

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**  
**Katedra kvality a bezpečnosti potravin**



**Senzoricky aktivní látky v mase českého  
strakatého skotu**

.....  
doktorská disertační práce

Autor: **Ing. Jana Matoušková**  
Školitel: **doc. Ing. Pavel Klouček, Ph.D.**  
Konzultant: **Ing. Daniel Bureš, Ph.D.**

**Praha 2022**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Senzoricky aktivní látky v mase českého strakatého skotu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

**V Praze dne 30. 10. 2022**

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala svému školiteli doc. Ing. Pavlu Kloučkovi, Ph.D. za bezproblémovou spolupráci a konzultantu Ing. Danielu Burešovi, Ph.D. za příjemnou spolupráci, flexibilitu, ochotu, cenné rady a čas, který mi vždy, když jsem potřebovala, ochotně věnoval. Také moc děkuji týmu ve výzkumném ústavu v Uhřetěvsi, zejména vedoucímu oddělení Ing. Lud'kovi Bartoňovi, Ph.D., spolupracovnícím v laboratoři a pracovníkům na jatkách. V neposlední řadě velmi děkuji za vřelé přijetí na katedře v Zaragoze v rámci programu Erasmus, odkud si odnáším jen krásné vzpomínky a spoustu zkušeností.

Práce byla zpracována v rámci řešení projektu MZE-RO0718, NAZV QK21010344). Tato práce je rovněž podporována výzkumnou infrastrukturou METROFOOD-CZ [MŠMT Velké č: LM2018100] a interní grantovou agenturou (IGA) FTZ ČZU, Praha (IGA-20213104 a IGA-20223107).

## **Senzoricky aktivní látky v mase českého strakatého skotu**

### **Souhrn**

Předmětem této studie bylo na základě tří experimentů analyzovat významné vlivy, které ovlivňují senzoricky aktivní látky v mase českého strakatého skotu. Mezi tyto významné vlivy patří svalová partie, pohlaví, krmná dávka a výsledný obsah tuku v mase. Zjištěné poznatky o preferencích spotřebitelů by mohly přispět ke stabilizaci spotřeby masa českého strakatého skotu. První fází práce byl výkrmový experiment býků a jalovic. Skot byl chován za identických podmínek ustájení a výživy. Po porážce byly odebrány vzorky ze tří svalů z různých technologických partií: *longissimus lumborum*, dále LL; *triceps brachii*, dále TB a *rectus abdominis*, dále RA. Byly hodnoceny vztahy mezi dosaženou úrovní senzorických deskriptorů u jednotlivých svalů a chemickým složením, fyzikálními parametry a histochemickými vlastnostmi masa. Velkou roli hrál zejména obsah intramuskulárního tuku, celkového množství kolagenu a podílů jeho tepelně rozpustné a nerozpustné frakce. Ve výsledcích našeho experimentu byly zjištěny rozdíly mezi svaly, a to zejména v obsahu tuku, který pozitivně ovlivnil některé organoleptické charakteristiky masa, zejména šťavnatost u svalu RA. Rozdíl v obsahu tuku u jednotlivých svalů byl více zřejmý u jalovic, kde byl obsah tuku RA o 46 % vyšší (u býků o 47 % vyšší), než u TB a téměř o 28% vyšší, než u LL (u býků o 18 %). Nejvyšší křehkost a žvýkatelnost zaznamenal LL, který měl také nejnižší sílu stříhu Warner-Bratzler. Co se týče efektu pohlaví, jalovice měly oproti býkům ve všech svalech více než dvojnásobné množství tuku. RA jalovic měl obsah tuku 2,7x vyšší. To by mohlo souviset s námi zjištěnou prokazatelně vyšší křehkostí a žvýkatelností masa jalovic. Jalovice také vykazovaly nižší sílu stříhu, než býci a měly méně celkového kolagenu a více rozpustného kolagenu, což potvrdilo předpoklad o zvyšování křehkosti masa se stoupajícím obsahem rozpustného kolagenu. Maso jalovic zaznamenalo příznivější hodnocení ve všech sledovaných deskriptorech. Cílem druhé studie bylo stanovit chemické, fyzikální a senzorické vlastnosti včetně stanovení aromatických sloučenin u grilovaného hovězího masa býků krmených třemi různými zdroji bílkovin a zjistit jejich vliv na vůni hovězího masa. Aromatické sloučeniny byly identifikovány pomocí plynové chromatografie s hmotnostní spektrometrií (GC-MS) a olfaktometrií (GC-O). Vzorky byly rozděleny do skupin podle zdroje bílkovin zkrmovaných skotu (kontrolní skupina s močovinou, skupina s řepkou a s lupinou). Experiment neodhalil vliv na chemické složení masa. V případě fyzikálních charakteristik byly rozdíly s výjimkou instrumentálně hodnocené křehkosti rovněž minimální. Zejména mezi kontrolní skupinou a býky krmenými řepkovým extrahovaným šrotem nebyly pozorovány rozdíly v kvalitativních parametrech masa. Zařazení semene lupiny bílé do krmné dávky se projevilo ve snížení typické vůně hovězího masa a zvýšila se intenzita některých chuťových

vlastností, které nejsou příliš pozitivně vnímány konzumenty. Na druhou stranu maso býků krmených lupinou vykazovalo ve srovnání s ostatními skupinami příznivější texturní charakteristiky, především křehkost a žvýkatelnost. Nižší tuhost masa byla stanovena i v případě měření pomocí Warner-Bratzlerova nože. Vzhledem ke skutečnosti, že křehkost hovězího masa má zcela zásadní význam pro jeho hodnocení konzumenty, bylo by vhodné zaměřit další výzkum na objasnění mechanismu způsobujícího rozdíly v textuře v případě zkrmování lupiny bílé v krmné dávce vykrmovaného skotu. Zdroj bílkovin ovlivnil profil vonných látek grilovaného masa. Bylo identifikováno 22 nejvýznamnějších látek, z nichž nejvyšší průměr frekvence detekce byl u hexanalů, nonanalů, (E)2-nonenalů, (E,E) 2,4-nonadienalů, heptanalů a methylesteru kyseliny máselné. Nejčastější vůně byly typická vůně masa (masová, pečená, kořeněná, kouřová, smažená), tak i ovocné a stájeové vůně. Nejčastější frekvence detekce byly zaznamenány v mase zvířat krmených lupinou, která měla nejintenzivnější vůni petroleje. Tyto výsledky jsou zřejmě první, které přináší ucelený pohled na organoleptické vlastnosti a zejména aromatický profil masa býků českého strakatého skotu. Příspěvek různých složek krmné dávky použitých ve výkrmu býků tohoto plemene zasluhuje další výzkum. Pozornost by měla v tomto ohledu být věnována i konzumentské přijatelnosti hovězího masa pocházejícího z různých produkčních systémů. Cílem třetí studie bylo proto porovnat postoje a preference českých a španělských spotřebitelů ve vztahu k obsahu intramuskulárního tuku v hovězím mase. Konzumenti posuzovali vzorky hovězího masa, které se lišily v obsahu intramuskulárního tuku. Maso s nízkým obsahem tuku mělo průměrný obsah intramuskulárního tuku 1,3 %, se středním obsahem 3,1 % a s vysokým obsahem tuku 5,2 %. Výsledky sensorického hodnocení měly tendenci vykazovat pozitivní lineární závislost na obsahu intramuskulárního tuku v hovězím mase. Zatímco čeští hodnotitelé zaznamenali mezi vzorky hovězího masa rozdíly pouze v křehkosti a celkové přijatelnosti, španělští hodnotitelé byli schopni zjistit významné rozdíly ve všech hodnocených deskriptorech. Věk a pohlaví ovlivnily hodnocení hovězího masa s různým obsahem intramuskulárního tuku.

**Klíčová slova:** hovězí maso, jalovice, býci, svaly, olfaktometrická analýza, lupina, řepka, močovina, konzumentská studie, mezikulturní rozdíly, mramorování

## Sensory active compounds in Czech Fleckvieh meat

### Summary

The aim of this study was to analyze the significant effects of sensory active substances in the meat of Czech spotted cattle on the basis of three experiments. These significant effects include muscle part, sex, protein source in the feeding ration and the resulting fat content of the meat. The findings on consumer preferences could be used to stabilise the consumption of beef from the national breed of Czech Fleckvieh. The first experiment was a fattening experiment on bulls and heifers of Czech Fleckvieh cattle. The cattle were reared under identical housing and nutritional conditions. Samples were taken from three muscles from different technological parts, it was: *longissimus lumborum* muscle (LL), *triceps brachii* (TB) and the *rectus abdominis* (RA). The relationships between the level of sensory descriptors achieved in individual muscles and the chemical composition, physical parameters and histochemical properties of the meat were evaluated. In particular, the intramuscular fat content, total collagen and the proportions of its heat-soluble and insoluble fractions played a major role. Instrumental tenderness was evaluated using shear forces Warner-Bratzler knife. It was assumed that the sensory profile of meat from various muscles of cattle will be different due to the different chemical composition of muscle. There were discovered relationships between a achieved level of the sensory descriptors of individual muscles and intramuscular fat content, the total amount of collagen and its thermal soluble and insoluble fraction. In the results of our experiment differences were found between the muscles, especially the fat content, which positively affected some of the organoleptic characteristics of meat, especially juiciness with muscle RA. The fat content in RA in heifers was by 46 % higher (in bulls by 47 % higher) than TB and almost by 28 % higher than LL (in bulls by 18 %). The highest recorded tenderness and chewiness was documented in LL, which also had the lowest shear force Warner-Bratzler. Regarding the effect of gender, heifers had in all muscles more than twice higher amount of fat. RA in heifers had 2.7 times higher fat content than in the bulls. This could be related to significantly higher tenderness and chewiness of heifers meat that was documented. Heifers also had lower shear force than bulls and low content of total collagen and higher content of soluble collagen, which confirmed the assumption of improving meat tenderness with increasing content of soluble collagen. Meat heifers experienced better ratings in all monitored descriptors. The aim of the second study was to determine volatile compounds of the grilled beef of bull fed three different protein sources to study the affect to the beef odor. Volatile compounds were identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) to determine the compounds and at the same time the compound odour activity was determined by olfactometry GC-O. The samples were grouped according to protein source fed to cattle (control group with urea, rapeseed and lupin). The experiment revealed

no effect on the chemical composition of the meat. In the case of the physical characteristics, the differences were also minimal, except for the instrumentally assessed tenderness. In particular, the differences observed between the control group and the bulls fed rapeseed-extracted meal were absolutely minimal. The inclusion of white lupin seed in the ration resulted in a reduction in the typical beef flavour and an increase in the intensity of some flavour characteristics that are not well perceived by consumers. On the other hand, the meat of lupin-fed bulls showed more favourable textural characteristics, especially tenderness and chewiness, compared with the other groups. Higher value for tenderness was also found when measured with a Warner-Bratzler knife. Given the fact that tenderness of beef is quite crucial for its evaluation by consumers, further research should be directed towards elucidating the mechanism causing the differences in texture when white lupin is fed in the ration of fattened cattle. The protein source influenced the flavour profile of the grilled meat. The 22 most significant substances were listed, with the highest average frequency of detection for hexanal, nonanal, (E) 2-nonenal, (E, E) 2,4-nonadienal, heptanal and butanoic acid, 2-methyl ester. The most common odours were typical meat odours (meat, roast, spicy, smoky, fried), as well as fruity odours and stable odours. The most frequent detection frequencies were recorded for lupin food, which had the most intense kerosene smell. These results are probably the first to provide a comprehensive view of the organoleptic properties and, in particular, the aromatic profile of the meat of Czech Fleckvieh cattle bulls. The contribution of the different components of the ration used in the fattening of bulls of this breed deserves further research. Attention should also be paid in this respect to the consumer acceptability of beef from different production systems. The objective of the third study was therefore to compare Czech and Spanish consumer attitudes and preferences in relation to beef intramuscular fat content. Consumers assessed beef samples that varied in intramuscular fat content. The low-fat meat had an average intramuscular fat content of 1.3 %, medium had 3.1 % and high-fat had 5.2 %. Sensory assessment scores tended to show a positive linear relationship with beef intramuscular fat content. While Czech assessors only noted differences in tenderness and overall acceptance between the beef samples, Spanish assessors were able to detect significant differences in all the descriptors evaluated. Age and gender affected the assessment scores of beef with different intramuscular fat contents.

**Keywords:** beef, heifers, bulls, muscle, olfaktometric analysis, lupine, rapeseed, urea, consumer study, cross-culture differences, marbling

## Obsah

Úvod	1
1.1 Role hovězího masa ve výživě lidí	1
1.2 Spotřeba masa a spotřeba hovězího masa	1
1.3 Český strakatý skot	3
1.4 Výživa skotu	3
1.5 Dusíkaté látky v krmivech pro skot	4
1.5.1 Močovina	4
1.5.2 Sója luštěinatá ( <i>Glycine max</i> )	5
1.5.3 Lupina ( <i>Lupinus</i> )	5
1.5.4 Řepka olejka ( <i>Brassica napus</i> )	7
1.6 Struktura masa	8
1.7 Chemické složení masa	10
1.8 Fyzikální vlastnosti masa	11
1.8.1 pH	11
1.8.2 Vaznost	11
1.8.3 Instrumentální křehkost	12
1.8.4 Barva masa	12
1.9 Organoleptické vlastnosti masa	13
1.9.1 Vůně masa	13
1.9.2 Chuť	15
1.9.3 Textura	16
1.10 Faktory ovlivňující organoleptické vlastnosti	16
1.10.1 Vliv výživy na organoleptické vlastnosti masa	17
1.10.2 Vliv pohlaví na organoleptické vlastnosti masa	20
1.10.3 Vliv svalové partie na organoleptické vlastnosti masa	22
1.10.4 Vliv intramuskulárního tuku na organoleptické vlastnosti masa	24
1.11 Senzorická analýza a konzumentské testy	26
1.11.1 Olfaktometrická analýza	28
1.12 Preference spotřebitelů ohledně intramuskulárního tuku	30
2 Hypotézy a cíl práce	31
3 Materiál a metodika	33
3.1 Experiment-vliv pohlaví a svalových partií na kvalitu masa	33
3.1.1 Zvířata a vzorky	33
3.1.2 Histochemická analýza	33
3.1.3 Fyzikální analýza	34
3.1.4 Chemická analýza	35
3.1.5 Senzorická analýza	35



3.1.6	Statistická analýza	36
3.2	Experiment-vliv dusíkatého zdroje v krmné dávce na kvalitu masa	37
3.2.1	Zvířata a vzorky	37
3.2.2	Fyzikální analýza	38
3.2.3	Chemická analýza	38
3.2.4	Senzorická analýza	39
3.2.5	Statistická analýza	40
3.2.6	Olfaktometrická analýza	40
3.2.6.1	Trénink hodnotitelů, vzorky a způsob hodnocení	40
3.2.6.2	Standardy a materiál	41
3.2.6.3	Chromatografická a olfaktometrická analýza	41
3.3	Konzumentský test	42
3.3.1	Zvířata a vzorky	42
3.3.2	Chemická analýza	42
3.3.3	Konzumentský test	43
3.3.4	Dotazník a hodnocení obrázku	43
3.3.5	Statistická analýza	43
4	Výsledky a diskuze	45
4.1	Experiment-vliv pohlaví a svalové partie na organoleptické vlastnosti hovězího masa	45
4.1.1	Parametry výkrmu	45
4.1.2	Fyzikální a histochemická analýza	45
4.1.3	Chemická analýza	50
4.1.4	Senzorická analýza	51
4.2	Experiment-vliv různého dusíkatého zdroje v krmné dávce na organoleptické vlastnosti masa	55
4.2.1	Fyzikální analýza	55
4.2.2	Chemická analýza	57
4.2.3	Senzorická analýza	58
4.2.4	Olfaktometrická analýza	61
4.3	Konzumentský test	65
5	Závěr	72
6	Seznam literatury	75
7	Seznam příloh	101

# Úvod

## 1.1 Role hovězího masa ve výživě lidí

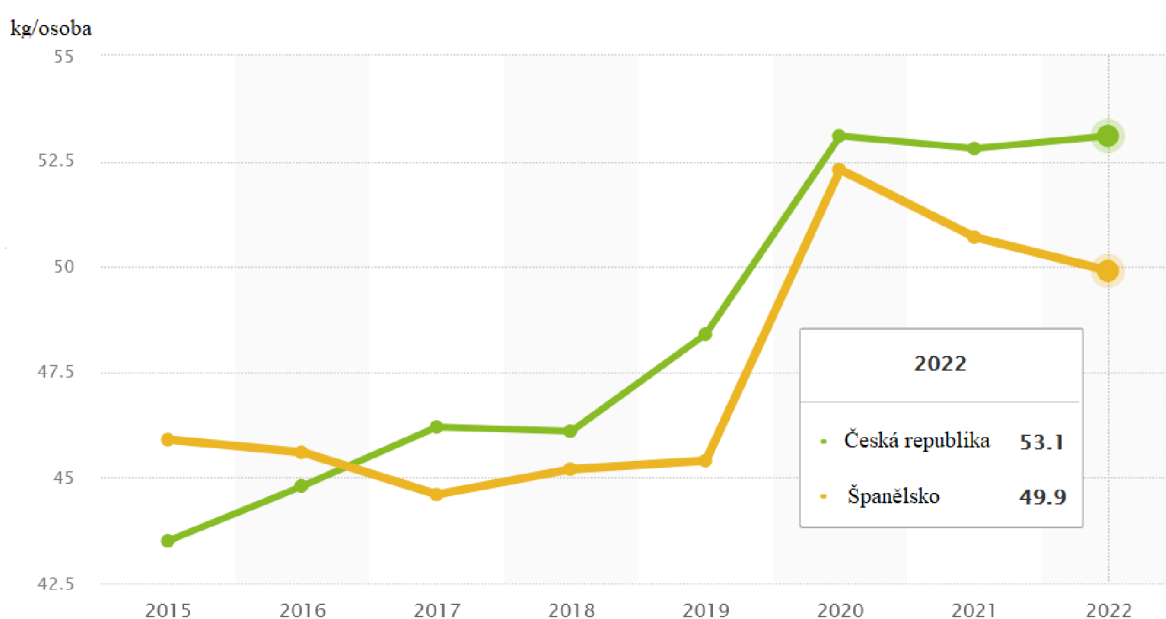
Hovězí maso hraje důležitou roli v lidské výživě, má vysokou nutriční hodnotu a je produktem, od kterého lze očekávat vynikající kulinářské zážitky. Hovězí maso je významným zdrojem vysoce hodnotných bílkovin, tuků, vitaminů (zejména skupiny B podporujících nervovou činnost), minerálních látek (např. železo a zinek) a dalších zdraví prospěšných látek. Obecně může být hovězí maso vnímáno jako zdravá složka stravy (Fisberg & Marchioni 2014). Maso je oblíbenou komoditou nejen pro své nutriční vlastnosti, ale i pro typickou chuť, výraznou vůni a texturní vlastnosti. Přesto spotřeba hovězího masa v České republice dlouhodobě klesala a v poslední době stagnuje (ČSÚ 2019 a). Jedním z faktorů omezujících spotřebu hovězího je vyšší cena oproti masu z ostatních druhů hospodářských zvířat (Andrýsek et al. 2015).

Pochopení preferencí spotřebitelů je důležité pro stabilizaci spotřeby, případně další rozvoj trhu s hovězím masem. Pro chovatele skotu, zpracovatele a prodejce masa jsou důležité informace týkající se vnímání lokálně produkovaného hovězího masa spotřebiteli (Cardona et al. 2020). Pochopení individuálních preferencí může vést ke koncepci rozdělení trhu na menší segmenty úzce specifikovaných produktů, a tak uspokojení většího počtu skupin konzumentů. V současné době jsou však informace o spotřebitelských preferencích českých spotřebitelů značně limitované.

## 1.2 Spotřeba masa a spotřeba hovězího masa

Jak je vidět z grafu 1, spotřeba masa v České republice i ve Španělsku, tradičně významným konzumentovi masa a místě našeho konzumentského testu, dorostla svého vrcholu a buď stagnuje, nebo klesá. Pravděpodobně se opět projeví trend pozorovaný v poklesu spotřeby masa před pandemií, který se během pandemie stabilizoval (Font-i-Furnols & Guerrero 2022). Celková spotřeba masa v České republice byla 83 kg v roce 2020 a dorovnala tak spotřebu z roku 1992. Od té doby se pohybuje průměrná spotřeba kolem 80 kg. V České republice je nejvíce konzumováno vepřové maso, jehož bylo konzumováno 43 kg, drůbežího 30 kg a hovězího 9 kg v roce 2020. Spotřeba vepřového a hovězího za poslední léta stagnuje, ale zvyšuje se spotřeba drůbežího (ČSÚ 2021). Produkce masa ve Španělsku dosáhla v roce 2020 rekordní výše a zaznamenala nárůst o +5,1 % ve srovnání s rokem 2019. Nárůst zaznamenalo vepřové maso (+8,2 %), pokleslo hovězí (2,5 %), skopové a kozí maso (5,5 %). Nejvíce

konzumovaným čerstvým masem ve Španělsku je kuřecí maso, následované masnými výrobky, vepřovým masem a v menší míře hovězím masem (Font-i-Furnols & Guerrero 2022).



**Graf 1** Porovnání spotřeby masa ve Španělsku a v České republice od roku 2015 do roku 2022 (Statista, 2022).

Nejčastější konzumenti hovězího masa v České republice jsou muži nad 45 let z venkovských oblastí (Bureš et al. 2018). Profilování španělských spotřebitelů v roce 2018 odhalilo, že nejběžnějším spotřebitelem hovězího masa je bezdětný dospělý pár do 35 let (13,63 %) nebo ve věku 35 až 49 let (32,24 %) bez dětí nebo se staršími dětmi ze střední až vysoké sociální třídy. Zákazníci, kteří nakupují hovězí maso nejvíce, jsou starší 50 let (54,13 %) s vysokým a středním (16,31 %), středním (30,71 %), středním až nízkým (26,56 %) a nízkým (26,42 %) příjmem (Ministerio de Agricultura 2018).

Jedním z důvodů nižší spotřeby hovězího masa je to, že spotřebitelé preferují levné druhy mas se snadnou a rychlou kuchyňskou úpravou. Hovězí maso je dražší než maso ostatních druhů zvířat z důvodu poměrně vysokých produkčních nákladů. Spotřebitelé dále dávají přednost masům, která jsou považována obecně za „zdravá“, zejména „bílému masu“ drůbežimu nebo rybímu. Informace o původu, bezpečnosti, výživové hodnotě nebo dopadu na lidské zdraví hrají při rozhodování o stravě stále důležitější roli (Lee & Jacob 2019). Vývoj spotřeby mohou navíc ovlivnit neočekávané události týkající se zdravotní závadnosti (Palát et al. 2012). Trh s hovězím masem velmi negativně ovlivnila kauza BSE (Steinhauser 2001). Spotřeba byla nárazově

negativně ovlivněna také nálezy nežádoucích reziduí a zkaženým masem na pultech supermarketů (Štiková 2004). Důsledkem snižování spotřeby hovězího masa je pak snižování nabídky tradičních českých pokrmů z hovězího ve veřejném stravování.

### **1.3 Český strakatý skot**

V České republice dosud nevýznamnější tuzemský zdroj hovězího masa představuje český strakatý skot. V roce 2019 bylo v ČR chováno 311 127 kusů českého strakatého skotu se 100 % podílem krve, což činilo 36,5 % ze součtu masných a dojných plemen chovaných na území České republiky celkem (Bucek et al. 2020). Plemeno vzniklo ve Švýcarsku ve 30. letech 20. století ze simentálského a bernského skotu, ale oficiální název získalo až roku 1967. Simentálský skot dosahuje uspokojivé úrovně mléčné i masné užitkovosti. Český strakatý skot měl až do 2. světové války trojstranné využití: na mléko, maso a tah. Ve druhé polovině 20. století došlo k zušlechťování plemene na mléčnou produkci plemeny ayrshire nebo red holštýn. Dnes se pro tyto účely využívá plemen montbéliarde a český strakatý skot, které mají současně dobrou jatečnou výtěžnost. Plemeno je středního až většího tělesného rámce se silnými kostmi a dobrým osvalením. Kohoutková výška krav se pohybuje mezi 136-142 cm a býků mezi 150-158 cm. Živá hmotnost krav je kolem 650-750 kg a u býků kolem 1200-1300 kg. Zvířata jsou rohatá a strakatá, světle žlutá až tmavě červená v kombinaci s bílou, případně mají plášťové zbarvení s bílými odznaky. Hlava a spodní část končetin je dominantně bílá. Zvířata mají dobrou, pravidelnou plodnost. Užitkovost plemene je kombinovaná na mléko a maso v poměru 60:40 (Mikšík & Žižlavský 2005). Plemeno v dlouhodobější perspektivě dosahuje mléčné užitkovosti 6 000 až 7 500 kg mléka za laktaci (305 dní z roka, zbytek odpočívá) s obsahem bílkovin nad 3,5 %, průměrného denního přírůstku nad 1 300 g v intenzivním výkrmu býků a jatečné výtěžnosti nad 58 % (CESTR 2008). Podle výsledků kontroly výkrmnosti skotu z roku 2019, do které bylo zařazeno 184 býků, bylo 86,8 % býků zařazeno do prvních tří tříd zmasilosti (E, U, R) (Bucek et al. 2020).

### **1.4 Výživa skotu**

Krmiva lze rozdělit dle koncentrace živin na objemná (zelená krmiva, okopaniny, siláže; seno a sláma) a jadrná (krmné směsi, bílkovinné koncentráty, semena obilnin, olejnin a luštěnin). Objemná krmiva jsou základní složkou krmné dávky u přežvýkavců. Obsahují nižší koncentraci živin na kg sušiny, průměrný či vyšší obsah vlákniny a vysoký obsah alkalických prvků – vápník, draslík, sodík, hořčík. Aby bylo možné zajistit vybalancovanou krmnou dávku

s vyváženým složením a dostatečným množstvím energie a všech potřebných látek, jsou objemná krmiva doplňována jadrnými krmivly.

### **1.5 Dusíkaté látky v krmivech pro skot**

Jeden z klíčových faktorů určujících kvalitní krmnou dávku pro skot je dusíkatá složka krmiv. Jedná se o analyticky stanovený dusík v krmivu vynásobený přepočítávacím faktorem 6,25. Dusíkaté látky se dělí na degradovatelné (metabolizovatelné bachorovými mikroorganismy) a dusíkaté látky nedegradovatelné (metabolizovatelné přímo skotem).

Degradovatelné dusíkaté látky poskytují dusík mikroorganismům, které jsou schopny začlenit dusík do svých organismů. Tímto procesem vzniká mikrobiální protein, který je stráven v tlustém střevě skotu (Bouška et al. 2006). Mezi degradovatelné dusíkaté látky patří nebílkovinné sloučeniny, např. močovina, volné aminokyseliny, čpavkové soli, amidy nebo aminoalkoholy (Kudrna et al. 1998). Minimální obsah degradovatelných dusíkatých látek, které jsou důležité ke krytí potřeb mikroorganismů, je 12–13 % (Bouška et al. 2006).

Nedegradovatelné dusíkaté látky (by – pass protein), nebo také bílkovinné dusíkaté látky, jsou nedegradovatelné v bachoru mikrobiální činností, ale tráví se enzymaticky ve slezu a poté se vstřebávají v tenkém střevě. Z rostlinných zdrojů mají nejvyšší obsah bílkovin luštěniny, které navíc váží vzdušný dusík pomocí hlízkových bakterií na kořenech a tím zlepšují půdní vlastnosti (Suchý et al. 2016). Studie zabývající se vlivem zdroje dusíkatých látek v krmné dávce vykrmovaného skotu na kvalitu masa včetně organoleptických vlastností byly dosud publikovány ve velmi omezeném rozsahu.

#### **1.5.1 Močovina**

Močovina je organismy bachoru zcela rozložitelná. Z tohoto důvodu je stanoven maximální obsah močoviny v krmné dávce vedoucí k zamezení intoxikace amoniakem (Corte et al. 2018). V experimentu Axelsena et al. (1979) byly mírně zvýšeny hmotnostní přírůstky přidáním močoviny do krmné dávky. V experimentu zahrnujícím vysoce energetické krmné dávky, v nichž byla zdrojem dusíku močovina a sója, byl u obou skupin zajištěn uspokojivý přírůstek, který se významně nelišil (Perry et al. 1967).

Byl zkoumán přídavek extrudované močoviny (50, 60, 70 a 80 g/100 kg tělesné hmotnosti) do výživy masného skotu. U skupin ošetřených extrudovanou močovinou nebyl zjištěn nepříznivý vliv na příjem živin (kg/den), chování při příjmu potravy, zdánlivou

stravitelnost, dusíkovou bilanci, obsah volných mastných kyselin, pH bachoru a krevní parametry (de Moraes et al. 2019).

### **1.5.2 Sója luštinatá (*Glycine max*)**

Jako zdroj vysoce kvalitního dusíkatého krmiva pro skot je využívána sója, která může být označována jako „standardní proteinový zdroj“. Sójový extrahovaný šrot obsahuje kolem 47 % bílkovin (Sami et al. 2010), velmi vhodný profil aminokyselin s výjimkou nižšího obsahu methioninu, vysoké procento polyenových mastných kyselin (zejména kyseliny linolové) (Huygherbaert et al. 1988), 1,40 % tuku (Sami et al. 2010), relativně malé množství vlákniny a zanedbatelné množství antinutričních látek (Dei 2010). Obsah antinutričních látek se dá ovlivnit vhodným zpracováním sójových bobů, při kterém dochází k inaktivaci trypsinových inhibitorů a lektinů a tím k dosažení lepší stravitelnosti (Araba & Dale 1989).

Hlavním producentem sóji je USA. Vyváží ji do Evropy, která je na jejích dovozech velmi závislá. Importovaná sója v Evropě postupně vytlačovala místní dusíkatá krmiva, avšak v současné době opět dochází k upevňování pozice lokálních zdrojů dusíkatých krmiv ve výživě zvířat (Suchý et al. 2016). Z celkového množství přibližně 30 milionů tun importovaných sójových krmiv do Evropské unie za rok má jen přibližně 15 % GMO-free certifikaci (Lucht 2015). Evropané spotřebitelé se vůči pěstování a spotřebě GMO poměrně důrazně vymezují (Zilberman et al. 2013). Proto je důležité hledat její evropskou alternativu. Za tímto účelem bylo provedeno několik studií s cílem nalézt udržitelné, ekonomicky přijatelnější, lokální geneticky nemodifikované dusíkaté zdroje, které by tvořily alternativu sóji ve výkrmu skotu (Corazzin et al. 2017). Bylo zjištěno, že zařazení močoviny (Axelsen et al. 1979), řepky a lupiny (Sami et al. 2010) do krmné dávky skotu zajistilo uspokojivé charakteristiky jatečně upraveného těla a nezhoršilo chemické složení masa, avšak dle dostupných zdrojů dosud nebyla provedena olfaktometrická analýza hovězího masa zvířat krmených různými zdroji dusíku.

### **1.5.3 Lupina (*Lupinus*)**

Dalším zdrojem bohatým na bílkoviny jsou luskoviny, z nichž nabývá na důležitosti lupina, která může být použita v ekologické produkci jako geneticky nemodifikovaná plodina (Domingo & Bordonaba 2011).

Rod *Lupinus* čítá kolem 200 druhů lupin. Jednotlivé odrůdy kulturních lupin lze rozdělit do tří základních skupin. Jde o skupinu úzkolistých odrůd (*Lupinus angustifolius*), skupinu bílých odrůd (*Lupinus albus*) a skupinu žlutých odrůd (*Lupinus luteus*). Mezi nejvýznamnější evropské druhy patří *L. albus* (lupina bílá), *L. angustifolius*, *L. luteus* a *L. cosentinii*. Mezi

nejstarší patří lupina bílá a *L. mutabilis*, které se kultivují již 3000 let (Williams 1984). Skupina bílých odrůd lupin obsahuje až dvojnásobný obsah tuku a vyšší obsah proteinu. Bílé odrůdy se snadněji pěstují v půdních a klimatických podmínkách České republiky a jsou odolnější vůči houbovým chorobám (Suchý et al. 2016).

Bylo zjištěno, že lupina má významný potenciál jako proteinový zdroj pro skot (Barneveld 2000) v denním maximu 1.2–1.4 kg lupiny/den. Ve srovnání se sójou má lupina bílá podobně vysoký obsah kvalitních bílkovin (zhruba 35 % v sušině), nižší obsah tuku (Duranti et al. 2008), menší poměr n–6/n–3 polynenasycených mastných kyselin (PUFA) a menší množství celkové SFA (Volek et al. 2018<sup>a</sup>). Vysoce kvalitní profil mastných kyselin lupiny spolu s protizánětlivým a antioxidačním potenciálem naznačují možné použití semen lupiny jako krmiva s vysokou nutriční hodnotou a terapeutickými účinky (Chiofalo et al. 2012).

Problémem lupiny je nízký obsah sirných aminokyselin, a naopak vysoký obsah vlákniny (12–15 %). Co se týče profilu aminokyselin, lupina má menší zastoupení kyseliny glutamové (80.7 g/kg až 85.6 g/kg) a esenciálních aminokyselin obsahujících síru, methioninu (2.4 g/kg až 6.5 g/kg) a cysteinu (5.0 g/kg až 6.7 g/kg) (Prandini et al. 2016). To by mohlo být vyřešeno jednoduše přidáním aminokyselin do krmné dávky (Volek et al. 2018<sup>b</sup>).

Některé odrůdy mají vysoký obsah alkaloidů, což je dělá hořké až toxické, což má za důsledek snížení jejich příjmu skotem. V současné době se hojně používá sladká odrůda lupina bílá (*Lupinus albus*), která má nízký obsah alkaloidů (<0.05% sušiny (Kung et al. 1991)), a neobsahuje další antinutriční látky, jako jsou lektiny, inhibitory trypsinu a hemaglutininy (Guillaume et al. 1987).

Lupina není geneticky modifikovaná a náklady na pěstování nejsou nijak vysoké, proto může tvořit významnou evropskou alternativu sóji (Lucas et al. 2015). Tím, že lupina není geneticky modifikovaná, může být použita v ekologické produkci (Domingo & Bordonaba 2011). Produkce lupiny prozatím tvoří v luskovinách menší podíl a v současné době zaznamenává pokles. Na základě nejnovějších dostupných odhadů sklizně roku 2019 k 15. září bylo v roce 2018 sklizeno o 16,3 % méně lupiny na zrno (ČSÚ 2019 b). Lupina je výhodnou plodinou z pohledu zvýšení kvality půdy, fixuje dusík a tím i snižuje potřebné množství dusíkatých hnojiv, proto je vhodné zvýšit její produkci. Lupiny (rod *lupinus*) jsou středně odolné vůči suchu, dobře se přizpůsobují písčitém půdám, jsou odolné vůči mrazu a brzy dozrávají ve srovnání se sójovými boby. Další výhodou lupiny oproti sóji je to, že semena lupiny nemusí být před vlastním zkrmováním dále upravována (např. termicky) (Suchý et al. 2016).

Organoleptické vlastnosti masa skotu krmeného lupinou dosud nejsou prozkoumány, avšak studie porovnávající kvalitativní vlastnosti masa králíků krmených sójovou moučkou a loupánými semeny lupiny prokázala zvýšení křehkosti, ať už byla hodnocena senzoričným panelem nebo pomocí Warner-Bratzlerova nože. Možné vysvětlení nabízí práce, které se zabývaly vlivem zkrmování hrachu setého (*Pisum sativum*) a zvyšováním jeho podílu v krmné dávce vykrmovaného skotu na úkor kukuřičného zrna (Hinkle et al., 2010; Hall et al., 2020). Se vzrůstajícím podílem hrachu docházelo ke zvyšování křehkosti ať již hodnocené instrumentálně, nebo senzoričným panelem. Podle těchto autorů může dojít k ovlivnění kalpain-kalpastatinového systému, který hraje významnou úlohu v procesu zkrhčování masa po porážce zvířat. Některé luštěniny mohou podle citovaných prací inhibovat působení kalpastatinu, což má za následek vyšší účinnost kalpainu v procesu fragmentace bílkovinných řetězců svalových vláken po zkrmování lupiny (Volek et al. 2018<sup>a</sup>).

#### **1.5.4 Řepka olejka (*Brassica napus*)**

V současné době je snaha hledat lokálně produkované, cenově dostupné a geneticky nemodifikované zdroje bílkovin pro výkrm skotu (Corazzin et al. 2016). Pro Českou republiku je tímto zdrojem zejména řepkový extrahovaný šrot, který je vedlejším produktem zpracování řepky na olej. Řepka se v České republice v roce 2019 pěstovala na 379,78 tis. ha, což byla v rámci zemí EU šestá nejvyšší výměra (Eurostat 2020). V rámci České republiky byla v r. 2019 řepka pěstována na 15,4 % celkové plochy zemědělských plodin (ČSÚ 2020).

