

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality zemědělských produktů



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv různého režimu zmražení na fyzikální, technologické
a organoleptické vlastnosti masa farmově chovaných
daňků evropských (*Dama dama*)**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Andreja Gajić

Obor studia: Výživa a potraviny

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

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Vliv různého režimu zmražení na fyzikální, technologické a organoleptické vlastnosti masa farmově chovaných daňků evropských (*Dama dama*)“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.4.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Danielu Burešovi, Ph.D., za odborné vedení mé diplomové práce a za čas, který mi věnoval. Rovněž mu děkuji za velkou trpělivost, cenné rady a za příjemnou spolupráci.

Vliv různého režimu zmražení na fyzikální, technologické a organoleptické vlastnosti masa farmově chovaných daňků evropských (*Dama dama*)

Souhrn

Produkce zvěřiny z jelenovitých i farmový chov daňka evropského a jelena evropského představuje neustále se rozvíjející odvětví produkující maso, které je v současnosti tuzemskými konzumenty akceptované zejména pro své specifické organoleptické vlastnosti, vysokou nutriční hodnotu a rovněž i z hlediska přírodě blízkého způsobu produkce.

Spotřeba této specifické komodity se v České republice za posledních 20 let ztrojnásobila, což dosvědčuje zvyšující se nabídku na tuzemském trhu. Narozdíl od zpracování masa hospodářských zvířat však nejsou příliš rozvinuté postupy, jakým způsobem optimálně maso zpracovávat, či skladovat. Nakládání s masem po porážce však představuje poměrně zásadní faktor, který ovlivňuje finální technologickou či kulinární kvalitu masa. Vzhledem ke značné sezónnosti lovu i zpracování masa z farmových chovů představuje mražení jeden z nejrozšířenějších způsobů, jak prodloužit trvanlivost či skladovatelnost masa. Přesto však existuje jen málo dostupných informací, jak tento druh masa skladovat, aby byly zachovány - pokud možno -co nejvyšší parametry kvality masa. Cílem práce bylo proto vyhodnocení vlivu různé teploty při mražení masa na jeho fyzikální, technologické a organoleptické vlastnosti.

Předmětem experimentu bylo vyhodnocení různé teploty při mražení masa farmově chovaných daňků (*Dama dama*) z partie kýta – svrchní šál (sval *semimembranosus*). Do experimentu bylo zařazeno maso 10 daňků, samčího pohlaví poražených ve věku 17 měsíců a živé hmotnosti 38,9 kg. Druhý den po porážce proběhl technologický rozbor, při kterém byly odebrány vzorky svalu, ty byly následně vakuově zabaleny, přiřazeny do jedné ze čtyř experimentálních skupin, a po ponechání zrání při teplotě +4 °C, a době 14 dnů od porážky, byly vzorky zamrazeny. První skupina vzorků byla mražena při teplotě -10 °C, druhá skupina při -18 °C, třetí při -40 °C, čtvrtá skupina při -80 °C. Po šesti měsících byly vzorky rozmrazeny. Následně proběhlo měření fyzikálních vlastností a sensorická analýza. Před sensorickou analýzou bylo maso tepelně upravováno na sklokeramickém grilu.

Zmražení mělo vliv na některé sledované fyzikální a technologické vlastnosti. Signifikantní rozdíl byl nalezen mezi barvou a^* (červenost) čerstvého vzorku a vzorků první a čtvrté skupiny. Významný rozdíl byl stanoven i mezi barvou b^* (žlutost) čerstvého masa a všemi mraženými vzorky.

Největší střižní síla (měřená Warner-Bratzelrovým nožem) byla u čerstvého masa, zatímco nejmenší byla dosažena u vzorku mraženého při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Největší ztráty mražením mělo maso mražené při teplotě $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dále bylo hodnoceno celkem 14 sensorických vlastností při deskriptivní sensorické analýze. Statisticky významný rozdíl byl pozorován u intenzity vůně zvěřiny, kyselé vůně, žvýkatelnosti a kyselé chuti. Vlastnost celková přijatelnost, posuzující celkové preference hodnotitelů mezi předkládanými vzorky neprokázala signifikantní rozdíly mezi skupinami masa s různou teplotou skladování. Lze proto shrnout, že v případě balení masa daňků do vakuového obalu a skladování v době přibližně půl roku je dosahováno ve všech případech uspokojivých parametrů z hlediska kulinární kvality masa. Výraznější rozdíly by mohly být pozorovány, pokud by docházelo k výraznějšímu prodloužení doby skladování, nebo balení masa bez využití vakua.

Klíčová slova: daněk evropský, proces zmražení, maso, teplota, organoleptické vlastnosti

The effect of different freezing regimes on physical, technological and organoleptic properties of the meat from farmed fallow deer (*Dama dama*)

Summary

The production of venison from fallow and red deer farms of different types represents a continuously developing sector of meat production, which is currently particularly favoured by domestic consumers for its specific organoleptic properties, high nutritional value and also in terms of the close to natural production method. Over the past 20 years, the consumption of this specific commodity has tripled in the Czech Republic, evidence of increasing demand in the domestic market. In contrast to processing the meat of more common livestock, however, procedures for processing and storing the meat are not particularly developed. How the meat is handled after slaughter, however, represents quite a fundamental factor which affects the final meat technological and culinary quality. Considering the marked seasonality of hunting and processing farmed meat, freezing represents one of the most widespread ways of extending the shelf life and storability of meat. Even so, there is little information available on how to store this type of meat in order to preserve quality meat parameters as much as possible. The objective of this study was therefore to evaluate the effect of various temperatures when freezing the meat on its physical, technological and organoleptic properties.

The subject of experiment was thus the evaluation of different temperatures for freezing the meat of the topside rump (*semimembranosus* muscle) of farmed deer (*Dama dama*). The meat of 10 male deer slaughtered at the age of 17 months and with a live weight of 38.9 kg was included in the experiment. A technological analysis was performed on the day after slaughter, in which muscle samples were taken, then vacuum packed and assigned one of four experimental groups. After leaving them to mature at a temperature of +4 °C for a period of 14 days after slaughter, they were then frozen. The first sample group was frozen at a temperature of -10 °C, the second group at -18 °C, the third at -40 °C, and the fourth group at -80 °C. The samples were defrosted six months later. Subsequently, physical properties were measured and sensory analysis was performed. Prior to the sensory analysis, the meat was heated using a glass ceramic grill.

Freezing had an effect on some of the physical and technological properties investigated. A significant difference was found between colour a^* (redness) of the fresh sample and samples in the first and fourth group. A significant difference was also determined

between colour b^* (yellowness) of the fresh meat and all the frozen samples. The greatest Warner-Bratzler shear force measured was seen for fresh meat, with the lowest reached for the sample frozen at $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. The greatest losses through freezing were seen for the meat frozen at a temperature of $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Also evaluated were a total of 14 sensory properties using descriptive sensory analysis. A statistically significant difference was observed for venison aroma intensity, sour aroma, chewiness and sour taste. The property of overall quality as assessed by the overall preference of evaluators between the provided samples did not show significant differences between the groups of meat with different storage temperatures. In summary, we can say then that for fallow deer meat vacuum-packed and stored for a period of around half a year, satisfactory parameters were achieved in terms of meat culinary quality in all cases. More significant differences may be observed if the period of storage is lengthened significantly, or if the meat is packaged without the use of a vacuum.

