

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality a bezpečnosti potravin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv různého způsobu zrání na fyzikální, chemické
a organoleptické vlastnosti hovězího masa**

Diplomová práce

**Bc. Vitalii Varha
Výživa a potraviny**

Vedoucí práce Ing. Daniel Bureš, Ph.D.

©2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv různého způsobu zrání na fyzikální, chemické a organoleptické vlastnosti hovězího masa" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.4.2023

Poděkování

Největší poděkování patří Ing. Danielu Burešovi, Ph.D. vedoucímu diplomové práce za trpělivost, čas věnovaný, odborné rady a za vytvoření velmi přátelského prostředí během provedení experimentální části. Děkuji babičce, bráchovi, celé rodině a svým výjimečným kamarádům za to, že jsou částí mého života. Obzvláště bych poděkoval Rebece Vörösově za nesmírnou podporu a pomoc v průběhu studia na ČZU, ale více za to, že mluvím hezky česky.

Práci věnuji nejlepšímu dědečku Romši Hynku-Václavovi (†2021).

Vliv různého způsobu zrání na fyzikální, chemické a organoleptické vlastnosti hovězího masa

Souhrn

Maso je důležitou složkou naší stravy. V poslední době globálně lze vidět narůst v konzumaci této potraviny. Cena, barva a množství viditelného tuku u čerstvého masa jsou zásadními znaky ovlivňující rozhodování o koupi. Kromě toho je mezi spotřebiteli tendence upřednostňovat některé druhy masa, ze kterých má každé své klady a zápory. Kombinace vyšší ceny s nedostačující křehkostí jsou pravděpodobně zodpovědné za pokles v konzumaci hovězího na území České republiky. Formování chuťových a aromatických vlastností v menší nebo větší míře záleží na různých faktorech. Biochemické procesy, probíhající ve svalovině během posmrtného zrání, označují jako nejvýznamnější činitel tvořící jakostní hodnotu masa. Korekcí podmínek je možné výrazně změnit kvalitu konečných produktů.

Předložená práce byla zaměřená na zjištění optimální délky posmrtného zrání mokřým a suchým způsobem u hovězího masa. Pro experiment byl zvolen nízký roštěnec (*longissimus lumborum*) odebrán od 10 býků českého strakatého skotu, poražených ve věku 22 měsíců. Po 48 hodinách byly jednotlivé svaly nakrájené na čtyři části a náhodně rozděleny do jedné z čtyř pokusných skupin. Polovina vzorků byla umístěná do zrací skříně (suchý způsob), zatímco zbytek bylo vakuově zabaleno (mokřý způsob). Pro zajištění stejných podmínek maso v plastovém obalu bylo skladované za stejných podmínek. Po uplynutí intervalů 35 a 50 dní byly měřené fyzikální a chemické charakteristiky, probíhala evaluace sensorických parametrů.

Po provedení analýzy bylo zjištěno, že bez ohledu na způsob v průběhu zrání docházelo k mírnému nárůstu pH hodnoty. V porovnání s čerstvým masem bylo registrováno zvýšení červenosti (a^*) a to jenom u 50denních vzorků od suchého zrání. Signifikantní rozdíly byly ve ztrátách způsobených tepelným zpracováním. Čerstvé maso mělo nejvyšší hodnotu pro instrumentálně měřenou tuhost. Nehledě na metodu zrání se podstatně zvýšila křehkost, ale nebyly rozdíly mezi intervaly 35 a 50 dní statisticky průkazné. Zatímco v obsahu vody se maso mokrého zrání neodlišovalo od čerstvého, u suchého způsobu odpařování zapříčinilo významné zvýšení sušiny a bílkovin. Taktéž se suché zrání projevilo na nárůstu hladiny malondialdehydu, který je indikátorem oxidace lipidů. Výsledky deskriptivní sensorické analýzy ukázaly, že 35denní doba zrání způsobila mezi oběma způsoby zrání signifikantní změny u texturních deskriptorů. Tyto změny byly příznivější u suchého zrání. Zatímco 50denní interval vyvolal rozdíly, které se signifikantně odrážely ve vůni a chuti. Intenzifikace nepříznivých organoleptických vlastností byla sledována u mokrého způsobu, zatímco u suchého zrání došlo ke zvýraznění vůně a chuti hovězího masa, oříškové chuti a chuti pečeného masa. Nakonec byly průkazné rozdíly v celkové přijatelnosti, která byla vyšší u obou dvou intervalů vzorků zrajících za sucha. Jelikož pro spotřebitele jsou podstatní texturní parametry hovězího, zejména křehkost, jako optimální lze doporučit suchý způsob zrání v intervalu 35 dnů, kde v tento period jsou již tyto charakteristiky příznivé.

Nově zjištěná data mohou být aplikovaná na rozvoji strategií a inovativních postupů v technologii zpracování masa, prostřednictvím kterých by bylo možné zvýšit kulinární hodnotu hovězího a tím konkurenceschopnost na trhu a uspokojit očekávání spotřebitelů.

Klíčová slova: hovězí maso, křehkost, organoleptické vlastnosti

The effect of different way of ageing on physiochemical and organoleptic characteristics of beef

Summary

Meat is an essential part of our diet. We can notice a global increase in the consumption of this particular food product in recent years. Price, colour and amount of visible fat in fresh meat are essential characteristics impacting consumers' purchasing decisions. It should be noted there is a tendency among consumers to favour certain types of meat, each with its own advantages and disadvantages. Researchers concluded that the combination of higher prices and insufficient tenderness is likely responsible for declining beef consumption in the Czech Republic. Meat taste and aroma characteristics are more or less dependent on various factors. The biochemical processes in the muscle during post-mortem ageing have been identified as the most crucial factor in maintaining meat quality. By adjusting the conditions, the quality of the final products can be significantly modified.

The present work describes determining the optimum length of post-mortem ageing by wet and dry methods in beef. A strip loin (*longissimus lumborum*) from 10 Czech cattle bulls slaughtered at 22 months of age was chosen for the experiment. After 48 hours, individual muscles were cut into four parts and randomly divided into one of four experimental groups. Half of the samples were placed in a dry ageing cabinet (dry ageing), while the rest were vacuum packed (wet ageing). To ensure the similar conditions, meat in plastic packaging was stored under the same conditions. After 35 and 50 days, the physical and chemical characteristics were noted, and the sensory parameters were evaluated.

The analysis shows that regardless of the method, there was a slight increase in the pH value during ageing. Compared to fresh meat, a growth in redness (a^*) was registered only in the 50-day dry-aged samples. Significant differences were observed in the cooking losses due to heat treatment. Fresh meat recorded the highest value for instrumentally measured firmness. Regardless of the method, tenderness increased significantly during ageing, but the differences between the 35- and 50-day intervals were not statistically significant. While the fresh meat did not differ in moisture content from wet-aged meat, the dry method caused a considerable increase in dry matter and protein. Dry ageing also increased malondialdehyde, an indicator of lipid oxidation. The results of the descriptive sensory analysis illustrated that the 35-day ageing caused changes in the textural descriptors. These changes were more favourable in a dry method sample. While the 50-day interval induced differences greatly reflected in aroma and flavour. The intensification odour organoleptic characteristics were observed in the wet method. At the same time, the dry ageing showed an increase in the aroma and taste of beef, nutty flavour and roasted meat flavour. Finally, there were conclusive differences in the overall acceptability, which was higher for the two dry-aged sample intervals. As the textural parameters of beef, tenderness in particular, are essential to consumers, the dry ageing at 35 days may be recommended as optimal, as these markers are already sufficient at this time.

Given these points, the new data can be applied to develop methods and innovative approaches in meat processing technology, due to which beef's culinary value could be improved, thus making it more competitive in the market and satisfying consumer expectations.

Keywords: beef, tenderness, sensory properties

Obsah

1 Úvod	8
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Český strakatý skot	11
3.2 Význam masa v lidské výživě	12
3.3 Zdravotní rizika spojená s konzumací masa	13
3.4 Produkce a spotřeba masa	13
3.4.1 Produkce masa.....	13
3.4.2 Spotřeba masa.....	16
3.5 Struktura svalové tkáně	17
3.6 Chemické složení masa	18
3.6.1 Voda.....	18
3.6.2 Bílkoviny	19
3.6.3 Ostatní dusíkaté sloučeniny	20
3.6.4 Tuky	20
3.6.5 Vitaminy a minerální látky.....	21
3.7 Fyzikální a senzorické a vlastnosti masa	22
3.7.1 Vaznost.....	22
3.7.2 Křehkost	23
3.7.3 Barva	23
3.7.4 Chut' a vůně.....	24
3.8 Postmortální změny v mase	25
3.8.1 <i>Prae rigor</i>	25
3.8.2 <i>Rigor mortis</i>	26
3.8.3 Zrání masa	26
3.8.4 Hluboká autolýza	27

3.9 Způsoby zrání masa	27
3.9.1 Mokrý způsob zrání	27
3.9.2 Suchý způsob zrání	28
3.10 Vliv zrání na maso.....	29
3.11 Proteolytický enzymatický systém.....	30
3.12 Abnormální průběh posmrtných změn. DFD a PSE vady.....	30
4 Metodika	32
4.1 Zvířata	32
4.2 Příprava vzorku k analýze.....	32
4.3 Měření fyzikálních vlastností.....	33
4.4 Měření chemických vlastností	34
4.5 Senzorická analýza.....	35
4.6 Statistické hodnocení	38
5 Výsledky	39
5.1 Vyhodnocení různého způsobu a délky zrání na fyzikální vlastnosti masa ...	39
5.2 Vyhodnocení různého způsobu a délky zrání na chemické složení masa	41
5.3 Vyhodnocení různého způsobu a délky zrání na senzorické vlastnosti masa	42
6 Diskuze	46
7 Závěr	50
8 Seznam literatury.....	51
9 Seznam použitých zkratk a symbolů	58

1 Úvod

Již odpradávná je maso významnou potravinou v lidském jídelníčku. Konzumaci poskytujeme organismu nenahraditelné látky, nutné pro správný vývoj a růst. Chemické složení masa je bohaté na obsah plnohodnotných proteinů, vitaminů a minerálních látek. V současné době způsobuje nedostatek železa různorodé zdravotní potíže skoro u dvou miliard lidí a jedná se pravděpodobně o nejčastěji se vyskytující deficit mezi nutrienty, obzvláště u dětí a žen v produktivním věku. Jako preventivní faktor by mohla sloužit konzumace hovězího. Ve srovnání s ostatními druhy se vyznačuje relativně větším podílem biologicky dostupného železa pro organismus.

Dle dat Českého statistického úřadu patří hovězí maso mezi tři hlavní druhy mas na území České republiky. Jeho podíl však představuje 11 % celkové konzumace. V posledních letech se registruje dokonce kolísání ve spotřebě. Na to působí rozmanité faktory. Například média často bez vědeckého opodstatnění asociují hovězí se vznikem srdečních nemocí nebo některých druhů rakoviny (např. kolorektální karcinom) a to z důvodu přítomnosti cholesterolu a nasycených mastných kyselin v jeho složení. Ovšem, ve zdravotnictví je toto téma stále diskutabilní. Kromě toho je masný průmysl pod tlakem společnosti a ekoaktivistů proto, že chov dobytka způsobuje produkci a emisi metanu do atmosféry, což dopadá na životní prostředí.

Faktem ale je, že se Češi i nadále považují za milovníky masa. V produkci hovězího Česká republika vykazuje soběstačnost. V současné době neustále roste zájem o kvalitu výrobků. U masa ji lze definovat jako komplex fyzikálních, chemických a sensorických parametrů. Zvyšování kvality je důležité jak pro konečné spotřebitele, tak pro masný průmysl celkem. Konzumenti jsou konečným bodem v řetězci „od vidlí po vidličku“. Z pohledu organoleptických charakteristik rozhodujícím a zásadním pro ně budou parametry spojené s texturou masa, mezi kterými křehkost má klíčovou roli. Navíc lidé jsou ochotni zaplatit více za hovězí maso, které splňuje jejich vysoké požadavky.

Kvalita masa je závislá na různých faktorech, kterou v různém rozsahu určují produkční systém, pohlaví zvířete, výživa, plemenná příslušnost, genetické předpoklady aj. Posmrtné přeměny, probíhající v jatečně upraveném těle, mají největší vliv. Změny v masě lze rozdělit do čtyř fází. Jednou z nich je zrání masa, během kterého přirozeně se vyskytující proteolytické enzymy rozkládají komplexní strukturální jednotky svalů na menší fragmenty, v důsledku čeho se stává maso křehkým a nabývá nové chuťové znaky. Regulací podmínek zrání lze získat maso s velkým spektrem kvalitativních parametrů.

V masném průmyslu vymezují dvě základní metody zrání. První z nich je zrání za mokra. Je to relativně nový způsob, který byl vyvinutý v druhé polovině minulého století a vyznačuje se balením jednotlivých masových kusů do hermeticky uzavřeného plastového obalu, ze kterého je odstraněn veškerý vzduch, s následným uchováním po určitou dobu. Naproti tomu, alternativní metodou je suché zrání při kterém se půlky, čtvrtky nebo jednotlivé svaly jatečně upraveného těla umísťují v chladírenském prostředí, kde jsou kontrolovány teploty, vlhkost, intenzita proudění vzduchu a v neposlední řadě délka uskladnění.

Způsob mokrého zrání je snadno realizovatelný, není náročný na prostředí a je to z ekonomického hlediska méně nákladný proces. Nevýhodou ale je vznik sensorických vlastností, které konzumenti popisují spíše negativně. Oproti tomu po suchém zrání maso získává odlišné texturní a intenzivnější chuťové a aromatické vlastnosti, které jsou vysoce

ceněné mezi milovníky masa. Ovšem požadavky na hygienu prostředí a velké hmotnostní úbytky v konečném důsledku zřetelně zvyšují cenu konečného produktu.

V souvislosti s touto problematikou je perspektivním tuzemské plemeno českého strakatého skotu. Na území České republiky se považuje za tradiční místní plemeno, které ve značné míře saturuje dodávky hovězího masa na domácím trhu. Má své jedinečné a unikátní vlastnosti, proto je populární a jako součást kombinovaného červenostrakatého skotu (Fleckvieh) se rozšířilo i do dalších chovatelských oblastí Evropy a světa. Chová se z důvodu produkce masa a mléka, díky čemu bylo zařazeno do kombinovaného typu užitkovosti. Z hlediska organoleptických vlastností masa a chemického složení jsou jednotlivé typy odlišné. Ten faktor se zohledňuje při zacházení se zvířetem v průběhu života, před a po porážce, aby byly dosaženy standardní kvalitativní parametry. V literárních zdrojích je málo popsáno jak se odlišné typy zrání odrážejí na mase od českého strakatého skotu.

Předmětem této práce je problematika různého způsobu zrání hovězího masa při odlišné době a sledování dynamiky změn u fyzikálních, chemických a senzorických vlastností.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Vědecká hypotéza

Podle vědeckých poznatků a na základě odborné literatury byla stanovena tato vědecká hypotéza diplomové práce:

Hypotéza: Různé způsoby zrání masa se projeví v odlišných vlastnostech měřených senzorickou analýzou či v jeho fyzikálních charakteristikách. Zjištěné diference budou souviset s rozdíly v chemickém složení.

Cíl práce

Cílem této práce bylo vyhodnotit vliv různého způsobu zrání a délky zrání masa na fyzikální, chemické, technologické a organoleptické vlastnosti masa býků.

3 Literární rešerše

3.1 Český strakatý skot

Domestikace je dlouhý a nepřetržitý proces (Zeder 2012). Během tohoto procesu dochází ke změnám jednak ve fyziologických procesech, ale také v morfologii. Plemena skotu se rozdělují podle několika faktorů, jako je typ užitkovosti, věk nebo tělesný rámec. Na vývoji a rozvoji plemen se podílely různorodé vlivy zahrnující přírodní, sociální a ekonomické procesy. V kontrastu s jinými zeměmi, kde se šlechtěním selektovaly plemena s jednostrannou užitkovostí a to buď na masnou, nebo mléčnou, v České republice se preferovalo s kombinovanou užitkovostí (Bureš et al. 2020b). Mléčná plemena spotřebovávají více krmiva a méně intenzivně rostou. Přičemž nárůst hmotnosti nezlepšuje kvalitu masa a porážení při menších hmotnostech není ekonomicky výhodné. Ve srovnání s předchozím typem masná plemena intenzivně rostou a potřebují menší podíl krmiva pro růst. Nevýhodou ale může být velké množství povrchového tuku. Představitelé kombinované užitkovosti jsou dobrou variantou, protože, rychle nabírají ve váze a jatečná výtěžnost je u takových plemen vysoká (Steinhauser et al. 1995).

Český strakatý skot je významným představitelem typu kombinované užitkovosti (Andrýsek et al. 2015). Na území Evropy má toto plemeno významné postavení. Dříve znám jako plemeno červenostrakaté, české strakaté vzniklo v první polovině 20. století a má svůj původ v simentálském skotu ze Švýcarska (obrázek 1). Po druhé světové válce proběhla typologická přestavba, díky čemuž došlo k náhradě užitkovosti z tah, maso, mléko na masnou a mléčnou. Název „český strakatý skot“ byl zaveden pro toto plemeno v roce 1967 (Skládanka et al. 2014). Relativně dobré charakteristiky v kombinaci s širokým využitím tomuto typu skotu se umožnily rozšířit po celém světě. Skot je částí populace strakatých plemen, která mají shodný fylogenetický původ. V České republice má status původního plemena (CESTR 2008).



Obrázek 1: Býci plemene českého strakatého skotu ve výkrmu (Bureš et. al 2020b)

V minulém století bylo české strakaté dominantním ve stádech v České republice. Situace se ale začala měnit v 90. letech 20. století, když se výrazněji začal rozvíjet chov plemene holštýn, které začalo do značné míry nahrazovat český strakatý skot (Bureš et al. 2018a). Dnes je většina dojeného skotu původem z plemena holštýn a českého strakatého.

Chovný cíl plemena holštýn je v první řadě je zaměřený výhradně na mléčnou užitkovost (Bartoň et al. 2003). V České republice se v současnosti stavy masného skotu zvyšují. Ovšem takový typ je často vyvážený do zahraničí k výkrmu a porážkám (Hudetzová & Vodička 2020). Proto je český strakatý z hlediska produkce masa stále nejvýznamnější (Skládanka et al. 2014).

České strakaté v současnosti představuje necelou polovinu skotu v tuzemských dojených stádech. Díky své osobité oboustranné užitkovosti určuje ekonomickou efektivitu podniku. U plemene se cení jeho výborný a bezproblémový zdravotní stav. Toto českému strakatému dovoluje pravidelnou plodnost. Kromě toho je dosti podstatným, že porod prochází bez komplikací a vitalita nově narozených telat je velmi vysokou. Produkty od chovů českého strakatého skotu lze použít na různé formy technologické úpravy. Maso výrobci popisují jako vysoce kvalitní, chuťově výrazné a s vysokou hladinou výtěžností a relativně nízkým množstvím ukládaného tuku. Podmínky na trhu se neustále mění a vyžadují od zpracovatelů intenzivní reakci. Díky svým vlastnostem české strakaté zaručuje snadnou přizpůsobivost k odlišným podmínkám chovu, což dovoluje rychle reagovat na nové obchodní požadavky (CESTR 2008).

3.2 Význam masa v lidské výživě

Antropologické práce, kterými v současnosti disponujeme, potvrzují fakt, že již před tisícovkami let bylo maso pro lidi významným zdrojem potravy. Kromě masa mohli lovci, díky lovu zvířat, získávat i nemasné komodity (Boler & Woerner 2017). Maso zaujímá vysoké postavení v žebříčku potravin. Je to část naší stravy, produkce, která potenciálně největší negativní dopadá na životní prostředí. Je navíc považovaná za nejdražší složku lidského jídelníčku. Dominantní pozici masa akcentuje i fakt, že výskyt masa většinou v jídelních lístcích přiřazuje pokrmu i samotný název, a to i v případech, kdy je maso považováno za pouhou přísadu jídla, například v salátu (Holm & Møhl 2000).

Maso z pohledu hygienických účelů podle Nařízení EU 853/2004 od 29. dubna 2004, definováno jako „všechny jedlé části domácího skotu, drůbeže, králíků a hlodavců, divokých zvířat aj.“. Z technologického pohledu se jako maso označuje: „kosterní svalstvo s tkáněmi, které ho doprovázejí, krev a droby“ (Lautenschlaeger & Upmann 2017). Konzumace masa je často vnímaná spolu s lepším postavením ve společnosti, zároveň se většinou podává během slavnostních událostí (Boler & Woerner 2017). Maso je především konzumováno kvůli svým sensorickým vlastnostem (Kadlec et al. 2012). Z nutričního hlediska je maso, díky obsahu pro lidský organismus nepostradatelných sloučenin, nedílnou složkou pro vývoj dobrého zdraví. Ve svém složení obsahuje proteiny vykazující vysokou biologickou hodnotu. Je zdrojem zejména lysinu a methioninu, což jsou esenciální aminokyseliny, jejichž množství je významně menší v potravinách rostlinného původu, kupř. jako jsou obilniny a luštěniny (Ekmekcioglu et al. 2018). Je také dobrým zdrojem minerálních látek a vitaminů skupiny B (Pereira & Vicente 2013). Začátek konzumace masa lze považovat za zlomový faktor v lidské existenci (Baltic & Boskovic 2015). Před 2,6 miliony lety se začalo maso objevovat ve stravě hominidů, což položilo základ celé řadě morfologických a fyziologických změn. Došlo ke změnám velikosti zubů, v morfologii střev a jako důsledek pozitivně ovlivnilo velikost mozku a celého těla. To vedlo k současným změnám u moderního člověka. Evoluční status masa „poklad z nebe“ se skrze média rychle mění na „původce zla“, přičemž se zdůrazňuje hrozba pro prostředí, zdraví lidí a každého jednotlivce (Magkos 2022).

