

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

*Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů*

**Katedra kvality a bezpečnosti potravin**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Vliv způsobu tepelné úpravy masa antilopy losí  
(*Taurotragus oryx*) na nutriční hodnotu, technologické a  
organoleptické vlastnosti**

*Diplomová práce*

**Bc. Markéta Kraus**

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

**Ing. Daniel Bureš, Ph.D.**

© 2022/2023 ČZU v Praze

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv způsobu tepelné úpravy masa antilopy losí (*Taurotragus oryx*) na nutriční hodnotu, technologické a organoleptické vlastnosti" 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 14.4.2023

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Danielu Burešovi, Ph.D. za jeho vstřícný přístup, ochotu a cenné rady při vedení mé diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala paní Vendulce Sobotkové z VÚŽV Uhřetěves za pomoc při vyhodnocování chemických parametrů v rámci praktické části mého výzkumu.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala i svému manželovi a rodině za podporu a trpělivost, kterou měli a mají během celého studia.

# Vliv způsobu tepelné úpravy masa antilopy losí (*Taurotragus oryx*) na nutriční hodnotu, technologické a organoleptické vlastnosti

## Souhrn

Byl studován vliv tepelného opracování na fyzikální, chemické vlastnosti a organoleptické parametry antilopího masa. V rámci výzkumu byly odebrány vzorky ze třech svalů (*longissimus thoracis et lumborum*, *biceps femoris*, *semitendinosus*) šesti samců antilop (stáří okolo 2 let). Byly hodnoceny údaje o chemickém složení (obsahu sušiny, bílkovin, tuku a popelovin), fyzikálních vlastnostech (hmotnostní ztráty, pH, barva a křehkost) a z výsledků sensorické analýzy prováděné vyškoleným panelem (n=8). Ze zchlazených jatečných půlek každého zvířete byly 24 hodin po porážce vyjmuty jednotlivé svaly, sloužící pro následný experiment. Ty byly následně vakuově zabaleny, ponechány vyzrát po dobu 14 dnů a poté byly zmrazeny až do samotného hodnocení, kde byly tepelně ošetřeny třemi způsoby, a to buď vařeny v horké vodě, pečený v plastovém sáčku nebo grilovány do dosažení vnitřní teploty 75 °C u všech tepelných úprav.

Z výsledků experimentu vyplývá, že způsob tepelného opracování masa náleží mezi významné prostředky, kterými lze pozitivně ovlivnit jak nutriční, fyzikální, tak i sensorické parametry masa antilopy losí. S ohledem na různé tepelné úpravy byly zjištěny statisticky významné ( $P < 0,05$ ) rozdíly v hmotnostních ztrátách, pH, barvě, složení (obsahu sušiny, tuků, bílkovin, popelovin) či v řadě sensorických parametrů včetně celkové přijatelnosti. Nejvyšší obsah sušiny, tuku a bílkovin byl naměřen u vzorků pečeného masa. Tento vzorek byl zároveň s vzorkem vařeného hodnocen s výrazně vyšším skóre celkové přijatelnosti oproti grilovanému masu. Celkově jsme došli k závěru, že tepelně opracované maso antilopy losí poskytuje z hlediska lidské výživy nízkotučné maso s vysokým podílem bílkovin, mající vyhovující pH i barvu. Potlačení negativně vnímaných abnormalit v mase lze významně snížit šetrnějšími tepelnými úpravami s delší dobou ohřevu jako je vaření či pečení. Z výsledků hodnocení instrumentální křehkost je zjevné, že pro každý ze sledovaných svalů je vhodný jiný optimální způsob úpravy. Podrobnější zkoumání strukturních charakteristik jednotlivých svalů by mohl být námět pro další studie, které by tento výzkum mohly doplnit o další poznatky vedoucí k určení optimální tepelné úpravy antilopího masa.

**Klíčová slova:** křehkost, maso, antilopa losí, sensorická analýza, tepelné opracování

# Effect of heat treatment of common eland (*Taurotragus oryx*) meat on nutritional value, technological and organoleptic properties

## Summary

The effect of heat treatment on the physical, chemical properties and technological parameters of antelope meat was studied. As part of the research, samples were taken from three muscles (*longissimus thoracis et lumborum*, *biceps femoris*, *semitendinosus*) of six male antelopes (about 2 years old). Data was collected on the chemical composition, including dry matter, protein, fat, and ash content, as well as physical properties such as cooking loss, pH, colour, tenderness, and sensory analysis conducted by a panel of eight participants to obtain further results. The meat was left wet-aged for 24 hours, frozen and then the specific muscles used for the experiment were separated from each animal and heat-treated in three different ways - boiled in hot water, baked in a plastic bag, or grilled (glass-ceramic double plate at 200 °C) to an internal temperature of 75 °C for all heat treatments.

The experiment's findings indicate that the thermal processing method applied to eland meat can have a positive impact on its nutritional, physical, and sensory attributes. The study revealed statistically significant differences ( $P < 0.05$ ) in cooking loss, pH, colour, chemical composition (including dry matter, fat, protein, and ash content), and many sensory parameters including overall acceptability, depending on the method of heat treatment applied to the meat. Baked meat samples exhibited the highest level of dry matter, fat, protein and were evaluated with a significantly higher overall acceptability score than grilled meat. Overall, the study suggests that heat-processed eland meat provides a low-fat, high-protein option with appropriate pH, colour and tenderness for human consumption. Heat treatments with longer durations, such as cooking or baking, can significantly reduce negatively perceived abnormalities in the meat during sensory evaluation. The variation in instrumental tenderness measurements suggests that a tailored approach to adjusting cooking methods may be required for each muscle evaluated. Further research into the structural characteristics of individual muscles could provide valuable insights to complement this investigation, ultimately leading to the identification of the optimal heat treatment method for antelope meat.

**Keywords:** tenderness, meat, eland, sensory analysis, thermal treatment

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b> .....	<b>4</b>
	Farmový chov antilopy losí.....	4
	3.1.1 Chov nedomestikované zvěře .....	4
	3.1.2 Antilopa losí ( <i>Taurotragus oryx</i> ) .....	6
	3.1.3 Chov antilopy losí .....	7
	Složení masa .....	8
	3.1.4 Definice masa a jeho spotřeba .....	8
	3.1.5 Chemické složení masa .....	9
	3.1.5.1 Voda .....	9
	3.1.5.2 Bílkoviny.....	9
	3.1.5.3 Tuky .....	12
	3.1.5.4 Minerální látky .....	14
	3.1.5.5 Vitamíny .....	14
	3.1.5.6 Extraktivní látky .....	15
	Tepelná úprava masa.....	16
	3.1.6 Suché způsoby.....	16
	3.1.7 Mokrý způsoby.....	18
	Změny související s tepelnou úpravou masa.....	20
	3.1.8 Vaznost.....	20
	3.1.9 Bílkoviny při tepelném procesu .....	22
	3.1.10 Tuky při tepelném procesu .....	22
	3.1.11 Barva .....	24
	3.1.12 Aroma a chuť.....	24
	3.1.13 Textura.....	25

<b>4</b>	<b>Materiál a metody .....</b>	<b>28</b>
	Podmínky experimentu (chov, porážka a odběr vzorků).....	28
	Fyzikální analýza.....	29
	Chemická analýza.....	31
	Senzorická analýza .....	34
	Statistická analýza .....	36
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>37</b>
	Fyzikální analýza.....	37
	Chemická analýza.....	39
	Senzorická analýza .....	40
	5.1.1 Sval <i>longissimus thoracis et lumborum</i> (LTL).....	40
	5.1.2 Sval <i>biceps femoris</i> (BF) .....	42
	5.1.3 Sval <i>semitendinosus</i> (ST) .....	44
	Analýza vztahů mezi instrumentálně a senzoričky hodnocenou texturou.....	45
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>47</b>
	Fyzikální parametry .....	47
	Chemické parametry.....	51
	Senzorické parametry .....	52
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>54</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury .....</b>	<b>55</b>
<b>9</b>	<b>Samostatné přílohy .....</b>	<b>I</b>

# 1 Úvod

Maso hraje klíčovou roli v lidské evoluci a je důležitou složkou zdravé a dobře vyvážené stravy. Představuje významný zdroj kvalitních bílkovin, esenciálních aminokyselin, vitaminů skupiny B a minerálů jako je železo, zinek nebo fosfor (Pereira & Vincente 2013). Ačkoliv jsou v dnešní době hlavním zdrojem masa domestikovaní živočichové, do budoucna bude nezbytné se, s ohledem na trvalý nárůst lidské populace, zamyslet, jak zajistit dostatečné množství potravin včetně kvalitních bílkovinných zdrojů.

Tradiční chov dobytka je podle řady studií často spojován s vysokou emisí skleníkových plynů a velkou spotřebou vody (Djekic & Tomasevic 2016; Poore & Nemecek 2018). Výzvou pro vědce a zemědělce je tak najít způsob, kdy se zemědělská produkce bude zvyšovat, ale způsobem, který je zodpovědný a udržitelný k životnímu prostředí. Jednou z možností je tak podpořit výzkum možných udržitelných alternativ pro produkci bílkovin, jako jsou produkty rostlinného původu, hmyz či kultivované maso (Hadi & Brightwell 2021; Sun et al. 2022). Další možností je produkce masa divokých či nedomestikovaných zvířat. Z hlediska hygienické bezpečnosti, garantované kvality (věk a zdravotní stav) i možnosti pravidelných dodávek čerstvého masa po celý rok je perspektiva spatřována především v chovu zvířat intenzivním způsobem. Pro chov pak mohou být využívány ty přírodní oblasti, které nejsou dostatečně vhodné pro jiné zemědělské hospodaření jako je pěstování zemědělských plodin nebo pro tradiční chov hospodářských zvířat, a to například z důvodu velkého sucha (Bureš et al. 2021).

Jedním z populárních nedomestikovaných druhů zvířat chovaných pro produkci masa je antilopa losí (*Taurotragus oryx* Pallas, 1766). Obecně lze říct, že maso volně žijících kopytníků bývá zpravidla tmavší, s nižším obsahem intramuskulárního tuku, méně křehké a vyznačuje se intenzivnější a více neobvyklou chutí než maso hospodářského skotu (Hoffman & Wiklund 2006; Hoffman & Cawthorn 2012; Bartoň et al. 2014). Optimalizace křehkosti je tak důležitým bodem k potencionálnímu zlepšení pro prodejce, protože křehkost je jedním z hlavních aspektů, které spotřebitelé berou v potaz při hodnocení kvality tepelně upraveného masa (Pathare & Roskilly 2016; Schwartz et al 2022). V rámci této studie byl zkoumán vliv tepelné úpravy na různé jakostní ukazatele kvality masa antilopy losí (*T. oryx*), a tím i možné posílení jeho postavení na trhu s běžně dostupnými druhy mas tradičního chovu hospodářských zvířat.



## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

Cílem práce je vyhodnocení vlivu odlišného způsobu tepelného opracování na fyzikální, nutriční a organoleptické vlastnosti u masa různých svalů antilopy losí pocházejícího z farmového chovu Školního zemědělského podniku České zemědělské univerzity v Láněch.

Hypotéza: Metody tepelného opracování statisticky významně ovlivňují fyzikální, organoleptické parametry a nutriční hodnotu finálního produktu.

# I TEORETICKÁ ČÁST

## 3 Literární rešerše

### Farmový chov antilopy losí

#### 3.1.1 Chov nedomestikované zvěře

Maso lovené zvěře, také označované jako zvěřina, je pro člověka zdrojem potravy po tisíce let. V průběhu historie lidé lovili divoká zvířata převážně pro jejich maso, kůži a parohy. Lov a konzumace masa zvěře byl způsob života mnoha domorodých kultur po celém světě a hrál významnou roli v jejich přežití. V evropských podmínkách se divoká zvěř zpravidla dělí na velkou a drobnou volně žijící zvěř. Na našem území se setkáváme spíše s rozdělením na zvěř srstnatou (savci) a pernatou (ptáci) (Steinhauser 2000; Vodňanský et al. 2009).

Vzhledem ke klimatickým rozdílům, geografickým podmínkám a složení potravy je rozsah variability v chemickém složení, fyzikálních vlastnostech a sensorické kvalitě masa zvěřiny značně široký. Výsledná kvalita masa zvěře závisí na druhu, pohlaví, věku, kondici a fyziologickém stavu zvířat, stejně jako na období lovu, složení potravy, klimatu či výběru konkrétní části jatečně upraveného těla (Soriano & García 2021; Czarniecka-Skubina et al. 2022). I přes četné přednosti tohoto druhu masa, je jeho spotřeba v mnoha zemích Evropy poměrně nízká a to od 0,2 do 1,1 kg/osoba/rok (Czarniecka-Skubina et al. 2022), z čehož pouze 2-4 % populace tento druh masa konzumuje pravidelně (Andreotti et al. 2016). Dle spotřeby potravin ČSÚ v roce 2021 bylo v ČR průměrně zkonzumováno 1,1 kg masa zvěřiny na osobu při celkové spotřebě 86 kg/osoba/rok.

Kromě tradičního extenzivního oborového chovu se v posledních letech začal šířit i farmový chov, který je založen na intenzivním chovu zvířat na trvalých travních porostech. V České republice jsou v tomto "systému" nejčastěji chováni především zástupci jelenovitých (čeleď Cervidae Goldfuss, 1820) konkrétně jeleni evropští (*Cervus elaphus* Linné, 1758) a daňci evropští (*Dama dama* Linné, 1758). Velkou výhodou intenzivních chovů je možnost pravidelných dodávek zvěřinového masa během celého roku, lepší kontrola nad zdravotním stavem zvířat a s tím spojené nižší riziko přenosu chorob a v neposlední řadě i garance určité kvality co se týče hygieny při porážkách a následném zpracování (Bureš et al. 2017a). Zároveň jsou v tomto způsobu chovu zvěře obvykle využívány speciální krmné směsi a krmiva, které jsou navrženy tak, aby podporovaly rychlý růst a zlepšovaly kvalitu masa, což může v konečném důsledku díky své ceně a specifické kvalitě masa po chovatelské i ekonomické stránce plně konkurovat komerčnímu chovu masných plemen hospodářských zvířat (Mohelský 2017).

Na Novém Zélandě a v africkém kontinentě naopak trend konzumace masa nedomestikované zvěře v posledních letech kontinuálně roste. Na Novém Zélandu dokonce došlo díky restrukturalizaci živočišné výroby k převýšení počtu chovaných divokých zvířat (především druhem jelena wapiti *Cervus canadensis* Erxleben, 1777) nad zvířaty hospodářskými s celkovým stavem okolo 1,5 mil. kusů zvěře. Jelenovití se zde chovají způsobem polo-intenzivního chovu, kdy k výživě zvířat neslouží pouze venkovní pastva, ale i předem sestavená krmná dávka, obdobná jako u hospodářských zvířat. V Evropě podobné specializované farmy fungují například i v Anglii a Německu. Na rozdíl od afrického kontinentu nejsou v evropských podmínkách zvířata chována i pro trofejní účely, ale pouze pro maso, kdy jsou porážena zpravidla na jatkách (Steinhauser 2000).

I jihoafrické odvětví živočišné výroby díky chovu nedomestikované zvěře za posledních 15 let vykázalo stálý nárůst a nyní je šestým největším přispěvatelem do zemědělského odvětví dle hodnoty HDP (Carruthers 2008). Samotný chov zvířat je v místních podmínkách převážně extenzivní, tj. realizován na oplocených územích značné rozlohy, přičemž zvířata využívají převážně přirozenou pastvu a nejsou dokrmována. Zároveň díky systému oplůtků může chovatel korigovat účelné připravení vybraných jedinců, uplatňovat základní zootechnická opatření jako je například evidence zvířat či kontrola zdravotního stavu, popřípadě provádět veterinární úkony v rámci stáda (Bureš et al. 2017b). V tomto prostředí jsou poté zvířata i usmrcena střelnou zbraní ze značné vzdálenosti (takové, aby zvířata nezaregistrovala přítomnost člověka), což je dle RSPCA (2016) pravděpodobně nejméně stresující metoda porážky, pokud je provedena správně.

Konzumace masa nedomestikované, lovené zvěře v mnoha regionech Afriky dle studie Hoffman & Cawthorn (2012) zaujímá od 20 % do 90 % všech přijatých bílkovin živočišného původu. V Namibii je každoročně z farem odloveno na 3 milionů kusů (zhruba 6500 tun masa) nedomestikovaných zvířat, přičemž nejvíce loveným druhem je antilopa skákavá (*Antidorcas marsupialis* Zimmermann 1780), přímorožec jihoafrický (*Oryx gazella*, Linné 1758), kudu velký (*Tragelaphus strepsiceros*, Pallas 1766), buvolec káma (*Alcelaphus buselaphus caama* Geoffroy Saint-Hilaire 1803) a antilopa losí (*Taurotragus oryx* Pallas 1766) (Bureš et al. 2019; Hoffman & Cawthorn 2012).

### 3.1.2 Antilopa losí (*Taurotragus oryx*)

Antilopa losí (*T. oryx*) je jednou z největších afrických antilop (rod *Taurotragus*). Tento druh se vyskytuje především v jižní a východní části afrického kontinentu, v pásu přes Etiopii, jižní Kongo až do Jihoafrické republiky, v nadmořské výšce do 4 600 m n. m. (Estes 1993; Pappas 2002). Nejvíce přirozeným ekosystémem jsou pro ně otevřené savanové krajiny či lehce zalesněné oblasti. Žijí ve stádech v počtu okolo 20 jedinců, často i s jinými druhy antilop nebo kopytníků (nadřád Ungulata Linnaeus, 1766). Antilopa losí je dle červeného seznamu savců IUCN (IUCN 2016) zařazena mezi málo dotčené druhy (LC *least concern*) a její populační trend je s celkovým stavem okolo 136 tisíc volně žijících jedinců udáván jako stabilní.

Průměrně samci antilopy losí váží od 450 do 950 kg a měří okolo 160-180 cm v kohoutku. Samice bývají až o polovinu lehčí, kdy váží od 300 do 450 kg a nižší o zhruba 20 cm v kohoutku. Vzhledově tento druh vyniká dlouhými, rovnými, spirálovitými rohy, tukovým hrbem v oblasti kohoutku a typickým krčním lalokem, který je větší a výraznější u samců. Barva srsti je od tmavě hnědé po červenohnědou v závislosti na ročním období a věku zvířete, přičemž samci antilop mají tendenci se s přibývajícím věkem zbarvovat do modrošedé. *T. oryx* má na stranách těla od 2 do 15 příčných bílých pruhů, kdy přední pruhy jsou zpravidla zřetelnější než ty zadní (Pappas 2002). Obě pohlaví mají zároveň typickou černou skvrnu na zadní straně horní části předních končetin, která je od jiných poddruhů odlišuje a tmavý hřbetní pruh táhnoucí se po celém hřbetu zvířete (Posselt 1963) (viz Obr.1).

Ve volné přírodě se dožívají přibližně 15 let, v lidské péči to může být i okolo 25 let (Pappas 2002).



Obr. 1 - Samec antilopy losí (*T. oryx*) ze stáda ŠZP Lány (foto autorka DP).

### 3.1.3 Chov antilopy losí

Afričtí kopytníci mají velký potenciál pro produkci vysoce kvalitního zvěřinového masa. Tato skutečnost je již dlouho známa. Byla široce diskutována a shrnuta ve studii Von La Chevallerie z roku 1970. Existuje ale i celá řada dalších studií, které se věnovaly možnostem chovu antilopy losí v zajetí (Van Zyl 1962; Posselt 1963 nebo Skinner 1967).

Antilopa losí je považována za potravní oportunistu (anglicky *mixed feeders*), což jí umožňuje využívat jak potravní strategii okusovačů (anglicky *greezers*), tak i spásačů (anglicky *browsers*). Hofmann (1989) ve své studii zmiňuje, že spásači konzumují zpravidla větší množství jednoděložných rostlin s vyšším zastoupením vlákniny a okusovači spíše dvouděložné rostliny s vyšší koncentrací živin. Antilopa losí jakožto potravní oportunista tak dokáže “přepnout” mezi zmíněnými potravními strategiemi s přizpůsobením se na aktuální roční období či dostupné složení pastvy. Díky tomu je tento druh vhodný i pro společné hospodaření s dalšími hospodářskými zvířaty jako je skot nebo ovce. Mohou tak společně využívat například i bývalé pastviny degradované dřevinnou vegetací (Hofmann 1989). Ve srovnání s tradičními druhy hospodářských zvířat je antilopa losí také tolerantní k rostlinným toxinům a taninům, což umožňuje chovatelům využívat i rostliny, které by jinak dobyt看em spásány nebyly (Hejmanová et al. 2020).

Zároveň nemají antilopy losí v porovnání s hospodářskými zvířaty takové nároky na dostupnost vody, pokud mají možnost ji získávat z potravy. Díky nezávislosti na pravidelnému přísunu vody je tak tento druh vhodný i do oblastí suchých nebo semiaridních (Posselt 1963).

Další pozitivním aspektem chovu antilop losích je i fakt, že jsou tyto původní, divoké druhy zvířat obecně lépe adaptovatelní na nové prostředí, vůči chorobám (Watson & Owen-Smith 2000) a na tepelnou nebo chladovou zátěž (Kotrba et al. 2007). Vynikají také, oproti jiným africkým kopytníkům, svým relativně klidným temperamentem v případě chovu v zajetí (Needham et al. 2019), což dokazuje i fakt, že byla antilopa losí organizací FAO doporučena jako druh vhodný k domestikaci (Scherf 2000).

## Složení masa

### 3.1.4 Definice masa a jeho spotřeba

Jako maso jsou dle evropské legislativy označovány všechny jedlé části získané ze zvířat (skotu, prasat, ovcí, drůbeže, ale i ryb a bezobratlých) farmově chovaných i volně žijících, sloužící k lidské výživě. Po nutriční stránce je maso bohatým zdrojem vysoce hodnotných bílkovin, tuků včetně omega-3 polynenasycených mastných kyselin, zinku, železa, selenu, draslíku, hořčíku, sodíku, vitamínu A, vitamínů B-komplexu a kyseliny listové (Pereira & Vincente 2013).