Keywords: fallow deer, freezing, meat, temperature, organoleptic properties

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce a hypotéza	3
3 Literární rešerše.....	4
3.1 Význam masa v lidské výživě.....	4
3.2 Chemické složení masa	5
3.2.1 Bílkoviny.....	5
3.2.2 Tuky.....	6
3.2.3 Voda.....	6
3.2.4 Vitamíny a minerální látky	6
3.3 Produkce a spotřeba masa	7
3.4 Zvěřina	9
3.4.1 Definice zvěřiny.....	9
3.4.2 Nutriční vlastnosti zvěřiny	9
3.4.3 Maso daňka evropského.....	11
3.5 Organoleptické a fyzikální vlastnosti zvěřiny	13
3.5.1 Chuť a vůně masa	13
3.5.2 Barva masa.....	13
3.5.3 Vaznost masa	14
3.5.4 pH masa	14
3.6 Faktory ovlivňující kvalitu masa	15
3.6.1 Výživa	15
3.6.2 Svalová vlákna.....	15
3.6.3 Doba zrání.....	17
3.7 Farmový chov	19
3.7.1 Farmový chov nedomestikovaných zvířat ve světě.....	21
3.7.2 Farmový chov v České republice	21
3.8 Proces zmražení.....	23
3.8.1 Oxidace lipidů a bílkovin	27
3.8.2 Vliv mražení na pH hodnotu masa.....	27
3.8.3 Vliv mražení na vaznost masa.....	27
3.8.4 Vliv mražení na barvu masa.....	28
3.8.5 Vliv mražení na strukturu masa	29
3.8.6 Vliv mražení na růst mikroorganismů.....	30
3.8.7 Vliv mražení na chemické složení masa.....	31
3.8.8 Vliv denaturace proteinů na kvalitu masa během mražení.....	31
4 Metodika.....	33

4.1	Měření fyzikálních vlastností masa	35
4.2	Technologické vlastnosti masa.....	35
4.3	Senzorická analýza	35
4.4	Statistická analýza	39
5	Výsledky	40
5.1	Vyhodnocení vlivu zmražení na fyzikální a technologické vlastnosti masa ..	40
5.2	Vyhodnocení vlivu zmražení na organoleptické vlastnosti masa	40
6	Diskuze	44
7	Závěr	48
8	Literatura.....	49
9	Seznam použitých zkratk a symbolů	63

1 Úvod

Počet obyvatel na světě překročil 7,7 miliardy a neustále roste. Podle OSN se předpokládá, že do konce století dosáhne světová populace na Zemi až jedenáct miliard lidí. S růstem počtu obyvatel roste i potřeba potravin.

Produkce potravin, zejména dostatečného množství živočišných bílkovin, je jedním z největších existenčních problémů světa. S rostoucím počtem světové populace, stejně jako s vývojem klimatických změn a dalších faktorů, vedoucích k neustálému úbytku orné půdy, se stále častěji uvažuje o možnostech alternativních zdrojů potravin zajišťujících zásobování nezbytných živin, především bílkovin.

Potraviny se v celosvětovém kontextu stávají omezeným zdrojem potřebným pro lidskou existenci. Historie však ukázala, že lidské úsilí díky vědeckým výtěžkům vždy dokázalo překonat krize světových rozměrů. Vzhledem k tomu, že potraviny představují reálně existující problém, bude v této souvislosti nutné zapojit všechny dostupné potenciály do výrazného a trvalého zvyšování produkce tohoto základního zdroje. Především je třeba usilovat o zvýšení produkce živočišných potravin bohatých na bílkoviny, které jsou pro lidský organismus životně důležité. Rozvíjeny jsou možnosti produkce různých alternativních bílkovinných zdrojů, jako jsou rostlinné náhražky, laboratorně pěstované maso nebo hmyz sloužící k lidské spotřebě. Bude nutné využívat jakýchkoliv dostupných zdrojů, včetně masa nedomestikovaných zvířat.

V rozvinutém světě čelíme pandemii chronických nepřenositelných nemocí. Vysvětluje se to rostoucím rozvojem různých průmyslových odvětví, ekonomickým rozvojem, globalizací trhu s potravinami, což způsobilo změny v životním stylu, zejména vedlo ke snížení fyzické aktivity a změnám stravovacích návyků (vysoký příjem potravin bohatých na nasycené tuky a sůl, jednoduché cukry atd.). Tj. spotřeba energie je nižší než její příjem, což má za následek rozvoj obezity a různých chronických neinfekčních onemocnění (ateroskleróza, vysoký krevní tlak, cukrovka, rakovina). Z těchto důvodů je užitečné se zabývat možným zdrojem alternativních bílkovin, kterým je zvěřina a obecně maso nedomestikovaných zvířat, které by mělo mít ve výživě člověka vhodné místo díky svým příznivým nutričním a dietetickým vlastnostem. Dostupnost zvěřiny se zvyšuje, tudíž je vhodné ji zařazovat do jídelníčku.

Ve vyspělých zemích je potravin dostatek, dokonce více, než je potřeba, což má za následek výše uvedené nemoci, proto by maso s menším množstvím tuku a vysokou výživovou hodnotou bylo výbornou volbou, zatímco v rozvíjejících se zemích by rozvoj tohoto typu průmyslu měl pozitivní dopad na zdraví lidí i na ekonomickou prosperitu.

Správná výživa by měla uspokojovat potřeby našeho těla na energii a živiny potřebné pro růst a vývoj, udržování fyziologických funkcí organismu a prevenci nemocí.

V České republice dochází k nárůstu farmových chovů zvěře. Daný typ chovu umožňuje konzumovat tento druh potravy na trhu po celý rok, přičemž využíváme mražení jako způsob skladování.

Zmražení je široce rozšířený způsob vedoucí ke zvyšování trvanlivosti masa dochází ovšem ke zhoršování organoleptických vlastností produktu. V případě zvěřiny nejsou propracované postupy, jak správně maso mrazit, aby docházelo k minimálnímu zhoršení sensorických vlastností, a proto je zcela žádoucí se tímto problémem zabývat.

Spotřebitelský výběr ovlivňují především organoleptické vlastnosti, dále pak vlastnosti fyzikální a technologické, proto se v diplomové práci zaměříme na vliv různých režimů mražení na vlastnosti masa.

2 Cíl práce a hypotéza

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv různého režimu zmražení na fyzikální, technologické a organoleptické vlastnosti masa farmově chovaných daňků evropských a na základě získaných výsledků doporučit optimální teplotu mražení tohoto druhu masa.

Hypotézy:

Různé režimy zmražení masa farmově chovaných daňků budou různě ovlivňovat jeho vlastnosti.

3 Literární rešerše

3.1 Význam masa v lidské výživě

Maso je oblíbenou složkou naší stravy, lidé ho konzumují především pro jeho sensorické vlastnosti: Ovšem i nutriční důvody jeho konzumace jsou nesporné. Jako maso jsou definovány všechny části těl živočichů, včetně ryb a bezobratlých, v čerstvém nebo upraveném stavu, které se hodí k lidské výživě. Podle této definice patří mezi maso i živočišné tuky, krev, droby, kůže a kosti (pokud se konzumují), ale také masné výrobky. V užším slova smyslu se masem rozumí jen kosterní svalovina, a to včetně vmezeřeného tuku, cév, nervů, vazivových a jiných částí (Pipek, 2012).

Vzhledem k tomu, že maso je zdrojem bílkovin, tuků, vitamínů, minerálů a dalších živin, bylo dlouho nezbytným faktorem pro přežití, a postupně se stalo i měřítkem sociální úrovně.

Maso má ve vývoji člověka významnou roli a je nezbytné pro správný růst a vývoj organismu, především proto, že je významným zdrojem bílkovin, ale také vitamínů skupiny B, kyseliny listové a vitamínů A D. Červené maso obsahuje také velké množství železa, zinku a dalších minerálních látek, jejichž využitelnost je mnohem vyšší než z rostlinných zdrojů (Bošković, 2015).