3.3 Zdravotní rizika spojená s konzumací masa

Ve světě je konzumace masa spojena se vznikem celé řady onemocnění. Epidemiologické studie jako nejčastější uvádějí karcinom tlustého střeva, kardiovaskulární onemocnění (KVO), ke kterým patří mrtvice, ischemická choroba srdeční, infarkt myokardu (McAfee et al. 2010). Signifikantním faktorem vzniku KVO je strava s nezdravým složením. Přičemž pokud hovoříme o mase, tak jeho nutriční složení, tedy množství tuku, a jeho kvalitu (kvalitu mastných kyselin) označujeme jako dominantní příčinu vzniku zmíněných onemocnění. Trans- a nasycené mastné kyseliny obsažené v mase a masných výrobcích mají schopnost zvyšovat hladinu cholesterolu v krvi. Vyšší množství v plazmě lipoproteinů o nízké denzitě je hlavní příčinou rozvoje aterosklerózy vedoucí ke vzniku KVO (Jeong et al. 2023).

Karcinogenní účinky masa se zmiňují v souvislosti s jeho tepelným zpracováním. Vyšší teploty způsobují tvorbu heterocyklických aminů a aromatických uhlovodíků pro které jsou typické mutagenní účinky (Kouvari et al. 2016). Konzumace bílého masa (např. drůbeže) může sloužit jako ochranný faktor, ve kterém toto maso není spojováno s nemocemi, zatímco konzumace červeného masa se zmiňuje v souvislosti s rizikem rozvoje rakoviny. Přičemž hlavní rozdíl spočívá v tzv. molekule hemového barviva (myoglobin). V červeném mase je koncentrace myoglobinu vyšší. Proces, kdy působením hemové oxygenázy 1 hem degraduje, přináší uvolnění železa, které zvyšuje možnost vzniku karcinomu dvěma způsoby. Z jedné strany má železo katalytický účinek na syntézu nitrózosloučenin. Ty vykazují mutagenní účinky. Z druhé strany peroxidací lipidů vzniká buď karcinogenní malondialdehyd (MDA) nebo reaktivní formy kyslíku s mutagenními vlastnostmi (Aykan 2015).

V roce 2015 Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) přiřadila masu status potencionálně karcinogenní potravina a do skupiny karcinogenních zařadila masné výrobky (Turesky 2018). Při výrobě masných výrobků pro zvýraznění chutě a stabilizaci barvy se aplikuje dusitan sodný (Sindelar & Milkowski 2011). V gastrointestinálním traktu tato sloučenina reaguje s aminy, amidy a dalšími sloučeniny za vzniku N-nitrózosloučenin, pro které je charakteristickou karcinogenita (Lee et al. 2021).

Rozhodujícím faktorem pro dosažení dobrého zdraví je strava (Kouvari et al. 2016). Je nutné zmínit, že vznik KVO je podmíněný nejen potravinami, ale také se na tom podílejí i další faktory jako je kouření a fyzická aktivita (Jeong et al. 2023). Vyvážená konzumace masa však nebude přispívat ke vzniku chorob, příjem živin z masa spíše pozitivně ovlivní zdraví. Jako doporučené množství se uvádí 71 g denně. Snížení této hodnoty by mohlo vést k závažným zdravotním rizikům spojených s nedostatkem železa (McAfee et al. 2010).

3.4 Produkce a spotřeba masa

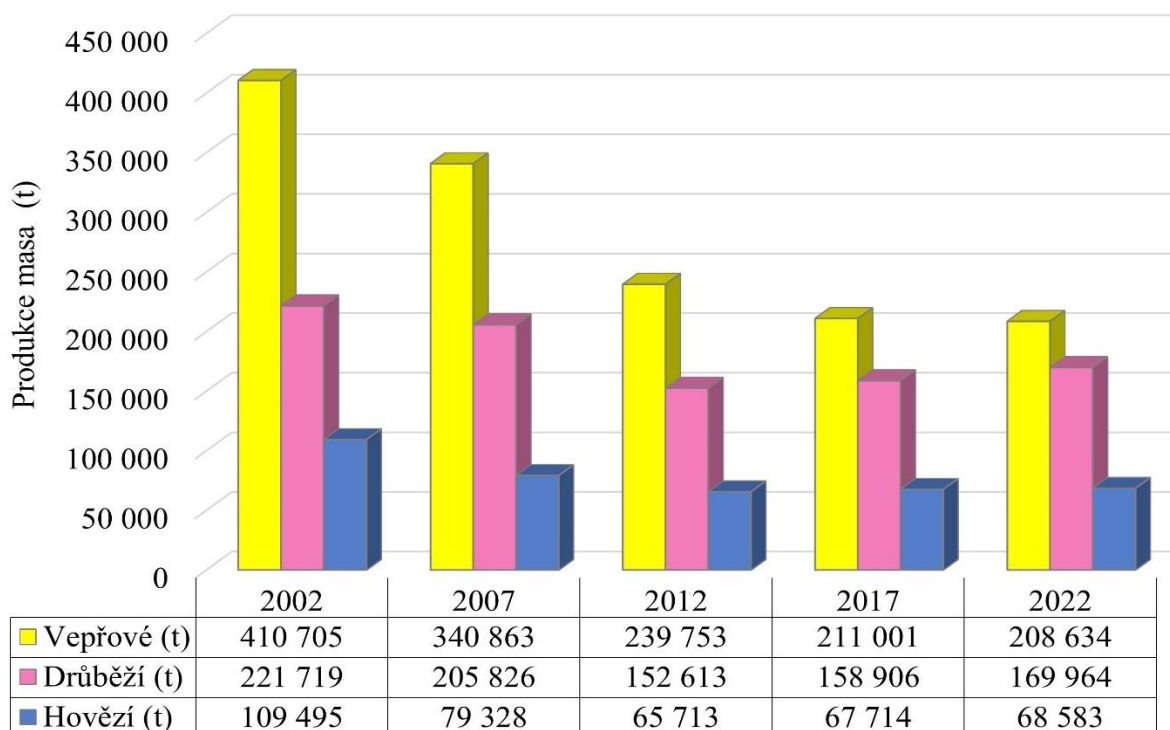
3.4.1 Produkce masa

Poslední dostupné údaje naznačují, že na území České republiky bylo v průběhu roku 2022 vyprodukováno 447 317 tun masa (graf 1), což ve srovnání s rokem 2021, kdy produkce dosáhla 466 856 tun, došlo ke snížení o 4,2 % (ČSÚ 2023).



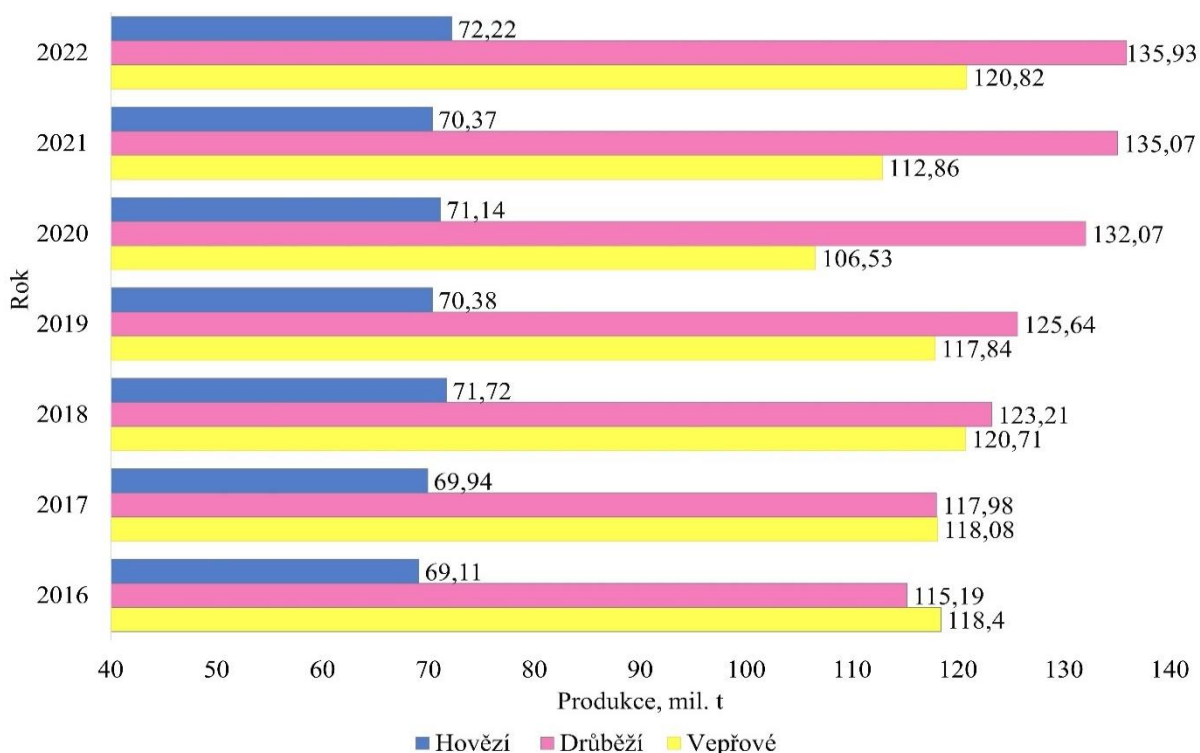
Graf 1: Celková výroba masa v České republice mezi lety 2002 až 2022 (zpracováno dle ČSÚ (2023))

Mezi nejvíce konzumovanými druhy masa je situace v produkci různá. Podle grafu 2 lze konstatovat, že od roku 2002 docházelo k poklesu v produkci vepřového. Přičemž pokles je téměř 50 % v roce 2022. Snížení výroby lze sledovat rovněž u hovězího a drůbežího masa. Pro tyto dva druhy se situace změnila v roce 2012, kdy se produkce znovu začala mírně zvyšovat, intenzivněji však u drůbeže.

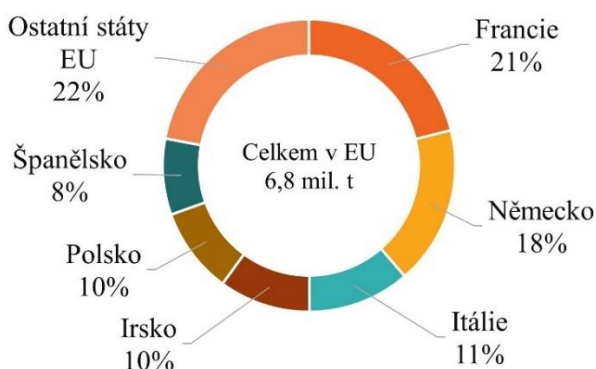


Graf 2: Produkce hlavních druhů masa na území České republiky mezi lety 2002 až 2022 (zpracováno dle ČSÚ (2023))

V České republice je pozorováno, že v poslední době dochází k stabilizaci ve výrobě, ale celosvětově poptávka každoročně intenzivně stoupá. Za posledních 50 let se ve světě produkce masa zvýšila. FAO (2022) uvádí, že v roce 2022 bylo vyprodukováno kolem 360 mil. tun masa. Oproti roku 2021 došlo ke zvýšení o 1,2 %. Další údaje naznačují, že největší producent masa ve světě je Čína (95,3 mil. t), druhé místo zaujímá USA (necelých 50 mil. t). V Evropské unii se na jejím území celoročně produkuje cca 44,32 mil. t. Podle grafu 3 se dá říci, že ve světě se dnes nejvíce produkuje drůbeží maso, jehož produkce také nejrychleji stoupá. Na druhém místě pak vepřové maso. Hovězí maso je, s velmi mírně rostoucí tendencí, až na třetím místě (Shahbandeh 2022).



Graf 3: Celosvětová produkce hlavních druhů masa (zpracováno dle Shahbandeh (2022))



Graf 4: Výroba hovězího masa v EU v roce 2021 (zpracováno dle Eurostat (2023))

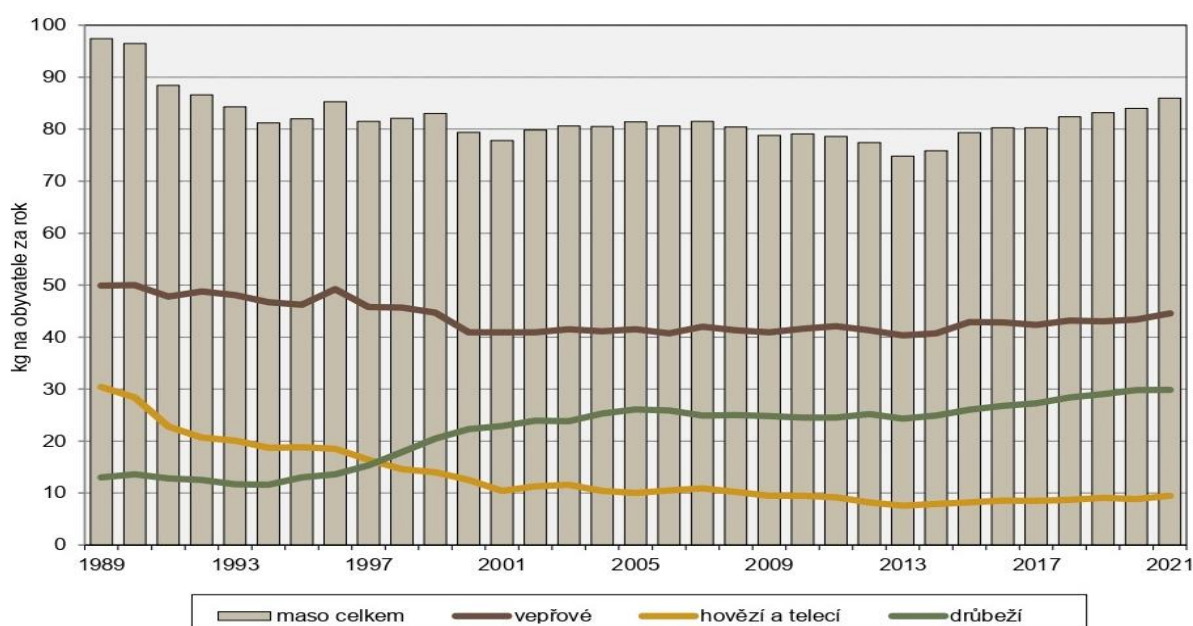
Data FAO (2022) ukazují, že bylo v roce 2022 největším producentem hovězího masa ve světě bylo USA (12 mil. t), druhé místo má Brazílie (10 mil. t), třetí místo patří Číně (7 mil. t). V EU v roce 2021 bylo vyprodukováno necelých 7 mil. t hovězího masa (Eurostat 2023).

3.4.2 Spotřeba masa

V různých částech světa je spotřeba masa velice proměnlivá, zároveň je ovlivněna různými faktory, hlavně sociálními a ekonomickými. Podílejí se na tom také globalizační procesy. Celosvětová spotřeba masa roste. Mezi jednotlivými státy lze sledovat, že je poptávka u masa zvýšená tam, kde jsou vyšší příjmy. Mezi další faktory změn k růstu spotřeby masa také přispívá urbanizace. V neposlední řadě to jsou příznivé přírodní podmínky, které umožňují zlepšení chovu skotu (Milford et al. 2019). Ve světě existuje menší množství lidí, kteří mají k dispozici většinou jenom potraviny živočišného původu. Například nomádští pastevcí bydlící v pouštích podmínkách, nemající možnost konzumovat jiné druhy potravin (Godfray et al. 2018).

Řada faktorů může negativně ovlivnit spotřebu. Například pokles způsobený globalizací ale i rostoucími cenami (Milford et al. 2019). V některých případech spotřebu ovlivňuje náboženství (Bonne et al. 2008). V zemích, kde převládající konfesí je islám, bude konzumace vepřového masa buď minimální nebo dokonce úplně nulová (Font-i-Furnols & Guerrero 2014).

V České republice je maso velmi populární potravinou. Za poslední roky se průměrná spotřeba masa se pohybuje okolo hodnoty 80 kg na osobu a rok. Od minulého století se tato hodnota skoro zdvojnásobila (Zahrádková et al. 2009). Data ČSÚ (2022) ukazují, že v roce 2021 se v České republice, se nejvíce spotřebovalo vepřové maso 44,6 kg na osobu a rok. Dále potom na druhém místě se usadilo drůbeží s průměrem 29,9 kg na osobu a rok, třetí místo ovšem patří hovězímu masu s množstvím 9,4 kg na osobu a rok.



Graf 5: Dynamika spotřeby masa u obyvatel České republiky (upraveno dle ČSÚ (2022))

Od šedesátých let minulého století bylo hovězí maso tím nejvíce spotřebovaným ve světě. Po nějaké době ho začalo zastiňovat vepřové maso. V 90. letech dokonce i maso drůbeže předstihlo hovězí (Steinhauser et al. 2000). Tato změna v posunu lze vidět i v České republice. Na základě grafu 5 si můžeme všimnout, že spotřeba vepřového masa, i

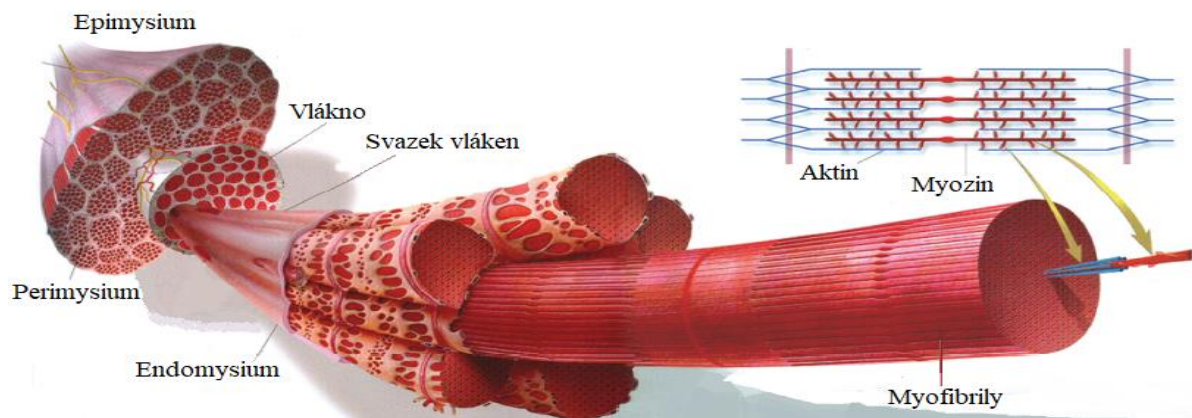
když na začátku milénia měla nepatrný pokles za poslední deset let nadále stabilně a postupně stoupá.

Situace se spotřebou hovězího masa je kolísavá. Příčin je několik. V poslední době je masný průmysl ovlivněn společností kvůli negativnímu dopadu produkce na životní prostředí (Mancini & Antonioli 2020). Chov skotu s mléčnou užitkovostí spolu s produkcí hovězího masa je spojován s největší exhalací skleníkových plynů podílejících se na globálním oteplování. To vyvolává obavy u spotřebitelů po celém světě (Petrovic et al. 2015). Za další příčinu může být zméněna etická hlediska. Mezi některými konzumenty převládají obavy týkající se neetického zacházení se zvířaty v průmyslových velkovýrobních podmínkách. Mnozí lidé nejsou spokojeni se způsobem chovu a následného porážení zvířat, proto se rozhodují omezit či vyloučit konzumaci masa ze svého jídelníčku (Ruby 2012). Získání a zveřejňování nových informací spojených s chemickým složením masa může způsobovat snižující se trend poptávky. Jedná se v první řadě o obsah cholesterolu v maso. Zde se často hovoří o konzumaci hovězího masa v souvislosti s jeho zdravotními riziky, jako je rozvoj nemocí (Schroeder & Mark 2000). Nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím spotřebu hovězího masa na území České republiky Bureš et. al (2018b) uvádějí cenu, která je vyšší ve srovnání s konkurenčními druhy (vepřovým a kuřecím). Avšak, mezi tuzemskými konzumenty patří i nadále hovězí maso mezi hlavní druhy, které se celosvětově nejvíce spotřebovávají (Zahrádková et al. 2009). Trend ve spotřebě hovězího naznačuje, že se dává přednost samčím jedincům, kteří byli poraženi ve věku 12 až 24 měsíců (Bureš et al. 2018a).

3.5 Struktura svalové tkáně

Svalová tkáň nebo také svalovina se dělí na hladkou, příčně pruhovanou (kosterní) a svalovinu srdce (myokard) (Du & McCormick 2009). Hlavní úlohou svaloviny v organismu je kontrakce, prostřednictvím které se umožňuje pohyb těla a jednotlivých orgánů (Nishikawa et al. 2018). Kromě toho, metabolismus a svalový pohyb pomáhají udržovat stálou teplotu těla a zajišťují pohyb lymfy a krve (Lonergan et al. 2010).

Z makroskopického pohledu je sval z 90 % složený ze svalových vláken. Zbýlých 10 % připadá na tukovou a pojivovou tkáň (Listrat et al. 2016). Pojivovou tkáň pak dělí na endomysium, epimysium a perimysium (obrázek 2). Elastin a kolagen jsou hlavními složkami pojivové tkáně (Ranken 2000). Endomysium obklopuje každé svalové vlákno, perimysium obklopuje svalový snopec a epimysium obklopuje celý sval (Lawrie & Ledward 2006).