Jedná se o nejrozšířenější plodinu, kterou lze v ČR využít jako proteinové krmivo. Existují tři druhy řepkového krmiva uplatňovaného ve výživě hospodářských zvířat – řepkový extrahovaný šrot, řepkové pokrutiny a řepkové výlisky. Žlutozelený až žlutohnědý řepkový extrahovaný šrot obsahuje mezi 32 až 38 % dusíkatých látek a 12 až 18 % tuku. Všechna krmiva vznikají jako vedlejší produkty při zpracování řepky na řepkový olej. Obsah tuku se odvíjí od způsobu zpracování – pro vyšší zastoupení jsou řepková semena lisována za studena (18 % tuku), pro nižší procento tuku (12 %) se využívá lisování za tepla. V Evropě a Kanadě je řepkový olej využíván pro lidskou spotřebu nebo jako biopalivo (Sami et al. 2010). Použití vedlejších produktů výroby řepkového oleje jako krmiv pro hospodářská zvířata je velmi ekonomické. Dříve byl u řepky užívaný jako krmivo pro hospodářská zvířata problém s vysokým obsahem kyseliny erukové, která má goitrogenní vlastnosti a hořkou chuť. Dalšími antinutričními látkami jsou glukosinoláty přirozeně obsažené v řepce, které mohou způsobovat



trávicí potíže. V současné době je na trhu tzv. „dvounulková řepka“, v níž je obsah kyseliny erukové i glukosinolátů výrazně snížen (Hussain et al. 2019).

V roce 2010 byl studován vliv lupiny (L), řepkového extrahovaného šrotu (R) a sóji (S) v krmné dávce ve dvou proteinových úrovních 12,4 % a 14 % hrubého proteinu v sušině na kvalitativní vlastnosti svalu *longissimus lumborum* simentálských býků. Krmné dávky R a L se od sebe statisticky odlišovaly v konečné hmotnosti, průměrném denním přírůstku, příjmu hrubého proteinu a příjmu sušiny, kdy nejvyšší hodnota byla zaznamenána u krmné dávky R, nižší u S a nejnižší u L, jen případě příjmu sušiny se statisticky neodlišily skupiny S a L. Obsah sušiny, bílkovin, intramuskulárního tuku (IMF), ani minerálních látek nebyl statisticky odlišný mezi skupinami (Sami et al. 2010).

Ve studii porovnávající lupinu s nízkým obsahem alkaloidů (0,03 %) a vysokým obsahem magnesia, řepkový extrahovaný šrot a extrudovanou sóju jako krmivo pro jehňata bylo zjištěno, že průměrný denní přírůstek jehňat krmených lupinou se nijak nelišil od ostatních krmných dávek (Stanford et al. 1996). V další studii byla jehňata krmená řepkovým extrahovaným šrotem, lupinou a močovinou. Jehňata krmená řepkovým extrahovaným šrotem měla nejvyšší průměrný přírůstek, nejnižší byl zaznamenán u jehňat krmených močovinou. Jehňata krmená lupinou měla průměrný přírůstek (Wiese et al. 2003).

Voli krmení krmnou dávkou s extrudovanou sójou měli vyšší denní přírůstky než býci s krmnou dávkou se syrovou lupinou. Voli krmení krmnou dávkou s praženou lupinou měli středně velký přírůstek, který se statisticky neodlišil od ostatních uvedených skupin (Murphy & McNiven 1994). Důvodem zvýšeného přírůstku může být fakt, že protein dodávaný extrudovanou sójovou moučkou stimuluje syntézu mikrobiálního proteinu (Veira et al. 1990).

## 1.6 Struktura masa

Maso je v užším smyslu kosterní svalová tkáň jatečně upravených těl zvířat vnímaná buď jako samotná svalová tkáň, nebo jako svalová tkáň včetně tuku, cév, nervů a vazivových částí (Hocquette et al. 2012). Maso je tvořeno příčně pruhovanou svalovinou. Sval příčně pruhované svaloviny je rozdělen na masitou část (svalové břicho), svalovou hlavu a úpon, který se zužuje ve šlachy. Stavební jednotkou příčně pruhované svaloviny je svalové vlákno, což je soubuní válcovitého tvaru o délce i několika cm a tloušťce 50–100  $\mu\text{m}$ . Svalová vlákna se dělí podle rychlosti jejich kontrakce (rychlé a pomalé) a metabolické cesty, kterou používají k vytvoření adenosintrifosfátu (ATP) na oxidativní a glykolytické.

Pomalá vlákna jsou dobře zásobena krví a obsahují mnoho myoglobinu, což jim dává červenou barvu. Pomalá vlákna jsou schopna vytrvalé práce, pro něž je třeba přítomnost velkého množství velkých mitochondrií, které obsahují oxidační fosforylační enzymy. Pomalá vlákna jsou také tenčí než rychlá vlákna. Jsou označována jako vlákna typu I.

Rychlá vlákna jsou označována jako bílá, jsou silná a vyznačují se vysokou rychlostí kontrakce, vysokou pevností a rychlou únavou. Protože dochází k rychlé redukci a únavě těchto vláken, podílejí se na krátkodobých výbušných pracích. Dělí se na vlákna typu IIA a IIB.

Typ IIA jsou rychlá vlákna, která využívají jak oxidační, tak glykolytický metabolismus, takže mají vlastnosti obou typů vláken. Mají střední tloušťku a větší pevnost než vlákna typu IIB. Mají schopnost rychlé kontrakce, kterou také umějí výrazně snížit.

Typ IIB jsou rychlá glykolytická vlákna. Jsou velká, mají vysokou prahovou hodnotu pro aktivaci motorických neuronů a pro únavu, i když jsou vhodná pro krátká výbušná vyžití vyžadující velkou pevnost (Brooke & Kaiser 1970).

Zastoupení jednotlivých typů svalových vláken ve svalu je hlavním faktorem, který ovlivňuje metabolismus energie v kosterních svalech zvířat a následně také probíhající posmrtné změny. Na složení svalových vláken skotu má vliv především masná partie, plemeno, věk zvířat, výživa nebo systém ustájení (Joo et al. 2013).

Sval *rectus abdominis* (RA) má vyšší plochu vláken ( $3350 \mu\text{m}^2$ ) ve srovnání se svalem *longissimus lumborum* ( $2142 \mu\text{m}^2$ ) a *triceps brachii* (TB,  $2639 \mu\text{m}^2$ ) (Oury a kol., 2010). Sval *longissimus lumborum* (LL) obsahuje 30 % svalových vláken typu I, 18 % typu IIA a 52 % IIX (přechodného typu mezi IIA a IIB) (Barnard et al. 1982). Sval RA má vyšší podíl vláken I ( $3957 \mu\text{m}^2 / 2868 \mu\text{m}^2$  bílých), než svaly *triceps brachii* a *longissimus lumborum*, což bylo vyváжено nižším podílem buď IIX vláken (ve srovnání s *thoracis brachii*) nebo IIA vláken (ve srovnání se svalem *longissimus lumborum*). Sval TB měl vyšší podíl bílých vláken ( $2436 \mu\text{m}^2 / 1725 \mu\text{m}^2$  červených). Obecně hluboké stabilizační svaly mají oxidativní metabolismus a tedy větší podíl vláken typu I (Oury a kol., 2010). Masná partie měla významnější vliv na vlastnosti svalových vláken a texturu masa než plemenná příslušnost zvířat. Textura byla pozitivně ovlivněna zvyšujícím se zastoupením svalových vláken typu IIB (Lebedová et al. 2021<sup>a</sup>).

Bylo analyzováno 38 hovězích svalů z oblasti přední čtvrti a kýty (4 od každého). Svaly byly histochemicky barveny a poté byly vyhodnoceny typy svalových vláken. Devět z 12 svalů kýty bylo bílých, glykolytických: *semitendinosus*, *biceps femoris*, *rectus femoris*, *adductor* a *semimembranosus*. Svaly přední čtvrti obsahovaly červená (10 z 26), přechodná (9 z 26) a bílá

svalová vlákna (7 z 26) (Kirchofer et al. 2002). Složení svalových vláken se mění s věkem a také v důsledku rozvoje funkce svalů. Brandstetter et al. (1998) studovali vlastnosti svalových vláken u rostoucích býků plemene montbeliard u svalu *longissimus lumborum*. U čtyřměsíčních až osmiměsíčních býků byl zaznamenán nejvyšší podíl vláken IIB. Ve věku 12 až 18 měsíců se u býků zvyšoval podíl vláken typu I, ale stále převyšoval typ IIB.

### 1.7 Chemické složení masa

Hlavní složkou masa je voda, a to až ze 75 %. Majoritními složkami jsou bílkoviny (20 %) a tuky (průměrně 3–6 %). Maso obsahuje plnohodnotné bílkoviny, což znamená, že obsahuje všechny esenciální mastné kyseliny v dostatečném množství. Dle rozpustnosti ve vodě/solných roztocích lze bílkoviny dělit na sarkoplazmatické (rozpuštěné ve vodě a slabých solných roztocích), myofibrilární (rozpuštěné v roztocích solí, ale nerozpuštěné v deionizované vodě) a stromatické (nerozpuštěné ve vodě ani v solných roztocích). Mezi stromatické bílkoviny patří kolagen, který nejvíce souvisí s organoleptickými vlastnostmi masa. Pro texturní vlastnosti je důležitý podíl celkového a rozpustného kolagenu, rozložení kolagenu v mase, stabilita příčných vazeb a síle kolagenních vláken. Obsah kolagenu negativně koreluje se šťavnatostí, intenzitou hovězí chuti, křehkostí a žvýkatelností. Existuje předpoklad, že s rostoucím podílem rozpustného kolagenu se zvyšuje křehkost masa, a s rostoucím podílem nerozpuštěného kolagenu se křehkost snižuje. Rozpuštěný kolagen vytváří želatinu a zjemňuje texturu, nerozpuštěný kolagen zvyšuje tuhost masa (Maltin et al. 2010).

Obsah kolagenu se liší v závislosti na analyzovaném svalu. Torrescano et al. (2003) naměřili v syrovém mase 0,61 celkového kolagenu měřeného v mg hydroxyprolinu/gram masa pro LL a 0,94 mg pro TB. LL obsahoval 0,42 rozpustného kolagenu měřeného v mg hydroxyprolinu/gram masa, TB obsahoval 0,781 mg.

Analýzou 13 hlavních svalů bylo zjištěno, že roštěnec a sval infraspinatus měly nejmenší obsah kolagenu. Nejvyšší obsah kolagenu byl zaznamenán u svalů hrudí a krku. Co se týče svalu *triceps brachii*, ve srovnání 13 svalů měl 8. nejvyšší obsah kolagenu (Keith et al. 1985).

Tuky neboli lipidy, jsou estery glycerolu a vyšších nenasycených nebo nasycených mastných kyselin. Dají se rozdělit na jednoduché (estery vyšších mastných kyselin a glycerolu, neutrální lipidy), složené (např. fosfolipidy buněčných membrán) a odvozené lipidy. Minoritní složkou lipidů je také cholesterol. Triacylglyceroly se vyskytují zejména v zásobním (depotním tuku) v podkoží nebo v tuku chránícím orgány. Fosfolipidy se vyskytují zejména v IMF. Z

masných kyselin obsažených v hovězím masa jsou to nejvíce kyseliny olejová (C18: 1), palmitová (C16: 0) a stearová (C18: 0) (Wood et al. 2008).

Další skupinou látek, která je obsažena v masa, jsou tzv. extraktivní látky. Vznikají v masa v průběhu posmrtných změn a jsou důležité pro vytvoření chuti a aroma masa. Extraktivní látky tvoří asi 1% hmotnosti masa. Do extraktivních látek patří zejména sacharidy, minerální látky, vitaminy, volné aminokyseliny, nukleotidy a dipeptidy. Mezi nejvýznamnější sacharidy masa patří glykogen, glukóza, fruktóza, manóza a jejich 6- fosfáty, maltóza, ribóza a myo- inositol (Koutsidis et al. 2008). Mezi nejvýznamnější minerální látky hovězího masa patří železo, hořčík, vápník, selen, vitaminy skupiny B a lipofilní vitaminy.

## **1.8 Fyzikální vlastnosti masa**

### **1.8.1 pH**

Hodnota pH je fyzikálně-chemická veličina vyjádřená množstvím vodíkových iontů neboli mírou kyselosti nebo zásaditosti prostředí (Pipek 1995). pH masa je jedním z nejdůležitějších ukazatelů kvality masa, ovlivňuje ho řada faktorů, které působí během života zvířat, během porážky anebo až po opracování masa. Hodnota pH je ovlivněna vrstvou podkožního tuku jatečného těla (Page et al. 2001), pohybovou aktivitou (Mojto et al. 2009) nebo věkem při porážce (Plessis & Hoffman 2007). Stres před porážkou zvyšuje pH tak, že vyčerpává hladiny glykogenu, a tak zabrání rozkladu glykogenu na kyselinu mléčnou při následném zrání masa. Dostatečně okyselená svalovina je důležitá pro činnost proteáz a tím zvyšování křehkosti masa (Beltrán et al. 1997). V experimentu o vlivu pH na kvalitativní charakteristiky svalu *longissimus lumborum* bylo zjištěno, že pH nad 6 způsobilo snížení ztrát odkapem a varem, došlo ke zvýšení vaznosti a snížila se křehkost a celková přijatelnost (Holdstock et al. 2014).

### **1.8.2 Vaznost**

Vaznost je definována jako schopnost masa a masných výrobků vázat vodu během manipulace s masem, tepelné úpravy a skladování masa (Pearce et al. 2011). Vaznost je nejnižší v izoelektrickém bodě (pH 5 až 5,3) a směrem od něj prudce stoupá. V izoelektrickém bodě je vyrovnán počet kladných a záporných nábojů na molekule bílkoviny. V tomto bodě jsou opačně nabitě skupiny maximálně přitahovány elektrostatickými silami mezi opačnými náboji. Hodnota izoelektrického bodu však není stálá, mění se vlivem solí obsažených v sarkoplazmatu (Pipek 1995). Mezi předporážkové faktory ovlivňující vaznost patří genotyp zvířat, výživa

(zejména přidání vitamínu E do stravy) a stres před porážkou zvířat. Mezi poporážkové faktory ovlivňující vaznost patří výrazné ošetření ovlivňující obsah vody v masných výrobcích, chlazení, stárnutí, vstřikování nemasných složek, masírování a tepelné zpracování (Taylor et al. 2008). Ve studii s hovězími karbanátky byly zaznamenávány hmotnostní ztráty při vaření. Nejnižší ztráty byly zaznamenány u karbanátek s 5-20 % tuku (24,7-26,0 %), menší ztráty byly zaznamenány u karbanátek s 25 % tuku (28,9 %) a nejvyšší ztráty byly zaznamenány u karbanátek s 30 % tuku (32,1 %) (Corbin et al. 2015). Větší hmotnostní ztráty po vaření by také mohly souviset s větším obsahem vláken typu II (Renand a kol., 2001).

### 1.8.3 Instrumentální křehkost

Jedním z důležitých fyzikálních parametrů masa je instrumentální křehkost, měřená pomocí síly stříhu. Síla stříhu velmi často koreluje s organoleptickými vlastnostmi hovězího masa, jako je například křehkost, šťavnatost, žvýkatelnost nebo intenzita chuti (Bureš & Bartoň 2012<sup>b</sup>). Různé svalové partie se velmi liší silou stříhu. Sílu stříhu také ovlivňuje výživa skotu a s ní spojený obsah tuku. Vyšší síla stříhu byla zaznamenána u masa skotu chovaného na pastvě, než u masa skotu krmeného koncentrovanými krmivy (Campo et al. 2008). Čím více IMF maso obsahuje, tím má nižší sílu stříhu (Corbin et al. 2015). V experimentu, ve kterém byla telata po odstavu 30 dní na pastvě, poté krmena *ad libitum* smíšenou krmnou dávkou (76% drcené kukuřice, 10% sójové moučky, 5% melasy, 3 % vojtěšky, 0,5% vápence a 0,5 % soli) byla zaznamenána nejvyšší síla stříhu u volů, poté u jalovic a nejmenší u býků (Hedrick & Thompson 1969). Sullivan a Calkins (2011) zařadili svaly skotu podle instrumentální křehkosti masa do tří skupin. Jako křehké svaly byly označeny např. *psoas major*, *infraspinatus* a *rectus femoris*. Středně tuhé (síla 3,9 až 4,6 N) byly např. *longissimus lumborum*, LL, *semimembranosus* a RA. Jako tuhé byly hodnoceny *biceps femoris*, *semitendinosus*, *gluteus medius*, *longissimus lumborum*, *supraspinatus* a *pectoralis profundus*.

### 1.8.4 Barva masa

Mezi významné jakostní ukazatele patří barva masa, která výrazně ovlivňuje kvalitu masa. Barva masa má zásadní význam pro prodejnost čerstvého hovězího masa. Je prvním parametrem, který ovlivňuje rozhodování spotřebitele v okamžiku nákupu (Picard et al. 2020). Barva masa je ovlivněna mnoha faktory před a po porážce, včetně druhu, pohlaví, věku, anatomické polohy svalu, zchlazení s jatečně upraveným tělem atd. a obecně závisí na množství a chemickém stavu myoglobinu (Listrat et al. 2015).

Žádaná je červená barva, která je způsobena přítomností hemových barviv (myoglobinu a hemoglobinu). Myoglobin dodává masu nejen barvu, ale tvoří i důležitou zásobárnu kyslíku svalového vlákna. Součástí myoglobinu je hem, který je tvořen tetrapyrrolovým jádrem s konjugovanými dvojnými vazbami, které dávají hemu červenou barvu. Změny barvy masa jsou dány reakcemi atomu železa. Když je navázán kyslík (molekula O<sub>2</sub>), vzniká oxymyoglobin. Oxidací železa a následnou změnou jeho skupenství vzniká Fe<sup>3+</sup> metmyoglobin. Vliv na změnu barvy má tedy kyslík, dále peroxid vodíku, ale i činnost mikroorganismů a aktivita enzymů. Barva masa je vyhodnocením parametrů jako je světlost (hodnota L\*), červenost (a\*) a žlutost (b\*). Množství hemoglobinu je ovlivněno mnoha faktory, jako je druh, pohlaví, věk, výživa, zastoupení typů svalových vláken, pH a obsahem IMF (Priolo et al. 2001). Obsah hemoglobinu závisí také na kvalitě vykrvení. Hovězí maso obsahuje 4-10 mg/g svaloviny (Holman et al. 2016). Maltin et al. (1997) sledovali vliv výživy zvířat na barvu masa. Zjistili rozdíly v koncentraci hemového pigmentu u svalu LL u plemen aberdeen angus a charolais krmených různými dietami (ječmen/siláž). Zjištěná koncentrace hemu byla 3,97 mg/g u masa býků krmených stravou založenou na ječmeni a 3,62 mg /g na siláži. V experimentu, ve kterém byly porovnávány býci a jalovice byl posuzován LL u kříženců plemene charolais a simmental chovaných za stejných podmínek. Co se týče závislosti barvy na pohlaví, byla zaznamenána statisticky významná závislost. Maso býků bylo tmavší a jalovic bylo světlejší (Bureš & Bartoň 2012<sup>a</sup>).

## **1.9 Organoleptické vlastnosti masa**

### **1.9.1 Vůně masa**

Jednou z nejvýznamnějších organoleptických vlastností je vůně, definována jako vlastnost látek rozpuštěných v plynu nebo kapalině (těkavých látek) vnímaná nadechnutím do nosní nebo ústní dutiny s podmínkou, že nejde o vjem hmatový, chuťový, teplotní nebo vjem bolesti. V horní části nosní dutiny jsou umístěny čichové receptory soustředěné do dvou žlutohnědých skvrn. Na rozdíl od dalších smyslových systémů, v čichovém systému nedochází ke zpoždění informací přicházejících do thalamu.

Vůně masa vzniká různými reakcemi. Jednou z nejdůležitějších je Maillardova reakce mezi karbonylovou a aminovou skupinou. V průběhu reakce vedlejší produkty reagují s aminokyselinami, aminy, sirovodíkem, amoniakem a aldehydy prostřednictvím procesů Streckerovy degradace, Schiffovy bazické cesty a Amadoriho přeskupení za vzniku melanoidinů (vysokomolekulárních hnědě zbarvených sloučenin) (Arshad et al. 2018).

Vůně masa je tvořena hlavně nasycenými a nenasycenými aldehydy, ketony, volnými mastnými kyselinami zejména s dlouhým řetězcem (Stelzleni & Johnson 2008). Nejvíce zastoupenou sloučeninou byl hexanal popsán jako zelený nebo travní (Leod & Ames 1986). Mezi nejvýznamnější aldehydy patří hexanal, heptanal, oktanal, nonanal, a dekanal. K vůni masa přispívá 2-nonenal, dodekanal a 2,4- dekadialenal (Moran et al. 2022). Látky jako diacetyl, 2,3-pentandion, oktan, hexanal, 1-hexanol a oktanal byly pozitivně korelovány s intenzitou vůně vařeného hovězího tuku ( $P < 0,05$ ). Toluén byl jedinou těkavou látkou, která naopak negativně korelovala s intenzitou vůně hovězího tuku (Melton et al. 1982). Jako sloučeniny s „travnatou“ vůní byly identifikovány fyt-2-en, 5-hexadecalakton, 2-laktony a 5-tetradecalakton (Larick et al. 1987). Většina z těchto těkavých látek vzniká beta-oxidací mastných kyselin (Yu et al. 2008). Aldehydy vznikají z deaminovaných a dekarboxylovaných aminokyselin, kde se aminalkohol nebo aminoketon přeměňují na dikarbonyl. Lineární nasycené a nenasycené aldehydy s více než pěti atomy uhlíku mohou vznikat oxidativní degradací tuků, zatímco rozvětvené aldehydy pravděpodobně souvisejí s degradací aminokyselin (Elmore et al. 2004). Delší kyseliny, např. kyselina hexanová, mohou vznikat oxidací mastných kyselin s delším řetězcem, hydrolyzou esterů nebo autooxidací aldehydů a ketonů. Těkavé aromatické sloučeniny toluén, benzaldehyd, ethylbenzen a vinylbenzen vznikají při zahřívání fenylalaninu při 300 °C (Kato et al. 1971).

Vařené maso japonského plemene Wagyu bylo analyzováno na obsah vonných látek. Vysokou korelaci hodnot sensorického hodnocení retronasálního aroma s hovězím masem Wagyu vykazovaly  $\gamma$ -hexalakton,  $\gamma$ -dekalakton a  $\gamma$ -undekalakton. Metabolomické údaje odhalily vysokou korelaci mezi množstvím vonných látek a metabolity, jako je glutamin, kreatin, hypoxanthin, kyselina dekanová, kyselina mléčná a kyselina fosforečná (Ueda et al. 2021). Jiné studie uvádějí, že aldehydy s 6 až 10 uhlíky jsou hlavními látkami souvisejícími s vůní hovězího masa díky jejich nízkým hodnotám prahu detekce a vysokou koncentrací v mase (Mottram 1998). Žádoucí vůně masa byla spojena hlavně s aldehydy a byla charakterizována jako olejová, tučná, sladká, ovocná, ořechová a po zeleni (Krist et al. 2006).

Analýza vůně živočišného původu je již značně pokročilá. Rozvíjení znalostí v této oblasti bylo umožněno rozvojem plynové chromatografie (GC), která umožnila chemikům oddělit, kvantifikovat a identifikovat sloučeniny tvořící vůni. Plynová chromatografie je dnes široce používána v analýze kvality hovězího masa, například k určení profilu aromatických látek masa (Raes et al. 2003). Identifikované složky a jejich intenzity se však liší v závislosti na podmínkách analýzy, jako je teplota v sušárně, průtok nosného plynu a nastavení EM voltů

(Elmore et al. 2004). Nejdůležitější je příprava masa, konkrétně typ a doba přípravy, vnitřní teplota, způsob extrakce atd.

V minulosti bylo vyvinuto několik metod na separaci těkavých sloučenin z různých potravinářských maticí: analýza headspace statická a dynamická past (Maruri & Larick 1992), headspace mikroextrakce na pevnou fázi (SPME) (Ruiz 1998), destilační/extrakční techniky (Gasser & Grosch, 1988), membránové extrakční techniky (Xu et al. 2007) a simultánní destilace – extrakce (SDE) (Watkins et al. 2012). Headspace SPME metoda je oblíbená v posledních letech, slouží k zachycení a zkoncentrování analytů na vlákno potažené taveným siloxanem (Pillonel et al. 2002). SPME vlákno absorbuje těkavé složky na základě rovnovážného dělení analytů mezi pevnou fází vlákna a headspace plynnou fází vzorku (Zhang & Pawliszyn 1993). SPME metoda je rychlá, není nákladná a je snadno použitelná a automatizovatelná (Pillonel et al. 2002). SPME umožňuje přípravu vzorku jak v laboratoři, tak v místě odběru vzorku (Sides et al. 2000).

Účinnost extrakce SPME těkavých sloučenin na vlákno pomocí metody SPME je významně ovlivněna několika faktory, jako je druh a vlastnosti SPME vlákna, míchání vzorku, teplota a doba adsorpce, velikost vzorku a přidání soli (Kataoka et al. 2000). Jedním z nepoužitelnějších vláken je PDMS/ DVB, poměrně univerzální vlákno pro měření těkavých látek obecně, pro aminy, aromatické nitro sloučeniny atd. (Pillonel et al. 2002). SPME sorpce byla použita například při analýze vlivu doby zrání a svalové partie (Stetzer et al. 2008).

## **1.9.2 Chut'**

Chut' součtem vjemů zprostředkovaných chuťovými receptory na úrovni dýchacího a zažívacího traktu. Během sensorické analýzy dochází v rámci chuti k hodnocení aromatických látek, chutí a chuťových vjemů (sladké, slané, kyselé, hořké a umami) vyvolaných v ústech ve vodě rozpustnými netěkavými sloučeninami (solemi, volnými aminokyselinami, peptidy, nukleotidy atd.) pomocí chuťových receptorů na jazyku (Maughan et al. 2012).

Při porovnání hovězího, kuřecího, jehněčího, vepřového a krůtího masa bylo cílem identifikovat a kvantifikovat specifické atributy chuti spojené s hovězím masem. Výsledky ukazují, že vzorky hovězího masa lze popsat pomocí chutí: po hovězí pečení, po hovězím tuku, masová máslová, zemitá, travnatá, po játrech, kovová a sladká (Maughan & Martini 2012). Bylo provedeno velké množství konzumentských testů, kde spotřebitelé dávali přednost hovězímu masu, které bylo hodnoceno vysoko pro hovězí/po hovězím vývaru, máslovou/hovězího tuku a sladkou chuť a neměli rádi hovězí maso s rybí, játrovou, zvěřinovou



a kyselou chutí. Vzorky s vyšším obsahem mononenasycených mastných kyselin a menším podílem nasycených mastných kyselin, mastných kyselin s lichým řetězcem, omega 3 a trans mastných kyselin byly preferovány pro své chuťové vlastnosti. Z identifikovaných těkavých látek byly diacetyl a acetoin v nejtěsnějším vztahu s žádoucím hodnocením celkové chuti a dimetylsulfid byl spojen s nežádoucí kyselou chutí (O'Quinn et al. 2016)

Hovězí chuť je způsobena komplexem sloučenin jako jsou kyseliny, alkoholy, aldehydy, aromatické sloučeniny, estery, étery, furany, ketony, laktony, pyraziny, oxazoly, pyridiny, pyrroly, sulfidy, thiazoly a thiofeny (Specht & Baltes 1994). Chuť tepelně upraveného masa souvisí do značné míry se stupněm degradace a oxidace lipidů, přičemž významnou roli hraje zastoupení kyselin s dlouhým řetězcem (Stelzleni & Johnson 2008), z nichž nejvýznamnější jsou nasycené a mononenasycené mastné kyseliny (O'Quinn et al. 2016).

Vysoký podíl PUFA může způsobovat tzv. trávovou chuť masa. Tento účinek byl zaznamenán u 3% koncentrace  $\alpha$ -linolenové kyseliny v mase (Wood et al. 2003). Chuť je ovlivněná mnoha faktory, např. zvýšeným podílem vláken I u ovcí (Valin & Touraille 1982).

### **1.9.3 Textura**

Texturou se rozumí mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti výrobku, vnímatelné prostřednictvím mechanických, dotykových, případně zrakových a sluchových receptorů. Mechanické vlastnosti výrobku se vztahují k reakci potraviny na namáhání působením vnějších sil způsobující deformaci potraviny, jsou popisovány viskozitou, soudržností, tvrdostí/křehkostí, šťavnatostí a pružností. Mezi nejdůležitější texturní charakteristiky patří křehkost, šťavnatost, vláknitost a žvýkatelnost. Křehkost vyjadřuje snadnost rozpadu vzorku vlivem tlaku při žvýkání. Šťavnatost je charakterizována jako pocit vlhkosti v ústech při prvních 3 až 5 skousnutích (ČSN ISO 11036, 1997). Popis texturních deskriptorů je uveden v tabulce č. 2. Na texturní charakteristiky má největší vliv pohlaví, věk, výživa, stres před porážkou, svalová partie, vlastnosti svalových vláken, doba zrání masa a činnost proteáz a jejich inhibitorů v průběhu zrání masa. To se odráží ve výsledném pH, obsahu kolagenu (obsahu celkového a poměru rozpustného kolagenu z celkového kolagenu) a vaznosti masa, která souvisí zejména se šťavnatostí masa (Hocquette et al. 2012).

### **1.10 Faktory ovlivňující organoleptické vlastnosti**

Organoleptické vlastnosti masa jsou ovlivněny před porážkovými (druh, plemeno, pohlaví, krmná dávka a stres) a po porážkovými faktory (zrání masa a s tím spojená degradace

antioxidačních enzymů a svalových proteinů, uvolnění železa a změna pH, dále způsob tepelného zpracování) (Saskia & Posthumus 2003).

### 1.10.1 Vliv výživy na organoleptické vlastnosti masa

Obsah a složení krmné dávky je výrazný faktor působící na organoleptické vlastnosti masa. Strava zvířat ovlivňuje senzorycké vlastnosti masa zejména tak, že mění obsah IMF a profil mastných kyselin (Font et al. 2011). Byly zaznamenány rozdíly v organoleptických vlastnostech masa skotu chovaného na pastvě a krmeného obilnými krmivy. Jedním z důvodů odlišného poměru těkavých látek v mase přežvýkavců je rozdílná intenzita mikrobiální hydrogenace v batoru. Mikroorganismy batoru přežvýkavců krmených výživou s vyšším poměrem koncentrovaných krmiv vykazují nižší intenzitu hydrogenace, zatímco vyšší intenzitu hydrogenace vykazují mikroorganismy batoru přežvýkavců krmených dietou bohatou na celulózu (Wood et al. 1999). Dalším důvodem odlišných kvalitativních parametrů masa skotu chovaného na pastvě a krmeného obilnými krmivy je rozdílné složení těchto krmných dávek. V pastevním chovu skot přijímá více n-3 PUFA, zejména kyseliny  $\alpha$ -linolenové (C18:3) a skot krmený jádrem přijímá více kyseliny olejové, kyseliny linolové a dalších n-6 polynenasycených mastných kyselin (Font et al. 2011). Koncentrace těkavých sloučenin masa nejvíce odráží rozdíly v počátečním složení mastných kyselin v potravě, konkrétně poměr n-3: n-6 nenasycených kyselin (Maruri & Larick, 1992). Těkavé sloučeniny pocházející z oxidace lipidů odpovídají především podílu kyseliny olejové (oktanal, nonanal, dekanal, 2-dekanal) a  $\alpha$ -linolenové (Whitfield & Mottram 1992). Linolová a arachidonová mastná kyselina se autooxidují a tvoří 2-nonenal, 2,4-dekadienal, 1-okten-3-on, 2,4-nonadienal a 2-oktenal prostřednictvím 9-hydroperoxidu, resp. 11-hydroperoxidu. V důsledku oxidace kyseliny arachidonové je nejintenzivnější aromatickou sloučeninou trans-4,5-epoxy-(E)-2-decenal, následovaný 1-okten-3-onem, 2,4-dekadienalem, 2,4,7-tridekatrienalem a hexanalem (Arshad et al. 2018). Zvýšený obsah kyseliny linolové v koncentrovaných krmivech zvyšuje obsah hexanal, hexanolu, (E)-2-nonenalu, (E,E)-2,4-dekadienalu, pentanolu, pentanal a heptanal (Elmore et al. 2004). Existují vztahy mezi mastnými kyselinami 14:1, 16:1, 18:0, 18:1, 18:2, 18:3 a požadovanou vůní hovězího masa (Whitfield & Mottram 1992). Obsah kyseliny  $\alpha$ -linolenové pozitivně koreloval s mléčným a olejovým zápachem (Melton et al. 1982).

Maso volů krmených výživou založenou na koncentrovaných krmivech obsahovalo více, než třikrát vyšší obsah látek okten-3-olu, hexanal, 2-pentylfuranu, trimethylaminu, cis-andtrans-2-oktenu a 4,5-dimethyl-2-pentyl-3-oxazolinu, zatímco v mase z volů krmených siláží

byl mnohem vyšší obsah 1-fytenu pocházejícího z pastviny (Elmore et al. 2004). Senzorický panel i konzumenti označili maso skotu chovaného na pastvě jako maso s vůní „rybí/travnatou/zvěřinovou/mléčnou“, zatímco maso skotu krmeného koncentrovanými krmivami bylo označeno jako celkově přijatelnější a intenzivnější a vonící „po hovězím tuku“ (Larick & Turner, 1990). Ve srovnání s masem skotu krmeného jádrem má maso skotu krmeného na pastvě vyšší intenzitu „jemně olejovité“ (Melton et al. 1982) a „travní“ vůně. Tato "rybí" nebo "travnatá" vůně je způsobena zvýšenou koncentrací kyseliny linolenové (Wood et al. 2003). Pozitivní korelaci s "travnatou" vůní vykazuje například fyt-2-en a negativní korelaci vykazují  $\delta$ -hexadecalakton, 2-laktony a  $\delta$ -tetra-dekalakton (Larick et al. 1987). Laktony jsou spojeny s "praženou příchutí" prorostlého masa přežvýkavců krmených obilím, zatímco triterpenoidy jsou spojovány se "zvěřinovou/zatuchlou" vůní (Melton 1990). Maso býků krmených zrninami obsahovalo vyšší podíl kyseliny linolové a v důsledku toho vyšší koncentrace hexanal, (E)-2-nonenal, (E,E)-2,4-dekadienal, 1-okten-3-olu, cis-2-okten-1-olu, 1-pentanolu, 1-hexanolu, pentanal, heptanal, 2-pentylfuranu a pentyl-formátu oproti masu skotu krmeného na pastvě (Wood et al. 2008).

Byl zkoumán vliv výkrmu křížených volů na luštěninové pastvině obsahující oves a jetel, na luštěninové pastvině s přídavkem celozrnné kukuřice a na pastvě s celozrnnou kukuřicí. První dvě diety vedly k nižšímu poměru n-6/n-3 ( $P < 0,001$ ) a k nejvyššímu obsahu C18:2 cis-9 trans-11 ( $P < 0,001$ ) v mase. Maso volů krmených třetí dietou mělo nejvyšší obsah těkavých sloučenin pocházejících z oxidace mastných kyselin a dosahovalo výrazně nižší přijatelnosti vůně (Fruet et al. 2018). Zvýšená oxidace lipidů se může zvýšit také dobou skladování. Následkem je vznik látek spojených se žluklým zápachem (Domínguez et al. 2019). Jako indikátor počátku žluknutí se často používá hexanal (Drumm & Spanier 1991). Přídavek rozmarýnového extraktu (RE) jako antioxidantu ve vařeném mase pomocí metody analýzy SPME-GC-O propůjčil v důsledku přídavku esterů a terpenů sladké a květinové tóny a potlačil tvorbu vonných látek vytvořených oxidací lipidů a Maillardovou reakcí, jako jsou aldehydy hexanal, heptanal, oktanal a nonanal (Kim et al. 2013).