Přestože existují některé studie, které poukazují na možný vztah mezi spotřebou masa a zvýšeným rizikem kardiovaskulárních onemocnění, různých forem rakoviny a metabolických poruch, jeho role v evoluci lidského druhu, konkrétně ve vývinu mozku a intelektuálním vývoji není zanedbatelná (Pereira & Vincente 2013).

Celková spotřeba masa v České republice byla v roce 2021 86 kg masa na osobu. Nejvíce zastoupeným druhem bylo s hodnotou 44,6 kg maso vepřové, po něm každoročně na oblibě vzrůstající maso drůbeží s 29,4 kg a hovězí s 8,7 kg na osobu za rok. Spotřeba zvěřiny se s po několik let neměnicí hodnotou okolo 1 kg stále považuje za druh masa, který českými strávníky není příliš vyhledáván (ČSÚ 2021). To je v porovnání s evropským průměrem celkové spotřeby masa, který se dle Ritchie at al. (2017) pohybuje okolo 80 kg, podobné. Bylo zároveň dokázáno, že ženy zpravidla konzumují méně zvěřiny a masa celkově než muži. Nejvyšší spotřeba masa ve světě je pak v Jižní Americe, Austrálii a na Novém Zélandě, kde roční spotřeba masa překračuje 120 kg na osobu (Tab. 1; Colmenero et al. 2012)

Tab. 1 – Celková spotřeba masa (g/den) v Evropě a v celková spotřeba červeného masa v jiných částech světa (Colmenero et al. 2012).

Pozn. - Celková spotřeba masa v Evropě zahrnuje jak maso červené (vepřové, hovězí, telecí, jehněčí, skopové), drůbeží (kuřecí, krůtí, husí, kachní), tak i maso z jiných druhů zvířat (zvěřinové, králíci, kozi, koňské) včetně vnitřností a zpracovaných masných výrobků.

Country	Total Meat		World Region	Red Meat	
	Men	Women		Men	Women
Denmark	141.1	88.3	North America	85.9	57.7
Germany	154.6	84.3	Argentina, Uruguay, Paraguay	168.1	122.0
Greece	78.8	47.1	North Africa	30.0	21.7
Italy	140.1	86.1	Sub-Saharan Africa	20.7	15.0
Netherlands	155.6	92.7	Australia, New Zealand	125.7	84.1
Spain	170.4	99.2	Middle East Asia	21.6	15.7
UK	108.1	72.3	Southern Europe	59.0	43.7

### **3.1.5 Chemické složení masa**

Přesné chemické složení masa zvířat se může značně lišit, a to v závislosti na druhu, plemeni a pohlaví zvířete, složení krmné dávky či anatomickém umístění a funkci daného svalu. Obecně se však udává, že je svalová tkáň tvořena přibližně v 72-75 % vodou, 21 % dusíkatými sloučeninami (19 % bílkovinami a 1,5 % nebílkovinnými dusíkatými sloučeninami jako jsou volné AMK, nukleotidy, peptidy), 2,5-5 % tuky a ve zbývajících 1-3 % sacharidy, minerálními látkami a vitamíny (Warris 2000).

#### **3.1.5.1 Voda**

Voda je jednou z nejdůležitějších složek všech potravin. Obecně se dle obsahu vody ve výrobku dají výrobky rozdělit na tři základní typy, a to potraviny podléhající rychlé zkáze (s obsahem vlhkosti více než 70 %), nepodléhající přímé zkáze (s obsahem vlhkosti kolem 50-60 %) a trvanlivé (s méně než 15 % vlhkosti). Čím vyšší je obsah vody v potravine, tím nižší je trvanlivost výrobku, protože se tím zvyšuje schopnost mikroorganismů růst a množit se (Ahmad et al. 2018). Maso lze (s obsahem vody >70 %) řadit mezi potraviny podléhající rychlé zkáze, což má negativní dopad nejen na trvanlivost, ale i na další kvalitativní atributy jako je barva, textura a chuť. Tukové tkáně obsahují méně vody oproti tkáni svalové, tudíž pokud má zvíře vyšší množství tuku, bude mít nižší obsah vody v těle a naopak (Ahmad et al. 2018).

Voda obsažená v masu se zpravidla rozděluje na vodu volnou a vázanou. Zatímco volná voda se nachází mezi svalovými vlákny a během tepelného opracování se snadno uvolňuje, voda vázaná je, jak už z názvu vyplývá, pevně vázána na bílkoviny masa a je obtížnější ji odstranit. Schopnost masa zadržovat vodu (neboli vaznost masa) pak může být ovlivněna narušením samotných svalových vláken při zpracování (krájení, mletí, solení, tepelnou úpravou, zmrazováním nebo rozmrazováním), enzymatickým nebo chemickým rozkladem tkání či změnou pH (Warris 2000; Kamruzzaman et al. 2016).

#### **3.1.5.2 Bílkoviny**

Bílkoviny jsou hlavní složkou svalových vláken, vytvářejí svalovou hmotu a umožňují jejich funkčnost. Jsou to přirozeně se vyskytující komplexní dusíkaté sloučeniny s vysokou molekulovou hmotností skládající se především z dusíku, uhlíku, vodíku a kyslíku. Rozdělují



se zpravidla do třech skupin, a to podle svého umístění v jednotlivých svalových strukturách, rozpustnosti ve vodě a v solných roztocích (Kameník 2014).

Myofibrilární bílkoviny tvoří více než polovinu všech bílkovin obsažených v mase (Kameník 2014). Nejvíce zastoupenými látkami jsou aktin, myosin, tropomyosin a troponin, v menším množství jsou zde přítomny i další minoritní proteiny spojené s myofibrilou. Myofibrilární bílkoviny jsou rozpustné v ředěných roztocích solí, ale ve vodě se nerozpouštějí. Jejich hlavní funkcí je řízení svalové kontrakce, kdy se významně podílejí i na postmortálních změnách, čímž ovlivňují technologické vlastnosti finálního produktu. Mezi sarkoplazmatické proteiny náleží myoglobin, hemoglobin, cytochromové proteiny a široká škála endogenních enzymů. Tyto bílkoviny tvoří zhruba třetinu z celkového množství svalových bílkovin a jsou rozpustné nejen v roztocích s nízkou koncentrací solí, ale i ve vodě. Myoglobin se skládá z globulární proteinové části (globin) a neproteinové části zvané hem. Hemová část pigmentu hraje zásadní roli v barvě syrového i tepelně upraveného masa, kterou určuje oxidační stav železa (Kameník 2014; Steinhauser 2000). Nejméně zastoupenou skupinou s celkovým podílem 10-15 % jsou bílkoviny stromatické (Kameník 2014). Nejsou rozpustné ve vodě ani v solných roztocích. Zásadní význam v této skupině bílkovin mají kolagen a elastin. Jsou zodpovědní nejen za poskytování strukturální podpory svalům, šlachám, vazům a dalším pojivovým tkáním u zvířat, ale mohou ovlivnit i texturu, šťavnatost a vláknitost tepelně opracovaného masa (Steinhauser 2000).

Procento proteinové složky se u různých druhů mas značně liší. Obecně se uvádí procentuální poměr bílkovin v syrovém mase okolo 22 %, ale hodnota se může pohybovat od 12,3 % v kachním mase až k téměř 35 % v případě kuřecích prsou (Ahmad et al. 2018). Tepelně upravené maso obsahuje v porovnání se syrovým masem bílkovin více, a to v případě červeného masa okolo 28-36 g/100 g. Je to způsobeno tím, že se tepelnou úpravou snižuje obsah vody a živiny více koncentrují (Williams 2007).

Bílkoviny obsažené v mase v porovnání s bílkovinami získanými z rostlinných produktů vynikají díky své vyšší stravitelnosti a vysokém obsahu všech esenciálních aminokyselin (Williams 2007). Toto tvrzení potvrzuje i studie Schaafsma (2000), která zároveň dodává, že hovězí maso má metodou pro hodnocení bílkovin - PDCAAS (*protein digestibility-corrected amino acid score*) skóre přibližně 0,9 ve srovnání s hodnotami 0,5-0,7 pro většinu rostlinných bílkovinných zdrojů (Schaafsma 2000). Z neesenciálních aminokyselin je v nejvyšším množství přítomna aminokyselina glutamová (glutamin) (16,5 %), dále arginin, alanin a kyselina asparagová (Williams 2007).

Maso zvěřiny má obecně nízké hladiny tuku, takže obsah bílkovin má tendenci být odpovídajícím způsobem vyšší než v případě masa s vyšším obsahem tuku (Hoffman & Cawthorn 2012). Obsah aminokyselin v těle skotu vs. v těle antilopy losí porovnávala studie Bartoň et al. (2014), která došla k závěru, že mezi druhy se obsahy aminokyselin statisticky nelišily (Tab. 2). Výjimkou byl histidin, který byl vyšší ( $P = 0,049$ ) u antilop.

Tab. 2 – Srovnání obsahu AMK (v g/ 1 kg masa) měřené na *longissimus lumborum* u antilop a skotu (Bartoň et al. 2014).

Amino acid	Eland	Cattle	SEM	P-value
	(n = 6)	(n = 6)		
	LSM	LSM		
<i>Essential</i>				
Arginine	15.53	14.22	0.545	0.120
Histidine	9.62	8.79	0.263	0.049
Isoleucine	10.27	10.28	0.223	0.980
Leucine	19.70	19.87	0.562	0.835
Lysine	20.97	21.57	0.851	0.633
Methionine	3.70	3.42	0.286	0.506
Phenylalanine	8.38	8.27	0.198	0.685
Threonine	10.10	10.55	0.302	0.319
Valine	11.55	11.38	0.355	0.754
<i>Non-essential</i>				
Alanine	12.99	13.73	0.447	0.269
Aspartic acid	21.69	22.59	0.854	0.472
Cysteine	3.09	2.80	0.264	0.451
Glutamic acid	30.55	32.19	0.807	0.181
Glycine	8.92	9.65	0.266	0.083
Proline	7.56	8.05	0.185	0.092
Serine	8.19	8.75	0.247	0.143
Tyrosine	8.80	8.89	0.259	0.807

### 3.1.5.3 Tuky

Tuky jsou jednou ze tří hlavních živin a jednoznačně náleží mezi nezbytné složky lidské potravy. Jsou významným zdrojem energie a dalších látek jako jsou esenciální mastné kyseliny, vitaminy rozpustné v tucích, antioxidanty atd. Jedná se o přirozeně se vyskytujících nízkomolekulární organické látky, které se vyznačují svojí lipofilitou a hydrofóbností. Kvantitativně nejdůležitější zdroj (okolo 90 %) lipidů z tukové tkáně představují triacylglyceroly označované jako tuky neutrální nebo zásobní, které jsou zodpovědné za ukládání energie. V menším množství jsou pak v tukové tkáni masa přítomny také tuky strukturální – fosfolipidy, zajišťující výstavbu buněčných membrán a doprovodné látky jako je například cholesterol (Steinhauser 2000; Kameník 2014). Tento z nutričního hlediska významný zástupce sterolů tvořící stěny buněk je zároveň prekurzorem steroidních a pohlavních hormonů (Steinhauser 2000). Obsah cholesterolu v maso a masných výrobcích závisí na mnoha faktorech, ale průměrně se udává okolo 75 mg na 100 g porci, s výjimkou některých druhů vnitřností (srdce, ledvin či mozku), ve kterých je jeho koncentrace mnohem vyšší. Odhaduje se, že maso naplňuje denní příjem cholesterolu zhruba z jedné třetiny až poloviny (Colmenero et al. 2012)

Tuk lze, dle umístění na těle zvířete, rozdělit na čtyři základní typy: zásobní, podkožní, vnitrosvalový (intramuskulární) a mezisvalový (intermuskulární) (Kameník et al. 2014). Pro senzorycké vlastnosti masa má zvláštní význam tuk intramuskulární, který je zodpovědný za tzv. mramorování masa. Studie Frank et al. (2016) dokazují, že vyšší hladina intramuskulárního tuku v hovězím maso měla pozitivní vliv na jeho křehkost, chuť a šťavnatost. V mnoha zemích světa je proto hovězí maso s vyšší intenzitou mramorování považováno za kvalitnější než maso libové a na trhu se tak pohybuje s vyšší cenou (Warris 2000).

I když je tuk v potravinách nezbytným zdrojem energie a základních živin, je nutné jej konzumovat s mírou, kvůli jeho vlivu na možné zdravotní komplikace. Existuje stále více studií prokazujících souvislost mezi tukem v potravě (celkovým, obsahem nasycených mastných kyselin, cholesterolu) a chronickými poruchami jako je ischemická choroba srdeční, některé typy rakoviny či obezita (WHO 2003; Williamson et al. 2005; EFSA 2010 a další). Dle doporučení WHO (2003) by příjem tuků měl tvořit mezi 20 % a 30 % celkové energie z přijaté stravy, přičemž příjem nasycených mastných kyselin (SFA) by neměl překročit hranici 10 %. Zároveň by množství polynenasycených mastných kyselin (PUFA) mělo z celkového denního příjmu tuků tvořit 6-10 % s preferencí pro poměr n-6 : n-3 ideálně 3 : 1,

mononenasyčené mastné kyseliny (MUFA) by měly tvořit 10-15 % a transmastné kyseliny (TFA) by neměly překročit 1 %. Pro udržení zdravé hladiny cholesterolu by podle WHO (2003) měl být i denní příjem cholesterolu omezen, a to na 300 mg.

V hovězím mase tvoří nasycené mastné kyseliny (SFA) zhruba 40-50 % celkového obsahu mastných kyselin, přičemž přibližně polovinu nasycených mastných kyselin tvoří kyselina palmitová (16:0) a třetinu kyselina stearová (18:0). Obsah polynenasycených mastných kyselin (PUFA) se pohybuje od 11 % do 29 %, přičemž některé studie dokazují, že maso pocházející ze zvířat volně žijících nebo krmených na pastvě je lepším zdrojem omega-3 MK než maso intenzivně chovaných zvířat krmených pouze zrnem (Wood et al. 2004; Davidson et al. 2011). Mezidruhově popisuje Williams (2007) rozdíly i mezi masem hovězím a jehněčím, které obsahovalo více omega-3 MK než maso kuřecí či vepřové (viz Tab. 3; Williams 2007). Ke stejnému závěru jako Davidson et al. (2011) došli i Bartoň et al. (2014), kteří porovnávali složení masa skotu a antilopy losí se závěrem, že vyšší podíly ( $P < 0,001$ ) n-3 MK byly zjištěny u antilop, i přes to, že celkové obsahy PUFA byly mezi druhy podobné ( $P > 0,05$ ) (Bartoň et al. 2014).

Pro zlepšení obsahu tuku v mase po nutriční stránce by se mělo jednak dbát na snížení celkového tuku a cholesterolu, ale i na snížení a úpravu profilů mastných kyselin se zaměřením se na zvýšení podílu omega-3 MK, které jsou ve stravě dnešní populace často zanedbávané (Howe & Meyer 2006).

Tab. 3 - Profil mastných kyselin syrového libového masa (g/100 g porci) (Williams 2007).

Fatty acid	Beef <sup>(a)</sup>	Veal <sup>(a)</sup>	Lamb <sup>(a)</sup>	Mutton <sup>(a)</sup>	Skinless chicken <sup>(b)</sup>	Lean pork <sup>(c)</sup>	White fish <sup>(d)</sup>	Oily fish <sup>(e)</sup>
C14:0	0.096	0.034	0.101	0.060	0.020	0.010	0.020	0.680
C15:0	0.012	0.006	0.016	0.011	0.000	0.000	0.000	0.070
C16:0	0.607	0.215	0.842	0.667	0.340	0.250	0.180	2.170
C17:0	0.028	0.009	0.051	0.036	0.010	0.000	0.000	0.050
C18:0	0.356	0.119	0.644	0.609	0.120	0.130	0.050	0.350
Total saturated	1.149	0.409	1.730	1.464	0.500	0.400	0.300	3.320
C14:1	0.025	0.007	0.004	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
C16:1	0.082	0.033	0.066	0.039	0.004	0.030	0.060	0.590
C18:1	1.103	0.356	1.995	1.370	0.620	0.390	0.110	2.190
C20:1	0.015	0.048	0.010	0.011	0.010	0.010	0.010	1.340
Total monounsaturated	1.205	0.399	2.066	1.413	0.700	0.430	0.200	5.390
C18:2 ω-6	0.204	0.090	0.321	0.339	0.210	0.120	0.010	0.250
C18:3 ω-3	0.048	0.022	0.072	0.107	0.010	0.010	0.000	0.130
C20:3 ω-6	0.020	0.012	0.009	0.009	0.008	0.003	0.000	0.000
C20:4 ω-6	0.076	0.056	0.094	0.101	0.030	0.019	0.040	0.050
C20:5 ω-3 (EPA)	0.031	0.028	0.028	0.044	0.005	0.000	0.048	0.913
C22:5 ω-3 (DPA)	0.051	0.033	0.044	0.053	0.009	0.006	0.021	0.194
C22:6 ω-3 (DHA)	0.006	0.003	0.013	0.020	0.009	0.004	0.111	1.118
Total polyunsaturated	0.448	0.259	0.603	0.673	0.300	0.200	0.200	2.655
Total ω-3	0.136	0.086	0.157	0.224	0.033	0.020	0.180	2.355
Total ω-6	0.300	0.244	0.424	0.449	0.258	0.148	0.050	0.250
Ratio ω-3/ω-6	0.45	0.36	0.37	0.50	0.13	0.14	3.60	10.42

#### **3.1.5.4 Minerální látky**

Minerální látky tvoří zhruba 1 % z celkového obsahu látek obsažených v mase a mají nejen nutriční, ale také technologický význam (Steinhauser 2000). Červené maso je pravděpodobně nejsnadněji dostupný zdroj hemového železa s vysokou biologickou dostupností, které v 100 g porci pokryje až 25 % denní potřeby dospělého člověka a které navíc napomáhá vstřebávání nehemového železa z jiných potravin (Colmenero et al. 2012). Právě nedostatek železa je v dnešní společnosti aktuálním tématem, jelikož deficitem je postižena zhruba čtvrtina světové populace jak v industrializovaných, tak i v průmyslových oblastech rozvojových zemí. Vyskytuje se ve všech socioekonomických stavech a věkových skupinách a postihuje zejména mladé ženy a děti (Williamson et al. 2005).

Další minerální látkou, která je v mase hojně zastoupena je zinek s hodnotou 2 až 5 mg/100 g, poskytující 20-40 % z celkového denního příjmu. Zároveň nutno dodat, že se zinek vstřebává ze stravy bohaté na živočišné bílkoviny lépe než z rostlinné stravy (Colmenero et al. 2012; Williamson et al. 2005).

Maso je také dobrým zdrojem selenu, pokrývající více než 20 % doporučené denní dávky v 100 g porci. Přesto však ve většině evropských zemí není v současnosti tohoto limitu dosahováno. Proto se na trhu objevují i živočišné produkty, které byly selenem ve stravě drůbeže a hospodářských zvířat obohaceny (Fisinin et al. 2009). Stejným způsobem je do masa a masných výrobků kvůli své nízké koncentraci fortifikován i vápník (Cáceres et al. 2006).

#### **3.1.5.5 Vitamíny**

Maso je významným zdrojem především vitamínů skupiny B – thiaminu (B1), riboflavinu (B2), niacinu (B3), kyseliny panthothenové (B5), pyridoxinu (B6) a kobalaminu (B12). Vitamin B12, vyskytující se pouze v potravinách živočišného původu, je důležitý k udržení zdravých nervových buněk a červených krvinek. Ve 100 g porci masa se do těla dostane zhruba 65 % doporučené denní dávky příjmu tohoto vitamínu (Colmenero et al. 2012), u ostatních vitamínů skupiny B je to přibližně 25 % doporučené denní dávky (Williams 2007).

Negativum u vitamínů skupiny B je, že při tepelném zpracování (jak konvenčním, tak mikrovlnným ohřevem) může dojít k jejich úbytku, a to zejména v případě vitamínu B1. K významným ztrátám lze dojít například v měřítku 15-40 % při vaření, 40-50 % smažením, 30-60 % pečením a 50-70 % při konzervování (Colmenero et al. 2012).

Vitamín A má schopnost zůstat stabilní i při teplotě 80 °C. Játra jsou vynikajícím zdrojem vitamínu A, který je důležitý pro zrak a imunitní funkce (Colmenero et al. 2012). Koncentrace vitamínu E, která je v mase přirozeně velmi nízká (a pouze v tukových tkáních), se v posledních letech zvyšují v důsledku fortifikace krmné dávky zvířat. Doplněk stravy pro hospodářská zvířata s vitamínem E ( $\alpha$ -tokoferol), výrazně převyšující fyziologické hladiny (akumulace závisí na druhu, svalových vlastnostech, úrovni suplementace a délce trvání) má příznivý účinek na finální produkt, jelikož bylo prokázáno, že snižuje oxidaci lipidů a oxidaci myoglobinu v mase (Lynch & Kerry 2000).

#### **3.1.5.6 Extraktivní látky**

Látky se označují jako extraktivní, pokud se při teplotě 80 °C a vyšší uvolňují (neboli extrahují) do vody. Jedná se především o rozkladné produkty ATP (kyselina inosinová, inosin, ribosa), peptidů (karnosin, glutathiol), glykogenu (kyselina mléčná) a aminokyselin (glutamin, kyselina glutamová). I přestože se tyto látky v mase vyskytují v malých množstvích, hrají významnou roli při tvorbě typické chuti a vůně masa a masných výrobků, zejména v průběhu postmortálních změn (Steinhauser 2000).

## Tepelná úprava masa

Maso je tepelně opracovááno nejen ke zlepšení nutričních a organoleptických vlastností, ale hlavně k zajištění bezpečnosti potravin inaktivací patogenních mikroorganismů a enzymů (Pathare & Roskilly 2016). Zásadní úlohou je správné určení bodu, kdy je maso právě dostatečně tepelně opracovááno. Evropská rada pro informace o potravinách (EUFIC 2017) doporučuje maso a masné výrobky tepelně opracovat do dosažení vnitřní teploty (minimálně) 72 °C po dobu alespoň 2 minut. V praxi však častěji dochází k tomu, že je maso zahříváno nadměrně (Pipek 1995), což vede k velkým hmotnostním ztrátám, ztrátám aminokyselin či k syntéze toxických látek nebo sloučenin, které mají negativní vliv na barvu, chuť nebo texturu masa (Schwartz et al. 2022).

