83 | 0,377 |
| Žvýkatelnost | 54,3 ^{ab} | 47,9 ^b | 57,5 ^a | 6,00 | 0,039 |
| Intenzita chuti hovězího masa | 54,2 | 58,8 | 55,8 | 4,03 | 0,461 |
| Intenzita chuti zvěřiny | 32,9 ^a | 27,8 ^{ab} | 25,9 ^b | 4,44 | 0,044 |
| Intenzita abnormální chuti | 25,0 | 25,1 | 23,1 | 4,99 | 0,766 |
| Chuť jater | 31,7 | 25,8 | 27,7 | 4,73 | 0,155 |
| Chuť kyselá | 30,3 | 23,9 | 24,9 | 5,22 | 0,074 |
| Chuť oříšková | 28,1 | 31,3 | 30,1 | 4,58 | 0,634 |
| Chuť pečeného masa | 35,9 ^b | 47,7 ^a | 36,4 ^b | 5,59 | 0,001 |
| Celková přijatelnost | 50,7 | 47,8 | 51,8 | 3,80 | 0,580 |

^{a, b,} hodnoty označené různými symboly se navzájem statisticky liší ($P < 0,05$)

U svalu *semitendinosus* byly nalezeny statisticky významné rozdíly u největšího počtu deskriptorů. U intenzity vůně hovězího masa byly nejnižší hodnoty dosaženy u grilovaného masa, které naopak vykazovalo ve srovnání s ostatními skupinami nejvyšší intenzitu abnormální vůně. Naopak šťavnatost grilovaných vzorků byla signifikantně nejvyšší, zatímco pečené vzorky byly hodnoceny jako nejvíce suché. Nejvíce přijatelnou žvýkatelnost měly vzorky masa vařeného ve vodní lázni a signifikantně se lišily od masa pečeného. Intenzita vůně zvěřiny byla shledána nejintenzivnější u metody grilování a byla statisticky průkazně vyšší než u masa upraveného vařením. Chuť pečeného masa byla nejvýraznější u tepelné úpravy pečením a signifikantně se odlišovala od obou zbývajících skupin.

Při porovnání výsledků sensorické analýzy všech 3 svalů, nejlepších výsledků dosahoval sval nízkého roštěnce (*longissimus lumborum*). Nízký roštěnec měl též nejmenší rozdíly mezi jednotlivými tepelnými úpravami a nejvyšší hodnoty pro celkovou přijatelnost vzorků. V kontrastu jednotlivých tepelných úprav nízkého roštěnce (*longissimus lumborum*), měla nejlepší hodnocení tepelná úprava ve vodní lázni. V celkové přijatelnosti nejhůře dopadly grilované vzorky svalu *biceps femoris*. U svalu válečku (*semitendinosus*) byly nejhůře vnímány vzorky pečené, vykazovaly nejnižší šťavnatost a vzorky byly nejvíce tuhé.

5 Diskuze

Předložená práce se zaměřuje na porovnání fyzikálních, chemických a sensorických charakteristik hovězího masa se třemi způsoby tepelné úpravy. Byly zvoleny tři rozdílné svalové partie, které náleží mezi velké a ekonomicky významné části jatečného těla skotu, které mají obvykle různé využití v kulinární úpravě. V případě masa jsou často uváděny charakteristiky jeho nutriční hodnoty v syrovém stavu, nicméně z hlediska vlivu na výživu člověka jsou významnější charakteristiky, které jsou sledované u tepelně upraveného masa. Porovnání uvedených parametrů má tedy význam jak z hlediska nutričního složení, tak i z hlediska nalezení optimálních postupů pro kulinární úpravu masa.

Fyzikální parametry

pH

Naměřené hodnoty pH u všech tří svalů v syrovém stavu činilo 5,5 – 5,64. Mezi vzorky v syrovém stavu mezi dnem 2 a 16 se nevyskytovaly zásadní rozdíly. To potvrzuje i studie, která porovnávala vliv zrání na kvalitativní a sensorické vlastnosti hovězího masa *biceps femoris a semimembranosus*, kdy dle výsledků studie při mokřém zrání hodnota pH nabývala u obou svalů podobných hodnot ($5,50 \pm 0,1$), přičemž vzorky zrály od 2 do 63 dní (Colle et al. 2016). Hodnoty našeho experimentu v 2. a 14. dni byly srovnatelné s touto studií.

Další studie porovnávala sval *longissimus lumborum* býků bráhmanského skotu, kdy byly sledovány dvě skupiny vzorků, a to s normálním pH ($pH \leq 5,6$) a se středně vysokým ($pH \geq 5,8$). Po sensorické analýze vzorků těchto dvou skupin byly určeny signifikantní rozdíly ve šťavnatosti v ostatních deskriptorech však nikoliv. Vzorky s lehce vyšším pH byly dle výsledků šťavnatější. To pravděpodobně způsobila vyšší vaznost masa s navýšenou hodnotou pH. (Patinho et al. 2024)

Z našich dat vyplývá, že výraznější změny pH nastaly v důsledku tepelné úpravy masa. To bylo pravděpodobně zapříčiněno ztrátou vody tepelnou úpravou. Dle výsledků této studie (Patinho et al. 2024), lze usuzovat, že pokud hovězí maso není poškozeno přímo vadou DFD ($pH_{24h} \geq 6$), hodnota pH by v zásadě neměla měnit sensorický profil dané svalové partie.