V posledních letech se o červeném mase hovoří v negativním kontextu a jeho nadměrná konzumace je spojována s mnoha nemocemi, jako jsou kardiovaskulární onemocnění, rakovina trávicího traktu či diabetes druhého typu. Jako příčina těchto onemocnění je nejčastěji zmiňován tuk, a proto se masný průmysl snaží snížit množství tuku v mase a masných výrobcích. Tuk je však významným zdrojem mastných kyselin a mnohá doporučení vycházející z velkého množství studií jsou založena spíše na vyrovnávání poměru nasycených a nenasycených mastných kyselin, než na prostém vyřazení tuku ze stravy (Bošković, 2015).

Konzumace masa, zejména červeného, je považována za zlomový bod v lidské výživě a měla významný vliv na vývoj člověka (Pereira et al., 2013). Používání masa v potravě přispělo k morfologickým změnám trávicího traktu, sehrálo klíčovou roli při vývoji kranio-dentálních charakteristik, držení těla a dalších znaků, které ovlivnily oddělení člověka od ostatních hominidů. Od té doby je významným zdrojem makro- a mikroživin nezbytných pro optimální růst (Higgs, 2000; Pereira et al., 2013).

Se zvýšenou konzumací masa a masných výrobků člověk přijímá také živiny (např. tuky, sůl), jejichž zvýšený příjem oproti doporučenému příjmu může mít negativní důsledky pro lidské zdraví. V obsahu těchto živin v mase a masných výrobcích existují velké rozdíly v závislosti na druhu masa a procesu zpracování potravin (Arnarson et al., 2011).

3.2 Chemické složení masa

Chemické složení masa je proměnlivé, je jasným ukazatelem kvality, a závisí na živočišném druhu, pohlaví, věku, způsobu výživy, místě v jatečně upraveném těle a způsobu chovu. Látky, které jsou součástí chemického složení masa, jsou: voda, bílkoviny, sacharidy (glykogen), tuky, minerální látky a vitamíny (Čalić, 2019).

3.2.1 Bílkoviny

Bílkoviny jsou bezpochyby nejdůležitější složkou masa a po vodě se v něm nacházejí v největším množství. V mase se vyskytují ve velmi různých formách a mají rovněž odlišnou povahu. Je to pochopitelné vzhledem k mnohostranné úloze bílkovin při tvorbě a fungování všech tkání živého organismu a jejich účasti na složitých biochemických procesech souvisejících s funkcemi všech buněk živého organismu. V buňkách a tkáních živých bytostí se nachází několik set různých bílkovin, které se více či méně liší podle množství a typu aminokyselin, z nichž jsou sestaveny (Paunović, 2002; Vuković, 1998).

Je známo více než dvacet různých aminokyselin. Za zvláště důležité (esenciální) pro lidskou výživu se však považuje pouze asi tucet aminokyselin, které si lidské tělo nedokáže syntetizovat, a které jsou nezbytné pro vývoj, udržování a obnovu tělesných tkání a normální fungování životních procesů, jež tělo přijímá potravou. Bílkoviny, které obsahují všechny tyto esenciální kyseliny v poměru nejpříznivějším pro lidský organismus, nazýváme bílkoviny s vysokou biologickou hodnotou. Masové bílkoviny se vyznačují touto důležitou vlastností, a proto je maso potravinou s vysokou biologickou hodnotou (Paunović, 2002; Vuković, 1998).

Množství bílkovin v syrovém mase se obvykle pohybuje v poměrně mezi 18-20 % (Pipek, 2012). Maso s vyšším obsahem tuku obsahuje o něco méně bílkovin, ale podstatně méně vody, což znamená, že procento vody a tuku v mase se pohybuje v mnohem větším rozmezí než procento bílkovin. Vzhledem k tomu, že při kulinářské úpravě masa (pečení, smažení) se odstraní část vody, a dokonce i část tuku, je množství bílkovin vyšší než v syrovém mase, toto zvýšení závisí především na způsobu kulinářské úpravy. Pokud výrobek obsahuje méně tuku a vody, je podíl bílkovin vyšší, a může dosáhnout až 35 %. Z jedlých

orgánů (vnitřnosti) obsahuje mozek relativně nejméně bílkovin a játra nejvíce (Vuković, 1998).

3.2.2 Tuky

Tuky jsou po bílkovinách a vodě nejdůležitější složkou masa. Obsah tuku se v syrovém masu může pohybovat od 3 do 40 %, dokonce i více. Živočišné tuky obsažené v masu obsahují některé nenasycené mastné kyseliny (zejména linolenovou, linolovou a arachidonovou), které jsou považovány za důležité aktivní biologické látky. Všechny živočišné tuky, zejména vepřové maso, jsou dobrým zdrojem mastných kyselin. Tuky jsou důležitou složkou masa také proto, že slouží jako nosiče vitamínů rozpustných v tucích (A, D, E a K). Nejen, že zlepšují organoleptické vlastnosti masa, ale také určují jeho kalorickou hodnotu. Rozdíl ve vlastnostech tuků v určitých druzích masa závisí především na druhu a poměru jednotlivých mastných kyselin, které jsou jejich součástí (Paunović, 2002).

3.2.3 Voda

Obsah vody v masu závisí především na obsahu ostatních složek, zejména na obsahu tuku. Množství bílkovin a minerálních látek se liší mnohem méně než množství tuku. Lze tedy předpokládat, že podíl vody a tuku je dohromady poměrně konstantní (asi 78-82 %). Čím vyšší je obsah tuku, tím nižší je obsah vody a naopak. Zpravidla platí, že mladší kategorie téhož druhu mají v průměru vyšší procento vody než dospělé kategorie. Za maso s relativně vyšším procentem vody lze považovat maso obsahující více než 72 % vody, za maso s relativně nízkým procentem vody pak maso obsahující méně než 66 % vody (Ivanović, 2012).

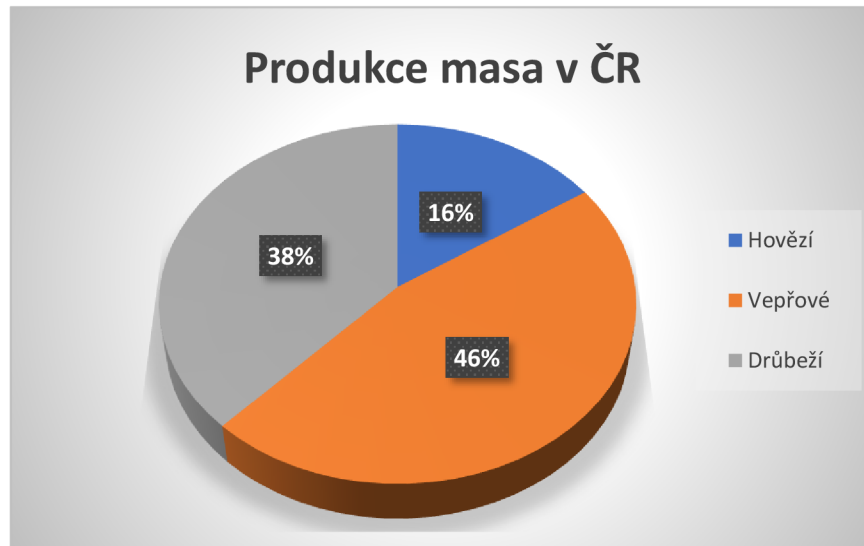
3.2.4 Vitamíny a minerální látky

Zvláštní hodnota masa jako potraviny spočívá v tom, že je bohatým zdrojem vitamínů, především skupiny B. Poměrně malá část většiny vitamínů obsažených v čerstvém masu se zničí při zpracování masa nebo při kulinářské úpravě. Míra destrukce závisí na způsobu konzervace a kulinářské úpravy. Termolabilní vitamíny, jako je vitamín B6, se ničí více, zatímco vitamín B2, kyselina listová a pantotenová a biotin vykazují při tepelné úpravě a konzervaci větší stabilitu (Ivanović, 2012).