Tradiční způsoby tepelné úpravy lze rozdělit do dvou kategorií podle přítomnosti či absence vody v teplotném médiu, a to na způsoby mokré a suché (Macharáčková 2021). Každý má své výhody a nevýhody. Například vaření může být ideální pro houževnaté kusy masa, ale vyžaduje delší dobu přípravy a způsobuje větší ztrátu vitamínů a minerálů rozpustných ve vodě (Sobral et al 2018). Výsledné fyzikální, chemické a organoleptické parametry tepelně opracovaného masa pak závisí na teplotě a době úpravy, koeficientu přenosu tepla topného média, formě přenosu tepla, povaze vařeného produktu a jeho velikosti. Zároveň nutno podotknout, že maso je heterogenní struktura se značnými rozdíly v chemickém složení (obsahu vody, bílkovin, tuků a mikrosložek) (Schwartz et al. 2022), což znesnadňuje dosažení rovnoměrného rozložení tepla. Zpravidla přitom platí, že tučné části masa nevedou teplo stejnou rychlostí jako čistá svalová tkáň, která se oproti tukové tkáni ohřívá rychleji (Sobral et al. 2018).

### 3.1.6 Suché způsoby

Za suché způsoby tepelného opracování masa bývají označovány takové úpravy, které využívají k přenosu tepla suché médium bez použití vody nebo jiných tekutin (kromě tuku) jako jsou pečení, grilování či smažení (Pipek 1995).

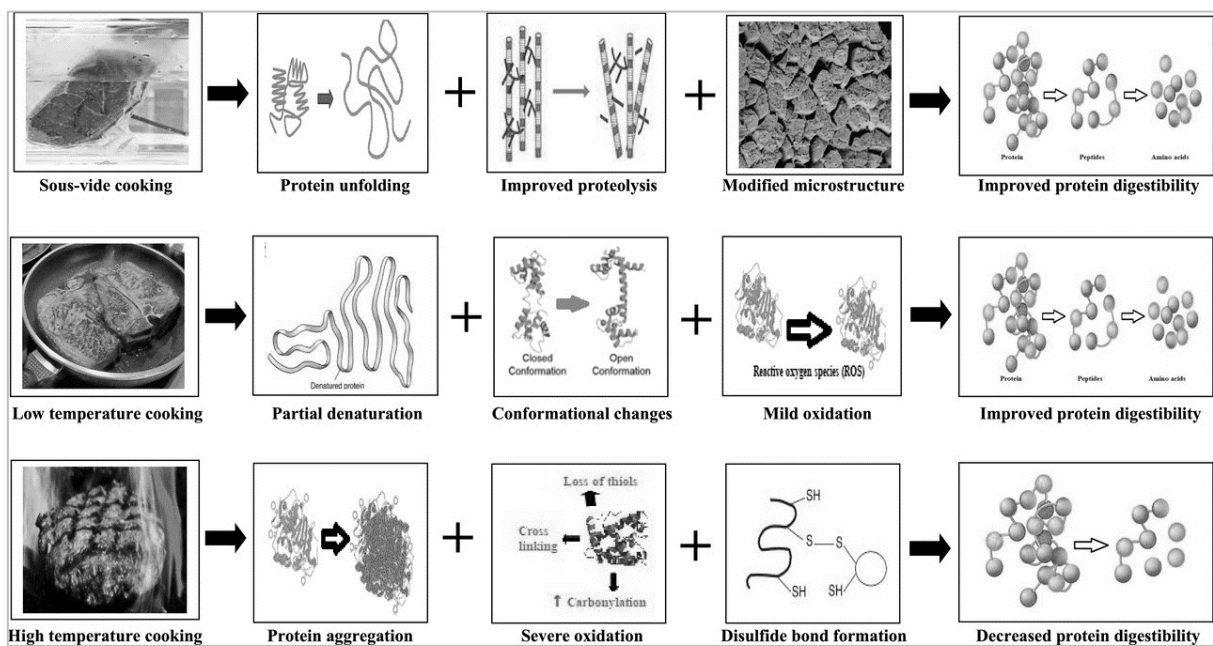
Pečení je metoda tepelné úpravy masa v suchém prostředí, kde se teplo přenáší na povrch masa a masných výrobků pomocí konvekce horkého vzduchu. Obvykle se používají teploty v rozmezí 150 až 250 °C (Pathare & Roskilly 2016), přičemž doba potřebná k dostatečnému opracování závisí na hmotnosti a velikosti pečeného kusu (Bhat et al. 2021). Vyšší teploty vedou k vyšší rychlosti ohřevu, což snižuje celkové ztráty masa a zlepšuje kvalitativní vlastnosti a mikrobiální bezpečnost. Zároveň ale dochází k urychlení změn ve struktuře bílkovin,

a to k rychlejšímu smrštění kolagenu, dehydrataci bílkovin či denaturaci myofibrilárních bílkovin, což může mít významný dopad na jejich stravitelnost (Pathare & Roskilly 2016; Bhat et al. 2021; Obr. 2). Ztráty při pečení pak vznikají zpravidla odpařením vlhkosti z povrchu masa nebo vytečením malého množství tuku (Pipek 1995).

Grilování zahrnuje aplikaci suchého tepla přímo (otevřený plamen, dřevěné uhlí, plyn či infračervené záření) na povrch masa shora, zespodu nebo ze stran (Bhat et al. 2021). Ve srovnání s pečením, což je metoda pomalého vaření, která využívá horký vzduch uvnitř trouby (nízký nepřímý žár), je grilování metodou rychlého opracování zahrnující intenzivní přímé teplo. Při grilování se nejčastěji využívají teploty 260 °C a vyšší po dobu 5-10 minut, v závislosti na použitém řezu a jeho tloušťce. Tento způsob úpravy dodává masu specifickou chuť a vůni, připisovanou různým složitým reakcím a velkému množství těkavých sloučenin jako jsou karbonyly, aldehydy a meziproducty Maillardovy reakce (více viz *Změny související s tepelnou úpravou masa* – podkapitola 3.1.12 *Aroma a chuť*). Jako v případě pečení, i v tomto případě je maso vystaveno vysoké teplotě, což vyvolává několik modifikací svalových bílkovin jako je denaturace, karbonylace, tvorba disulfidových vazeb a zasíťování (Silva et al. 2016), které mají potenciál ovlivnit jejich stravitelnost (Bhat et al. 2021; více viz Obr. 2).

Smažení je způsob tepelné úpravy za vysokých teplot, kdy se využívá jako médium horký olej nebo rozpuštěný tuk v přímém kontaktu s masem. Maso připravené tímto způsobem má křupavou strukturu a sensoricky atraktivní chuť a vůni, ale jako u jiných způsobů tepelných úprav (Bhat et al. 2021), i smažení vyvolává několik chemických a strukturálních změn jako je denaturace bílkovin, vysoká ztráta vlhkosti, oxidace bílkovin a tuků (Obr. 2) a produkci aromatických sloučenin (Silva et al. 2016), přičemž čím je vyšší teplota, tím se tyto procesy stupňují. Dle Pipek (1995) se při překročení teploty 130 °C v médiu začínají uvolňovat složky s nepříjemnou chutí a vůní a při 150 °C se silně zhoršuje jakost výrobku.





Obr. 2 - Mechanismy tepelného zpracování a jejich vliv na stravitelnost svalových bílkovin (Bhat et al. 2021).

### 3.1.7 Mokrý způsob

Při mokrých způsobech tepelného opracování se přenos tepla na maso uskutečňuje pomocí média s vysokým obsahem vody, což může být voda, pára či masový vývar. Tyto způsoby zahrnují vaření v horké vodě nebo v páře, dušení či metodu *sous-vide* a jsou vhodné i pro tužší kusy masa, protože vyžadují delší dobu vaření při nižších teplotách, což napomáhá rozrušení pojivových tkání. To je významná výhoda oproti předchozím suchým způsobům (Gil et al. 2022; Pipek 1995).

Vaření v horké vodě (při 100 °C) je nejtradičnější způsob tepelného opracování masa a je stále nejčastěji využívanou metodou v blízkovýchodní, čínské, japonské a thajské kuchyni. Menší kusy masa se obvykle vaří po dobu 25-30 minut při zachování teploty 72 °C v jádře (Bhat et al. 2021). Voda jako teplonosné médium má své výhody i nevýhody. Výhodou je poměrně snadné udržení konstantní teploty, nevýhodou je významné vyluhování extraktivních látek z masa do vodní lázně jako je tuk, minerální látky či vitaminy rozpustné ve vodě. Další nevýhodou je pak i nerovnoměrnost tepelného ohřevu (Pipek 1995).

Při dušení se využívá jak smažení na malém množství tuku vedoucí ke žadoucímú zhnědnutí povrchové vrstvy masa, tak i vaření za pomoci kondukce tepla z vodní páry. Kapalina, která později zkondenzuje na zmíněnou vodní páru, se získává buď samovolným uvolněním z připravovaného masa nebo se v malém množství k dílu přidává (tzv. „podlévání masa“) (Pipek 1995).

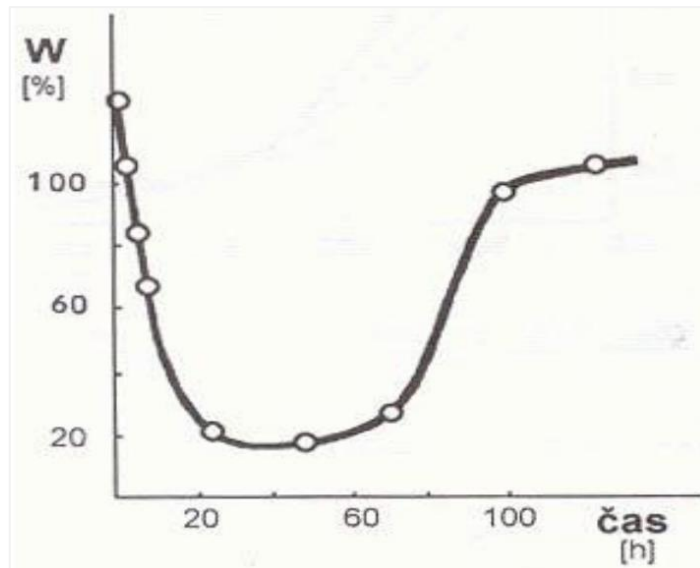
Vaření *sous-vide* je příkladem dlouhodobého nízkoteplotního způsobu (anglicky LTLT *low-temperature long-time cooking*) ohřevu syrového masa zabaleného do termostabilních potravinářských plastových sáčků a vařeného ve vodní lázni při stanovené teplotě, obvykle pohybující se od 50 °C do 85 °C (Gil et al. 2022). Ve srovnání s jinými konvenčními způsoby vaření vyžaduje metoda *sous-vide* kvůli nižší teplotě delší dobu ohřevu. Zároveň se ale se zmíněnou nižší teplotou minimalizuje teplotní gradient, což snižuje degradaci tepelně citlivých bílkovin a jiných látek, snižují se ztráty vařením, zachovává se šťavnatost a má to i pozitivní vliv na křehkost masa (Pathare & Roskilly 2016; Gil et al. 2022; Obr. 2). Tato metoda navíc snižuje barevné změny a tvorbu heterocyklických aromatických aminů v masě a masných výrobcích ve srovnání například se smažením na pánvi. *Sous-vide* maso má nejen lepší senzorní vlastnosti, ale i zachovalejší nutriční kvalitu (Gil et al. 2022). Stále častěji (zejména v gastro průmyslu) se používá k přípravě hovězího masa, jelikož pomáhá snižovat rozdíl v křehkosti produktů získaných od skotu různého věku a pohlaví a také různé doby zrání mas (Dominguez-Hernandez et al. 2018). Vaření ve vakuově uzavřených sáčcích je také vyzdvižováno pro svou schopnost zachovat si živiny a mikrobiologickou bezpečnost, zabránit oxidaci lipidů či zlepšit chuť a texturu způsobem, který konvenční tepelné úpravy nemohou poskytnout (Gil et al. 2022).

## Změny související s tepelnou úpravou masa

Tepelné úpravy masa jsou jednou z nejběžnějších metod zpracování syrového masa do požitelného stavu vedoucí k různým změnám ve svalovině (Schwartz et al. 2022). Změny vzniklé v mase v důsledku tepelného ohřevu určují konečnou kvalitu masa a lze je rozdělit na dva základní typy – fyzikální a chemické změny. Fyzikální změny v mase jsou modifikace ve strukturách tkání, které v konečném důsledku ovlivňují senzorycké vlastnosti masa, jako je vzhled, vůně, chuť a textura (Gómez et al. 2020). V rámci úprav dochází při teplotě denaturace ke konformačním a strukturálním změnám v proteinových systémech zahrnující přeměnu dobře definované, složené proteinové struktury do rozbaleného stavu (Tornberg 2005). Chemické změny jsou pak způsobeny molekulárními interakcemi, ke kterým dochází při tepelném ošetření. Zejména se jedná o denaturaci, gelovatění a hydrolýzu bílkovin, ovlivňující chutnost a nutriční hodnotu masa, a tím i vnímání spotřebitelů (Gómez et al. 2020).

### 3.1.8 Vaznost

Je dobře známo, že tepelné úpravy neovlivňují pouze strukturu bílkovin masa, ale také jeho vaznost, což je kvalitativní parametr, který má dopad na senzoryckou (křehkost a šřavnatost), technologickou (zpracování) a ekonomickou kvalitu masa (Hassoun et al. 2020). Vaznost, anglicky zkráceně WHC (*water holding capacity*), lze popsat jako schopnost masa vázat vodu sobě vlastní nebo přidanou, i když je vystaveno působením vnějších sil nebo jinému fyzikálnímu namáhání (zahřívání, mělnění, stlačení atd.) Vaznost masa a obsah vody v konečných produktech ovlivňuje řada vnitřních i vnějších faktorů. Z vnitřních faktorů jsou nejzásadnější genotyp a výživa zvířat, z vnějších stav před porážkou (lačnění, stres), ale i průběh posmrtných po porážce (významná převážně hodnota pH) (Cheng & Sun 2008). Vaznost masa je nejvyšší ihned po porážce a s přibývajícím časem, až do nástupu *rigor mortis* (posmrtné ztuhlosti), klesá. Je to dáno dostatečnou přítomností ATP a udržování myofibrilárních bílkovin (aktinu a myosinu) v disociovaném stavu. Při nástupu *rigor mortis* je hodnota vaznosti minimální, daná vznikem aktomyosinového komplexu, kdy svalovina ztrácí svoji pružnost a stává se tuhou. Průběh vaznosti během prvních pěti dní po porážce je zobrazen na Obr. 3 (Pipek 1995).



Obr. 3 – Průběh závislosti času (v hod) na míře vaznosti (v %) po porážce zvířete (Pipek 1995).

Ztráta odkapem se týká tekutiny, která se uvolňuje z čerstvého masa bez použití jiné mechanické síly. Nadměrné uvolňování vody odkapem v obalech je pro spotřebitele negativním ukazatelem kvality masa zejména proto, že způsobuje nepřítažlivou akumulaci vlhkosti v obalu, což může mít za následek sušší a tužší tepelně opracovaný finální produkt (Schwartz et al. 2022). Je obecně známo, že svalové proteiny mají tendenci denaturovat s klesajícím pH, což vede ke snížení schopnosti vázat vodu. Snížení svalového pH je způsobeno především anaerobní přeměnou glykogenu na kyselinu mléčnou. Naopak když má sval nízkou ztrátu odkapem, znamená to, že voda je v mase pevně vázána na bílkoviny (Warriss 2000; Tornberg 2005).

Ztráta vody tepelnou úpravou (anglicky *cooking loss*) je definována jako ztráta vody a rozpustných látek z masa během vaření nebo jiného tepelného ošetření (Aaslyng et al. 2003). Zvýšenou teplotou dochází k narušení myofibrilárních proteinů, které oslabí svalová vlákna a vazebné síly, což způsobí uvolnění vody ze svaloviny v důsledku příčného a podélného smrštění svalových vláken (Macharáčková et al. 2021; Warner et al. 2017; Cheng & Sun 2008). Zachycená voda, která je uvolněna z vláken, s sebou nese rozpustné sarkoplazmatické proteiny a aromatické sloučeniny (Schwartz et al. 2022). Ztráta vody vařením je zpravidla nepřímo úměrná konečnému pH a WHC masa. V důsledku toho se nižší pH a WHC (tj. vysoké ztráty odkapem) obvykle promítají do vyšších ztrát vařením (Aaslyng et al. 2003). Vzhledem k odlišnému podílu proteinů myofibrilární a pojivové tkáně ve svalech z různých anatomických oblastí se očekává, že různé svaly stejného zvířete nebo svaly různých zvířat budou mít i rozdílné hodnoty ztrát (Macharáčková et al. 2021).

### 3.1.9 Bílkoviny při tepelném procesu

Tepelné úpravy masa mohou způsobit různé strukturální a konformační změny v jeho proteinových složkách, jak už bylo zmíněno výše v textu (Tornberg 2005). Dvě hlavní změny během ohřevu jsou denaturace bílkovin a hydrolytická degradace exogenními nebo endogenními enzymy. Smrštění masa způsobené působením tepla je kombinovaný proces, který zahrnuje příčné smrštění (tj. kolmé ke směru) a podélné smrštění (tj. rovnoběžné se směrem) svalových vláken (Gómez et al. 2020). Podle Tornberg (2005) agreguje většina sarkoplazmatických proteinů mezi 40 °C a 60 °C, přičemž v první fázi, při teplotě okolo 55 °C, dochází především k smrštění mřížky myofilament a v druhé fázi pak k úplnému příčnému smrštění, a to mezi 60 °C a 62 °C (Tornberg 2005; Warner et al. 2017). Výsledkem denaturace a agregace myofibrilárních proteinů (aktinu a myosinu) je smrštění sarkomery a zrnitý vzhled masa (Schwartz et al. 2022).

Když se teplota masa zvýší na teplotu mezi 53 °C a 63 °C kolagen (bílkovina pojivové tkáně) se stáhne, což způsobí celkové stažení svalu (Tornberg 2005). Jak se doba vaření prodlužuje a teplota zvyšuje, více kolagenu se přeměňuje na želatinu, což na jedné straně působí na zkrěhnutí svaloviny, ale na druhé straně zvýšeným tepelným záhřevem denaturují myofibrilární proteiny vedoucí k ztuhnutí masa (Hassoun et al. 2020; Macharáčková 2022). Oba tyto účinky jsou závislé na době ohřevu a teplotě, přičemž se udává, že čas působení je důležitější pro změkčení kolagenu a teplota pro zpevnění myofibril. Zároveň množství kolagenu ve vzorku závisí na druhu a pohlaví zvířete, anatomickém umístění svalu a na tom, jak snadno se kolagen při tepelné úpravě masa rozpouští, což je ovlivněno převážně stářím zvířete (Schwartz et al. 2022).

### 3.1.10 Tuky při tepelném procesu

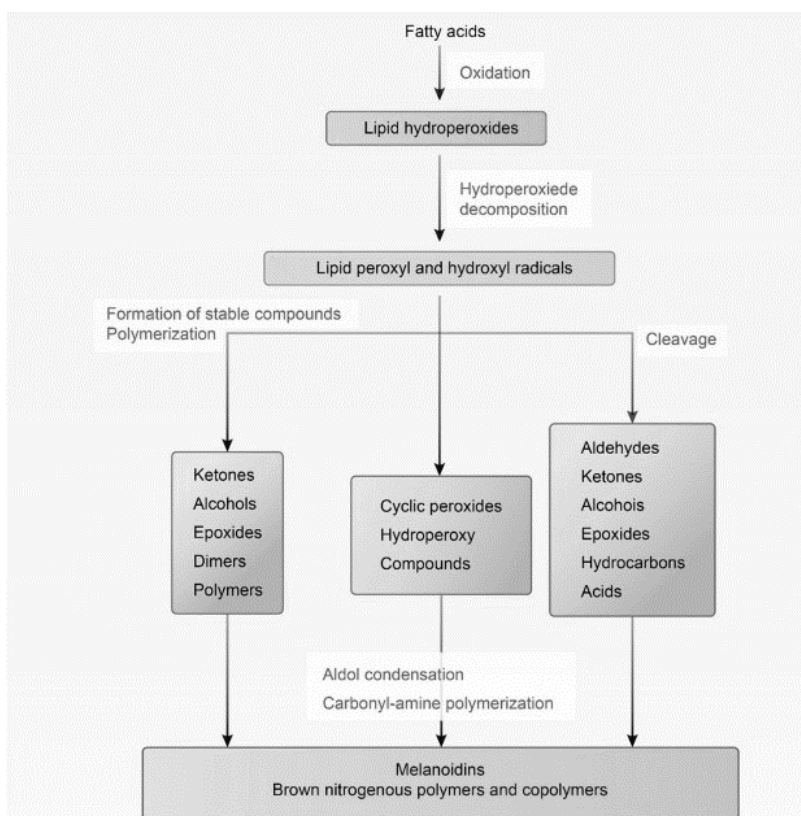
Tepelné ošetření masa významně ovlivňuje také obsah a složení lipidů, zejména pak složení mastných kyselin, které jsou výsledkem chemických reakcí jako je hydrolýza, polymerace a oxidace tuků (Badiani et al. 2002). Mastné kyseliny mají vliv jak na pevnost tukové tkáně, tak i na trvanlivost a chuť masa. Vliv MK na pevnost tukové tkáně je způsoben rozdílnými teplotami tání mastných kyselin v mase, kdy v řadě mastných kyselin 18C taje nejdříve kyselina stearová (18:0), a to při teplotě okolo 70 °C, a poté platí, že s zvyšující se hodnotou nenasycenosti bod tání klesá (Wood et al. 2004).