Existuje mnoho druhů pastvy lišících se ve výsledném vlivu na kvalitu masa. Několik druhů travních porostů způsobovalo méně přijatelnou nebo méně intenzivní chuť hovězího masa. Mezi tyto porosty patří srho-jetelové pastviny, žitno-ovesné pastviny, jílek vytrvalý, čirok súdánský, lipnice, kostřava, jetel měchýřkatý, troskut a proso. Bylo detekováno 29 těkavých sloučenin odlišujících maso skotu krmeného na pastvě. Maso volů pasoucích se na kostřavovo-srhových pastvinách mělo vyšší hladiny nonanu a nižší hladiny butan-2,3-diolu,

pentanal, oktanu, trans-3-oktenu, cis-3-oktanu, toluenu a 4-heptenal, než maso z volů pasoucích se na jílkových pastvinách (Bolton 1987). Byla analyzována chuť masa skotu krmeného na vysoce kvalitních troskutových pastvinách a skotu krmeného převážně kukuřičnou stravou. Maso skotu krmeného na pastvě mělo mírně méně intenzivní chuť než maso skotu krmeného kukuřicí (Bidner et al. 1985). V další studii analyzovali těkavé látky zahřátého hovězího loje volů krmených na různých druzích pastev (kostřavová, sveřepová, srhová) a volů dokrmovaných kukuřicí po dobu 56, 84 a 112 dnů. Se zvyšující se dobou na pastvě se zvyšoval obsah pentanové, heptanové, oktanové, nonanové, dekanové a dodekanové kyseliny, heptanal, 2,3-oktanandionu, 3-hydroxyoktan-2-onu, 2-decenal, 2-tridekanonu, hexadekanu, heptadekanu, oktadekanu,  $\delta$ -dodekalaktonu, fyt-1-enu, fytanu, neofyta-dienu, fyt-2enu, neophytadienu, 2 heptadekanonu, dihydrofytolu a fytolu. Tuk skotu s nejdelším dokrmem na kukuřici měl nejvyšší hladiny  $\delta$ -tetradekalaktonu a  $\delta$ -hexadecalaktonu. S prodloužením pastevního výkrmu se výrazně zvyšovaly hladiny terpenoidních sloučenin pocházejících z chlorofylu fermentací v bacheru. Relativní koncentrace následujících těkavých sloučenin se obecně zvyšovaly se zvyšujícími se dny na pastvě: pentanal, oktan, hexanal, 4-methyl-3-penten-3-on, nonan, aceton a nonanal. Následující těkavé sloučeniny vykazovaly nižší koncentrace v maso skotu pasoucího se nejkratší dobu: oktan, trans-3-okten, cis-2-okten, toluen, 3-penten-2-on a 3-hydroxy-Z-butanon (Larick et al. 1987).

Byly analyzovány těkavé látky grilovaného hovězího masa, konkrétně nízkého roštěnce. Byly sestaveny 4 různé dietní systémy: T<sub>1</sub>, pastvina (vojtěška, jetel plazivý a kostřava rákosovitá); T<sub>2</sub>, pastvina doplněná kukuřičným zrnem (v množství 0,6% živé hmotnosti); T<sub>3</sub>, také s kukuřičným zrnem, ale ve dvojnásobném množství a T<sub>4</sub>, *ad libitum* pelety s kukuřicí (85 % a slunečnicí (12,8 %) a vojtěškové seno (oba *ad libitum*). Těkavé aromatické sloučeniny byly hodnoceny za použití dynamické headspace extrakce na pevné fázi (DHS-SPE) a plynové chromatograficko-olfaktometrické analýzy (GC-O). Většina analyzovaných látek byly karbonylové sloučeniny, kterých bylo zjištěno 23. Nejvíce byly zastoupeny 1-okten-3-on, 2-oktenal, methional a hexanal. Dvě ze všech analyzovaných karbonylových sloučenin byly ovlivněny předkládanou krmnou dávkou. Methional byl obsažen ve větším množství v maso zvířat krmených krmnou dávkou č. 4 (pelety a seno) a 2,4-heptadienal v maso zvířat chovaných na pastvinách a nepřikrmovaných. Methional je látka vyskytující se v tučných sýrech a vonící lehce nasládlé a proto bylo její zvýšené množství u zvířat krmených touto dietou předpokládáno (Resconi et al. 2012).

Bureš et al. (2006) provedli studii na *musculus longissimus lumborum* býků plemene charolais (CH) a simmental (SI) krmených různými krmnými dávkami. Býci dostávali krmnou dávku založenou s různým zdrojem tuku, což byla buď celá slunečnicová semena (EXP) nebo krmivo Megalac (CON), krmivo, které obsahuje mastné kyseliny palmového oleje (84 %), vápník (9 %) a další minerální látky. V celkové přijatelnosti bylo nejlépe hodnoceno maso býků přikrmovaných Megalacem (ve 43,6 % případů), následně maso býků přikrmovaných slunečnicovými semeny (3,8 % případů) a ve 22,6 % případů nebyl zaznamenán žádný rozdíl. Maso býků přikrmovaných slunečnicí dosáhlo nižších hodnot přijatelnosti vůně, což by mohlo mít spojitost s oxidační reakcemi nenasycených mastných kyselin obsažených ve slunečnicových semenech. Také bylo méně šťavnaté. Naopak v experimentu realizovaném na býcích se přikrmováním slunečnicových semen (14 % krmné dávky) zvýšila křehkost a šťavnatost masa bez jakýchkoliv negativních dopadů na sensorické vlastnosti. Nicméně nebyly zaznamenány výrazné rozdíly mezi sensorickými vlastnostmi mas různě přikrmovaných býků (Gibb et al. 2018).

Ve srovnání s výživou založenou na senných úsušcích mělo maso skotu krmeného kukuřičnou siláží intenzivnější chuť hovězího masa (Dube et al. 1971). V dalším experimentu zkoumajícím vliv kukuřičné siláže v krmné dávce však maso skotu krmeného vojtěškovým senem dosáhlo vyššího hodnocení chuti a vůně, než maso skotu krmeného kukuřičnou krmnou dávkou (Oltjen et al. 1971). Byly zkoumány rozdíly mezi dietou na pastevním porostu s luskovinami a obilovinami (PAST), oproti dietě na pastvě s luskovinami s přidáním pšeničného zrna (SUPP) a dietou s užitím výhradně pšeničného zrna (GRAIN) u masa volů. U volů ze skupiny GRAIN byla vyšší intenzita cizí chuti oproti skupině PAST (Fruet et al. 2018). Intenzita chuti hovězího masa produkovaného kontrolní dietou (čirok-oves-sójová moučka) byla vyšší, než intenzita chuti masa skotu krmeného dietou s řepkovým olejem (Theunissen et al. 1979). Maso zvířat přikrmovaných ječmenem mělo výraznější kovovou, po játrech a krvavou chuť, než maso zvířat přikrmovaných kukuřicí (Jeremiah et al. 1998).

### **1.10.2 Vliv pohlaví na organoleptické vlastnosti masa**

Tradiční kategorií skotu preferovanou českými spotřebiteli jsou mladí býci, tedy jedinci samčího pohlaví porážení ve věku 12 až 24 měsíců (Andrýsek et al. 2015). Důsledkem českých zvyklostí je i vyšší cena za kilogram jatečného těla býků než například jalovic (SZIF 2020), které jsou preferované v některých zemích jižní či západní Evropy díky příznivějším organoleptickým vlastnostem (Bureš & Bartoň 2012<sup>b</sup>). Hovězí maso z býků má výraznější

játrovou vůni a chuť a krvavou příchutí, což souvisí s vyšším obsahem 2-propanonu, zatímco hovězí maso z jalovic mělo výraznější charakteristickou hovězí chuť. Byla zjištěna výraznější chuť a vůně hovězího masa a neobvyklá chuť a vůně u býků, než u jalovic (Gorraiz et al. 2002). Některé studie uvádějí aroma s nižší intenzitou a častější výskyt abnormální vůně v mase býků (Arthaud et al. 1977).

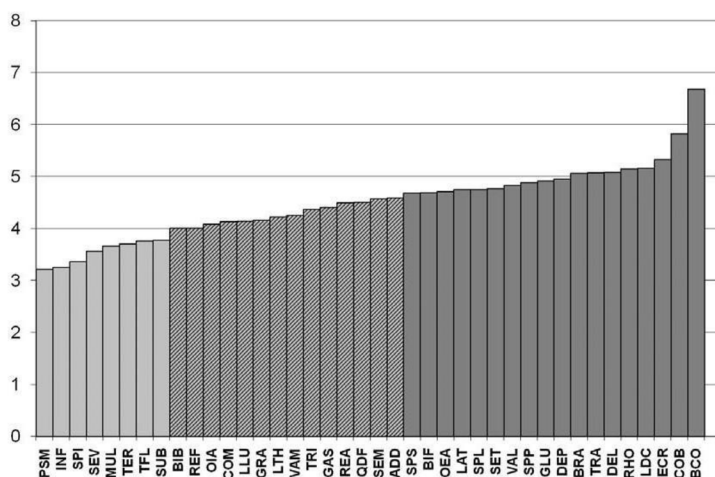
V experimentu porovnání kvalitativních parametrů masa býků a jalovic byl posuzován LL u kříženců plemene charolais a masný simentál chovaných za stejných podmínek poražených ve 14 a 18 měsících. Býci poražení ve vyšším věku jsou hodnoceni nižší celkovou přijatelností, zatímco u jalovic celková přijatelnost masa stoupá s věkem (Bureš & Bartoň, 2012). Vyšší obsah tuku v mase jalovic by mohl souviset s vyšším hodnocením všech sensorických deskriptorů u jalovic. Byla také zaznamenána vyšší křehkost a žvýkatelnost u jalovic (Piaskowska et al. 2015).

V experimentu s býky a jalovicemi měli býci vyšší intenzitu vůně a vyšší intenzitu játrové vůně ve srovnání s jalovicemi (Bureš & Bartoň 2018; Gorriz et al. 2002). V experimentu s masným plemenem pyrenejského skotu a holštýnsko fríským plemenem bylo shledáno maso jalovic jako aromatictější, což by mohlo souviset s vyšším obsahem tuku. Nicméně vyšší obsah IMF ochotněji podléhá oxidaci (Fuente et al. 2009) a může zintenzivnit vůni. Nejvíce oxidují polynenasycené mastné kyseliny (PUFA), které způsobují žluklou vůni. Produkty odvozené od PUFA snižují nebo inhibují tvorbu některých heterocyklických Maillardových produktů (Mottram, 1998), jak uvedli neškolení američtí hodnotitelé, specificky korelované s kyselinou  $\alpha$ -linolenovou.

To dokládá i studie, v níž byly popsány rozdíly ve vlastnostech jatečných těl a chemickém složení masa u dvou plemen hereford a masný simentál mezi býky a voly. Maso simentálských býků mělo nižší intenzitu chuti a bylo tužší, než maso volů (Mandell et al. 1997). Studie Pogorzelska-przybyłek et al. (2018) potvrdila křehčí a šťavnatější maso volů než býků s tím, že se organoleptické vlastnosti s věkem zlepšovaly. Důvodem by mohl být vyšší obsah tuku v mase volů a také fakt, že voli mají nižší pH díky nižším hladinám testosteronu, což zabraňuje vyčerpání energetických rezerv potřebných ke snížení hodnoty pH po porážce (Nogalski et al. 2017). V experimentu, ve kterém byla telata po odstavu 30 dní na pastvě, poté krmena ad libitum mletou smíšenou dávkou (76% drcené kukuřice, 10% sójové moučky, 5% melasy, 3 % vojtěšky, 0,5% vápence a 0,5% soli) byly studovány mimo jiné organoleptické vlastnosti masa býků, volů a jalovic. Nejvyšší křehkost byla zaznamenána u volů, nejchutnější a nejšťavnatější bylo maso býků (Hedrick & Thompson 1969).

### 1.10.3 Vliv svalové partie na organoleptické vlastnosti masa

Bylo dokázáno, že u svaloviny pocházející z různých partií jsou rozdílné texturní charakteristiky (Torrescano et al. 2003). Proto studium jen jednoho svalu, kterým bývá většinou zvolen homogenní a velký *musculus longissimus lumborum*, nelze považovat za relevantní ukazatel kvality celého jatečného těla (Hocquette et al. 2014). Nicméně ani u tohoto nejvíce studovaného svalu neexistuje jednoznačný názor na jeho texturní charakteristiky. Byl klasifikován jako křehký, tuhý i středně tuhý v různých studiích (Shackelford et al. 1995). Autoři, kteří se zabývali hodnocením textury velkého množství svalů uvádí, že LL, RA a TB náleží mezi svaly středně křehké, jak vyplývá z grafu č. 2 (Sullivan & Calkins 2011).



**Graf 2** Porovnání síly stříhu svalů. Zdroj: (Sullivan & Calkins 2011).

Více relevantní je studium svalů s rozdílným metabolismem. LL je hlavní součástí partie nízký roštěnec a jeho činnost souvisí s pohyby páteře. Větší metabolické aktivity dosahuje sval TB nacházející se v pleci (partie velká plec), který je zapojený do pohybové činnosti zvířete. RA se nachází v partii bok bez kosti a není tolik zapojen do pohybové činnosti, jako TB, ale více zapojen než LL. Díky lokalizaci RA je možné jej snadno vyjmout, aniž by se při tomto procesu muselo jatečné tělo významným způsobem rozřezat a tím znehodnotit. Z uvedených důvodů se jeví jako vhodná alternativa k LL (Oury et al. 2010).

Ve studii Carmacka et al. (1995) bylo hodnoceno maso volů. Bylo hodnoceno 12 největších svalů z hlediska intenzity celkové chuti, intenzity hovězí chuti, křehkosti a šťavnatosti. *Biceps femoris*, *psoas major*, *gluteus medius*, *semimembranosus* a TB byly shodně hodnoceny jako svaly s nejintenzivnější chutí. *Rectus femoris*, LL, *serratus ventrali*,

*infraspinatus*, *semitendinosus*, *pectoralis profundus* a *supraspinatus* byly shledány jako svaly s méně intenzivní hovězí chutí (seřazeny od nejvyšší po nejnižší intenzitu). *Psoas major* byl nejkřehčí ( $P > 0 \cdot 05$ ), následoval sval TB. Svaly *infraspinatus*, LL a *rectus femoris* byly podobně tuhé ( $P > 0 \cdot 05$ ). Obecně hovězí přední bylo shledáno šťavnatější, než hovězí zadní (Carmack a kol., 1995).

Analýzou 13 hlavních svalů bylo zjištěno, že partie hrudí a krku, roštěnec a sval *infraspinatus* jsou nejkřehčí a nejchutnější, nejvyššího hodnocení dosáhl sval *psaos major*. Nejtuzšími byly shledány svaly hrudí a krku. Nejšťavnatějšími byly shledány svaly *infraspinatus* a nejméně šťavnatými *semitendinosus*, *infraspinatus* a partie roštěná. Co se týče svalu *triceps brachii*, ve srovnání 13 svalů dosáhl 9. pozice ve vláknitosti, 7. v křehkosti, 5. ve šťavnatosti a 8. v přijatelnosti chuti (Keith et al. 1985). V další studii byly shledány nejkřehčími svaly *psaos major*, *infraspinatus*, *gluteus medius* a LL a nejtuzšími byly shledány svaly *pectoral* a *abductor* (Prost et al. 1975).

Vlastnosti svalových vláken (plocha průřezu, délka sarkomer, metabolické aktivity enzymů, poměry různých typů svalových vláken) ovlivňují organoleptické vlastnosti masa. Nicméně vztahy mezi vlastnostmi vláken a organoleptickými vlastnostmi hovězího masa jsou složité a liší se podle svalu, pohlaví, věku a chovu (Ellies-Oury et al. 2013). U svalu *longissimus lumborum* býků je křehkost masa spojena s poklesem průměru svalových vláken a zvýšení podílu červených vláken (kterých jejich maso obsahuje více, než bílých). U svalů *vastus lateralis* a *semitendinosus* je křehkost spojována s vyšším obsahem bílých vláken (Chriki et al. 2013). Maltin et al. (2010) sledovali závislost typů svalových vláken na křehkosti LL. V pozitivní korelaci ( $r = 0,48$ ) byla četnost červených pomalých oxidačních vláken a v negativní korelaci ( $r = -0,38$ ) byla četnost bílých rychlých glykolytických vláken. U býků u svalu *longissimus lumborum* je spojená křehkost s poklesem plochy příčného řezu vlákna a nárůstem oxidačního metabolismu, zatímco u svalů *vastus lateralis*, *semitendinosus* (Chriki et al. 2013) a LL (Zamora et al. 1996), čím je vyšší podíl glykolytických vláken, tím vyšší je křehkost. Picard et al. (2014) prokázali, že u plemen, jejichž svalový metabolismus je charakterizován glykolytickým metabolismem, jako jsou francouzská plemena, je nejkřehčí sval *longissimus lumborum* nejvíce oxidační. Naopak u plemen, jejichž svalový metabolismus je více oxidativní, jako je plemeno Aberdeen Angus, je sval *longissimus lumborum* také nejkřehčí, ale převažuje u něj glykolytický metabolismus. Vyšší podíl glykolytických vláken by mohl zlepšit křehkost některých svalů urychlením posmrtných změn v důsledku přítomnosti vyššího poměru calpain/calpastatin (dva proteiny podílející se na proteolýze) (Ouali & Talmant 1990). Svalová vlákna



také mohou ovlivňovat šťavnatost masa intenzitou degradace proteinu desminu přítomném zejména v přechodném typu vláken (Hughes et al. 2014).

#### **1.10.4 Vliv intramuskulárního tuku na organoleptické vlastnosti masa**

Byl zkoumán vliv tří odlišných stupňů mramorování a zrání v chladu na technologické jakostní znaky, těkavé látky a senzorické vlastnosti svalu *longissimus lumborum* hovězího masa Hanwoo. Míra mramorování významně souvisela s obsahem IMF, silou stříhu, ztrátami při vaření, křehkostí a chutí. Nejvíce mramorované maso mělo nejnižší hodnotu síly stříhu a nejvyšší světlost, křehkost, chuť a celkové hodnocení chuti. Mramorování významně ovlivnilo 24 těkavých látek. Skupina nejvíce libového masa měla nejvyšší koncentraci benzaldehydu, zatímco skupina s nejvyšším mramorováním měla nejvyšší koncentraci oktanal, nonanal a dimethylsulfidu (Van Ba et al. 2017).

Role nenasycených lipidů a fosfolipidů při tvorbě těkavých sloučenin je dobře známá (Elmore et al. 2000). Při tepelné úpravě masa dochází jak k rozpouštění látek v tuku, tak k rozpouštění tuku samotného, vzniku aromatických sloučenin a tím k podpoření rozvoje aroma (Leod & Ames 1986). Tuk působí jako rezervoár aromatických sloučenin a jejich v tuku rozpustných prekurzorů a tak ovlivňuje intenzitu vůně.

Tuk má hlavní roli v rozvoji chuti a vůně u masa, rozlišnosti jsou zapříčiněny hlavně rozdílným obsahem tuku a profilem mastných kyselin (Arshad et al. 2018). IMF pozitivně ovlivňuje šťavnatost, tuk zvyšuje vlhkost v ústech a při konzumaci tučnějších potravin se uvolňuje více slin v důsledku uvolnění aromatických sloučenin (Wood et al. 2008). Mramorování zvyšuje olejovitost a stimuluje slinné žlázy a tím zvyšuje šťavnatost (O'Quinn et al. 2018) a křehkost masa (Indurain et al. 2009). Ve studii realizované v USA se zvyšovala celková přijatelnost vzorků s rostoucím obsahem tuku (Corbin et al. 2015), stejně jako ve studii realizované v Austrálii na vzorcích obsahujících až 15 % IMF (Thompson 2004). V experimentu na vzorcích vařeného hovězího masa bez znalosti úrovně mramorování dali konzumenti přednost chuti vysoce mramorovaného hovězího masa a považují ji za přijatelnější (Morales et al. 2013), stejně tak v experimentu realizovaném v Kanadě (Jeremiah et al. 1992). Savell et al. (1987) pozorovali rozdíly (mezi třemi městy v USA) v hodnocení hovězího steaku s různým obsahem IMF. Hodnocení přijatelnosti se zlepšovalo s rostoucím stupněm mramorování a rozdíly v přijatelnosti se zvyšovaly se stupněm mramorování. Obliba steaků s nižším obsahem tuku byla vysvětlena oblibou konzumace hovězího masa s nižším stupněm propečenosti. Ve studiích prováděných v Japonsku, Koreji a Austrálii bylo hovězí maso

hodnoceno pomocí Meat Standards Australia (MSA) a bylo zjištěno, že se zvýšením % IMF se zvýšila celková přijatelnost masa, méně intenzivní trend byl zaznamenán i pro chuť (Park et al. 2008). Ve studii na masném plemeni Hanwoo vedl zvýšený obsah IMF ke zvýšení celkové přijatelnosti, křehkosti, chuti a šťavnatosti masa (Jung et al. 2016). Obecně platí, že křehkost, šťavnatost, chuť a celková přijatelnost mají tendenci se zvyšovat s rostoucím mramorováním (Lucherik et al. 2016).

Maso, které mělo vyšší obsah tuku podle senzorického panelu, bylo spotřebiteli považováno za křehčí (Indurain et al. 2009). Výrazné mramorování narušuje strukturu endomysia (vazivové vrstvy na povrchu vláken) a tím zvyšuje křehkost masa (Nishimura et al. 1999). Křehkost masa je ovlivněna pevností IMF, která je ovlivněna poměrem nenasycených (zvyšujících tekutost) a nasycených mastných kyselin (snižujících tekutost) a teplotou (Joo et al. 2013). Také podkožní tuková vrstva zlepšuje křehkost masa tím, že tepelně izoluje maso a zpomaluje tak myofibrilární tuhnutí masa a urychluje průběh posmrtných změn (Jeremiah 1996).

Pozitivní vztah mezi IMF a chutí a celkovou přijatelností byl spotřebiteli prokázán (Corbin et al. 2015). Byl stanoven pozitivní vztah mezi IMF a hovězí chutí v rozmezí 0,3 % až 15 % IMF, vyšší při vyšším obsahu IMF (Frank et al. 2016<sup>b</sup>). Podle jiného zdroje byl kladně hodnocen IMF v rozsahu 15 až 20 % (Thompson 2008). Minimální hodnota IMF potřebná k zajištění přijatelné chuti, je 2,9 % pro maso mladých volů krmených krmnou dávkou založenou na obilí (Campion & Crouse 1975).

Závislost obsahu tuku byla studována na mletých hovězích karbanátcích, které obsahovaly 5, 10, 15, 20, 25, a 30 % tuku. Byly hodnoceny syrové a grilované s vnitřní teplotou 71 °C nebo 77 °C. Maso nízkotučných karbanátek (5 až 10 %) bylo pevnější, více drobné při žvýkání, méně šťavnaté a po spolknutí nevykazovalo mastný povlak v ústech, jako vykazovaly karbanátky s obsahem 20-30 % tuku. Karbanátky s nižším obsahem tuku byly také méně pružné a soudržné. Grilování zvýraznilo tyto rozdíly. Celkově chutnější byly karbanátky s vyšším obsahem tuku (Troutt et al. 1992).

V experimentu prováděném v Missouri, mramorování bylo důležitým aspektem pro nákup pro 76 % spotřebitelů, 30 % z nich tvrdilo, že mramorování zlepšilo křehkost a 13 % z nich tvrdilo, že se zlepšila chuť (Lasley et al. 1955). Vyšší mramorování způsobilo zvýšenou intenzitu a celkovou přijatelnost chuti, zejména sladké, slané, grilovaného hovězího masa, krvavé, mléčné a travnaté. Zároveň vyšší obsah tuku snížil intenzitu nežádoucích chutí,

konkrétně intenzitu kyselé, senné/obilné a játrové chutě a také snížil intenzitu svíravosti u plemen Wagyu a Angus chovaných pastevně i krmných obilnými krmivly (Frank et al. 2016<sup>a</sup>).

### **1.11 Senzorická analýza a konzumentské testy**

Senzorická analýza se využívá pro hodnocení sensorické jakosti potravin a zjišťování preferencí konzumentů. Senzorická analýza zahrnuje identifikaci, vědecké zhodnocení, analýzu a popis vlastností produktu, které byly posouzeny pomocí pěti sensorických smyslů, tedy zrakem, čichem, chutí, dotykem či sluchem. Jsou tak hodnoceny vjemy zrakové, čichové, taktilní, chuťové, sluchové, kinestetické, teplotní a bolesti. Kvůli zvýšeným požadavkům na potraviny došlo během posledních 50 let k rozvoji a zdokonalení metod sensorické analýzy. V dnešní době se upevňuje role konzumentských testů v potravinářských společnostech (Jackson 2002). Ty se soustředí na takové znaky, jako je barva masa, křehkost, šťavnatost, chuť, množství tuku a vlastnosti související s konzumací výrobku. Stejně tak jsou důležité vnější znaky kvality popisující všechny charakteristiky, které jsou obvykle přidávány k výrobku za účelem poskytnutí informací nebo z marketingového hlediska, jako je cena, označení, značka, obal a prodejní místo (Grunert 2006).

Konzumentské testy slouží k získání odpovědi týkající se spokojenosti spotřebitele s produktem a tím naplnění spotřebitelské jakosti. Konzumentský test je využíván v sensorické analýze především k získání informací o názoru širší společnosti. Konzumenti, kteří se účastní testu tvoří reprezentativní vzorek pro skupinu konzumentů, na které je vztažen výsledek testu (např. na populaci státu). K realizaci konzumentského testu je potřeba větší počet konzumentů, minimálně 100 pro zajištění vysoké vypovídající hodnoty (Rousseau et al. 2002). Skupina konzumentů by se měla sestávat z nezkušených osob, které nemají žádné speciální znalosti v oboru sensorické analýzy. Konzumenti hodnotí základní snadno definovatelné deskriptory, v našem případě to byla vůně, křehkost, chuť a celková přijatelnost hovězího masa. Je vhodné, aby byli hodnotitelé před samotnou konzumentskou zkouškou stručně obeznámeni s jejím průběhem a způsobem, jak vyplnit dotazník. Není žádoucí seznamovat hodnotitele s principem zkoušky a ani opakovat konzumenty při hodnocení, jelikož opakovaným hodnocením dochází k zaškolování hodnotitele (Stone & Sidel 2004).

Vědecké práce se ale zaměřují na analýzu pomocí kvalifikovaného sensorického panelu. Sensorický panel je menší skupina školených hodnotitelů, kteří hodnotí vzorky na základě dlouhodobých zkušeností, jsou seznámeni s deskriptory, které umí identifikovat, hodnotit je z hlediska jejich intenzity a zapamatovat si tyto informace po dobu celkového hodnocení. Pro

trénink sensorického panelu se používají referenční vzorky a intenzity. Referenční standardy jsou definovány jako jakákoliv chemikálie, ingredience, koření nebo produkt (Rainey 1986). Výcvik panelu pro olfaktometrické hodnocení probíhá v pěti krocích: (1) představení GC – O metody účastníkům panelu během 2 dnů přednášek o teorii; (2) procvičování slovní zásoby pomocí standardních sloučenin a učení se slovního popisu látek; (3) trénink s referenční směsí, (4) trénink s produktem zájmu, (5) monitorování a další odborná příprava panelu dvakrát za měsíc s použitím referenční směsi a komerčně dostupnou testovací směsí vonných látek (FMTM) (Vene & Leitner 2013).

Senzorické zkoušky jsou prováděny za podmínek, které zaručují přesné, objektivní a reprodukovatelné sensorické hodnocení. Nejdůležitějším faktorem pro zajištění vysoké vypovídající hodnoty je podání homogenních vzorků. Vzorky jsou řazeny do několika sérií po určitém malém počtu vzorků a podávány ve stejných intervalech. Vzorky jsou vystaveny předepsané teplotě po předepsanou dobu. Je veden záznam o pořadí vzorků, přičemž musí být zachována anonymita a randomizace (náhodnost) podávání vzorků. Sensorické hodnocení nejčastěji probíhá ve speciálních sensorických laboratořích, které splňují speciální požadavky na minimalizaci rušivých vlivů, a tak zajištění co nejpřesnějších výsledků. Nezákladnějším požadavkem je oddělení místnosti, kde dochází k přípravě vzorků, od části sensorické laboratoře, kde se hodnotí (Amerine et al. 1965). Místnost, v níž dochází k sensorickému hodnocení se skládá z tzv. kóji, každý hodnotitel má svoji vlastní. Ke znemožnění hodnocení barvy se používá tlumivé červené světlo. V sensorické laboratoři nejčastěji hodnotí 5 až 12 hodnotitelů. Součástí hodnocení je podání neutralizačního sousta, např. pečiva, k pití je vhodná voda nebo nealkoholické pivo.

Během sensorické analýzy dochází k vyplňování protokolů (v případě sensorického panelu) či dotazníků (v případě konzumentů), což je hlavním výstupem hodnocení. V tomto experimentu byla použita kvantitativní deskriptivní analýza, která patří mezi deskriptivní metody. Mezi deskriptivní metody patří profil chutě a vůně (kvalitativní hodnocení), texturního profilu (kvantitativní hodnocení), kvantitativní deskriptivní analýza, bleskový profil a pořadová popisná analýza (Murray et al. 2001). Profil chuti a vůně je nejznámější metoda sensorické analýzy. Před hodnocením se může provádět trénink panelu na potravinách (subjektech) s podobnými vlastnostmi, jako mají analyzované subjekty. Obvykle je hodnoceno 4 až 6 vybraných subjektů, které jsou po analýze komentovány v otevřené diskuzi. Panel hodnotitelů se usnese na jednom souhrnném hodnocení, které je prezentováno vedoucím sensorického panelu. Metoda hodnocení texturního profilu byla vyvinuta s cílem eliminovat problémy s

variabilitou subjektů, provést porovnání se známými materiály a zjistit míru podobnosti výsledků ze sensorické analýzy a získaných instrumentálním měřením. Pomocí této metody je hodnocena struktura potravin pomocí mechanických, geometrických, tukových a vlhkostních charakteristik, jejich intenzitou a pořadím, ve kterém se projevují od prvního žvýknutí do kompletního rozžvýkání. Pro každý parametr byla sestavena stupnice o 5 až 9 kategoriích a každé kategorii byl přiřazen subjekt, který reprezentuje danou kategorii. Mezi kategoriemi jsou stejné intervaly (s výjimkou stupnice žvýkatelnosti) (Civille & Szeszenia 1973). Kvantitativní deskriptivní analýza je zaměřena na vyjádření intenzity dříve definovaných deskriptorů. Je to multivariátní analýza, což znamená, že současně sleduje a analyzuje všechny hodnotitelné sensorické charakteristiky. Kvantitativní deskriptivní analýzu (Quantitative Descriptive Analysis) vyvinuli J. L. Sidel a H. Stone v roce 1974. Podstatou metody je rozdělení celkového vjemu na dílčí vjemy (deskriptory), které jsou získány ve dvou krocích, v abstrakci a generalizaci. Na příkladu zelené barvy je abstrakce vyjádřena termínem „zelená tráva“ a generalizace termínem „stromy“ (Munoz & Civille 1997). Počet deskriptorů v sensorickém profilu záleží na zkušenostech hodnotitelů, náročnosti úkolu a dalších faktorech a obvykle se pohybuje v rozmezí 6-8. Sestavení seznamu deskriptorů záleží na zaměření analýzy (analýza rozdílů, klasifikace jakostního stupně, charakterizace specifických příchutí, závad chuti atd.) Metoda je používána pro hodnocení kvality produktů, srovnání produktových prototypů, pro sensorické mapování a charakterizaci produktu. Může také sloužit k hodnocení sensorických změn produktů v čase. Obvykle se nepoužívají referenční standardy, vedoucí sensorického profilu se nezúčastňuje analýzy a při hodnocení se používá nestrukturovaná stupnice pro vyjádření intenzity námi popsaného vjemu. Design deskriptivní analýzy je založen na opakovaných měřeních a výsledky jsou zpracovávány pomocí vícerozměrné statistické analýzy dat, variační analýzou. Graficky je zpracovávána tabelárně, jako pavučinový graf anebo může být znázorněna pomocí diferenčního profilu. Je tak nejsložitější metodou sensorické analýzy.

### **1.11.1 Olfaktometrická analýza**

Analýza pomocí plynové chromatografie spojená s olfaktometrií (GC-O) je unikátní technika, která spojuje separační schopnosti plynové chromatografie se selektivitou a citlivostí lidského nosu (Stevens 1961). Citlivost lidského nosu je často v řádově větší než citlivost přístrojového detektoru. Lidský nos může detekovat čichový vjem tam, kde běžné detektory plynové chromatografie nezaznamenají žádný pík (Etievant et al. 1993).

Obecně je GC-O termín používán k popisu technik, které využívají hodnotitele k detekci a popisu těkavých sloučenin, které vycházejí z chromatografické kolony. Hodnotitelé čichají k látkám přes speciálně navržený olfaktometrický výstup (port) (Blank 2002). Olfaktometrické hodnocení probíhá pomocí přiložení nosu hodnotitelů k výstupu ve tvaru kuželu, k místu, kde jsou uvolňovány těkavé látky (Ruth & Connor 2001). Pomocí GC-O již byly realizovány studie, které hodnotily maso přežvýkavců, například studie na hovězím masu pocházejícím z odlišně krmených býků belgického modrobílého plemene, limousin a aberdeen angus (Moon et al. 2006) a studie porovnávající vliv různých typů výživy na kvalitu jehněčího masa (Resconi et al. 2010).

Metody vyhodnocení olfaktometrické analýzy jsou založeny na různých principech a mohou být zařazeny do jedné z těchto kategorií: frekvence detekce (detection frequency), ředění na práh detekce (metoda Charm Analysis a metoda ředění eluátu- aroma dilution to thresh-old AEDA), dále přímé měření intenzity (metoda následné intenzity- posterior intensity method, metoda Osme, jejíž jméno autoři pojmenovali podle řeckého slova pro vůni a k vyjádření výsledků využívá zvolenou stupnici a metoda rozpětí prstů-finger span method, kdy hodnotitelé odhadují maximální intenzitu vůně pomocí vlastního rozpětí prstů).

Pomocí frekvence detekce je ten samý vzorek hodnocen skupinou hodnotitelů (6–12 účastníků). Sloučeniny, které jsou detekovány častěji (je vyhodnocován počet detekcí v daném retenčním čase) a hodnoceny jako intenzivnější, mají větší relativní význam pro popis vůně a studium rozdílů mezi vzorky. Bylo prokázáno, že intenzita vůně přímo souvisí s frekvencí detekce (Ruth & Connor 2001). Během hodnocení lze měřit dobu trvání vůně, kterou lze použít k výpočtu plochy píku po vynásobení počtem detekcí vůně. Hlavní výhodou metody frekvence detekce je snadné provedení, časová úspornost a skutečnost, že poskytuje opakovatelné výsledky s minimálním požadovaným počtem analýz a není třeba náročné školení hodnotitelů. Metoda počítá s proměnlivou citlivostí hodnotitelů, je opakovatelná a vztahování výsledků na populaci má vysokou výpovědní hodnotu (Pollien et al. 1997).

Metody ředění na práh detekce se používají ke kvantifikaci intenzity vůně sloučenin na základě poměru jejich koncentrace k jejich prahu detekce ve vzduchu. Hodnotitelé zaznamenávají ředění, při kterém detekují vůni a popis této vůně. Naproti tomu Charm Analysis zaznamenává dobu trvání vůně (začátek a konec) a generuje tak chromatografické píky. Hodnoty Charm se vypočítávají pomocí algoritmu, jsou úměrné množství sloučeniny v extraktu a nepřímo úměrné prahu detekce prahu detekce (Delahunty et al. 2006).

### 1.12 Preference spotřebitelů ohledně intramuskulárního tuku

Množství viditelného tuku, jak podkožního, tak IMF, je důležitý vizuální podnět spotřebitelů k posouzení kvality masa. (Acebrón B L, Dopico 2000) provedením konzumentského testu potvrdil, že barva, viditelný tuk a čerstvost signifikantní vliv na spotřebitelské preference. Výzkum o preferencích spotřebitelů v oblasti červeného masa ukázal, že obsah a složení tuku je hlavním faktorem při výběru spotřebitelů (Banović et al. 2016). Spotřebitelské preference závisí na mnoha faktorech, např. na kulturních zvyklostech země, ve které spotřebitelé žijí. Ve studii na italských konzumentech jsou životní styl a preference nejvíce ovlivněny pohlavím a věkem (Saba et al. 2019). V experimentu prováděném v Missouri, mramorování bylo důležitým aspektem pro nákup pro 76 % spotřebitelů (Lasley et al. 1955). Nicméně spotřebitelé ze Španělska, Spojeného království a Dánska hodnotili barvu, cenu, velikost, hmotnost, tloušťku a stupeň USDA (hodnocení založené na obsahu IMF a věku zvířete) stejnou důležitostí (Oliver et al. 2006). Obsah tuku byl důležitým atributem při nákupu pro spotřebitele, kteří dávali přednost jak vysoké úrovni mramorování (vysoká kvalita stravování a obsah tuku byly důležité atributy pro 65,4 % z nich), tak pro nízkou úroveň mramorování (obsah tuku byl důležitý pro 64,9 % z nich, byli ochotni zaplatit za svůj preferovaný steak více, než první skupina) (Killinger et al. 2004).

## 2 Hypotézy a cíl práce

### 2.1 Experiment-vliv pohlaví a svalových partií na organoleptické vlastnosti masa

**Hypotéza:** Sensorický profil masa z různých svalů rozdílných kategorií skotu bude rozdílný v důsledku odlišného chemického složení svaloviny. Rozdílná anatomická lokalizace svalů, pohlaví či krmná dávka zvířat bude ovlivňovat kvalitativní parametry masa, mezi něž jsou řazeny chemické, fyzikální a organoleptické vlastnosti masa.