Obrázek 2: Svalová struktura (upraveno dle Listrat et al. (2016))

Svalová vlákna jsou strukturální jednotkou kosterního svalu. Jsou to mnohojaderné útvary. V průměru mohou dosahovat přibližně od 10 do 100 mikrometrů. Jejich délka je variabilní: od několika mikrometrů do několika centimetrů. Pro postnatální růst svalových vláken je charakteristické zvýšení velikosti s věkem. Jejich povrch obklopuje plazmatická membrána nazývaná sarkolema. Intracelulární objem sarkolemy je zaujímán vlákenky nazývanými myofibrily. To je hustě zabalená a vysoce uspořádaná síť, komplex, který tvoří bílkovinné myofilamenty. Tlustá myofilamenta, sestává z molekul myozinu. Pro ty je charakteristickou ATPasová aktivita, což umožňuje přeměňovat ATP na ADP. Dochází k poskytnutí energie pro kontrakci. Tenká myofilamenta se skládá z molekul aktinu, tropomyozinu a také třech troponinů (T, I a C). Tyto proteiny regulují svalovou kontrakci (Listrat et al. 2016). Aktin a myozin nazýváme kontraktinálními proteiny. Díky tomu, že se mezi myozinové filameny zasouvají aktinové myofilamenty, dochází ke kontrakci, přičemž samotná délka filamentů během procesu kontrakce se nezmiňuje (Warris 2000). Cytoplazma svalových vláken se nazývá sarkoplazma. Obsahuje myoglobin, který přenáší kyslík do mitochondrií a je významný při barvení buňky do červena (Listrat et al. 2016). V sarkoplazmě jsou mimo inkluze buněčné orgány jako lyzozomy (zásobárna enzymů s proteolytickou aktivitou) a glykogenová granula, sloužící jako primární zásobárna energie svalových buněk (Warris 2000).

3.6 Chemické složení masa

Chemické složení masa je proměnlivé a ovlivňují ho rozmanité faktory. Největší vliv mají druh, pohlaví, plemenná příslušnost a výživa. Majoritní množství v chemickém složení mají především voda (mezi 72 % až 75 %) a dusíkaté látky, kterých je okolo 21 % (přičemž 19 % z nich připadá na bílkoviny a zbylé 1,5 % je sestaveno ostatními dusíkatými sloučeninami). Minoritní podíl pak připadá na tuky od 2,5 % do 5 %, sacharidy (zejména glykogen), vitaminy a minerální látky (přibližně 1 %) (Cheung & Mehta 2015).

3.6.1 Voda

Voda je v maso nejvíce zastoupenou složkou (Hertog-Meischke et al. 1997). Největší podíl je uchován bezprostředně ve struktuře svalu. V maso voda existuje v několika formách. Některé množství je přímo navázané na bílkoviny. Takovou vodu pak nazýváme vázanou. Kvantitativně je této frakce vody velice málo, je téměř nepohyblivá a odolná proti technologickému zpracování. Odhaduje se, že se na 1 g bílkovin navazuje 0,5 g vody. V postmortálním periodu množství vázané vody se skoro nemění. Další formou je volná voda, která se volně pohybuje svalem. Poslední frakci se nazývá voda imobilizovaná. Nachází se ve svaly, ale neváže se na bílkoviny. V postmortálním periodu z tkání volně nevytéká. Její množství lze ovlivnit technologickým zpracováním. Na proces přeměňování svalu v maso má nejvíce vliv podíl imobilizované vody. Hlavní úlohou zpracovatelů je udržení co největšího množství této frakce vody uvnitř masa (Huff-Lonergan & Sosnicki 2002). Množství vody v organismu zvířete je nepřímo úměrné množství tuku. U mladých zvířat obsah vody v organismu bude ve srovnání se starými zvířaty větší. Starší zároveň mívají větší množství tuku (Dikeman et al. 2017). Voda má nepostradatelný vliv na formování křehkosti a šťavnatosti (Boler & Woerner 2017), kromě toho schopnost vaznosti masa nebo schopnost udržovat vodu jsou sledovanými vlastnostmi, ty mají velký vliv na kvalitu masa (Hertog-Meischke et al. 1997).

3.6.2 Bílkoviny

Bílkoviny (též proteiny) jsou nejvýznamnějšími makroživinami. Slouží jako jediný zdroj dusíku pro heterotrofní organismy. Jejich nenahraditelnost spočívá v tom, že jsou hlavními stavebními materiály pro buňky a jejich část se využívá jako zdroj energie. V organismu se neskladují, odbourávají se a zároveň se syntetizují. Hovoříme o tom, že jejich stálý přísun v potravě je důležitý pro kontinuální přestavbu. Strukturálně jsou složeny z aminokyselin. Některé z aminokyselin se syntetizují přímo v organismu, ostatní pak musíme dostávat z potravy. Jedná se pak o esenciální aminokyseliny. Bílkoviny, které ve svém složení obsahují všechny esenciální aminokyseliny, pak označujeme jako plnohodnotné. Volné aminokyseliny se v potravinách vyskytují ve stopovém množství a do jisté míry mohou ovlivňovat senzorickou kvalitu (Kohout et al. 2021).

Libové maso obsahuje v průměru 20 % proteinů. Velké množství těchto bílkovin je tvořeno esenciálními aminokyselinami. Z nutričního hlediska je maso proto vynikajícím zdrojem plnohodnotných bílkovin. Ve struktuře bílkovin hovězího masa množství esenciálních aminokyselin dosahuje hodnoty 40 % (Dikeman et al. 2017). Stravitelnost bílkovin pocházejících z potravin rostlinného původu je mezi 80 % až 90 %, zatímco pro proteiny masa je charakteristická vyšší stravitelnost, která dosahuje 95 % (Mariotti 2017).

Vlivem fyzikálních faktorů hlavně mražení nebo záhřevu může v potravinách docházet k denaturaci bílkovin. Projevuje se to změnou struktury a vlastností proteinů. Z nutričního hlediska denaturace přispívá ke zvýšení stravitelnosti bílkovin (Kohout et al. 2021). Převážná část bílkovin podléhá denaturaci již při 60 °C. Tento proces vede ke snížení rozpustnosti (ve vodních roztocích). Proteiny tvoří velkou část svalů. Jakékoliv změny v jejich vlastnostech u masa mohou mít vliv na vzhled masa, strukturu nebo schopnost na sebe vázat vodu (Warris 2000).

Z technologického hlediska se bílkoviny třídí dle rozpustnosti. A to na vodorozpustné nebo rozpustné v solních roztocích. Vyčleňujeme tak myofibrilární, sarkoplazmatické a stromatické (Steinhauser et al. 2000). Jejich podíl je různý, však největší množství připadá na myofibrilární bílkoviny. Tento typ je tvořen v 50 % až 55 % všech bílkovin svalstva. Hladina sarkoplazmatických bílkovin je v některých oblastech 30 % až 34 %. Množství stromatických bílkovin se pohybuje od 10 % do 15 % (Tornberg 2005). Myofibrilární bílkoviny se nerozpouštějí ve vodě, ale v solných roztocích. Nejhojnějším myofibrilárním proteinem je myozin spolu s aktinem patřící do skupiny kontraktilních bílkovin. Tropomyosinem a troponinem se pak nazývají regulační proteiny. Desmin, titin a nebulin spolu s řadou dalších proteinů vytvářejí cytoskelet pro udržování myofilament. Degradace posledních v důsledku postmortálních změn ovlivňuje texturní charakteristiky masa. Sarkoplazmatické jsou pak rozpustné ve vodě a v slabých roztocích solí. Do této skupiny patří oxidační enzymy, nukleoproteiny, lyzozomální a mitochondriální enzymy (Cheung & Mehta 2015). Ovšem větší pozornost je upřena na hemoglobin s myoglobinem. Tyto proteiny zbarvují maso a krev (Steinhauser et al. 2000). Poslední skupinou jsou nerozpustné tzv. stromatické bílkoviny pojivové tkáně. Hlavními zástupci jsou elastin a kolagen. Kolagen ve vlažném prostředí, při záhřevu na 60 °C až 65 °C bobtná. Jeho struktura se začíná ničit, a tak vzniká želatina. Želatina může udržovat větší množství vody, je rozpustná a při teplotách 4 °C vytváří gel (Cheung & Mehta 2015). Hovězí maso obsahuje velmi malé množství elastinu. Obvykle je to necelé 1 % v sušině (Lepetit 2008).

3.6.3 Ostatní dusíkaté sloučeniny

V množství od 0,1 % až 0,3 % ve svalech jsou přítomné volné aminokyseliny. Nejvíce však převažuje alanin, taurin (0,02 % až 0,1 %) a kyselina glutamová (0,01 % až 0,05 %). Obsah těchto látek se zvyšuje během postmortálního skladování masa. Dalšími složkami jsou aminy, kreatin a kreatinin, některé nukleotidy a také cholin s karnitinem. V různém množství může také maso obsahovat dipeptidy jako balenin, anserin a karnosin (Cheung & Mehta 2015). Poměr těchto dipeptidů je charakteristický pro různé druhy masa. Díky své struktuře během tepelného zpracování tyto dipeptidy nejsou degradovatelné. Jejich kvantitativní stanovení v různých masných výrobcích lze použít jako metodu proti padělání zpracovaného masa (Uenoyama et al. 2019).

3.6.4 Tuky

Tuky (estery mastných kyselin s glycerolem) jsou nepostradatelnou makroživinou pro organismus. V jídelníčku by jejich podíl měl být v oblasti 30 až 35 % celkové energetické hodnoty. Štěpením 1 g tuku, organismu poskytneme 38 kJ energie, což je v porovnání s ostatními živinami nejvíce ze všech. V organismu mají termomechanickou ochrannou funkci, slouží jako zásobárna energie a zúčastňují se transportu lipofilních vitaminů (A, D, E, K) (Kohout et al. 2021). Mastné kyseliny (MK) pak rozdělují na nasycené (SFA), mononenasycené (MUFA) a polynenasycené (PUFA) v závislosti na přítomnosti či absenci dvojných vazeb v molekule. Kvalita MK pak určuje oxidační potenciál, bod tání a nutriční hodnotu tuku (Warris 2000).

Složení MK ve 100 gramech hovězího tuku je 46,5 g pro SFA, 48,9 g pro MUFA a 4,59 g pro PUFA (IARC 2018). Přičemž hlavními zástupci tvořícími SFA jsou kyselina palmitová, obecně její množství kolísá od jedné čtvrtiny až do jedné třetiny. Stearová pak má přibližně 10 % až 20 %. Poslední místo připadá na myristovou s podílem 3 % až 6 %. Ze skupiny MUFA olejová kyselina je nejhojněji vyskytující se MK v maso. PUFA jsou nejvíce proměnlivou skupinou (Schmid 2011). V porovnání s ostatními druhy potravy, masa a výrobky z něj jsou potravinami poskytující největší podíl SFA a tuků organismu (Jeong et al. 2023).

Tabulka 1: Procentuální podíl nasycených a nenasycených MK v maso
(upraveno dle Schmid (2011))

	P/S	n-6/n-3
Hovězí	0,4	1,6
Telecí	0,2	3,1
Jehněčí	0,2	1,6
Vepřové	0,3	8,3
Krůtí	0,6	11,0
Kuřecí	0,6	9,6
Králíčí	1,0	4,9
Kachní	1,0	11,0
Pštrosí	1,0	9,2
Koňské	0,7	2,7

P/S je poměr nenasycených k nasyceným MK

Z pohledu lidského zdraví se bere v potaz poměr nenasycených k nasyceným MK (P/S poměr) a jde snaha o zvýšení množství nenasycených a snížení nasycených MK v masu. Složení masa drůbeže nebo prasat je možné ovlivnit stravou, zatímco u přežvýkavců nenasycené tuky se hydrogenizují bacherovou mikrobiotou na nasycené tuky. Poměr P/S v jednotlivých druzích masa lze vidět v tabulce 1. U nenasycených MK zohledňují také lokalizaci první dvojnásobné vazby, podle které je pak rozlišujeme na n-3 a n-6. Tyto dvě skupiny splňují význačně metabolické úlohy v organismu. Jejich poměr má důležitý vliv na rozvoj KVO. Doporučený poměr n-6 k n-3 je 4 až 5 k 1 (Warris 2000).

Dalšími látkami přítomnými v tucích jsou fosfolipidy (složky buněčné membrány) a cholesterol, který je prekurzorem důležitých hormonů jako jsou kortikosteroidy a estrogen (Warris 2000). Přítomnost cholesterolu v masu negativně ovlivňuje zdravotní představy o masu u konzumentů, a je často spojováno s nemocemi (Fernández-Ginés et al. 2005). Naproti tomu, hovězí maso by mohlo obsahovat také některé z řady transmastných kyselin (Dikeman et al. 2017). Kromě toho maso je přírodním zdrojem konjugované linolové kyseliny, která vykazuje zdravotní přínos při cukrovce, rakovině a ischemické chorobě srdeční (Mulvihill 2001).

Tuk uložený přímo mezi jednotlivými svalovými vlákny nazýváme intramuskulární tuk (IMF). Tukové buňky (adipocyty) se shlukují mezi sebou, zvětšují se a zvyšuje se jejich počet a tvoří tzv. mramorování masa. Intramuskulární tuk přispívá ke šťavnatosti masa a jeho křehkosti. Pro spotřebitele mramorování často slouží jako kvalitativní parametr (Troy et al. 2016). Větší množství IMF pozitivně koreluje s chuťovými vlastnostmi masa (Jeleníková et al. 2008). Věk zvířete, plemenná příslušnost, způsob výživy a kvalita krmiv, mají hlavní vliv na kvalitativní parametry a hladinu tuku v organismu (Shahidi & Hossain 2022). Množství tuku je nejvíce proměnlivou hodnotou a pohybuje se v rozmezí od 1 % až do 15 % (Hui 2012).

3.6.5 Vitaminy a minerální látky

Nutriční hodnota masa spočívá v tom, že se v něm nachází dvě třetiny doporučeného denního příjmu vitamínu B12 v bio dostupné formě. Kromě toho, příjmem 100 gramů masa lze organismu poskytnout 25 % niacinu, riboflavinu, vitamín B6, thiaminu a pantothenové kyseliny. Koncentrace těchto látek bude vyšší u starších zvířat než u mladých jedinců. U vitamínů skupiny B dochází k redukci během tepleného zpracování, obzvláště se to týká B12. Lze to upřesnit tím, že jednak tyto vitamíny jsou rozpustné ve vodě, jednak nejsou stabilní vůči teplotnímu vlivu (Pereira & Vicente 2013).

Co se týče minerálních látek je maso bohaté na selen, zinek ale obzvláště železo (tabulka 2). Množství selenu ve 100 g masa dosahuje hodnoty 17 µg, což odpovídá hodnotě 26 % doporučeného denního příjmu. Konzumací 100 g hovězího se organismu poskytne 4,6 mg zinku a 1,8 mg železa. Toto množství odpovídá 14 % a 42 % doporučeného denního příjmu (IARC 2018). Železo je v hemové formě, která je v porovnání s nehemovou, která se vyskytuje většinou v potravinách rostlinného původu, biodostupnější pro organismus. Konzumenti masa, oproti veganům či vegetariánům, mívají lepší zastoupení železa v těle. Navíc dodávání hemového železa do organismu může mít benefiční účinky na lidský organismus formou prevence před chudokrevností v populaci (Buzala et al. 2016).

Tabulka 2: Průměrné nutriční složení hovězího masa v porovnání s jinými druhy masa (na 100 g produktu) (upraveno dle Williams (2007))

	Hovězí	Telecí	Jehněčí	Skopové
Thiamin (mg)	0,04	0,06	0,12	0,16
Riboflavin (mg)	0,18	0,2	0,23	0,25
Niacin (mg)	5,0	16,0	5,2	8,0
Vitamin B6 (mg)	0,52	0,8	0,1	0,8
Vitamin B12 (µg)	2,5	1,6	0,96	2,8
Pantotenová kyselina (mg)	0,35	1,5	0,74	1,33
Vitamin A (µg)	<5	<5	8,6	7,8
Beta-karoten (µg)	10	<5	<5	<5
Alfa-tokoferol (mg)	0,63	0,5	0,44	0,2
Sodík (mg)	51	51	69	71
Draslík (mg)	363	362	344	365
Vápník (mg)	4,5	6,5	7,2	6,6
Železo (mg)	1,8	1,1	2,0	3,3
Zinek (mg)	4,6	4,2	4,5	3,9
Hořčík (mg)	25	26	28	28
Fosfor (mg)	215	260	194	290
Měď (mg)	0,12	0,08	0,12	0,22
Selen (µg)	17	< 10	14	< 10

3.7 Fyzikální a senzorycké a vlastnosti masa

3.7.1 Vaznost

Vaznost nebo též schopnost masa vázat vlastní a přidanou vodu je důležitou kvalitativní charakteristikou masa. Ke ztrátám vody může docházet jak denaturací bílkovin způsobenou technologickým zpracováním, tak i odpařováním se může ztrácet okolo 2 % vody. Kromě toho existuje riziko u odkapávané vody, jelikož se vytváří příznivé prostředí pro vývoj nežádoucích mikroorganismů. Ztráty vody negativně ovlivňují nutriční složení masa (Hertog-Meischke et al. 1997). Tekutina, která odkapává z masa ve svém složení obsahuje zejména proteiny. V 1 ml odkapané vody lze detekovat až 112 mg proteinů, většina z nich je ze skupiny sarkoplazmatických proteinů. Dalšími látkami jsou hydrofilní vitaminy, glykolytické enzymy a aminokyseliny. Tato voda má charakteristickou červenou barvu, způsobenou přítomností myoglobinu v její složení (Huff-Lonergan & Sosnicki 2002).

Různé extravitální a intravitální faktory ovlivňují vaznost. Patří sem předporážkové faktory, jako způsob výživy, genotyp, intenzita poklesu hodnoty pH. Dále pak míra dezintegrace svalových vláken, podmínky zacházení se zvířetem v průběhu technologické úpravy masa, jeho skladovací podmínky a zrání. Většinu těchto faktorů je možné ovlivnit, čímž lze dosáhnout zlepšení vaznosti (ElMasry et al. 2011). Watanabe et al. (2018) ve studii uvádějí, že nejvíce je schopnost udržovat vodu ovlivněná pH. Nejhorší vaznost se vyskytuje v momentu, kdy je v bílkovině počet záporných a kladných nábojů stejný. Je to při hodnotě izoelektrického

bodů $pI=5,4$ (Huff-Lonergan & Lonergan 2005). Nízká schopnost udržovat vodu způsobuje hmotnostní ztráty, což ovlivňuje ekonomickou efektivitu produkce. Kromě toho je mezi konzumenty vzhled masa důležitým kvalitativním atributem při jeho nakupování. Tekutina v masovém balení má tendenci negativně ovlivňovat rozhodnutí při nakupování (ElMasry et al. 2011).

3.7.2 Křehkost

Křehkost u hovězího masa se považuje za zásadní znak, který nejvíc ovlivňuje uspokojení spotřebitelů v průběhu konzumace (Belew et al. 2003; Moloney et al. 2020). Je to vlastnost masa formována mechanickými a chemickými parametry (Brewer & Novakofski 2008). Existují subjektivní metody hodnocení křehkostí, mezi které patří i konzumentská zkouška. Dalšími metodami jsou ty objektivní, do kterých patří instrumentální analýza a evaluace prostřednictvím trénovaného panelu hodnotitelů. Díky nim lze porovnávat různé metody ošetření a hodnotit jejich vliv na stanovený znak. Ovšem objektivní metody neposkytují informace o přijatelnosti produktu nebo o preferenci určitého druhu masa v porovnání mezi ostatními. Klíčovým faktorem v hodnocení je ale vždy názor konzumentů. V případě objektivního posuzování je maso hodnoceno jako předmět vědecké studie, zatímco při provedení subjektivního hodnocení se v první řadě bere v potaz osobní spokojenost. Metody sensorického hodnocení jsou náročné na provedení. Proto byla snaha o vypracování a vyvinutí instrumentálních metod (Destefanis et al. 2008). V dnešní době má největší rozšíření hodnocení instrumentální křehkosti, a to díky měření síly stříhu pomocí Warner-Bratzlerova nože (WBSF) (Warner et al. 2021).

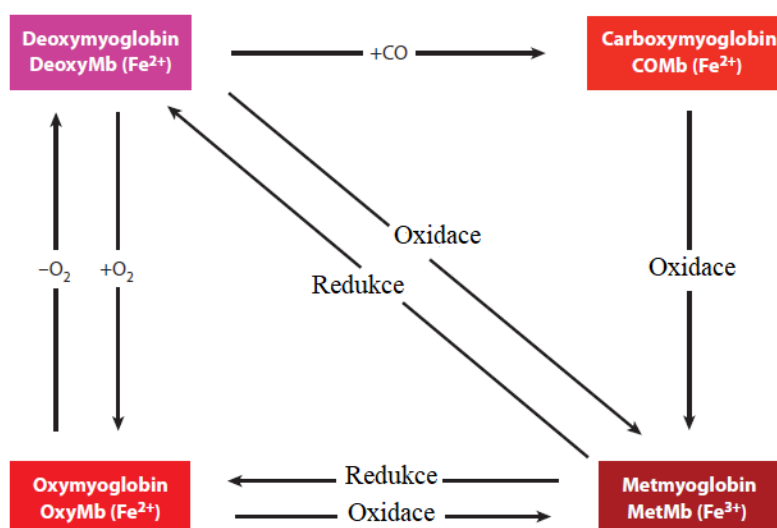
Ke zkrýchčování masa dochází v důsledku různých faktorů. Vliv má plemenná příslušnost zvířete, metabolický stav a faktory životního prostředí, do kterých patří systém chovu a stres kterému jsou zvířata vystavena. Jako další se uvádí množství rozpustné pojivové tkáně (Marino et al. 2013) a míra zkrácení svalových vláken (Bhat et al. 2018). Díky aktivaci enzymů s proteolytickým působením v průběhu postmortálních procesů dochází ke změnám v myofibrilárních proteinech. V první řadě začínají degradovat nebul, desmin, troponin, titin aj. (Jeleníková et al. 2008). Změny ve struktuře těchto myofibrilárních bílkovin jsou zásadní a zapříčiňují vznik křehkosti (Nishimura 2010). Postmortální proces zrání je nejvýznamnějším dějem ovlivňující křehkost (Modzelewska-Kapituła et al. 2019). V jeho průběhu dochází ke zvýšení hodnoty křehkosti (Gruber et al. 2006). Nejčastěji se pro hodnocení křehkosti masa používá jako referenční sval *longissimus lumborum* (Warner et al. 1993). Ovšem jako alternativu často lze uplatnit i *triceps brachii* anebo *rectus abdominis* (Bureš et al. 2018a).