Badiani et al. (2002) ve své studii zjišťovali, do jaké míry mají metody tepelných úprav masa (podobné domácím podmínkám) vliv na změny v obsahu a složení tuku a mastných

kyselin. Výsledkem bylo, že ačkoliv se koncentrace většiny živin v důsledku ztráty vody vařením zvýšila, žádná významná změna ve složení mastných kyselin zaznamenána nebyla. Autoři Alfaia et al. (2010) zkoumající vliv vaření, mikrovlnného ohřevu a grilování na složení a nutriční kvalitu hovězího intramuskulárního tuku, avšak procentuální zvýšení SFA a MUFA a snížení PUFA v mase zaznamenali. Kromě toho se celkové lipidy v mase přímo úměrně zvyšovaly s dobou vaření a dosaženou vnitřní teplotou (Alfaia et al. 2010).

Teplota, způsob a délka vaření ovlivňují i produkci volných radikálů, což může vést k oxidaci tuků v mase. Jedná se o komplexní proces, při kterém se PUFA štěpí na hydroperoxydy a další primární oxidační produkty. Schopnost PUFA v mase se rychle oxidovat je důležitá pro zachování jeho trvanlivosti, kdy v případě oxidace tuků dochází ke žluknutí a zhoršení barvy (Wood et al. 2004). Po vytvoření primárních oxidačních produktů dochází k sekundárním reakcím, které zahrnují degradaci nestabilních hydroperoxidů a rozklad na další sloučeniny jako jsou například látky reaktivní s kyselinou thiobarbiturovou (testy detekce pomocí TBARS), a to především malondialdehyd a těkavé aromatické sloučeniny, které masu dávají typickou vůni a chuť (Huang & Ahn 2019; Sun et al. 2022) (Obr. 4).

Oxidace tuků ale nevede jen k tvorbě žádoucího aromatu masa, ale způsobuje i ztrátu nutričních a funkčních vlastností masa, zhoršuje barvu masa, a co nejnebezpečněji – může tvořit toxické sloučeniny (karcinogeny) (Huang & Ahn 2019; Hassoun et al. 2020).



Obr. 4 – Mechanismus oxidace tuku za vzniku masové chuti (Sun et al. 2022)

### 3.1.11 Barva

Barva je nejzásadnějším atributem spotřebitelské přijatelnosti při výběru syrového (výsekového) masa či tepelně upraveného masa a masných výrobků (Pathare & Roskilly 2016). Zodpovědný za barvu masa je sarkoplazmatický protein – myoglobin. V mase je přítomný ve třech formách – jako redukovaný deoxymyoglobin (deoxMb), oxymyoglobin (oxyMb) a metmyoglobin (metMb). Finální barva masa je pak vždy kombinací zmíněných forem (Kameník et al. 2014), přičemž obecně platí, že vyšší hladiny myoglobinu jsou ve svalech fyzicky aktivnějších (jako například u zvěřinového masa) a starších zvířat, což předurčuje jejich tmavší barvu masa (Warris 2000).

Během tepelného ohřevu se globinový protein denaturuje a urychlí se oxidace purpurově červeného deoxymyoglobinu nebo jasně červeného oxymyoglobinu na hnědý metmyoglobin v důsledku tvorby železitých hemichromů (Kameník et al. 2014). Hnědá barva masa je u vařeného masa, narozdíl od čerstvého masa, obvykle žádoucím atributem kvality (Pathare & Roskilly 2016). Studie Liu et al. (2013) dále doplňuje, že k výraznému snížení zarudnutí masa dochází již při teplotě okolo 50 °C a při přesažení hodnoty 80 °C je myoglobin zcela denaturován. Vnější zhnědnutí povrchu masa je pak kombinací neenzymatické Maillardovy reakce, dehydratace povrchu masa a karamelizace (Warris 2000). Maillardova reakce je složitá chemická reakce karbonylových sloučenin, zejména aminokyselin a redukujících cukrů, a typicky probíhá při teplotě 80 °C a vyšší (Sun et al. 2022).

### 3.1.12 Aroma a chuť

Při konzumaci masa jsou pro konzumenty nejdůležitějšími parametry chutnost a křehkost (Kameník 2014). Princip vzniku chuťového vjemu spočívá ve vazbě chuťově aktivních látek na receptory a následném přenosu vzniklého vzruchu do centrální nervové soustavy, kde je vzruch zpracováván a dále vyhodnocován. Pachem, popřípadě při negativním prožitku zápachem, jsou označovány organoleptické vlastnosti vnímané čichovým orgánem v nosní dutině. Příjemné vjemy se pak rozdělují na vůni (detekované nadechnutím nosem) a na aroma (detekované v nosní dutině, ale pocházející z dutiny ústní). Čichový smysl se při hodnocení potravin uplatňuje zároveň s chutí v komplexním vjemu, který se anglicky nazývá *flavour* (Kinclová et al. 2014; Elmore & Mottram 2009).

Během posmrtného zrání masa, procesů lipolýzy a proteolýzy se rozkládají velké molekuly bez chuti na menší aromatické sloučeniny, což má za následek změny v prekurzorech chuti v mase (Zhang et al. 2022). Degradované sloučeniny buď dodávají specifická aromata

a/nebo se stávají klíčovými prekurzory chutí, které ovlivňují složité biochemické reakce během tepelných úprav jako jsou: 1) tepelné degradace aminokyselin/peptidů, cukru, thiaminu, 2) Maillardova reakce, 3) oxidace lipidů či 4) interakce produktů obou těchto reakcí. Přehled základních prekurzorů masové chuti je zmíněn v Tab. 4 (Sun et al. 2022). Klíčovou roli při tvorbě výsledné chuti masa má nejen teplota ohřevu a konečná teplota masa, kdy různé těkavé látky se uvolňují při různých teplotách v závislosti na probíhajících biochemických reakcích (Van Ba et al. 2012; Zhang et al. 2022), ale i délka a typ použitého tepelného ošetření (Pathare & Roskilly 2016).

Streckerova degradace aminokyselin je další významnou reakcí při tepelné úpravě masa, při které aminokyseliny podléhají degradačním procesům (oxidační deaminaci a dekarboxylaci) v přítomnosti dikarboxylové sloučeniny vzniklé Maillardovou reakcí. Streckerovy degradační procesy vedou k tvorbě reaktivních a zpravidla sensoricky aktivních aldehydů a amoniaku (Van Ba et al. 2012).

Tab. 4 – Vybrané prekurzory masové chuti (vypracovala autorka DP podle Sun et al. 2022).

	Rozpustnost	Reakční dráha	Příklady chuťových prekurzorů
Lipidy	rozpustné v tucích	oxidace lipidů	kys. olejová, kys. linolová, kys. Linolenová
Sacharidy	rozpustné ve vodě	karamelizace, Maillardova reakce	ribóza, glukóza, xylóza, škrob, manóza, fruktóza, maltóza, manóza-6-fosfát
Thiamin	rozpustné ve vodě	Maillardova reakce, Streckerova reakce	glycin, lysin, alanin, valin, leucin, threonin, glutathion, inosin, inosinmonofosfát, inosin-5-monofosfát
Sloučeniny síry	rozpustné ve vodě	tepelná degradace AMK obsahující síru, Maillardova reakce	thioether, thion, polysulfid, thiokyanát, isothiokyanát, fenol, thifen, thiazol

### 3.1.13 Textura

Spotřebitelské vnímání celkové přijatelnosti masa a masných výrobků ovlivňují i texturní vlastnosti, které jsou s chutí úzce spojeny (Hassoun et al. 2020; Warner et al. 2017). Textura masa zahrnuje všechny vlastnosti masa, které jsou vnímány v ústech při mělnění sousta jako jsou křehkost, vláknitost, šťavnatost (obvykle spojená s vazností masa) a celková konzistence (Kameník et al. 2014).

Tepelná úprava může významně ovlivnit strukturu masa (Tornberg 2005; Hassoun et al. 2020; Macharáčková et al. 2021). Výsledná textura je dána především skladbou a množstvím bílkovin, konkrétně myofibrilárních, zajišťující kontrakční sílu svaloviny



a bílkovin pojivové tkáně zodpovědných zpravidla za pevnost v tahu. Samotné účinky tepelného zpracování na texturu masa závisí na různých faktorech jako je metoda ohřevu, teplota či doba tepelné úpravy (Tornberg 2005). Porozumění těmto faktorům může pomoci dosáhnout požadované textury a chuti tepelně upraveného masa. Zpravidla přitom platí, že zvýšení konečné vnitřní teploty masa vede ke zvýšeným ztrátám při vaření, a tím ke snížení křehkosti masa (Gómez et al. 2020).

Křehkost masa se dnes objektivně vyhodnocuje různými instrumentálními technikami, přičemž nejvíce používanými technikami jsou metody WBSF (*Warner–Bratzler shear force*) a analýza texturního profilu TPA (Hassoun et al. 2020). Korelace WBSF se senzorickým hodnocením křehkosti masa jsou skrze studiem značně variabilní s hodnotami korelace ( $r$ ) v rozmezí od -0,32 do -0,94. Důvodem variability dle Destefanis et al. 2008 může být typ použitého svalu, způsob přípravy a měření vzorku, podmínky tepelné úpravy (použitá metoda, doba opracování a konečná vnitřní teplota), samotný tvar použitého vzorku pro měření či typ senzorického panelu hodnotitelů.

Destefanis et al. (2008) ve své studii zároveň rozdělili hovězí maso do pěti skupin podle jeho křehkosti, a to maso velmi křehké ( $WBSF < 32,96 \text{ N}$ ), křehké ( $32,96 \text{ N} < WBSF < 42,77 \text{ N}$ ), přijatelně křehké ( $42,87 \text{ N} < WBSF < 52,68 \text{ N}$ ), tuhé ( $52,78 \text{ N} < WBSF < 62,59 \text{ N}$ ) a velmi tuhé ( $WBSF > 62,59 \text{ N}$ ). I přes mnohé výhody konzumace masa antilopy losí (*T. oryx*) je její maso, například v porovnání s masem hovězím, stále považováno za méně senzoricky atraktivní, a to právě kvůli své nízké křehkosti (Bartoň et al. 2014). Hodnota WBSF pro antilopu losí (*T. oryx*) ve studii Needham et al. (2020) nedosáhla hodnot nižších než 57 N, čímž by dle zmíněné kategorizace bylo označeno jako maso tuhé. Proto je potřeba se, pro zvýšení spotřebitelné popularity, na zvýšení křehkosti tohoto druhu masa zaměřit.

## II PRAKTICKÁ ČÁST

## 4 Materiál a metody

### Podmínky experimentu (chov, porážka a odběr vzorků)

Zvířata použitá v experimentech pocházela z přibližně padesátihlavého stáda antilop losích chovaných na Školním zemědělském podniku (ŠZP) Lány České zemědělské univerzity (50°7'41.704"N, 13°57'31.370"E), které se zde, pod přímým vedením Fakulty tropického zemědělství České zemědělské univerzity (FTZ ČZU) v Praze chovají od roku 2006. Prvních pět antilop losích (jeden samec a čtyři samice) se narodilo v ZOO ve Dvoře Králové jako pátá a šestá generace odchovaná v České republice po dovozu z Ugandy a Tanzanie, kterou v 70. letech 20. století zorganizoval Ing. Vágnér. Vlastní chov FTZ ČZU byl zahájen v roce 1998 na soukromé farmě BioTop Šidlov, ze kterého byla později zvířata převezena do Březové u Kutné Hory, kde jim bylo umožněno rozmnožování. Na jaře roku 2006 byla skupina čítající v té době již okolo 20 jedinců umístěna do nově vybudovaného areálu ŠZP Lány, ve kterém jsou dodnes.

Hlavním záměrem farmového chovu antilopy losí (*T. oryx*) je kromě demonstračních a výukových potřeb i optimalizace technologie farmového chovu z hlediska welfare i praktických chovatelských aspektů pro efektivnější hospodářské využití tohoto druhu do budoucna nejen v původních zemích Afriky, ale třeba i v České republice ([ftz.czu.cz](http://ftz.czu.cz)).



Obr. 5 – Chov antilop losích v ŠZP Lány (foto autorka DP).

Do experimentů bylo vybráno 6 samců, vyřazených z dalšího chovu, ve věku přibližně dvou let, kteří byli ustájeni společně s dalšími zvířaty ve stáji ve volných, slámou přistýlaných boxech a přístupem do výběhu o výměře 2,5 ha. Směsná krmná dávka, podobající se složením krmné dávce určené jalovicím mléčného skotu, byla sestavena z kukuřičné siláže, vojtěškové senáže, lučního sena, krmné slámy a doplňku jaderného krmiva a minerální směsi. Tato směs se připravuje a míchá v krmném voze a jednou denně se přiváží do stáje v množství 10 až 15 kg pro každé zvíře, kde je zvířatům k dispozici ad libitum.

Zvířata určená k porážce byla v dne 21.9.2022 omráčena upoutaným projektilem ve fixační kleci přímo ve výběhu (znázorněno viz Příloha I a II) dle stanovených veterinárních podmínek. Následovalo vykrvení, vykolení a převoz v chladicím voze na experimentální jatka Výzkumného ústavu živočišné výroby (VÚŽV) v Uhřetěvsi (50°1'32.139"N, 14°37'10.228"E).

Zde proběhlo jatečné opracování, zavěšení půlek za Achillovu šlachu (viz Obr. 6) do čtyř hodin od porážky a skladování při teplotě 2 °C po dobu 24 hodin. Druhý den proběhl technologický rozbor, během něhož byly ze všech půlek odebrány svaly *longissimus thoracis et lumborum* (LTL; česky označován jako nejdelší zádový sval, partie roštěnec), *biceps femoris* (BF; spodní šál) a sval *semitendinosus* (ST; váleček). Vzorokly těchto třech svalů, určené pro následný výzkum, byly vakuově zabaleny a skladovány při teplotě 4 °C dní, až do další analýzy za 14 dní.



Obr. 6 – Zavěšení za Achillovu šlachu (na fotografii v pozadí) jatečných půlek antilopy losí (Bureš et al. 2021).

## Fyzikální analýza

Po vyjmutí z obalu bylo změřeno pH (inoLab pH 730, WTW, Weilheim, Německo vybavený elektrodou SenTix SP) (Obr. 7) a barva u nakrájených plátků masa po expozici na vzduchu po dobu 45 min (spektrofotometr Konica Minolta CM700d, Osaka, Japonsko). Přístroj byl nastaven na denní osvětlení a měřicí štěrbinu měla průměr 8 mm. Výsledky byly vyjádřeny pomocí L\* (světlost), a\* (červenost) a b\* (žlutost) (CIE, 1971; Honikel, 1998).

Výsledná hodnota pro každý vzorek byla průměrem třech měření na různých místech řezu plátku svaloviny (Obr. 8).

Instrumentální tuhost vzorků nakrájených na hranoly o rozměrech 2×1×1 cm byla měřena na přístroji Instron 3365 (Canton, MA, USA) použitím Warner–Bratzlerova (WB) nože (Obr. 9). Střih probíhal napříč svalovými vlákny a rychlost střížné hlavy byla nastavena na 100 mm za minutu. Hodnota získaná pro jeden vzorek byla ve většině případech vypočtena jako průměr šesti stříhů.

Všechny tyto zmíněné parametry byly zaznamenány jak pro maso vařené (14 dní po porážce), tak pro maso tepelně opracované, které poté sloužilo pro senzoricou analýzu. Zároveň v rámci přípravy vzorků na senzoricou část výzkumu byly vzorky váženy před a po zmrazování/rozmrazování a tepelných úpravách, aby mohly být stanoveny podíly hmotnostních ztrát při jednotlivých procesech.



Obr. 7-9 – Měření fyzikálních vlastností masa (zleva: barvy pomocí spektrofotometru, tuhosti pomocí WB nože a přístroje Instron a pH pomocí pH metru) (foto autorka DP).



Obr. 10 – Sval *longissimus thoracis et lumborum* (LTL) (foto autorka DP).



Obr. 11 – Sval *semitendinosus* (ST) (foto autorka DP).



Obr. 12 – Sval *biceps femoris* (BF) (foto autorka DP).

## Chemická analýza

Analyzovanými parametry bylo stanovení podílu sušiny, obsahu bílkovin, intramuskulární tuku a popelovin. Přibližně 100 g vzorku z jednotlivých svalů (LTL, BF a ST), vyčleněných pro chemickou analýzu bylo později homogenizováno v potravinářském mlýnku a vysušeno v sušárně při teplotě 105 °C do konstantního úbytku hmotnosti. Rozdíl mezi počáteční a vysušenou (konečnou) hodnotou hmotnosti byl výsledek pro obsah sušiny.

Vysušené vzorky byly poté rozmělněny na prášek pomocí nožového mlýnku Grindomix GM 200 (Retsch, Haan Německo). Obsah bílkovin byl následně analyzován pomocí Kjeltec 2400 (FOSS Tecator AB, Höganäs, Švédsko). Systém FOSS Analytical AB využívá pro stanovení obsahu dusíkatých látek Kjeldahlovu metodu, která se skládá ze tří základních kroků: mineralizace, destilace a titrace. Vzorek byl nejprve mineralizován (Obr. 13) mokrou cestou v prostředí koncentrované kyseliny sírové, oxidačního činidla (převádějící uhlík na oxid uhličitý) a katalyzátoru za vysoké teploty (cca 420 °C). Během tohoto procesu se organicky vázaný dusík přítomný ve formě různých funkčních skupin převedl na amoniak, který zůstal vázán ve formě síranu amonného, dle rovnice: bílkovina + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (cit.vfu.cz). K mineralizovanému vzorku poté bylo přidáno 50 ml destilované vody a vloženo do Kjeltec 2400 (ve 2 opakováních u každého vzorku) k vyhodnocení (Obr. 14).



Obr. 13 – Mineralizace vzorku (foto autorka DP).



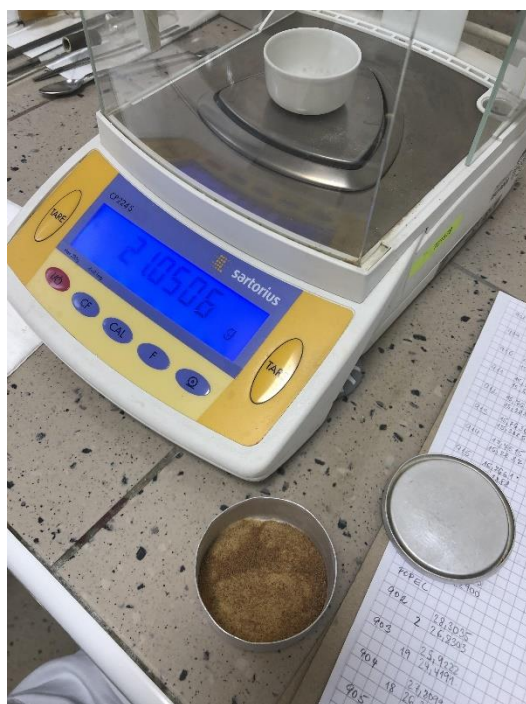
Obr. 14 – Stanovení obsahu bílkovin pomocí Kjeltec 2400 (foto autorka DP).

Intramuskulární tuk byl stanoven Soxhletovou metodou pomocí hexanu (Soxtec Avanti 2055, FOSS Tecator AB, Höganäs, Švédsko) (Obr. 15). Zhomogenizované vysušené vzorky byly v první fázi extrakce naplněny do extrakční patrony, utěsněny vatou a poté spuštěny do vroucího rozpouštědla (hexanu) a vařeny po dobu asi 40 minut. V druhé fázi se extrakční patrony vyzdvihly nad vroucí rozpouštědlo a nechaly se proplachovat hexanem zhruba 1 hodinu, aby se ze vzorku vymyly poslední stopy rozpustných látek. Poslední fáze, trvající okolo 15 min, spočívala v nasávání rozpouštědla přístrojem a odpařování všech látek kromě tuku, který se zachytil na dně nádoby (viz Obr. 16). Ten se poté analyzoval pro výsledné stanovení obsahu intramuskulárního tuku.



Obr. 15 – Stanovení obsahu intramuskulárního tuku pomocí Soxhlet Avanti 2055  
+ Obr. 16 – důkaz velmi nízkého obsahu tuku u antilopy losí (foto autorka DP).

Obsah popelovin byl analyzován spálením přibližně 1,5 g vzorku při 550 °C za použití elektrické pece (LAC L15/12, LAC, Židlochovice, Česká republika) po dobu 24 hodin. Na elektrických vahách poté byla změřena hmotnost vysušeného vzorku (s přesností na 4 desetinná místa; viz Obr. 17 a 18) a tato hodnota byla porovnána s hodnotou před spálením. Rozdílem těchto hodnot byl získán výsledek obsahu popelovin.



Obr. 17-18 – Stanovení obsahu popelovin (foto autorka DP).



## Senzorická analýza

Vzorky určené pro senzorickou analýzu byly tepelně opracovány třemi způsoby: a) vařené v plastovém sáčku ve vodní lázni předehřáté na 80 °C, b) pečené v plastovém pečicím obalu (Profissimo dm, Německo) nebo c) byly nakrájeny na 2 cm plátky a grilované na oboustranném sklokeramickém grilu (VCR 6l TL, Fiamma, Aveiro, Portugalsko) temperovaným na 200 °C do dosažení konečné vnitřní teploty 75 °C. Ta byla zjišťována vpichovým digitálním teploměrem (AD14TH, Ama-Digit, Kreuzwertheim, Německo).

a)

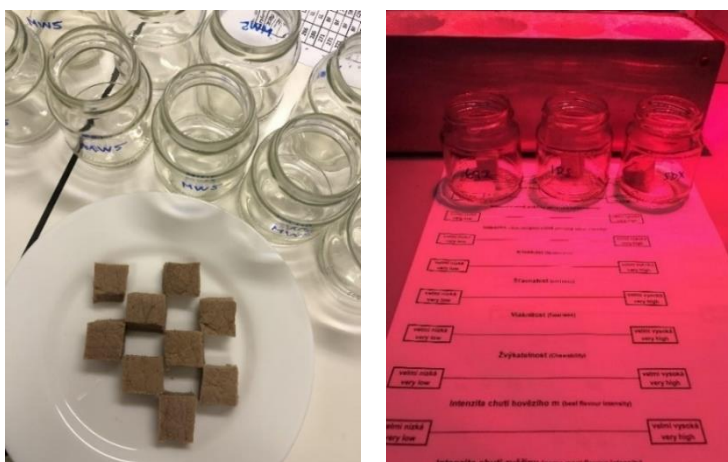
b)

c)



Obr. 19-21 – Použité tepelné úpravy v rámci výzkumu: a) vaření ve vodní lázni, b) pečení v pečicím obale a c) grilování (foto autorka DP).