Ztráty tepelnou úpravou

Ztráty tepelnou úpravou vykazovaly signifikantní rozdíly u dvou ze tří hodnocených svalů, spodního šálu (*biceps femoris*) a válečku (*semitendinosus*). Sval nízkého roštěnce (*longissimus lumborum*) statisticky významné rozdíly nevykazoval. Ze všech 3 svalů měl sval válečku (*semitendinosus*) nejvyšší ztráty ve všech tepelných úpravách. Z výsledků (Graf 2) je zřejmé, že na tyto ztráty měl zásadní vliv způsob tepelné úpravy, ale i vybraná svalová partie.

To potvrzuje i studie porovnávající vliv tepelné úpravy na různé svaly hovězího masa za podobných podmínek pokusu. Hodnocené svaly v tomto případě měly ztráty nejvyšší u pečených vzorků, i když procento ztrát bylo vyšší než v našem experimentu (LL: 39,9 %; BF: 38,1 %; ST: 39,6 %), (Fabre et al. 2018). To bylo pravděpodobně způsobeno nižší dobou zrání před konáním tohoto pokusu (48 h), oproti tomu v případě našeho experimentu byly vzorky podrobeny zrání 16 dní od porážky. Proteolytická aktivita pravděpodobně zvýšila vaznost masa našich svalů, což snížilo následné ztráty tepelnou úpravou.

Náš experiment měl nejvyšší ztráty tepelnou úpravou pro metodu pečení u 2 z 3 svalů, (LL: 28,4 %; ST: 39,2 %). *Biceps femoris* měl nejvyšší ztráty u vodní lázně (33,3 %). Vyšší ztráty u metod, které působily, delší časový úsek, mohly být způsobeny tím, že při prostupu tepla do jádra vzorku, při působení teplot 60-70°C, dochází ke smršťování pojivové tkáně, což má za následek i vyšší ztrátu vody (Tornberg, 2005).

Měrná síla stříhu WBSF

Křehkost masa úzce souvisí s jeho strukturou, která je daná myofibrilárními bílkovinami, svalovým cytoskeletem, intramuskulární pojivovou tkání a distribucí vody uvnitř vláken. Se zvyšující se teplotou při úpravě masa dochází k texturním změnám svaloviny. Účinkem tepla se rozpouští pojivová tkáň masa, což navyšuje křehkost masa. Na druhou stranu myofibrilární bílkoviny se během tohoto procesu smršťují a zvyšují tuhost svaloviny. (Obuz et al. 2004).

Z výsledků našeho experimentu vyplývá, že u všech tří svalů vznikly prokazatelné změny v křehkosti před a po průběhu doby zrání. U všech pozorovaných svalů instrumentálně měřená síla stříhu značně poklesla, (LL 29,57 N; BF 25,47 N; ST 19,42 N). Tento jev objasňuje například studie, jež porovnávala vliv mokrého zrání na sílu stříhu, kdy v průběhu jednotlivých dní zrání svalu svíčkové (*psaos major*) byla měřena síla stříhu, která lineárně klesala (ze 40,06 N na 28,26 N) s délkou doby zrání, zatímco myofibrilární fragmentační index naopak lineárně stoupal. (Yu et al. 2023) Z těchto výsledků lze tedy usuzovat, že doba zrání má výrazný vliv na výslednou křehkost hovězího masa.

Při porovnání jednotlivých tepelných úprav svalů a jejich křehkosti, byly též pozorovány signifikantní změny (*Graf – 3*). Nižší hodnoty síly stříhu byly patrné u metod pečení a vodní lázně, a to u všech 3 svalů. Nejvyšší sílu stříhu vykazoval spodní šál (*biceps femoris*) ve všech metodách úpravy, nejnižších pak nízký roštěnec (*longissimus lumborum*). K podobným výsledkům došla i studie porovnávající vliv svalové partie, teplotu a druh tepelné úpravy na sílu stříhu u svalů, jako v našem experimentu. Na kontaktním grilu bylo naměřeno pro LL 38,8 N, BF 53,7 N a pro ST 44,5 N.

Pro *longissimus lumborum* byly výsledné hodnoty vyšší v studii než v našem experimentu patrně z důvodu rozdílného temperování kontaktního grilu a rozdílné rychlosti působení tepla, jelikož za podmínek našeho pokusu se temperovalo zařízení na 200 °C, kdežto v citované studii byla použita teplota 163 °C (Lawrence et al. 2001).

Přestože cílená teplota v jádře byla v obou pokusech 75 °C, doba tepelné úpravy se lišila. To mělo pravděpodobně za následek rozdíly v působení tepla na myofibrilární bílkoviny a tím pádem i rozdílnou měrnou sílu stříhu. Avšak pořadí svalů v celkové křehkosti se shoduje s našimi výsledky. Nejtěžší byl sval *biceps femoris*, následoval *semitendinosus* a za nejkřehčí byl vyhodnocen sval *longissimus lumborum* stejně jako v našem experimentu.