3.7.3 Barva

Spotřebitelé vnímají barvu jako první kritérium při hodnocení přijatelnosti masa (Abril et al. 2001). Myoglobin a hemoglobin jsou dva pigmenty, způsobující červenou barvu masa. Přičemž přítomnost hemoglobinu většinou indikuje o stupni vykrvení, které bylo provedeno nedokonale, a tak se může pohybovat v rozmezí 10 až 50 %. Pro chemickou strukturu těchto dvou molekul je typickým obsah globinu (bílkovinný nosič) a hemové skupiny s atomem železa. Železo na sebe může vázat ligandy. Myoglobin s hemoglobinem vykazují různou afinitu k plynům. Koncentrace hemových barviv na různých faktorech je většinou

v rozmezí od 100 do 10000 mg/kg (Steinhauser et al. 2000). Koncentrace myoglobinu v mase hovězím je v rozmezí od 4 do 10 mg/g, vepřové maso v rozmezí 2-7 mg/g, jehněčí maso v rozmezí 3-7 mg/g (Ranken 2000).

V syrovém mase může myoglobin existovat ve čtyřech redox formách. Barevné modifikace masa souvisí s reakcemi spojenými s atomem železa. V případě, jestliže dochází k vazbě na myoglobin bez následné změny valence, vzniká redukovaná železnatá forma (Fe^{2+}) charakteristická pro oxymyoglobin a carboxymyoglobin. Jako ligand se na myoglobin může navázat také i kyslík. Reakcí myoglobinu s vzdušným kyslíkem vzniká oxymyoglobin (obrázek 3). Ukazuje se, že myoglobin má větší afinitu k oxidu uhličitému než ke vzdušnému kyslíku. Při reakci oxidu uhličitého s myoglobinem vznikne carboxymyoglobin. Oxymyoglobin a carboxymyoglobin určují jasně třešňovou barvu masového povrchu. V případě deoxymyoglobinu se neváže žádný ligand. Pro tuto formu je typická purpurová barva. Pokud oxiduje oxymyoglobin, carboxymyoglobin a deoxymyoglobin při změně valence může dojít ke vzniku železité oxidované (Fe^{3+}) metmyoglobinu přidávajícího hnědou barvu (Suman & Joseph 2013).



Obrázek 3: Formy myoglobinu v syrovém mase
(upraveno dle Suman & Joseph (2013))

Třemi znaky barvy jsou odstín se sytostí a stupeň jasnosti. V případě instrumentálního hodnocení barvy měří se parametry jako je světlost (L^*), červenost (a^*) a žlutost (b^*) (Boakye & Mittal 1993). Teploty vyšší $65\text{ }^\circ\text{C}$ způsobují destrukci myoglobinu. Vznikne z něj hem a globin. Z hemu autooxidačními procesy následně vznikne hematin. Tak se červeně zabarvené maso stává červeno – až šedohnědým (Steinhauser et al. 2000).

3.7.4 Chut' a vůně

Pro čerstvé maso je charakteristická kombinace kovové, slané a krvavé chuti s lehce sladkým aromatem Organické kyseliny, peptidy, nukleotidy, aminokyseliny jsou hlavní složky při formování chuťových vlastností. Ovšem nutno podotknout, že největším tvůrcem chutě je tuk. Přičemž velký význam má profil MK. Ten je zejména určen kvalitou stravy zvířete (Shahidi & Hossain 2022). Mezi nutrienty ve formování kvality masa velmi má závažnou roli

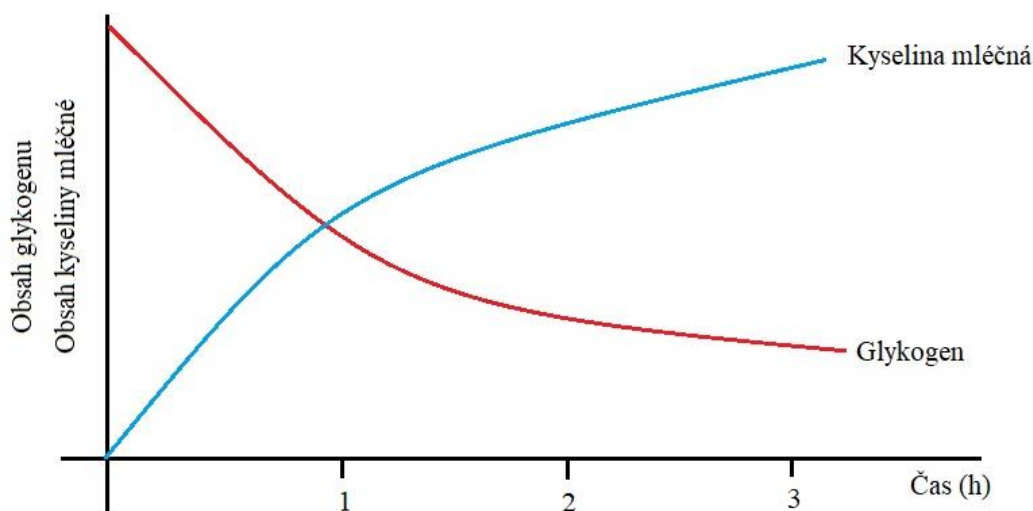
vitamin E. Vysoké hladiny tohoto vitamínu v krmné dávce přežvýkavců inhibují oxidační reakce MK a jeho nízké koncentrace v potravě mohou způsobit vzniku nežádaných chuťových tonů (Wood et al. 2008). Kromě toho, technologická úprava způsobuje oxidaci tuků a změnu chemického složení masa. Během grilování tvorba heterocyklických sloučenin na 80 % formuje oříškovou chuť a chuť pečeného masa (Shahidi & Hossain 2022). Ze všech sloučenin je inosinová kyselina nejdůležitější při formování chutě masa. Pro různá zvířata je charakteristické odlišné aroma jejich masa. U vepřového masa je aroma velmi ovlivněno hladinou lipidů (Steinhauser et al. 2000).

3.8 Postmortální změny v mase

Svalové buňky představují poměrně složitý a nejvíce organizovaný systém v těle zvířete (Lonergan et al. 2010). Přeměňování nativního svalu v maso se uskutečňuje pomocí posmrtných (také postmortálních) dějů zahájených hned po usmrcení jatečně upraveného těla. Ke změnám dochází řadou fyzikálních a biochemických procesů, nikoliv činností mikroorganismu (Kameník et al. 2014). Pro konečnou kvalitu masa průběh těchto procesů má často zásadnější vliv než faktory před porážením (Bureš et al. 2020b). Hlavní role patří endogenním enzymům, katalyzujícím biochemické reakce (Steinhauser et al. 1995). Účinek nativních enzymů v důsledku ovlivňují údržnost masa. Kromě toho, dochází k rozkladu základních stavebních jednotek svalu, hlavně proteinů a sacharidů. Tímto maso dostává své charakteristické znaky. Zároveň se mění sensorické a technologické vlastnosti (Kadlec et al. 2012). Současně se zrání masa (autolýza nebo samovolný rozklad) se uskutečňují proteolytické procesy, na kterých se podílejí hlavně exogenní enzymy. Proteolytické reakce jsou zodpovědné za kažení masa. Autolýza začíná hned po porážení jatečného zvířete. Intenzita tohoto procesu začíná klesat, když se eliminuje počet nativních enzymů. Naopak, proteolytické procesy se pak zvyšují (Kameník et al. 2014). Zrání masa lze rozdělit do čtyř plynulých stadií: *prae rigor* (předrigorní fáze), *rigor mortis* po kterém následuje zrání masa, které následně přechází do nežádoucí fáze hluboké autolýzy (Kadlec et al. 2012).

3.8.1 *Prae rigor*

Disociovaný stav bílkovin aktinu a myozinu umožňuje svalovou kontrakci hned po usmrcení. Energie se získává z ATP. Hodnota pH je v rozmezí 6,9-7,2. Takový produkt lze označit jako „teplé“ maso. Teplota v tomto stadiu však nemá význam. Důležitým faktem je, že nezačal *rigor mortis*. Maso v takovém stavu dobře váže vodu a je vhodné při výrobě mělněných masných výrobků. Takový produkt lze i zamrazit, čím bychom uschovali jeho vlastnosti pro zpracování v budoucnu. Dostatečná hladina kyslíku ve svalech pomocí citrátového cyklu umožňuje odbourávání svalového glykogenu na vodu a oxid uhličitý. Usmrcení vede k zastavení krevního oběhu, což vede ke snížení hladiny kyslíku a nemožnosti doplňování zásob glykogenu jaternou resyntézou. Ve svalovině reakce anaerobního typu začínají dominovat nad aerobními. Odbourává se ATP a zároveň dochází k tomu, že se nedostatek splňuje rozkladem svalového glykogenu. V okamžiku, když veškerý zásobovaný glykogen bude spotřebován, dojde k tomu, že se začne hladina ATP snižovat. Destrukce glykogenu v anaerobních podmínkách způsobuje tvorbu kyseliny mléčné (obrázek 4). Tím, že se její koncentrace začne zvyšovat, dojde k poklesu pH hodnoty (Kadlec et al. 2012).



Obrázek 4: Schematický průběh změn obsahu glykogenu a kyseliny mléčné (upraveno dle Steinhauser et al. (1995))

3.8.2 Rigor mortis

Fáze *rigor mortis* (posmrtné ztuhlosti) nastává v momentě, když zbývá jen 20 % ATP od původní koncentrace. Bílkoviny aktin a myozin již nelze udržet v disociovaném stavu. Takto dochází k nevratnému spojení tenkých a tlustých filamentů a jako důsledek se vytváří tzv. aktomyosinový komplex (Kadlec et al. 2012). Typickým znakem tohoto procesu je to, že se svalová vlákna zkracují. Průběh tohoto děje závisí na okolní teplotě. Při teplotách 15 až 20 °C stupeň zkrácení je nejnižší 10 %. V případě uchování masa při teplotách do 10 °C, zkrácení svalových vláken dosahuje 50 %. Kolem 30 % zkrácení je při teplotách od 20 do 40 °C (Kameník et al. 2014).

Tvorba mléčné kyseliny způsobila pokles pH, díky čemu se potlačuje rozvoj mikroorganismů, takto se údržnost zvyšuje. Nicméně pokles pH a tvorba aktomyosinového komplexu způsobují negativní dopad na vaznost, která v této fázi má minimální hodnotu. Pro kulinární úpravu či technologické zpracování se takové maso nehodí. Tuhost a nízká schopnost vázat vodu způsobují větší odpor při řezání na zařízeních. Toto má v důsledku ohřev strojů a jako následek bílkoviny denaturují, čím se může schopnost udržovat vodu ještě víc zhoršit (Kadlec et al. 2012). Snížení pH podléhá vlivu několika faktorů: množství glykogenu, teplota, druh zvířete a jiné. *Rigor mortis* trvá cca 24 až 48 hodin. U hovězího masa nastává po usmrcení do 20 hodin (Steinhauser et al. 1995). Po fázi *rigor mortis* maso získává svou konečnou pH hodnotu. Hodnota pH pro hovězí maso je 5,5 (Kameník et al. 2014).

3.8.3 Zrání masa

Během třetí fáze se tuhost pozvolně uvolňuje. Kromě toho podstatně se vylepšují senzorycké charakteristiky, lehce stoupá hodnota pH, zlepšuje se schopnost vázat vodu. Uvolňuje se *rigor mortis*. Zvětšuje se množství extraktivních látek, odbourávají se procesy nukleotidů a bílkovin s jejich následnou přeměnou. Nově vytvořené sloučeniny mají zásadní vliv na chuť. Podstatně se mění křehkost (Kadlec et al. 2012).

3.8.4 Hluboká autolýza

Hluboká autolýza je nežádoucí proces, vznikající v případě delšího skladování. Bílkoviny degradují do aminů, amoniaku a sirovodíku. V tomto stadiu maso nabývá nepříjemných organoleptických vlastností. Začíná hydrolytický rozklad tuků, který se doprovází mikrobiologickým kažením (Steinhauser et al. 1995).

3.9 Způsoby zrání masa

V masném průmyslu existují dvě nejrozšířenější typy zrání masa (Bernardo et al. 2021). Prvním je zrání za sucha, které bylo po delší dobu jediným možným způsobem skladovat a zkréčovat maso (Dashdorj et al. 2016). V 70. letech minulého století došlo k rozvoji druhé metody, při které se maso balí do plastového obalu a kterou nazýváme mokré zrání (Terjung et al. 2021). Pravděpodobně dochází k rozvoji a většímu uplatnění mokrého zrání kvůli ekonomické rentabilitě, což souvisí s hmotnostními ztrátami (Campbell et al. 2001).

3.9.1 Mokřý způsob zrání

V současné době mokré zrání převládající metodou zrání masa. Masový kus se tak balí do vakua (obrázek 5). Následně se za kontrolovaných podmínek udržuje v chladírenském prostředí. Balení do vakua má několik výhod. Vakuum zabraňuje hmotnostním ztrátám, nedochází k sušení produktu a chrání produkt před zkažením. Kromě toho je zrání za mokra výhodným také z ekonomického hlediska. Je to méně nákladný proces, protože jsou menší nároky na prostor. Tento způsob lze dokonce i automatizovat. Dalším pozitivním efektem tohoto způsobu skladování masa je omezení růstu aerobní mikroflóry. Jako největší nevýhodu se často zmiňuje vliv tohoto způsobu na organoleptické vlastnosti masa. Dochází k vytvoření kovové chuti, někdy dokonce i kyselá (Terjung et al. 2021). Může docházet k rozkladu nukleotidů. Jako výsledek vznikají inosin 5'-monofosfátu, hypoxantin, inosin a ribóza, které po zrání formují u výrobku hořkou chuť a chuť umami (Kim et al. 2019).

K faktorům nejvíce ovlivňujících proces mokrého zrání masa patří teplota prostředí a délka procesu (Kim et al. 2018). Nastavení potřebných teplot zaručuje správný průběh enzymatických procesů. Nemělo by docházet ke zmrazení masa. V literatuře se uvádí, že optimální pro zrání za mokra je doporučená teplota v rozmezí od 0 °C a 4 °C (Dashdorj et al. 2016).



Obrázek 5: Mokřý způsob zrání (Bureš et al. 2020b)

3.9.2 Suchý způsob zrání

Naproti tomu se suché zrání vyznačuje tím, že jsou jatečně upravená těla nebo jednotlivé svaly se uchovávány v místnosti při chladírenských podmínkách bez ochranných obalů (Kim et al. 2018). Proces zrání za sucha má řadu kladů a záporů. Z ekonomického hlediska jde tedy o proces s vyššími finančními náklady, jelikož je vyžadováno vytvoření přesně stanovených podmínek, jejich stálá kontrola a udržování. Kromě tohoto způsobu zrání masa je vyžadován i větší prostor (Bernardo et al. 2021). Dále pak existují i rizika kažení masa mikroorganismy (Li et al. 2013). U suchého zrání masa je ovšem známo, že v průběhu procesu maso získává jedinečné sensorické vlastnosti. Kromě toho se tvoří široké spektrum chuťových charakteristik, jako jsou pražená, máslová, oříšková chuť a chuť pražených oříšků. Dokonce lze detekovat sladkou chuť (Terjung et al. 2021). Vznik sladké chuti Vossen et al. (2022) spojují reakce alfa-aminokyselin (např. leucin, fenylalanin, cystein a methionin) s aldehydy, vznikajícími oxidací lipidů. V současné době maso, které zráló suchým způsobem je vysoce ceněno po celém světě. Takový produkt konzumenti vnímají jako luxusní. Většinou je podáván ve velice kvalitních restauračních zařízeních (Ha et al. 2019).

Úspěch suchého zrání je zaručený řadou faktorů. Především teplotou, relativní vlhkostí, prouděním vzduchu a pak délkou zrání (Zhang et al. 2019; Lancaster et al. 2022). Tyto parametry je vhodné správně korelovat a sledovat je, aby nedocházelo k hmotnostním ubytům a k rozvoji nežádoucích mikroorganismů (Kim et al. 2016). Minimální změny v hodnotách mohou významně ovlivnit kvalitu výsledného produktu (Terjung et al. 2021). Pro správný průběh je důležité udržovat teploty v oblasti od 0 °C do 4 °C s minimálním kolísáním. Vyšší teploty pak mohou zapříčinit vznik a rozvoj nežádoucích mikroorganismů. Pro kusy masa, které zrají v určité místnosti se doporučuje zařídit pokoj předsíní (Dashdorj et al. 2016). Pro účely menších chovatelů, například pro restaurace je možné použít speciální zrací skříně (Bureš et al. 2020b).

Kontrola relativní vlhkosti vzduchu je dalším klíčovým faktorem pro zrání za sucha. Velmi vysoká relativní vlhkost by mohla způsobovat rozvoj patogenních mikroorganismů. V důsledku kažení by se to odráželo na chuťových vlastnostech. Sice velmi nízkou hodnotou relativní vlhkost bychom zabránili rozvoji mikroorganismů, ale takto potom dochází k odpařování velkého množství vody a k hmotnostním ztrátám (Kim et al. 2018). Odráželo by se to na sensorických parametrech. Konečný produkt je pak příliš vysušený a málo šťavnatý. Jako doporučené hodnoty se uvádějí od 61 % do 85 % (Dashdorj et al. 2016). Ovšem v práci Kim et al. (2016) se uvádí i nižší hodnota, která je 49 %.

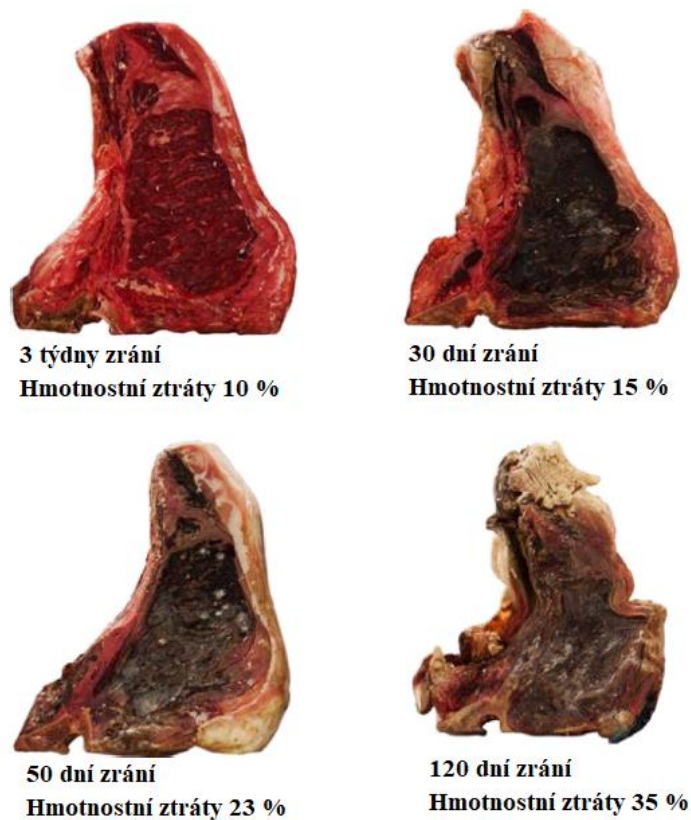
Při velmi intenzivním proudění dochází k přílišnému sušení produktu. Kromě toho může narůstat krusta, a tak se zvyšují ztráty způsobené ořezáváním. Rychlost a průtok vzduchu by měly být stejné po celou dobu trvání zrání. Přičemž nejkritičtější je to na začátku procesu. Masové kusy obsahující tukovou tkáň by měly být během zrání uloženy tukovou stranou dolů, aby vzduch mohl cirkulovat kolem všech stran jednotlivých kusů. Kromě toho v tomto případě tuk slouží jako ochranná vrstva. V případě masa zrajícího s kostí, jako jsou krátké hřebety, by měl kus ležet na kosti. V literatuře se uvádí jako nejvíce optimální hodnota proudění vzduchu v oblasti od 0,2 až 1,6 m/s. Doporučuje se používat zrání s kostí, aby nedocházelo k větším ztrátám (Dashdorj et al. 2016).

Nejvíce diskutabilním mezi všemi parametry je pravděpodobně délka zrání je nejvíce diskutabilním, a to jak pro mokřý způsob zrání, tak pro suchý. U drůbeže zrání nemá význam.