Immediately after thermal treatment, the slices (cut from the edges) were cut into 2x2 cm cubes. The samples were then placed in glass jars labeled with a three-digit code in front (Obr. 22). Until the samples were presented to the assessors, they were stored in an oven at approximately 50 °C.



Obr. 22-23 – Ukázka tepelně opracovaných vzorků pro senzorickou analýzu (foto autorka DP).

Senzorická analýza byla realizována v průběhu třech samostatných dnů (seancí) v senzorické laboratoři VÚŽV v senzorických boxech vybavených potřebným nádobím včetně poskytnutého chleba a vody na zneutralizování chuti mezi jednotlivými vzorky. Rozlišování dle barvy znemožňovalo červené osvětlení boxu (viz Obr. 23). Deskriptivní senzorická analýza zahrnovala pro každý sval posuzování 18 vzorků předkládaných v rámci jedné seance v 6 setech (trojice vzorků stejného svalu a zvířete lišící se ve způsobu tepelného opracování) osmičlennému panelu trénovaných hodnotitelů posuzujících celkem 15 deskriptorů, jejichž charakteristika je uvedena v Tab. 5. Vzorky byly vyhodnocovány pomocí nestrukturované stupnice, která byla později převedena na číselnou řadu 0 až 100 pro snazší zpracování statistické analýzy. V každé ze tří seancí byly náhodně vybrány dva vzorky každého svalu, přičemž při hodnocení bylo zastoupeno maso každého ze šesti zvířat.

Tab. 5 - Popis senzorických deskriptorů použitých při posuzování organoleptických vlastností masa (vypracovala autorka DP).

Vlastnost	Způsob zhodnocení	Definice	Škála
Intenzita vůně hovězího masa	Před konzumací	Síla vůně typické pro vařené hovězí maso	0 = velmi nízká 100 = velmi vysoká
Intenzita vůně zvěřiny	Před konzumací	Síla vůně typické pro vařené hovězí maso	0 = velmi nízká 100 = velmi vysoká
Intenzita abnormální vůně	Před konzumací	Síla netypické vůně	0 = velmi nízká 100 = velmi vysoká
Křehkost	Po 2-3 kousnutích	Síla potřebná ke skousnutí vzorku stoličkami	0 = velmi tuhé 100 = velmi křehké
Šťavnatost	Po 3-5 kousnutích	Množství šťávy uvolněné ze sousta v průběhu kousání	0 = velmi suché 100 = velmi šťavnaté
Vláknitost	Po 5-10 kousnutích stoličkami	Vnímání hrubosti či jemnosti vláken ústy	0 = velmi jemné 100 = velmi hrubé
Žvýkatelnost	Po 15 kousnutích stoličkami	Síla potřebná k rozkousání sousta	0 = obtížně žvýkatelné 100 = snadno žvýkatelné
Intenzita chuti hovězího masa	Po 5-10 kousnutích stoličkami	Síla chuti typické pro vařené hovězí maso	0 = velmi nízká 100 = velmi vysoká
Intenzita chuti zvěřiny	Po 5-10 kousnutích stoličkami	Síla chuti typické pro vařené hovězí maso	0 = velmi nízká 100 = velmi vysoká
Intenzita abnormální chuti	Po 5-10 kousnutích stoličkami	Síla netypické chuti	0 = velmi nízká 100 = velmi vysoká
Chuť jater	Po 5-10 kousnutích stoličkami	Chuť spojená s chutí vnitřností a krve	0 = neznatelná 100 = velmi intenzivní
Chuť kyselá	Po 5-10 kousnutích stoličkami	Chuť spojená s roztoky kyseliny citrónové	0 = neznatelná 100 = velmi intenzivní
Chuť oříšková	Po 5-10 kousnutích stoličkami	Chuť spojená s praženými ořechy	0 = neznatelná 100 = velmi intenzivní
Chuť pečeného masa	Po 5-10 kousnutích stoličkami	Chuť spojená s hovězí pečením	0 = neznatelná 100 = velmi intenzivní
Celková příjemnost	Po zkonzumování vzorků	Preference mezi předkládanými vzorky	0 = nepříjemná 100 = velmi příjemná

## Statistická analýza

Naměřená data byla zapsána do tabulek v MS Excel odkud byla importována do statistického programu SAS (verze 9.4). Nejprve proběhla explorační analýza dat s cílem ověřit normalitu rozdělení jednotlivých proměnných (procedura UNIVARIATE) a shodu rozptylu pomocí Levene testu (procedura GLM). Samotné vyhodnocení bylo realizováno pomocí smíšeného lineárního modelu (procedura MIXED) a metodě REML. Jednotlivé svaly byly pro vyhodnocení efektu tepelné úpravy analyzovány samostatně. Data pro fyzikální vlastnosti a chemické složení byla hodnocena modelovou rovnicí s pevným efektem tepelné úpravy a náhodným efektem jedince a dne hodnocení. Získaná data pro senzorickou analýzu byla hodnocena modelovou rovnicí s pevným efektem způsobu tepelné úpravy a náhodným efektem dne hodnocení (seance) a hodnotitele. Rozdíly mezi skupinami pak byly testovány Tukey–Kramerovým testem. Výsledků v následujících kapitolách jsou považovány jako statisticky významné, pokud byla dosažena hladina 5 %. Výsledky v tabulkách jsou prezentovány jako čtverce nejmenšího průměru s (LSM) s příčnou standardní chybou (SEM).

Vztahy mezi silou stříhu měřenou Warner–Bratzlerovým nožem a senzorickým panelem posuzovanou texturou byly vyhodnoceny prostřednictvím Pearsonových korelačních koeficientů (procedura CORR, tabulka X, graf Y).

## 5 Výsledky

### Fyzikální analýza

V tabulce 6 byla porovnávána hmotnostní ztráta mezi jednotlivými svaly před jejich mražením po čtrnáctidenní době zrání v plastovém obalu. Z výsledků lze odvodit, že mezi svaly byl nalezen statisticky významný rozdíl ( $P = 0,009$ ) ve ztrátě způsobené tepelnou úpravou (*cooking loss*), kdy u vzorku ze svalu BF byla změřena nejnižší procentuální ztráta v porovnání s ostatními svaly.

Tab. 6 – Ztráta tepelnou úpravou (CL) a vaznost (WHC) – porovnání mezi svaly (vypracovala autorka DP).

	LTL	BF	ST	SEM	Významnost
<b>CL (%)</b>	<b>34,0<sup>a</sup></b>	<b>30,5<sup>b</sup></b>	<b>34,2<sup>a</sup></b>	0,73	<b>0,009</b>
WHC (%)	47,3	45,5	44,2	2,48	0,629

<sup>a,b,c</sup> Hodnoty označené různými symboly se navzájem statisticky liší ( $P < 0,05$ )

Tabulka 7 znázorňuje procentuální podíl hmotnostních ztrát (mražením a tepelnou úpravou) svalů s ohledem na typ tepelného opracování. V případě ztrát mražením nebyl podle očekávání mezi jednotlivými vzorky tepelných úprav shledán statisticky průkazný rozdíl. Rozdíly ve ztrátách způsobené tepelnou úpravou, byly se statistickou průkazností potvrzeny pouze u svalů LTL a BF (LTL  $P = 0,036$ ; BF  $P = 0,027$ ). V obou případech měl nejvyšší procentuální podíl hmotnostních ztrát tepelnou úpravou vzorek pečeného masa. Naopak nejnižší podíl byl u svalu LTL zaznamenán u grilovaného masa, v případě BF u vařeného vzorku.

Tab. 7 – Hmotnostní ztráty (v %) svalů s různým způsobem tepelné úpravy (vypracovala autorka DP).

Sval	Tepelná úprava			SEM	Významnost
	Grilování LSM	Vaření LSM	Pečení LSM		
<b><i>Longissimus thoracis et lumborum</i></b>					
Ztráta mražením	8,3	10,7	7,7	1,98	0,544
<b>Ztráta tepelnou úpravou</b>	<b>26,2<sup>b</sup></b>	<b>29,1<sup>ab</sup></b>	<b>35,4<sup>a</sup></b>	2,17	<b>0,036</b>
<b><i>Biceps femoris</i></b>					
Ztráta mražením	5,8	4,0	8,1	1,94	0,210
<b>Ztráta tepelnou úpravou</b>	<b>26,7<sup>ab</sup></b>	<b>26,4<sup>b</sup></b>	<b>32,7<sup>a</sup></b>	1,62	<b>0,027</b>
<b><i>Semitendinosus</i></b>					
Ztráta mražením	7,3	7,7	7,5	0,73	0,903
Ztráta tepelnou úpravou	31,3	34,9	39,1	2,19	0,085

<sup>a,b,c</sup> Hodnoty označené různými symboly se navzájem statisticky liší ( $P < 0,05$ )

Signifikantní rozdíly byly zjištěny i v případě hodnoty pH ( $P < 0,001$ ), a to mezi syrovým vzorkem, který měl hodnotu pH ve všech případech 5,6, a vzorky tepelně opracovanými (metodou grilování, vaření i pečení). Hodnota pro tepelně upravené vzorky byla v rozmezí 6,0 a 6,1, kdy mezi jednotlivými tepelnými úpravami žádný statisticky měřitelný rozdíl nebyl prokázán.

Rozdíly v barvě byly zaznamenány u všech hodnocených svalů, přičemž v případě světlosti (\*L) byl prokázán u svalu BF a ST statisticky významný rozdíl (v obou případech  $P < 0,001$ ) mezi syrovým masem a vzorky tepelně opracovanými. U svalu LTL se od sebe statisticky lišil ( $P < 0,001$ ) nejenom vzorek syrový s vzorky s tepelnými úpravami, ale i vzorek grilovaného od pečeného masa ( $P < 0,05$ ), kdy grilované maso bylo oproti pečenému tmavší. Při hodnocení červenosti (\*a) a žlutosti (\*b) masa byl zaznamenán statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ) mezi vzorky syrovými a tepelně upravenými vzorky, přičemž tepelnou úpravou se signifikantně snížila intenzita červeného a zároveň zvýšila intenzita žlutého zbarvení.

Jako poslední zkoumaný parametr se vyhodnocovala síla ve stříhu měřená pomocí Warner–Bratzlerova nože (WBSF). Z tabulky 8 lze odvodit, že za syrového stavu byl nejvíce tuhý sval LTL, poté sval BF a nejméně sval ST. Nejvyšší instrumentální křehkosti (tj. nejnižší hodnoty síly stříhu) dosáhly svaly LTL a BF při tepelné úpravě vařením, zatímco sval ST při grilování. Přesto ale statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými tepelnými úpravami prokázány nebyly.

Tab. 8 – Fyzikální vlastnosti svalů s různým způsobem tepelné úpravy (vypracovala autorka DP).

Sval	Syrové LSM	Tepelná úprava			SEM	Významnost
		Grilování LSM	Vaření LSM	Pečení LSM		
<i>Longissimus thoracis et lumborum</i>						
<b>pH</b>	<b>5,6<sup>b</sup></b>	<b>6,1<sup>a</sup></b>	<b>6,0<sup>a</sup></b>	<b>6,0<sup>a</sup></b>	0,04	<b>&lt;0,001</b>
Barva						
<b>Světlost *L</b>	<b>40,0<sup>c</sup></b>	<b>63,7<sup>a</sup></b>	<b>62,6<sup>ab</sup></b>	<b>60,6<sup>b</sup></b>	<b>1,00</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>Červenost *a</b>	<b>8,2<sup>a</sup></b>	<b>3,0<sup>b</sup></b>	<b>3,2<sup>b</sup></b>	<b>3,0<sup>b</sup></b>	<b>0,69</b>	<b>0,001</b>
<b>Žlutost *b</b>	<b>11,1<sup>b</sup></b>	<b>16,2<sup>a</sup></b>	<b>16,7<sup>a</sup></b>	<b>16,3<sup>a</sup></b>	<b>0,40</b>	<b>&lt;0,001</b>
WBSF (N)	53,8	49,0	41,6	48,1	9,42	0,237
<i>Biceps femoris</i>						
<b>pH</b>	<b>5,6<sup>b</sup></b>	<b>6,0<sup>a</sup></b>	<b>6,0<sup>a</sup></b>	<b>6,0<sup>a</sup></b>	<b>0,27</b>	<b>&lt;0,001</b>
Barva						
<b>Světlost *L</b>	<b>39,8<sup>b</sup></b>	<b>55,6<sup>a</sup></b>	<b>57,6<sup>a</sup></b>	<b>56,3<sup>a</sup></b>	1,26	<b>&lt;0,001</b>
<b>Červenost *a</b>	<b>14,3<sup>a</sup></b>	<b>4,1<sup>b</sup></b>	<b>4,4<sup>b</sup></b>	<b>3,9<sup>b</sup></b>	0,47	<b>&lt;0,001</b>
<b>Žlutost *b</b>	<b>13,9<sup>b</sup></b>	<b>17,0<sup>a</sup></b>	<b>17,0<sup>a</sup></b>	<b>16,2<sup>a</sup></b>	0,54	<b>0,003</b>
WBSF (N)	48,7	59,0	50,5	54,2	4,16	0,273
<i>Semitendinosus</i>						
<b>pH</b>	<b>5,6<sup>b</sup></b>	<b>6,1<sup>a</sup></b>	<b>6,1<sup>a</sup></b>	<b>6,1<sup>a</sup></b>	0,04	<b>&lt;0,001</b>
Barva						
<b>Světlost *L</b>	<b>49,7<sup>b</sup></b>	<b>64,1<sup>a</sup></b>	<b>67,7<sup>a</sup></b>	<b>64,9<sup>a</sup></b>	1,29	<b>&lt;0,001</b>
<b>Červenost *a</b>	<b>10,8<sup>a</sup></b>	<b>3,2<sup>b</sup></b>	<b>2,3<sup>b</sup></b>	<b>2,2<sup>b</sup></b>	0,41	<b>&lt;0,001</b>
<b>Žlutost *b</b>	16,5	16,5	16,0	16,0	0,30	0,390
WBSF (N)	41,8	41,5	42,9	49,5	4,35	0,313

<sup>a,b,c,d</sup> Hodnoty označené různými symboly se navzájem statisticky liší ( $P < 0,05$ )

## Chemická analýza

Jak je uvedeno v tabulce 9, byly zjištěny signifikantní ( $P < 0,001$ ) rozdíly v obsahu sušiny u všech tří zmíněných svalů, přičemž nejvyšší hodnota byla naměřena u pečených vzorků.

Statisticky významné rozdíly v obsahu tuku byly prokázány u svalu LTL ( $P = 0,028$ ) a ST ( $P = 0,001$ ). V obou případech nejvyšší hodnotu obsahu tuku měl, jako v případě obsahu sušiny, vzorek pečeného masa.

Stejně tomu bylo i při hodnocení obsahu bílkovin, kdy byly zjištěny statisticky významné ( $P < 0,001$ ) rozdíly u všech hodnocených svalů, přičemž největší podíl tuku si zachoval vzorek pečeného masa. Naopak nejnižší podíl tuku byl změřen v případě LTL a ST u grilovaného, v případě BF u vzorku vařeného v horké vodě.

Rozdíly v obsahu popelovin byly zaznamenány u svalů LTL ( $P = 0,013$ ) a ST ( $P = 0,001$ ). Zatímco nejvyšší podíl popelovin v masě měl u svalu LTL vzorek grilovaného masa, u ST to byl vzorek z masa pečeného v troubě.

Tab. 9 – Chemické složení (g / kg svaloviny) jednotlivých svalů s různým způsobem tepelné úpravy (vypracovala autorka DP).

Sval	Syrové LSM	Tepelná úprava			SEM	Významnost
		Grilování LSM	Pečení LSM	Vaření LSM		
<i>Longissimus thoracis et lumborum</i>						
Sušina	245,0 <sup>c</sup>	328,5 <sup>b</sup>	365,3 <sup>a</sup>	334,3 <sup>b</sup>	6,34	<0,001
Tuk	1,9 <sup>b</sup>	2,9 <sup>ab</sup>	3,6 <sup>a</sup>	3,0 <sup>ab</sup>	0,45	0,028
Bílkoviny	223,4 <sup>c</sup>	308,2 <sup>b</sup>	342,8 <sup>a</sup>	313,9 <sup>b</sup>	6,44	<0,001
Popel	10,8 <sup>b</sup>	11,4 <sup>a</sup>	10,9 <sup>b</sup>	10,8 <sup>b</sup>	0,27	0,013
<i>Biceps femoris</i>						
Sušina	239,2 <sup>c</sup>	317,0 <sup>b</sup>	349,4 <sup>a</sup>	316,9 <sup>b</sup>	5,66	<0,001
Tuk	3,3	3,2	3,9	3,9	0,60	0,061
Bílkoviny	209,4 <sup>c</sup>	293,0 <sup>b</sup>	323,7 <sup>a</sup>	291,2 <sup>b</sup>	7,16	<0,001
Popel	11,2	10,9	10,7	10,9	0,12	0,087
<i>Semitendinosus</i>						
Sušina	235,7 <sup>d</sup>	325,2 <sup>c</sup>	378,4 <sup>a</sup>	343,8 <sup>b</sup>	4,91	<0,001
Tuk	1,9 <sup>b</sup>	2,3 <sup>b</sup>	3,7 <sup>a</sup>	2,9 <sup>b</sup>	0,36	0,001
Bílkoviny	212,1 <sup>d</sup>	301,1 <sup>c</sup>	352,7 <sup>a</sup>	320,3 <sup>b</sup>	5,92	<0,001
Popel	11,0 <sup>ab</sup>	11,5 <sup>b</sup>	12,4 <sup>a</sup>	11,3 <sup>b</sup>	0,26	0,001

<sup>a,b,c,d</sup> Hodnoty označené různými symboly se navzájem statisticky liší ( $P < 0,05$ )

## Senzorická analýza

### 5.1.1 Sval *longissimus thoracis et lumborum* (LTL)

Výsledky senzorické analýzy pro sval LTL jsou uvedeny v tabulce 10 a zobrazeny v pavučinovém grafu 1. Z patnácti senzorických vlastností bylo zjištěno, že u šesti z nich existuje statisticky významný rozdíl. Jedná se o intenzitu vůně hovězího masa a abnormální vůně, šťavnatost, intenzitu chuti hovězího masa a abnormální chuti a celkovou přijatelnost.

V případě hodnoceného parametru intenzity vůně byl vzorek grilovaného masa označen panelem hodnotitelů jako vzorek s nejnižší intenzitou vůně hovězího masa a zároveň jako maso s nejméně intenzivní abnormální vůní. Ke shodným výsledkům se dospělo i při hodnocení

intenzity chutě hovězího masa a intenzity abnormální chutě, kdy u metod přípravy masa jako vaření a pečení nedošlo k rozvinutí negativních vůní a chutí.

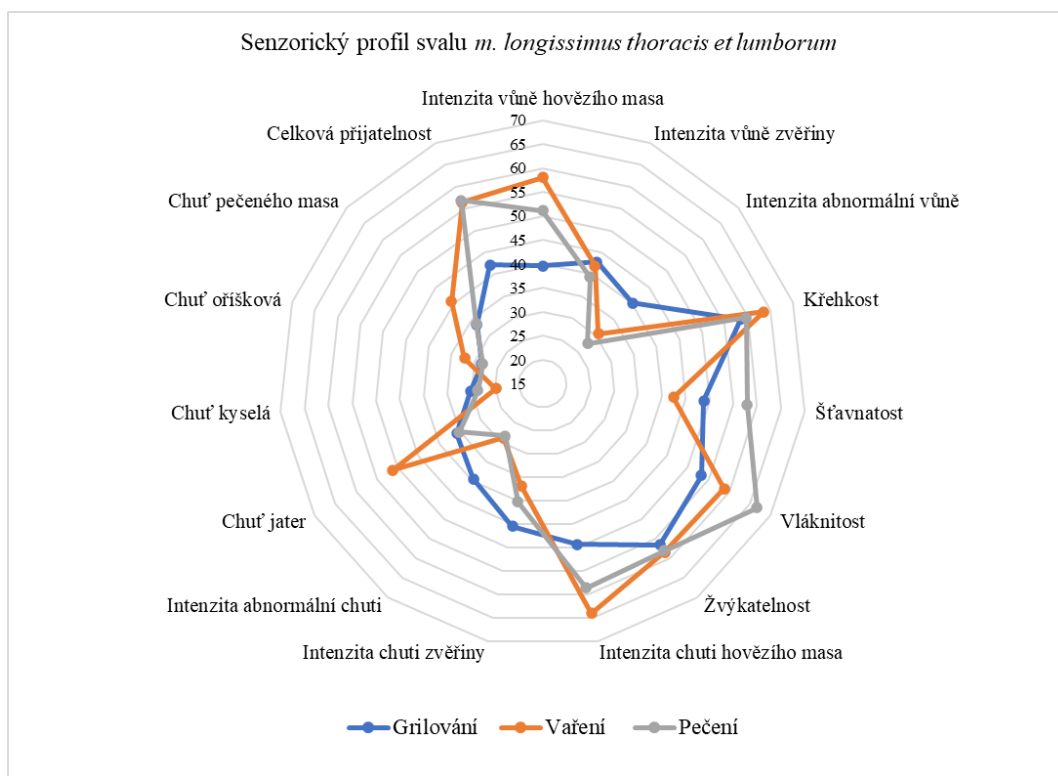
Další senzoričnou vlastností, u které byly se statistickou významností prokázány rozdíly, byla šťavnatost masa, přičemž jako nejvíce šťavnaté bylo označeno maso pečené a nejméně maso vařené. Vzorky s různými tepelnými úpravami byly vyhodnoceny jako rozdílné i v případě parametru celkové přijemnosti. Nejvyšší hodnota, tzn. vzorek u senzoričného panelu nejvíce preferovaný, byla přidělena pečenému masu. Naopak nejméně senzoričny přijatelný vzorek byl pro hodnotitele vzorek masa grilovaného.