### 2.2 Experiment-vliv různého dusíkatého zdroje v krmné dávce na organoleptické vlastnosti masa

**Hypotéza:** Výživa vykrmovaných zvířat je jedním z klíčových faktorů výkrmu, který bude působit jak na texturní charakteristiky masa, tak i na obsah aromaticky aktivních látek.

### 2.3 Konzumentský test

**Hypotéza:** Preference spotřebitelů hovězího masa budou významně ovlivněny obsahem tuku, národností konzumentů a s tím spojenými kulinářskými zvyklostmi a preferencemi.



**Cílem práce** je na základě tří samostatných experimentů definovat, které ukazatele kvality masa rozhodujícím způsobem ovlivňují organoleptické vlastnosti masa i jeho vnímání současnými konzumenty. Disertační práce se zaměřuje na analýzu uvedených charakteristik u masa českého strakatého skotu, které je naše původní plemeno a stále přispívá rozhodujícím způsobem k zásobování tuzemského trhu hovězím masem.

## 3 Materiál a metodika

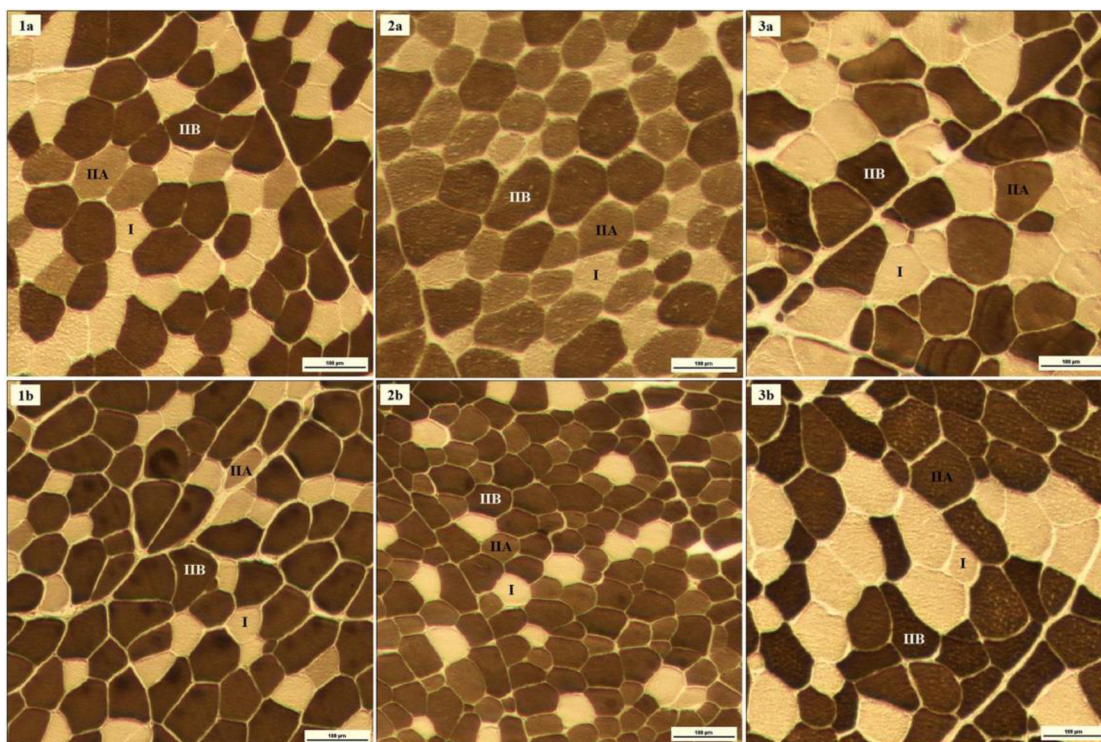
### 3.1 Experiment-vliv pohlaví a svalových partií na kvalitu masa

#### 3.1.1 Zvířata a vzorky

Před zahájením experimentu byly experimentální design a postupy schváleny Odbornou komisí pro zajišťování dobrých životních podmínek pokusných zvířat VÚŽV, v.v.i. Do srovnávacího výkrmu bylo zařazeno 12 býků a 12 jalovic českého strakatého skotu ve věku 7 měsíců. Během experimentu byl jeden býk předčasně poražen v důsledku zranění. Skot byl ustájen v samostatných boxech se slámou přistýlaným ložem odděleně podle pohlaví. Zvířatům byla předkládána identická krmná dávka založená na kukuřičné siláži, luskoobilné senáži, vojtěškovém seně a přídatku jadrných krmiv a minerálních doplňků. Živá hmotnost byla zjišťována v pravidelných čtrnáctidenních intervalech. Po dosažení věku přibližně 18 měsíců byla zvířata převezena na experimentální jatky VÚŽV a tam byla poražena. Průměrný věk poraženého skotu dosáhl  $559 \pm 6,2$  dnů, porážková hmotnost činila  $639,3 \pm 58,8$  kg a hmotnost jatečně upraveného těla za tepla byla  $349,9 \pm 43,6$  kg. Od každého jedince bylo odebráno po kilogramu ze tří svalů: LL (partie roštěnec), TB (partie vysoká plec) a RA (partie bok bez kosti). Vzorky byly označeny a v chladicím boxu převezeny do laboratoře k dalšímu zpracování.

#### 3.1.2 Histochemická analýza

Vzorky svaloviny odebrané 1 hodinu po smrti zvířete byly nakrájeny na  $0,5 \times 0,5 \times 1,5$  cm a okamžitě zmrazeny ponořením do izopentanu ochlazeném kapalným dusíkem a až do analýzy byly skladovány při teplotě  $-80$  °C. Příčným řezem byly při teplotě  $22$  °C vyříznuty plátky o velikosti  $10$   $\mu\text{m}$  pomocí kryostatu Leica CM1850 (Leica Microsystems, Nussloch, Německo) a umístěny na skleněná sklíčka. Pro rozlišení svalových vláken typů I, IIA a IIB, byla provedena reakce adenosintrifosfatázy (ATPázy) metodou podle Brooke a Kaiser (1970). Sériové řezy byly inkubovány při pH 9,4 po dobu 15 minut v roztoku ATP v kyselém (pH 4,3) nebo alkalickém pH (pH 10,3) (Obrázek 1). Obrázky svalu byly získány pomocí optického mikroskopu (Nikon Eclipse E200, Nikon, Tokio, Japonsko) a vyhodnoceny pomocí softwaru pro analýzu obrazu NIS-Elements AR 3.2. (Nikon Instruments Europe B.V., Amsterdam, Nizozemsko). Pro každý typ svalových vláken byla stanovena plocha průřezu vláken (CSA;  $\mu\text{m}^2$ ), podíl jednotlivých typů vláken a relativní plocha vláken (poměr počtu a plochy jednotlivých typů vláken) Pro vyhodnocování vzorků bylo použito  $100\times$  zvětšení. Na každý vzorek bylo vyhodnoceno přibližně 500 svalových vláken.



**Obrázek 1** Řezy svalů *longissimus lumborum* (1), *triceps brachii* (2) a *rectus abdominis* (3) býků plemene český strakatý skot (a) a jalovic (b), barvené na reaktivitu myozin ATPázy po předinkubaci při pH 10,3 (Bar = 100 µm). I: typ vlákna I; IIA: typ vlákna IIA; IIB: typ vlákna IIB.

### 3.1.3 Fyzikální analýza

Před analýzou fyzikálních vlastností masa byl v laboratoři ze všech vzorků odstraněn mezisvalový tuk a epimysium. Následně proběhlo měření pH metrem (3310, WTW, Weilheim, Německo) s elektrodou SenTix s tepelnou kompenzací. Ke stanovení barvy masa byl využit přenosný spektrofotometr CM-2500d (Minolta, Osaka, Japonsko). V prostoru CIELAB byly zaznamenány hodnoty L\* (světlost), a\* (červenost) a b\* (žlutost) u každého vzorku na základě průměru třech měření různě distribuovaných na řezu plátku masa vystaveného expozici na vzduchu po dobu 10 minut při pokojové teplotě.

Dále byla hodnocena instrumentální křehkost masa prostřednictvím síly potřebné k přestřížení grilovaných vzorků tvaru hranolu o ploše 10 x 10 x 20 mm napříč svalovými vlákny. Vzorky byly odebírány z centra každého svalu. Síla stříhu byla měřena Warner-Bratzlerovým nožem umístěným v přístroji Instron Universal Texture Analyzer 3365 (Canton, MA, USA). Rychlost pohybu nože byla 100 mm za minutu. Pro každý vzorek byla vyhodnocena maximální síla potřebná k přestřížení hranolu (průměrná hodnota získaná z deseti stříhů). Způsob tepelné úpravy byl stejný, jako u vzorků pro senzorickou analýzu (viz kapitola 4.1.4), vzorky byly

hodnoceny přibližně tři hodiny po grilování, jejich teplota se tedy blížila pokojové. Pro stanovení ztrát mražením a grilováním byla v rámci zpracování vzorků pro senzoričnou analýzu zjišťována jejich hmotnost (před zamražením, po rozmražení, před grilováním a po vyjmutí z grilu).

### **3.1.4 Chemická analýza**

Přibližně 200 gramů čisté svaloviny každého vzorku bylo homogenizováno rozemletím a zmrazeno při teplotě  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a následně skladováno do vlastní analýzy. Obsah sušiny byl stanoven sušením do konstantní hmotnosti při  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sušené vzorky byly homogenizovány v přístroji Grindomix GM 200 (Retsch, Haan, Německo) a analyzovány na obsah hrubého proteínu (Kjeltec 2400, sampler unit 2460, FOSS Tecator AB, Höganäs, Švédsko) a obsah hrubého tuku extrahovaného petroléterem (Soxtec Avanti 2055, FOSS Tecator AB, Höganäs, Švédsko). Celkový obsah kolagenu a podíl rozpustného kolagenu byly stanoveny metodou adaptovanou podle Hilla (1963). Rozpustný (tepelně labilní) kolagen byl extrahován z duplikátů 1 g tukuprostého vzorku sušiny, které byly zahřívány ve vodní lázni po dobu 63 min při teplotě  $77\text{ }^{\circ}\text{C}$  v 25 % Ringerově roztoku složeném z chloridu sodného, chloridu draselného a chloridu vápenatého v destilované vodě. Vzorky byly následně dvakrát po sobě odstředěny při otáčkách 4000 po dobu 10 minut za účelem oddělení supernatantu a rezidua. Filtráty obou složek byly analyzovány na obsah hydroxyprolinu na spektrofotometru Cary 50 UV-VIS (Varian, Mulgrave, Austrálie) metodou modifikovanou podle Bergman a Loxley (1963). Konverzní faktory 7,52 a 7,25 byly uplatněny pro výpočet obsahu rozpustného, respektive nerozpustného kolagenu (Cross et al. 1973). Obsah celkového kolagenu byl stanoven na základě součtu množství obou frakcí a je vyjadřován jako gramy kolagenu v jednom kilogramu syrové svaloviny. Tepelně rozpustný kolagen je vypočten jako podíl (%) z celkového množství kolagenu.

### **3.1.5 Senzorická analýza**

Pro senzoričnou analýzu bylo odebráno zhruba 800 gramů svalů. Část vzorků určená pro senzoričnou analýzu zbavená tukové a vazivové tkáně byla vakuově zabalena a ponechána zrát 5 dnů (7 dnů od porážky) při teplotě  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vzorky byly poté rychle zamrazeny a při teplotě  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  skladovány přibližně 120 dnů do doby vlastní senzoričké analýzy. Jeden den před vlastní analýzou byly vzorky vyjmuty z mrazicího boxu a umístěny do chladničky, kde při teplotě  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve vakuu rozmrzly. Následně byly vzorky nakrájeny na 20 mm široké plátky a grilovány na oboustranném sklokeramickém grilu (VCR 6l TL, Fiamma, Aveiro, Portugalsko) temperovaném na  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  do dosažení konečné vnitřní teploty  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ta byla zjišťována vpichovým digitálním teploměrem (AD14TH, Ama-Digit, Kreuzwertheim, Německo). Bezprostředně po tepelné

úpravě byly plátky zbaveny okrajových částí a nakrájeny na kostky o hraně 20 mm. Vzorky byly kódovány pomocí třímístných číselných kódů. Do doby předkládání hodnotitelům byly uchovány v sušárně při teplotě 50°C. Sensorický panel sestával z deseti vyškolených a zkušených hodnotitelů (ISO 8586, 2012), kteří posuzovali vzorky ve standardizované sensorické laboratoři (ISO 8589, 2007) v individuálních boxech limitujících jejich vizuální kontakt s okolím. Pro znemožnění rozlišování vzorků podle barvy bylo využito červené osvětlení. Vlastní posuzování probíhalo prostřednictvím deskriptivní metody. Před zahájením sensorických analýz byla uskutečněna dvě samostatná sezení, na kterých byl panel hodnotitelů obeznámen s problematikou posuzování pomocí zvolených deskriptorů. Pro hodnocení intenzity jednotlivých deskriptorů byla použita grafická nestrukturovaná 100 mm dlouhá stupnice, která byla následně pro statistickou analýzu transformována na číselnou škálu v rozmezí 0 až 100. Stupnice měla charakteristiku krajních bodů. Jako neutralizační sousto byl hodnotitelům předkládán chléb, desetistupňové pivo nebo voda. Do experimentu bylo zařazeno 11 vzorků masa jalovic a 12 vzorků masa býků. V rámci každého ze čtyř samostatných dnů hodnocení bylo hodnotitelům předkládáno maso v tzv. setech, kdy hodnotitelé obdrželi současně maso tří svalů z jednoho jedince. V prvních třech dnech hodnotitelé posuzovali celkem 6 setů, v posledním 5 setů. Byly použity tyto deskripty: intenzita hovězí vůně, křehkost, šťavnatost, vláknitost, žvýkatelnost a intenzita hovězí chuti. Popis jejich hodnocení je uveden v tabulce č. 2 v kapitole 3.2.4.

### **3.1.6 Statistická analýza**

Statistická analýza byla provedena pomocí programu SAS (verze 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA). Normalita jednotlivých proměnných byla nejprve testována v proceduře UNIVARIATE a zároveň byl proveden test shody rozptylů (Levene test, procedura GLM). Data byla následně analyzována pomocí smíšeného lineárního modelu s využitím metody REML procedury MIXED. Pro výpočet parametrů výkrmnosti a jatečné hodnoty bylo použito pohlaví jako pevný efekt a jako náhodný efekt byl použit den porážky. Údaje o vlastnostech svalových vláken, fyzikálních parametrech a chemického složení svaloviny byly analyzovány s pevným efektem pohlaví a svalu a jejich interakce a náhodný efekt zvířete. Model použitý pro analýzu sensorických vlastností obsahoval fixní efekt pohlaví a svalu a jejich kombinace a náhodný efekt zvířete a hodnotitele. Průměry rozdílů mezi pohlavím a svalovou skupinou byly testovány Tukeyho metodou (hladina významnosti byla stanovena na 5 %). Údaje jsou prezentovány jako průměry nejmenších čtverců (LSM) a jejich a příslušné standardní chyby (SEM). Asociace mezi vybranými charakteristikami svalových vláken a znaky kvality masa stanovené fyzikální,

chemickou a senzoricou analýzou pro různé svaly a pohlaví zvířat byly znázorněny s využitím metody analýzy hlavních komponent (PCA), v proceduře PRINCOMP.

### **3.2 Experiment-vliv dusíkatého zdroje v krmné dávce na kvalitu masa**

#### **3.2.1 Zvířata a vzorky**

Do pokusu bylo zařazeno 36 býků plemene českého strakatého skotu ve věku cca 7 měsíců, kteří byli na základě věku a aktuální živé hmotnosti rozřazeni do tří vyrovnaných skupin po 12 kusech. Jednotlivé skupiny byly ustájeny v identických podmínkách. Podávané krmné dávky byly u všech tří skupin isokalorické a isonitrogenní a lišily se zdrojem dusíku. První skupině (K) byla podávána krmná dávka s přídavkem močoviny (2,5 g/kg sušiny), druhé skupině (L) s přídavkem syrového drceného semene lupiny bílé, odrůda Amiga (58 g/kg sušiny) a třetí skupině (R) s přídavkem extrahovaného řepkového šrotu (42 g/kg sušiny). Denní spotřeba krmiva byla evidována pomocí automatických žlabů (Insentec, Marknesse, Nizozemsko), přičemž pro každou skupinu byly k dispozici 3 žlaby. Složení krmné dávky je uvedeno v tabulce č. 2. Zvířata byla vždy jednou za dva týdny vážena na váze v přilehlé manipulační uličce zakončené fixační klecí. Experiment byl ukončen porážkou zvířat po dosažení hmotnosti přibližně 600 kg a věku při porážce 19 měsíců. Zvířata byla bez předchozího vylučení transportována na 2 km vzdálená experimentální jatka VÚŽV v Uhřetěvsi.

Porážky probíhaly v 6 samostatných dnech, ve kterých byli poraženi vždy dva býci s nejvyšší živou hmotností z každé skupiny. Zvířata byla omráčena pistolí s upoutaným projektilem, následně vykřvena a poté byl proveden jatečný rozbor. Byla sledována hmotnost jatečného těla, jatečná výtěžnost, hmotnost vnitřních lojů (ledvinový, šourkový, obžaludkový) a třída jakosti SEUROP. Jatečné půlky byly skladovány v chladárně při teplotě + 2 °C. Dva dny po porážce byl proveden technologický rozbor půlek, při kterém byla jatečná těla bourána na základní partie a byl stanovován podíl jednotlivých tkání. Byly odebrány vzorky kilogramu svalu LL na úrovni 9 až 11 žebra a celého svalu RA pro další chemickou, fyzikální a senzoricou analýzu. Odebrané vzorky byly umístěny do polyethylenových sáčků, označeny a převezeny v chladícím boxu do laboratoří VÚŽV k dalšímu zpracování.

**Tabulka 1** Složky krmiva a jejich podíl v krmné dávce na býka [kg/den].

<b>Složka krmiva</b>	<b>Kontrola</b>	<b>Řepka</b>	<b>Lupina</b>
<b>Kukuřičná siláž</b>	9,5	9,5	9,5
<b>Vojtěšková siláž</b>	9	8,2	7,9
<b>Kukuřičná zrna</b>	2,3	2,3	2,4
<b>Pšeničná zrna</b>	1,3	0,6	0,3
<b>Minerální mix s močovinou</b>	0,25	-	-
<b>Minerální mix</b>	-	0,25	0,25
<b>Extrahovaný řepkový šrot</b>	-	0,95	-
<b>Semeno lupiny bílé</b>	-	-	1,2
<b>Suma</b>	22,4	21,8	21,6

### **3.2.2 Fyzikální analýza**

Ve fyzikální analýze bylo měřeno pH, instrumentální křehkost, hmotnost před zmražením, po rozmražení, před grilováním a po vyjmutí z grilu. Použité metody jsou popsány v kapitole 3.1.2.

### **3.2.3 Chemická analýza**

V chemické analýze byl analyzován obsah sušiny, hrubého proteinu a tuku a obsah celkového a rozpustného kolagenu. Použité metody jsou popsány v kapitole 3.1.3. V tabulce č. 2 je uvedeno složení krmné dávky býků.

**Tabulka 2** Chemické složení krmné dávky [g/kg].

Složka krmné dávky	Sušina	Hrubý protein	Hrubý tuk	Hrubá vláknina	Popelovina	Bezdušikáté látky výtažkové
<b>Kukuřičná siláž</b>	339,6	29,1	10,7	68,4	12,6	218,8
<b>Vojtěšková siláž</b>	483,8	88,6	5,8	152,9	47,2	189,2
<b>Kukuřičná zrna</b>	689,5	68,3	44,3	25,7	10,7	540,7
<b>Pšeničná zrna</b>	870,1	127,8	17	29,3	16,5	679,5
<b>Extrahovaný řepkový šrot</b>	872,2	347,8	30,1	89,4	64,4	340,5
<b>Semeno lupiny bílé</b>	854,6	242,9	113,4	154,1	36,1	308,1

### 3.2.4 Senzorická analýza

Vzorky určené pro senzorickou analýzu byly očištěny od tukové a vazivové tkáně, označeny, vakuově zabaleny do polyethylenových sáčků a ponechány zrát po dobu 15 dnů od porážky při teplotě + 4 °C. Následně byly vzorky zamrazeny a uchovávány při teplotě - 20 °C v senzorické laboratoři do vlastního dne analýzy přibližně 120 dnů. Jeden den před senzorickou analýzou byly vzorky vyjmuty z mrazáku a vloženy do chladničky, kde za teploty + 4 °C rozmrzly. Další postup analýzy je obdobné, jak je popsáno v kapitole 3.1.4. Hodnocení probíhalo prostřednictvím deskriptivní senzorické analýzy v šesti samostatných dnech hodnocení, ve třech pro sval LL a třech pro sval RA. Celkem byly dva dny sensoriky pro LL a dva pro RA (36 a 36 vzorků). V jednom dni byly proto 4 sety po 3 vzorcích, celkem 12 setů pro každý sval. V jednom setu byly vždy porovnávány vzorky masa býků krmných třemi různými krmnými dávkami, kteří byli poraženi ve shodný den. Popis deskriptorů použitých v experimentu zkoumajícím vliv různých dusíkatých zdrojů v krmné dávce na kvalitu masa je uveden tabulce č. 3.



**Tabulka 3** Popis hodnocených deskriptorů sensorické analýzy.

Senzorický deskriptor	Popis	Význam extrémů škály		Doba
Intenzita hovězí vůně	Síla či vydatnost vůně hovězího masa	0 = není znatelné	100 = velmi intenzivní	Před vložením vzorku do úst
Intenzita cizí vůně	Intenzita abnormální vůně	0 = není znatelné	100 = velmi intenzivní	Před vložením vzorku do úst
Křehkost	Síla vynaložená na skus stoličkami	0 = velmi tuhé	100 = velmi křehké	Po prvních 2 - 3 skousnutích
Šťavnatost	Množství šťávy uvolněné vzorkem po skousnutí	0 = velmi suché	100 = velmi šťavnaté	Po prvních 3 - 5 skousnutích
Vláknitost	Struktura vláken	0 = velmi hrubé	100 = velmi jemné	Po prvních 5 - 10 skousnutích
Žvýkatelnost	Množství tkáně, která zůstala po téměř úplném rozmělnění	0 = málo žvýkatelné	100 = snadno	Po 15 skousnutích
Intenzita chuti hovězího masa	Přítomnost chuti typické pro tepelně upravené hovězí maso	0 = není znatelné	100 = velmi intenzivní	Po prvních 5 - 10 skousnutích
Žluklá chuť	Intenzita chuti podobná žluklému tuku			
Kyselá chuť	Intenzita kyselé chuti podobná kyselině citronové			
Játrová chuť	Intenzita chuti podobná játrům			
Tučná chuť	Intenzita tučné nebo olejovité chuti			
Žvýkatelnost	Množství tkáně, která zůstala po téměř úplném rozmělnění	0 = málo žvýkatelné	100 = snadno	Po 15 skousnutích

### 3.2.5 Statistická analýza

Statistická analýza byla realizována obdobně, jako v kapitole 3.1.5. Pro vyhodnocení rozdílů mezi skupinami býků s odlišnými krmnými dávkami byl použit smíšený lineární model (MIXED) použitá rovnice pro ukazatele jatečné hodnoty, fyzikální vlastnosti a chemické složení masa zahrnovala pevný efekt výživy a náhodný efekt dne porážky. Modelová rovnice pro sensorické vlastnosti navíc obsahovala náhodný efekt hodnotitel

### 3.2.6 Olfaktometrická analýza

Od 18 býků poražených v prvních třech porážkových dnech (po 6 z každé skupiny) byly odebrány 3 vzorky svalu LL (cca 50 g). Důvodem pro odebrání vždy tří vzorků od jednoho zvířete byla potřeba zajistit dostatek materiálu pro vývoj metody analýzy, trénink hodnotitelů a kvůli možnosti opakování hodnocení. Experiment sestával z 18 dnů hodnocení, kterých se zúčastnilo celkem 8 hodnotitelů, v jednom hodnotícím dni vždy hodnotilo 6 hodnotitelů, kteří měli za úkol detekovat a popsat olfaktometrický vjem během analýzy vzorků grilovaného hovězího masa.

#### 3.2.6.1 Trénink hodnotitelů, vzorky a způsob hodnocení

V první části proběhl trénink hodnotitelů, který probíhal podle olfaktometrické metodiky (Vene & Leitner 2013). Po tréninku hodnotitelů probíhala samotná analýza, během které hodnotitelé nepřetržitě čichali k olfaktometrickému portu ve tvaru kužele a byly zaznamenávány

detekce vjemu a jejich popisy v retenčních časech s přesností na setinu minuty. Vzorky pro olfaktometrickou analýzu byly připravovány stejným způsobem jako pro senzorickou analýzu. Po grilování byly vzorky homogenizovány mixérem Grindomix GM 200 (Retsch, Haan, Německo). Pro 6 hodnotitelů do šesti 10 ml vialek bylo naváženo po 2 g homogenizovaného grilovaného masa se směrodatnou odchylkou 0,00314 g. Vzorky byly ředěny 4 ml ultračisté vody (reverzně osmoticky čištěné destilované vody) tak, aby bylo napodobeno uvolňování těkavých látek během příjmu potravy. Do vialky bylo umístěno sorpční SPME (mikroextrakce na pevnou fázi) vlákno (Sigma- Aldrich Merck, Burlington MA, United States). Vialky byly zahřívány ve vodní lázni o teplotě 37 °C po dobu 40 minut (zjištěno experimentálně), aby bylo dosaženo maximální sorpce na povrch vlákna. Po uplynutí této doby bylo vlákno vloženo do nástřiku chromatografu pro tepelnou desorpci po dobu 7 minut. Po uplynutí této doby bylo zahájeno olfaktometrické hodnocení hodnotitelem. Bylo zaznamenáno, kdy hodnotitel detekoval vjem a jak ho popsal. Frekvence detekcí byla poté sečtena v časovém intervalu odpovídajícím retenčnímu chování jednotlivých látek. V případě látek s širším retenčním rozsahem mohly být jedním hodnotitelem zaznamenány opakované detekce pro stejnou látku. Tato data nebyla vyloučena a svědčila o vyšší intenzitě čichového vjemu dané látky. Byly zaznamenávány frekvence detekce (počet hodnotitelů, kteří detekovali a popsali vjem v daný retenční čas). Pro každý vzorek byly sečteny detekce všech hodnotitelů a byly porovnávány rozdíly mezi výživami. Plochy píků látek ve vzorku byly vztaženy k průměru plochy píku heptanalů/nonanalů vzorku. Do výsledků byly uvedeny nejvýznamnější látky ať už z hlediska frekvence detekce nebo plochy. Získaná data slouží pouze k orientační charakterizaci aromatických látek ve vzorcích.

### **3.2.6.2 Standardy a materiál**

Hexanal (99 %) pro trénink hodnotitelů, 2,6-dichloranisol ( $\geq 99\%$ ), kyselina 2- methylmethyl ester butanová (99%, Sigma- Aldrich, Merck, USA) jako vnitřní standardy, směs C7-C40 nasycených alkanů (99 %, Supelco, Madrid, Španělsko) pro stanovení lineárních retenčních indexů (Dool & Kratz 1963), demineralizovaná voda ( Aqual® 35, Aqual, Brno, Česká republika), sorpční SPME vlákna: divinylbenzen/karboxen/polydimethylsiloxanové vlákno s 50/30 $\mu\text{m}$  silným filmem, polydimethylsiloxan/divinylbenzenové vlákno s 65 $\mu\text{m}$  silným filmem a karboxen/polydimethylsiloxanové vlákno s 75 $\mu\text{m}$  silným filmem (Supelco, Madrid, Španělsko).

### **3.2.6.3 Chromatografická a olfaktometrická analýza**

Pro instrumentální analýzu byla využita multidimenzionální plynová chromatografie spojená s hmotnostním a olfaktometrickým detektorem. V první dimenzi (GC1) byl použita

kolona fused-silica (amorfního oxidu křemičitého) SLB-5ms (30 m, tj. 0,32 mm, 1,0 µm d.f., Supelco, USA). K ionizaci vzorku byl použit FID detektor (plamenoionizační detektor, Shimadzu, Kyoto, Japan). Vzorky (1 µL) byly injektovány při 250 °C. Teplotní program byl zahájen při 45 °C, na jíž byl držen 5 min. Poté teplota vzrostla na 250 °C (10 °C/ min) při jíž teplotě byla ponechána do konce analýzy ve 43. minutě. Ve druhé dimenzi (GC2) byla využita kolona SPB-50 (30 m, tj. 0,35 mm, 0,25 µm d.f., Sigma-Aldrich, Merck, Německo). K ionizaci vzorku byla zvolena elektroionizace (EI). Jako nosný plyn bylo použito Helium o čistotě 5.0 s konstantním průtokem 80 kPa (cca 1,37 ml/min) v čele kolony. Na druhé koloně byl použit stejný teplotní program. Na výstupu druhé kolony byl připojen hmotnostní detektor (GCMS-QP2010 Ultra, Shimadzu, Kyoto, Japonsko). Detektor zaznamenával všechny ionty (TIC). Hmotnostní spektra chromatografických piků byla porovnána se spektry v knihovně NIST 11 (NIST 11 MS Database and MS Search Program, Software Version: 2.4, Gaithersburg, Maryland).

### **3.3 Konzumentský test**

#### **3.3.1 Zvířata a vzorky**

V rámci experimentu bylo použito maso 12 býků a dvou volů, kteří byli chováni ve srovnatelných podmínkách ustájení v experimentální stáji VÚŽV. Voli byli do souboru doplněni proto, aby byla zajištěna větší variabilita (vyšší hodnoty) obsahu IMF v mase. Pro konzumentský test byly použity vzorky LL. Vzorky byly očištěny od tukové a vazivové tkáně, označeny, vakuově zabaleny do polyethylenových sáčků a ponechány zrát po dobu 15 dnů od porážky při teplotě + 4 °C. Následně byly vzorky zamrazeny a uchovávány při teplotě - 20 °C v senzorické laboratoři do vlastní analýzy. Jeden den před senzorickou analýzou byly vzorky vyjmuty z mrazáku a vloženy do chladničky, kde za teploty + 4 °C rozmrzly a mohly být tepelně zpracovány a připraveny ke konzumaci.

#### **3.3.2 Chemická analýza**

Přibližně 200 gramů čisté svaloviny každého vzorku bylo homogenizováno rozemletím a zmrazeno při teplotě -20 °C do doby vlastní analýzy. Obsah sušiny byl stanoven sušením do konstantní hmotnosti při 105 °C. Sušené vzorky byly homogenizovány v mixéru Grindomix GM 200 (Retsch, Haan, Německo) a analyzovány na obsah hrubého proteinu (Kjeltec 2400, sampler unit 2460, FOSS Tecator AB, Höganäs, Švédsko) a obsah hrubého tuku extrahovaného petroléterem (Soxtec Avanti 2055, FOSS Tecator AB, Höganäs, Švédsko). Průměrný obsah tuku pro libové vzorky byl 1,3 % ( $\pm 0,092$ ), pro průměrně tučné vzorky 3,1 % ( $\pm 0,360$ ) a pro tučné vzorky 5,2 % ( $\pm 0,661$ ).

### **3.3.3 Konzumentský test**

Konzumentského testu v Praze se zúčastnilo 201 konzumentů. Test probíhal v senzorické laboratoři Katedry kvality a bezpečnosti potravin, FAPPZ, ČZU v Praze a ve VÚŽV v rámci pěti hodnotících dnů. Španělská část experimentu, které se zúčastnilo 100 konzumentů, byla rozdělena do dvou dnů a probíhala v laboratoři, kde se provádělo konzumentské testování na Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria Universidad de Zaragoza. Konzumenti byli zváni na základě pohlaví a věku tak, aby bylo podobné zastoupení u českých a španělských konzumentů.

### **3.3.4 Dotazník a hodnocení obrázku**

V první části spotřebitelského testu byli konzumenti požádáni, aby vyplnili dotazník obsahující základní otázky týkající se sociodemografických charakteristik (např. věk, pohlaví, vzdělání, rodinný příjem, velikost místa bydliště, zkušenosti s vařením) a otázky o spotřebě masa (např. četnost konzumace masa a hovězího masa a nejběžnější druh přípravy hovězího masa). Cílem tohoto anonymního dotazníku bylo získat informace zaměřené na oblibu a frekvenci konzumace masa. Součástí dotazníku bylo také zjišťování, jaký obsah tuku masa konzumenti preferují. Pro následné hodnocení byli využiti pouze ti účastníci, kteří předem deklarovali, že konzumují maso.

Ve druhé části probíhala vlastní část konzumentského testu, ve které byly hodnoceny sety se třemi vzorky masa s rozdílným obsahem tuku bez předchozí informace jaké jsou mezi vzorky rozdíly. Hodnotitelé z ČR i ze Španělska byli seznámeni s postupem hodnocení a byla jim předkládána vždy stejná kombinace vzorků. Samotné posuzování bylo realizováno v průběhu celkem 7 dnů. Hodnocení probíhalo v senzorických laboratořích splňujících ISO 8589 (2007) v Praze a v Zaragoze. Byly hodnoceny následující deskriptory: vůně, chuť, křehkost a celková přijatelnost, s jejichž způsobem hodnocení (viz tabulka č. 2, kapitola 3.2.4.) byli hodnotitelé seznámeni. Pro hodnocení intenzity jednotlivých deskriptorů byla použita grafická nestrukturovaná 100 mm dlouhá stupnice, která byla později pro statistickou analýzu transformována na číselnou škálu v rozmezí 0 až 100. Jako neutralizační sousto byl hodnotitelům předkládán chléb, desetistupňové pivo nebo voda.

### **3.3.5 Statistická analýza**

Statistická analýza byla provedena pomocí statistického programu SAS (verze 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Data byla analyzována pomocí smíšeného lineárního modelu s využitím metody REML procedury MIXED. Model zahrnoval fixní efekt obsahu IMF (tj. nízký,

střední nebo vysoký) a náhodný efekt respondenta hodnocení a dne hodnocení. Údaje v tabulkách jsou prezentovány jako průměry nejmenších čtverců (LSM) s příslušnou standardní chybou (SEM). Rozdíly mezi skupinami byly testovány Tukeyho metodou (hladina významnosti do5%). Asociace mezi postoji a preferencemi spotřebitelů byly vizualizovány pomocí analýzy hlavních komponent (PCA) s použitím procedury PRINCOMP.

## 4 Výsledky a diskuze

### 4.1 Experiment-vliv pohlaví a svalové partie na organoleptické vlastnosti hovězího masa

#### 4.1.1 Parametry výkrmu

Z výsledků hodnotících intenzitu růstu v průběhu experimentu (tabulka č. 5) je zřejmé, že býci rostli rychleji a dosáhli vyšší hmotnosti při porážce. Počet dní ve výkrmu byl stejný u býků i jalovic, ale býci byli těžší, když se dostali do experimentu. Měli vyšší denní přírůstek i vyšší příjem sušiny.

**Tabulka 5** LSM hodnoty pro růstovou výkonnost a jatečné znaky býků a jalovic plemene český strakatý skot chovaných za stejných podmínek.

	Pohlaví		Významnost	
	Býci	Jalovice	SEM	P-hodnota
Počáteční věk (dny)	257,4	261,9	3,69	0,384
Počáteční hmotnost (kg)	245,5	230,7	9,15	0,259
Počet dnů ve výkrmu	299	299,5	3,08	0,908
Hmotnost při porážce (kg)	669,7	610,4	16,23	0,012
Denní přírůstek (kg/den)	1,301	1,151	0,037	0,006
Příjem sušiny (kg/den)	8,5	8,2	0,283	0,457
Konverze krmiva (kg sušiny/kg přírůstku)	6,52	7,15	0,183	0,022
Váha JUT za tepla (kg)	376,3	323,4	11,95	0,001
Jatečná výtěžnost	56,12	53,01	0,584	<0,001

#### 4.1.2 Fyzikální a histochemická analýza

Byly zaznamenány rozdíly ve fyzikální analýze, jak je zobrazeno v tabulce č. 6. Hodnota pH se lišila u RA, u kterého byla nejvyšší, a sval byl také nejsvětlejší. Nižší pH měl LL a nejnižší TB. Konečné pH masa bez výskytu vad se pohybuje v rozmezí 5,4-5,6 (Węglarz 2010), což bylo zjištěno i u svalů v rámci této studie. Mírně vyšší hodnota pH zjištěná u RA svalu jalovic může souviset s nižším množstvím vláken typu IIB, protože jejich vyšší zastoupení ve svalu je spojeno s intenzivnější posmrtnou glykolýzou a rychlejším poklesem pH (Joo et al. 2013).