Barva

Barva je jeden z klíčových faktorů výběru masa pro koncového spotřebitele, ať v syrovém stavu nebo po tepelné úpravě. Všeobecně je barva masa vnímána, jako indikátor čerstvosti. Hlavním barvivem masa je sarkoplazmatický protein myoglobin. Myoglobin, jakožto hemový protein se vyskytuje, jako směs redoxních forem (oxymyoglobin, deoxymyoglobin nebo methemoglobin). (Pathare & Roskilly 2016). V průběhu tepelného opracování masa dochází k denaturaci bílkovin, tedy i myoglobinu, která je doprovázená oxidací železa v hemové skupině. V důsledku této reakce dochází ke změnám barvy na hnědou až šedohnědou, neboť vznikají barviva hemichromy. Tato reakce je stabilní a k následným změnám v barvě již dochází jen omezeně (Pipek, 1998).

Bez ohledu na svalovou partii měly vzorky v syrovém stavu v době zrání 16 dní světlejší (L^* 43,45 vs. 41,57), červenější (a^* 16,96 vs. 14,06) a žlutější barvu (b^* 14,54 vs. 17,22). Při porovnání efektu svalové partie měl sval *biceps femoris* výrazně červenější barvu než svaly LL a ST, zatímco sval *semitendinosus* byl v porovnání s ostatními svaly výrazně světlejší (L^* 45,96). Dále měl sval ST nejvíce žlutou barvu (b^* 17,46).

To, že svaly ST a BF měly rozdílné hodnoty barvy v syrovém stavu, mohlo být způsobeno vlivem kompozice jednotlivých svalových partií. Studie uvádí, že na barvu masa má vliv i typ svalových vláken, který převládá v dané svalové partii. U svalu *semitendinosus* převládá typ IIB, který je uzpůsoben k náhlé a intenzivní práci, což vede k rozdílné metabolické aktivitě. Z toho důvodu byl sval ST pravděpodobně světlejší. (Lang et al. 2020) To potvrzuje i studie, která porovnávala tvrzení, že rozdílné podíly svalových vláken napříč kosterním svalstvem způsobují rozdíly v koncentraci Mb (myoglobin) v mase. V hovězím válečku (*semitendinosus*) bylo stanoveno $3,60 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, v nízkém roštěnci (*longissimus lumborum*) $4,62 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ a u svalu spodního šálu (*biceps femoris*) $5,41 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$. (Faustman et al. 2023)

Tepelná úprava vede k denuraci rozpustného myoglobinu a denurace Mb je zodpovědná za matně hnědou barvu po tepelné úpravě masa. Denurace globinu odhaluje hemovou skupinu a zvyšuje náchylnost hemu k oxidaci. Pigmenty v tepelně upravené mase koagulují v důsledku rozvinutí globinového řetězce (Suman & Joseph 2013).

Na barvu masa po tepelné úpravě má zcela nepopíratelný vliv způsob přenosu tepla a tudíž způsob úpravy. Během tepelného opracování dochází ke ztrátám vody, změnám myofibrilárních bílkovin, což ovlivňuje i výslednou barvu masa. To dokazuje i studie, která hodnotila vliv způsobu tepelné úpravy na barvu a další veličiny u svalu hovězího roštěnce (*longissimus thoracis*). Dle výsledků studie byly hodnoty barvy po úpravě na kontaktním grilu ($t = 71^{\circ}\text{C}$ v jádře) byla světlost L^* 58,4, červenost a^* 14,9 a žlutost b^* 17,1. (Yancey et al. 2011) V našem experimentu byly tyto hodnoty rozdílné pouze u červenosti a^* 5,03.

Tento rozdíl mohl souviset se ztrátami vody po tepelné úpravě, které v našem experimentu vyšly pro úpravu na grilu nižší než v případě této studie (24,5 % vs. 31,5 %). Dále zmíněná studie (Yancey et al. 2011) uvádí ve výsledcích korelační analýzy, že světlost L^* ($r = 0,42$) i červenost a^* ($r \leq -0,55$) korelovaly se ztrátami tepelnou úpravou.

Chemické parametry

Nejvyšší obsah sušiny i bílkovin byl v syrovém stavu zjištěn u svalu nízkého roštěnce (*longissimus lumborum*), po kterém následoval váleček (*semitendinosus*) a spodní šál (*biceps femoris*). U všech tří svalů došlo v průběhu dvoutýdenního zrání k navýšení obojí sledovaných veličin. To souvisí se ztrátami tekutiny, které se s rostoucí dobou zrání navyšují. (Sosin-Bzducha & Puchała 2017). (Holman et al. 2022)

Dle (WILLIAMS 2007) je průměrný obsah základních složek hovězího masa stanoven, jako: $26,9 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ sušina, $73,1 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ voda, $23,2 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ bílkoviny a $2,8 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ tuku. Tyto průměrné hodnoty pro syrové hovězí maso jsou v souladu s našimi výsledky.