Tab. 10 – Senzoričny profil svalu *longissimus thoracis et lumborum* s různým způsobem tepelné úpravy (vypracovala autorka DP).

	Tepelná úprava			SEM	Významnost
	Grilování LSM	Vaření LSM	Pečení LSM		
<b>Intenzita vůně hovězího masa</b>	<b>39,6<sup>b</sup></b>	<b>58,0<sup>a</sup></b>	<b>51,1<sup>a</sup></b>	4,22	<b>&lt;0,001</b>
Intenzita vůně zvěřiny	42,8	41,9	39,3	5,15	0,669
<b>Intenzita abnormální vůně</b>	<b>40,2<sup>a</sup></b>	<b>30,6<sup>ab</sup></b>	<b>27,6<sup>b</sup></b>	6,16	<b>0,015</b>
Křehkost	58,5	63,5	59,7	4,50	0,447
<b>Šťavnatost</b>	<b>48,8<sup>ab</sup></b>	<b>42,5<sup>b</sup></b>	<b>57,9<sup>a</sup></b>	<b>4,34</b>	<b>0,002</b>
Vláknitost	53,2	58,8	66,7	7,55	0,416
Žvýkatelnost	56,6	58,4	58,1	3,37	0,904
<b>Intenzita chuti hovězího masa</b>	<b>49,3<sup>b</sup></b>	<b>64,0<sup>a</sup></b>	<b>58,5<sup>a</sup></b>	3,48	<b>0,001</b>
Intenzita chuti zvěřiny	45,4	36,8	40,2	4,92	0,090
<b>Intenzita abnormální chuti</b>	<b>39,6<sup>a</sup></b>	<b>28,9<sup>b</sup></b>	<b>28,4<sup>b</sup></b>	6,26	<b>0,001</b>
Chuť jater	35,7	51,1	35,1	8,82	0,167
Chuť kyselá	30,2	24,8	28,6	6,08	0,272
Chuť oříšková	28,4	32,1	28,2	5,97	0,419
Chuť pečeného masa	33,5	40,7	33,7	6,36	0,075
<b>Celková přijemnost</b>	<b>42,1<sup>b</sup></b>	<b>56,4<sup>a</sup></b>	<b>56,9<sup>a</sup></b>	3,65	<b>&lt;0,001</b>

<sup>a,b,c</sup> Hodnoty označené různými symboly se navzájem statisticky liší ( $P < 0,05$ )





Graf 1 – Senzorický profil svalu *longissimus thoracis et lumborum* s různým způsobem tepelné úpravy (vypracovala autorka DP).

### 5.1.2 Sval *biceps femoris* (BF)

Výsledky sensorické analýzy pro sval BF jsou uvedeny v tabulce 11 a zobrazeny v pavučinovém grafu 2. U intenzity vůně hovězího masa a abnormální vůně, křehkosti, šťavnatosti, intenzity abnormální chuti a kyselé chuti byly mezi jednotlivými tepelnými úpravami shledány statisticky významné rozdíly.

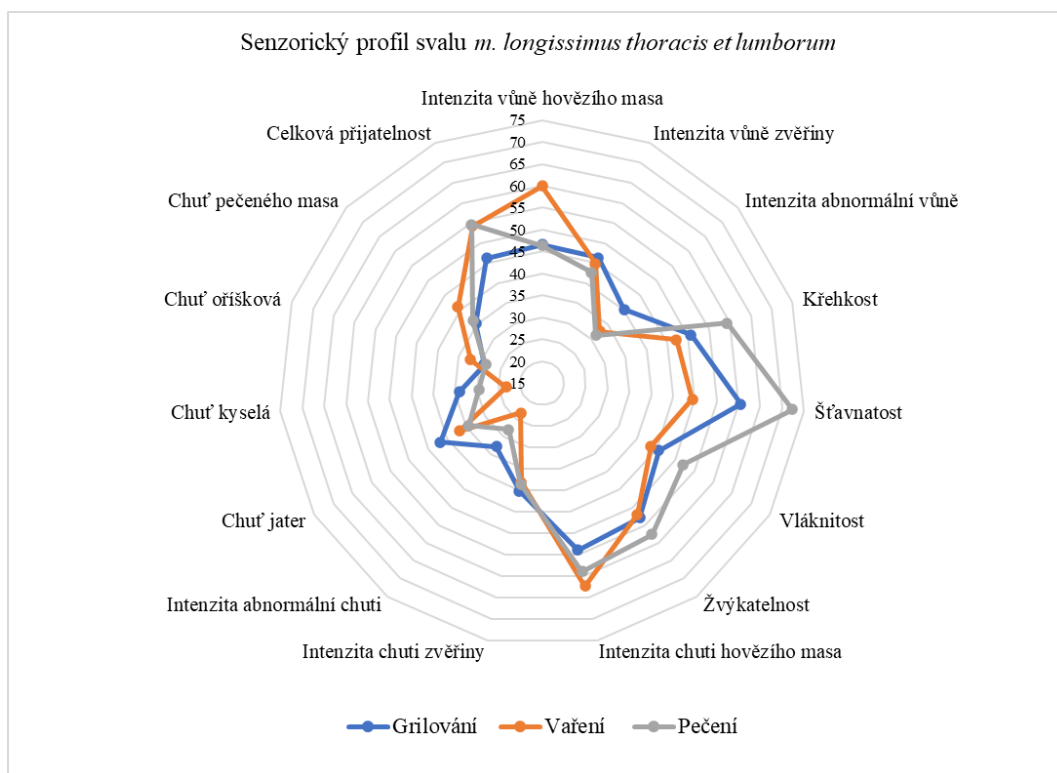
V případě hodnocených parametrů intenzit vůně a chuti byl vzorek grilovaného masa označen panelem hodnotitelů jako vzorek s nejintenzivnější abnormální vůní, chutí a jako vzorek s nejvyšší intenzitou vystupující kyselé chuti. Podobně jako u svalu LTL, i v tomto případě metody přípravy masa jako vaření a pečení tyto nežádoucí abnormality ve vůni a chuti nerozvinuly.

Mezi další sensorické vlastnosti, u kterých byly se statistickou významností prokázány rozdíly, byly šťavnatost a křehkost masa. Jako velmi šťavnatý vzorek bylo označeno maso pečené a nejvíce suché maso vařené, stejně jako u svalu LTL. V případě křehkosti byl sensorickým panelem označený jako nejvíce křehký vzorek pečeného masa, zatímco vzorek masa vařeného v horké vodě byl hodnotiteli považován za vzorek lehce tuhý.

Tab. 11 – Sensorický profil svalu *biceps femoris* s různým způsobem tepelné úpravy (vypracovala autorka DP).

	Tepelná úprava			SEM	Významnost
	Grilování LSM	Vaření LSM	Pečení LSM		
<b>Intenzita vůně hovězího masa</b>	<b>46,6<sup>b</sup></b>	<b>60,0<sup>a</sup></b>	<b>46,4<sup>b</sup></b>	4,34	<b>&lt;0,001</b>
Intenzita vůně zvěřiny	46,3	44,8	42,6	5,91	0,610
<b>Intenzita abnormální vůně</b>	<b>40,2<sup>a</sup></b>	<b>32,7<sup>b</sup></b>	<b>31,4<sup>b</sup></b>	7,21	<b>0,040</b>
<b>Křehkost</b>	<b>50,7<sup>ab</sup></b>	<b>47,2<sup>b</sup></b>	<b>59,3<sup>a</sup></b>	4,75	<b>0,018</b>
<b>Šťavnatost</b>	<b>60,5<sup>b</sup></b>	<b>49,4<sup>c</sup></b>	<b>72,3<sup>a</sup></b>	2,93	<b>&lt;0,001</b>
Vláknitost	45,7	43,6	52,1	3,80	0,098
Žvýkatelnost	52,9	51,9	57,6	4,54	0,383
Intenzita chuti hovězího masa	53,9	62,3	58,8	3,01	0,063
Intenzita chuti zvěřiny	40,1	38,1	38,5	5,03	0,844
<b>Intenzita abnormální chuti</b>	<b>32,8<sup>a</sup></b>	<b>23,4<sup>b</sup></b>	<b>28,0<sup>ab</sup></b>	6,24	<b>0,042</b>
Chuť jater	41,8	36,8	34,4	6,24	0,129
<b>Chuť kyselá</b>	<b>34,0<sup>a</sup></b>	<b>23,3<sup>b</sup></b>	<b>29,5<sup>ab</sup></b>	6,27	<b>0,014</b>
Chuť oříšková	28,9	32,2	28,6	5,55	0,561
Chuť pečeného masa	35,3	40,9	36,3	7,01	0,240
Celková přijatelnost	46,2	54,2	54,6	2,98	0,084

<sup>a,b,c</sup> Hodnoty označené různými symboly se navzájem statisticky liší ( $P < 0,05$ )



Graf 2 – Sensorický profil svalu *biceps femoris* s různým způsobem tepelné úpravy (vypracovala autorka DP).

### 5.1.3 Sval *semitendinosus* (ST)

Statisticky významné rozdíly byly u svalu ST zjištěny u intenzity vůně hovězího masa, zvěřiny a abnormální vůně, šťavnatosti, vláknitosti, intenzity chuti hovězího masa a abnormální chuti, kyselé chuti, chuti pečeného masa a celkové přijatelnosti (viz Tab. 12).

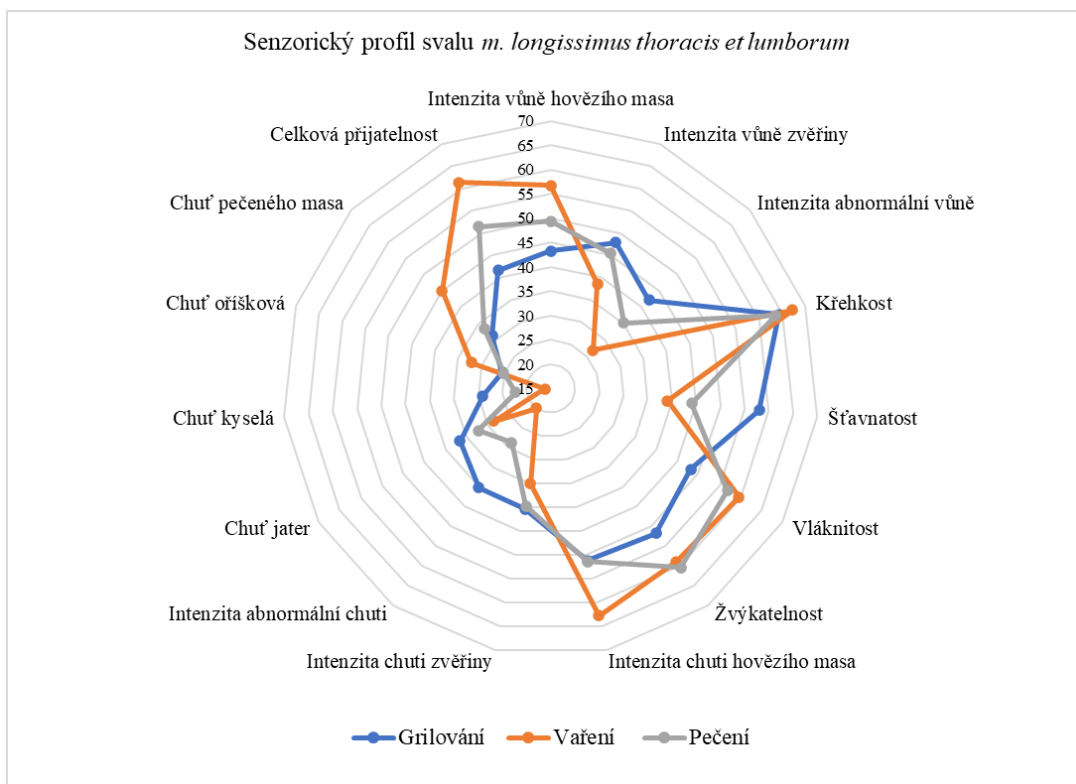
V případě intenzit abnormálních vůní a chutí byl vzorek grilovaného masa označen panelem hodnotitelů jako vzorek s nejnižší intenzivnější zvěřinovou vůní, abnormální vůní a chutí a také jako vzorek s nejvyšší intenzitou kyselé chuti. Tyto abnormality byly signifikantně nižší ( $P < 0,05$ ) u vzorku vařeného masa, u něhož byla prokázána i nejvyšší intenzita hovězí chuti.

V případě hodnoceného parametru šťavnatosti bylo, oproti předchozím svalům LTL a BF, jako nejvíce šťavnaté označeno maso grilované a ne pečené. Shodně však byl označen vzorek vařeného masa jako ten nejméně šťavnatý, který byl hodnotiteli popsán i jako vzorek nejméně vláknitý. Nejvyšší hodnota celkové přijatelnosti masa byla u svalu ST přidělena vzorku vařeného masa. Naopak jako nejméně sensoricky atraktivní byl sensorickým panelem označen vzorek masa grilovaného, což bylo popsáno i v případě svalu LTL.

Tab. 12 – Sensorický profil svalu *semitendinosus* s různým způsobem tepelné úpravy (vypracovala autorka DP).

	Tepelná úprava			SEM	Významnost
	Grilování LSM	Vaření LSM	Pečení LSM		
<b>Intenzita vůně hovězího masa</b>	<b>43,3<sup>b</sup></b>	<b>56,7<sup>a</sup></b>	<b>49,4<sup>ab</sup></b>	5,79	<b>0,002</b>
<b>Intenzita vůně zvěřiny</b>	<b>47,8<sup>a</sup></b>	<b>38,6<sup>b</sup></b>	<b>45,4<sup>ab</sup></b>	5,00	<b>0,040</b>
<b>Intenzita abnormální vůně</b>	<b>42,2<sup>a</sup></b>	<b>26,7<sup>b</sup></b>	<b>35,2<sup>a</sup></b>	7,32	<b>&lt;0,001</b>
Křehkost	64,3	67,2	63,6	4,13	0,570
<b>Šťavnatost</b>	<b>58,0<sup>a</sup></b>	<b>39,1<sup>b</sup></b>	<b>44,1<sup>b</sup></b>	3,32	<b>&lt;0,001</b>
<b>Vláknitost</b>	<b>48,2<sup>b</sup></b>	<b>59,6<sup>a</sup></b>	<b>56,9<sup>a</sup></b>	4,48	<b>0,005</b>
Žvýkatelnost	51,7	58,9	60,5	4,27	0,090
<b>Intenzita chuti hovězího masa</b>	<b>51,1<sup>b</sup></b>	<b>62,7<sup>a</sup></b>	<b>51,3<sup>b</sup></b>	4,69	<b>0,001</b>
Intenzita chuti zvěřiny	40,3	35,0	39,7	4,90	0,225
<b>Intenzita abnormální chuti</b>	<b>40,2<sup>a</sup></b>	<b>20,0<sup>b</sup></b>	<b>28,7<sup>c</sup></b>	5,83	<b>&lt;0,001</b>
Chut' jater	36,6	28,5	32,2	5,67	0,080
<b>Chut' kyselé</b>	<b>29,0<sup>a</sup></b>	<b>16,2<sup>b</sup></b>	<b>22,3<sup>ab</sup></b>	5,48	<b>&lt;0,001</b>
Chut' oříšková	25,5	32,2	25,2	6,11	0,084
<b>Chut' pečeného masa</b>	<b>31,2<sup>b</sup></b>	<b>45,1<sup>a</sup></b>	<b>33,4<sup>b</sup></b>	7,59	<b>&lt;0,001</b>
<b>Celková přijatelnost</b>	<b>41,6<sup>b</sup></b>	<b>61,3<sup>a</sup></b>	<b>51,4<sup>ab</sup></b>	3,55	<b>&lt;0,001</b>

<sup>a,b,c</sup> Hodnoty označené různými symboly se navzájem statisticky liší ( $P < 0,05$ )



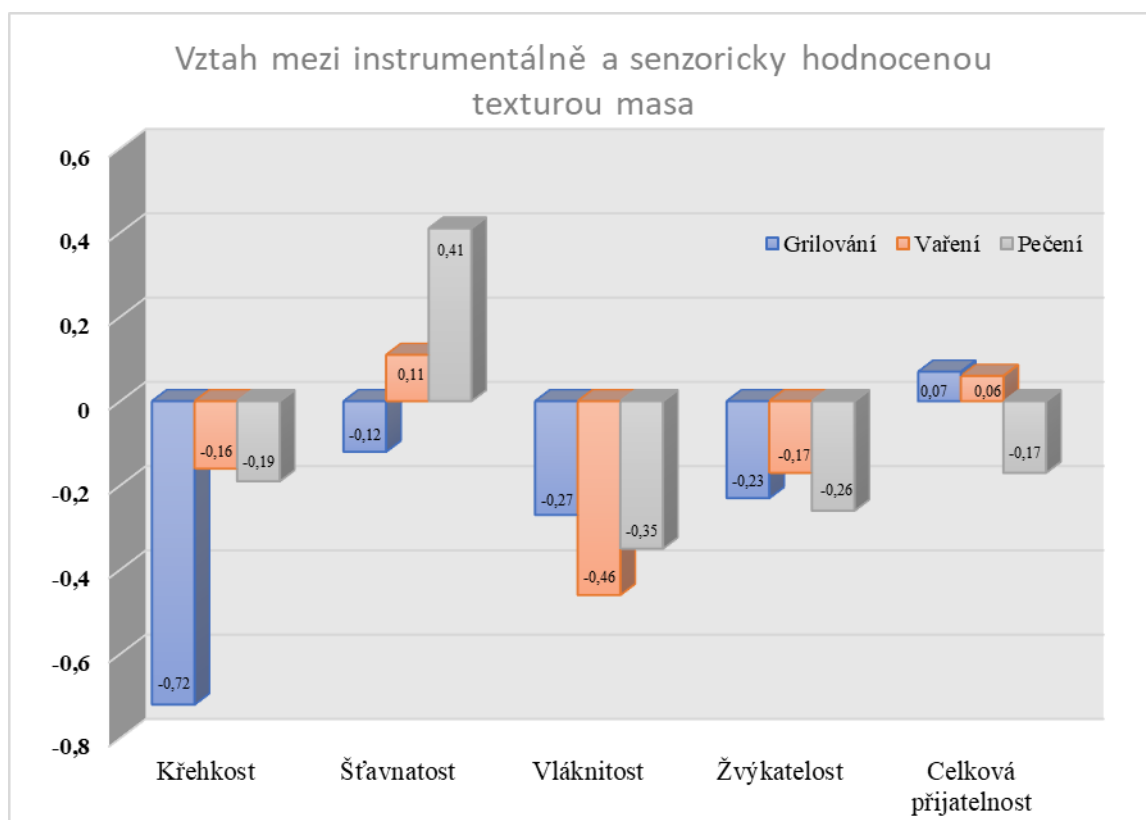
Graf 3 – Senzorický profil svalu *semitendinosus* s různým způsobem tepelné úpravy (vypracovala autorka DP).

### Analýza vztahů mezi instrumentálně a sensoricky hodnocenou texturou

Dále byla studována možná závislost mezi objektivně (instrumentálně) měřenou silou ve stříhu WB a sensorickým panelem posuzovanými charakteristikami, zejména s těmi, jenž popisují texturní vlastnosti masa. Míra korelace ( $r$ ) je popsána v tabulce 13 a graficky znázorněna pomocí sloupcového grafu 4. Záporné hodnoty naznačují, že s klesající silou stříhu se zvyšuje bodové hodnocení uvedených sensorických vlastností. Zatímco nejtěsnější vztah byl mezi WBSF a sensoricky hodnocenou křehkostí zjištěn v případě grilovaného masa, u tepelné úpravy pečením byl nejtěsnější vztah spojen s vláknitostí. Tepelná úprava pečením pak vykazovala nejtěsnější hodnotu korelace mezi instrumentálně měřenou křehkostí a sensoricky hodnocenou šťavnatostí. Vztah mezi instrumentálně hodnocenou křehkostí masa a sensoricky posuzovanou celkovou přijatelností však prokázán nebyl.

Tab. 13 - Hodnoty korelačních koeficientů (r) mezi WBSF a ostatními senzoryckými charakteristikami s ohledem na různé tepelné úpravy (vypracovala autorka DP).

	Tepelná úprava		
	Grilování	Vaření	Pečení
<b>Křehkost</b>	<b>-0,72</b> <i>P = 0,001</i>	-0,16 <i>P = 0,523</i>	-0,19 <i>P = 0,439</i>
Šťavnatost	-0,12 <i>P = 0,629</i>	0,11 <i>P = 0,652</i>	0,41 <i>P = 0,088</i>
Vláknitost	-0,27 <i>P = 0,280</i>	-0,46 <i>P = 0,057</i>	-0,35 <i>P = 0,161</i>
Žvýkatelnost	-0,23 <i>P = 0,361</i>	-0,17 <i>P = 0,502</i>	-0,26 <i>P = 0,297</i>
Celková přijatelnost	0,07 <i>P = 0,797</i>	0,06 <i>P = 0,827</i>	-0,17 <i>P = 0,504</i>



Graf 4 – Vztah mezi instrumentálně a senzorycky hodnocenou texturou masa (vypracovala autorka DP).

## 6 Diskuze

### Fyzikální parametry

#### Ztráty skladováním

Jednotlivé svaly využitě v rámci tohoto výzkumu byly po 14 dnech zrání zmrazeny na teplotu okolo  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a skladovány až do začátku sensorického hodnocení. Tento způsob nakládání se zvěřinovým masem určeným je z důvodu jeho nízké údržnosti zcela běžný. Průměrné procento ztráty tepelnou úpravou antilopího masa bylo v případě svalu LTL ve srovnání se studií Needham et al. (2019) o něco málo vyšší (LTL:  $34,0 \pm 0,73$  vs  $30,5 \pm 0,99$  % a BF:  $30,5 \pm 0,73$  vs  $31,3 \pm 0,99$  %). Rozdílné hodnoty lze ale vysvětlit tím, že zmíněná studie měřila hodnotu ztrát (*cooking loss*) na čerstvém masu 36 hodin po porážce, zatímco v rámci našeho projektu se využilo, jak již bylo zmíněno, maso rozmrazené. Zmražením a následným rozmražením masa totiž dochází k tvorbě ledových krystalků ve svalovině, což vede k narušení myofibrilární struktury, a tím i k následnému uvolnění vody z masa (Fabre et al. 2018).