Pro vepřové se doporučuje sedm dní. Hovězí mezi ostatními druhy masa má pro zrání potřebuje asi nejvíce času (Jůzl & Müllerová 2017). Jako optimální délku pro suchý způsob doporučují 14 až 35 dní. Přičemž během 7 dnů obvykle nejsou zaznamenány požadované vlastnosti pro vyzrálé maso. Maso vykazuje první signifikantní kvalitativní znaky někdy po dvou týdnech zrání. Některé studie naznačují, že tato doba je minimálně 3 týdny (Kim et al. 2018). Li et al. (2021) jako optimální doporučují 35denní zrání pro suché. Aby neodházelo ke vzniku abnormálních chuťových vlastností, je třeba vyhýbat se delšímu zrání (56denní zrání) a to jak pro suchý způsob, tak pro mokrý.

3.10 Vliv zrání na maso

U suchého zrání parametry zrání ovlivňují hmotnostní ztráty a podílejí se na formování krusty na povrchu masa. U masa zrajícího suchou cestou hmotnostní ztráty mohou dosáhnout během prvních 14 dní až 5 % původní hmotnosti. S rostoucí dobou zrání roste hladina hmotnostních ztrát a maso se stává tmavší. Ukazuje se, že zrání 21 den může způsobit 10 % ztrát ve váze (obrázek 6). Během následujících 30 a 50 bude odpařeno 15 a 23 % vody. Po 90 dnech zrání se na povrchu může objevit sůl, která se vylučuje spolu s vodou. Vytvořená křusta na povrchu v této době již složí jako ochranný faktor. Po 120 dnech zrání jsou ztráty cca 35 % své původní hmotnosti. Takto dlouho zrající steak má velmi specifickou chuť a cenově je to drahá záležitost. Kromě toho zaznamenáno, že dostatečné množství tuku může chránit před dehydratací (Dashdorj et al. 2016).



Obrázek 6. Hmotnostní ztráty u nízkého roštěnce během zráním (upraveno dle Dashdorj et al. (2016))

Mnozí autoři také uvádějí, že se zlepšuje schopnost vázat vodu (Kim et al. 2019). Vědecky je to vysvětleno v hypotéze, která je nazývána „efektem houby“ (Farouk et al. 2012). Vědci teorii popisují takto: kontrakce svalové tkáně s pokleslou pH hodnotou v průběhu stadia *rigor mortis* způsobuje ztráty vody, vytvářením kanálků, kterými se voda ztrácí odkapáním. Strukturální proteiny ztrácejí svoji strukturu v důsledku probíhající proteolýzy. Takto se ruší cesty, kterými odcházela voda. Některé látky zvyšují viskozitu vody, tím samým podporují efekt.

V neposlední řadě je nutno poznamenat, že v průběhu zrání dochází k význačnému nárůstu sloučenin, které hrají důležitou roli ve tvoření aromatu a chutě tepelně upraveného masa (Watanabe et al. 2015). Na území České republiky proces zrání masa není dosud konzumentům v dostatečné míře objasněn. Je to z toho důvodu, že spotřebitelům často chybí informace ohledně významu tohoto procesu. Hmotnostní ztráty v průběhu zrání, požadavky na prostředí a omezená kapacita míst nutí zpracovatele dodávat málo vyzrálé maso (Zahrádková et al. 2009).

3.11 Proteolytický enzymatický systém

Po porážce se pH u jednotlivých zvířat pohybuje od 6,29 do 7,24. Během 24 hodin postupně klesá na přibližně 5,6 (Zamora et al. 1996). Proces zrání je zahájen hned po usmrcení. V první řadě tohoto sofistikovaného postup se zúčastňují endogenní proteázy (štěpicí bílkoviny) ze skupiny hydroláz. Kalpains, katepsiny a kaspázy jsou tři hlavní systémy enzymů, podílející se na proteolýze masa (Kameník et al. 2014). Přičemž skupina kalpainů je na 90 % zodpovědná za zkrěhčování masa (Nair et al. 2019). Kalpains rozkládají myofibrilární bílkoviny, s výjimkou aktinu a myozinu, na větší fragmenty, tím samým zabezpečují snadnější přístup pro ostatní skupiny enzymů. Jejich aktivita klesá po třech týdnech (Yada 2015; Kuddus 2018). Aktivátorem tohoto systém enzymů jsou vápenaté ionty a thiolové sloučeniny (Kameník et al. 2014; Kuddus 2018). Katepsiny jsou lyzomální enzymy rozkládající myofibrilární proteiny. Jsou stabilní a relativně aktivní po několika měsících (Yada 2015). Kaspázy se uplatňují hned po vykrvení při buněčné apoptóze (programovaná smrt buňky) (Du & McCormick 2009).

Enzymy zkrěhčují maso, zabezpečují destrukci bílkovin a tuků na menší fragmenty do aminokyselin a MK respektive. Tyto látky během zrání se podílejí na formování chutě a během tepelného zpracování, tytéž produkty navzájem interagují, díky čemu dochází k obohacení aromatu (Perry 2012). Aplikováním proteolytických exogenních enzymů lze dosáhnout lepší křehkosti. Takové enzymy se přirozeně vyskytují v ovoci a zelenině. Papain v papáji, ficin ve fíkách nebo zingibain ze zázvorových oddenků jsou experimentálně využívány pro pochopení procesu zkrěhčování masa (Chandrasekaran 2015). Při aplikaci papájových enzymů musí se počítat s tím, že sice dojde k významnému zlepšení křehkosti, ale může vzniknout nepříjemná hořkost v mase (Kuddus 2018).

3.12 Abnormální průběh posmrtných změn. DFD a PSE vady

Při zpracování masa se vyskytují odchylky, které jsou charakteristické pro maso s abnormálním průběhem autolytických procesů. Maso může nabývat vlastností buď PSE (předklad z angličtiny do češtiny pale – bledé, soft – suché a exudative – vodnaté), anebo DFD

maso (z angličtiny do češtiny dark – tmavé, firm – tuhé, dry – suché) (Lesiów & Kijowski 2003). Tyto dvě vady jsou příčinami závažných finančních ztrát v průmyslu (O'Neill et al. 2003).

V případě PSE defektu posmrtné změny probíhají velmi intenzivně. Hodnota pH prudce klesá. Během relativně krátké doby může docílit hodnoty pH 5,3 (tabulka 3). Pokles je v okamžiku, kdy maso má stále vysoké teploty. Kombinace takových podmínek způsobuje destrukci bílkovin svalu, obzvláště myozinu (Hui 2012). Pro PSE maso je charakteristická kyselá chuť, světlá barva, maso není pevné, dochází k vylučování velkého množství tekutiny kvůli nízké vaznosti. Nejvíce se taková vada vyskytuje u prasat, která byla dobře vykrmená ale omezená v pohybu. Genetické předpoklady, stres a přílišné vzrušení také vedou k PSE vadě. Nejčastěji je to v letní dobu (Klimenko et al. 2006). Vyhnout se PSE stavu lze při uplatnění správného zacházení s prasaty a necháním je odpočinout před porážkou. Někdy producenti aplikují injekci hydrogen uhličitanu sodného pro eliminaci výskytu PSE (Hui 2012).

Tabulka 3: Standardní limity pH hodnoty u různých druhů mas
(upraveno dle Adzitey & Nurul (2011))

Stav	Hodnoty pH
PSE	po 45 minutách pH<6,0 Konečná hodnota pH=5,3
Normální	po 45 minutách pH=6,4 Konečná hodnota pH=5,5
DFD	po 45 minutách pH<6,4 Konečná hodnota pH>5,3

Druhý abnormální případ DFD se charakterizuje tím, že svalový glykogen byl již před poražením vyčerpán. Z tohoto důvodu se kyselina mléčná nemůže v masě nahromadit. Konečná pH je pořád velmi vysokou (Hui 2012).

DFD zahrnuje mnoho kvalitativních závad týkajících se barvy, křehkosti, šťavnatosti, chuti a trvanlivosti masa. Zvýšená schopnost masa DFD zadržovat vodu způsobuje místo odrazení absorbování světla, proto maso vypadá tmavší. Atypické DFD maso má vyšší naměřené hodnoty WBSF. Ve srovnání s normálním masem pH údržnost takového masa je mnohem menší (Ijaz et al. 2020). Obecně se taková vada vyskytuje u skotu exponovaného velkému stresu ještě před procesem poražení (Klimenko et al. 2006). Výskyt je častý u býků (až 15 %), protože mají tendenci bojovat o sociální dominanci (Hui 2012). Těmito dvěma známými odchylkami se dá vyhnout v případě správného postupu při ustájení, transportu a porážce zvířat. Nestresovaná, dobře krmená a zdravá zvířata poskytují nejkvalitnější maso (Ranken 2000). Díky dobré schopnosti vázat vodu, maso s DFD vadou lze uplatnit při výrobě masných výrobků (Hui 2012).

4 Metodika

4.1 Zvířata

Pro experiment bylo použito deset čistokrevných býků českého strakatého skotu, kteří byli odchováni a vykrmeni ve výkrmně býků podniku Zemědělského obchodní družstva Borovany. Při výkrmu byli ustájeni skupinově ve slámou přistýlaných kotcích a výživa byla zajištěna prostřednictvím směsné krmné dávky založené na kukuřičné siláži a jaderných krmivech. Při dosažení věku 22 měsíců byli býci bez předchozího lačnění převezeni do závodu Kostecké uzeniny, a.s., kde byli poraženi a jatečně opracováni standardním způsobem. Průměrná hmotnost jatečně upraveného těla za studena činila 451 kg. Dva dny po porážce byla z pravé jatečné půlky každého býka odebrána partie nízký roštěnec bez předchozího vykostění, která byla následně převezena v automobilu vybaveném chlazením do laboratoře masa Výzkumného ústavu živočišné výroby (VÚŽV) v Praze Uhřetěvsi (obrázek 7).

4.2 Příprava vzorku k analýze

V laboratoři masa došlo k rozdělení každého roštěnce na čtyři části, které byly náhodně přiřazeny do jedné ze čtyř skupin. Vzorky určené pro suché zrání byly umístěny do zrací skříně Furlinox AS-EN2-VTR (obrázek 8). Podmínky byly nastavené takto teplota 2 °C, relativní vlhkost 80 %, výměna vzduchu 15 % za hodinu. Vzorky určené pro mokré zrání byly vykostěny a zabaleny do plastového obalu (PA/PE folie 80µm, Vac-Star CZ s.r.o., Pardubice, Česká republika) a umístěny na dno zrací skříně z důvodu skladování ve stejné teplotě.

Mimo to byly odebrány vzorky pro měření fyzikálních vlastností a chemického složení masa. Při dosažení požadované doby zrání 35 a 50 dnů byly ze zrací skříně odebrány patřičné vzorky, od kterých byla rovněž odebrána část sloužící k měření fyzikálních vlastností a chemického složení.



Obrázek 7: Roštěnec



Obrázek 8: Zrání ve zrací skříně

4.3 Měření fyzikálních vlastností

Hodnotu pH bylo měřeno pH metrem (WTW 3310, WTW, Weilheim, Německo) s elektrodou SenTix Sp s využitím tepelné kompenzace.

Barva byla hodnocena pomocí přenosného spektrofotometru (CM-700d Minolta, Osaka, Japonsko). Před samostatným měřením byla provedena kalibrace. Byla využita štěrbinová s otvorem 8 mm. Úhel osvětlovacího zařízení D65 byl nastavený na 10°. Zrcadlová složka 0 % UV. V prostoru CIE lab byly získány hodnoty L^* , a^* a b^* . Před provedením měření bylo maso při pokojové teplotě exponováno vzduchem po dobu 10 minut. U každého vzorku bylo měření provedeno na náhodných částech v řezu třikrát. Zohledňovalo se také, aby měření nebylo provedeno v místě s viditelnou pojivovou tkání nebo v místě, kde byl vyšší obsah ukládání intramuskulárního tuku. Pro statistické hodnocení byl vypočítán aritmetický průměr tří měření pro každou z hodnot L^* , a^* a b^* .

Pro měření ztrát způsobených vařením byl nejprve připravený steak o tloušťce 20 mm umístěný do plastového obalu. Sáček byl ponořen do vodní lázně s teplotou 80 °C do doby, až bylo dosaženo 75 °C uprostřed masa. Kontrolu teploty bylo provedeno vpichovým teploměrem (AD14TH, Ama-Digit, Kreuzwertheim, Německo). Po tepelné úpravě byly vzorky zchlazené na pokojovou teplotu. Následně bylo provedeno kontrolní zvážení. Na základě hmotnostních rozdílů byly vypočtené hmotnostní ztráty. Konečné výsledky byly vyjádřené v procentech. Po vaření bylo maso použito pro měření křehkosti. Určení ztráty způsobených grilováním je popsáno v kapitole senzoričká analýza.

Instrumentální křehkost (síla stříhu Warner-Bratzler) měřeno na přístroji Instron Universal Texture Analyzer 3365 (Instron Canton, MA, USA) vybaveném Warner-Bratzelrovým nožem. Rychlost střížné hlavy byla nastavena na 100 mm/min. Hodnota pro jeden vzorek vařeného masa dle metodiky Honikel (1998) byla brána jako průměr šesti stříhů hranolů masa o rozměrech 10×10×20 mm.

4.4 Měření chemických vlastností

Prostřednictvím chemického hodnocení byly analyzované parametry jako sušina, množství bílkovin, intramuskulárního tuku, množství popelovin a hladina MDA.

Pro stanovení sušiny byla použita analytická gravimetrická metoda. Před samotnou analýzou bylo nutné vzorek zvážit. Posléze byla provedená homogenizace a následně byl analyzovaný exemplář umístěn do sušárny a sušen do doby získání konstantní hmotnosti. Proces sušení se prováděl při teplotě 105 °C. Další postup zahrnoval homogenizaci vzorků, které bylo provedeno pomocí nožového mlýnku (Grindomix GM 200, Retch, Haan, Německo).

Pro stanovení obsahu bílkovin bylo nutné dusík, obsazený ve vzorcích svaloviny, nejprve mineralizovat na amoniak, poté provést destilaci s následnou titrací (Kjeltec 2400, sampler unit 2460, FOSS Tecator AB, Höganäs, Švédsko). Pro výpočet byl uplatněn přepočítávací koeficientu 6,25. Obsah byl vyjádřen v gramech bílkovin na kilogram produktu.

Stanovení množství intramuskulárního tuku bylo provedeno extraktivní metodou podle ČSN ISO 1444 (576020) (Soxtec Avanti 2055 FOSS Tecator AB, Švédsko). Do vysušeného vzorku byl přidáno organický petroleter. Takto vzorek byl ponechán do odpařování rozpouštědla. Prostřednictvím petroleteru bylo tuk vyextrahován. Poté došlo k sušení a zvážení zbytků. Množství tuku bylo určeno výpočty.

Obsah popelovin bylo stanoven po spalování homogenizovaného vzorku dle normy ISO:2171. Teplota byla nastavena na 550 °C, po dobu 24 hodin. Proces probíhal ve spalovací peci (LAC L15/12, LAC, Židlochovice, Czech Republic) do bílé až šedé barvy popela. Po ukončení spalování byl zbytek hmoty zvážen.

Podíl MDA byl stanoven dle Czuderna et al. (2011) s využitím vysokoúčinného kapalinového chromatografu (HPLC) (VP series, Shimadzu, Kjóto, Japonsko). Homogenizované vzorky byly zmýdelněné v metanolu s přidáním 1 ml hydroxidu draselného (1M) a 10 µl butylhydroxytoluenu (0,02 M). Posléze byl analyt přelit do uzavíratelné zkumavky a umístěn do vodní lázně ve které probíhalo stálé třepání ve tmě při 60 °C během 1 hodiny. Pak byl roztok ochlazen a přidána kyselina chlorovodíková do pH 2. Potom byl vzorek odstředěn při otáčkách 15 000/min po dobu 5 minut a teplotě 5 °C. Po odstředění do zkumavky bylo přidáno 200 µl supernatantu, 300 µl kyseliny chlorovodíkové (0,1 M) a 50 µl roztoku 2,4-dinitrofenylhydrazinu. Směs byla důkladně promíchána a ponechána při 50 °C po dobu 60 minut. Pak byla směs ochlazená a opakovaně odstředěna při otáčkách 15 000/min po dobu 5 minut a teplotě kolem 5 °C. Z výsledného roztoku bylo pro analýzu odebráno cca 45 µl a vstříknuto do chromatografu. Po výpočtech konečný výsledek byl vyjádřen v mg MDA na kg svaloviny.

4.5 Senzorická analýza

Pro senzorickou analýzu bylo nejprve nutné tepelné opracování vzorků grilováním. Byly připraveny plátky masa o tloušťce 20 mm nakrájené napříč svalovými vlákny (obrázek 9). Tepelná úprava probíhala na kontaktním sklokeramickém oboustranném grilu (VCR 61 TL, Fiamma, Aveiro, Portugalsko), s předehřátou teplotou 200 °C. V moment, když bylo dosaženo 70 °C uprostřed plátků masa, tepelná úprava byla zastavena a vzorky vyjmuty. Kontrola teploty (obrázek 10) byla provedena pomocí vpichového teploměru (AD14TH, Ama-Digit, Kreuzwertheim, Německo).



Obrázek 9: Steaky před grilováním



Obrázek 10: Kontrola teploty

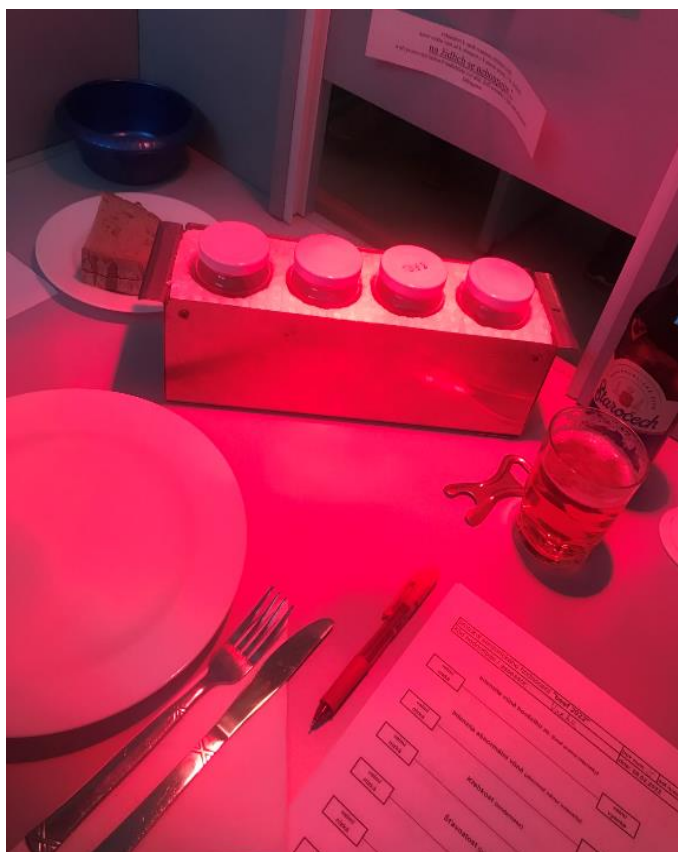
Před grilováním masa a po zchlazení jednotlivých kousků bylo provedeno kontrolní zvážení pro stanovení ztrát vyvolaných tepelnou úpravou. Ztráty byly stanovené na základě rozdílů v hmotnosti a byly vyjádřené v procentech.

Po grilování každý masový plátek byl zbaven okrajů a poté byl nakrájen na kostky. Velikost kostek byla 10×10×20 mm. Následně byl každý jednotlivý kousek umístěn do uzavíratelných skleniček, podepsaných trojmístným kódem. Nádoby byly uchovány v sušárně (Memmert UML500) při teplotě 50 °C do samotného senzorického hodnocení (obrázek 11).



Obrázek 11: Připravené masové kousky

Vzorky byly hodnoceny ve dvou samostatných dnech, při dosažení doby zrání masa 35, respektive 50 dnů. Organoleptický profil vzorků nízkého roštěnce byl hodnocen prostřednictvím deskriptivní sensorické analýzy. Celkem 10 školených hodnotitelů posuzovalo 13 deskriptorů. Před hodnocením každý člen panelů obdržel pokyny, jak vzorky posuzovat. Sensorické hodnocení bylo provedeno v boxech, které neumožňují vizuální kontakt s ostatními hodnotiteli (obrázek 12) a červené světlo zabraňovalo hodnocení na základě barevných odlišností.



Obrázek 12: Průběh sensorického hodnocení

Samotné hodnocení probíhalo z deseti sety vzorků. Každý posuzovatel obdržel v jednom setu dvojici vzorků. Jeden ze vzorku byl vždy od mokrého zrání, zatímco druhý od suchého zrání od stejného zvířete. Charakteristika posuzovaných deskriptorů a způsob jejich hodnocení je uvedena v tabulce 4. Při hodnocení byla využita nestrukturovaná stupnice s popisem krajních bodů. Poté získaná data byla převedena na číselnou hodnotu od 0 do 100 pro statistickou analýzu. Při sensorickém hodnocení jako neutralizační sousto byla nabízená neperlivá voda, nealkoholické pivo, pivo s deseti stupni a pšeničnožitný chléb dle výběru hodnotitele.