Maso je také dobrým zdrojem minerálních látek (hořčík, vápník, železo a zinek). Železo je v masu přítomno v hemových barvivech, volné v iontové formě, ve ferritinu aj. Má dobrou využitelnost pro lidský organismus (Pipek, 2012).

3.3 Produkce a spotřeba masa

Dle údajů Českého statistického úřadu v roce 2021 dosáhla výroba masa v České republice 466 856 tun, z toho bylo 72 552 tun hovězího, 217 008 tun vepřového a 177 157 tun drůbežího masa.



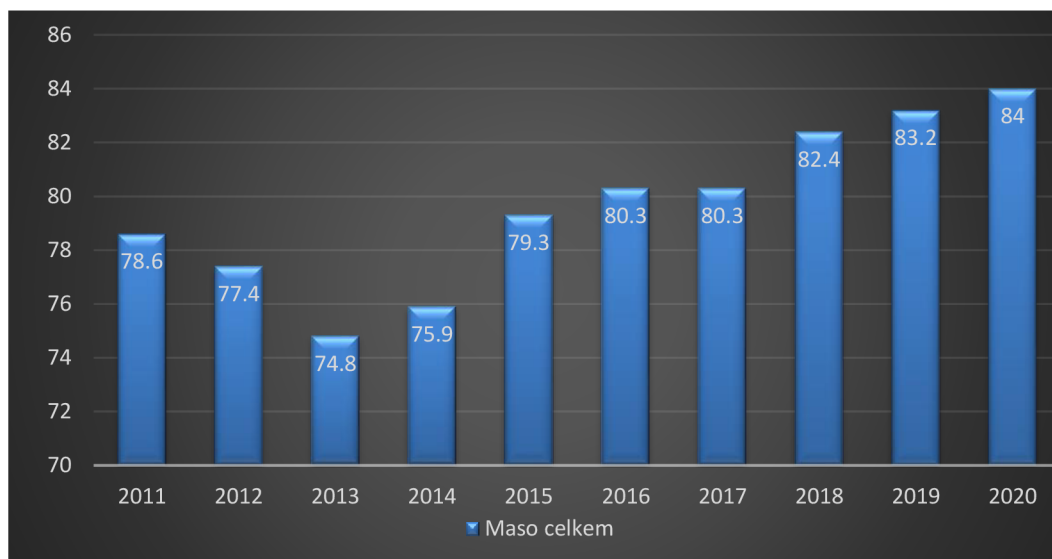
Graf 1: Produkce masa v ČR v roce 2021 (ČSÚ, 2021)

Existují různé faktory, které mají vliv na spotřebu nejen masa, ale všech potravin, především to jsou vlastní preference, ekonomicko-sociální faktory, nabídka, cena, zvyklost, tradice, etika, náboženství, obtížnost kulinární úpravy atd (Font-i-Furnols et al., 2014).

Mluvíme-li o mase, maso je jedním z hlavních výběrů obyvatel Česka. Češi jsou považováni za milovníky masa (Chlebounová, 2019).

Alespoň jednou týdně maso konzumuje 9 z 10 lidí, denně si ho dopřává téměř pětina populace. Masné výrobky jí alespoň jednou týdně 78 % Čechů. Maso a masné výrobky jedí častěji muži (Kneblíková, 2019).

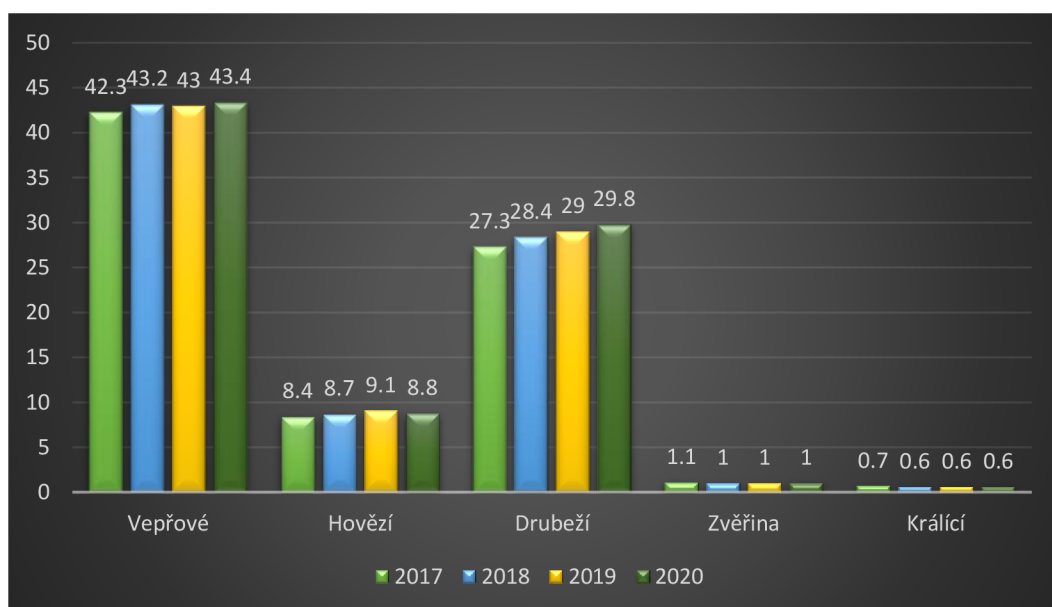
Spotřeba masa v České republice se pohybuje, v posledních šesti letech, kolem 82 kg na jednoho obyvatele za rok, jak uvádí graf 2.



Graf 2: Vývoj spotřeby masa v České republice (ČSÚ, 2021)

Na základě grafu 3 můžeme zjistit preference obyvatel České republiky v posledních několika letech. Můžeme si všimnout, že největší spotřebu má vepřové maso (cca 43 kg na osobu a rok), dále drůbeží a hovězí. Spotřeba zvěřiny je jen kolem 1 kg na osobu a rok.

Ze studie, kterou provedl Bureš et al. (2018), vyplývá, že více než jedna pětina konzumentů (21 %) zvěřinu nekonzumuje vůbec a čtvrtina respondentů (25 %) pouze 1-2x ročně. 29 % respondentů konzumuje tento druh masa 2-4x ročně, zatímco jen 9 % uvedlo častější spotřebu než jednou za měsíc.



Graf 3: Průměrná spotřeba určitého druhu masa na obyvatele a rok v kg (ČSÚ, 2021)

3.4 Zvěřina

3.4.1 Definice zvěřiny

Pod pojmem „zvěřina“ se rozumí všechny použitelné části těla zvěře. Ty zahrnují (kromě svaloviny) také některé vnitřní orgány, jako jsou plíce, srdce, játra, ledviny, slezina, jazyk a mozek, a dále také kosti jako základ pro omáčky a polévky. V určitých speciálních případech to jsou také vyprázdňené střevo a žaludek, které se mohou používat jako obaly pro speciální výrobky – např. uzeniny (Vodňanský et al., 2009). Zvěřina se již mnoho let používá k výživě lidí na celém světě. Kvalita zvěřiny závisí na oblasti, ve které zvíře žije, na způsobu stravování a na vnějších vlivech.

Bureš et al. (2018) uvádí, že je zvěřina (maso lovené zvěře) od pradávna součástí jídelníčku obyvatel České republiky. Ptáci (bažant, kachna divoká), přežvýkavci (srnec, jelen, daněk, muflon), býložravci (zajíc polní a králík divoký), nebo monogastři (prase divoké) patří ke zvěřině. Základní dělení zvěře je na srstnatou (savci) a pernatou (ptáci)..