Ztráty způsobené tepelnou úpravou byly u svalů LTL a BF významně ovlivněny všemi způsoby tepelného opracování. Hodnoty procentuálních ztrát byly podstatně vyšší u vzorků připravených v troubě (32,7-35,4 %) ve srovnání s vzorky vařenými ve vodní lázni (26,4-29,1 %) či grilovanými na sklokeramické desce (26,2-26,7 %). Shodné výsledky potvrzuje i studie Fabre et al. (2018), která, jako v našem případě, porovnávala hmotnostní ztráty tepelnou úpravou u svalů LTL, BF i ST s ohledem na různé metody tepelného opracování (grilování, vaření a pečení), jen s tím rozdílem, že výzkum byl prováděn na hovězím masu masného plemene aberdeen angus. Vyšší ztráty v případě pečení v troubě mohly být spojeny s delší dobou opracování vzorků v rozmezí teplot  $60\text{-}70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V tomto rozsahu teplot se totiž síť pojivové tkáně a svalová vlákna podélně zmenšují a smršťují, což zvyšuje pravděpodobnost vyšších ztrát uvolněné vody a vede k zvýšenému množství myofibrilárního proteinu a kolagenu na jednotku plochy stříhu (Tornberg 2005). Naproti tomu nižší ztráty v případě grilovaného vzorku lze vysvětlit vysokými koeficienty prostupu tepla, čímž se zkrátila i doba tepelné úpravy, což je pro ztráty tepelnou úpravou podle Aaslyng et al. (2003) rozhodující faktor. Vztah mezi vnitřní teplotou masa a hmotnostními ztrátami při tepelných úpravách jsou široce rozebrány i ve studii Alfaia et al. (2010) a Purslow et al. (2016).

## **pH**

Všechny hodnocené svaly v rámci výzkumu měly v syrovém stavu pH 5,6, což je podle Zhao et al. (2022) pro hovězí maso zcela přijatelné. V porovnání s masem hospodářských zvířat může být hodnota pH u divokých zvířat o něco vyšší, což ve své studii ostatně dokazuje i Bartoň et al. (2014). Zároveň naše naměřená hodnota byla nižší než u jiných studií zaměřených na antilopu losí (pH > 5,8) (Needham et al. 2020; Bureš et al. 2021). Vyšší hodnota pH byla zjištěna také v případě jiných afrických kopytníků, a to u antilopy skákavé (anglicky *springbok*; *Antidorcas marsupialis* Zimmermann, 1780) (LTL:  $5,67 \pm 0,019$ ; BF:  $5,66 \pm 0,004$ ) (North & Hoffman 2015) či u impaly (*Aepyceros melampus* Lichtenstein, 1812) ( $5,82 \pm 0,129$ ) (Hoffman 2000). Případná vyšší hodnota by buď mohla být zapříčiněna působením stresu na zvíře před porážkou, jelikož zvěř je ke stresu oproti hospodářským zvířatům náchylnější (Vodňanský et al. 2009). Nebo by podle Laubser (2017) mohlo zvýšené pH svalu být výsledkem zvýšené rychlosti glykolýzy v důsledku skutečnosti, že je anatomicky umístěn hlouběji uvnitř trupu zvířete, a tím se i ochlazuje pomaleji, což například potvrzuje i studie Neethling & Hoffman (2014) na buvolci pestrém (anglicky *blesbok*; *Damaliscus pygargus* Pallas, 1767).

## **Instrumentálně měřená křehkost**

V důsledku zvýšené teploty prochází bílkovina, tvořící asi 20 % hmoty masa, proces denaturace, který současně zvyšuje stravitelnost dané suroviny, ale zároveň díky ní dochází i ke kontrakci svalových vláken způsobující ztuhnutí svaloviny a přeměnu kolagenu. Výsledkem těchto dvou procesů je křehkost, která je důležitou charakteristikou kvality masa (Sobral et al. 2018; Hassoun et al. 2020; Macharáčková 2022). Hodnoty střížné síly Warner–Bratzlerova nože (WBSF) změřené v naší práci na svalech LTL, BF a ST v syrovém stavu (LTL:  $53,8 \pm 9,42$  N; BF:  $48,7 \pm 4,16$  N; ST:  $41,8 \pm 4,35$  N) lze podle Destefanise et al. (2008) klasifikovat jako křehké (WBSF < 42,77 N), přijatelně křehké (WBSF < 52,68N) a pouze v případě LTL jako tuhé vzorky (WBSF > 52,68 N). Výrazně vyšší hodnoty WBSF v porovnání s našimi výsledky byly naměřeny u svalu LTL ve studii Bartoň et al. (2014) (63,17 N), ale i ve studii Needham et al. (2021) u svalu LTL a BF (LTL: 56,05 N; BF: 81,80 N). Nižších hodnot pak autoři Needham et al. (2020) a Bureš et al. (2021) docílili alternativním zavěšením za pánevní sponu. Ve shodě s prací Needham et al. (2019) však bylo pořadí svalů od nejvíce houževnatého po nejkřehčí (LTL > BF > ST).

Způsoby, kterými se autoři v předchozích letech snažili snížit negativně vnímanou tuhost antilopího masa, zahrnovaly již zmíněné „alternativní“ zavěšení jatečně upraveného trupu místo za Achillovu šlachu za pánevní kost, imunokastraci býků, prodloužený proces zrání masa či využití různých způsobů tepelné úpravy, jako v případě naší studie (Needham et al. 2020; Needham et al. 2019; Bureš et al. 2021; Bartoň et al. 2014 a další). Ve výsledné tuhosti masa hraje významnou roli i velikost svalových vláken a celková svalová struktura. Sval ST se považuje za relativně menší sval, který není příliš využíván k pohybu. To by mohlo potenciálně pomoci vysvětlit, proč měl ST sval v syrovém stavu podstatně nižší hodnotu síly ve stříhu, než bylo v případě svalů LTL a BF.

Kromě samotné struktury svalu a dalších atributů zmíněných výše v textu ovlivňuje křehkost masa i způsob, jakým je tepelně opracováno. Fabre et al. (2018) testovali vliv tří způsobů tepelných úprav (vaření ve vodní lázni, pečení v troubě a grilování) na křehkost hovězího masa měřenou WBSF. Měření probíhalo na čtyřech svalech – LT, ST, SM (*semimembranosus*) a BF získaných z vykastrovaných samců masného plemene aberdeen angus. Vzorky využité pro analýzu byly tepelně opracovány do dosažení vnitřní teploty 71 °C. Výsledkem studie bylo, že vzorky pečené v troubě vykazovaly nejvyšší hodnoty síly stříhu u všech druhů testovaných vzorků. V našem případě u svalu LTL a BF nejvyšší hodnoty WBSF byly naměřeny u vzorků grilovaného masa a jen v případě ST u vzorku pečeného, jako v případě studie Fabre et al. (2018). V experimentu Bureše et al. (2021) zjišťovali autoři, podobně jako v našem výzkumu, vliv tepelné úpravy (*sous-vide* a grilování za různých teplot 59 °C/69 °C/79 °C) na vlastnosti LTL antilopího masa s výsledkem, že s metodou vaření *sous-vide* bylo dosaženo výrazně křehčích vzorků než v případě grilování. Křehkost masa u *sous-vide* vzorků se snižovala s klesající konečnou teplotou. Získané výsledky odpovídají závěrům formulovaným Purslowem et al. (2016) v tom smyslu, že maso, které se dostane do styku s velmi vysokou teplotou (jako bylo v našem případě se sklokeramickou deskou či s přehřátou troubou), významněji ztrácí objem a hmotnost vytlačněním vody, přičemž je tato změna doprovázena snížením křehkosti. To by mohlo být možné vysvětlení, proč měly v naší práci vzorky grilované a pečené podstatně vyšší instrumentální tuhost než vzorky vařeného masa, u kterého docházelo díky nižším teplotám k omezené denaturaci bílkovin, rozpouštění kolagenu a v neposlední řadě k vyšší míře zadržování vody v mase.

Zároveň je obecně známo, že obsah kolagenu a jeho nerozpustnost je ovlivněna stářím zvířete, anatomickým umístěním a také funkcí samotného svalu (Schwartz et al. 2022). Dalo by se tedy předpokládat, že afričtí kopytníci, kteří jsou považováni za zdatné skokany, by měli



mít vyšší hladiny kolagenu v zapojených svalech při provádění skoku. To by zahrnovalo převážně svaly na zadních končetinách, které jsou hrají významnou roli při samotném odrazu (Laubser 2017). Vyšší obsah kolagenu v těchto svalech tak může vést ke zvýšení tuhosti masa, což by mohlo potenciálně vysvětlit, proč BF, jakožto hlavní sval zadní končetiny, byl po tepelné úpravě hodnocen jako nejtužší.

Korelační koeficient ( $r$ ) byl v naší studii statisticky významný pouze u svalu LTL s hodnotou  $-0,72$ , což je v rozmezí od  $-0,32$  do  $-0,94$ , které pro korelaci mezi WBSF a senzoricky měřenou křehkostí u hovězího masa uvádí ve své studii Destefanis et al. (2008).

## **Barva**

Barva masa je pro spotřebitele důležitým atributem kvality jak syrového, tak tepelně opracovaného masa (Pathare & Roskilly 2016). Maso zvěřiny se obecně považuje za maso tmavší barvy v porovnání s masem hospodářských zvířat kvůli vyššímu obsahu hemových pigmentů, což může u spotřebitele vyvolávat spíše negativní reakci, jelikož tmavá barva je zpravidla spojena s vadou masa zvanou DFD (*dark-firm-dry*) (Warris 2000). Vyšší množství hemových pigmentů zároveň naznačuje, že je zvíře fyzicky aktivní, což je v porovnání s intenzivně chovanými hospodářskými zvířaty pro divokou zvěř obvyklé (Vodňanský et al. 2009). Toto tvrzení dokazuje práce Bartoň et al. (2014), ve které autoři na svalu LTL naměřili na hovězím masu hodnoty  $L^*$  41,0 oproti masu antilopy losí, které mělo hodnoty světlosti  $L^*$  36,3.

Ve srovnání s touto studií byly v naší práci naměřeny vzorky s vyšší hodnotou  $L^*$ , kdy za syrového stavu byl nejsvětlejší ( $L^*$  49,0) sval ST a svaly LTL a BF byly označeny jako podstatně tmavší (okolo 40,0). To je ve shodě s výsledky studie Needham et al. (2019), ve které byl ST také popsán jako ten nejsvětlejší a nejžlutější ze šesti hodnocených svalů (Needham et al. 2019). Hodnota červenosti  $a^*$  byla naměřená v syrovém u svalu BF nejvyšší, což bylo potvrzeno i ve studiích Needham et al. (2019) či Bureš et al. (2021). Svalová tkáň ST je popisována jako tkáň s vyšším podílem velmi rychlých glykolytických vláken typu IIB specializovaných na intenzivní svalovou práci. Tím, že mají nízké množství mitochondrií a kapilarizaci rychle přecházejí do anaerobní glykolýzy. Sval ST má proto tendenci být světlejší ve srovnání s ostatními typy svalů, které mají větší množství mitochondrií a vyšší oxidační kapacitu (Lang et al. 2020).

Tepelná úprava masa urychluje přeměnu Mb (myoglobinu), způsobuje jeho denaturaci a také změnu barvy z červené na hnědou (Pathare & Roskilly 2016). Autoři studie García-Segovia et al. (2007), kteří studovali vliv tepelného opracování hovězího masa na fyzikální vlastnosti, ve své studii popsali, že vzorky po tepelné úpravě byly světlejší (vyšší L\*) a žlutější (vyšší b\*), zatímco a\* (červená barva) klesala s rostoucí teplotou a dobou vaření, což bylo v naší práci také potvrzeno.

## **Chemické parametry**

Podíl a poměry základních chemických složek určují nejen nutriční hodnotu masa, ale také jeho spotřebitelskou atraktivnost. Nejčastěji udávané poměry chemického složení pro africké kopytníky se pohybují v rozmezí: pro sušinu 25-30 g/100 g, 20-24 g/100 g bílkovin, 0,2-2,5 g/100 g tuku a 1,0-2,4 g/100 g popelovin (Soriano & García 2021; Hoffman & Cawthorn 2012; Neethling & Hoffman 2014). Svaly, které byly v naší studii analyzovány, měly v syrovém stavu hodnoty spadající do výše uvedených rozsahů s výjimkou obsahu sušiny u svalu LTL, který se byl v naší studii naměřen o něco málo nižší (24,5 g/100 g). Zároveň naše výsledky ukázaly, že mezi jednotlivými svaly byly rozdíly v obsahu bílkovin, kdy LTL oproti svalu ST měl asi o 1 g hrubého proteinu více, oproti BF o více než 2 g na 100 g porci, což vypovídá o jeho vyšší kvalitě. Vyšší poměr bílkovin u svalu LTL oproti ostatním hodnoceným svalům byl naměřen u i v případě studie Needham et al. (2019). V porovnání s jinými pracemi zaměřenými na výzkum antilopy losí byly v naší studii zaznamenány podstatně nižší hodnoty obsahu tuku (Bartoň et al. 2014; Needham et al. 2019). Jedno z možných vysvětlení je, že v období před porážkou zvířata využitá pro tento výzkum pobývala většinu dne venku díky teplým měsícům, a tím měla i zvýšenou fyzickou aktivitu v kombinaci s větším množstvím přirozené stravy, což by mělo podle Hoffman & Wiklund (2006) korespondovat s nižší hladinou tuku u těchto zvířat. Nízká hodnota námi zjištěného intramuskulárního tuku mohla být mimo jiné ovlivněna i odlišným způsobem extrakce lipidů a jiným použitým extrakčním činidlem.

Metody tepelné úpravy jednoznačně ovlivňují chemické složení a nutriční hodnotu masa, což může mít významný vliv na příjem základních živin v dietě (Gil et al. 2022; Schwartz et al. 2022; Gómez et al. 2020). Pozorovaný pokles obsahu vody byl pozorován s výrazně nižší hladinou u vařeného a grilovaného masa oproti masu pečenému. Podobné výsledky potvrdili u hovězího i další autoři (Alfaia et al. 2010;

Modzelewska-Kapituła et al. 2012). V důsledku snížení obsahu vody se zpravidla zvyšuje koncentrace živin, tzn. obsah tuku, bílkovin a minerálních látek je v tepelně upraveném mase obvykle vyšší než v syrovém mase (Williams 2007). Tato tendence byla pozorována i v naší studii, protože u všech způsobů tepelných úprav byl ve srovnání s kontrolním syrovým vzorkem zaznamenán významný nárůst bílkovin a tuku.

Obsah intramuskulárního tuku je pro spotřebitele jedním z nejdůležitějších parametrů vzhledem k jeho významu pro kvalitu a nutriční hodnotu masa (Warris 2000). Nejvyšší obsah naměřeného tuku a bílkovin byl v rámci této práce zaznamenán u pečeného masa, což koresponduje s faktem, že mělo i nejvyšší obsah sušiny. Naopak nejnižší zastoupení bílkovin a tuku měl vzorek grilovaného masa, což lze zdůvodnit tím, že při grilování (suchá metoda vaření) se tyto cenné látky z masa uvolnily, zatímco při metodách vaření či pečení ve speciálním plastovém sáčku bylo masu umožněno se vařit ve vlastním tuku, který se během tepelné úpravy mohl znovu absorbovat. Každopádně jak u masa syrového, tak i u masa s tepelnou úpravou nepřekročil obsah tuku 5 %, což podle směrnice EU (2011) kategorizuje tento druh masa jako „velmi libové“. Společně s vysokým procentuálním zastoupením bílkovin, které je srovnatelné s hodnotami pro tepelně opracované hovězí maso vysoké kvality (Fabre et al. 2018), lze u mase antilopa losí spatřovat obrovský potenciál v boji s nedostatkem potravin na jižní části afrického kontinentu.

## **Senzorické parametry**

Chuť, šťavnatost, křehkost a celková přijatelnost jsou hlavní parametry, které ovlivňují kvalitu tepelně opracovaného masa. Z pohledu spotřebitele je pro hovězí maso nejdůležitější jakostní parametr křehkost (Destefanis et al. 2008), zatímco u vepřového masa je nejvíce ceněna šťavnatost (Aaslyng et al. 2003).

Ve studii Bartoně et al. (2014) bylo maso antilopy losí v porovnání s hovězím hodnoceno z hlediska texturních charakteristik (křehkost, žvýkatelnost, vláknitost, šťavnatost), intenzity hovězí chuti a celkové přijatelnosti nižšími hodnotami. Díky velmi nízkému obsahu intramuskulárního tuku, který se sensorickými vlastnostmi masa významně souvisí, lze nižší hodnoty většiny sensorických charakteristik u antilop ve srovnání se skotem přičíst právě nedostatečnému mramorování tuku. Gil et al. (2017), který analyzoval vliv tepelné úpravy (vaření v horké vodě a *sous-vide*) na sensorické hodnocení svalů LTL a ST hovězího masa, ve své studii popsal, že delší časy tepelných úprav pozitivně ovlivnily vývoj vůně hovězího

masa a jeho šťavnatosti. Ke shodnému výsledku dospěli i autoři Bureš et al. (2021), kteří porovnávali metody *sous-vide* a grilování. Co se týká pozitivní korelace zvýšené teploty na vůni hovězího masa, tak i naše studie tento trend dokazuje, kdy vařenému masu byla přiřazena nejsilnější a grilovanému nejnižší intenzita vůně hovězího masa. S čím se ale naše výsledky v porovnání se zmíněnými studiemi rozcházejí je v parametru šťavnatosti. V naší studii měly nejvyšší hodnotu šťavnatosti vzorky pečené v troubě, poté vzorky grilované a jako nejméně šťavnaté byly označeny vzorky vařené u všech hodnocených svalů. Kdybychom brali v úvahu, že šťavnatost je ovlivněna jak obsahem vody, tak obsahem intramuskulárního tuku (Jeremiah et al. 2003), měl by vyjít výsledek pečený > vařený > grilovaný (seřazeno dle vzrůstající šťavnatosti). Je možné, že se vzorky, které byly před samotnou senzorickeou analýzou udržovány při teplotě 50 °C, vysušily, což způsobilo, že byly senzorickeým panelem hodnocen jako méně šťavnaté.

Chuť zvěřiny byla Neethling & Hoffman (2014) charakterizována jako kombinace játrových a kovových chutí, které jsou považovány za senzoricke nežadoucí atributy masa divokých zvířat (Yancey et al. 2006). To se pravděpodobně ukázalo v naší studii jako hlavní důvod pro výsledek celkové přijatelnosti masa, protože vzorky, u kterých byly zaznamenány tyto abnormality v chuti a vůni (intenzita abnormální chutě a vůně, intenzita zvěřinové chutě a vůně či chuť kyselá) byly ve všech případech popsány s nejvyšší intenzitou u vzorků grilovaných mas. Ty pak měly i nejnižší hodnocení celkové přijatelnosti.

## 7 Závěr

Na základě výsledků lze potvrdit stanovenou hypotézu se závěrem, že použité metody tepelného opracování (vaření ve vodní lázni, pečení a grilování) měly významný vliv na fyzikální, nutriční i organoleptické vlastnosti masa antilopy losí.

Úbytek hmotnosti způsobený tepelnou úpravou byl nejvýraznější u svalu *biceps femoris* u pečeného vzorku. Tepelná úprava ovlivnila také pH a barvu masa, kdy výsledkem bylo světlejší, méně červené zbarvení s mírným zvýšením žlutosti. I když instrumentálně hodnocená tuhost masa nebyla s ohledem na rozdílné použité metody potvrzena se statistickou významností, způsoby úpravy s delší dobou tepelného opracování (vaření a pečení) měly tendenci křehkost masa zvyšovat. Při hodnocení jednotlivých svalů byl *semitendinosus* označen jako nejkřehčí a naopak *biceps femoris* jako nejméně křehký sval, což korespondovalo také se zjištěnými hmotnostními ztrátami.

Působením tepelného ohřevu se zvýšil i obsah sušiny současně s hladinou tuku a bílkovin v mase. Nejvyšší obsah bílkovin byl po tepelných úpravách naměřen u svalu ST (průměrně 32,47 g/100 g) a nejvyšší obsah tuku u BF (0,37 g/100 g).

V rámci senzoričského hodnocení byly tepelnou úpravou ovlivněny jak vlastnosti, které jsou u chuti a vůně tepelně opracovaného masa žádané (intenzita vůně a chuti hovězího maso, celková přijatelnost), tak i ty méně senzoričky atraktivní (abnormální vůně a chuť, intenzivní vůně a chuť zvěřiny či chuť kyselá). Nejnižšími hodnotami celkové přijatelnosti u všech svalů byly označeny vzorky grilovaného masa, u kterých byly naměřeny i nejvyšší hodnoty abnormální vůně a chuti, zatímco při metodách vaření a pečení se tyto negativně vnímané vlastnosti nerozvinuly.

Antilopa losí může představovat v budoucnosti jeden z nových alternativních zdrojů červeného masa splňujícího náročné požadavky moderních spotřebitelů na kulinární kvalitu a zároveň přispět k boji s nedostatkem potravin a podvýživou u části populace afrického kontinentu. Tyto předložené výsledky poskytují cenné poznatky o účincích tepelné úpravy na nepříliš zkoumané maso antilopy losí, které mohou být užitečné pro optimalizaci přípravy pokrmů vedoucí k vylepšení chuti a nutriční hodnoty.