Tabulka 4: Charakteristika posuzovaných vlastností u hovězího masa

Hodnocený znak	Způsob hodnocení	Škála
Intenzita vůně hovězího masa	Před konzumací vzorku	0=velmi nízká 100=velmi vysoká
Intenzita abnormální vůně	Před konzumací vzorku	0=velmi nízká 100=velmi vysoká
Křehkost	Po dvou až po třech skousnutích	0=velmi tuhé 100=velmi křehké
Šťavnatost	Po prvních pěti až po deseti skousnutích	0=velmi suché 100=velmi šťavnaté
Vláknitost	Po prvních pěti až po deseti skousnutích	0=velmi hrubé 100=velmi jemné
Žvýkatelnost	Alespoň po patnácti skousnutích	0=obtížně žvýkatelné 100=lehce žvýkatelné
Intenzita chutě hovězího masa	Po prvních pěti až deseti skousnutích	0=velmi nízká 100=velmi vysoká
Intenzita abnormální chutě	Po prvních pěti až deseti skousnutích	0=velmi nízká 100=velmi vysoká
Chut' jater	Po prvních pěti až deseti skousnutích	0=velmi nízká 100=velmi vysoká
Chut' kyselá	Po prvních pěti až deseti skousnutích	0=velmi nízká 100=velmi vysoká
Chut' oříšková	Po prvních pěti až deseti skousnutích	0=velmi nízká 100=velmi vysoká
Chut' pečeného masa	Po prvních pěti až deseti skousnutích	0=velmi nízká 100=velmi vysoká
Celková přijatelnost	Na konci hodnocení	0=nepřijatelné 100=velmi přijatelné

4.6 Statistické hodnocení

Veškeré naměřené hodnoty byly následně přepsány do tabulky v programu MS Excel. Potom zpracování dat probíhalo prostřednictvím statistické aplikace SAS (verze 9.4, SAS Institute Inc., USA). V první řadě byla každá naměřená proměnná testována prostřednictvím Shapiro-Vilkova testu s cílem ověřit normálního rozdělení (procedura UNIVARIATE). Poté na základě Levenova testu byl u proměnných proveden test shody rozptylů (procedura GLM). Výpočet rozdílů v parametrech kvality mezi jednotlivými způsoby zrání masa byl proveden metodou REML (restringovaná metoda maximální věrohodnosti) ve smíšeném lineárním modelu (procedura MIXED). Modelová rovnice pro fyzikální vlastnosti a chemické složení využívala pevný efekt způsobu zrání (čerstvé maso, suché a mokré zrání) a náhodného efektu jedince. Modelová rovnice pro odhad sensorických vlastností byla navíc doplněna o náhodný efekt hodnotitele. Tukey-Kramerův test byl použit pro odhad rozdílů v případě fyzikálních vlastností a chemického složení (tabulky 5 a 6). Rozdíly byly považovány za statisticky významné, pokud překročily hladinu pravděpodobnosti 95 %. Data publikovaná v tabulkách jsou vyjádřena jako nejmenší průměrné čtverce (LSM) s příslušnou standardní chybou (SEM).

5 Výsledky

5.1 Vyhodnocení různého způsobu a délky zrání na fyzikální vlastnosti masa

Výsledky naměřených hodnot a vyhodnocených fyzikálních a technologických vlastností jsou znázorněny v tabulce 5. Dle údajů pH hodnoty lze konstatovat, že pro nízký roštěnec zrající různými způsoby byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly ($P < 0,001$). U vzorků s prodlužující dobou zrání doházelo k nárůstu pH. Ve srovnání s počáteční hodnotou, u vzorků zrajících za mokra 35 dnů se pH zvýšilo o 0,7 %, po 50 dnech o 1,4 %. Naproti tomu, větší zvýšení je vidět u masa zrajícího za sucha. Tam došlo k nárůstu pH hodnoty o 1,8 % a 2,7 % u 35, respektive 50 dnů.

Co se týká barvy masa, tak u hodnoty světlost a žlutost nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. Vzorky masa se suchým zráním 50 dnů po porážce byly signifikantně ($P < 0,05$) červenější než maso měřené na počátku experimentu.

Tabulka 5. Výsledky fyzikálních a technologických vlastností s dobou zrání 35 a 50 dní

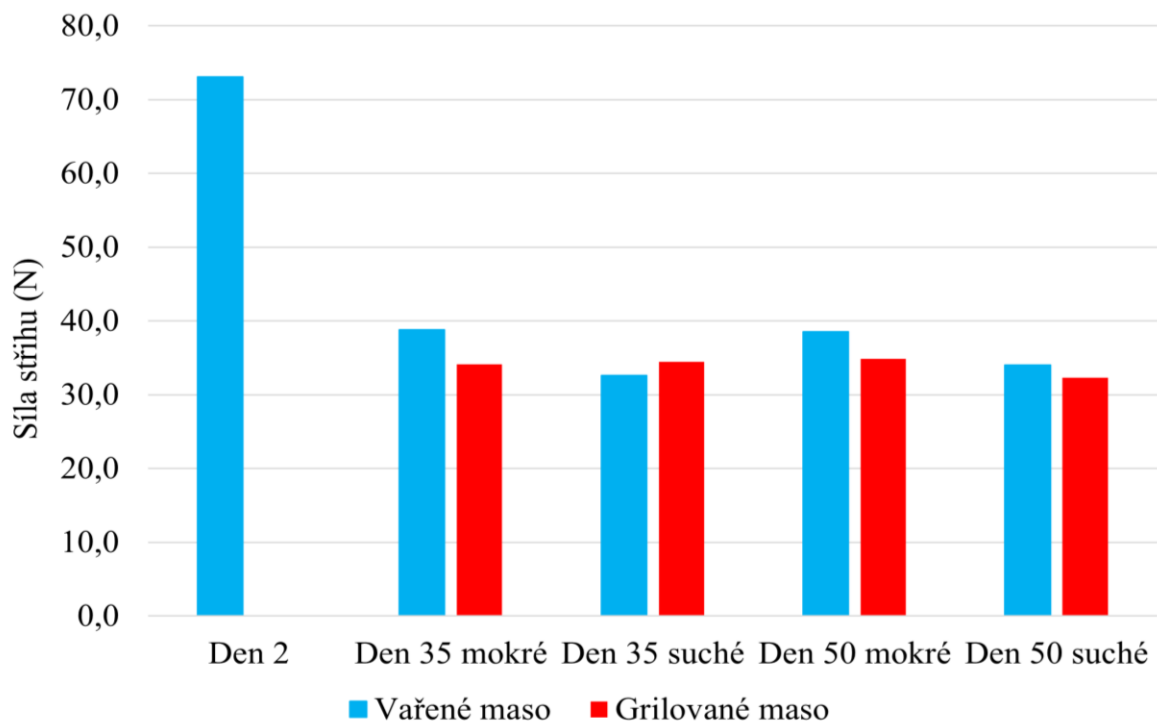
	Den 2	Den 35		Den 50		SEM	P-value
		mokrý	suchý	mokrý	suchý		
pH	5,58 ^c	5,62 ^{bc}	5,68 ^{ab}	5,66 ^b	5,73 ^a	0,022	<0,001
Barva L* (světlost)	36,94	37,77	37,99	38,31	38,03	0,587	0,245
Barva a* (červenost)	14,09 ^b	15,91 ^{ab}	14,94 ^{ab}	15,22 ^{ab}	16,02 ^a	0,460	0,035
Barva b* (žlutost)	11,44	12,60	11,57	12,05	12,61	0,449	0,139
Ztráta varem (%)	26,08 ^{ab}	26,42 ^{ab}	26,97 ^a	23,08 ^b	19,16 ^c	0,902	<0,001
Ztráta grilováním (%)	–	23,55 ^a	17,97 ^b	20,07 ^{ab}	20,01 ^{ab}	1,246	0,013
Síla stříhu vařené (N)	73,06 ^a	38,79 ^b	32,60 ^b	38,51 ^b	34,03 ^b	2,653	<0,001
Síla stříhu grilované (N)	–	34,14	34,48	34,85	32,31	1,706	0,724

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

Ztráty způsobené tepelným zpracováním jak varem, tak i grilováním se mezi skupinami signifikantně lišily. Nejvyšší hodnota pro ztráty varem byla zjištěna u masa 2 a 35 dnů po porážce, zatímco v období 50 dnů byla signifikantně nižší a to zejména u suchého zrání.

U grilovaného masa byly rozdíly zjištěny pouze v 35 dni zrání, kdy hodnota pro suché zrání byla výrazně nižší.

Dle dat instrumentálního měření bylo zjištěno, že nejvyšší hodnotu měly vzorky měřené 48 hodin po porážce. Následně došlo u všech sledovaných skupin k poklesu vynaložené síly na přibližně poloviční hodnoty. Rozdíly mezi jednotlivými způsoby ani dobou zrání však nebyly statisticky průkazné.



Graf 6: Síla stříhu měřená Warner-Bratzlerovým nožem

5.2 Vyhodnocení různého způsobu a délky zrání na chemické složení masa

V chemickém složení byly u všech hodnot, s výjimkou IMF, nalezeny statisticky průkazné rozdíly mezi skupinami (tabulka 6).

Je zjevné, že maso zrající za sucha ztratilo vlhkost, což následně vedlo k vyššímu obsahu bílkovin a popela. S prodlužující se dobou skladování se obsah obou charakteristik v případě suchého zrání dále zvyšoval, zatímco v případě mokrého zrání nebyly tyto změny pozorovány.

Tabulka 6. Výsledky chemického složení u svalů s dobou zrání 35 a 50 dní

	Den 2	Den 35		Den 50		SEM	P-value
		mokrý	suchý	mokrý	suchý		
Sušina ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	256,75 ^b	260,66 ^b	272,99 ^a	259,71 ^b	282,39 ^a	3,452	< 0,001
Bílkoviny ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	212,37 ^d	218,78 ^c	228,23 ^b	220,19 ^c	237,03 ^a	1,226	< 0,001
IMT ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	23,08	19,19	20,91	20,09	21,16	3,244	0,780
Popeloviny ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	10,47 ^c	9,91 ^c	11,26 ^b	9,97 ^c	12,79 ^a	0,174	< 0,001
MDA ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,39 ^d	0,69 ^c	0,92 ^{ab}	0,81 ^{bc}	1,11 ^a	0,057	< 0,001

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

Statisticky významné rozdíly byly detekovány v obsahu MDA. S prodlužující dobou zrání se naměřené hodnoty zvyšovaly a také byly vyšší u suchého zrání než u mokrého zrání.

5.3 Vyhodnocení různého způsobu a délky zrání na senzoričké vlastnosti masa

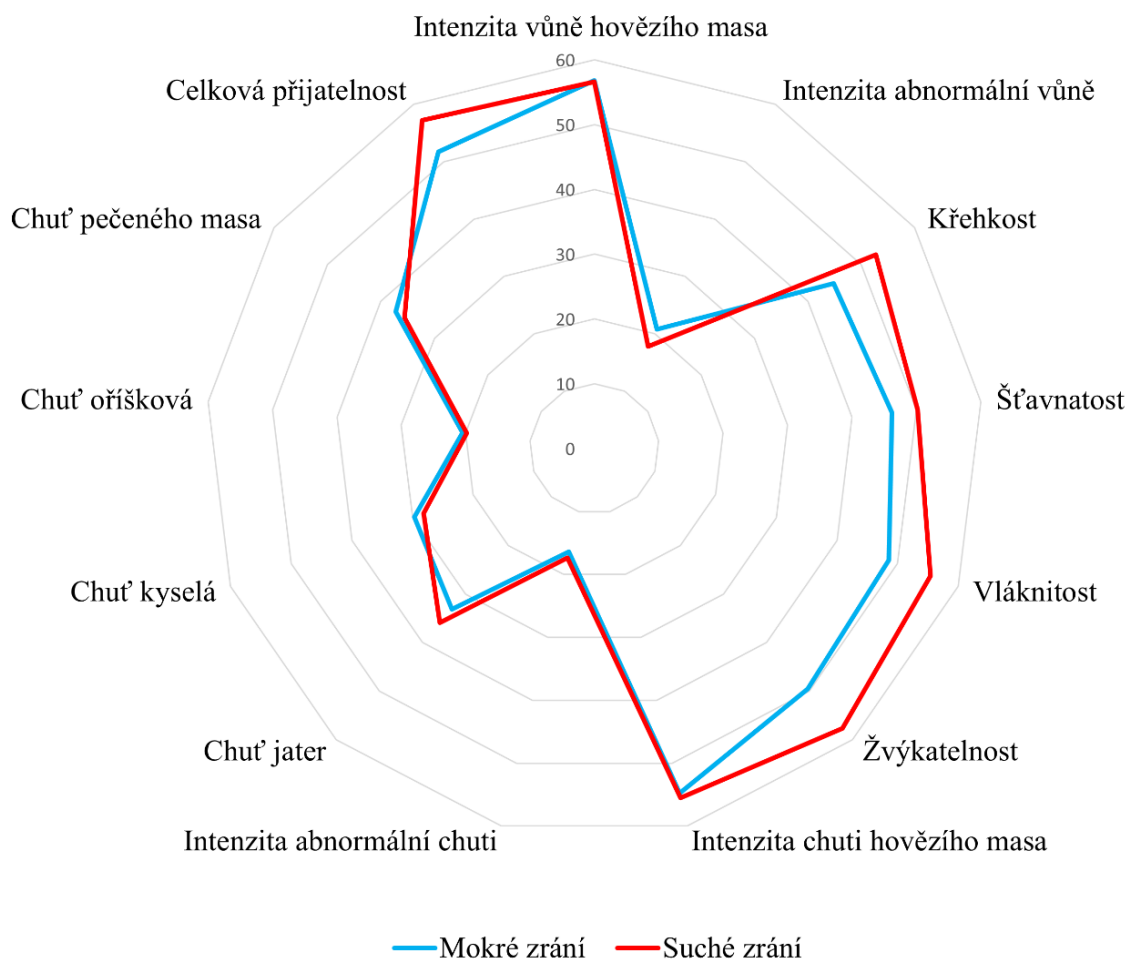
Senzoričký profil vzorků nízkého roštěnce s různým způsobem zrání hodnocený v době 35 dnů je uveden v tabulce 7.

Tabulka 7: Organoleptické vlastnosti masa s různým způsobem zrání s délkou 35 dní

	Způsob zrání		SEM	P-value
	Mokrý	Suchý		
Intenzita vůně hovězího masa	56,8	56,6	4,04	0,912
Intenzita abnormální vůně	20,8	17,8	4,41	0,115
Křehkost	44,8	52,7	4,16	0,006
Šťavnatost	46,2	50,2	5,27	0,108
Vláknitost	48,6	55,4	3,20	0,016
Žvýkatelnost	49,6	57,7	3,23	0,004
Intenzita chutě hovězího masa	54,8	55,5	3,47	0,741
Intenzita abnormální chutě	16,4	17,4	4,14	0,547
Chut' jater	33,1	35,9	5,25	0,213
Chut' kyselá	29,7	28,2	5,63	0,442
Chut' oříšková	20,5	19,8	3,98	0,703
Chut' pečeného masa	37,2	35,6	5,88	0,378
Celková přijatelnost	51,7	57,2	3,03	0,020

Procesem zrání byly statisticky významně ovlivněny pouze 4 deskriptory z 13. V prezentovaných výsledcích je zjevné, že došlo ke změnám u křehkosti, vláknitosti a žvýkatelnosti. Tyto hodnoty byly příznivěji posuzovány u vzorků zrajících suchým způsobem. Je možné, že právě tyto 3 zmíněné hodnoty ovlivnily následně posuzovanou celkovou přijatelnost, která byla rovněž lepší u suchého zrání

Dle grafu 7 lze také vidět, že intenzita abnormální vůně a chutě po posuzování měla relativně nízké hodnoty. Zároveň byly tyto parametry nejnižší hodnocené spolu s oříškovou chutí.



Graf 7: Srovnání organoleptických vlastností u masa s různým způsobem zrání s délkou 35 dní

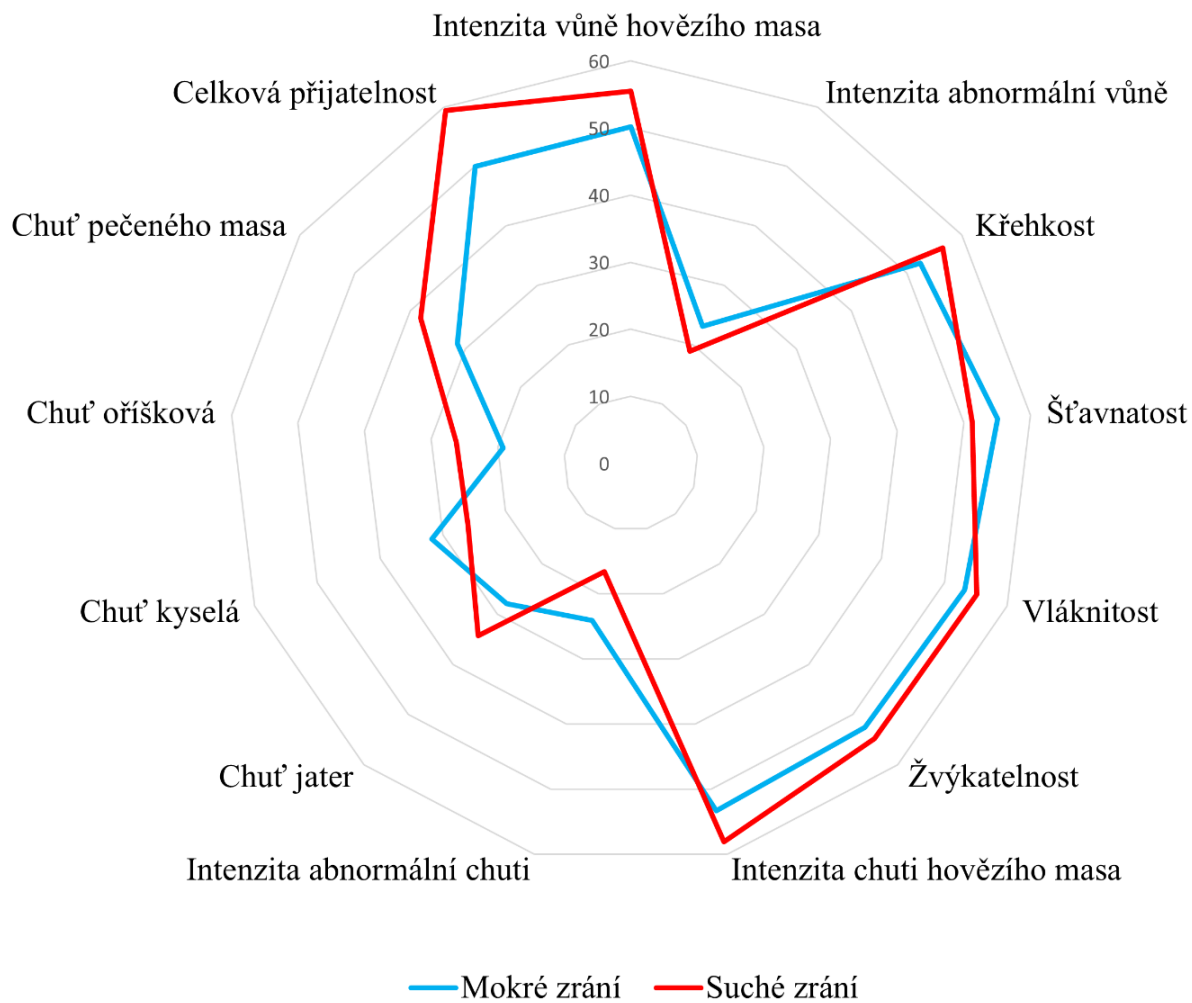
Jinou situaci lze vidět po senzoričném hodnocení u mokrého a suchého způsobu zrání masa po době 50 dnů po porážce. Zde bylo nalezeno signifikantně odlišné hodnocení u 9 z 13 posuzovaných deskriptorů. Ve srovnání s předchozí dobou zrání byly rozdíly zjištěny u charakteristik vůně a chuti.

Tabulka 8: Organoleptické vlastnosti masa s různým způsobem zrání s délkou 50 dní

	Způsob zrání		SEM	P-value
	Mokrý	Suchý		
Intenzita vůně hovězího masa	50,2	55,5	3,72	0,010
Intenzita abnormální vůně	23,1	18,9	5,25	0,025
Křehkost	52,5	56,5	3,96	0,113
Šťavnatost	55,1	51,3	4,78	0,095
Vláknitost	53,2	55,2	3,22	0,425
Žvýkatelnost	52,6	54,8	3,53	0,372
Intenzita chutě hovězího masa	53,3	58,1	4,26	0,021
Intenzita abnormální chutě	24,1	16,6	4,48	<0,001
Chuť jater	27,9	34,3	4,57	0,002
Chuť kyselá	31,7	26,0	5,43	0,013
Chuť oříšková	19,2	26,2	4,90	<0,001
Chuť pečeného masa	31,4	38,1	5,88	<0,001
Celková přijatelnost	50,0	59,4	2,80	<0,001

Zatímco mokré zrání dosáhlo statisticky významně vyšších hodnot pro intenzitu abnormální vůně, intenzitu abnormální chuti a kyselou chuť, maso skladované suchým způsobem dosáhlo vyšší intenzity vůně hovězího masa, vyšší intenzity chutě hovězího masa, výraznější chuti po játrech, oříškové chuti a chuti pečeného masa. Rovněž celková přijatelnost vzorků zrajících suchým způsobem byla signifikantně vyšší.

Rozdíly vyjádřené na grafu 8 naznačují, že křehkost, vláknitost a žvýkatelnost také byly hodnocené příznivěji u suchého zrání, naopak šťavnatost byla vyšší u mokrého zrání.