3.4.2 Nutriční vlastnosti zvěřiny

Oproti masu hospodářských zvířat obsahuje zvěřina mnohem méně tuku, což je jeden z hlavních důvodů, proč tento druh masa konzumovat. Nižší obsah tuku znamená nižší procento kalorií, které spotřebitelé zkonsumují. Charakterizuje se malým množstvím cholesterolu, což je z hlediska moderní výživy považováno za přednost (Vodňanský et al., 2009).

Zvěřina obsahuje velké množství bílkovin a jen malé množství sacharidů. Je považována za kvalitní potravinu kvůli vysokému obsahu esenciálních aminokyselin (Vodňanský et al., 2005).

V tabulce 1 je uvedeno a porovnáno chemické složení svalu *longissimus lumborum* u farmově chovaných jelenovitých - jelena evropského a daňka evropského s hovězím masem dvou plemen - aberdeen angus a holštýn. Na základě tabulky lze konstatovat, že maso jelenovitých obsahuje více bílkovin a do značné míry méně intramusluárního tuku (Bureš et al., 2015).

Tabulka 1: Chemické složení svalu longissimus lumborum (Bureš et al. 2015)

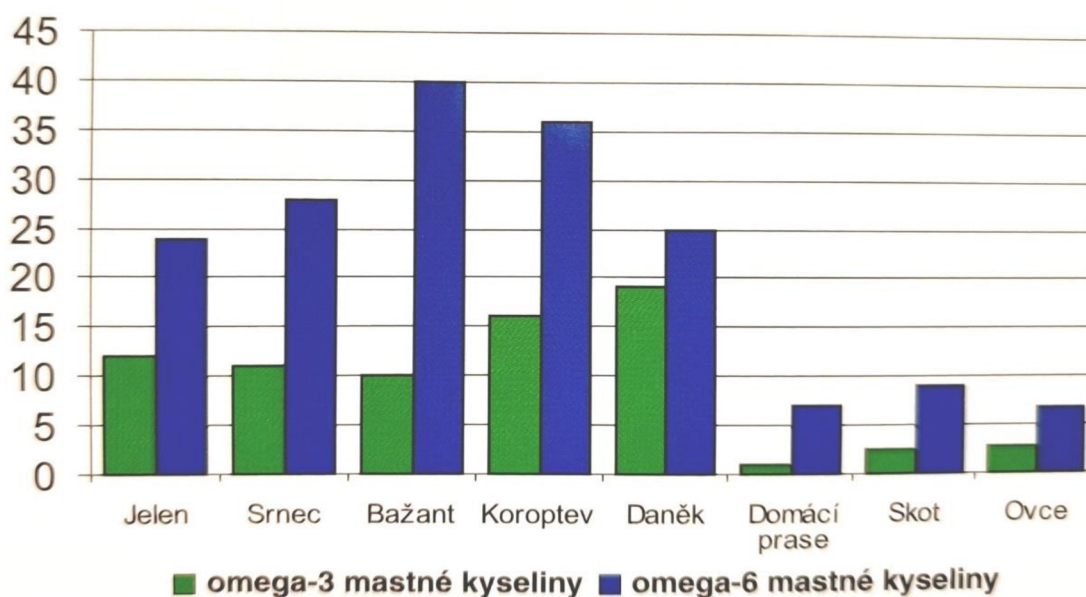
	Jelen evropský	Daněk evropský	Aberdeen angus	Holštýn
Sušina (g/kg)	257,3	255,6	271,5	266,3
Bílkoviny (g/kg)	221,4	227,9	214,1	218,7
Intramuskulární tuk (g/kg)	8,1	7,3	36,2	27,7
Kolagen celkem (g/kg)	2,9	3,2	4,6	4,6
Rozpustný kolagen (% z celkového kolagenu)	39,2	40,3	24,9	22,3

V tabulce 2 je uveden obsah vody, bílkovin a tuku různých druhů masa zvěřiny a hospodářských zvířat, na základě uvedených informací lze konstatovat, že zvěřina obsahuje oproti masu hospodářských zvířat méně tuku.

Tabulka 2: Obsah vody, bílkovin a tuku různých druhů masa zvěřiny a hospodářských zvířat (Kim et al., 2008)

	Obsah vody (g)	Obsah bílkoviny (g)	Obsah tuku (g)
Kuře (libová svalovina)	74,01	19,10	2,91
Prase domácí (libová svalovina)	75,51	21,79	2,02
Koza domácí	75,99	18,00	2,51
Ovce	71,53	18,27	9,03
Kráva	67,01	19,22	9,78
Daněk evropský	74,33	22,46	0,24
Jelen evropský	76,90	21,70	0,6
Srniec obecný	74,80	23,00	1,7
Antilopa skákavá	74,24	18-21	1,35

Maso zvěřiny má ve srovnání s ostatními druhy masa příznivější profil mastných kyselin, vykazuje vyšší podíl PUFA, zejména omega-3. Charakterizuje se dobrým poměrem omega-6 a omega-3 mastných kyselin (graf 3). Obsah draslíku, fosforu, mědi, zinku a vápníku ve zvěřině je výrazně vyšší než u některých jiných druhů volně žijících nebo chovaných přežvýkavců, tento druh masa je také dobrým zdrojem železa, ale i vitamínů skupiny B a vitamínu E (Soriano et al., 2021).



Graf 4: Podíl nenasycených mastných kyselin tuku různých druhů zvířat (Vodňanský et al., 2009)

Vitamíny skupiny B hrají nezbytnou roli v metabolismu bílkovin, sacharidů a tuků a funkci nervů, také pomáhají při tvorbě červených krvinek (Sangita, 2018). Maso jelení zvěře obsahuje např. větší množství tiaminu, riboflavinu a kyseliny pantotenové než maso skotu. Ve zvěřině divokého prasete se nachází více vitamínu B6 a riboflavinu než v mase domácího prasete. Svalovina domácího prasete má naopak vyšší obsah tiaminu a kyseliny pantotenové než zvěřina prasete divokého (Vodňanský et al., 2009).

Tabulka 3: Obsah vitamínů ve zvěřině v porovnání se skotem a domácím prasetem (mg/100g svaloviny);(Vodňanský et al., 2009)

Druh zvířete	Tiamin	Riboflavin	Kyselina pantotenová	Vitamin B6
Jelen	0,319	0,199	2,860	0,517
Skot	0,058	0,112	0,980	0,520
Prase divoké	0,355	0,168	0,900	0,602
Prase domácí	0,416	0,100	1,180	0,580
Zajíc	0,090	0,060	0,800	0,300
Bažant	0,085	0,135	0,930	0,660

3.4.3 Maso daňka evropského

Energetická hodnota masa daňka evropského se pohybuje mezi 90-110 kcal/100g (Żochowska-Kujawska et al., 2009), v porovnání s masem hospodářských zvířat, jeho energetická hodnota je od 114 do 231 kcal/100g svaloviny (Chizzolini et al., 1999). Dančí

maso je vysoce kvalitní a hodnotná potravina pro lidskou spotřebu. Má vysokou výživovou hodnotu díky vysokému obsahu bílkovin a hemového železa a nízkému obsahu tuků a nasycených mastných kyselin. Obsah bílkovin v daňčím mase se pohybuje od 20 do 25 % (Kwiatkowska et al., 2009).