Doba zrání má nepopíratelný vliv na chemické složení hovězího masa. Jak z pohledu postupného snižování množství tekutiny v mase, tak i z hlediska trvající proteolýzy, to dokazuje i studie (Holman et al. 2022), která hodnotila sval nízkého roštěnce (*longissimus lumborum*) a změny v jeho složení po dobu 14 týdnů v průběhu zrání. Prokazatelně se snižovalo množství tekutiny, zatímco se zvyšovala koncentrace ostatních složek sušiny a zároveň se snižovaly ztráty varem. Dále Pro sval nízkého roštěnce (*longissimus lumborum*) se výsledky pro tento sval v syrovém stavu po průběhu zrání téměř shodují s výsledky studie (Bureš & Bartoň, 2022).

Studie, která hodnotila fyzikálně chemické charakteristiky Holštýnsko fríského skotu u svalu biceps femoris (48h *post mortem*) dospěla k těmto hodnotám, (sušina:27,4 %; voda 72,52 %; celkový protein 24,12 %; tuk 1,43 % popeloviny 1,76 %), (RUSMAN et al. 2003). Výsledky našeho experimentu se lišily v obsahu sušiny, bílkovin i tuku. Tyto rozdíly byly patrně v důsledku rozdílného věku porážky zvířat, kdy v studii byla porážena až ve věku 2 let, zatímco naše již ve věku 14,5 měsíců. Dalším faktorem mohlo být velmi odlišné podnebí (Japonsko) a v důsledku toho i jiný metabolismus za života zvířete. Zvířata měla také rozdílnou skladbu krmné dávky a způsob krmení.

Neméně důležitý je faktor tepelné úpravy. To potvrzuje i studie (Kaliniak-Dziura et al. 2022), která porovnávala efekt tepelné úpravy na fyzikálně chemické parametry pro sval roštěnce (*longissimus thoracis*), kdy za použití metody vodní lázně v porovnání s grilem byly v konečném chemickém rozboru po tepelné úpravě objeveny signifikantní rozdíly ve složení jednotlivých vzorků. V porovnání s naším pokusem se výsledky výrazněji lišily v obsahu tuku (v syrovém stavu: 0,7 % vs. 1,98 %) a popelovin (v syrovém stavu: 0,98 % vs. 1,19 %) v syrovém stavu i po tepelné úpravě. Po tepelné úpravě byly nejvyšší rozdíly v obsahu sušiny u metody *sous vide* (36,24 % vs. 30,03 %). Tyto rozdíly byly pravděpodobně způsobeny z důvodu použitého masa, v našem případě se jednalo o mladý skot plemene Českého strakatého skotu, kdežto ve studii byla použita ještě neodstavená telata Limousin z extenzivního chovu poražená ve věku sedmi měsíců.

U svalu spodního šálu (*biceps femoris*) a válečku (*semitendinosus*) byly nejvyšší změny ve složení u metod úpravy pečením a vodní lázně. V kontrastu se studií (Boles & Shand 2001), která tyto svaly též porovnávala. Byly naměřeny podobné hodnoty po tepelné úpravě v obsahu bílkovin (BF: 27,8 % vs. 29,0 %), naopak obsah sušiny se lišil (BF 34,4 % vs. 33,0 %) V případě svalu válečku (*semitendinosus*) byly hodnoty obdobné. Také se lišil více obsah sušiny (ST: 37,06 % vs. 32,9 %) než v obsahu bílkovin (ST: 30,3 % vs. 30,0 %). Tyto rozdíly byly nejpravděpodobněji způsobeny rozdílnou metodikou pokusů. V našem případě jednotlivé svaly zrály po dobu 14 dní, kdežto ve zmíněné studii bylo maso hodnoceno 72 h po porážce. Zrání má podstatný vliv na složení a texturní vlastnosti masa. (Lebedová et al. 2024)

Senzorické parametry

Pro koncového spotřebitele je jedním z klíčových faktorů, které vnímá u hovězího masa po jeho tepelné úpravě křehkost. Křehkost je hlavním faktorem určujícím kvalitu masa a jedním z hlavních znaků nejdůležitějších texturních vlastností masa. Změny tohoto parametru během ohřevu dochází v důsledku přeměn v pojivové tkáni a myofibrilárních bílkovin. Způsob tepelné úpravy je důležitým faktorem ve studiích, které zahrnují měření křehkosti. (Fabre et al. 2018)

Z našich výsledků, deskriptivní senzoričké analýzy vyplývá, že celkově nejpříjemnější a nejlépe hodnocený sval byl nízký roštěnec (*longissimus lumborum*). Tyto výsledky se shodují i se studií (Ba et al. 2014), která také hodnotila senzoričké parametry pro sval nízkého roštěnce (*longissimus lumborum*) v porovnání se svalem válečku (*semitendinosus*) po tepelné úpravě ve vodní lázni. Ve studii byly hodnoceny deskriptory, (vzestupná stupnice 0 – 100): křehkost, šťavnatost, chuť hovězího masa a celková přijatelnost. Výsledky senzoričké analýzy byly srovnatelné s těmi našimi. Ve všech deskriptorech vycházel sval LL v porovnání se ST lépe, (celková přijatelnost: LL - 67,8 vs. ST - 51,4), (Ba et al. 2014). V našem experimentu byly hodnoty pro vařené vzorky těchto svalů obdobné (celková přijatelnost: LL – 61,7 vs. ST – 51,8). Rozdíl v celkové přijatelnosti pro sval LL ve studii a v našem experimentu byl pravděpodobně způsoben rozdílem v době mokrého zrání, v našem experimentu vzorky zrály 14 dní, ve zmíněné studii byly hodnoceny již po týdnu zrání.