## 8 Seznam literatury

1. AASLYNG MD, BEJERHOLM C, ERTBJERG P, BERTRAM HC, ANDERSEN HJ. 2003. Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. *Food Quality and Preference* **14**(4):277-288.
2. AHMAD RS, IMRAN A, HUSSAIN MB. 2018. Meat science and nutrition. Pages 61-74 in Arshad MS editor. InTech, London.
3. ALFAIA CMM, ALVES SP, LOPES AF, FERNANDES MJE, COSTA ASH, FONTES CMGA, CASTRO MLF, BESSA RJB, PRATES JAM. 2010. Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. *Meat Science* **84**(4):769-777.
4. ANDREOTTI A, BORGHESI F, ARADIS A. 2016. Lead ammunition residues in the meat of hunted woodcock: A potential health risk to consumers. *Italian journal of animal sciences* **15**:22-29.
5. BADIANI A, STIPA S, BITOSI F, GATTA PP, VIGNOLA G, CHIZOLLINI R. 2002. Lipid composition, retention and oxidation in fresh and completely trimmed beef muscles as affected by common culinary practices. *Meat Science* **60**:169-186.
6. BARTOŇ L, BUREŠ D, KOTRBA R, SALES J. 2014. Comparison of meat quality between eland (*Taurotragus oryx*) and cattle (*Bos taurus*) raised under similar conditions. *Meat Science* **96**(1):346-352.
7. BHAT ZF, MORTON JD, BEKHIT AEA, KUMAR S, BHAT HF. 2021. Thermal processing implications on the digestibility of meat, fish and seafood proteins. *Comprehensive reviews in Food science and Food safety* **20**(5):4511-4548.
8. BUREŠ D, BARTOŇ L, KOTRBA R, KUDRNÁČOVÁ E. 2017a. Kvalita masa farmově chovaných jelenů a daňků. *Náš chov* **77**(1):72-74.
9. BUREŠ D, HOFFMAN L. 2019. Chov, produkce a zpracování masa nedomestikovaných zvířat v Namibii. *Maso* **2019**(7):23-28.
10. BUREŠ D, HOFFMAN LC, KOTRBA R. 2017b. Chov, produkce a zpracování masa nedomestikovaných zvířat v Jihoafrické republice. *Maso* **28**(6):20-24.
11. BUREŠ D, NEEDHAM T, BARTOŇ L, LEBEDOVÁ N, KOTRBA R. 2021. Možnosti zvyšování kvality masa antilopy losí z farmového chovu. *Maso* **32**(6):18-24.
12. CÁCERES E, GARCÍA ML, SELGAS MD. 2006. Design of a new cooked meat sausage enriched with calcium. *Meat Science* **73**:368-377.
13. CARRUTHERS J. 2008. Wilding the farm or farming the wild? The evolution of scientific game ranching in South Africa from the 1960s to the present. *Transactions of the Royal Society of South Africa* **63**:160-181.
14. COLMENERO JF, HERRERO, A, COFRADES S, RUIZ-CAPILLAS C. 2012. Meat and Functional Foods. Pages 225-248 in Hui YH editor. *Handbook of meat and meat processing*. CRC Press, USA.
15. CZARNIECKA-SKUBINA E, STASIAK DM, LATOCH A, OWCZAREK T, HAMULKA J. 2022. Consumers' perception and preference for the consumption of wild game meat among adults in Poland. *Foods* **2022** **11**:830.
16. DAVIDSON B, MACIVER J, LESSARD E, CONNORS K. 2011. Meat lipid profiles: A comparison of meat from domesticated and wild Southern African animals. *In Vivo* **25**(2):197-202.
17. DESTEFANIS A, BRUGIAPAGLIA A, BARGE MT, DAL MOLIN E. 2008. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. *Meat Science* **78**(3):153-156.
18. DJEKIC I, TOMASEVIC I. 2016. Environmental impacts of the meat chain - current status and future perspectives. *Trends Food Science Technologies* **54**:94-102.
19. DOMINGUEZ-HERNANDEZ E, SALASEVICIENE A, ERTBJERG P. 2018. Low-temperature longtime cooking of meat: Eating quality and underlying mechanisms. *Meat Science* **143**:104-113.
20. EFSA. 2010. Scientific opinion on dietary reference values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA Journal* **8**(3):1461.
21. ELMORE JS, MOTTRAM DS. 2009. Flavour development in meat. Pages 111-146 in Kerry JP, Ledward D, editors. *Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat*. Woodhead Publishing, UK.

22. ESTES RD. 1993. The safari companion: a guide to watching African mammals. Chelsea Green Publishing Company, UK.
23. FABRE R, DALZOTTO G, PERLO F, BONATO P, TEIRA G, TISOCCO O. 2018. Cooking method effect on Warner-Bratzler shear force of different beef muscles. *Meat Science* **138**:10-14.
24. FISININ VI, PAPAZYAN TT, SURAI PE. 2009. Producing selenium-enriched eggs and meat to improve the selenium status of the general population. *Critical reviews in biotechnology* **29**:18–28.
25. FRANK D, JOO ST, WARNER R. 2016. Consumer acceptability of intramuscular fat. *Korean journal for food science of animal resources* **36**(6):699-708.
26. GARCÍA-SEGOVIA P, ANDRÉS-BELLO A, MARTÍNEZ-MONZÓ J. 2007. Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (*m. pectoralis*). *Journal of Food Engineering* **80**(3):813-821.
27. GIL M, RUDY M, STANISŁAWCZYK R, DUMA-KOCAN P. 2022. Effect of traditional cooking and sous-vide heat treatment, cold storage time and muscle on physicochemical and sensory properties of beef meat. *Molecules* **27**(21):7307.
28. GÓMEZ I, JANARDHANAN R, IBAÑEZ FC, BERIAIN MJ. 2020. The effects of processing and preservation technologies on meat quality: Sensory and nutritional aspects. *Foods* **9**(10):1-30.
29. HADI J, BRIGHTWELL G. 2021. Safety of alternative proteins: technological, environmental and regulatory aspects of cultured meat, plant-based meat, insect protein and single-cell protein – a review. *Foods* 2021 **10**:1226.
30. HASSOUN A, OJHA S, TIWARI B, TURID R, NILSEN H, HEIA K, COZZOLINO D, BEKHIT AED, BIANCOLILLO A, WOLD JP. 2020. Monitoring thermal and non-thermal treatments during processing of muscle foods: A comprehensive review of recent technological advances. *Applied Sciences* **10**:1-38.
31. HEJCMANOVÁ P, ORTMANN S, STOKLASOVÁ L, CLAUSS M. 2020. Digesta passage in common eland (*Taurotragus oryx*) on a monocot or a dicot diet. *Comparative biochemistry and physiology A-molecular & integrative physiology*: 246.
32. HOFFMAN LC, CAWTHORN DM. 2012. What is the role and contribution of meat from wildlife in providing high quality protein for consumption? *Animal Frontiers* **2**(4):40-53.
33. HOFFMAN LC, WIKLUND E. 2006. Game and venison - meat for the modern consumer. *Meat Science* **74**:197-208.
34. HOFFMAN LC. 2000. Meat quality attributes of night-cropped Impala (*Aepyceros melampus*). *South African journal of animal sciences* **30**:133-137.
35. HOFMANN RR. 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia* **78**:443–457.
36. HOWE P, MEYER B. 2006. Dietary intakes of long-chainomega-3 polyunsaturated fatty acids: contribution of meatsources. *Nutrition* **22**:47–53.
37. HUANG X, AHN DU. 2019. Lipid oxidation and its implications to meat quality and human health. *Food Science and Biotechnolgy* **28**(5):1275-1285.
38. CHENG Q, SUN DW. 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**(2):137-159.
39. JEREMIAH, LE, DUGAN MER, AALHUS JL, GIBSON LL. 2003. Assessment of the relationship between chemical components and palatability of major beef muscles and muscle groups. *Meat Science* **65**:1013-1019.
40. KAMENÍK J. 2014: Maso jako potravina: produkce, složení a vlastnosti masa. Veterinární a farmaceutická univerzita (VFU), Brno.
41. KAMRUZZAMAN M, MAKINO Y, OSHITA S. 2016. Parsimonious model development for real-time monitoring of moisture in red meat using hyperspectral imaging. *Food Chemistry* **196**:1084-1091.
42. KINCLOVÁ V, JAROŠOVÁ A, TREMBLOVÁ B. 2004. Senzorická analýza potravin. *Veterinářství* **54**:362-364.
43. KOTRBA R, KNÍŽKOVÁ I, KUNC P, BARTOŠ L. 2007. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. *Journal of Thermal Biology* **32**:355-359.

44. LANG Y, ZHANG S, XIE P, YANG X, SUN B, YANG H. 2020. Muscle fiber characteristics and postmortem quality of *longissimus thoracis, psoas major* and *semitendinosus* from Chinese Simmental bulls. *Food Science & Nutrition* **8**(11):6083-6094.
45. LAUBSER JG. 2017. Meat quality characteristics of male and female common eland (*Tragelaphus oryx*). Stellenbosch University, Stellenbosch (South Africa).
46. LIU F, MENG L, GAO X, LI X, LUO H, DAI R. 2013. Effect of end point temperature on cooking losses, shear force, color, protein solubility and microstructure of goat meat. *Journal of food processing and preservation* **37**(3):275-283.
47. LYNCH PB, KERRY JP. 2000. Utilizing diet to incorporate bioactive compounds and improve the nutritional quality of muscle foods. Pages 455-480 in Decker EA, Faustman C, López-Bote C, editors. Antioxidant in muscle foods: nutritional strategies to improve quality. John Wiley&Sons, New York (USA).
48. MACHARÁČKOVÁ B, Bogdanovičová K, Ježek F, Bednář J, Haruštíaková D, Kameník J. 2021. Cooking loss in retail beef cuts: The effect of muscle type, sex, ageing, pH, salt and cooking method. *Meat Science* **171**(7):108270.
49. MODZELEWSKA-KAPITUŁA M, DABROWSKA E, JANKOWSKA B, KWIATKOWSKA A, CIERACH M. 2012. The effect of muscle, cooking method and final internal temperature on quality parameters of beef roast. *Meat Science* **91**(2):95-202.
50. MOHELSKÝ M. 2017. Farmové chovy zvěře. *Myslivost* **2017**(5):16.
51. NEEDHAM T, KOTRBA R, HOFFMAN LC, BUREŠ D. 2020. Ante-and post-mortem strategies to improve the meat quality of high-value muscles harvested from farmed male common eland (*Taurotragus oryx*). *Meat Science* **168**:108183.
52. NEEDHAM T, LAUBSER JG, KOTRBA R, BUREŠ D, HOFFMAN LC. 2019. Sex influence on muscle yield and physiochemical characteristics of common eland (*Taurotragus oryx*) meat. *Meat Science* **152**:41-48.
53. NEETHLING J, HOFFMAN LC. 2014. Impact of season on the chemical composition of male and female blesbok (*Damaliscus pygargus phillipsi*) muscles. *Journal of science of food and agriculture* **94**(3):423-431.
54. NORTH MK, HOFFMAN LC. 2015. Changes in springbok (*Antidorcas marsupialis*) *longissimus thoracis et lumborum* muscle during conditioning as assessed by a trained sensory panel. *Meat Science* **108**:1-8.
55. PAPPAS LA. 2002. *Taurotragus oryx*. *Mammalian Species* **689**:1-5.
56. PATHARE PB, ROSKILLY AP. 2016. Quality and energy evaluation in meat cooking. *Food engineering reviews* **8**:435-447.
57. PEREIRA PM, VICENTE AF. 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science* **93**(3):586-592.
58. PIPEK. 1995. Technologie masa I. VŠCHT, Praha.
59. POORE J, NEMEC EK T. 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* **360**:987-992.
60. POSSELT J. 1963. The domestication of the eland. *Rhodesian journal of agricultural research* **1**:81-88.
61. PURSLOW PP, OISETH S, HUGHES J, WARNER RD. 2016. The structural basis of cooking loss in beef: variations with temperature and ageing. *Food Research International* **89**(1):739-748.
62. SCHAAF SMA G. 2000. The protein digestibility-corrected amino acids score. *Journal of nutrition* **130**:1865-1867.
63. SCHERF BE. 2000. World watch list for domestic animal diversity. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Roma (Italy).
64. SCHWARTZ M, MARAIS J, STRYDOM PE, HOFFMAN LCH. 2022. Effects of increasing internal end-point temperatures on physicochemical and sensory properties of meat: A review. *Comprehensive reviews in food science and food safety* **21**(3):2843-2872.
65. SILVA FA, FERREIRA VC, MADRUGA MS, ESTÉVEZ M. 2016. Effect of the cooking method (grilling, roasting, frying and sous-vide) on the oxidation of thiols, tryptophan, alkaline amino acids and protein cross-linking in jerky chicken. *Journal of food science and technology* **53**(8):3137– 3146.
66. SKINNER JD. 1967. An appraisal of the eland as a farm animal in Africa. *Animal Breeding Abstracts* **35**:177-186.

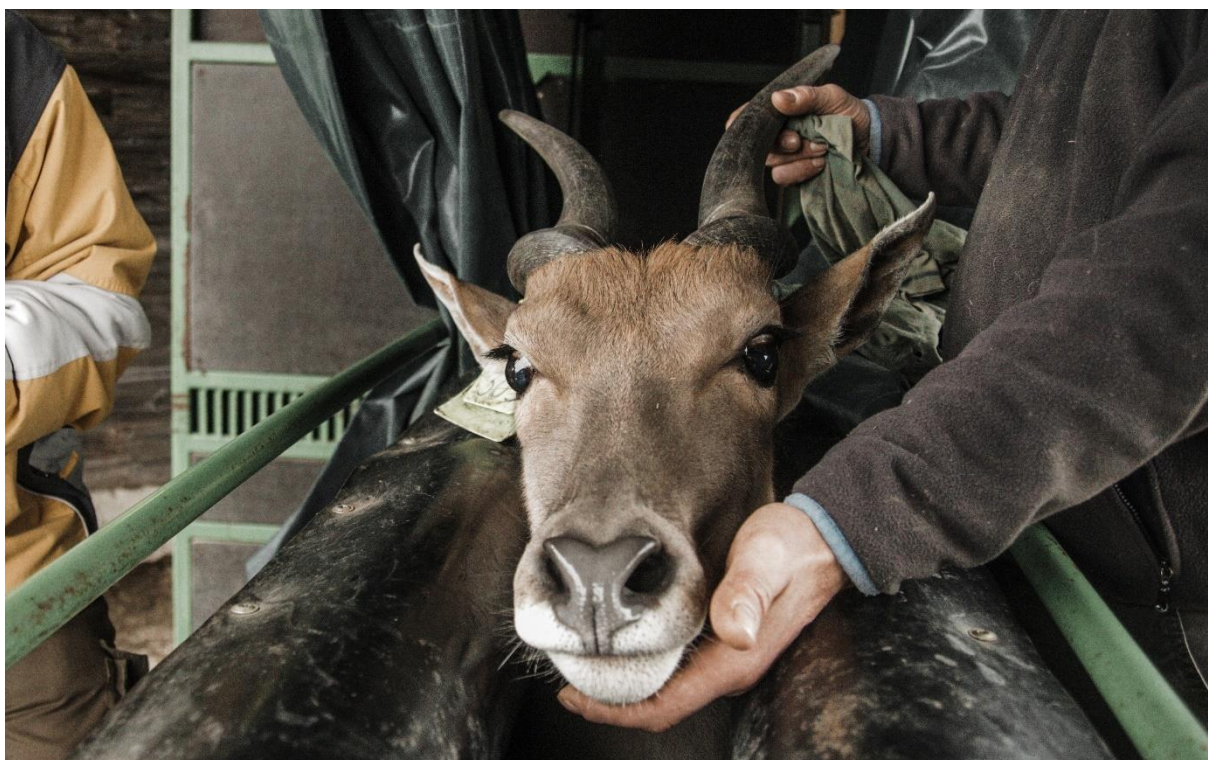


67. SOBRAL MMC, CUNHA SC, FARIA MA, FERREIRA IMPLVO. 2018. Domestic cooking of muscle foods: impact on composition of nutrients and contaminants. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety* **17**(2):309–333.
68. SORIANO A, SÁNCHEZ-GARCÍA C. 2021. Nutritional composition of game meat from wild species harvested in Europe. Pages 77-91 in Ranabhat CL editor. *Meat and Nutrition*. IntechOpen, London-UK.
69. STEINHAUSER L. 2000. *Produkce masa*. Last 2000, Tišnov.
70. SUN A, WU W, SALADOYE P, ALUKO R, BAK KH, FU Y, ZHANG Y. 2022. Maillard reaction of food-derived peptides as a potential route to generate meat flavor compounds: A review. *Food Research International* **151**(3):110823.
71. TORNBERG E. 2005. Effects of heat on meat proteins - Implication on structure and quality of meat products. *Meat Science* **70**(3):493-508.
72. VAN BA H, HWANG I, JEONG D, TOUSEEF A. 2012. Principle of meat aroma flavors and future prospect. Page 145-176 in Akyar I editor. *Latest research into Quality control*. IntechOpen, UK.
73. VAN ZYL JHM. 1962. The meat production of South African game animals: The Eland. *Fauna and Flora* **13**:35-40.
74. VODŇANSKÝ M. et al. 2009. *Hygiena zvěřiny – příručka pro mysliveckou praxi*, 2. vydání. Institut ekologie zvěře VFU, Brno.
75. VON LA CHEVALLERIE M. 1970. Meat production from wild ungulates. *Proceedings of the South African society of animal production* **9**:73-87.
76. WARNER R, HA M, SIKES A, VASKOSKA R. 2017. Cooking and novel postmortem treatments to improve meat texture. Pages 387-423 in Purslow P editor. *New Aspects of Meat Quality*. Woodhead Publishing, UK.
77. WARRIS PD. 2000. *Meat Science: An introductory text*. CABI Publishing, Wallingford (Great Britain).
78. WATSON LH, OWEN-SMITH N. 2000. Diet composition and habitat selection of eland in semi-arid shrubland. *African journal of ecology* **38**(2):130-137.
79. WHO. 2003. *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. WHO Technical Report Series 916. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, Geneva.
80. WILLIAMS P. 2007. Nutritional composition of red meat. *Nutrition&Dietetics* **64**:113-119.
81. WILLIAMSON CS, FOSTER RK, STANNER SAY, BUTTRISS JL. 2005. Red meat in the diet. *Nutrition Bulletin* **30**:323–355.
82. WOOD JD, RICHARDSON RI, NUTE GR, FISHER AV, CAMPO MM, KASAPIDOU E, SHEARD PR, ENSER M. 2004. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science* **66**:21-32.
83. YANCEY EJ, GROBBEL JP, DIKEMAN ME, SMITH JS, HACHMEISTER KA, CHAMBERS IEC, DRESSLER EA. 2006. Effects of total iron, myoglobin, hemoglobin, and lipid oxidation of uncooked muscles on livery flavor development and volatiles of cooked beef steaks. *Meat Science* **73**:680-686.
84. ZHANG R, YOO MJY, ROSS AB, FAROUK MM. 2022. Mechanism and strategies to tailor dry-aged meat flavour. *Trends in Food Science & Technology* **119**:400-411.
85. ZHAO Y, KONG X, YANG X, ZHU L, LIANG R, LUO X, ZHANG L, HOPKINS DL, MAO Y, ZHANG Y. 2022. Effect of energy metabolism and proteolysis on the toughness of intermediate ultimate pH beef. *Meat Science* **188**:108798.

## Internetové zdroje:

1. CIT VFU. 2011. Standartní operační postup 2.3 – Stanovení celkového dusíku a obsahu bílkovin v produktu. Available from [https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/VY\\_01\\_44.pdf/](https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/VY_01_44.pdf/) (accessed January 2023)
2. ČSÚ. 2021. Spotřeba potravin – 2021. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2021/> (accessed December 2022).
3. EU - European Commission. 2011. Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers. Official Journal of the European Union. L304/18. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R1169&from=EN/> (accessed March 2023).
4. EUFIC (European Food Information Council). 2017. Food hygiene: how to prevent foodborne illness. Available from: <https://www.eufic.org/en/food-safety/article/how-to-prevent-food-poisoning-tips-tricks/> (accessed January 2023).
5. FTZ ČZU. Farmový chov antilopy losí na ČZU. Available from: <https://www.ftz.czu.cz/cs/r-6856-katedry-a-soucasti/r-7352-ostatni-pracoviste/r-7429-farmovy-chov-antilopy-losi-na-czu/> (accessed January 2023).
6. IUCN. 2016. *Tragelaphus oryx*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. Available from <https://www.iucnredlist.org/species/22055/115166135/> (accessed December 2022).
7. RITCHIE H, ROSADO P, ROSER M. 2017. Meat and Dairy Production. Available from <https://ourworldindata.org/meat-production/> (accessed December 2022)
8. RSPCA. 2016. How do recreational hunters kill deer and is it humane? Available from <https://kb.rspca.org.au/knowledge-base/how-do-recreational-hunters-kill-deer-and-is-it-humane/> (accessed December 2022)

## 9 Samostatné přílohy



**Příloha I** – Zhruba dvouletý samec ve fixační kleci na školním pozemku v ŠŽP Lány (foto autorka DP).



**Příloha II** – Ukázka fixační klece, ve které byli samci, využité pro výzkum omráčení upoutaným projektilem (viz *Materiál a metody*, podkapitola *Podmínky experimentu (chov, porážka a odběr vzorků)*) (foto autorka DP).  
Na fotce: Ing. Radim Kotrba, PhD.

protokol senzoričkého hodnocení "eland 2022"	box:	set num:
kód hodnotitele / assessor:	datum:	

**Intenzita vůně hovězího masa** (*beef aroma intensity*)

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------

**Intenzita vůně zvěřiny** (*game meat aroma intensity*)

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------

**Intenzita abnormální vůně** (*abnormal odour intensity*)

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------

**Křehkost** (*tenderness*)

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------

**Šťavnatost** (*juiciness*)

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------

**Vláknitost** (*fineness*)

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------

**Žvýkatelnost** (*chewability*)

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------

**Intenzita chuti hovězího masa** (*beef flavour intensity*)

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------

**Intenzita chuti zvěřiny (*game meat flavour intensity*)**

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------

**Intenzita abnormální chuti (*abnormal flavour intensity*)**

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------

**Chuť jater (*liver flavour*)**

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------

**Chuť kyselá (*sour flavour*)**

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------

**Chuť oříšková (*nutty flavour*)**

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------

**Chuť pečeného masa (*roasted flavour*)**

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------

**Celková přijatelnost (*overall acceptance*)**

velmi nízká	_____	velmi vysoká
----------------	-------	-----------------