Koncentrace minerálních látek (tabulka 4) se však ve svalech a orgánech liší v závislosti na typu fyzické aktivity, typu svalových vláken a různých faktorech prostředí (Hoffman et al., 2007). Obsah intramusluárního tuku ve svalové tkáni se pohybuje od 0,35 do 9,1 g/100 g (Hutchison et al., 2014), kvůli nízkému množství IMT má příznivý poměr n-6/n-3 PUFA. MUFA a PUFA jsou pro lidské zdraví prospěšné (WHO & FAO, 2003). Svalovina tohoto druhu masa je bohatým zdrojem kyseliny palmitové, stearové a linolové (Volpelli et al., 2003). Obsah IMT je ovlivněn věkem, pohlavím, výživou a dalšími faktory (Hoffman et al., 2007).

Tabulka 4: Obsah minerálních látek v játrech pasoucích se daňků (upraveno dle Kudrnáčové, 2019)

Makroprvky (g/kg)					Mikroprvky (mg/kg)			
Ca	K	Mg	Na	P	Cu	Fe	Mn	Zn
0,12	1,94	0,15	0,68	6,42	35,3	154	4,0	31,1

Bureš et al. (2017a) uvádí, že zastoupení mastných kyselin do značné míry ovlivňuje jak nutriční hodnotu masa, tak technologickou hodnotu, např. náchylnost masa k oxidaci nebo bod tání tuku.

Tabulka 5: Profil mastných kyselin ve 100g svalu *longissimus lumoburm* a *semimembranosus*, vyjádřen v g. (Kilar et al., 2021)

	<i>Longissimus lumorum</i>	<i>Semimembranosus</i>
Celkový tuk	3,100	3,210
Σ SFA	1,100	1,133
Σ MUFA	0,726	0,788
Σ PUFA	0,410	0,393
Σ PUFA n-6	0,247	0,228
Σ PUFA n-3	0,126	0,126
EPA + DHA	0,062	0,062
Cholesterol	0,061	0,067

3.5 Organoleptické a fyzikální vlastnosti zvěřiny

3.5.1 Chuť a vůně masa

Chuť a vůně zvěřiny jsou velmi osobité pro každý druh, což znamená, že se u individuálních druhů zvěře značně liší (Vodňanský et al., 2009). Odborné studie prokázaly, že maso mladších zvířat má méně intenzivní chuť než maso starších zvířat (Ramazin et al., 2010), a že senzorické vlastnosti masa jsou také závislé na typu výživy a době zrání masa (Rodbotten et al., 2004; Tešanović et al., 2011).

3.5.2 Barva masa

Za podstatnou vlastnost kvality masa je považována barva, která slouží jako ukazatel čerstvosti a přijatelnosti (Hoffman, 2001, Mancini, 2009). Ve srovnání s masem hospodářských zvířat, maso zvěřiny charakterizuje tmavší a červenohnědá barva. Důvodem je vyšší obsah myoglobinu. Obsah hemových barviv (tabulka 6) závisí na druhu zvířete (Salaková et al., 2014). Podle Volpelliho et al. (2003) je tmavší barva masa zvěřiny charakterizována hodnotou L^* (< 40), vysokou hodnotou a^* a nižší hodnotou b^* .

Tmavší barva zvěřiny může také souviset s nízkým obsahem intramuskulárního tuku (Cawthron et al., 2018). Výživa zvířat také ovlivňuje barvu masa. Maso volně žijících zvířat krmených travou je tmavší než maso farmově chovaných zvířat krmených koncentráty (Hopkins et al., 1999, Vestergaard et al., 2000). Významná diference je nalezena v barvě masa daňka z farmové produkce a volně žijícího. Maso farmově chovaného daňka mělo světlejší barvu. Podle Hoffmana (2005) svaly zvěřiny pracují intenzivněji než svaly farmově chovaných zvířat, a proto obsahují větší množství myoglobinu, který je zodpovědný za tmavé zbarvení masa.

Tabulka 6: Obsah hemových barviv u různých druhů zvířat (Salaková, 2014)

Druh masa	Obsah hemových barviv mg/kg
Kuřecí	126
Králičí	200
Vepřové	254 - 3 500
Hovězí	17 00 - 7 500
Koňské	3 620 - 8 000
Daňčí	9 000
Jelení	6 000 - 7 000
Mufloní	7 000 - 10 000

3.5.3 Vaznost masa

Vaznost masa je schopnost masa vázat vlastní i přidanou vodu. Schopnost svalu udržet vodu ovlivňuje řada faktorů: pH, obsah soli, stupeň dezintegrace vláken i průběh postmortálních změn v mase. Nízká vaznost masa je nežádoucí z ekonomického hlediska a z hlediska přijatelnosti pro spotřebitele (Huff-Lonergan, 2009; Troy et al., 2010). Libová svalovina obsahuje přibližně 75 % vody, z čehož je většina obsažena v myofibrilách (cca 85 %) a v extramyofibrilárních prostorech (Huff-Lonergan, 2009). Vaznost masa je silně ovlivněna hodnotou pH, minimální vaznost se vyskytuje při hodnotě pH izoelektrického bodu (pH 5,4-5,5), protože je vyrovnán počet kladných a záporných nábojů na molekule bílkoviny (Lawrence et al., 2009, Pipek, 2012). Během průběhu posmrtných změn vaznost nejprve klesá v důsledku okyselení a vytvoření pevné struktury, aby se pak opět zvyšovala v průběhu zrání. Může dojít ke vzniku tzv. myopatií, v důsledku odchylného průběhu pH, pokud je vaznost nízká, maso je bledé, měkké a vodnaté – tzv. PSE maso, naopak pokud je vaznost příliš vysoká, maso je tmavé, tuhé, suché, jedná se o DFD maso (Pipek, 2012).

3.5.4 pH masa

Jedním z nejdůležitějších fyzikálních parametrů, které určují kvalitu masa, je konečná hodnota pH masa. Hodnota pH poskytuje informace o technologických vlastnostech masa, jako je barva, měkkost nebo trvanlivost (Wiklund et al., 2004). Jelení maso, 45 minut po porážce má pH v rozmezí 6,5-7,2 (Bikovska et al., 2016). Obecně pH klesá na 6,0-5,4 během 24-48 hodin po porážce, ale rychlost poklesu pH jeleního masa je velmi variabilní. Pokles pH může například záviset na vztahu mezi teplotou a ošetřením masa před nebo po porážce.

Smith et al. (1990) zjistili vyšší pH ($> 5,74$) u stresovaných zvířat přepravovaných na jatka ve srovnání se zvířaty zastřelenými v neudržovaném výběhu (pH $< 5,74$). Naproti tomu Cifuni et al. (2014) nezjistili žádný rozdíl mezi hodnotami pH masa zmrazeného a skladovaného po dobu tří měsíců ze stresovaných jelenů (pH 5,61) a jelenů zastřelených v terénu (pH 5,66). Pollard et al. (2002) rovněž zjistili, že hodnoty pH jelenů zastřelených v ohradě a jelenů přepravovaných na jatka byly podobné.

3.6 Faktory ovlivňující kvalitu masa

Kvalitativní vlastnosti masa, včetně fyzikálních, chemických a organoleptických, mají zásadní vliv na výběr masa a spokojenost spotřebitele. Vlastnosti svaloviny a masa jsou ovlivněny jak faktory před porážkou (např. rasa, pohlaví, věk, typ svaloviny, výživa, manipulace nebo řízení chovu), tak faktory po porážce např. pH, teplota a/nebo podmínky zrání (Živković et al., 2017).

3.6.1 Výživa

Jak pro člověka, tak pro zvíře je výživa velmi důležitý faktor.

Vlivem výživy na kvalitu masa daňka evropského se zabývalo několik studií. Jedna z těchto studií byla provedena Burešem et al. (2017b) a prokázala, že výživa nemá vliv na obsah kolagenu v mase daňka evropského. Volpelli et al., (2003) se zabývali stejným tématem a ve svém průzkumu uvádějí, že výživa kromě kolagenu také neovlivňuje pH hodnotu masa a barvu masa.