Další studie (Kaliniak-Dziura et al. 2022), která hodnotila vliv tepelné úpravy na kvalitu telecího masa mladých býků plemene Limousin, hodnotila sval nízkého roštěnce (*longissimus lumborum*) v úpravách na sklokeramickém grilu a vodní lázni. V celkové přijatelnosti dospěla studie i náš experiment k podobným výsledkům. V obou případech měla metoda vodní lázně lepší celkovou přijatelnost než úprava na grilu. Náš experiment vykázal rozdíl mezi hodnocením obou metod $\pm 9,2 b$ a studie $\pm 8,4 b$.

Jak už bylo zmíněno, jeden z nejdůležitějších deskriptorů, který vnímá spotřebitel hovězího masa je jeho křehkost. Rešeršní studie (SULLIVAN & CALKINS 2011), porovnávající jednotlivé experimenty se silou stříhu u jednotlivých partií hovězího masa vyhodnotila hraniční intervaly síly stříhu (WBSF) pro vzorky, které jsou vnímány, jako výrazně tuhé, ($\geq 46 N$), středně tuhé ($39 N ; 46 N$) a křehké ($39 N \leq$). Pokud porovnáme výsledky senzoričkého rozboru a síly stříhu našich vzorků, u vzorků svalu LL (vodní lázeň, křehkost: 72,6 b vs. 36,5 N) a ST (vodní lázeň, křehkost: 58,8 b vs. 40,3 N) tyto hodnoty korespondují s tvrzením této studie.

U svalu spodního šálu (*biceps femoris*) vyšlo hodnocení křehkosti lépe pro vzorky s instrumentálně vyšší měrnou křehkostí, avšak vnímatelné rozdíly v křehkosti jsou dle studie u konzumenta $\pm 7 N$. V neposlední řadě významnost vlivu výběru svalové partie na senzoričkový profil, potvrzuje studie, která porovnávala svaly plemene Hanwoo (porážka: 50 měsíců, 28 dní mokré zrání) květové špičky (*gluteus medius*), svíčkové (*psaos major*) a nízkého roštěnce (*longissimus lumborum*). Panel hodnotitelů udal sval LL, jako celkově nejpříjemnější a to i ve srovnání se svalem svíčkové (*psaos major*), která je všeobecně považována za nejdražší komoditu hovězího masa. (Kim et al. 2019)

6 Závěr

Předložená práce si na základě hodnocení fyzikálních a technologických vlastností, chemického složení a senzorické analýzy kladla za cíl vyhodnotit vliv tepelné úpravy u tří ekonomicky významných svalů pocházejících ze zadní čtvrti býků českého strakatého skotu. Byla zjištěna celá řada odlišností. U nízkého roštěnce, který je řazen mezi středně tuhé svaly a nejčastěji je využíván v kulinární úpravě jako partie pro minutkovou úpravu, bylo v souvislosti s rozdílným způsobem tepelného opracování nalezeno nejméně rozdílů. Maso tohoto svalu je tak možné bez výrazných změn ve finální kvalitě upravovat všemi sledovanými způsoby. Naopak v případě obou svalů z kýty, které jsou zařazovány do kategorie tuhých svalů, bylo zjištěno výrazně více diferencí v organoleptických vlastnostech.

Tyto rozdíly byly pozorovány především v případě texturních charakteristik a chuti. Zejména tepelná úprava ve vodní lázni přinášela u těchto dvou masných partií z kýty pozitivní zlepšení vybraných charakteristik textury. V práci byly porovnávány tři různé způsoby tepelné úpravy, u kterých byla dosažena vždy stejná konečná vnitřní teplota. Pokud jde o charakteristiky textury hovězího masa, bylo by vhodným směrem dalšího výzkumu se zaměřit i na nalezení optimální konečné teploty pro jednotlivé způsoby kulinární úpravy, neboť ta může rovněž přispět k přípravě masa takovým způsobem, jenž splní očekávání současných konzumentů.