Při hodnocení barvy masa nebyly pozorovány signifikantní rozdíly u hodnocení parametru žlutosti masa ( $b^*$ ). Červenost klesala od nejvyšší u TB přes méně výraznou u RA, po nejméně výraznou u LL, přičemž se odlišovaly svaly TB a LL. Přesto byly stanovené hodnoty u všech vzorků v rozmezí, které nenaznačují výskyt vad masa PSE či DFD.

Vlákna typu I a IIA obsahují větší množství myoglobinu a proto je jejich podíl ve svalu spojen s intenzitou červené barvy (Listrat et al. 2015). Vyšší červenost masa zjištěná v této studii u svalu TB ve srovnání se svačem LL by tedy mohla souviset s vyšším obsahem vláken IIA a nižším obsahem IMF v TB.

Světlost masa ( $L^*$ ) je ovlivněna jeho konečným pH, přičemž hodnoty  $L^*$  se zvyšují s klesajícím pH. Navíc vysoká hustota kapilár, která je větší ve svalech s vysokým obsahem vláken typu I a IIA, snižuje světlost masa (Su et al. 2013). Navzdory mírně vyššímu pH, nejvyšší  $L^*$  zjištěna u svaloviny RA, což by mohlo souviset i s vyšším obsahem IMF (Pogorzelska-Przybyłek et al. 2021). Vyšší světlost masa u svalu LL by mohla souviset s vyšším obsahem IMF a vyšším konečným pH v porovnání se svaly *psaos major* a *semimembranosus* (Hwang et al. 2010). Navzdory vyššímu počtu červených vláken a vyššímu obsahu myoglobinu zjištěného v LL ve srovnání se svačem *semimembranosus* a *semitendinosus*, vyšší světlost LL by mohla být způsobena vysokým obsahem tuku (mramorování) v tomto svalu (Joo et al. 2017).

Výrazné a statisticky signifikantní difference ( $P < 0,001$ ) byly zjištěny u instrumentálně hodnocené křehkosti masa pomocí Warner-Bratzlerova nože na grilovaných vzorcích masa. Nejvyšší sílu stříhu bylo nutné vynaložit k přestřižení svalového hranolu u vzorků RA, nižší hodnotu u vzorků TB, zatímco pro vzorky svalu LL bylo nutno vynaložit sílu nejnižší. Rozdíly byly poměrně výrazné, oproti masu z roštěnce bylo nutné u stříhu masa z plece o 21,3 % vynaložit větší sílu a u svalu TB to již rozdíl představoval dokonce 39,1 %. Síla stříhu syrového masa odráží zejména tuhost kolagenu, zatímco sílu stříhu tepelně upraveného masa lze považovat více za měřítko tuhosti myofibril (Torrescano et al. 2003). To je v souladu se zjištěním v našem experimentu, že nejvyšší tuhost grilovaného masa byla zjištěna u svalu RA, který měla také vyšší podíl červených vláken, jež jsou obvykle spojena s vyšším podílem vazivové tkáně, a tedy nižší křehkostí (Joo et al. 2013).

Navíc v rámci svalu RA vykazovala tato vlákna větší plochu průřezu vláken a jejich pH bylo vyšší, což jsou další faktory spojené s vyšší tuhostí masa (Joo et al. 2013). Nejkréhčí sval LL, měl nejvyšší podíl vláken typu IIB, která, jak již bylo zmíněno, jsou spojena s rychlejším procesem posmrtných změn a tím i konečnou křehkostí masa (Picard et al. 2020). Plocha příčného průměru vláken typu I byla větší ( $3790 \mu\text{m}^2$ ) ve svalu RA než ve svalu LL a TB ( $2615$  a  $2075 \mu\text{m}^2$ ), a to bez ohledu na pohlaví. Významné interakce dvou hlavních účinků (sval a pohlaví) byly pozorovány u průměrné plochy řezu vláken typu IIA a IIB. Nejmenší průměrná plocha vláken byla zjištěna ve svalu TB jalovic. Plocha řezu vláken typu IIA byla větší ve svalu RA býků než ve svalech LL a TB býků i jalovic. Kromě toho plocha vláken typu IIA u svalu TB

jalovic byla menší ve srovnání s ostatními svaly vláken typu IIA, s výjimkou TB svalu býků. Plocha vláken typu IIB byla větší u TB býků a LL jalovic než u TB a RA jalovic a byla menší ve svalu TB jalovic než v ostatních svalech, s výjimkou svalu RA jalovic. Další významné rozdíly byly zjištěny v podílu typů vláken a relativní plochy vláken. Nejvyšší podíl vláken typu IIA byl zjištěn ve svalu RA (22,2 %) a nejnižší ve svalu LL (9,5 %), a to bez ohledu na pohlaví. Stejně tak relativní plocha vláken typu IIA byla vyšší u RA (24,6 %) než u TB (13,1 %) a nejnižší u LTL (8,9 %). LL a TB jalovic měly nižší podíl vláken typu I než všechny ostatní svaly, s výjimkou svalu TB býků. Naproti tomu podíl vláken IIB byl vyšší ve svalu LL jalovic než ve všech ostatních svalech s výjimkou svalu TB jalovic, a nejnižší podíl vláken IIB byl zjištěn ve svalu RA jalovic i býků. Kromě toho měly svaly LL jalovic vyšší relativní plochy vláken IIB než LL býků. Relativní plocha vláken typu I byla vyšší ve svalech jalovic u svalu RA, ale nelišila se od LL býků, které měly vyšší relativní plochu vláken typu I než LTL a TB jalovic. Výsledky histochemické analýzy jsou uvedeny v tabulce č. 7.



**Tabulka 6** LSM pro fyzikální parametry a chemické složení svalů *longissimus lumborum*, *triceps brachii* a *rectus abdominis* býků a jalovic plemene český strakatý skot chovaných za stejných podmínek.

	Býci			Jalovice			SEM	P-hodnota		
	LL	TB	RA	LL	TB	RA		M	S	M x S
<b>pH<sub>48</sub></b>	5,53 <sup>ab</sup>	5,47 <sup>b</sup>	5,54 <sup>ab</sup>	5,48 <sup>b</sup>	5,45 <sup>b</sup>	5,63 <sup>a</sup>	0,025	<0,001	0,833	0,014
<b>Barva L*</b>	40,15	39,51	41,44	38,55	38,21	41,78	0,836	0,002	0,273	0,386
<b>a*</b>	14	16,45	14,65	13,93	17,23	16,68	0,792	0,002	1,188	0,373
<b>b*</b>	14,45	14,64	14,3	13,48	14,58	15,88	0,808	0,366	0,777	0,273
<b>WB síla stříhu (N/cm<sup>2</sup>)</b>	41,53	51	58,39	39,54	47,37	54,51	3,11	<0,001	0,349	0,904
<b>Obsah vody (g/kg svalu)</b>	743,40 <sup>b</sup>	763,61 <sup>a</sup>	755,89 <sup>a</sup>	717,10 <sup>c</sup>	742,45 <sup>b</sup>	714,62 <sup>c</sup>	2,948	<0,001	<0,0001	<0,001
<b>Obsah bílkovin (g/kg svalu)</b>	218,04	202,97	203,04	219,92	205,19	206,01	2,185	<0,001	0,401	0,865
<b>Obsah IMF (g/kg svalu)</b>	19,09 <sup>de</sup>	12,29 <sup>e</sup>	23,18 <sup>cd</sup>	44,99 <sup>b</sup>	33,77 <sup>c</sup>	62,59 <sup>a</sup>	2,881	<0,001	<0,0001	0,001
<b>Obsah celkového kolagenu (g/kg svalu)</b>	3,6	5,97	4,36	3,04	4,82	3,84	0,229	<0,001	0,003	0,174
<b>Obsah rozpustného kolagenu (%)</b>	28,38 <sup>c</sup>	36,04 <sup>ab</sup>	25,16 <sup>c</sup>	29,72 <sup>bc</sup>	31,86 <sup>b</sup>	38,02 <sup>a</sup>	1,679	0,004	0,054	<0,001

M: sval; S: pohlaví.

<sup>abcde</sup> Hodnoty s různými horními indexy ve stejném řádku se významně liší (P < 0,05).

**Tabulka 7** LSM pro charakteristiky svalových vláken svalů *longissimus lumborum*, *triceps brachii* a *rectus abdominis* býků a jalovic plemene český strakatý skot chovaných za stejných podmínek.

Charakteristika vláken		Býci			Jalovice			P-hodnota			
		LL	TB	RA	LL	TB	RA	SEM	M	S	M x S
Plocha průměrného řezu vlákna ( $\mu\text{m}^2$ )	Celková plocha	3374 <sup>a</sup>	3378 <sup>a</sup>	3858 <sup>a</sup>	3794 <sup>a</sup>	2449 <sup>b</sup>	3281 <sup>a</sup>	202,2	<0,001	0,116	<0,001
	I	2616	2284	3890	2613	1866	3689	265,6	<0,001	0,387	0,697
	IIA	3014 <sup>b</sup>	2767 <sup>bc</sup>	4222 <sup>a</sup>	3630 <sup>ab</sup>	1972 <sup>c</sup>	3609 <sup>ab</sup>	237,2	<0,001	0,326	0,001
	IIB	3799 <sup>ab</sup>	4020 <sup>a</sup>	3728 <sup>ab</sup>	4103 <sup>a</sup>	2721 <sup>c</sup>	2907 <sup>bc</sup>	225,5	0,001	0,031	<0,001
Poměr typů vláken (%)	I	31,7 <sup>a</sup>	25,3 <sup>ab</sup>	28,7 <sup>a</sup>	17,8 <sup>b</sup>	18,0 <sup>b</sup>	27,9 <sup>a</sup>	1,92	0,001	0,001	0,001
	IIA	7,9	15,7	23	11,1	16,4	21,4	1,44	<0,001	0,587	0,171
	IIB	60,4 <sup>b</sup>	58,9 <sup>b</sup>	48,4 <sup>c</sup>	71,1 <sup>a</sup>	65,5 <sup>ab</sup>	50,7 <sup>c</sup>	1,74	<0,001	0,001	0,036
Relativní plocha vláken (%)	I	25,0 <sup>ab</sup>	17,7 <sup>bc</sup>	28,3 <sup>a</sup>	12,4 <sup>c</sup>	14,0 <sup>c</sup>	30,7 <sup>a</sup>	2,27	<0,001	0,038	0,002
	IIA	7,3	13	25,1	10,6	13,3	24,1	1,75	<0,001	0,579	0,378
	IIB	67,7 <sup>b</sup>	69,4 <sup>ab</sup>	46,6 <sup>c</sup>	77,0 <sup>a</sup>	72,6 <sup>ab</sup>	45,2 <sup>c</sup>	2,02	<0,001	0,045	0,021

M: sval; S: pohlaví

<sup>abc</sup> Hodnoty s různými horními indexy ve stejném řádku se významně liší (P <0,05)

### 4.1.3 Chemická analýza

V mase býků byl zaznamenán nejvyšší obsah sušiny u LL, menší u RA a nejmenší u TB, u jalovic byl zaznamenán nejvyšší obsah u RA, menší u LL a nejmenší u TB. Nejvyšší obsah bílkovin byl zjištěn u masné partie roštěnec, nicméně tyto rozdíly byly relativně malé a neprůkazné. Chemické složení masa je ovlivněno typem svaloviny a pohlavím zvířat. Obsah sušiny v mase je kvantitativně nejdůležitější složkou a je závislý především na IMF, ale není ovlivněn obsahem bílkovin, který je druhým nejvýznamnějším faktorem, který hraje ústřední roli v mechanismu vázání vody a křehkosti masa (Huff Lonergan et al. 2010). Naše výsledky taktéž ukazují nižší obsah sušiny ve svalech s nízkým obsahem IMF a naopak.

Naopak velmi výrazných a statisticky průkazných rozdílů ( $P < 0,001$ ) bylo dosaženo při hodnocení obsahu IMF. Nejvíce tuku obsahoval RA, méně obsahoval LL a nejméně tuku měl TB. Hodnoty zjištěné u RA byly téměř dvojnásobné oproti hodnotám, které vykazoval sval TB. Ve srovnání s masem z partie TB obsahovaly vzorky roštěnce o 39,8 % a vzorky z pupku o 88,5 % více IMF. Nejvyšší IMF a vyšší podíl vláken typu I a IIA zjištěný v RA svalu v této studii potvrzuje výše uvedené tvrzení, že podíl červených vláken pozitivně koreluje s obsahem IMF. Nicméně při porovnání pohlaví jsou zjištěna opačná. To ukazuje, že IMF je ovlivňován řadou faktorů a že typ vláken je pouze jedním z nich. Kromě toho buněčný podíl triglyceridů tvoří menší část (5-20 %) lipidů, zatímco zbývajících 80 % je uloženo ve svalových adipocytech mezi svaly, vlákny a svazky vláken (Listrat et al. 2015), a proto může být tato frakce méně ovlivněna složením svalových vláken.

Velmi výrazné rozdíly byly rovněž zjištěny při hodnocení obsahu hydroxyprolinu a kolagenu, tedy složek masa, které úzce souvisí s obsahem pojivových tkání. Obsah hydroxyprolinu, podle očekávání, koreloval s obsahem celkového a rozpustného kolagenu. Nejvíce hydroxyprolinu obsahoval TB a významně se lišil od RA i od nejnižšího obsahu hydroxyprolinu u LL. Stejně tomu bylo u obsahu celkového kolagenu. U obsahu rozpustného kolagenu se významně lišily jen svaly TB od LL. Přestože nejvyšší hodnota pro obsah celkového kolagenu byla zjištěna u svalu TB, tento sval obsahoval zároveň nejvyšší podíl tepelně rozpustné frakce kolagenu z celkového množství a tato hodnota byla signifikantně vyšší, než bylo pozorováno u svalu LL.

Nejvyšší síla stříhu byla zaznamenána u RA, menší u TB a nejmenší u LL.

Pokud jde o vyhodnocení vlivu pohlaví na složení svaloviny, i zde byly zaznamenány statisticky významné rozdíly. Průměrná hodnota sušiny býků a jalovic byla nejvyšší u svalu LL, i když největší hodnotu zaznamenal sval RA jalovic následovaný svalem LL jalovic. Méně sušiny měl tedy sval RA a nejméně sval TB. Svaly jalovic měly výrazně více sušiny než svaly býků. V

hodnotách bílkovin jalovic a býků nebyl zaznamenán výrazný rozdíl, stejně jako mezi svaly TB a RA. Ovšem nejvíce bílkovin zaznamenal sval LL.

Obsah tuku jalovic byl výrazně vyšší u všech svalů. Průměrný obsahu tuku tří svalů u býků byl 18,19 % a u jalovic 47,12 %. Zjištěné rozdíly v obsahu tuku byly o 12, respektive o 159 % vyšší u jalovic než u býků. Jalovice měly oproti býkům ve všech svalech více než dvojnásobné množství tuku. RA jalovic měl obsah tuku dokonce 2,7krát vyšší. Nejvíce tuku obsahoval RA, méně LL a nejméně TB. U jalovic byly navíc pozorovány větší rozdíly v obsahu IMF mezi svaly, zatímco u býků byly víceméně srovnatelné. IMF se skládá ze strukturálních lipidů (fosfolipidů) a zásobních lipidů (triglyceridů). Zatímco obsah fosfolipidů je relativně konstantní mezi svaly, obsah triglyceridů je velmi variabilní (Listrat et al. 2015). Svalová vlákna typu I a IIA obsahují vyšší množství triglyceridů a fosfolipidů, a proto je vyšší množství IMF běžně spojeno s vyšším podílem červených oxidativních vláken (Joo et al. 2013). Obsah IMF negativně koreluje s množstvím vláken typu II B (Renand et al. 2001).

Nejvíce celkového kolagenu i podíl rozpustného kolagenu měl TB, méně celkového kolagenu měl RA a nejméně měl LL. Podíl rozpustného kolagenu byl vyšší u RA jalovic a u TB býků. Vyšší obsah celkového kolagenu v mase býků ve srovnání s jalovicemi může souviset s anabolickým účinkem testosteronu na jeho syntézu (Bureš & Bartoň 2012<sup>a</sup>). Velké rozdíly v obsahu kolagenu a v jeho rozpustnosti mezi svaly jsou dobře známé (Torrescano et al. 2003). Podobně jako v případě našich výsledků, vyšší celkový obsah kolagenu byl zjištěn u svalu TB než u svalu LL, sval RA se ve srovnání s TB nelišil v celkovém obsahu kolagenu (Joo et al. 2017). Rozdíly v obsahu kolagenu by mohly být částečně vysvětleny rozdílným složením vláken. Svaly s pomalou kontrakcí a vyšším podílem vláken typu I obsahují více kolagenu (Joo et al. 2013). Množství a složení pojivové tkáně souvisí mimo jiné s velikostí svalových svazků a tloušťkou perimysia (Listrat et al. 2015). Ve studii z roku 2010 byl průměrný denní přírůstek volů pozitivně korelován s rozpustností kolagenu v LL svalu, zatímco nebyl zjištěn podobný vztah u těchto parametrů ve svalu *semitendinosus*. Různé svaly tedy mohou reagovat odlišně na rychlost růstu zvířete a mohly by tak ovlivnit obsah a rozpustnost kolagenu v organismu (Archile-Contreras et al. 2010).

Obsah kolagenu ovlivňuje do značné míry sílu stříhu, která byla ve všech případech menší u jalovic než u býků. Nejvyšší sílu stříhu bylo nutno vynaložit u svalu RA, méně u TB a nejméně u LL, což zcela nekoresponduje s obsahem celkového množství kolagenu.

#### **4.1.4 Senzorická analýza**

Byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi svaly v sensorické analýze grilovaných vzorků masa. Nejjednoznačnější rozdíl oproti LL a TB byl v hodnotě šřavnatosti svalu RA, který

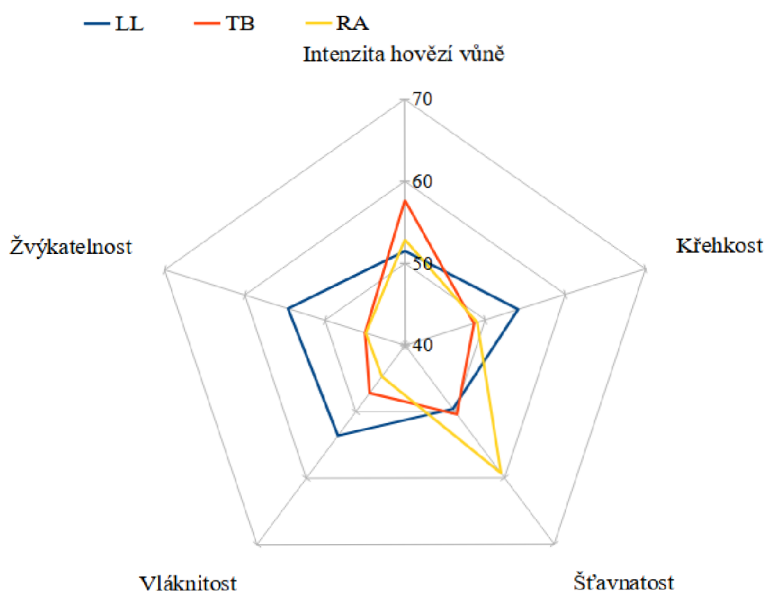
měl nejvyšší hodnotu. Naopak nepříznivější hodnocení pro křehkost masa bylo zjištěno u vzorků svalu LL, zatímco nejnižší hodnocení pro křehkost zaznamenalo maso ze svalu TB. Nicméně tyto rozdíly byly poměrně malé a statisticky neprůkazné. Nejintenzivnější hovězí aroma a nejvyšší intenzitu chuti měl TB, menší RA a nejmenší LL. Nejvyšší vláknitost byla u LL a nejvyšší hodnota žvýkatelnosti byla zaznamenána u LL. V hlavním efektu pohlaví dosahovalo maso jalovic vyšších hodnot ve všech hodnocených organoleptických vlastnostech než maso býků (graf 3 a 4). S výjimkou posuzování intenzity vůně byly zjištěné rozdíly ve vztahu k pohlaví zvířat ve všech ostatních případech statisticky průkazné. Nejvýraznější difference byly pozorovány zejména u texturních charakteristik, tedy zejména u křehkosti, vláknitosti a žvýkatelnosti. Naše výsledky podporují následující dvě studie. Sval TB (spolu se svačem *infraspinatus*) měl intenzivnější chuť, než LL a ostatní srovnávané svaly (Kukowski et al. 2004). Také vyšší skóre šťavnatosti bylo zjištěno u svalu RA, který měl také vyšší obsah tuku IMF než sval TB (Micol et al. 2009).

U různých svalů může být křehkost spojována s různými typy svalových vláken. U svalu *longissimus thoracis* býků je křehkost masa spojena s poklesem průměru svalových vláken a zvýšení podílu červených vláken (kterých obsahují více, než bílých). U svalů *vastus lateralis* a *semitendinosus* je křehkost spojována s vyšším obsahem bílých vláken (Chriki et al. 2013). Byla sledována závislost typů svalových vláken na křehkosti hovězího masa svalu *longissimus lumborum*. V pozitivní korelaci ( $r = 0,48$ ) byla četnost červených pomalých oxidačních vláken a v negativní korelaci ( $r = -0,38$ ) byla četnost bílých rychlých glykolytických vláken (Maltin et al. 1997). Vlastnosti svalových vláken svalů *longissimus lumborum* (LL), *semitendinosus* (ST), *biceps femoris* (BF) a *psoas major* (PM)) u 37 býků plemen aberdeen angus (AA), gaskoň (GS), holštýn (HO) a český strakatý skot (FL) chovaných za stejných podmínek vykazovaly značné rozdíly. Plemena český strakatý skot a gaskoňské měla nejnižší obsah IMF, tj. nejméně výrazné mramorování a také měla vyšší relativní plochy světlých vláken II B (která obsahují méně myoglobinu oproti vláknům typu I B) (Bureš et al. 2015). Svaly s vyšším podílem vláken typu II B (např. LL) vykazovaly pozitivní korelaci s tužším masem. Vyšší obsah vláken II B by také mohl souviset s vyššími ztrátami odkapem po následné kulinářské úpravě (Renand et al. 2001). Zobrazení vzájemných vztahů mezi zastoupením různých typů vláken, sensorických vlastností, obsahu tuku a síly stříhu je zobrazeno v obrázku č. 2 pomocí PCA analýzy. Rozložení průměrných hodnot PCA ukazuje, že pohlaví a typ svaloviny jsou důležitými faktory ovlivňujícími složení svaloviny, a tím i její konečnou kvalitu masa (Joo et al. 2013). Kombinace komponentů PC1 a PC2 z PCA analýzy vysvětluje přibližně 55% celkové variability. PC1 vysvětluje 29 % variability a poměrně jednoznačně separuje svaly jalovic vpravo od svalů býků vlevo podél vertikální osy. Svaly

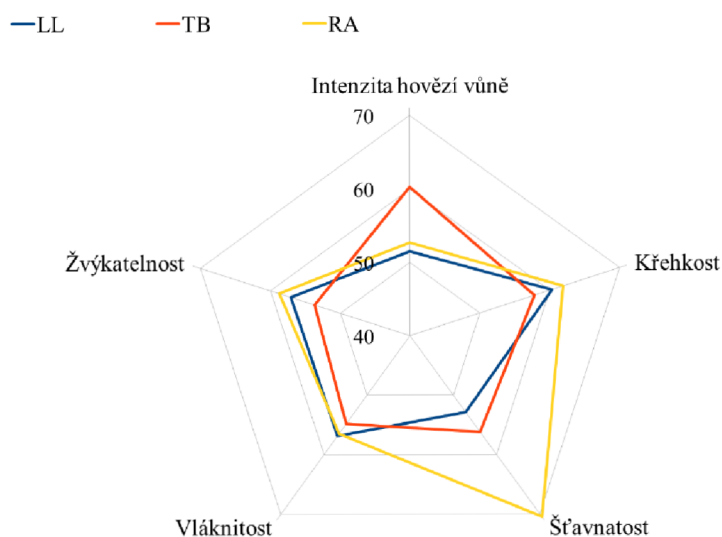
jalovic pozitivně korelují s obsahem IMF, křehkostí, šťavnatostí, intenzitou chuti hovězího masa a také s podílem svalových vláken typu IIB. Svalovina býků naopak pozitivně koreluje s průměrnou plochou svalových vláken a podílem vláken typu I. PC2 vysvětluje dalších 26% variability a odděluje sval RA od zbývajících svalů LL a TB. Svaly jalovic vykazují výraznější separaci podle horizontální osy, než je tomu v případě svaloviny býků. Sval RA má pozitivní vztah s instrumentálně měřenou silou stříhu (WBSF), podílem svalových vláken typu I a IIA a také se šťavnatostí masa. Šťavnatost nejvýrazněji koreluje se svalem RA jalovic, které mají nejvyšší obsah IMF (až trojnásobně vyšší ve srovnání s býky). Naopak RA býků těsněji koreluje se silou stříhu (WBSF). Sval LL jalovic vykazuje těsný vztah s podílem typu svalových vláken IIB, což koresponduje s výsledky pro zastoupení jednotlivých typů svalových vláken (tabulka č. 7). Rozložení parametrů podle PC1 poukazuje na skutečnost, že organolepticky hodnocené vlastnosti šťavnatost, křehkost a intenzita chuti pozitivně korelují s obsahem IMF, zatímco se hodnocení těchto deskriptorů snižuje, když se ve svalech zvyšuje plocha svalových vláken nebo když narůstá hodnota instrumentálně hodnocené tuhosti masa (WBSF). Rozložení charakteristik podle PC2 dále ukazuje, že zvyšující se podíl svalových vláken typu I a IIA pozitivně koreluje se šťavnatostí masa, ale zároveň se zvyšující se silou stříhu (WBSF). Z celkového grafu je rovněž zjevné, že zvyšující se tuhost masa (rostoucí hodnota WBSF) je spojená s nárůstem podílu typu vláken I, zatímco současně dochází k poklesu podílu typu vláken IIB.

Co se týče interakce mezi svaly a pohlavím, u svalů jalovic nebyl významný rozdíl v sensoricky posuzované vláknitosti. Významně nejnižší hodnotu vláknitosti měl RA u býků. Nejvyšší hodnota (nejsnazší) žvýkatelnosti byla zaznamenána u LL býků a jalovic a RA u jalovic, mezi nimiž nebyly významné rozdíly. Sval RA byl také nejšťavnatější a dosahoval nejvyšší hodnoty ze všech deskriptorů u obou pohlaví. Přesto byl u býků sval RA ve všech ostatních vlastnostech nejhůře hodnocený, jen v intenzitě vůně mírně převyšoval sval LL. U jalovic RA ovšem v žádné vlastnosti nezaznamenal nejnižší hodnocení. Ve všech znacích byl hodnocen podobně jako LL s výjimkou šťavnatosti. V tomto deskriptoru byl dokonce hůře hodnocen než TB. Naproti tomu u jalovic byl vyjma intenzity vůně a chuti nejhůře hodnocen TB (v křehkosti, žvýkatelnosti a vláknitosti). U býků tomu bylo podobně, pouze vláknitost měla vyšší hodnocení než nejhůře hodnocený sval z hlediska vláknitosti, a to RA. TB jalovic byl křehčí a šťavnatější než býků, ale u býků měl výraznější vůni. Jak již bylo uvedeno, svaly RA a LL se u jalovic výrazně neodlišovaly. Po porovnání hodnot dosažených u býků se hodnoty pro LL od jalovic také moc nelišily, ale rozdílné bylo hodnocení RA. U LL býků byla zaznamenána nejvyšší hodnota křehkosti, vyšší, než tomu bylo u jalovic (nejvýraznější RA). LL býků byl křehčí a zaznamenal výrazně vyšší hodnoty pro vláknitost a žvýkatelnost. Všechny sensorické deskriptory měly vyšší hodnocení u jalovic v porovnání s býky.

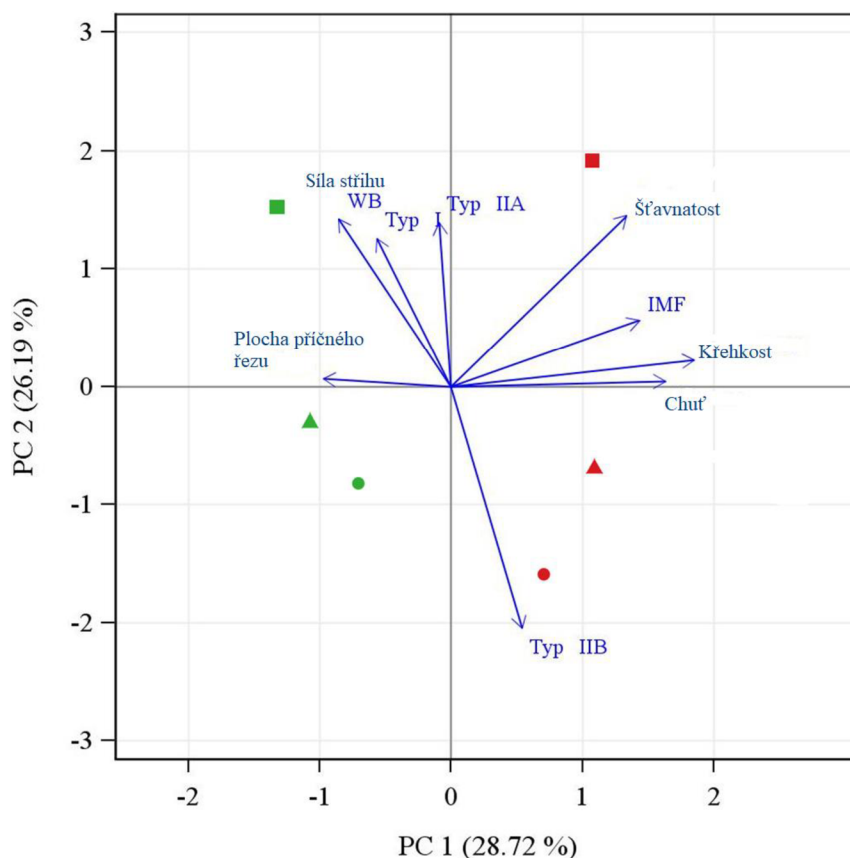
Toto zjištění potvrzuje studie, ve které bylo zjištěno vyšší skóre šťavnatosti a intenzity chuti v LL svalech jalovic ve srovnání se svaly býků (kteří měli také nižší množství IMF) (Pogorzelska-Przybyłek et al. 2021). Výsledky sensorické analýzy jsou uvedeny v grafu č. 3 a 4.



**Graf 3** Sensorický profil grilovaných svalů *longissimus lumborum* (LL), *triceps brachii* (TB) a *rectus abdominis* (RA) býků českého strakatého skotu.



**Graf 4** Sensorický profil grilovaných svalů *longissimus lumborum* (LL), *triceps brachii* (TB) a *rectus abdominis* (RA) jalovic českého strakatého skotu.



**Obrázek 2** Analýza hlavních komponent (PCA) - graf ukazuje vztahy mezi vybranými histologickými, fyzikálně-chemickými a sensorickými charakteristikami svalů *longissimus lumborum* (LL, na obrázku kolečko), *triceps brachii* (TB, na obrázku trojúhelník) a *rectus abdominis* (RA, na obrázku čtvereček) býků (zeleně) a jalovic (červeně) plemene český strakatý skot chovaných za stejných podmínek.

Senzorické deskriptory: chuť, šťavnatost, křehkost.

Instrumentální křehkost je uvedena jako síla stříhu WB (Warner-Bratzlerova síla stříhu).

Typ I: podíl vláken typu I; typ IIA: podíl vláken typu IIA; typ IIB: podíl vláken typu IIB.

## 4.2 Experiment-vliv různého dusíkatého zdroje v krmné dávce na organoleptické vlastnosti masa

### 4.2.1 Fyzikální analýza

Bylo zjištěno, že hodnota pH nevykazovala výrazné rozdíly mezi jednotlivými skupinami u svalu RA, mírně vyšší byla u skupiny K oproti skupinám L a R. U svalu LL byla naměřena



totožná hodnota pro všechny tři skupiny. Ztráty odkapem se u svalu LL pohybovaly okolo 1,18 % pro všechny skupiny, u druhého svalu byly nižší, do 1 % pro všechny skupiny. Stejně tak u vaznosti se neprojeví rozdíly mezi jednotlivými druhy výživy. Při hodnocení barvy syrového masa 48 hod po porážce nebyly v žádném ze sledovaných parametrů shledány statisticky signifikantní diference. Přesto lze sledovat určitou tendenci ( $P = 0,0722$ ) u svalu RA kdy maso býků vykrmovaných krmnou dávkou R bylo červenější, než tomu bylo u vzorků skupiny L. Instrumentální tuhost masa měřená pomocí WB SF prokázala statisticky významný rozdíl ( $P = 0,017$ ) u svalu RA. Nejnižší síla stříhu byla potřebná u vzorku L, z čehož vyplývá, že maso skupiny L tohoto svalu vykazovalo asi o 15 % nižší tuhost, než tomu bylo v případě skupiny R. Přestože sledované hodnoty nebyly u svalu LL statisticky signifikantní, rovněž byla zjištěna nejnižší síla vyvinutá k přestřížení svalových vláken u skupiny L. Celkové ztráty, tedy součet ztrát zmrazením, grilováním a po grilování se pohybovaly okolo 33 % pro LL a 27 % pro RA. Nejnižší byly u svalu LL pro skupinu řepka, u svalu RA pro skupinu lupina. Poměrně překvapivě vysoké jsou ztráty měřené po 3 minutách po grilování, které činily průměrně 5,6 % pro RA a 6,9 % pro LL. Mezi skupinami se výrazně nelišily a u obou svalů vyšly nejvyšší u skupiny řepky. Výsledky fyzikální analýzy jsou uvedeny v tabulkách č. 8 a 9.

**Tabulka 8** Instrumentální tuhost a technologické vlastnosti svalu *longissimus lumborum* a *rectus abdominis* u býků českého strakatého skotu.

Sval	Fyzikální parametry	Výživa			Významnost	
		Kontrola (n = 12)	Řepka (n = 12)	Lupina (n = 12)	SEM	P-hodnota
<i>Longissimus lumborum</i>	Síla stříhu (N)	36,73	37,84	35,09	9,38	0,7865
	Ztráty mražením (%)	10,67	10,37	9,46	1,67	0,1811
	Ztráty grilováním (%)	16,66	16,67	17,05	1,24	0,9681
	Ztráty po grilování (%)	6,9	6,83	7,25	0,39	0,7136
	Celkové ztráty (%)	33,34	32,97	32,87	1,19	0,9581
<i>Rectus abdominis</i>	Síla stříhu (N)	44,68 <sup>a</sup>	41,01 <sup>ab</sup>	38,00 <sup>b</sup>	1,48	0,0169
	Ztráty mražením (%)	6,18	5,01	5,72	1,05	0,6631
	Ztráty grilováním (%)	15,97	17,21	17,12	2,16	0,8967
	Ztráty po grilování (%)	6,68	4,86	5,16	1,92	0,5349
	Celkové ztráty (%)	28,49	26,71	27,64	2,59	0,8857

<sup>abc</sup> Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ( $P < 0,05$ ).

Údaje jsou prezentovány jako průměry nejmenších čtverců (LSM).

**Tabulka 9** Fyzikální vlastnosti sval *longissimus lumborum* a *rectus abdominis* u býků českého strakatého skotu.

Sval	Fyzikální parametry	Výživa			Významnost	
		Kontrola (n = 12)	Řepka (n = 12)	Lupina (n = 12)	SEM	P-hodnota
<i>Longissimus lumborum</i>	pH	5,79	5,79	5,79	0,02	0,9927
	Odkap (%)	1,19	1,18	1,17	0,23	0,9967
	Vaznost (%)	27,81	26,34	29,4	2,55	0,5376
	Světlost, L*	40,5	40,38	39,79	0,91	0,7628
	Červenost, a*	10,8	11,1	11,22	0,86	0,7652
	Žlutost, b*	11,32	11,5	11,59	0,39	0,8655
	Sytost barvy, C*	15,76	16,07	16,23	0,57	0,7924
	Odstín, h	30,84	33,8	33,52	8,12	0,7355
<i>Rectus abdominis</i>	pH	5,94	5,89	5,89	0,02	0,1121
	Odkap (%)	0,7	0,84	0,85	0,13	0,5977
	Vaznost (%)	12,65	11,59	12,26	1,84	0,5963
	Světlost, L*	42,25	39,63	41,26	1,06	0,112
	Červenost, a*	12,69	13,94	12,16	0,81	0,0722
	Žlutost, b*	13,57	14,03	12,69	0,82	0,4363
	Sytost barvy, C*	18,71	19,84	17,64	0,88	0,2109
	Odstín, h	31,91	37,02	33,1	6,64	0,4293

Údaje jsou prezentovány jako průměry nejmenších čtverců (LSM).