Výzkum Bureše et al. (2017b) dále zmiňuje, že u skupin, které byly krmeny pastevním porostem a ječmenem nebo pastevním porostem a ječmenem s přídavkem aminokyseliny lysin, oproti skupině, jejíž výživa byla zajištěna jen pastvou, byla zaznamenána vyšší intenzita růstu, vyšší jatečná výtěžnost. Větší podíl kostí a šlach, a nižší podíl oddělitelného tuku během této studie jsou stanoveny u jedinců vykrmovaných pouze pastevním porostem.

Ve srovnání se skupinou, jejíž výživa byla jen pastva, na konci výkrmu skupiny příkrmovaných daňků měli o 30 % vyšší průměrný denní přírůstek a také měli větší podíl masa (Bureš et al., 2017b). Z této studie rovněž vyplývá, že existují rozdíly v obsahu sušiny masa u jednotlivých skupin. Nejnižší podíl byl u daňků krmených jen pastvou, vyšší podíl u daňků krmených pastvou a ječmenem, a nejvyšší obsah sušiny měla skupina daňků krmených pastvou, ječmenem a aminokyselinou lysin.

U daňků, u kterých byla použita suplementace jadrných krmiv, byl pozorován vyšší poměr n-6 : n-3 (Volpelli et al., 2003), ke stejným výsledkům došla studie Bureše et al. (2020b).

3.6.2 Svalová vlákna

Kromě faktorů, které ovlivňují kvalitu jeleního masa před a po porážce, je dobře známo, že zastoupení jednotlivých typů svalových vláken jsou také důležitými faktory, které

ovlivňují kvalitu masa. Zejména typ a složení svalových vláken ovlivňují metabolické vlastnosti masa, a v konečném důsledku i jeho kvalitu (Gagaoua, 2016). Kosterní svaly velkých savců se obecně skládají ze tří typů vláken, a to typů I, IIA a IIB, které odvozují své vlastnosti od typu nejhorněji zastoupeného myofibrilárního proteinu (izoforma těžkého řetězce myozinu – MHC), vyjádřeného pro každý typ vláken (Kohn et al., 2011).

V jednotlivých myofibrách je lze charakterizovat jejich celkovým počtem, plochou průřezu, délkou, kontraktibilitou a metabolickými vlastnostmi a představují 75-90 % objemu svalu o průměru 10 až 100 mm (Lefaucheur, 2010). Strukturální integritu svalových vláken udržují vrstvy intramuskulární pojivové tkáně: endomysium (obklopující jednotlivá svalová vlákna), perimysium (spojující skupinu svalových vláken) představující asi 90 % celkové pojivové tkáně ve svalech a epimysium (pokrývající celý sval) (Purslow, 2005). Epimysium se obvykle odděluje v procesu zpracování od masa, a proto hraje v kvalitě masa jen malou roli, zatímco endomysium a perimysiová pojivová tkáň během zrání slábnou, a zvyšují tak křehkost masa (Zochovska-Kujavska et al., 2012).

U většiny druhů domácích zvířat hrají vlastnosti svalových vláken klíčovou roli v kvalitě masa (Picard et al., 2002). Podle Klonta (1998) existuje korelace mezi průměrem vláken, tloušťkou pojivové tkáně, typovým složením vláken a parametry textury masa, jakož i organoleptickými vlastnostmi masa.

Maso živočišných druhů s vyšším podílem oxidativních vláken typu I může mít vyšší křehkost, zatímco vyšší podíl vláken IIA může být spojen s vyšším obsahem celkového kolagenu, který snižuje křehkost masa (Gagaoua, 2016). Byla zaznamenána negativní korelace mezi vyšším obsahem vlákniny a křehkostí masa. Maltin et al. (1997) pozorovali, že svaly s většími vlákny mohou být pevnější než svaly s menšími vlákny. Vlastnosti, jako je vysoký podíl IIA typu vláken, tak mohou mít kontrastní účinky na senzorní vlastnosti. Kohn et al. (2011) a Curry et al. (2012) pozorovali, že u zvěřiny a zvěřiny z farmových chovů, jako je například jelení maso z farmových chovů, převažují díky své fyzické kapacitě svalová vlákna typu IIB (až 50-60 %) s vysokou glykolytickou kapacitou. Je to dáno tím, že být predátorem nebo kořistí vyžaduje fyziologické vlastnosti, které umožňují efektivní ulovení nebo únik. Lze tedy tvrdit, že kosterní svalstvo zvěře a zvěřiny hraje klíčovou roli při zajišťování přežití jelenovitých. (Kohn et al., 2011).

Rychlost a stupeň posmrtného poklesu pH jsou vyšší u velkých svalů určených pro silný svalový výkon s vysokým podílem velmi rychlých vláken (typ IIB), což vede k rychlejšímu posmrtnému zrání, zatímco svalovina s vysokým obsahem oxidativních vláken vykazuje intenzivnější zkracování a pomalejší proces zrání masa (Klont et al., 1998). V

souladu s tímto tvrzením je přiložena následující tabulka, na základě které lze konstatovat, že je větší obsah IIB vláken u domestikovaných zvířat a doba zrání u těchto zvířat probíhá rychleji. Hlavní rozdíl je vidět mezi prasetem divokým a domácím prasetem. Bíla svalová vlákna převažují u domácího prasete.

Tabulka 7: Průměrné zastoupení typů svalových vláken zvěřiny a hospodářských zvířat (Kudrnáčová et al., 2018)

Zvíře	I	IIA	IIB
Daněk evropský	30,0	9,4	60,6
Jelen evropský	17,4	39,1	43,5
Srnec obecný	22,0	22,1	55,9
Prase divoké	35,1	27,9	37,0
Skot	23,5-30,8	17,0-20,6	52,1-57,3
Jehně	36,4	35,0	28,5
Kuře (prsa)	3,9-7,2	-	92,8-96,1
Prase domácí	9,2	10,7	80,1

Svalovina zvěřiny oproti svalovině hospodářských zvířat obsahuje jemnější svalová vlákna. Podíl vaziva je také velmi důležitý, u zvěřiny je výrazně nižší než u hospodářských zvířat, v důsledku toho má maso zvěřiny vyšší stravitelnost (Vodňanský et al., 2009).

3.6.3 Doba zrání

Kvalitu masa ovlivňují postmortální změny v mase. Tyto procesy probíhají ve čtyřech stádiích: *prae-rigor* (období před *rigorem*), *rigor mortis*, zrání masa a hluboká autolýza. Během těchto procesů se vytváří křehkost a udržitelnost masa (Pipek, 1995; Pipek et al., 2012).

Prae rigor je první fáze po usmrcení zvířete, v této fázi je dostatečné množství ATP, kvůli tomu jsou aktin a myosin udržovány disociované. V tomto období maso se označuje jako teplé, má vysokou vaznost, neuvolňuje vodu, není tuhé, jeho pH je 6,9-7,2 a je velmi vhodné pro zpracování na mělněné masné výrobky. V tomto stadiu je maso možné zmrazit, a tím uchováme jeho vlastnosti. Při usmrcení zvířete dochází k přerušení krevního oběhu, zároveň i k přerušení přívodu kyslíku. Ve svalech začínají převládat anaerobní procesy nad aerobními. S ohledem na přerušení krevního oběhu neprobíhá transport kyseliny mléčné do jater k resyntéze, štěpí se glykogen, současně se zvyšuje koncentrace kyseliny mléčné ve

svalu, a pH hodnota klesá. Jakmile se glykogen vyčerpá koncentrace ATP začne klesat (Pipek, 1995; Pipek et al., 2012).