7 Literatura

1. Aaslyng MD, Vestergaard C, Tørngren MA. 2024. Cooking of meat. 145-154 in *Encyclopedia of Meat Sciences*. Elsevier.
2. Allievi F, Vinnari M, Luukkanen J. 2015. Meat consumption and production – analysis of efficiency, sufficiency and consistency of global trends. *Journal of Cleaner Production* **92**:142-151.
3. Álvarez S, Mullen AM, Hamill R, O'Neill E, Álvarez C. 2021. Dry-aging of beef as a tool to improve meat quality. Impact of processing conditions on the technical and organoleptic meat properties. 97-130 in . Elsevier
4. Ángel-Rendón SV, Filomena-Ambrosio A, Hernández-Carrión M, Llorca E, Hernando I, Quiles A, Sotelo-Díaz I. 2020. Pork meat prepared by different cooking methods. A microstructural, sensorial and physicochemical approach. *Meat Science* **163**
5. Aroeira CN, Torres Filho RA, Fontes PR, Ramos ALS, Contreras Castillo CJ, Hopkins DL, Ramos EM. 2020. Comparison of different methods for determining the extent of myofibrillar fragmentation of chilled and frozen/thawed beef across postmortem aging periods. *Meat Science* **160**
6. Ba HV, Park KM, Dashmaa D, Hwang I. 2014. Effect of muscle type and vacuum chiller ageing period on the chemical compositions, meat quality, sensory attributes and volatile compounds of Korean native cattle beef. *Animal Science Journal* **85**:164-173.
7. Bartoš L, Franc Č, Řehák D, Štípková. 1993. A practical method to prevent dark-cutting (DFD) in beef. *Meat Science* **34**:275-282. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/030917409390077U> (accessed March 19, 2024).
8. Bejerholm C, Tørngren MA, Aaslyng MD. 2014. COOKING OF MEAT | Cooking of Meat. 370-376 in *Encyclopedia of Meat Sciences*. Elsevier.
9. Bertram HC. 2019. Meat Structure During Processing. 22-26 in *Encyclopedia of Food Chemistry*. Elsevier.
10. Bhat ZF, Morton JD, Bekhit AE-DA, Kumar S, Bhat HF. 2021. Thermal processing implications on the digestibility of meat, fish and seafood proteins. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **20**:4511-4548.
11. Bhat ZF, Morton JD, Mason SL, Bekhit AE-DA. 2018. Applied and Emerging Methods for Meat Tenderization: A Comparative Perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **17**:841-859
12. Boles JA, Shand PJ. 2001. Meat cut and injection level affects the tenderness and cook yield of processed roast beef. *Meat Science* **59**:259-265
13. Bouwman AF, Van der Hoek KW, Eickhout B, Soenario I. 2005. Exploring changes in world ruminant production systems. *Agricultural Systems* **84**:121-153
14. Bragaglio A, Napolitano F, Pacelli C, Pirlo G, Sabia E, Serrapica F, Serrapica M, Braghieri A. 2018. Environmental impacts of Italian beef production: A comparison between different systems. *Journal of Cleaner Production* **172**:4033-4043

15. Bureš D, Bartoň L, Lebedová N, Fořtová J. 2022. Vliv proteinové složky krmiva na kvalitu masa býků českého strakatého skotu. *Maso* **2022**:37-43.
16. Cabrera MC, Saadoun A. 2014. An overview of the nutritional value of beef and lamb meat from South America. *Meat Science* **98**:435-444
17. Clausen I, Ovesen L. 2005. Changes in fat content of pork and beef after pan-frying under different conditions. *Journal of Food Composition and Analysis* **18**:201-211
18. Colle MJ, Richard RP, Killinger KM, Bohlscheid JC, Gray AR, Loucks WI, Day RN, Cochran AS, Nasados JA, Doumit ME. 2016. Influence of extended aging on beef quality characteristics and sensory perception of steaks from the biceps femoris and semimembranosus. *Meat Science* **119**:110-117
19. Conanec A et al. 2021. Has breed any effect on beef sensory quality? *Livestock Science* **250**. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871141321001566> (accessed March 17, 2024).
20. Czerwonka M, Szterk A. 2015. The effect of meat cuts and thermal processing on selected mineral concentration in beef from Holstein–Friesian bulls. *Meat Science* **105**:75-80 De Devitiis B, Viscecchia R, Seccia A, Nardone G, Carlucci D, Albenzio M, Sevi A, Marino R. 2023. Improving meat tenderness using exogenous process: The consumer response. *Meat Science* **200**.
21. De Pablo-Moreno JA, Miguel-Batuecas A, Rodríguez-Merchán EC, Liras A. 2023. Treatment of congenital coagulopathies, from biologic to biotechnological drugs: The relevance of gene editing (CRISPR/Cas). *Thrombosis Research* **231**:99-111
22. Dostálová A, Svitáková A, Bureš D, Vališ L, Volek Z. 2020. Effect of an Outdoor Access System on the Growth Performance, Carcass Characteristics, and Longissimus lumborum Muscle Meat Quality of the Prestice Black-Pied Pig Breed. *Animals* **10**
23. Dransfield E, Martin J-F, Bauchart D, Abouelkaram S, Lepetit J, Culioli J, Jurie C, Picard B. 2003. Meat quality and composition of three muscles from French cull cows and young bulls. *Animal Science* **76**:387-399
24. Fabre R, Dalzotto G, Perlo F, Bonato P, Teira G, Tisocco O. 2018. Cooking method effect on Warner-Bratzler shear force of different beef muscles. *Meat Science* **138**:10-14
25. Farouk MM, Wu G, Frost DA, Staincliffe M, Knowles SO. 2019. Factors Affecting the Digestibility of Beef and Consequences for Designing Meat-Centric Meals. *Journal of Food Quality* **2019**:1-11
26. Faustman C, Suman SP, Ramanathan R. 2023. The eating quality of meat: I Color. 363-392 in *Lawrie's Meat Science*. Elsevier
27. Frank D, Ball A, Hughes J, Krishnamurthy R, Piyasiri U, Stark J, Watkins P, Warner R. 2016. Sensory and Flavor Chemistry Characteristics of Australian Beef: Influence of Intramuscular Fat, Feed, and Breed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **64**:4299-4311
28. Fuente-García C, Aldai N, Sentandreu E, Oliván M, Franco D, García-Torres S, Sentandreu MÁ. 2022. Assessment of caspase activity in post mortem muscle as a way to explain characteristics of DFD beef. *Journal of Food Composition and Analysis* **111**