Graf 8: Srovnání organoleptických vlastností u masa s různým způsobem zrání s délkou 50 dní

6 Diskuze

Primárním záměrem předloženého experimentu bylo vymezení vlivu dvou základních metod zrání masa a to mokrého a suchého, a ohodnotit jejich účinek na fyzikální, chemické a senzorické vlastnosti. Pro posuzování byl zvolen sval nízký roštěnec *longissimus lumborum*, získaný po porážce od českého strakatého skotu. Tento sval je vůbec největší v jatečném těle býků, a zároveň patří mezi nejhodnotnější partie. Pro své homogenní složení je často využíván jako tzv. referenční sval. Hodnoty byly naměřeny u čerstvého masa, a po 35 až 50 dnech zrání. Cílem práce bylo posoudit na základě zjištěných výsledků vlastních analýz, a dle dostupných literárních zdrojů, jaký druh zrání z pohledu zmíněných charakteristik je příznivější. Jednak pro zpracovatele v masném průmyslu, tak i pro konečného konzumenta.

V průběhu procesu zrání se mírně zvýšila pH hodnota. Bez ohledu na dobu, výrazněji však u zrání suchého. Některé další studie uvádí, že maso zrající za sucha mělo vyšší pH v porovnání s masem zrajícím ve vakuu (Li et al. 2014; Kim et al. 2020; Luciano 2021; Kučerová 2022). Na rozdíl od našich výsledků Ha et al. (2019) s prodloužením délky zrání zaznamenali menší pokles pH. Boakye a Mittal (1993) píší, že balením do plastového obalu se inhibuje transport kyslíku, což zabraňuje zvýšení kyselosti. Ovšem nárůst pH lze vysvětlit tím, že s prodloužením doby zrání dochází k rozkladným procesům, výsledkem kterých je tvorba sloučenin zásadité povahy, což má vliv na výslednou hodnotu. Na základě počátečně naměřené pH lze tvrdit, že u masa zaraženého do výzkumu probíhaly běžné posmrtné změny, způsobující okyselení. Žádné abnormální odchylky vedoucí k vadě DFD nebyly sledované (Mach et al. 2008).

Důležitým kvalitativním znakem u masa je jeho barva. Spotřebitelé se často podle jeho barvy rozhodují o nákupu, i přestože, že tento ukazatel není spolehlivým indikátorem kvality a bezpečnosti (Tomasevic et al. 2021). V provedené analýze postmortální zrání změnilo pouze hodnotu červenost (a^*). Lze to objasnit tak, že když maso vysychá, dochází ke změnám v souvislosti se zvyšující se koncentrací pigmentů. Ve studii Ha et al. (2019) u vzorků od suchého typu s prodloužením zrání docházelo k poklesu červenosti (a^*) a žlutosti (b^*). Červenost (a^*) byla v této práci zjištěna vyšší u suchých než u mokrých vzorků. Proces ale neovlivnil světlost (L^*). U mokrých vzorků v průběhu zrání došlo ke zvýšení L^* a b^* . Bureš et al. (2020a) zkoumali změny v barvě masa v období od 3 do 90 dnů po porážce u mokrého zrání. Stejně jako v této práci, u hodnoty L^* difference nebyly zjištěné v intervalu mezi třetím a šedesátým dnem. U hodnoty b^* (žlutosti masa) byly nalezeny rozdíly mezi 3. a 30. dnem. Červenost mezi 30. a 60. dnem se nezměnila, ale v 90 dnech bylo maso signifikantně žlutější. Ribeiro et al. (2021) zaznamenali, že po 42denním zrání měly vzorky suchého způsobu nižší naměřené hodnoty u parametrů L^* , a^* a b^* a vysvětlují to tím, že barva masa zrajícího za sucha je spojena s menším odrazem světla, což je způsobeno nižším obsahem vody. Mimo to, barevná intenzita je často spojena s rozsahem oxidace lipidů. Studie zabývající se barvou masa často zahrnují měření oxidace lipidů, jelikož vznikající aldehydy způsobují konformaci myoglobinu, což zvyšuje oxidaci hemu vedoucí ke změně barvy (King et al. 2023).

U masa se oxidace lipidů považuje za významný kvalitativní indikátor. Produkty tohoto procesu se také podílejí na změnách v chuti (Colle et al. 2015). Rovněž ovlivňují nutriční hodnotu (Reitznerová et al. 2017). Právě procesem oxidací PUFA jako sekundární metabolit vzniká MDA, což je molekula s toxickými účinky (Domijan et al. 2015). Během realizace našeho experimentu byly s rostoucím intervalem zaznamenány signifikantně zvýšené hladiny

MDA. Tyto hodnoty byly vyšší u suchého zrání stejně jak uvádí Ribeiro et al. (2021). Luciano (2021) zkoumala vliv mokrého a suchého zrání u antilopy losí (*Taurotragus oryx*), kde také měla pro ukazatele oxidace lipidů analogické výsledky. Podle autorky hladina MDA vždy bude vyšší u masa od suchého typu zrání, a vysvětluje to tím, že dochází k expozici vzdušným kyslíkem. Některé studie doporučují ukončit proces zrání v devátém týdnu, protože množství oxidačních produktů lipidů dosahuje v této době hranice přijatelnosti (Vossen et al. 2022).

Ztráty způsobené tepelným opracováním se mezi jednotlivými způsoby zrání lišily. Ferreira et al. (2018) a Kim et al. (2020) zaznamenali větší ztráty u vzorků od mokrého zrání. Warren a Kastner (1992) ve své práci dokonce detekovali, že mokré vzorky mají delší dobu kulinářské úpravy. Bylo také zjištěno, že grilováním docházelo k menším hmotnostním ztrátám než v případě referenční metody dle Honikel (1998). Sice toto zjištění není hlavním cílem provedeného experimentu, ale lze říci, že tepelná úprava se podílí na formování fyzikálních charakteristik, což by se mohlo odrážet při následném sensorickém hodnocení. Podobně tomu bylo i u instrumentálně měřené tuhosti masa, kde hodnota WBSF byla u grilovaných vzorků menší. Stejná pozorování uvádějí Bureš et al. (2020a). Vysoká teplota způsobuje rozpouštění pojivové tkáně, což zvyšuje křehkost, a zároveň dochází k denaturaci bílkovin, které ale vede ke zvýšení tuhosti masa. Aplikací tepla může křehkost buď zvýšit, nebo snížit, v závislosti na dvou hlavních parametrech: času a teplotě (Obuz et al. 2004).

Kromě kvalitativních parametrů, je proces zrání systémem formování kvantitativních znaků. Postmortální zrání ovlivnilo obsah sušiny, bílkovin a popelovin. Jelikož při suchém způsobu docházelo k odparu vody, byly maximální hodnoty podle očekávání zjištěny u suchého typu. Vakuový obal pro vzorky skladované mokřím zráním, slouží jako ochranný faktor, zabráňující odpařování vody. Mírně vyšší hodnoty u obou skupin mokrého zrání ve srovnání se syrovým masem souvisejí s tvorbou uvolněné tekutiny přítomné v obalu. Zvýšení sušiny rovněž způsobuje zvyšování obsahu extraktivních sloučenin, formujících vůně a chuť. Terjunug et al. (2021) píší, že odpařování lze ovlivnit teplotou, kde při 1 °C by ztráty měly být menší, oproti zrání při 3 °C. Velké hmotnostní úbytky mají tendenci představovat negativní vliv na ekonomické záležitosti, ale také mohou ovlivnit i texturní charakteristiky masa. Suchý způsob zrání vede k většímu odpařování a navíc se před tepelnou úpravou musí odstraňovat kůra, což významně ovlivňuje související ekonomické úbytky. Ovšem po zkoumání literárního přehledu bylo zjištěno, že se nabízí možnost využití odstraněné vrstvy při přípravě mletého masa určeného na burgery (Bureš et al. 2020d).

Křehkost je pravděpodobně nejdůležitějším sledovaným faktorem v naší studii. A je to rovněž zásadní charakteristika ovlivňující celkovou přijatelnost (Grunet et al. 2004). Data naměřená Warner-Bratzelrovým nožem ukázala, že maximální instrumentální tuhost byla u vařeného masa po dvou dnech po porážce. Poté byl zráním způsoben významný pokles hodnoty, ale žádné signifikantní rozdíly nebyly zjištěny ani mezi odlišnými způsoby zrání, ani mezi různými dobami. Mezi mokřím a suchým zráním nebyly také detekované rozdíly ve studii Dikeman et al. (2013). Zvýšení doby nepřispělo ke snížení WBSF v pracích Ferreira et al. (2018) a Forakera et al. (2020). Podstatné je zdůraznit fakt, že veškeré detekované hodnoty nepřekročily hranici 42,87 N, jelikož dle Destefanis et al. (2008) je tato hodnota zlomovým bodem mezi tuhým a křehkým masem. V naší práci byla instrumentální křehkost menší za uvedenou hodnotou již v kratším intervalu sledování, a to bez ohledu na způsob zrání. Je zjevné, že následné prodloužení doby zrání již nepřispělo ke snížení

instrumentální křehkosti podobně jako u Vossena et al. (2022). Ve studii Bureše et al. (2020a) naměřené hodnoty síly stříhu nebyly statisticky průkazné ani u vařených, ani u grilovaných vzorků. Hodnocení organoleptických výsledků neukázalo žádné rozdíly mezi 30. a 90. dnem zrání. Ovšem byly zjištěné diference u křehkosti u svalu *semitendinosus*. Nejpříznivější hodnota byla typická pro dobu 60 dnů, potom došlo k zvýšení WBSF. Hladina IMF je považována za významnou při posuzování křehkosti masa. Maso s větší koncentrací adipocytých ložisek v porovnání s libovějším bude vždy křehčí (Santos et al. 2021). Starkey et al. (2016) za hlavní důvod poklesu instrumentální křehkosti stejně jak předchozí práce uvádí vyšší IMF a doplňuje degradaci proteinů a zkrácení délky sarkomery. Ovšem u práce Monsóna et al. (2005) doporučuje zohledňovat plemennou příslušnost, která podstatně může korelovat s naměřenými senzorickými hodnotami.

Analýza organoleptických parametrů v naší studii ukázala, že po uplynutí 35denní doby se změnila hlavně charakteristiky textury. Byly zjištěny rozdíly v křehkosti, vláknitosti a žvýkatelnosti, s tím, že vzorky od suchého zrání byly hodnocené příznivěji. Delší doba zrání již nezpůsobila žádné další změny v těchto parametrech. Celkovou přijatelnost masa, kromě křehkosti může podstatně ovlivnit šťavnatost (Monsón et al. 2005). V našich výsledcích nebyl zjištěn žádný statistický rozdíl mezi způsoby, ani mezi různými dobami zrání. Odlišnosti mezi mokrým a suchým zráním nebyly zjištěné také v práci Kima et. al (2016), což je velmi zajímavým výsledkem, který podle nás potřebuje podrobnějšího zkoumání.

Prodloužením procesu intervalu zrání do 50 dnů došlo k průkazným diferencím v parametrech popisujících vůně a chuť. Byl sledován nárůstu kyselé chutě. Přičemž větší intenzita byla u vzorků mokrého typu, stejně jak ve studiích Warrena a Kastnera (1992) a Forakera et al. (2020). Vossen et al. (2022) píše, že prodloužení zrání způsobuje zvýšení v intenzitě abnormálních vůně a chutě se současným poklesem hovězí chutě, což lze sledovat v našem experimentu, kde se to projevilo u mokrého zrání. Autoři to vysvětlují tím, že stoupá hladina peptidů s krátkým řetězcem, dusíkatých látek a metabolitů oxidace lipidů. Po 50 dnech u suchého způsobu byly příznivěji hodnocené: chuť oříšková a chuť pečeného masa. Jediným negativním deskriptorem, který byl průkazný u suchého způsobu, byla chuť spojená s játry.

V naší práci byly signifikantní rozdíly v celkové přijatelnosti mezi mokrým a suchým zráním zjištěné jak u kratší, tak u delší doby zrání. Přičemž senzorický panel preferoval suchý způsob. Kučerová (2022) zkoumala odlišné metody zrání u králičího masa, kde výsledky byly rovněž ve prospěch suché cesty. Dále u masa antilopy losí bylo též zjištěno, že příznivěji panel hodnotil vzorky skladované suchým způsobem (Luciano 2021). Kromě toho i další provedené studie naznačují, že při porovnání mokrých a suchých vzorků masa, konzumenti dávali přednost tomu, co vyžrálo za sucha (Ha et al. 2019; Li et al. 2021). Kim et al. (2019) dokonce nabízí používat suchý způsob zrání na části masa, které jsou u konzumentů méně oblíbené.

Veškeré studie ukazují, že chuťové vlastnosti masa jsou ovlivněné extra- a intravitálními faktory, do kterých zařazují stravování, plemennou příslušnost, pohlaví, pH hodnotu a podmínky zráního procesu (Dashdorj et al. 2016). Vliv pohlaví a kategorie skotu zkoumali Bureš a Bartoň (2014), kteří v závěru experimentu naznačili, že maso krav bylo hodnocené hůř, než maso mladých býků a jalovic. Ha et al. (2019) mluví o souvislosti celkové přijatelnosti a pH hodnoty v tom smyslu, že by to mohlo ovlivnit Mailardovy reakce během tepelného zpracování masa. Vyšší pH produktu podle autorů přispívá k příznivějšímu senzorickému hodnocení, což lze zaznamenat i v naší práci, i ve studii Luciano (2021). Bureš et al. (2020c)

ve svém experimentu zkoumali vliv IMF na posuzování masa. Výsledky ukázaly, že zúčastnění, kteří uváděli oblibu velmi libového masa, vzorky s vyšším množstvím IMF následně hodnotili jako více přijatelné.

S odkazem na veškerá zmíněná data a fakta lze konstatovat, že mezi mokrým a suchým způsobem zrání existují odlišnosti jak v kvalitativních, tak v kvantitativních parametrech. Platí to nejen pro hovězí maso, ale i pro ostatní druhy, pro které je charakteristické různé chemické složení či texturní charakteristiky. V případě hovězího se nejčastěji řeší problematika křehkosti. Právě křehkost je podle postoje konzumentů znakem vyznačujícím spokojenost. Na základě uvedených informací je zjevné, že se instrumentální a senzorká křehkost zlepšuje jenom do určitého časového intervalu. V podmínkách naší analýzy se bez ohledu na způsob zrání jeví doba 35 dnů dostačující pro překročení hranice mezi tuhým a křehkým masem. S prodloužením procesu zrání v mase dochází k většímu rozsahu destruktivních procesů, což má za následek hromadění sloučenin, formujících spíše nepříjemné senzorké charakteristiky. Jednou z nich je MDA, který je zároveň z nutričního hlediska nežádoucí látkou. Campo et al. (2006) stanovili, že hodnota 2,28 mg na kg masa je maximální, která by ještě nepřevládala nad chutí hovězího masa. V našem experimentu masa v obou dvou sledovaných dobách nebylo zjištěno ani polovičního množství této látky. Neméně důležité je uvést, že delší doba zrání vyžaduje udržování a stálou kontrolu předepsaných podmínek procesu. To se následně odráží na ekonomických parametrech a dokonce i ceně výsledného produktu.

Základní úlohou zpracovatelů je dodávat maso v okamžiku, když je textura již vyhovující, a charakteristiky vůně a chutě jsou takovými, že ještě nezpůsobí vyvolávání negativních vjemů u spotřebitelů. Z našeho experimentu je vidět, že maso nabývá požadované křehkosti již v kratších dobách nehledě na způsob zrání. S tím, že senzorké charakteristiky jsou přijatelné. Ovšem preferovanější z pohledu organoleptického hodnocení je suché zrání.

7 Závěr

V závěru této diplomové práce potvrzujeme stanovenou vědeckou hypotézu. Různý typ zrání se podílí na formování fyzikálních a senzorických vlastností masa, a to zároveň souvisí se změnami v chemickém složení masa. Mezi mokrým a suchým způsobem byly detekovány rozdíly, a to i při odlišné době zrání.

U fyzikálních vlastností v průběhu procesu docházelo k mírnému nárůstu hodnoty pH. U barvy byly sledovány změny jenom u červenosti (a^*). Nalezeny byly rozdíly u ztrát způsobených grilováním a vařením. Po vaření byly ztráty větší v porovnání s grilováním. Instrumentální tuhost, ve srovnání s naměřenou hodnotou po 2 dnech po porážce, během zrání významně klesla.

Pro chemické vlastnosti bylo signifikantní zvyšování hodnot sušiny, bílkovin, popelovin a malondialdehydu v závislosti na prodloužování intervalu zrání. Naměřené parametry byly vyšší u suchého typu.

Senzorické hodnocení prokázalo patrný vliv 35denního zrání na texturní vlastnosti (křehkost, žvýkatelnost a vláknitost) ve prospěch suché cesty. Zatímco signifikantní rozdíly u charakteristik spojených s vůní a chutí byly pozorované po 50 dnech. S prodloužením doby byly mezi různými způsoby zrání rozdíly v intenzitě vůně a chutě hovězího masa vyšší ve prospěch suchého zrání. Stejná tendence byla sledována u oříškové chutě a chutě pečeného masa. Mezi negativně vnímanými deskriptory byly odlišnosti u abnormální vůně, abnormální a kyselé chutě. Panelem byly tyto deskriptory hodnocené jako intenzivnější u vzorků od mokrého zrání. Zatím co chuť spojená s játry byla významnější u masa zrajícího za sucha. V obou dobách zrání byla celková přijatelnost příznivěji hodnocená u masa od suchého zrání.

Na základě zjištěných výsledků bychom mohli tvrdit, že v případě, pokud chceme konzumentům poskytnout křehké maso, tak bez ohledu na způsob, můžeme doporučit oba typy zrání, protože k potřebné míře zkřehčení dojde již v kratší době. Jenže v případě mokrého zrání je možné proces plně automatizovat a z ekonomického hlediska je méně finančně nákladný. Ovšem existuje pravděpodobnost, že bude maso vykazovat vedlejší nepříznivé vůně a chutě. Sice to není charakteristické pro suché zrání, ale požadavky na práci a prostředí u tohoto typu jsou náročnější, což podstatně zdražuje výrobu. S prodloužením doby můžeme dostat maso s jedinečnými chuťovými rysy.

Zrání je proces, který v současnosti nabývá většího významu. Právě proto ve vědeckém světě dochází k rozvoji a zkoumání nových moderních metod zrání. Z tohoto důvodu by bylo možné další výzkum zaměřit na sledování změn při menších intervalech, ale na svalech z různých částí jatečných těl. Výsledky této práce by bylo možné uplatnit ve výzkumech zabývajících se rozvojem inovativních postupů při výrobě potravin, při projektování nových stravovacích zařízení, v marketingových strategiích pro potravinářský průmysl nebo jako nástroj pro vývoj distribučních cest a kontroly kvality masa.

8 Seznam literatury

- Abril M, Campo MM, Önenç A, Sañudo C, Albertí P, Negueruela AI. 2001. Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat science* **58**:69-78.
- Adzitey F, Nurul H. 2011. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences-a mini review. *International Food Research Journal* **18**:11-20.
- Andrýšek J, Večeřa M, Javorová J, Velecká J, Falta D, Chládek G. 2015. The effect of growth rate on some beef performance characteristics of Czech Fleckvieh heifers. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **63**:1095-1100.
- Aykan NF. 2015. Red meat and colorectal cancer. *Oncology Reviews* **9**:38-44.
- Baltic MZ, Boskovic M. 2015. When man met meat: meat in human nutrition from ancient times till today. *Procedia Food Science* **5**:6-9.
- Bartoň L, Teslík V, Zahrádková R, Bureš D. 2003. Growth, feed efficiency and carcass characteristics of Czech Pied and Holstein bulls. *Czech Journal of Animal Science* **48**:459-465.
- Belew JB, Brooks JC, McKenna DR, Savell JW. 2003. Warner–Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science* **64**:507–512.
- Bernardo APDS, Da Silva ACM, Ferreira FMS, Do Nascimento MDS, Pflanzler SB. 2021. The effects of time and relative humidity on dry-aged beef: Traditional versus special bag. *Food Science and Technology International* **27**:626-634.
- Bhat ZF, Morton JD, Mason SL, Bekhit AEDA. 2018. Role of calpain system in meat tenderness: A review. *Food Science and Human Wellness* **7**:196-204.
- Boakye K, Mittal GS. 1993. Changes in pH and Water Holding Properties of *Longissimus dorsi* Muscle During Beef Ageing. *Meat Science* **34**:335-349.
- Boler DD, Woerner DR. 2017. What is meat? A perspective from the American Meat Science Association. *Animal Frontiers* **7**:8-11.
- Bonne K, Vermeir I, Verbeke W. 2008. Impact of Religion on Halal Meat Consumption Decision Making in Belgium. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing* **21**:5-26.
- Brewer S, Novakofski J. 2008. Consumer Sensory Evaluations of Aging Effects on Beef Quality. *Journal of Food Science* **73**:78-82.
- Bureš D, Bartoň L, Lebedová N, Fořtová J. 2018a. Výkrmnost, složení jatečného těla a kvalita masa býků a jalovic českého strakatého skotu. *Maso* **29**:32-37.
- Bureš D, Bartoň L, Lebedová N, Fořtová J. 2020a. Vliv prodloužené doby zrání na fyzikální a organoleptické vlastnosti hovězího masa. *Maso* **31**:16-22.
- Bureš D, Bartoň L, Lebedová N. 2020b. Inovační postupy při produkci a zpracování hovězího masa. Výzkumný ústav živočišné výroby v.v.i., a Česká technologická platforma pro zemědělství, Praha. 60 s. ISBN 978-80-7403-245-5
- Bureš D, Bartoň L, Panovská Z. 2018b. Hovězí maso: spotřeba, preference a postoje konzumentů v roce 2017. *Zpravodaj ČSCHMS* **25**:40-42.
- Bureš D, Bartoň L. 2014. Organoleptické vlastnosti hovězího masa při odlišné době zrání. *Náš chov* **74**:32-34.
- Bureš D, Fořtová J, Lebedová N, Bartoň L. 2020c. Intramuskulární tuk v hovězím masu a jeho vliv na vnímání organoleptických vlastností tuzemskými konzumenty. *Výživa a potraviny* **75**:30-35.
- Bureš D, Lebedová N, Bartoň L. 2020d. Způsoby zrání hovězího masa. *Zpravodaj ČSCHMS* **29**:58-59.
- Buzała M, Słomka A, Janicki B. 2016. Heme iron in meat as the main source of iron in the human diet. *Journal of Elementology* **21**:303-314.