#### 4.2.2 Chemická analýza

Maso z roštěnce (LL) a pupku (RA) obsahovalo průměrně 25,6 %, respektive 25,8 % sušiny, přesto mezi sledovanými skupinami nebyly shledány statisticky signifikantní diference (tabulka 10). Obsah IMF byl u obou svalů nejvyšší u skupiny řepky (a je příčinou nejvyššího množství sušiny), rozdíly mezi skupinami navzájem byly také velmi malé a neprůkazné. Obsahu celkového kolagenu u svalu RA byl na hranici statistické významnosti ( $P = 0,0530$ ) mezi proteinovými zdroji. Nejvyšší obsah celkového kolagenu měli býci, kteří byli krmeni řepkovým šrotem. Podobně tomu bylo u svalu LL, avšak stanovené rozdíly byly výrazně menší. Další měřené parametry jako např. obsah hrubého proteinu nevykazovaly mezi skupinami rozdíly. Určité tendence ( $P = 0,09$ ) byly zjištěny u obsahu hydroxyprolinu ve svalu RA, jež byl nejnižší u skupiny lupiny, zatímco nejvyšší obsah byl u kontrolní skupiny. Zjištěné hodnoty pro obsah sušiny, bílkovin a IMF byly srovnatelné

s výsledky publikovanými pro býky českého strakatého skotu v našich předchozích pracích (Bureš & Bartoň 2018; Lebedová et al. 2021<sup>b</sup>).

**Tabulka 10** Chemické složení svalu *longissimus lumborum* a *rectus abdominis* (g·kg<sup>-1</sup> syrové svaloviny) u býků českého strakatého skotu.

Sval	Chemické parametry	Výživa			Významnost	
		Kontrola (n = 12)	Řepka (n = 12)	Lupina (n = 12)	SEM	P-hodnota
<i>Longissimus lumborum</i>	<b>Sušina</b>	252,4	258,3	256,1	2,39	0,2172
	<b>Hrubý protein</b>	209,2	208,1	208,7	1,12	0,7593
	<b>Hrubý tuk</b>	19,2	24,9	21,5	2,07	0,1582
	<b>Hydroxyprolin</b>	0,6	0,59	0,58	0,04	0,8857
	<b>Celkový kolagen</b>	3,77	3,87	3,74	0,23	0,8633
	<b>Rozpustný kolagen (%)</b>	32	28,7	28	2,42	0,0978
<i>Rectus abdominis</i>	<b>Sušina</b>	256,4	260,1	256,4	3,41	0,5967
	<b>Hrubý protein</b>	199,01	196,55	197,4	1,85	0,6368
	<b>Hrubý tuk</b>	31,01	37,56	33,79	3,55	0,4189
	<b>Hydroxyprolin</b>	0,81	0,74	0,7	0,03	0,093
	<b>Celkový kolagen</b>	5,22 <sup>a</sup>	4,77 <sup>ab</sup>	4,51 <sup>b</sup>	0,2	0,053
	<b>Rozpustný kolagen (%)</b>	29,3	25,96	26,21	1,5	0,1109

<sup>abc</sup> Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší (P < 0,05).

Údaje jsou prezentovány jako průměry nejmenších čtverců (LSM).

#### 4.2.3 Senzorická analýza

Z výsledků deskriptivní sensorické analýzy (tabulka č. 11) vyplývá, že použití různých zdrojů dusíkatých krmiv neovlivnilo ani u jednoho ze svalů vláknitost, kyselou a tučnou chuť, avšak statisticky významné diference byly pozorovány u ostatních hodnocených sensorických vlastností. U svalu LL byl zjištěn významný a statisticky průkazný rozdíl (P = 0,0035) v intenzitě vůně hovězího masa. Ta byla nejméně intenzivní u býků krmených lupinou, naopak v tomto ukazateli značně dominovala u kontrolní skupiny. Skupina krmená řepkovým šrotem se pohybovala v průměrných hodnotách. Podobné rozdíly byly pozorovány i u druhého svalu RA (P = 0,021). Naopak zjištěné hodnoty pro intenzitu cizí vůně byly nejvyšší pro skupinu L, pro sval LL (P = 0,0101), respektive pro sval RA (P < 0,001). Vliv předkládané krmné dávky mezi skupinami K a R byl velmi nízký a nevykazoval statisticky významné rozdíly.

U svalu LL byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl (P = 0,0035) v intenzitě vůně hovězího masa. Ta byla nejméně intenzivní u býků krmených lupinou, naopak značně dominovala u kontrolní skupiny. Skupina krmená řepkovým šrotem se pohybovala v průměrných hodnotách.

Tento výsledek se shoduje s hodnotami u druhého svalu RA ( $P = 0,021$ ). S tímto korespondují i hodnoty uvedené pro intenzitu cizí vůně, které jsou nejvyšší pro skupinu lupiny pro sval LL ( $P = 0,0101$ ), respektive sval RA ( $P < 0,001$ ). Rozdíly diety K a R byly tentokrát velmi nízké a nevykazovaly statisticky významné rozdíly.

**Tabulka 11** Sensorický profil grilovaných svalů *longissimus lumborum* a *rectus abdominis* u býků českého strakatého skotu.

Sval	Chemické parametry	Výživa			Významnost	
		Kontrola (n = 12)	Řepka (n = 12)	Lupina (n = 12)	SEM	P-hodnota
<i>Longissimus lumborum</i>	Intenzita vůně hovězího masa	57,90 <sup>a</sup>	53,30 <sup>ab</sup>	50,53 <sup>b</sup>	3,73	0,0035
	Intenzita cizí vůně	25,87 <sup>b</sup>	26,36 <sup>b</sup>	32,38 <sup>a</sup>	5,45	0,0101
	Křehkost	54,27 <sup>b</sup>	53,75 <sup>b</sup>	62,43 <sup>a</sup>	6,38	0,006
	Šťavnatost	54,29	52,91	55,97	2,38	0,5902
	Vláknitost	49,73	49,36	52,73	3,98	0,4478
	Žvýkatelnost	50,96 <sup>b</sup>	50,23 <sup>b</sup>	59,12 <sup>a</sup>	6,03	0,0063
	Intenzita chuti hovězího masa	63,3	61,53	63,6	4,36	0,5486
	Žluklá chuť	16,77	15,46	16,49	2,74	0,6982
	Kyselá chuť	28,14	29,91	28,7	4,94	0,7071
	Jádrová chuť	27,75 <sup>b</sup>	28,65 <sup>ab</sup>	32,89 <sup>a</sup>	5,19	0,0321
Tučná chuť	26,25	26,14	25,34	4,97	0,8706	
<i>Rectus abdominis</i>	Intenzita vůně hovězího masa	60,00 <sup>a</sup>	54,33 <sup>ab</sup>	50,79 <sup>b</sup>	3,38	0,021
	Intenzita cizí vůně	27,59 <sup>b</sup>	31,32 <sup>b</sup>	44,10 <sup>a</sup>	4,65	<0001
	Křehkost	57,42 <sup>b</sup>	61,36 <sup>b</sup>	69,58 <sup>a</sup>	2,61	0,001
	Šťavnatost	66,45 <sup>a</sup>	63,50 <sup>ab</sup>	57,79 <sup>b</sup>	3,33	0,0172
	Vláknitost	54,74	53,17	53,7	3,33	0,8901
	Žvýkatelnost	55,01 <sup>b</sup>	60,45 <sup>ab</sup>	66,91 <sup>a</sup>	2,72	0,0012
	Intenzita chuti hovězího masa	60,24 <sup>a</sup>	56,03 <sup>ab</sup>	51,26 <sup>b</sup>	3,53	0,0243
	Žluklá chuť	27,90 <sup>b</sup>	26,35 <sup>b</sup>	35,25 <sup>a</sup>	3,56	0,0253
	Kyselá chuť	29,75	31,15	29,66	3,96	0,8709
	Jádrová chuť	28,11	33,15	29,73	6,73	0,2305
Tučná chuť	35,65	37,72	38,56	5,21	0,5427	

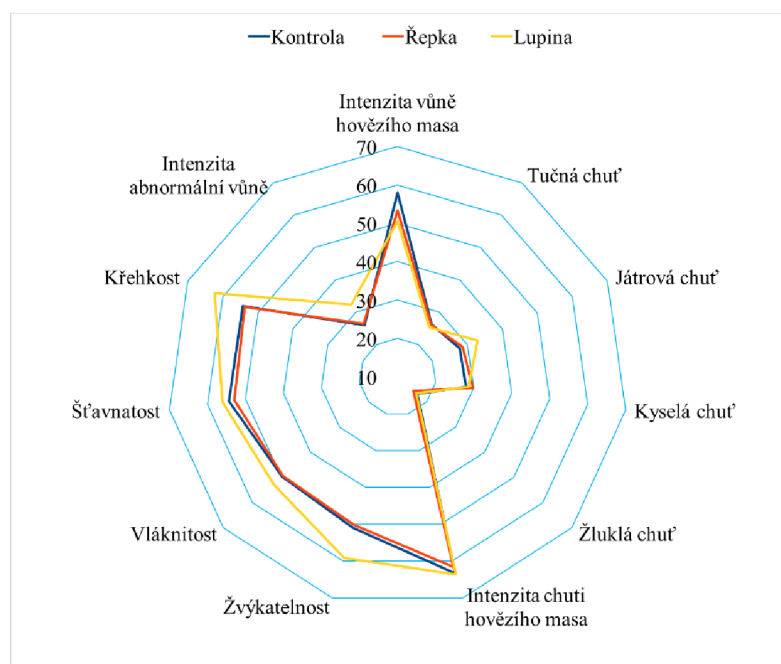
<sup>abc</sup> Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ( $P < 0,05$ ).

Údaje jsou prezentovány jako průměry nejmenších čtverců (LSM).

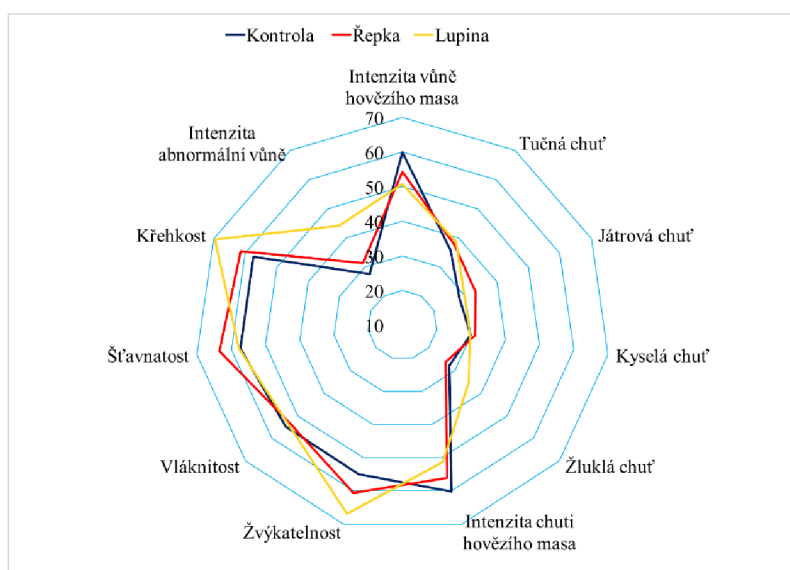
Statisticky významný rozdíl ( $P = 0,0172$ ) byl nalezen ve šťavnatosti. Ta byla u svalu RA hodnocena jako nejvyšší u kontrolní skupiny, zatímco nejnižší bodové hodnocení získala skupina lupina. U svalu LL tyto rozdíly nebyly nalezeny. Nejsnáze žvýkatelné maso u obou svalů bylo hodnoceno u skupiny zvířat, kterým byla zkrmována lupina pro sval LL ( $P = 0,0063$ ), respektive

pro sval RA ( $P = 0,0012$ ). A zatímco u LL dosáhly řepka a kontrola srovnatelného hodnocení, u RA bylo zjištěno jako nejobtížněji žvýkatelné maso kontrolní skupiny. Nejvyšší intenzitu chuti hovězího masa měly vzorky RA ( $P = 0,0243$ ) pocházející z kontrolní skupiny, zatímco nejnižší intenzitu mělo maso pocházející ze skupiny lupina, což je v souladu s hodnocením vůně, kde byla intenzita vůně hovězího masa také nejvyšší u K. Signifikantní rozdíly v intenzitě žluklé chuti byly nalezeny pouze u svalu RA ( $P = 0,0253$ ) kde skupina L dosáhla nejvyššího hodnocení. U zbývajících skupin nebyly zjištěny signifikantní difference. Oproti tomu chuť po játrech byla sledována u svalu LL a opět nejvýraznější pro lupinu ( $P = 0,0321$ ). Nejméně intenzivní játrová chuť byla pozorována u vzorků skupiny kontroly.

Při hodnocení organoleptických vlastností dvou svalů býků vykrmovaných krmnou dávkou s různým zdrojem dusíkaté složky lze shrnout, že kontrolní skupina zaznamenala nejvyšší intenzitu vůně i chuti hovězího masa, zatímco maso býků krmných lupinou vykazovalo nejvyšší intenzitu cizí vůně, ale zároveň nejpříznivější charakteristiky textury masa, tedy zejména křehkosti a žvýkatelnosti. Sensorické vlastnosti svalů LL a RA býků jsou zobrazeny v grafu č. 5 a 6.



**Graf 5** Sensorické vlastnosti svalu *longissimus lumborum* býků krmných různými proteinovými zdroji.



**Graf 6** Sensorické vlastnosti svalu *rectus abdominis* býků krmených různými proteinovými zdroji.

#### 4.2.4 Olfaktometrická analýza

Z látek detekovaných ve vzorcích hovězího masa bylo vybráno 22 nejvýznamnějších látek (tabulka 12). Celkově nejvyšší četnost vjemů byla zaznamenána u skupiny lupiny (1169), poté u kontroly (1082) a následně u řepky (994). Frekvence detekce byl nejvyšší u hexanalů, nonanalů, (E)2-nonenalů, (E,E)2,4-nonadienalů, heptanalů a methyl-esteru kyseliny máselné.

Panel hodnotitelů identifikoval celkem 56 různých vůní. Nejčastějšími vůněmi masa býků krmených lupinou byly zatuchlá (vlhký nebo plesnivý sklep/textil/potraviny), citronová nebo kyselá, ovocná (banánová, švestková, lesních plodů, meruňková a vůně fermentovaného ovoce), masová nebo vůně masných výrobků a parfémová (květinová vůně). Ty pro kontrolu byly stejné, ale místo masové byla zaznamenána blíže nespecifikovatelná nepříjemná a místo parfémové byla identifikována také další vůně, nicméně podobná parfémové: trávová nebo po listech stromů. U řepky byly také nejintenzivnější vůně podobné, pouze nepříjemný zápach a travní vůně byly nahrazeny sladkou (např. cukrové vaty) a houbovou, následně travní.

Největší plochy byly zaznamenány u hexanalů, nonanalů, které proto byly použity pro relativní kvantifikaci ostatních látek, dále u methyl-esteru kyseliny máselné, 1,3-dichloro-2-methoxybenzenu, 1-oktanolu a oktanalů. Přestože CG-MS je vynikající separační metoda, v určité

oblasti je méně citlivá než lidský nos a je i možné nalézt více těkavých látek společně v jednom píku. Tyto chemické látky mohou ve směsích působit synergicky nebo aditivně podle nepředvídatelných pravidel a jsou základem celkového vjemu vůně (Brattoli et al. 2013). Interakce jsou ovlivněny především poměrem dvou látek. Těkavé látky stejné chemické skupiny a podobné vůně vykazovaly v binární pachové interakci podobné charakteristiky (Yan et al. 2015).

Je také možné, že i při podprahové koncentraci dochází k synergii mezi těkavými sloučeninami a dohromady tak mohou mít pachovou aktivitu teprve, když se smísí (Delahunty et al. 2006). Některé aldehydy mají intenzivnější vůni než jiné, i když mají menší plochu. Např. (E)-2-nonenal se vyskytuje v nižších koncentracích než hexanal, ale může převažovat ve výsledné vůni, což nebylo potvrzeno v našem experimentu nejspíše proto, že hexanal značně převyšoval (E)-2-nonenal. Z uvedených 22 látek bylo 5 látek pod limitem detekce MS a přitom měly průměrně 10 záznamů frekvence detekce.

U některých aromatických látek se může zvyšovat intenzita sensorického vjemu úměrně zvýšení jejich koncentrace, zatímco u jiných může být změna intenzity v závislosti na koncentraci opačná nebo jen méně výrazná (d'Acampora Zellner et al. 2008). Například u hexanalu rozpuštěného ve slunečnicovém oleji v různých koncentracích (0,005 g/l až 0,064 µg/l) se nejprve snížila intenzita vůně, poté se mírně zvýšila, až se stala konstantní (Machiels et al. 2004). Tak se stanovuje velikost podnětu, nad kterou nedochází k nárůstu vnímané vůně (Meilgaard et al. 1999). V našem experimentu docházelo u většiny látek k brzkému nástupu vjemu, který došel svého maxima a poté mírně klesal, pravděpodobně podle retenčního chování látky. Nezaznamenávali jsme změny intenzit vjemu, ale soustředili jsme se spíše na co nejbližší popis, na rychlou detekci a zaznamenání změn popisu vůně, což nám umožnilo větší úroveň separace sensorických vjemů jednotlivých látek, než které je schopná chromatografie.

Dalším z faktorů, který ovlivnil odlišný sensorický profil masa je obsah tuku (Aurousseau et al. 2004), který může způsobit vyšší obsah nepříjemných vůní. Existuje práh, po jehož překročení se vůně stává nepříjemnou, ale pod touto prahovou hodnotou mohou produkty oxidace pozitivně přispívat k vůni masa a k jeho chuti. Detekční prahy, které pravděpodobně indikují zhoršení kvality vůně hovězího masa jsou 5,87 ppm pro hexanal, 0,23 ppm pro heptanal a 0,47 ppm pro (E,E)-2,4-dekadienal (Wick et al. 1967). Hexanal, jako látka s nejvyšší frekvencí detekce a zároveň nejvyšší plochou dosahoval hodnot nad 5,87 ppm a tak byl hodnocen i jako zatuchlý, což byla nejčastější nepříjemná vůně ze všech vzorků.

Nejvyšší obsah tuku byl zjištěn u zvířat krmených řepkou, ale během sensorické analýzy byla zaznamenána nejvyšší hodnota pro cizí vůni u lupiny. Mezi nepříjemné vůně charakterizované ve vzorcích patřily kouřová/prášná, po lidském potu/zvracích, po pneumatice/podrážce/gumová, plastová, po dezinfekci, po vápnu. Nepříjemné pachy (32 % z 56 definovaných vůní) byly analyzovány odděleně a jediným signifikantně odlišným byl pach petroleje u lupiny. Nejvíce nepříjemných pachů však bylo zaznamenáno u kontrolní skupiny (381), následně u lupiny (367) a nejméně u řepky (313). Nicméně uvedené nepříjemné vůně byly charakterizovány hodnotiteli jako málo intenzivní, i když při hodnocení pomocí sensorické analýzy nejspíše oddělily lupinu od ostatních skupin při hodnocení svalu LL.

Význam jednotlivých složek ve výsledné vůni závisí jak na koncentraci, tak na prahu detekce. V roce 1963 byla zohledněna koncentrace sloučeniny a také vonné aktivity zavedením hodnoty vonné aktivity- odor activity value OAV (koncentrace/prahová hodnota vůně) (Rothe & Thomas 1963). Práh detekce je obzvláště nízký u aldehydů (Rivas-Cañedo et al. 2009), nejnižší u aldehydů s 6 až 10 uhlíky (Mottram 1998). Vyšší práh detekce je zaznamenán u alkoholů a ketonů (Moran et al. 2022), avšak u alkoholů s delšími uhlíkovými řetězci a vyšším stupněm nenasycenosti je aromatická aktivita vyšší (Evans et al. 1971).

Hodnota OAV pro hexanal byla stanovena na 5,45, pro 2,4-nonadienal na 5,53, pro 1-oktanol a nonanal na 6 až 7 a pro butan-2,3-diol na 0,97 až 1 (Singh et al. 2021). Zhao et al (2015) uspořádali tyto aldehydy od nejvíce pachově aktivních po nejméně aktivní: heptanal, dekanal, propanal, oktanal a nonanal (Sarhir et al. 2021). V našem experimentu byly zjištěny malé plochy (2,4-nonadienal, 1-oktanol a heptanal i butan-2,3-diol). Zato byly zjištěny významné frekvence detekce, které byly 187 pro heptanal, 68 pro 1-oktanol, 152 pro 2,4-nonadienal a 17 pro butan-2,3-diol, což zhruba odpovídá výše uvedeným poměrům.



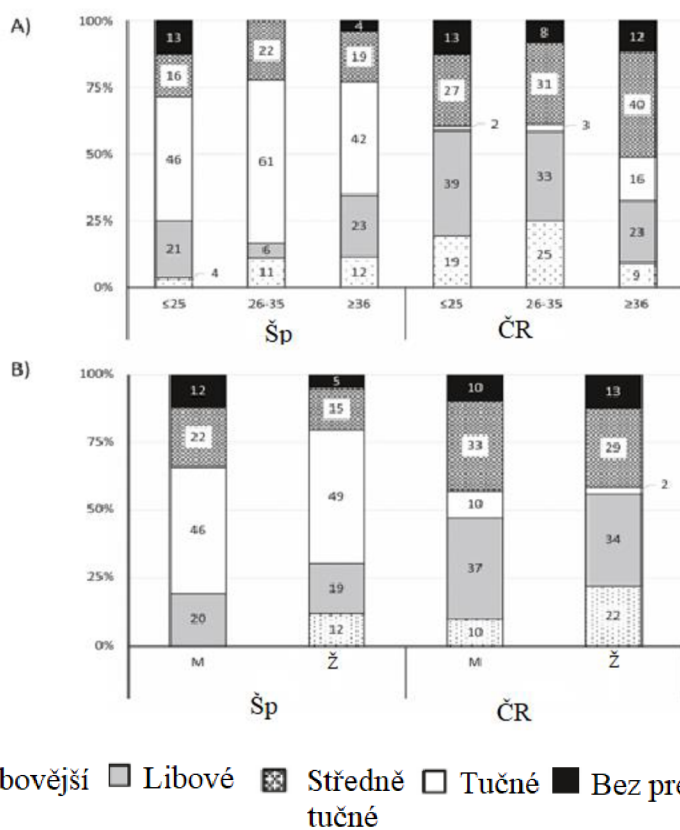
**Tabulka 12** Podrobnosti o nejdůležitějších těkavých sloučeninách ve vzorcích; určeno pomocí GC-MS-O a jejich relativní kvantifikace ve vztahu k ploše heptanalů/nonanalů vs. sloučeniny.

Název sloučeniny/retenční čas (min)	RI	RI Ref.	Frekvence detekce			Plocha			Popis vůně, <sup>abcde</sup> se shoduje s referencemi	
			Výživa			heptanalů/nonanalů vs. sloučeniny				
			Kontrola	Řepka	Lupina					
<b>methyl ester kyseliny máselné (IS)</b>	781	731	<sup>1</sup>				21,81	16,51	15,86	Po ketonu <sup>ab</sup>
(S) 2,3-butanediol	798	784	<sup>2</sup>	4	7	6	13,88	1,55	3,25	Ovocná/zeleninová/zatuchlá/chemická <sup>c</sup>
hexanal	803	789	<sup>3</sup>	38	35	35	45,06	44	125,1	Travnatá <sup>d</sup> , spálená <sup>e</sup>
heptanal	906	899	<sup>3</sup>	63	58	66	3,7	3,34	6,76	Po čaji/rybí/houbová/masná/travnatá/stájová/citronová/ovocná
dekan	1000	1000	<sup>4</sup>	32	33	33	1,09	1,05	2,41	Houbová/zatuchlá
oktanal	1010	1003	<sup>5</sup>	31	26	44	5,07	8,23	7,56	Citronová/ovocná/po smaženém jídle/květinová/travnatá/plastová/masná
1-oktanol	1074	1072	<sup>6</sup>	16	24	28	13,76	6,92	18,31	Zatuchlá/po lidském potu/kouřová/ovocná/květinová/čajová/hořká
nonanal	1112	1101	<sup>4</sup>	47	38	61	80,83	55,23	107,91	Zatuchlá/plastová/po mléčných výrobcích/po smaženém jídle/citronová
fenylethyl alkohol	1148	1127	<sup>7</sup>	16	5	6	3,52	3,77	6,47	Po smaženém jídle/máselná <sup>a</sup> /kouřová/květinová/plastová/spálená <sup>f</sup>
oktanová kyselina	1159	1170	<sup>8</sup>	3	9	9	1,75	1,94	0,78	Zeleninová/kořeněná/zatuchlá
pod detekčním limitem; 25,8				11	11	14	0	0	0	Melounová/plastová/hořká/po desinfekci
(E) 2-nonenal	1175	1158	<sup>9</sup>	46	47	55	1,56	1,91	1,17	Hořká
pod detekčním limitem; 26,7				11	11	14	0	0	0	Ovocná
dekanal	1215	1208	<sup>10</sup>	6	7	6	2,65	3,09	2,91	Citronová/ovocná
(E,E) 2,4-nonadienal	1236	1215	<sup>11</sup>	47	47	58	4,91	3,93	6,5	Pečená/masná/hořká/po smaženém jídle/po desinfekci
<b>1,3-dichloro-2-methoxybenzene (IS)</b>	1255	1208	<sup>10</sup>	6	7	6	43,61	33,02	31,71	Hořká/masná/po lidském potu/po smaženém jídle/oříšková
pod detekčním limitem; 27,9				7	5	7	0	0	0	Sladká/zatuchlá/oříšková
(E,E) 2,4-dekadienal	1317	1331	<sup>12</sup>	6	5	8	6,03	9,58	4,35	Masná/vanilková/hořká/houbová <sup>d</sup> /plastová <sup>g</sup>
undekanal	1319	1310	<sup>10</sup>	6	8	3	3,39	2,91	4,07	Travnatá/po lidském potu/masná
(E,E) 2,4-undekadienal	1343	1444	<sup>13</sup>	25	15	23	0	0	0	Zatuchlá/po smaženém jídle/masná
pod detekčním limitem; 29,4				4	10	8	0	0	0	Květinová/hořká/pečená/po desinfekci
pod detekčním limitem; 30,4				11	14	13	0	0	0	Zatuchlá/po desinfekci/sladká/rybí

Reference: 1- (Korhonen 1984), 2- (Xu et al. 2009), 3- (Mahajan et al. 2004), 4- (Meynier et al. 1999), 5- (Molo et al. 1996), 6- (Moio et al. 2000), 7- (Watanabe et al. 2008), 8- (Berdagué et al. 1991), 9- (Moio & Addeo 1998), 10- (Fadel et al. 2006), 11- (Garcia-Esteban et al. 2004), 12- (Elmore et al. 1997), 13- (Bylaite & Meyer 2006); <sup>a</sup>- (Leod & Ames 1986), <sup>b</sup>- (Cai et al. 2006), <sup>c</sup>- (Machiels et al. 2003), <sup>d</sup>- (Kerschler & Grosch 1997), <sup>e</sup>- (Calkins & Hodgen 2007), <sup>f</sup>- (Machiels et al. 2004), <sup>g</sup>- (Rochat & Chaintreau 2005).

### 4.3 Konzumentský test

Většinu spotřebitelů tvořily ženy, kterým bylo méně než 25 let a/nebo uvedli, že maso jedí dvakrát až čtyřikrát týdně. V případě konzumace hovězího masa bylo nejčastěji zaznamenáno, že se jedná o konzumaci méně než jednou týdně. Účastníci průzkumu z obou zemí si byli celkově podobní z hlediska pohlaví, věku a frekvence konzumace masa. Mezi účastníky průzkumu však byly zjištěny rozdíly v preferencích masa s různou úrovní viditelného obsahu IMF (mramorování), přičemž čeští spotřebitelé dávali přednost libovému masu více než španělští. V obrázku 3 jsou graficky znázorněny preference mramorování rozdělené podle pohlaví, země a věku.)



**Obrázek 3** Uvedená preference různého mramorování spotřebitelů rozdělená podle pohlaví, země a věku.

Bez ohledu na věk a pohlaví je zřejmé, že většina španělských spotřebitelů dává přednost mramorovanému masu, zatímco čeští respondenti nejčastěji preferují libové hovězí maso. Preference masa bez viditelného tuku (tj. co nejlibovějšího) byla v obou zemích výraznější u žen než u mužů. Zároveň byla preference masa s nízkým obsahem viditelného tuku patrná u českých spotřebitelů mladších 35 let, ale u španělských účastníků nebyl pozorován podobný trend v závislosti na věku.

Tabulka č. 13 ukazuje konzumentské hodnocení vzorků v závislosti na preferenci obsahu

tuku. Zatímco preference mramorování neměla vliv na schopnost spotřebitele rozlišit mezi vzorky masa z hlediska křehkosti, je zřejmé, že schopnost rozlišovat se lišila u ostatních zkoumaných deskriptorů. V případě přijatelnosti vůně byly zjištěny významné rozdíly mezi vzorky pouze u těch hodnotitelů, kteří preferovali mramorované maso, nebo u těch, kteří v tomto ohledu neuvedli žádnou preferenci. V případě hodnocení přijatelnosti chuti a celkové přijatelnosti je zřejmé, že pouze spotřebitelé preferující mramorované nebo vysoce mramorované maso byli schopni rozlišit mezi vzorky s různým obsahem IMF.

Výsledky sensorického hodnocení jsou uvedeny v tabulce č. 14. Při posuzování souboru dat jako celku byly zjištěny významné rozdíly u všech ostatních hodnocených charakteristik s výjimkou přijatelnosti vůně. Obecně byl zaznamenán pozitivní vztah s obsahem IMF a všech hodnocených sensorických vlastností. Obsah IMF měl největší vliv na křehkost, kde se všechny tři skupiny od sebe významně lišily, přičemž nejpříznivěji bylo hodnoceno hovězí maso s nejvyšším obsahem tuku. Španělští spotřebitelé zaznamenali významné rozdíly u všech sledovaných deskriptorů, čeští spotřebitelé však zaznamenali rozdíly pouze v křehkosti a celkové přijatelnosti vzorků hovězího masa s různým obsahem IMF. Mezi muži a ženami byly zjištěny významné rozdíly v sensorickém hodnocení; zatímco ženy zaznamenaly rozdíly mezi vzorky u všech sledovaných charakteristik, muži zaznamenali rozdíly pouze v křehkosti masa. Spotřebitelé mladší 25 let navíc zaznamenali rozdíly mezi vzorky pouze u křehkosti. Starší spotřebitelé (36 let a více) však měli tendenci rozlišovat mezi vzorky na základě přijatelnosti vůně, zatímco ostatní věkové skupiny nikoli.

**Tabulka 13** Konzumentské hodnocení vzorků s různým obsahem tuku v závislosti na uvedené preferenci obsahu tuku v mase.

Senzorický deskriptor	Preference obsahu tuku	Typ masa			Významnost	
		Libové	Středně tučné	Tučné	SEM	P-hodnota
<b>Přijatelnost vůně</b>	Co nejlibovější	55,7	54,1	56,8	4,14	0,884
	Poměrně libové	51,1	54,2	57,3	2,84	0,276
	Středně tučné	53,5 <sup>b</sup>	61,4 <sup>a</sup>	62,3 <sup>a</sup>	2,57	0,017
	Velmi tučné	55,2	55,4	57,6	2,8	0,79
	Bez preference	41,5 <sup>b</sup>	59,5 <sup>a</sup>	46,3 <sup>b</sup>	4,56	0,013
<b>Křehkost</b>	Co nejlibovější	37,8 <sup>c</sup>	52,6 <sup>b</sup>	59,6 <sup>a</sup>	3,81	<0,001
	Poměrně libové	43,4 <sup>c</sup>	53,4 <sup>b</sup>	63,0 <sup>a</sup>	2,78	<0,001
	Středně tučné	42,1 <sup>c</sup>	47,1 <sup>b</sup>	64,8 <sup>a</sup>	3,02	<0,001
	Velmi tučné	44,6 <sup>c</sup>	50,7 <sup>b</sup>	69,8 <sup>a</sup>	2,59	<0,001
	Bez preference	38,4 <sup>c</sup>	47,1 <sup>b</sup>	61,5 <sup>a</sup>	4,34	0,002
<b>Přijatelnost chuti</b>	Co nejlibovější	52,3	55,1	53,4	3,94	0,87
	Poměrně libové	55,3	57,6	61,6	2,69	0,205
	Středně tučné	52,7 <sup>b</sup>	59,8 <sup>ab</sup>	63,9 <sup>a</sup>	2,57	0,007
	Velmi tučné	56,1 <sup>b</sup>	58,5 <sup>ab</sup>	66,2 <sup>a</sup>	2,81	0,022
	Bez preference	46,5	48,3	47,4	4,74	0,966
<b>Celková přijatelnost</b>	Co nejlibovější	50,2	56,7	56,9	3,87	0,364
	Poměrně libové	53,8	56,4	61,5	2,62	0,103
	Středně tučné	48,9 <sup>b</sup>	56,3 <sup>b</sup>	66,3 <sup>a</sup>	2,58	<0,001
	Velmi tučné	51,9 <sup>b</sup>	57,9 <sup>b</sup>	67,8 <sup>a</sup>	2,69	<0,001
	Bez preference	44,8	51,6	50,7	4,54	0,512

<sup>abc</sup> Hodnoty s různými horními indexy ve stejném řádku se významně liší (P < 0,05).

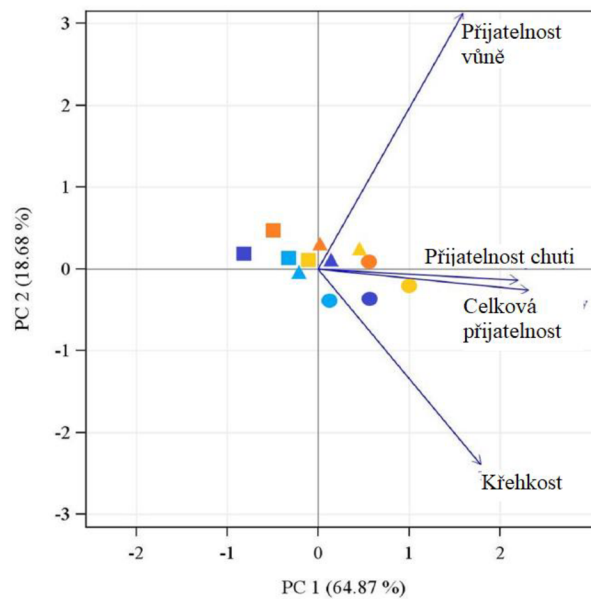
Vůně, chuť a celková přijatelnost: 0 = nepřijatelné, 100 = nejpřijatelnější; křehkost: 0 = velmi tvrdé, 100 = velmi křehké.

**Tabulka 14** Konzumentská přijatelnost hovězího masa s různým obsahem tuku.

Senzorický deskriptor			Typ masa			Významnost	
			Libové	Středně tučné	Tučné	SEM	P-hodnota
Přijatelnost vůně	Národnost	Celkem	52,1	56,2	55,9	1,4	0,063
		Češi	50,2	53,9	52	1,84	0,382
		Španělé	55,9 <sup>b</sup>	61,0 <sup>a</sup>	63,8 <sup>a</sup>	1,92	0,003
	Pohlaví	Ženy	51,4 <sup>b</sup>	57,9 <sup>ab</sup>	58,1 <sup>a</sup>	1,94	0,023
		Muži	52,7	55	54,2	1,97	0,673
	Věk	≤25	54,3	55,1	55,8	1,88	0,848
		26–35	48,4	58,6	55,6	3,31	0,062
		≥36	49,5	57,3	56,4	2,69	0,077
	Křehkost	Národnost	Celkem	41,7 <sup>c</sup>	50,3 <sup>b</sup>	64,5 <sup>a</sup>	1,39
Češi			41,3 <sup>c</sup>	50,2 <sup>b</sup>	64,3 <sup>a</sup>	1,75	<0,001
Španělé			42,5 <sup>c</sup>	50,5 <sup>b</sup>	65,0 <sup>a</sup>	2,24	<0,001
Pohlaví		Ženy	36,6 <sup>c</sup>	49,7 <sup>b</sup>	63,5 <sup>a</sup>	1,98	<0,001
		Muži	45,6 <sup>b</sup>	50,8 <sup>b</sup>	65,3 <sup>a</sup>	1,9	<0,001
Věk		≤25	43,7 <sup>c</sup>	50,4 <sup>b</sup>	63,9 <sup>a</sup>	1,86	<0,001
		26–35	39,2 <sup>c</sup>	49,2 <sup>b</sup>	67,4 <sup>a</sup>	3,04	<0,001
		≥36	38,6 <sup>c</sup>	50,8 <sup>b</sup>	63,7 <sup>a</sup>	2,78	<0,001
Přijatelnost chuti		Národnost	Celkem	53,1 <sup>b</sup>	56,4 <sup>ab</sup>	58,9 <sup>a</sup>	1,41
	Češi		52,8	55,7	57,8	1,78	0,151
	Španělé		55,4 <sup>b</sup>	59,3 <sup>ab</sup>	62,8 <sup>a</sup>	2,11	0,016
	Pohlaví	Ženy	50,9 <sup>b</sup>	57,4 <sup>a</sup>	61,4 <sup>a</sup>	1,93	<0,001
		Muži	54,8	55,5	57	1,99	0,783
	Věk	≤25	56,3	54,5	56,7	1,86	0,645
		26–35	47,4 <sup>b</sup>	57,5 <sup>ab</sup>	62,3 <sup>a</sup>	3,24	0,004
		≥36	49,5 <sup>b</sup>	60,3 <sup>a</sup>	61,8 <sup>a</sup>	2,79	0,003
	Celková přijatelnost	Národnost	Celkem	50,4 <sup>c</sup>	55,8 <sup>b</sup>	61,0 <sup>a</sup>	1,37
Češi			50,2 <sup>b</sup>	54,6 <sup>ab</sup>	59,2 <sup>a</sup>	1,81	0,002
Španělé			50,8 <sup>c</sup>	58,2 <sup>b</sup>	64,7 <sup>a</sup>	1,95	<0,001
Pohlaví		Ženy	46,5 <sup>b</sup>	56,9 <sup>a</sup>	63,1 <sup>a</sup>	1,86	<0,001
		Muži	53,4	54,9	59,4	1,94	0,056
Věk		≤25	54,2	53,7	58,5	1,82	0,103
		26–35	45,8 <sup>b</sup>	57,4 <sup>a</sup>	65,4 <sup>a</sup>	3,08	<0,001
		≥36	44,3 <sup>b</sup>	59,7 <sup>a</sup>	64,1 <sup>a</sup>	2,73	<0,001

<sup>abc</sup> Hodnoty s různými horními indexy ve stejném řádku se významně liší (P < 0,05).