29. García-Segovia P, Andrés-Bello A, Martínez-Monzó J. 2007. Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (M. pectoralis). *Journal of Food Engineering* **80**:813-821
30. Ha M, Warner RD, Sikes A, Vaskoska R. 2022. Cooking and novel postmortem treatments to improve meat texture and tenderness. 473-506 in *New Aspects of Meat Quality*. Elsevier.
31. Holman BWB, Bekhit AE-DA, Mao Y, Zhang Y, Hopkins DL. 2022. The effect of wet ageing duration (up to 14 weeks) on the quality and shelf-life of grass and grain-fed beef. *Meat Science* **193**
32. Choi YM, Kim BC. 2009. Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. *Livestock Science* **122**:105-118
33. 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 Joseph RL. 2003. BEEF. 412-417 in *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Elsevier.
34. Kaliniak-Dziura A, Domaradzki P, Kowalczyk M, Florek M, Skalecki P, Kędzierska-Matysek M, Stanek P, Dmoch M, Grenda T, Kowalczyk-Vasilev E. 2022. Effect of heat treatments on the physicochemical and sensory properties of the longissimus thoracis muscle in unweaned Limousin calves. *Meat Science* **192**
35. Kameník J. 2022. Produkce masa v ČR v roce 2022. *Maso* **2022**:3.
36. Kameník J. 2022. Ovlivňuje druh zvířete hmotnostní ztráty při tepelné úpravě anatomicky shodných výsekových mas? *Maso* **2022**:5.
37. Kameník J. 2014. *Maso jako potravina: produkce, složení a vlastnosti masa*. Veterinární a farmaceutická univerzita, Brno.
38. Keeton JT, Dikeman ME. 2017. ‘Red’ and ‘white’ meats—terms that lead to confusion. *Animal Frontiers* **7**:29-33
39. Kim M, Choe J, Lee HJ, Yoon Y, Yoon S, Jo C. 2019. Effects of Aging and Aging Method on Physicochemical and Sensory Traits of Different Beef Cuts. *Food Science of Animal Resources* **39**:54-64
40. Kondjoyan A, Kohler A, Realini CE, Portanguen S, Kowalski R, Clerjon S, Gatellier P, Chevolleau S, Bonny J-M, Debrauwer L. 2014. Towards models for the prediction of beef meat quality during cooking. *Meat Science* **97**:323-331
41. Lang Y, Zhang S, Xie P, Yang X, Sun B, Yang H. 2020. Muscle fiber characteristics and postmortem quality of longissimus thoracis , psoas major and semitendinosus from Chinese Simmental bulls. *Food Science & Nutrition* **8**:6083-6094
42. Lawrence TE, King DA, Obuz E, Yancey EJ, Dikeman ME. 2001. Evaluation of electric belt grill, forced-air convection oven, and electric broiler cookery methods for beef tenderness research. *Meat Science* **58**:239-246
43. Lebedová N, Bureš D, Needham T, Fořtová J, Řehák D, Bartoň L. 2022. Histological composition, physiochemical parameters, and organoleptic properties of three muscles from Fleckvieh bulls and heifers. *Meat Science* **188**

44. Lebedová N. 2021. Vliv plemenné příslušnosti a masné partie býků na utváření svalových vláken a texturu masa. *MASO* **2021**:34 - 39.
45. Lebedová Nikol, Bartoň L, Bureš D. 2024. Změny v charakteristikách textury hovězího masa v průběhu zrání. *Maso* **2024**:31 - 35.
46. Listrat A, Lebret B, Louveau I, Astruc T, Bonnet M, Lefaucheur L, Picard B, Bugeon J. 2016. How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality. *The Scientific World Journal* **2016**:1-14
47. Liu J, Hu Z, Ma Q, Yang C, Zheng A, Liu D. 2023. Reduced water-holding capacity of beef during refrigeration is associated within creased heme oxygenase 1 expression, oxidative stress and ferroptosis. *Meat Science* **202**
48. Loudon KMW, Tarr G, Lean IJ, Polkinghorne R, McGilchrist P, Dunshea FR, Gardner GE, Pethick DW. 2019. The Impact of Pre-Slaughter Stress on Beef Eating Quality. *Animals* **9**.
49. Ludwiczak A et al. 2023. Husbandry practices associated with extensification in European pig production and their effects on pork quality. *Meat Science* **206**
50. Mann NJ. 2018. A brief history of meat in the human diet and current health implications. *Meat Science* **144**:169-179
51. Napolitano F, Braghieri A, Piasentier E, Favotto S, Naspetti S, Zanolli R. 2010. Effect of information about organic production on beef liking and consumer willingness to pay. *Food Quality and Preference* **21**:207-212
52. Obuz E, Dikeman ME, Grobbel JP, Stephens JW, Loughin TM. 2004. Beef longissimus lumborum, biceps femoris, and deep pectoralis Warner–Bratzler shear force is affected differently by endpoint temperature, cooking method, and USDA quality grade. *Meat Science* **68**:243-248.
53. Ojha KS, Tiwari BK, Kerry JP, Troy D. 2016. Beef. 332-338 in *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier
54. Onopiuk A, Szpicier A, Pogorzelski G, Wierzbicka A, Poltorak A. 2022. Analysis of the impact of exogenous preparations of cysteine proteases on tenderness of beef muscles Semimembranosus and Longissimus thoracis et lumborum. *Livestock Science* **258**
55. Panovská Z, Valentová V, Váchová A, Pokorný J. 2008. Preference masa a masných výrobků u vysokoškoláků na konci dvacátého století. *Maso* **2008**:32-36.
56. Pathare PB, Roskilly AP. 2016. Quality and Energy Evaluation in Meat Cooking. *Food Engineering Reviews* **8**:435-447
57. Patinho I, Cavalcante CL, Saldaña E, Gagaoua M, Behrens JH, Contreras-Castillo CJ. 2024. Assessment of beef sensory attributes and physicochemical characteristics: A comparative study of intermediate versus normal ultimate pH striploin cuts. *Food Research International* **175**.
58. Pereira PM de CC, Vicente AF dos RB. 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science* **93**:586-592