- Campbell RE, Hunt MC, Levis P, Chambers Iv E. 2001. Dry-aging effects on palatability of beef longissimus muscle. *Journal of Food Science* **66**:196-199.
- Campo MM, Nute GR, Hughes SI, Enser M, Wood JD, Richardson RI. 2006. Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science* **72**:303–311.
- CESTR. 2008. O plemeni. CESTR – Svaz chovatelů českého strakatého skotu. Available from <https://www.cestr.cz/cs/plemeno/o-plemeni> (accessed March 2023)
- Chandrasekaran M. 2015. *Enzymes in food and beverage processing*. CRC Press, Boca Raton. 556 p. ISBN 9781138894174
- Cheung PCK, Mehta BM. 2015. *Handbook of Food Chemistry*. Springer-Verlag, Heidelberg. 1196 p. ISBN 978-3642366048
- Colle MJ, Richard RP, Killinger KM, Bohlscheid JC, Gray AR, Loucks WI, Doumit M E. 2015. Influence of extended aging on beef quality characteristics and sensory perception of steaks from the *gluteus medius* and *longissimus lumborum*. *Meat Science* **110**:32-39.
- ČSÚ. 2022. Spotřeba potravin – 2021. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2021> (accessed March 2023).
- ČSÚ. 2023. Živočišná výroba – 4. čtvrtletí a rok 2022. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/cr/zivocisna-vyroba-4-ctvrtleti-a-rok-2022> (accessed March 2023)
- Czauderna M, Kowalczyk J, Marounek M. 2011. The simple and sensitive measurement of malondialdehyde in selected specimens of biological origin and some feed by reversed phase high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography B* **879**:2251-2258.
- Dashdorj D, Tripathi VK, Cho S, Kim Y, Hwang I. 2016. Dry aging of beef; Review. *Journal of Animal Science and Technology* **58**:1-11.
- Destefanis G, Brugiapaglia A, Barge MT, Dal Molin E. 2008. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner–Bratzler shear force. *Meat Science* **78**:153–156.
- Dikeman ME, et al. 2017. *Ensuring safety and quality in the production of beef Volume 2: Quality*. Burleigh Dodds Science Publishing, London. 442 p. ISBN 978-1786760609
- Dikeman ME, Obuz E, Gök V, Akkaya L, Stroda S. 2013. Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on yields and eating quality of beef *Longissimus lumborum* steaks. *Meat science* **94**:228-233.
- Domijan AM, Ralić J, Brkanac SR, Rumora L, Žanić-Grubišić T. 2015. Quantification of malondialdehyde by HPLC-FL – application to various biological samples. *Biomedical Chromatography* **29**:41-46.
- Du M, McCormick RJ. 2009: *Applied Muscle Biology and Meat Science*. CRC Press. Boca Raton. 360 p. ISBN 9780429112072
- Ekmekcioglu C, Wallne P, Kundi M, Weisz U, Haas W, Hutter HP. 2018. Red meat, diseases and healthy alternatives: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **58**:247-261.
- ElMasry G, Sun DW, Allen P. 2011. Non-destructive determination of water-holding capacity in fresh beef by using NIR hyperspectral imaging. *Food Research International* **44**:2624–2633.
- Eurostat. 2023. Slaughtering in slaughterhouses – annual data. Available from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/apro_mt_pann/default/table?lang=en (accessed March 2023)
- FAO. 2022. *Meat Market Review: Emerging trends and outlook 2022*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Publications, Rome. 24 p.

- Farouk MM, Mustafa NM, Wu G, Krsinic G. 2012. The “sponge effect” hypothesis: An alternative explanation of the improvement in the water holding capacity of meat with ageing. *Meat Science* **90**:670-677.
- Fernández-Ginés JM, Fernández-López J, Sayas-Barberá E, Pérez-Alvarez JA. 2005. Meat Products as Functional Foods: A Review. *Journal of Food Science* **70**:37-43.
- Ferreira FM, Bernardo APS, Gomes CL, Pflanzler SB. 2018. Effect of Aging Temperature on the Physicochemical Quality of Dry-And Wet-Aged Beef. *Meat and Muscle Biology* **2**.
- Font-i-Furnols M, Guerrero L. 2014. Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Science* **98**:361-371.
- Foraker BA, Gredell DA, Legako JF, Stevens RD, Tatum JD, Belk KE, Woerner DR. 2020. Flavor, tenderness, and related chemical changes of aged beef strip loins. *Meat and Muscle Biology* **4**.
- Godfray HCJ, Aveyard P, Garnett T, Hall JW, Key TJ, Lorimer J, Pierrehumbert RT, Scarborough P, Springmann M, Jebb SA. 2018. Meat consumption, health, and the environment. *Science* **361**.
- Gruber SL, Tatum JD, Scanga JA, Chapman PL, Smith GC, Belk KE. 2006. Effects of postmortem aging and USDA quality grade on Warner-Bratzler shear force values of seventeen individual beef muscles. *Journal of Animal Science* **84**:3387-3396.
- Grunet KG, Bredahl L, Brunsø K. 2004. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector – a review. *Meat Science* **66**:259-272.
- Ha M, McGilchrist P, Polkinghorne R, Huynh L, Galletly J, Kobayashi K, Warner RD. 2019. Effects of different ageing methods on colour, yield, oxidation and sensory qualities of Australian beef loins consumed in Australia and Japan. *Food Research International* **125**.
- Hertog-Meischke MJA, Laack RJLM, Smulders FJM. 1997. The water-holding capacity of fresh meat. *Veterinary Quarterly* **19**:175-181.
- Holm L, Møhl M. 2000. The role of meat in everyday food culture: an analysis of an interview study in Copenhagen. *Appetite* **34**:277-283.
- Honikel KO. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* **49**:447-457.
- Hudetzová K, Vodička J. 2020. Situační a výhledová zpráva. Skot – hovězí maso. Ministerstvo zemědělství, Praha. 65 s. ISBN 978-80-7434-587-6
- Huff-Lonergan E, Lonergan SM. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science* **71**:194–204.
- Huff-Lonergan E, Sosnicki A. 2002. Water-Holding Capacity of Fresh Meat. *Fact Sheet* **4669**:1-8.
- Hui YH. 2012. Handbook of meat and meat processing. Second edition. CRC press, Boca Raton. 1000 p. ISBN 9781439836835
- IARC. 2018. Red Meat and Processed Meat. International Agency for Research on Cancer, Lyon. 511 p. ISBN 978-92-832-0180-9
- Ijaz M, Li X, Zhang D, Hussain Z, Ren C, Bai Y, Zheng X. 2020. Association between meat color of DFD beef and other quality attributes. *Meat Science* **161**.
- Jeleníková J, Pipek P, Miyahara M. 2008. The effects of breed, sex, intramuscular fat and ultimate pH on pork tenderness. *European Food Research and Technology* **227**:989–994.
- Jeong J, Lim K, Shin S. 2023. The association between meat intake and the risk of coronary heart disease in Korean men using the Framingham risk score: A prospective cohort

- study. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2023.02.001>
- Jůzl M, Müllerová M. 2017. Hovězí maso – nedílná součást našeho jídelníčku. *Výživa a potraviny* **72**:100-104.
- Kadlec P, Melzoch K, Voldřich M. 2012. *Technologie potravin – přehled tradičních potravinářských výrob.* KEY Publishing s.r.o., Ostrava. 536 s. ISBN 978-80-7418-145-0
- Kameník J, et al. 2014. *Maso jako potravina.* VFU Brno, ČR. 328 s. ISBN 978-80-7305-673-5
- Kim JH, Kim TK, Shin DM, Kim HW, Kim YB, Choi YS. 2020. Comparative effects of dry-aging and wet-aging on physicochemical properties and digestibility of Hanwoo beef. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **33**:501-505.
- Kim M, Choe J, Lee HJ, Yoon Y, Yoon S, Jo C. 2019. Effects of aging and aging method on physicochemical and sensory traits of different beef cuts. *Food science of animal resources* **39**:54-64.
- Kim YHB, Kemp R, Samuelsson LM. 2016. Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat science* **111**:168-176.
- Kim YHB, Ma D, Setyabrata D, Farouk MM, Lonergan SM, Huff-Lonergan E, Hunt MC. 2018. Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies. *Meat Science* **144**:74-90.
- King DA, et al. 2023. American Meat Science Association Guidelines for Meat Color Measurement. *Meat and Muscle Biology* **6**:1–81.
- Klimenko MM, Vinnikova LG, Bereza IH, Honcharov HI, Pasichniy VM, Baľ-Prylypko LV, Kyshenko II, Busha OO, Tkachenko KD. 2006. *Technologie masa a masných výrobků (překlad autora, originální název „Технологія м'яса та м'ясних продуктів“).* Vyshcha osvita (překlad autora, originální název „Вища освіта“), Kyjev. 640 s. ISBN 966-808164-1
- Kohout P, Havel E, Matějovič M, Šenkyřík M. 2021. *Klinická výživa.* Gálen, Praha. 944 s. ISBN 978-80-7492-555-9
- Kouvari M, Tyrovolas S, Panagiotakos DB. 2016. Red meat consumption and healthy ageing: A review. *Maturitas* **84**:17-24.
- Kučerová M. 2022. *Vliv různého způsobu zrání na fyzikální a organoleptické vlastnosti králičího masa.* [MSc. Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. 52 s.
- Kuddus M. 2018. *Enzymes in Food Biotechnology.* 1st Edition. Academic Press, Cambridge. 909 p. ISBN 9780128132807
- Lancaster JM, et al. 2022. Assessment of dry-aged beef from commercial aging locations across the United States. *International Journal of Gastronomy and Food Science* **27**.
- Lautenschlaeger R, Upmann M. 2017. How meat is defined in the European Union and in Germany. *Animal Frontiers* **7**:57-59.
- Lawrie RA, Ledward DA. 2006. *Lawrie's meat science, 7th Edition.* Woodhead Publishing, Cambridge. 464 p. ISBN 9781845691615.
- Lee SY, Jo C, Yoon Y, Jeong JY, Hur SJ. 2021. Effect on health from consumption of meat and meat products. *Journal of Animal Science and Technology* **63**:955-976.
- Lepetit J. 2008. Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. *Meat Science* **80**:960-967.
- Lesiów T, Kijowski J. 2003. Impact of PSE and DFD meat on poultry processing – a review. *Polish journal of food and nutrition sciences* **12**:3-8.
- Li X, Babol J, Bredie WL, Nielsen B, Tománková J, Lundström K. 2014. A comparative study of beef quality after ageing longissimus muscle using a dry ageing bag, traditional dry ageing or vacuum package ageing. *Meat Science* **97**:433-442.

- Li X, Babol J, Wallby A, Lundström K. 2013. Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef gluteus medius aged in a dry ageing bag or vacuum. *Meat Science* **95**:229-234.
- Li Z, Ha M, Frank D, McGilchrist P, Warner RD. 2021. Volatile profile of dry and wet aged beef loin and its relationship with consumer flavour liking. *Foods* **10**.
- Listrat A, Lebret B, Louveau I, Astruc T, Bonnet M, Lefaucheur L, Picard B, Bugeon J. 2016. How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality. *The Scientific World Journal* **2016**.
- Lonergan E, Zhang W, Lonergan SM. 2010. Biochemistry of postmortem muscle — Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science* **86**:184-195.
- Luciano VG. 2021. Effects of Wet and Dry Ageing on the Physical and Sensory Quality of Common Eland Meat [MSc. Thesis]. Czech University of Life Sciences Prague, Prague. 65 p.
- Mach N, Bach A, Velarde A, Devant M. 2008. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Science* **78**:232-238.
- Magkos F. 2022. Meat in the human diet: in transition from evolutionary hallmark to scapegoat. *American Journal of Clinical Nutrition* **115**:1263-1265.
- Mancini MC, Antonioli F. 2020. To What Extent Are Consumers' Perception and Acceptance of Alternative Meat Production Systems Affected by Information? The Case of Cultured Meat. *Animals* **10**.
- Marino R, Albenzio M, Della Malva A, Santillo A, Loizzo P, Sevi A. 2013. Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time. *Meat Science* **95**:281-287.
- Mariotti F. 2017. *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention*. Academic Press, Cambridge. 922 p. ISBN 9780128039687
- McAfee AJ, McSorley EM, Cuskelly GJ, Moss BW, Wallace JM, Bonham MP, Fearon AM. 2010. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science* **84**:1-13.
- Milford AB, Le Mouël C, Bodirsky BL, Rolinski S. 2019. Drivers of meat consumption. *Appetite* **141**.
- Modzelewska-Kapituła M, Tkacz K, Nogalski Z, Karpińska-Tymoszczyk M, Wiek A. 2019. Influence of ageing on *longissimus lumborum* quality from Holstein-Friesian young bulls fed different diets. *Journal of food science and technology* **56**:3215–3224.
- Moloney AP, Picard B, Moran L. 2020. The effect of extended post-mortem ageing on the Warner–Brazler shear force of *longissimus thoracis* from beef heifers from two sire breeds, slaughtered at 20 or 25 mo of age. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* **59**:206-214.
- Monsón F, Sanudo C, Sierra I. 2005. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science* **71**:471-479.
- Mulvihill B. 2001. Ruminant meat as a source of conjugated linoleic acid (CLA). *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin* **26**:295–299.
- Nair MN, Canto AC, Rentfrow G, Suman SP. 2019. Muscle-specific effect of aging on beef tenderness. *LWT* **100**:250-252.
- Nariadení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu. [cit. 1.2.2023]. Dostupné z <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:02004R0853-20141117&from=EN>
- Nishikawa KC, Monroy JA, Tahir U. 2018. Muscle function from organisms to molecules. *Integrative and comparative biology* **58**:194-206.

- Nishimura T. 2010. The role of intramuscular connective tissue in meat texture. *Animal science journal* **81**:21-27.
- O'Neill DJ, Lynch PB, Troy DJ, Buckley DJ, Kerry JP. 2003. Influence of the time of year on the incidence of PSE and DFD in Irish pigmeat. *Meat science* **64**:105-111.
- Obuz E, Dikeman ME, Grobbel JP, Stephens JW, Loughin TM. 2004. Beef *longissimus lumborum*, *biceps femoris*, and deep *pectoralis* Warner–Bratzler shear force is affected differently by endpoint temperature, cooking method, and USDA quality grade. *Meat Science* **68**:243-248.
- Pereira PMDCC, Vicente AFDRB. 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science* **93**:586-592.
- Perry N. 2012. Dry aging beef. *International Journal of Gastronomy and Food Science* **1**:78-80.
- Petrovic Z, Djordjevic V, Milicevic D, Nastasijevic I, Parunovic Nenad. 2015. Meat production and consumption: Environmental consequences. *Procedia Food Science* **5**:235-238.
- Ranken MD. 2000. *Handbook of Meat Product Technology*. Blackwell Science, Oxford. 212 p. ISBN 0-632-05377-1
- Reitznerová A, Šuleková M, Nagy J, Marcinčák S, Semjon B, Čertík M, Klempová T. 2017. Lipid Peroxidation Process in Meat and Meat Products: A Comparison Study of Malondialdehyde Determination between Modified 2-Thiobarbituric Acid Spectrophotometric Method and Reverse-Phase High-Performance Liquid Chromatography. *Molecules* **22**:1-12.
- Ribeiro FA, Lau SK, Pflanzler SB, Subbiah J, Calkins CR. 2021. Color and lipid stability of dry aged beef during retail display. *Meat Science* **171**:1-5.
- Ruby MB. 2012. Vegetarianism. A blossoming field of study. *Appetite* **58**:141-150.
- Santos D, Monteiro MJ, Voss HP, Komora N, Teixeira P, Pintado M. 2021. The most important attributes of beef sensory quality and production variables that can affect it: A review. *Livestock Science* **250**:1-13.
- Schmid A. 2011. The Role of Meat Fat in the Human Diet. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **51**:50–66.
- Schroeder TC, Mark DR. 2000. How can the beef industry recapture lost consumer demand? *American Society of Animal Science* **77**:1-13.
- Shahbandeh M. 2022. Statista. Global production of meat 2016-2022, by type. Available from <https://www.statista.com/statistics/237632/production-of-meat-worldwide-since-1990/> (accessed March 2023).
- Shahidi F, Hossain A. 2022. Role of Lipids in Food Flavor Generation. *Molecules* **27**.
- Sindelar JJ, Milkowski AL. 2011. Sodium Nitrite in Processed Meat and Poultry Meats: A Review of Curing and Examining the Risk/Benefit of Its Use. *American Meat Science Association* **3**:1-14.
- Skládanka J, et al. 2014. *Chov strakatého skotu*. Mendelova univerzita v Brně, Brno. 287 s. ISBN 978-80-7509-258-8
- Starkey CP, Geesink GH, Collins D, Oddy VH, Hokins DL. 2016. Do sarcomere length, collagen content, pH, intramuscular fat and desmin degradation explain variation in the tenderness of three ovine muscles? *Meat Science* **113**:51-58.
- Steinhauser L, et al. 1995. *Hygiena a technologie masa*. Last, Brno. 646 s. ISBN 8090026044
- Steinhauser L, et al. 2000. *Produkce masa*. Last, Brno. 464 s. ISBN 80-900260-7-9
- Suman SP, Joseph P. 2013. Myoglobin chemistry and meat color. *Annual review of food science and technology* **4**:79-99.
- Terjung N, Witte F, Heinz V. 2021. The dry aged beef paradox: Why dry aging is sometimes not better than wet aging. *Meat Science* **172**.

- Tomasevic I, Djekic I, Front-i-Furnols M, Terjung N, Lorenzo JM. 2021. Recent advances in meat color research. *Current Opinion in Food Science* **41**:81–87.
- Tornberg EVA. 2005. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science* **70**:493–508.
- Troy DJ, Tiwari BK, Joo ST. 2016. Health Implications of Beef Intramuscular Fat Consumption. *Korean Society for Food Science of Animal Resources* **36**:577-582.
- Turesky RJ. 2018. Mechanistic evidence for red meat and processed meat intake and cancer risk: A follow-up on the International Agency for Research on Cancer Evaluation of 2015. *Chimia (Aarau)* **72**:718-724.
- Uenoyama R, Miyazaki M, Miyazaki T, Shigeno Y, Tokairin Y, Konno H, Yamashita T. 2019. LC-ESI-MS/MS quantification of carnosine, anserine, and balenine in meat samples. *Journal of Chromatography B* **1132**.
- Vossen E, Dewulf L, Van Royen G, Van Damme I, De Zutter L, Fraeye I, De Smet S. 2022. Influence of aging time, temperature and relative humidity on the sensory quality of dry-aged Belgian Blue beef. *Meat Science* **183**.
- Warner R, Kauffman RG, Russel RL. 1993. Quality attributes of major porcine muscles: A comparison with the *longissimus lumborum*. *Meat Science* **33**:359-372.
- Warner R, Miller R, Ha M, Wheeler T, Dunshea F, Li X, Vaskoska R, Purslow P. 2021. Meat tenderness: Underlying mechanisms, instrumental measurement, and sensory assessment. *Meat and Muscle Biology* **4**:1–25.
- Warren KE, Kastner CL. 1992. A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. *Journal of Muscle Foods* **3**:151-157.
- Warris PD. 2000. *Meat Science: An Introductory Text*. CABI Publishing, Bristol. 320 p. ISBN 0–85199–424–5
- Watanabe A, Kamada G, Imanari M, Shiba N, Yonai M, Muramoto T. 2015. Effect of aging on volatile compounds in cooked beef. *Meat science* **107**:12-19.
- Watanabe G, Motoyama M, Nakajima I, Sasaki K. 2018. Relationship between water-holding capacity and intramuscular fat content in Japanese commercial pork loin. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **31**:914-918.
- Williams P. 2007. Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics* **64**:113-119.
- Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science* **78**:343-358.
- Yada RY. 2015. *Improving and tailoring enzymes for food quality and functionality*. Woodhead Publishing, Sawston. 266 p. ISBN 978-1-78242-285-3
- Zahrádková R, et al. 2009. *Masný skot od A do Z. Český svaz chovatelů masného skotu*, Ekonoprint, Praha. 397 s. ISBN 978-80-254-4229-6
- Zamora F, Debiton E, Lepetit J, Lebert A, Dransfield E, Ouali A. 1996. Predicting variability of ageing and toughness in beef *M. Longissimus lumborum et thoracis*. *Meat Science* **43**:321-333.
- Zeder MA. 2012. The domestication of animals. *Journal of anthropological research* **68**:161-190.
- Zhang R, Yoo MJY, Farouk MM. 2019. Quality and acceptability of fresh and long-term frozen in-bag dry-aged lean bull beef. *Journal of Food Quality*. **2019** (e1975264) DOI: 10.1155/2019/1975264

9 Seznam použitých zkratk a symbolů

IMF	intramuskulární tuk (intramuscular fat)
KVO	kardiovaskulární onemocnění
MDA	malondialdehyd
MK	mastné kyseliny
WBSF	сила сгибу Warner–Bratzler (Warner–Bratzler shear force)