Vůně, chuť a celková přijatelnost: 0 = nepřijatelné, 100 = nejpřijatelnější; křehkost: 0 = velmi tvrdé, 100 = velmi křehké.



**Obrázek 4** Analýza hlavních komponent (PCA) ukazující souvislosti mezi sensorickým hodnocením vzorků s různým obsahem IMF pro různé sociodemografické skupiny. Obsah tuku: nízký (čtverec), střední (trojúhelník), vysoký (kolečko); české ženy - světle modrá; čeští muži - tmavě modrá; španělské ženy - žlutá; španělští muži - oranžová.

Dvojměrný PCA graf na obrázku č. 4 uvádí vztahy mezi hodnocením masa s různým obsahem tuku a různými sociodemografickými skupinami konzumentů. Kombinace první komponenty (PC1) a druhé (PC2) komponenty vysvětluje více než 83% celkové variability. PC1 vysvětluje 65% variability a úzce souvisí zejména s hodnocením přijatelnosti chuti a celkové přijatelnosti. Vzorky s nízkým (vlevo) a vysokým (vpravo) obsahem tuku jsou separovány podle vertikální osy. PC2 vysvětluje dalších 19% variability a poukazuje na odlišné vnímání přijatelnosti vůně a křehkosti mezi českými a španělskými konzumenty. Lze říct, že průměrné hodnoty českých žen a mužů jsou více asociovány s hodnocením křehkosti vzorků, zatímco posuzování španělských konzumentů bylo výrazněji asociováno s hodnocením přijatelnosti vůně. Z obrázku je rovněž možné pozorovat negativní vztah mezi hodnocením křehkosti a přijatelnosti vůně i to, že celková přijatelnost vzorků byla nejvýrazněji ovlivněna hodnocením přijatelnosti chuti. Tento vztah byl těsnější u španělských než u českých spotřebitelů při hodnocení vysoce mramorovaného masa, neboť ti se více zaměřovali na křehkost vzorků.

Zatímco v nedávné minulosti byla provedena řada experimentů o postojích a preferencích španělských spotřebitelů ve vztahu ke spotřebě hovězího masa (Oliver et al. 2006; Beriain et al. 2009; San-Julián et al. 2012; Cardona et al. 2020; Boito et al. 2021; Magalhaes et al. 2022) pro české

konzumenty žádné podobné studie nejsou k dispozici. Česká republika je jednou z nových členských zemí EU (od roku 2004), které za posledních třicet let prodělaly významné socioekonomické změny, které se projeví mimo jiné v dostupnosti mnoha potravin a ve změnách spotřebitelských postojů a zvyků. Před třiceti lety byl hovězí průmysl saturován výhradně z dojných plemen skotu, dnes je podíl specializovaných masných plemen cca 40 % skotu (Kvapilík et al. 2021). To znamená výrazně vyšší objem masa různých kvalitativních kategorií na trhu (včetně různého stupně mramorování). Naproti tomu Španělsko lze považovat (jako starý členský stát EU) za zemi s ustálenými konzumentskými zvyklostmi.

S výjimkou křehkosti bylo zřejmé, že španělští spotřebitelé vykazovali výraznější rozdíly v hodnocení steaků s nízkým, středním a vysokým obsahem tuku než čeští spotřebitelé. Dvě třetiny španělské populace skotu tvoří masná plemena, která produkují maso s obsahem s velmi variabilním obsahem IMF (Campo et al. 1999), zatímco nejtučnější hovězí maso produkované a konzumované v České republice pochází převážně z plemene české strakaté, které má v porovnání se španělskými plemeny relativně nízký IMF (Bureš & Bartoň, 2018).

Obsah tuku je velmi důležitým atributem pro konzumenty, kteří se zaměřují na konzumaci zdravé vyvážené stravy (Banović et al. 2016). V nedávné španělské studii respondenti uvedli, že strava je velmi důležitá pro zdraví (7.9 z 9bodové stupnice) a považovali příjem tuku za zdraví škodlivý (7.8) a snažili se konzumovat nízkotučné potraviny (5.8). Nejvyšší skóre pro tyto spotřebitelské názory bylo zaznamenáno pro klastr 2, který uvedl: strava je důležitá pro mé zdraví (8,9), tuk by mohl zvýšit riziko některých nemocí (8,9) a snažím se konzumovat nízkotučné potraviny (8). Tento klastr tvořily zejména vysokoškolsky vzdělané ženy (70,6 %) ve věku 18-29 let (41,2 %) (Cardona et al. 2020). V jiné studii spotřebitelé deklarovali, že snížení příjmu tuků pomáhá předcházet některým nemocem (Shafie & Rennie 2012). Také z důvodu většího zájmu o zdravý životní styl se spotřebitelé stále více zajímají o nízkotučné a zdravější maso (Guadalupe et al. 2019; Morales et al. 2013). Boito et al. (2021) zkoumali vnímání kvality hovězího masa španělskými a brazilskými spotřebiteli a zjistili, že španělští spotřebitelé projeví zájem o složení a obsah tuku v zakoupeném mase. Španělské spotřebitele, ve srovnání s Brazilci, zajímají více informace o obsahu nasycených tuků než informace o celkovém obsahu tuku v potravinách. Živočišný tuk také považují za horší než rostlinný. Co se týče červeného masa, preferují nízkotučné a křehké maso (Sánchez et al. 2001). Libové maso preferují ženy, které také konzumují méně červeného masa, než muži (Saba et al. 2019). Ženy věnují více pozornosti a častěji a rychleji si vybírají výrobky z červeného masa s nižším obsahem tuku (Banović et al. 2016).

Španělští spotřebitelé také upřednostňují lokální produkci. Oliver et al. (2006) zjistili, že uruguayské hovězí maso pastevně chovaného plemene hereford bylo velmi přijatelné v Německu a v menší míře ve Velké Británii a Španělsku (Oliver et al. 2006). Němečtí spotřebitelé se vyznačovali jako preferující importované maso v křehkosti a celkové přijatelnosti a španělští (88 %) a britští (76,5 %) konzumenti preferovali lokální maso pro jeho celkovou přijatelnost a chuť.

Na druhé straně Cardona et al. (2020) sledovali vnímání množství tuku v mletém masu u španělských spotřebitelů a zjistili, že většina spotřebitelů má jen malé znalosti o skutečném obsahu tuku v mletém masu. Většina konzumentů se domnívala, že mleté maso má vyšší obsah tuku, než je tomu ve skutečnosti. Stejně jako u českých konzumentů v našem experimentu, někteří španělští konzumenti uvedli, že preferují libové maso, ale v konzumentském testu lépe hodnotili tučné maso. Spotřebitelé často zobecňují a nesprávně hodnotí smyslové znaky kvůli příznivému hodnocení jiných znaků. Spotřebitelé s větší pravděpodobností hodnotí chuť jako žádoucí, pokud je křehkost dostatečně žádoucí (Corbin et al. 2015).



## 5 Závěr

### Experiment-vliv pohlaví a svalových partií na kvalitu masa

Cílem tohoto experimentu bylo přispět k porozumění, jak mohou histochemické, fyzikální či chemické parametry kvality masa přispívat a ovlivňovat organoleptické vlastnosti masa různých svalů býků a jalovic českého strakatého skotu. Přestože jalovice nedosahují stejné intenzity růstu ve výkrmu ve srovnání s býky, jejich maso dosahuje příznivější sensorické charakteristiky. To souvisí s rozdíly v utváření svalů, neboť jalovice vykazují vyšší podíl glykolytických vláken typu IIB, stejně jako vyšší podíl intramuskulárního tuku a nižší množství celkového kolagenu. To je příčinou jejich jednoznačně příznivějších texturních vlastností. Výrazné rozdíly v některých sensorických charakteristikách různých svalů jsou ovlivněny zejména značnými diferencemi v obsahu intramuskulárního tuku. Příkladem toho je především sval rectus abdominis jalovic a jeho nejvýhodněji posuzovaná šťavnatost. Naopak u stejného svalu býků jsou texturní charakteristiky negativně ovlivněny zejména vyšším obsahem celkového kolagenu a nižším množstvím intramuskulárního tuku. Z výsledků je zřejmé, že jak pohlaví zvířat, tak i svalová partie by měly být brány v úvahu při uvádění masa českého strakatého skotu, zejména v případě snahy prodávat rectus abdominis jako steakové maso. Experiment rovněž poukazuje na skutečnost, že pro hodnocení kvality jatečného těla není dostatečné měřit parametry jednoho referenčního svalu, jak bylo v minulosti obvykle považováno za dostatečné.

## Experiment-vliv různého dusíkatého zdroje v krmné dávce na kvalitu masa

Experiment sledující vliv zkrmování různé proteinové složky krmné dávky na parametry kvality masa vykrmovaných býků českého strakatého skotu neodhalil vliv na chemické složení masa. V případě fyzikálních charakteristik byly rozdíly s výjimkou instrumentálně hodnocené křehkosti rovněž minimální. Zejména zjištěné rozdíly mezi kontrolní skupinou a býky krmenými řepkovým extrahovaným šrotem byly naprosto minimální. Zařazení semene lupiny bílé do krmné dávky se projevilo ve snížení typické vůně hovězího masa a zvýšila se intenzita některých chuťových vlastností, které nejsou příliš pozitivně vnímány konzumenty. Na druhou stranu maso býků krmených lupinou vykazovalo ve srovnání s ostatními skupinami příznivější texturní charakteristiky, především křehkost a žvýkatelnost. Nižší tuhost masa byla stanovena i v případě měření pomocí Warner-Bratzlerova nože. Vzhledem ke skutečnosti, že křehkost hovězího masa má zcela zásadní význam pro jeho hodnocení konzumenty, bylo by vhodné zaměřit další výzkum na objasnění mechanismu způsobujícího rozdíly v textuře v případě zkrmování lupiny bílé v krmné dávce vykrmovaného skotu. Zdroj bílkovin ovlivnil profil vonných látek grilovaného masa. Bylo detekováno 22 nejvýznamnějších látek, z nichž nejvyšší frekvence detekce byla u hexanalů, nonanalů, (E,E) 2-nonenalů, (E,E) 2,4-nonadienalů, heptanalů a methylesteru kyseliny máselné. Nejčastější vůně byly typická vůně masa (masová, pečená, kořeněná, kouřová, smažená), ovocné vůně, ale i vůně stájové. Nejčetnější frekvence detekce byly zaznamenány u jedinců krmených lupinou, která měla nejintenzivnější vůni petroleje. Tyto výsledky jsou zřejmě první, které přinášejí ucelený pohled na organoleptické vlastnosti a zejména aromatický profil masa býků českého strakatého skotu. Příspěvek různých složek krmné dávky použitých ve výkrmu býků tohoto plemene zasluhuje další výzkum. Pozornost by měla v tomto ohledu být věnována i konzumentské přijatelnosti hovězího masa pocházejícího z různých produkčních systémů.

### Konzumentský test

Poslední experiment přináší zřejmě vůbec první komplexní informace o přijatelnosti hovězího masa u tuzemských konzumentů a významu množství tuku v masě. Srovnání s konzumenty z další členské země EU umožňuje porovnávat postoje a preference ve vztahu k vývoji spotřeby masa v různých regionech Evropy. Byl zjištěn rozdíl v preferenci pro hovězí maso s výrazným mramorováním, která byla vyšší u španělských spotřebitelů než u českých spotřebitelů a také výraznější u mužů než u žen. Zřetelná je rovněž tendence mladších českých spotřebitelů dávat přednost masu s minimálním obsahem viditelného tuku. Španělští konzumenti hodnotili vysoce vzorky s vysokým obsahem tuku a dokázali je odlišit od vzorků s nízkým obsahem tuku ve všech případech, což v případě českých spotřebitelů neplatilo. Čeští spotřebitelé nedokázali vnímat rozdíly v přijatelnosti vůně a chuti hovězího masa s různým obsahem tuku. Jak čeští muži, tak mladí čeští spotřebitelé rovněž nedokázali rozlišit vzorky s různým obsahem tuku z hlediska vůně, chuti a chuťové přijatelnosti. Spotřebitelé deklarující upřednostňování libového masa s výjimkou křehkosti nedokázali najít významné rozdíly mezi předloženými vzorky. Naproti tomu schopnost spotřebitelů posoudit křehkost masa nebyla v této studii ovlivněna žádným z faktorů zkoumaných sociodemografických charakteristik. Rozdíly v preferencích spotřebitelů mezi mladšími a staršími spotřebiteli poukazují na potřebu informovanosti spotřebitelů a osvěty mezi těmi skupinami, které vyhledávají co nejchutnější hovězí maso, neboť je zřejmé, že spotřebitelé, kteří se orientují na nákup co nejlibovějšího masa, kupují produkt, který neodpovídá jejich kulinářským potřebám. Očekávání pravděpodobně vede k nespokojenosti a snížení počtu opakovaných nákupů. Proto by bylo žádoucí zvážit přizpůsobení očekávání spotřebitelů při uvádění čerstvého nezpracovaného hovězího masa s různým obsahem tuku na trh.

## 6 Seznam literatury

- 1) Acebrón B L, Dopico DC. 2000. The importance of intrinsic and extrinsic cues to expected and experienced quality : an empirical application for beef. *Food Quality and Preference* **11**:229–238.
- 2) Amerine, MA, Pangborn, RM, Roessler E. 1965. *Principles of Sensory Evaluation of Food*. Academic Press, New York.
- 3) Andřýsek J, Večera M, Javorová J, Velecká M, Falta D, Chládek G. 2015. The effect of growth rate on some beef performance characteristics of czech fleckvieh heifers. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **63**:1095–1100.
- 4) Araba M, Dale NM. 1989. Evaluation of Protein Solubility as an Indicator of Underprocessing of Soybean Meal. *Poultry Science* **69**:1749–1752. Poultry Science Association Inc. Available from <http://dx.doi.org/10.3382/ps.0691749>.
- 5) Argyri AA, Mallouchos A, Panagou EZ, Nychas GJE. 2015. The dynamics of the HS/SPME-GC/MS as a tool to assess the spoilage of minced beef stored under different packaging and temperature conditions. *International Journal of Food Microbiology* **193**:51–58. Elsevier B.V. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.09.020>.
- 6) Archile-Contreras AC, Mandell IB, Purslow PP. 2010. Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles. *Meat Science* **86**:491–497. The American Meat Science Association. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.041>.
- 7) Arshad MS, Sohaib M, Ahmad RS, Nadeem MT, IRAn A, Arshad MU, Kwon J, Amjad Z. 2018. Ruminant meat flavor influenced by different factors with special reference to fatty acids. *Lipids in Health and Disease* **17**:1–13. *Lipids in Health and Disease*.
- 8) Arthaud VH, Mandigo RW, Koch RM, Kotula AW. 1977. carcass composition , quality and palatability attributes of bulls and steers fed different energy levels and killed at four ages 1 ' 2 **44**.
- 9) Ashmore, C. R., Tompkins, G., Doerr L. 1972. Postnatal Development of Muscle Fiber Types in Domestic Animals. *Journal of Animal Science* **34**:37–41.

- 10) Aurousseau B, Bauchart D, Calichon E, Micol D, Priolo A. 2004. Effect of grass or concentrate feeding systems and rate of growth on triglyceride and phospholipid and their fatty acids in the M . longissimus thoracis of lambs. *Meat Science* **66**:531–541.
- 11) Axelsen A, Nadin JB, Crouch M, Edwards CBH. 1979. Feeding whole or cracked wheat or lupins to beef cattle , and a comparison between whole wheat and oats. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **18**:539–546.
- 12) Bajpai VK, Al-Reza SM, Choi UK, Lee JH, Kang SC. 2009. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of leaf essential oil and extracts of *Metasequoia glyptostroboides* Miki ex Hu. *Food and Chemical Toxicology* **47**:1876–1883. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2009.04.043>.
- 13) Banović M, Chrysochou P, Grunert KG, Rosa PJ, Gamito P. 2016. The effect of fat content on visual attention and choice of red meat and differences across gender. *Food Quality and Preference* **52**:42–51. Elsevier Ltd.
- 14) Barnard BYEA, Lyles JM, Pizzey JA. 1982. Fibre types in chicken skeletal muscles and their changes in muscular dystrophy. *Journal of Physiology* **331**:333–354.
- 15) Barneveld RJ Van. 2000. Understanding the nutritional chemistry of lupin ( *Lupinus* spp .) seed to improve livestock production ef ® ciency. *Nutrition Research Reviews* **12**:203–230. Ceska Zemedelska Univerzita.
- 16) Begnaud F, Pérés C, Berdagué JL. 2003. Characterization of volatile effluents of livestock buildings by solid-phase microextraction. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* **83**:837–849.
- 17) Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle P. 2009. *Food Chemistry* 4th revise. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- 18) Beltrán JA, Jaime I, Santolaria P, Sañudo C, Roncalés P, Albertí P. 1997. Effect of Stress-induced High Post-mortem pH on Protease Activity and Tenderness of Beef. *Meat Science* **45**:201–207.
- 19) Berdagué JL, Denoyer C, Le Quéré JL, Semon E. 1991. Volatile Components of Dry-Cured Ham. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **39**:1257–1261.

- 20) Bergman, I., Loxley R. 1963. Two Improved and Simplified Methods for the Spectrophotometric Determination of Hydroxyproline. *Analytical Chemistry* **35**:1961–1965.
- 21) Beriain MJ, Sánchez M, Carr TR. 2009. A comparison of consumer sensory acceptance, purchase intention, and willingness to pay for high quality United States and Spanish beef under different information scenarios. *Journal of Animal Science* **87**:3392–3402.
- 22) Bidner, T.D., Montgomery, R.E., Bagley, C.P., McMillin KW. 1985. Influence of electrical stimulation, blade tenderization and post mortem vacuum aging upon the acceptability. *Journal of Animal Science* **61**:584–589.
- 23) Blank I. 2002. Gas Chromatography–Olfactometry in Food Aroma Analysis. Pages 267–302 in R. Marsili, editor. *Flavor, Fragrance, and Odor Analysis*. Nestlé Research Center, Lousanne.
- 24) Boito B, Lisbinski E, Campo MDM, Guerrero A, Resconi V, de Oliveira TE, Barcellos JOJ. 2021. Perception of beef quality for Spanish and Brazilian consumers. *Meat Science* **172**:108312. Elsevier. Available from <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108312>.
- 25) Bolton JC. 1987. Sensory and chemical evaluation of flavor in ground beef from grass and grain fed steers. University of Tennessee.
- 26) Bouška J., Doležal O., Jílek F., Kudrna V., Kvapilík J., Příbyl J. RR, Sedmíková M., Skřivanová V., šlosárková S., Tyrolová Y., Vacek M. ŽJ. 2006. Chov dojeného skotu. Page Chov dojeného skotu. Profi Press, s.r.o, Praha.
- 27) Brandstetter AM, Picard B, Geay Y. 1998. Muscle fibre characteristics in four muscles of growing bulls I . Postnatal differentiation. *Livestock Production Science* **53**:15–23.
- 28) Brattoli M, Cisternino E, Rosario Dambruoso P, de Gennaro G, Giungato P, Mazzone A, Palmisani J, Tutino M. 2013, December 5. Gas chromatography analysis with olfactometric detection (GC-O) as a useful methodology for chemical characterization of odorous compounds. MDPI AG.
- 29) Brooke MH, Kaiser KK. 1970. Muscle Fiber Types: How Many and What Kind? *Archives of Neurology* **23**:369–379.

- 30) Bucek P, Kučera J, Syrůček J. 2020. Ročenka 2019 Chov skotu v České Republice. Page vůžv. Available from <https://www.cmsch.cz/plemenarska-prace/ku-kontrola-uzitkovosti/chovatelske-rocenky/rocenky-chovu-skotu/> (accessed July 15, 2020).
- 31) Bureš D, Bartoň L, Kotrba R, Hakl J. 2015. Quality attributes and composition of meat from red deer (*Cervus elaphus*), fallow deer (*Dama dama*) and Aberdeen Angus and Holstein cattle (*Bos taurus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* **95**:2299–2306.
- 32) Bureš D, Bartoň L, Panovská Z. 2018. Hovězí maso : spotřeba , preference a postoje konzumentů v roce 2017. *Zpravodaj ČSCHMS* **25**:40–42.
- 33) Bureš D, Bartoň L. 2012<sup>a</sup>. Growth performance , carcass traits and meat quality of bulls and heifers slaughtered at different ages. *Czech Journal of Animal Science* **57**:34–43.
- 34) Bureš D, Bartoň L. 2012<sup>b</sup>. Muscle sampling and analyses. *Czech Journal of Animal Science* **57**:34–43. Available from <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/56448.pdf>.
- 35) Bureš D, Bartoň L. 2018. Performance, carcass traits and meat quality of Aberdeen Angus, Gascon, Holstein and Fleckvieh finishing bulls. *Livestock Science* **214**:231–237.
- 36) Bylaite E, Meyer AS. 2006. Characterisation of volatile aroma compounds of orange juices by three dynamic and static headspace gas chromatography techniques. *European Food Research and Technology* **222**:176–184.
- 37) Cai L, Koziel JA, Davis J, Lo YC, Xin H. 2006. Characterization of volatile organic compounds and odors by in-vivo sampling of beef cattle rumen gas, by solid-phase microextraction, and gas chromatography-mass spectrometry-olfactometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **386**:1791–1802.
- 38) Calkins CR, Hodgen JM. 2007. A fresh look at meat flavor. *Meat Science* **77**:63–80.
- 39) Campion, D.R., Crouse JD. 1975. Predictive value of USDA beef quality grade for cooked meat palatability factors. *Journal of Food Science* **40**:1225–1228.
- 40) Campo M, Brito G, Lima JMS De, Martins DV, Sañudo C, Julián RS, Hernández P, Montossi F. 2008. Effects of feeding strategies including different proportion of pasture and concentrate, on carcass and meat quality traits in Uruguayan steers. *Meat Science* **80**:753–760.

- 41) Campo MM, Sañudo C, Panea B, Alberti P, Santolaria P. 1999. Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Science* **51**:383–390.
- 42) Cardona M, Gorriz A, Barat JM, Fernández-segovia I. 2020. Perception of fat and other quality parameters in minced and burger meat from Spanish consumer studies. *Meat Science* **166**:108–138. Elsevier. Available from <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108138>.
- 43) Carmack CF, Dikeman CLKME, R J, Zepeda CMG. 1995. Sensory Evaluation of Beef-Flavor-Intensity , Tenderness , and Juiciness among Major Muscles. *Meat Science* **39**:143–147.
- 44) CESTR. 2008. Plemeno - Svaz chovatelů českého strakatého skotu. Available from <https://www.cestr.cz/plemeno.html> (accessed July 15, 2020).
- 45) Civille G V, Szeszaniak AS. 1973. Training a texture profile panel. *Journal of Texture Studie* **4**:204–223.
- 46) Corazzin M, Piasentier E, Saccà E, Bazzoli I, Bovolenta S. 2017. Organic meat quality of dual purpose young bulls supplemented with pea (*Pisum sativum* L.) or soybean. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Available from <http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.8540>.
- 47) Corbin CH, Quinn TGO, Garmyn AJ, Legako JF, Hunt MR, Dinh TTN, Rathmann RJ, Brooks JC, Miller MF. 2015. Sensory evaluation of tender beef strip loin steaks of varying marbling levels and quality treatments. *Meat Science* **100**:24–31. Elsevier B.V. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.09.009>.
- 48) Corte R. R., Brito F. O., Leme P. R., Pereira A. S. C., Freitas J. E., Rennó F. P., Silva S. L., Tedeschi L. O. NFIJCM. 2018. The effects of partial substitution of soybean with urea or slow-release urea on finishing performance , meat quality , and digestion parameters of Nellore steers. *Animal Production Science* **58**:2242–2248.
- 49) Cross HR, Carpenter ZL, Smith GC. 1973. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness introduction considerable. *Journal of Food Science* **38**:998–1003.
- 50) ČSN ISO 11036. 1997. Senzorická analýza-Metodologie-Profil/Textury,. Český normalizační institut, Praha.



- 51) ČSÚ. 2019a. Spotřeba potravin - 2017. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2017> (accessed July 15, 2020).
- 52) ČSÚ. 2019b. Odhady sklizně zemědělských plodin. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/cr/odhady-sklizni-zari-2019> (accessed July 15, 2020).
- 53) ČSÚ. 2020. Osevní plochy zemědělských plodin k 31.5. Available from [https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&z=T&f=TABULKA&skupId=346&katalog=30840&pvo=ZEM02A&pvo=ZEM02A&evo=v551 ! ZEM02A-2022\\_1](https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&z=T&f=TABULKA&skupId=346&katalog=30840&pvo=ZEM02A&pvo=ZEM02A&evo=v551 ! ZEM02A-2022_1) (accessed July 15, 2020).
- 54) ČSÚ. 2021. Spotřeba potravin 2020. Available from <https://www.czso.cz/documents/10180/143060175/27013921g2.pdf/63aa466c-0e6d-4fef-86ce-a7fa4a1adcfe?version=1.1>.
- 55) d'Acampora Zellner B, Dugo P, Dugo G, Mondello L. 2008. Gas chromatography-olfactometry in food flavour analysis. *Journal of Chromatography A* **1186**:123–143.
- 56) de Moraes GJ, Ítavo LC V., Ítavo CCBF, Dias AM, Niwa MVG, Leal ES, Kozerski ND, da Costa MCM, da Mata DG, Inada AC. 2019. Extruded urea could reduce true protein source in beef cattle diets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **103**:1283–1294. Blackwell Publishing Ltd.
- 57) Dei HK. 2010. Soybean as a Feed Ingredient for Livestock and Poultry. Pages 215–226 in D. Krezhova, editor. *Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products*. IntechOpen.
- 58) Delahunty CM, Eyres G, Dufour J. 2006. Review Gas chromatography-olfactometry. *Journal of Separation Science* **29**:2107–2125.
- 59) Domingo JL, Bordonaba JG. 2011. A literature review on the safety assessment of genetically modified plants. *Environment International* **37**:734–742. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2011.01.003>.
- 60) Domínguez R, Pateiro M, Gagaoua M, Barba FJ, Zhang W, Lorenzo JM. 2019, October 1. A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. MDPI.
- 61) Dool H Van Den, Kratz PD. 1963. A Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography*:463–471.

- 62) Drumm TD, Spanier AM. 1991. Changes in the Content of Lipid Autoxidation and Sulfur-Containing Compounds in Cooked Beef during Storage. Page J. Agric. Food Chem.
- 63) Dube, G., Bramblett, V.D., Howard, R.D., Homler, B.E., Johnson, H.R., Harrington, R.B., Judge MD. 1971. Dietary effects on beef composition. 4. Processing and Palatability Attributes. *Journal of Food Science* **36**:147–154.
- 64) Duranti M, Consonni A, Magni C, Sessa F. 2008. The major proteins of lupin seed: Characterisation and molecular properties for use as functional and nutraceutical ingredients. *Trends in Food Science & Technology* **19**:624–633. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2008.07.002>.
- 65) Ellies-Oury MP, Durand Y, Delamarche F, Jouanno M, Lambert J, Micol D, Dumont R. 2013. Relationships between the assessment of “ grain of meat ” and meat tenderness of Charolais cattle. *Meat Science* **93**:397–404. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.001>.
- 66) Elmore JS, Mottram DS, Enser M, Wood JD. 1997. Novel Thiazoles and 3-Thiazolines in Cooked Beef Aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **45**:3603–3607.
- 67) Elmore JS, Mottram DS, Enser M, Wood JD. 2000. The effects of diet and breed on the volatile compounds of cooked lamb. *Meat Science* **55**:149–159.
- 68) Elmore JS, Warren HE, Mottram DS, Scollan ND, Enser M, Richardson RI, Wood JD. 2004. A comparison of the aroma volatiles and fatty acid compositions of grilled beef muscle from Aberdeen Angus and Holstein-Friesian steers fed diets based on silage or concentrates. *Meat Science* **68**:27–33. Elsevier Ltd.
- 69) Etiévant, P. X., Moio, L., Guichard, E., Langlois, D., Leschaeve, I., & Schlich, P. (1993). Aroma extract dilution analysis (AEDA) and the representativeness of the odour of food extracts. In H. Maarse & D. G. Van Der Heij (Eds.), *Trends in flavour research*, volume 35 of *Developments in food science* (pp. 179–190). New York: Elsevier.
- 70) Eurostat. 2020. Rape, turnip rape, sunflower seeds and soya by area. Available from <https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tag00100&plugin=1> (accessed July 21, 2020).
- 71) Evans CD, Moser HA, List GR. 1971. Odor and flavor responses to additives in edible oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **48**:495–498.

- 72) Fadel HHM, Abdel Mageed MA, Abdel Samad AKME, Lotfy SN. 2006. Cocoa substitute: Evaluation of sensory qualities and flavour stability. *European Food Research and Technology* **223**:125–131.
- 73) Fang Y, Qian M. 2005. Aroma compounds in Oregon Pinot Noir wine determined by aroma extract dilution analysis (AEDA). *Flavour and Fragrance Journal* **20**:22–29.
- 74) Fisberg RM, Marchioni DM. 2014. Meat Consumption in Sao Paulo – Brazil : Trend in the Last Decade. *Plos One* **9**.
- 75) Font M, Realini C, Montossi F, Sañudo C, Campo MM, Oliver MA, Nute GR. 2011. Consumer ' s purchasing intention for lamb meat affected by country of origin , feeding system and meat price : A conjoint study in Spain , France and United Kingdom. *Food Quality and Preference* **22**:443–451. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.02.007>.
- 76) Font-i-Furnols M, Guerrero L. 2022. Spanish perspective on meat consumption and consumer attitudes. *Meat Science* **191**:108874. Elsevier Ltd. Available from <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108874>.
- 77) Frank D, Ball A, Hughes J, Krishnamurthy R, Piyasiri U, Stark J, Watkins P, Warner R. 2016<sup>a</sup>. Sensory and flavor chemistry characteristics of Australian beef: Influence of intramuscular fat, feed, and breed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **64**:4299–4311.
- 78) Frank D, Joo S, Warner R. 2016<sup>b</sup>. Consumer Acceptability of Intramuscular Fat Consumer Acceptability of Intramuscular Fat. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* **36**:699–708.
- 79) Fruet APB et al. 2018. Effects of feeding legume-grass pasture and different concentrate levels on fatty acid profile, volatile compounds, and off-flavor of the *M. longissimus thoracis*. *Meat Science* **140**:112–118. Elsevier Ltd.
- 80) Fuente J De, Díaz MT, Álvarez I, Oliver MA, Font M, Sañudo C, Campo MM, Montossi F, Nute GR, Cañeque V. 2009. Fatty acid and vitamin E composition of intramuscular fat in cattle reared in different production systems. *Meat Science* **82**:331–337. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.02.002>.
- 81) Garcia-Esteban M, Ansorena D, Astiasaran I, Martin D, Ruiz J. 2004a. Comparison of simultaneous distillation extraction (SDE) and solid-phase microextraction (SPME) for

- the analysis of volatile compounds in dry-cured ham. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **84**:1364–1370.
- 82) Garcia-Esteban M, Ansorena D, Astiasarán I, Ruiz J. 2004b. Study of the effect of different fiber coatings and extraction conditions on dry cured ham volatile compounds extracted by solid-phase microextraction (SPME). *Talanta* **64**:458–466. Elsevier.
- 83) Gasser, U Grosch W. 1988. Identification of volatile flavour compounds with high aroma values from cooked beef. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung A* **186**:489–494.
- 84) Gibb DJ, Owens FN, Mir PS, Mir Z, Ivan M, Mcallister TA. 2018. Value of sunflower seed in finishing diets of feedlot cattle 1 , 2. *Journal of Animal Science* **82**:2679–2692.
- 85) Goldspink G, Scutt A, Loughna PT, Wells DJ, Jaenicke T, Gerlach GF. 1992. Gene expression in skeletal muscle in response to stretch and force generation. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology* **262**.
- 86) Gorraiz C, Beriain MJ, Chasco J, Insausti K. 2002. Effect of aging time on volatile compounds, odor, and flavor of cooked beef from Pirenaica and Friesian bulls and heifers. *Journal of Food Science* **67**:916–922.
- 87) Grunert KG. 2006. Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption. *Meat Science* **74**:149–160.
- 88) Guadalupe, G. A., Lerma-García, M. J., Fuentes, A., Barat, J. M., Bas, Carmen, M., Segovia IF. 2019. Presence of palm oil in foodstuffs: consumers' perception. Available from <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/BFJ-09-2018-0608/full/html> (accessed July 15, 2020).
- 89) Guillaume, B., Otterby, D. E., Linn, J. G., Stern, M. D., Johnson DG. 1987. Comparison of Sweet White Lupin Seeds with Soybean Meal as a Protein Supplement for Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **70**:2339–2348. Elsevier. Available from [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80294-1](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80294-1).
- 90) Hedrick HB, Thompson GB. 1969. Comparison of feedlot performance and carcass characteristics of half-sib bulls, steers and heifers. *Journal of Animal Science* **29**:687– 694.
- 91) Hill F. 1963. The Solubility of Intramuscular Collagen in Meat Animals of Various Ages. *Journal of Food Science*. **31**:161–166.

- 92) Hocquette J et al. 2014. Modelling of beef sensory quality for a better prediction of palatability. *Meat Science* **97**:316–322. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.031>.
- 93) Hocquette J, Botreau R, Picard B, Jacquet A, Pethick DW, Scollan ND. 2012. Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat Science* **92**:197–209. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.007>.
- 94) Holdstock J, Aalhus JL, Uttaro BA, López-campos Ó, Larsen IL, Bruce HL. 2014. The impact of ultimate pH on muscle characteristics and sensory attributes of the longissimus thoracis within the dark cutting ( Canada B4 ) beef carcass grade. *Meat Science* **98**:842–849. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.07.029>.
- 95) Holman BWB, Mao Y, Coombs CEO, Ven RJ Van De, Hopkins DL. 2016. Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability. *Meat Science* **121**:104–106. Elsevier B.V. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.05.002>.
- 96) Huff Lonergan E, Zhang W, Lonergan SM. 2010. Biochemistry of postmortem muscle - Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science* **86**:184–195. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.004>.
- 97) Hughes J, Oiseth S, Purslow P, Warner RD. 2014. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science* **98**:520–532. Elsevier B.V. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.022>.
- 98) Hussain G et al. 2019. Role of cholesterol and sphingolipids in brain development and neurological diseases. *Lipids in Health and Disease* **18**:1–12. *Lipids in Health and Disease*.
- 99) Huygherbaert, G., De Munter, G., DE Groote G. 1988. The Metabolisable Energy ( AMEn) of Fats for Broilers in Relation to their Chemical Composition. *Animal Feed Science and Technology* **20**:45–58.
- 100) Hwang YH, Kim GD, Jeong JY, Hur SJ, Joo ST. 2010. The relationship between muscle fiber characteristics and meat quality traits of highly marbled Hanwoo (Korean native cattle) steers. *Meat Science* **86**:456–461. The American Meat Science Association. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.034>.