59. Pipek P. 1998. Technologie masa. Karmelitánské nakladatelství, Praha.
60. Pulina G, Acciario M, Atzori AS, Battacone G, Crovetto GM, Mele M, Pirlo G, Rassu SPG. 2021. Animal board invited review – Beef for future: technologies for a sustainable and profitable beef industry. *Animal* **15**
61. Richards AT. 2018. Food and Nutritional Analysis—Meat and Meat Products. in Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering. Elsevier
62. RUSMAN, SOEPARNO, SETIYONO, SUZUKI A. 2003. Characteristics of Biceps femoris and Longissimus thoracis muscles of five cattle breeds grown in a feedlot system. *Animal Science Journal* **74**:59-65
63. Shen J, Zhang M, Zhao L, Mujumdar AS, Wang H. 2023. Schemes for enhanced antioxidant stability in frying meat: a review of frying process using single oil and blended oils. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **63**:5414-5429
64. Dělení hovězího masa. 2024.. Available at <https://www.masobrno.cz/hovezi-maso/>
65. Sosin-Bzducha E, Puchala M. 2017. Effect of breed and aging time on physicochemical and organoleptic quality of beef and its oxidative stability. *Archives Animal Breeding* **60**:191-198.
66. 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* **34**:195-203. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4557.2011.00386.x> (accessed March 20, 2024).
67. Suman SP, Joseph P. 2013. Myoglobin Chemistry and Meat Color. *Annual Review of Food Science and Technology* **4**:79-99
68. Tinitana-Bayas R, Sanjuán N, Jiménez ES, Lainez M, Estellés F. 2024. Assessing the environmental impacts of beef production chains integrating grazing and landless systems. *Animal* **18**
69. Toldrá F. c2010. Handbook of meat processing. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa.
70. Tornberg E. 2005. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science* **70**:493-508
71. Torrescano G, Sánchez-Escalante A, Giménez B, Roncalés P, Beltrán JA. 2003. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Science* **64**:85-91
72. Viljoen HF, de Kock HL, Webb EC. 2002. Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. *Meat Science* **61**:181-185
73. Vinnikova L, Synytsia O, Kyshenia A. 2019. THE PROBLEMS OF MEAT PRODUCTS THERMAL TREATMENT. *Food Science and Technology* **13**
74. Warner R. 2014. MEASUREMENT OF MEAT QUALITY | Measurements of Water-holding Capacity and Color: Objective and Subjective. 164-171 in *Encyclopedia of Meat Sciences*. Elsevier.

75. WILLIAMS P. 2007. Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics* **64**
76. Woerner DR, Scanga JA, Belk KE. 2014. SLAUGHTER-LINE OPERATION | Cattle. 284-289 in *Encyclopedia of Meat Sciences*. Elsevier
77. Wood JD, Scollan N. 2022. Fatty acids in meat. 609-647 in *New Aspects of Meat Quality*. Elsevier
78. Wu G, Farouk MM, Clerens S, Rosenvold K. 2014. Effect of beef ultimate pH and large structural protein changes with aging on meat tenderness. *Meat Science* **98**:637-645
79. Yancey JWS, Wharton MD, Apple JK. 2011. Cookery method and end-point temperature can affect the Warner–Bratzler shear force, cooking loss, and internal cooked color of beef longissimus steaks. *Meat Science* **88**:1-7
80. Yu Q, Li S, Cheng B, Brad Kim YH, Sun C. 2023. Investigation of changes in proteomes of beef exudate and meat quality attributes during wet-aging. *Food Chemistry: X* **17**

8 Seznam použitých zkratek a symbolů

LL: longissimus lumborum

ST: Semitendinosus

BF: Biceps femoris

WBSF: Warner bratzler sheare force

ATP: Adenosintrifosfát

prae rigor: Za života zvířete

rigor mortis: Posmrtná zthulost

post mortem: Po smrti zvířete

Mb: Myoglobin