- 101) Chiofalo B, Lo V, Chiofalo V, Gresta F. 2012. The productive traits , fatty acid profile and nutritional indices of three lupin ( *Lupinus spp .* ) species cultivated in a Mediterranean environment for the livestock. *Animal Feed Science and Technology* 171:230–239. Elsevier B.V. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.11.005>.
- 102) Chriki S, Renand G, Picard B, Micol D, Journaux L, Hocquette JF. 2013. Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics. *Livestock Science* 155:424–434. Elsevier. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.04.009>.
- 103) Indurain G, Carr TR, Goñi M V, Insausti K, Beriain MJ. 2009. The relationship of carcass measurements to carcass composition and intramuscular fat in Spanish beef. *Meat Science* 82:155–161. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.005>.
- 104) ISO 8589. 2007. Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 16 s.
- 105) ISO 8586. 2012. Sensory analysis — General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 28 s.
- 106) Jackson R. 2002. *Wine Tasting: A Professional Handbook*. Academic Press, San Diego.
- 107) Jeremiah LE, Beauchemin KA, Jones SDM, Gibson LL, Rode LM. 1998. The influence of dietary cereal grain source and feed enzymes on the cooking properties and palatability attributes of beef 1. *Canadian Journal of Animal Science* 78:271–275.
- 108) Jeremiah LE. 1996. The influence of subcutaneous fat thickness and marbling on beef Palatability and consumer acceptability. *Food Research International* 29:513–520.
- 109) Jeremiah, L. E. , Tong, A . K. W., Jones SDM, McDonelll C. 1992. Consumer acceptance of beef with different levels of marbling. *Journal of Consumer Studies and Home Economics* 16:375–387.
- 110) Joo SH, Lee KW, Hwang YH, Joo ST. 2017. Histochemical characteristics in relation to meat quality traits of eight major muscles from Hanwoo steers. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 37:716–725.

- 111) 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. The Authors. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.044>.
- 112) Jung E, Hwang Y, Joo S. 2016. The Relationship between Chemical Compositions , Meat Quality , and Palatability of the 10 Primal Cuts from Hanwoo Steer **36**:145–151.
- 113) Kataoka H, Lord HL, Pawliszyn J. 2000. Applications of solid-phase microextraction in food analysis. *Journal of Chromatography A* **880**:35–62.
- 114) Kato, S. , Kurata, T., Fujimaki M. 1971. Aromatic amino acids are distributed widely in many proteins . Phenylalanine and tryptophan are essential amino acids and very important in human From the flavor point of view , these characteristic amino acids are interesting because there are many **35**.
- 115) Keith FKMC, Carr TR, Vol DLDE, Miles RS. 1985. Chemical and Sensory Properties of Thirteen Major Beef Muscles. *Journal of Food Science* **50**:869–872.
- 116) Kerscher R, Grosch W. 1997. Comparative evaluation of potent odorants of boiled beef by aroma extract dilution and concentration analysis. *European Food Research and Technology* **204**:3–6.
- 117) Killinger KM, Calkins CR, Eskridge KM. 2004. Consumer Visual Preference and Value for Beef Steaks Differing in Marbling Level and Color. *Journal of Animal Science* **82**:3288– 3293.
- 118) Kim H, Cadwallader KR, Kido H, Watanabe Y. 2013. Effect of addition of commercial rosemary extracts on potent odorants in cooked beef. *Meat Science* **94**:170–176. Elsevier B.V. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.01.005>.
- 119) Kirchofer KS, Calkins CR, Gwartney BL. 2002. Fiber-type composition of muscles of the beef chuck and round. *Journal of Animal Science* **80**:2872–2878.
- 120) Korhonen LOO. 1984. Gas-liquid chromatographic analyses anisoles xxviii \*. capillary column studies of chlorinated All nineteen ring-substituted chloroanisoles were separated on non-polar ( SE-30 ) and polar ( OV-351 ) capillary columns under various temperature-programmed. *Journal of Chromatography A* **294**:99–116.

- 121) Koutsidis G, Elmore JS, Oruna-concha MJ, Campo MM. 2008. Water-soluble precursors of beef flavour . Part II : Effect of post-mortem conditioning. *Meat Science* **79**:270–277.
- 122) Krist S, Stuebiger G, Bail S, Unterweger H. 2006. Analysis of volatile compounds and triacylglycerol composition of fatty seed oil gained from flax and false flax. *European Journal of Lipid Science and Technology* **108**:48–60.
- 123) Kudrna V., Čermák B., Doležal O., Frydrych Z., Herrmann H., Homolka P. IJ, Loučka R., Machačová E. MV et al. 1998. Výživa a technika krmení dojnic. Pages 236 – 291 *Produkce krmiv a výživa skotu*. Agrospoj, Praha.
- 124) Kukowski AC, Maddock RJ, Wulf DM. 2004. Evaluating consumer acceptability of various muscles from the beef chuck and rib. *Journal of Animal Science* **82**:521–525.
- 125) Kung L, Maciorowski K, Powell KM, Weidner S, Eley CL. 1991. Lupin as a protein supplement for growing lambs. *Journal of Animal Science* **69**:3398–3405.
- 126) Kvapilík J, Barton L, Syruček J. 2021. A meta-analysis and model calculations of economic indicators in suckler cow herds. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* **27**:279–288.
- 127) Larick DK, Hedrick HB, Bailey ME, William JE, Hancock DL, Garner GB, Morrow RE. 1987. Flavor constituents as influenced by forage- and grain feeding. *Journal of Food Science* **52**:245–251.
- 128) Larick DK, Turner BE. 1990. Headspace Volatiles and Sensory Characteristics of Ground Beef from Forage- and Grain-Fed Heifers. *Journal of Food Science* **54**:649–654.
- 129) Lasley, F. G., Elmer R. K., Brady DE. 1955. Consumer Preference for Beef In Relation to Finish. Page 44 *Research bulletin 580*. University of Missouri, College of Architecture, Agricultural Experiment Station, Columbia, Missouri.
- 130) Lebedová N, Bureš D, Dlubalová Z, Bartoň L. 2021<sup>a</sup>. Vliv plemenné příslušnosti a masné partie býků na utváření svalových vláken a texturu masa. *Maso* **32**:34–39.
- 131) Lebedová N, Bureš D, Needham T, Čítek J, Dlubalová Z, Stupka R, Bartoň L. 2021<sup>b</sup>. Histochemical characterisation of high-value beef muscles from different breeds, and its relation to tenderness. *Livestock Science* **247**.



- 132) Lee A, Jacob H. 2019. Meat consumption – what French consumers feel about the quality of beef ? *Italian Journal of Animal Science* **18**:1–11. Taylor & Francis. Available from <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1551072>.
- 133) Leod G Mac, Ames JM. 1986. Capillary Gas Chromatography-Mass Spectrometric Analysis of Cooked Ground Beef Aroma. *Journal of Food Science* **51**:1427–1434.
- 134) Listrat A, Le Bret B, Louveau I, Astruc T, Bonnet M, Lefaucheur L, Bugeon J. 2015. How muscle structure and composition determine meat quality. *Productions Animales* **28**.
- 135) Lucas MM, Stoddard FL, Annicchiarico P, Frías J, Martínez-Villaluenga C, Sussmann D, Duranti M, Seger A, Zander PM, Pueyo JJ. 2015. The future of lupin as a protein crop in Europe. *Frontiers in Plant Science* **6**:1–6.
- 136) Lucherik LW, Quinn TGO, Legako JF, Rathmann RJ, Brooks JC, Miller MF. 2016. Consumer and trained panel evaluation of beef strip steaks of varying marbling and enhancement levels cooked to three degrees of doneness. *Meat Science* **122**:145–154. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.08.005>.
- 137) Lucht JM. 2015. Public Acceptance of Plant Biotechnology and GM Crops. *Viruses* **7**:4254–4281.
- 138) Magalhaes DR, Maza MT, Do Prado IN, Fiorentini G, Kirinus JK, Campo MDM. 2022. An Exploratory Study of the Purchase and Consumption of Beef: Geographical and Cultural Differences between Spain and Brazil. *Foods* **11**.
- 139) Mahajan SS, Goddik L, Qian MC. 2004. Aroma compounds in sweet whey powder. *Journal of Dairy Science* **87**:4057–4063. Elsevier. Available from [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73547-X](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73547-X).
- 140) Machiels D, Istasse L, Van Ruth SM. 2004. Gas chromatography-olfactometry analysis of beef meat originating from differently fed Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus bulls. *Food Chemistry* **86**:377–383.
- 141) Machiels D, Van Ruth SM, Posthumus MA, Istasse L. 2003. Gas chromatography-olfactometry analysis of the volatile compounds of two commercial Irish beef meats. *Talanta* **60**:755–764. Elsevier.

- 142) Maltin CA, Sinclair KD, Warriss PD, Grant CM, Porter AD, Delday MI, Warkup CC. 1998. The effects of age at slaughter, genotype and finishing system on the biochemical properties, muscle fibre type characteristics and eating quality of bull beef from suckled calves. *Animal Science* **66**:341–348.
- 143) Maltin CA, Warkup CC, Matthews KR, Grant CM, Porteig AD, Delday MI. 1997. Pig Muscle Fibre Characteristics as a Source of Variation in Eating Quality. *Meat Science* **47**:237– 248.
- 144) Mandell IB, Gullett EA, Wilton JW, Kemp RA, Allen OB. 1997. Effects of gender and breed on carcass traits , chemical composition , and palatability attributes in Hereford and Simmental bulls and steers. *Livestock Production Science* **49**:235–248.
- 145) Mansur AR, Seo DH, Song EJ, Song NE, Hwang SH, Yoo M, Nam TG. 2019. Identifying potential spoilage markers in beef stored in chilled air or vacuum packaging by HS-SPME-GC-TOF/MS coupled with multivariate analysis. *Lwt* **112**:108256. Elsevier. Available from <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108256>.
- 146) Maruri JL, Larick DK. 1992. Volatile Concentration and Flavor of Beef as Influenced by Diet. *Journal of Food Science* **57**:1275–1281.
- 147) Maughan C, Tansawat R, Cornforth D, Ward R, Martini S. 2012. Development of a beef flavor lexicon and its application to compare the flavor profile and consumer acceptance of rib steaks from grass- or grain-fed cattle. *Meat Science* **90**:116–121.
- 148) Maughan C, Martini S. 2012. Identification and Quantification of Flavor Attributes present in Chicken , Lamb , Pork , Beef , and Turkey. *Journal of Food Science* **77**:115–121.
- 149) Medeiros, L.C., Field, R. A., Menkhaus, D.J., Russell WC. 1987. Evaluation of range-grazed and concentrate-fed beef by trained sensory panel, a household panel and a laboratory test market group. *Journal of Sensory Studies* **2**:259–272.
- 150) Meilgaard, M.C., Carr, M.T., Civille GV. 1999. *Sensory Evaluation Techniques* 3rd Editio. CRC Press, New York.
- 151) Melton SL, Black JM, Davis GW, Backus WR. 1982. Flavor and Selected Chemical Components of Ground Beef from Steers Backgrounded on Pasture and Fed Corn up to 140 Days. *Journal of Food Science* **47**:699–704.

- 152) Melton SL. 1990. Effects of feeds on flavor of red meat: a review. *Journal of animal science* **68**:4421–4435.
- 153) Meynier A, Novelli E, Chizzolini R, Zanardi E, Gandemer G. 1999. Volatile compounds of commercial Milano salami. *Meat Science* **51**:175–183.
- 154) Micol D, Oury MP, Picard B, Hocquette JF, Briand M, Dumont R, Egal D, Jailler R, Dubroeuq H, Agabriel J. 2009. Effect of age at castration on animal performance, muscle characteristics and meat quality traits in 26-month-old Charolais steers. *Livestock Science* **120**:116–126. Elsevier B.V. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2008.05.002>.
- 155) Mikšík J, Žižlavský J. 2005. Chov skotu. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. 162s. ISBN: 80-7157-883-5.
- 156) Ministerio de Agricultura P y A. 2018. Últimos datos de consumo alimentario. Available from <https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/panel-de-consumo-alimentario/ultimos-datos/> (accessed July 15, 2020).
- 157) Mitterer-Daltoé ML, Petry FC, Wille DF, Treptow RO, Martins VMV, Queiroz MI. 2012. Chemical and sensory characteristics of meat from Nellore and Crioulo Lageano breeds. *International Journal of Food Science and Technology* **47**:2092–2100.
- 158) Moio L, Piombino P, Addeo F. 2000. Odour-impact compounds of Gorgonzola cheese. *Journal of Dairy Research* **67**:273–285.
- 159) Molo L, Rillo L, Ledda A, Addeo F. 1996. Odorous Constituents of Ovine Milk in Relationship to Diet. *Journal of Dairy Science* **79**:1322–1331. Elsevier. Available from [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76488-3](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76488-3).
- 160) Mojto J, Zaujec K, Gondeková M. 2009. Effect of age at slaughter on quality of carcass and meat in cows. *Slovak Journal of Animal Science*:34–37.
- 161) Moon S, V MAC, Li-chan ECY. 2006. Odour-active components of simulated beef X avour analysed by solid phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry and-olfactometry. *Food Research International* **39**:294–308.
- 162) Morales R, Aguiar APS, Subiabre I, Realini CE. 2013. Beef acceptability and consumer expectations associated with production systems and marbling. *Food Quality*

- and Preference **29**:166–173. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.02.006>.
- 163) Moran L, Vivanco C, Lorenzo JM, Barron LJR, Aldai N. 2022. Characterization of volatile compounds of cooked wild Iberian red deer meat extracted with solid phase microextraction and analysed by capillary gas chromatography - mass spectrometry. *LWT* **163**. Academic Press.
- 164) Mottram, D. S. 1998. Flavour formation in meat and meat products: A review. *Food Chemistry*, 62(4), 415–424. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00076-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00076-4)
- 165) Munoz AM, Civille G V. 1997. Universal , product and attribute specific scaling and the development of common lexicons in descriptive analysis. *Journal of Sensory Studies* **13**:57–75.
- 166) Murphy SR, McNiven MA. 1994. Raw or roasted lupin supplementation of grass silage diets for beef steers. *Animal Feed Science and Technology* **46**:23–35.
- 167) Murray JM, Delahunty CM, Baxter IA. 2001. Descriptive sensory analysis : past , present and future. *Food Research International* **34**:461–471.
- 168) Nishimura T, Hattori A, Takahashi K. 1999. Structural Changes in Intramuscular Connective Tissue During the Fattening of Japanese Black Cattle : Effect of Marbling on Beef Tenderization. *Journal of Animal Science* **77**:93–104.
- 169) Nogalski Z, Pogorzelska-przybyłek P, Sobczuk-szul M, Modzelewska-kapituła M, Purwin C. 2017. Carcass characteristics and meat quality of bulls and steers slaughtered at two Carcass characteristics and meat quality of bulls and steers slaughtered at two different ages. *Italian Journal of Animal Science* **0**:1–10. Informa Healthcare USA, Inc. Available from <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1383861>.
- 170) O’Quinn TG, Legako JF, Brooks JC, Miller MF. 2018. Evaluation of the contribution of tenderness, juiciness, and flavor to the overall consumer beef eating experience. *Translational Animal Science* **2**:26–36. Oxford University Press.
- 171) O’Quinn TG, Woerner DR, Engle TE, Chapman PL, Legako JF, Brooks JC, Belk KE, Tatum JD. 2016. Identifying consumer preferences for specific beef flavor characteristics in relation to cattle production and postmortem processing parameters.

Meat Science **112**:90–102. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.11.001>.

- 172) Oliver MA et al. 2006. Eating quality of beef, from different production systems, assessed by German, Spanish and British consumers. *Meat Science* **74**:435–442.
- 173) Oltjen, R.R., Rumsey, T. S., Putnam PA. 1971. All-forage diets for finishing beef cattle. *Journal of Animal Science* **32**:327–333.
- 174) Ouali A, Talmant A. 1990. Calpains and Calpastatin Distribution in Bovine , Porcine and Ovine Skeletal Muscles. *Meat Science* **28**:331–348.
- 175) Oury M, Dumont R, Jurie C, Hocquette J, Picard B. 2010. Specific fibre composition and metabolism of the rectus abdominis muscle of bovine Charolais cattle. *BMC Biochemistry* **11**:397 – 404.
- 176) Page J, Wulf D, Schwotzer T. 2001. A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science* **79**:678–687.
- 177) Palát M, Dvořáková Š, Kupková N. 2012. Consumption of beef in the Czech Republic. *Agricultural Economics* **58**:308–314.
- 178) Park BYA, Hwang IHB, Cho SHA, Yoo YMA, Kim JHA, Lee JMA, Polkinghorne RC. 2008. Effect of carcass suspension and cooking method on the palatability of three beef muscles as assessed by Korean and Australian consumers. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **48**:1396–1404.
- 179) Pearce KL, Rosenvold K, Andersen HJ, Hopkins DL. 2011. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes — A review. *Meat Science* **89**:111–124. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.007>.
- 180) Peng CT, Yang ZC, Ding SF. 1991. Prediction of retention indexes II. Structure-retention index relationship on polar columns. *Page Journal of Chromatography*.
- 181) Perry, T. W., Beeson, W. M., Mohler MT. 1967. A comparison of high-urea supplements with natural protein supplements for growing and fattening beef cattle. *Journal of Animal Science* **26**:1434–1437.
- 182) Piaskowska N, Daszkiewicz T, Kubiak D, Piaskowska N, Daszkiewicz T, Kubiak D, Janiszewski P. 2015. The Effect of Gender on Meat ( Longissimus Lumborum Muscle )

- Quality Characteristics in the Fallow Deer Dama Dama L . Italian Journal of Animal Science **14**:389–393.
- 183) Picard B, Gagaoua M, Gagaoua M. 2020. Muscle Fiber Properties in Cattle and Their Relationships with Meat Qualities: An Overview. Page Journal of Agricultural and Food Chemistry.
- 184) Picard B, Gagaoua M, Micol D, Cassar-malek I, Terlouw CEM. 2014. According to Contractile and Metabolic Properties of the Muscle. Journal of Agricultural and Food Chemistry **62**:9808–9818.
- 185) Pillonel L, Bosset JO, Tabacchi R. 2002. Rapid Preconcentration and Enrichment Techniques for the Analysis of Food Volatile . A Review. Lebensmittel Wissenschaft und Technology **35**:1–14.
- 186) Pipek, P.. 1995. Technologie masa I. 4.přepr. vydání, Kostelecké uzeniny. VŠCHT, Praha. 334 s. ISBN 890-7080-
- 187) Plessis I, Hoffman LC. 2007. Effect of slaughter age and breed on the carcass traits and meat quality of beef steers finished on natural pastures in the arid subtropics of South Africa. South African Journal of Animal Science **37**:143–153.
- 188) Pogorzelska-Przybyłek P, Nogalski Z, Sobczuk-Szul M, Momot M. 2021. The effect of gender status on the growth performance, carcass and meat quality traits of young crossbred Holstein-Friesian×Limousin cattle. Animal Bioscience **34**:914–921.
- 189) Pogorzelska-przybyłek P, Nogalski Z, Sobczuk-szul M, Purwin C. 2018. Carcass characteristics and meat quality of Holstein-Friesian × Hereford cattle of different sex categories and slaughter ages. Archives of Animal Breed **61**:253–261.
- 190) Pollien P, Ott A, Montigon F, Baumgartner M, Mun R, Chaintreau A. 1997. Hyphenated Headspace-Gas Chromatography-Sniffing Technique : Screening of Impact Odorants and Quantitative Aromagram Comparisons. Journal of Agricultural and Food Chemistry **45**:2630–2637.
- 191) Prandini A et al. 2010. Raw and extruded pea (*Pisum sativum*) and lupin (*Lupinus albus* var. Multitalia) seeds as protein sources in weaned piglets' diets: effect on growth rate and blood parameters. Italian Journal of Animal Science **4**:385–394.

- 192) Priolo A, Micol D, Agabriel J. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research* **50**:185–200.
- 193) Prost E, Pdczyr E, Kotula AW. 1975. Quality characteristics of bovine meat. ii . beef tenderness in relation to individual muscles , age and sex of animals and carcass quality grade 1. *Journal of Animal Science* **41**:541–547.
- 194) Raes K, Balcaen A, Dirinck P, De Winne A, Claeys E, Demeyer D, De Smet S. 2003. Meat quality, fatty acid composition and flavour analysis in belgian retail beef. *Meat Science* **65**:1237–1246.
- 195) Rainey BA. 1986. Importance of reference standards in training panelists. *Journal of Sensory Studies* **1**:149–154.
- 196) Renand G, Picard B, Touraille C, Berge P, Lepetit J. 2001. Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Science* **59**:49–60.
- 197) Resconi VC, Campo M, Montossi F, Ferreira V, Sa C, Escudero A. 2012. Gas Chromatographic-Olfactometric Aroma Profile and Quantitative Analysis of Volatile Carbonyls of Grilled Beef from Different Finishing Feed Systems. *Journal of Food Science* **77**:240–246.
- 198) Resconi VC, Campo MM, Montossi F, Ferreira V, Sañudo C, Escudero A. 2010. Relationship between odour-active compounds and flavour perception in meat from lambs fed different diets. *Meat Science* **85**:700–706. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.03.027>.
- 199) Rivas-Cañedo A, Nuñez M, Fernández-García E. 2009. Volatile compounds in Spanish dry-fermented sausage “salchichón” subjected to high pressure processing. Effect of the packaging material. *Meat Science* **83**:620–626. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.07.011>.
- 200) Rochat S, Chaintreau A. 2005. Carbonyl odorants contributing to the in-oven roast beef top note. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**:9578–9585.
- 201) Rostad CE, Pereira WE. 1986. Kovats and lee retention indices determined by gas chromatography/mass spectrometry for organic compounds of environmental interest. *Journal of High Resolution Chromatography* **9**:328–334.

- 202) Rothe, M., Thomas B. 1963. Aromastoffe des Brotes. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung **119**:302–310.
- 203) Rousseau B, Stroh S, Mahony MO. 2002. Investigating more powerful discrimination tests with consumers : effects of memory and response bias. Food Quality and Preference **13**:39–45.
- 204) Ruiz J. 1998. Headspace Solid Phase Microextraction for the Analysis of Volatiles in a Meat Product : Dry-Cured Iberian Ham. Journal of Agriculture and Food Chemistry **46**:4688– 4694.
- 205) Ruth SM Van, Connor CHO. 2001. Evaluation of three gas chromatography-olfactometry methods : comparison of odour intensity-concentration relationships of eight volatile compounds with sensory headspace data. Food Chemistry **74**:341–347.
- 206) Saba A et al. 2019. Measuring consumers attitudes towards health and taste and their association with food-related life-styles and preferences. Food Quality and Preference **73**:25–37. Elsevier Ltd. Available from <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.11.017>.
- 207) Sami AS, Schuster M, Schwarz FJ. 2010. Performance , carcass characteristics and chemical composition of beef affected by lupine seed , rapeseed meal and soybean meal. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition **94**:465–473.
- 208) San-Julián R, Campo MM, Nute G, Montossi F, Font-I-Furnols M, Guerrero L, Oliver MA, Sañudo C. 2012. Evaluación sensorial de carne comercial de vacuno producida en Uruguay y en tres países Europeos. Spanish Journal of Agricultural Research **10**:712–716.
- 209) Sánchez M, Sanjuán A, Akl G. 2001. El distintivo de calidad como indicador de seguridad alimenticia en carne de vacuno y cordero. Economía Agraria y Recursos Naturales **1**:77– 94.
- 210) Sarhir ST, Amanpour A, Bouseta A, Selli S. 2021. Fingerprint of aroma-active compounds and odor activity values in a traditional Moroccan fermented butter “Smen” using GC–MS–Olfactometry. Journal of Food Composition and Analysis **96**. Academic Press Inc.



- 211) Saskia M, Posthumus MA. 2003. Gas chromatography-olfactometry analysis of the volatile compounds of two commercial Irish beef meats. *Talanta* **60**:755–764.
- 212) Shafie FA, Rennie D. 2012. Consumer Perceptions Towards Organic Food. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* **49**:360–367.
- 213) Sides A, Robards K, Helliwell S. 2000. Developments in extraction techniques and their application to analysis of volatiles in foods. *Trends in Analytical Chemistry* **19**:322–329.
- 214) Singh A, Shi Y, Magreault P, Kitts DD, Jarzębski M, Siejak P, Pratap-Singh A. 2021. A Rapid Gas-Chromatography / Mass-Spectrometry Technique Rice Protein. *Molecules* (Basel, Switzerland).
- 215) Specht K, Baltes W. 1994. Identification of Volatile Flavor Compounds with High Aroma Values from Shallow-Fried Beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **42**:2246–2253.
- 216) Spindler AA, Mathias MM, Cramer DA. 1980. Growth Changes in Bovine Muscle Fiber Types As Influenced By Breed and Sex. *Journal of Food Science* **45**:29–31.
- 217) Stanford K, McAllister TA, Lees BM, Xu ZJ, Cheng KJ. 1996. Comparison of sweet lupin seed, canola meal and soybean meal as protein supplements for lambs. *Canadian Journal of Animal Science* **76**:215–219.
- 218) Statista. 2022. Per capita meat consumption forecast in European countries from 2015 to 2022 (in kilograms). Available from <https://www.statista.com/forecasts/679528/per-capita-meat-consumption-european-union-eu> (accessed November 11, 2022).
- 219) Steinhäuser L. 2001. Hovězí, hovězí. Available from <http://www.cszm.cz/clanek.asp?typ=7&id=445> (accessed July 15, 2020).
- 220) Stelzleni AM, Johnson DD. 2008. Effect of days on concentrate feed on sensory off-flavor score, off-flavor descriptor and fatty acid profiles for selected muscles from cull beef cows. *Meat Science* **79**:382–393.
- 221) Stetzer AJ, Cadwallader K, Singh TK, McKeith FK, Brewer MS. 2008. MEAT Effect of enhancement and ageing on flavor and volatile compounds in various beef muscles. *Meat Science* **79**:13–19.

- 222) Stevens SS. 1961. The surprising simplicity of sensory metrics. *American Psychologist* **17**:29–39.
- 223) Stone H, Sidel J. 2004. *Sensory Evaluation Practices*. Elsevier Academic Press, California.
- 224) Suchý, P., Straková, E., Herzig I. 2016. Možnosti využití lupiny ve výživě zvířat. Praha. Available from [https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/01/Studie\\_Strakova\\_Lupina\\_2016.pdf](https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/01/Studie_Strakova_Lupina_2016.pdf).
- 225) Su L, Li H, Xin X, Duan Y, Hua X, Jin Y. 2013. Muscle fiber types, characteristics and meat quality. *Advanced Materials Research* **634–638**:1263–1267.
- 226) Sullivan GA, Calkins CR. 2011. Ranking beef muscles for Warner-Bratzler Shear Force and Trained sensory panel ratings from. *Journal of Food Quality* **34**:195–203.
- 227) SZIF. 2020. Cenové hlášení- JUT skotu. Available from [https://www.szif.cz/cs/CmDocument?rid=/apa\\_anon/cs/zpravy/tis/cenovoy\\_servis/05/1585809903433.pdf](https://www.szif.cz/cs/CmDocument?rid=/apa_anon/cs/zpravy/tis/cenovoy_servis/05/1585809903433.pdf) (accessed July 21, 2020).
- 228) Štiková O. 2004. Jaké vlivy nejvíce působily na poptávku a vývoj spotřeby hovězího masa v ČR. Available from <http://www.vyzivaspol.cz/jake-vlivy-nejvice-pusobily-na-poptavku-a-vyvoj-spotreby-hoveziho-masa-v-cr/> (accessed July 15, 2020).
- 229) Taylor P, Cheng Q, Sun D. 2008. Factors Affecting the Water Holding Capacity of Red Meat Products : A Review of Recent Research Advances. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **48**:137–159.
- 230) Theunissen TJM, Kouwenhoven T, Blauw YH. 1979. Consumers ' responses to food products with increased of polyunsaturated fatty acids levels. *Journal of Food Science* **44**:1483–1485.
- 231) Thompson JM. 2004. The effects of marbling on flavour and juiciness scores of cooked beef, after adjusting to a constant tenderness. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **44**:645–652.
- 232) Thompson JM. 2008. The effects of marbling on flavour and juiciness scores of cooked beef , after adjusting to a constant tenderness. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **48**:1380–1386.

- 233) Torrescano G, Armida SE, Begoña G, Roncalés P, Beltráan JA. 2003. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Science* **64**:85–91.
- 234) Troutt ES, Hunt MC, Johnson DE, Claus JR, Kastner CL, Kropf DH, Stroda S. 1992. Chemical, Physical, and Sensory Characterization Ground Beef Containing 5 to 30 Percent Fat of Chemical compositions. *Journal of Food Science* **57**:25–29.
- 235) Ueda S, Yamanoue M, Sirai Y, Iwamoto E. 2021. Exploring the characteristic aroma of beef from Japanese black cattle (Japanese wagyu) via sensory evaluation and gas chromatography-olfactometry. *Metabolites* **11**:1–12. MDPI AG.
- 236) Valin C, Touraille C, Vigneron P, Ashmore CR. 1982. Prediction of lamb meat quality traits based on muscle biopsy fibre typing. *Meat Science* **6**:257–263.
- 237) Van Ba H, Oliveros CM, Park K, Dashdorj D, Hwang I. 2017. Effect of marbling and chilled ageing on meat-quality traits, volatile compounds and sensory characteristics of beef longissimus dorsi muscle. *Animal Production Science* **57**:981–992. CSIRO.
- 238) Veira DM, Proulx JG, Seoane JR. 1990. Performance of beef steers fed grass silage with or without supplements of soybean meal, fish meal and barley. *Canadian Journal of Animal Science* **70**:313–317.
- 239) Vene K, Leitner E. 2013. A Method for GC – Olfactometry Panel Training. *Chemosensory Perception* **6**:179–189.
- 240) Volek Z, Bureš D, Uhlířová L. 2018<sup>a</sup>. Effect of dietary dehulled white lupine seed supplementation on the growth, carcass traits and chemical, physical and sensory meat quality parameters of growing-fattening rabbits. *Meat Science* **141**:50–56. Elsevier Ltd. Available from <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.03.013>.
- 241) Volek Z, Marounek M, Volková L, Kudrnová E. 2018<sup>b</sup>. Effect of diets containing whole white lupin seeds on rabbit doe milk yield and milk fatty acid composition as well as the growth and health of their litters 1. *Journal of Animal Science* **92**:2041–2049.
- 242) Watanabe A, Ueda Y, Higuchi M, Shiba N. 2008. Analysis of volatile compounds in beef fat by dynamic-headspace solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Food Science* **73**:420–425.
- 243) Watkins PJ, Rose G, Warner RD, Dunshea FR, Pethick DW. 2012. A comparison of solid-phase microextraction (SPME) with simultaneous distillation – extraction

- ( SDE ) for the analysis of volatile compounds in heated beef and sheep fats. *Meat Science* **91**:99–107. Elsevier B.V. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.12.004>.
- 244) Węglarz A. 2010. Meat quality defined based on pH and colour depending on cattle category and slaughter season. *Czech Journal of Animal Science* **55**:548–556.
- 245) Whitfield FB, Mottram DS. 1992. Volatiles from interactions of maillard reactions and lipids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **31**:1–58.
- 246) Wick EL, Murray E, Mizutani J, Koshika M. 1967. Irradiation Flavor and the Volatile Components of Beef:12–25.
- 247) Wiese SCA, White CLB, Masters DGB, Milton JTBC, Davidson RHC. 2003. Growth and carcass characteristics of prime lambs fed diets containing urea , lupins or canola meal as a crude protein source. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **43**:1193–1197.
- 248) Wichchukit S, Mahony MO. 2014. The 9-point hedonic scale and hedonic ranking in food science : some reappraisals and alternatives. *Journal of Food and Agriculture* **95**:2167– 2178.
- 249) Williams W. 1984. Lupins in crop production. *Outlook on Agriculture* **13**:69–76.
- Wood JD, Enser M, Fisher A V., Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science* **78**:343–358.
- 250) Wood JD, Enser M, Fisher A V, Nute GR, Richardson RI, Sheard PR. 1999. Manipulating meat quality and composition. *Proceedings of the Nutrition Society* **58**:363–370.
- 251) Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher A V, Campo MM, Kasapidou E, Sheard PR, Enser M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality : a review. *Meat Science* **66**:21–32.
- 252) Xu L, Basheer C, Lee HK. 2007. Developments in single-drop microextraction. *Journal of Chromatography A* **1152**:184–192.
- 253) Xu LL, Han T, Wu JZ, Zhang QY, Zhang H, Huang BK, Rahman K, Qin LP. 2009. Comparative research of chemical constituents, antifungal and antitumor properties of ether extracts of Panax ginseng and its endophytic fungus. *Phytomedicine* **16**:609–616.

- 254) Yan L, Liu J, Qu C, Gu X, Zhao X. 2015. Research on odor interaction between aldehyde compounds via a partial differential equation (PDE) model. *Sensors (Switzerland)* **15**:2888–2901.
- 255) Young OA, Zhang SX, Farouk MM, Podmore C. 2005. MEAT Effects of pH adjustment with phosphates on attributes and functionalities of normal and high pH beef. *Meat Science* **70**:133–139.
- 256) Yu AN, Sun BG, Tian DT, Qu WY. 2008. Analysis of volatile compounds in traditional smoke-cured bacon(CSCB) with different fiber coatings using SPME. *Food Chemistry* **110**:233–238.
- 257) Zamora F, Lepetit J, Lebert A, Dransfield E, Ouali A. 1996. Predicting Variability of Ageing and Toughness in Beef M . Longissimus lumborum et thoracis. *Meat Science* **43**:321– 333.
- 258) Zhang Z, Pawliszyn J. 1993. Headspace Solid-Phase Microextraction. *Analytical Chemistry* **65**:1843–1852.
- 259) Zhao L min, Wu W, Tao N ping, Li Y qi, Wu N, Qin X. 2015. Characterization of important odorants in four steamed *Coilia ectenes* from China by gas chromatography–mass spectrometry–olfactometry. *Fisheries Science* **81**:947–957. Springer Tokyo.

## **7 Seznam příloh**

Příloha 1: Průběh konzumentských testů na veterinární katedře v Zaragoze

Příloha 2: Podávání vzorků při konzumentském testu na veterinární katedře v Zaragoze

Příloha 3: Příprava vzorků na grilu na veterinární katedře v Zaragoze

Příloha 4: Příprava grilovaných vzorků na veterinární katedře v Zaragoze

Příloha 5: Seznam publikací autora

**Příloha 1: Průběh konzumentských testů na veterinární katedře v Zaragoze**



**Příloha 2: Podávání vzorků při konzumentském testu na veterinární katedře v Zaragoze**





**Příloha 3: Příprava vzorků na grilu na veterinární katedře v Zaragoze**



**Příloha 4:** Příprava grilovaných vzorků na veterinární katedře v Zaragoze



## Příloha 5:

### Seznam publikací autora

- Bureš D, Bartoň L, Kotrba R, Kudrnáčová E, Ceacero F. 2017. Vliv výživy na intenzitu růstu, složení jatečného těla a kvalitu masa daňků evropských z farmového chovu. *Maso* 6:**4–8**.
- Fořtová J, Bureš D, Bartoň L, Lebedová N. 2018. Physical attributes, chemical composition and sensory analysis of three muscles from heifers and bulls of Fleckvieh cattle. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **420**.
- Bureš, D, Bartoň, L, Lebedová, N, Fořtová J. 2020. Vliv prodloužené doby zrání na fyzikální a organoleptické vlastnosti hovězího masa. *Maso* 6:**16–22**.
- Bureš, D, Bartoň, L, Panovská, Z, Kudrnáčová, E, Lebedová, N, Fořtová J. 2020. Vliv délky zrání na organoleptické vlastnosti masa daňků evropských z farmového chovu. *Maso* 3:**34–40**.
- Bureš D, Fořtová J, Lebedová N, Bartoň L. 2020. Intramuskulární tuk v hovězím mase a jeho vliv na vnímání organoleptických vlastností tuzemskými konzumenty. *Výživa a potraviny* 2:**30–35**.
- Lebedová, N, Bureš, D, Fořtová, J, Bartoň L. 2020. Elektrostimulace jatečných těl skotu a její vliv na kvalitu masa. *Maso* 6:**22–25**.
- Bureš D, Bartoň L, Fořtová J, Lebedová N. 2021. Existují rozdíly ve vnímání organoleptických vlastností hovězího masa s různým obsahem tuku mezi českými a španělskými konzumenty. *Maso*. 3. **39–42**.
- Bureš D, Bartoň L, Fořtová J, Lebedová N. 2022. Vliv proteinové složky krmiva na kvalitu masa býků českého strakatého skotu. *Maso*. 6. **37–42**.
- Fořtová J, del Mar Campo M, Valenta J, Needham T, Řehák D, Lebedová N, Bartoň L, Klouček P, Bureš D. 2022. Preferences and acceptance of Czech and Spanish consumers regarding beef with varying intramuscular fat content. *Meat Science* **192**.
- 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**.