Rigor mortis, tj. posmrtná ztuhlost, nastává při poklesu koncentrace ATP, protože se aktin a myosin nemohou již udržovat v disociovaném stavu, a tak se tvoří aktomyosinový komplex (ireversilní spoj tenké a tlusté filamenty). Pokračuje pokles hodnoty pH, důsledkem toho je potlačení hnilobné mikroflory, a tím se zvyšuje udržitelnost masa, ale pokles pH negativně ovlivňuje vlahost masa. Pokles pH závisí na více faktorech, jako je teplota, druh zvířete, zásoba glykogenu aj. (Pipek, 1995; Pipek et al., 2012).

V této fázi je maso zcela nevhodné pro další zpracování, protože špatně váže vodu, klade velký odpor při řezání, tím se zvyšuje ohřev při řezání, a dochází k denuraci bílkovin v místě řezu (Pipek, 1995; Pipek et al., 2012).

Zrání masa je třetím stadiem posmrtných změn. Je to fáze, ve které se postupně uvolňuje ztuhlost svalů, zvyšuje se křehkost masa, mírně roste hodnota pH, zlepšuje se schopnost masa vázat vodu, a dochází k výraznému zlepšení sensorických vlastností. Vlastní proteolytické svalové tkáně i proteolytické mikrobiální způsobují proteolýzu myofibrilárních bílkovin, a tím dochází k uvolnění rigoru mortis. Doba zrání má být dostatečná, aby maso dostatečně zkréhlo. U různých druhů masa je různá doba zrání, např. u hovězího masa při teplotě 0 °C, je doba zrání asi 1-2 týdny, zatímco u vepřového je 2-3 dny. Aby nedošlo k mikrobiálnímu napadení, doba zrání probíhá skoro výhradně v chladárnách, kvůli tomu je stadium zrání dlouhé a ekonomicky náročný proces (Pipek, 1995; Pipek et al., 2012).

Tímto tématem se zabýval Bureš et al. (2020a), kteří zkoumali vliv délky zrání na organoleptické vlastnosti masa daňků evropských z farmového chovu. Konstatovali, že nejlepší texturní charakteristiky (křehkost, šťavnatost, žvýkatelnost) a celkovou přijatelnost má maso, které zrání 14 dnů, ale přijatelnost vůně byla lépe hodnocena v případě doby zrání 28 dnů.

Podobným tématem se zabývali Tešanovic et al. (2011) a Piaskowska et al. (2016), kteří ale uvádějí odlišné výsledky. Piaskowska et al. (2016) zmiňují, že studie neprokázala statisticky významný vliv doby zrání na intenzitu chutě a aroma svalů *longissimus lumborum* daňků evropských z odlovy. K jiným výsledkům dospěl Tešanovic et al. (2011), který ve své studii zaznamenal nejintenzivnější vůni masa daňka evropského zrajícího třicet dní.

Zrání masa přechází do fáze hluboké autolýzy při delším skladování. Tato fáze je považována za nežádoucí, protože dochází ke štěpení peptidů na oligopeptidy a aminokyseliny, hydrolyzují se tuky a může dojít k mikrobiálnímu napadení. Maso má nepříjemnou chuť a aroma (Pipek, 1995; Pipek et al., 2012).

3.7 Farmový chov

První moderní farma daňků (*Dama dama*), zaměřená na produkci masa, byla založena v roce 1969 na Novém Zélandu (Asher, 1986). Daněk evropský je nejoblíbenějším druhem jelena a je chován na 80 % farem volně žijících zvířat (Kilar et al., 2015). Daněk evropský je úspěšně chován také na farmách po celém světě. Zájem o něm vzrostl díky rostoucí poptávce spotřebitelů po masných výrobcích z volných chovů. To je způsobeno neustálým zvyšováním povědomí spotřebitelů o průmyslové výrobě masa, zejména o jejím velkém dopadu na životní prostředí a dobré životní podmínky zvířat. Chov jelenovitých na farmách navíc umožňuje dodávat trvale vysoce kvalitní maso (Kudrnáčová et al., 2018).

Chov jelenů umožňuje směřovat produkci několika směry. Je tak možné vyrábět maso, paroží, kůži, dekorativní předměty apod.. Pokud jde o produkci jeleního masa, zvířata určená k porážce jsou obvykle vykrmována pouze na pastvinách s přidavkem koncentrovaných krmiv, a to obvykle v průběhu 12 až 20 měsíců života. Je tedy běžné, že mladí jeleni jdou na porážku přibližně v 18 měsících, zatímco podle některých výzkumů dosahují mladí daňci optimální hmotnosti v 16 měsících (Kolić, 2006).

Hlavní potravou jelení zvěře na farmě je stále pastva, kterou chovatelé doplňují různým podílem koncentrovaných krmiv (především obilovin a granulovaných krmiv). Při určování podílu koncentrovaných krmiv v potravě jelení zvěře je třeba se řídit především jejich cenou (zvyšují se náklady na produkci) a skutečností, že jelení zvěř velmi dobře využívá pastvu (Kolić, 2006).

Je důležité vědět, že nárůst hmotnosti jelení zvěře úzce souvisí s ročními obdobími. Intenzivní růst začíná během jara a pokračuje po dobu následujících šesti měsíců. V zimním období srnčí zvěř příliš nepřibývá na váze, a to bez ohledu na množství nabízené potravy. Dalším důležitým faktorem je období říje. V této době mohou samci ztratit až 25 % své tělesné hmotnosti, maso poražených jelenů ztrácí brzy po páření požadovanou křehkost, barvu a chuť (Stevenson, 1992).

Rovněž je třeba mít na paměti, že v rámci faremního chovu je možné provádět kompletní kontrolu zdravotního stavu stáda a uplatňovat optimální model chovu, a tím významně přispívat k získávání kvalitních a zdravých potravin. Tento přístup k chovu má kromě pozitivního vlivu na samotnou zvěř v chovu ještě jednu žádoucí vlastnost, a tou, je maso, které je pro spotřebitele stejně bezpečné jako maso hospodářských zvířat, protože musí splňovat všechny požadavky jako chov tradičních zvířat (Bureš et al., 2017a).

Chov jelenovitých se v Evropě začal rozvíjet až na počátku 21. století, kdy ve většině evropských zemí získali chovaní jeleni status hospodářských zvířat. V současné době jsou nejoblíbenějšími druhy chovanými na farmách v Evropě jelen evropský (*Cervus elaphus*) a daněk evropský (*Cervus dama*).

Dle platné legislativy maso, které pochází z farmového chovu, se označuje jediné jako maso jelena nebo maso daňka, nemůže se označit jako zvěřina. V současnosti je počet chovaných jelenů odhadován na více než pět milionů kusů. Hlavním světovým vývozcem masa chovaných jelenů je Nový Zéland. V Evropské unii je hlavním producentem tohoto druhu masa Německo (Bureš et al., 2018).

Chov, lov, produkce a spotřeba jelení zvěře je v Evropě pevně zakotvena již mnoho let (Piasentier et al., 2005).



Obrázek 1: Celosvětová distribuce a produkce masa daňka evropského a jelena evropského (Klíč: Zeleným kruhem jsou označeny země s chovem a produkcí daňčího masa, červený kruh představuje země s chovem pouze jelena evropského masa, zeleno-červený kruh označuje země s chovem a produkcí dančího masa) (Kudrnáčová et. al., 2018)

3.7.1 Farmový chov nedomestikovaných zvířat ve světě

Farmový chov nedomestikovaných zvířat se začal poměrně intenzivně rozšiřovat v uplynulém čtvrtstoletí (Bureš et al., 2018).

Zajímavým příkladem jsou Jihoafrická republika a Namibie. Farmy nedomestikovaných zvířat v Jižní Africe a Namibii jsou většinou postavené a vybavené na stejné úrovni jako farmy v Evropské unii (Steinhauser, 2000).

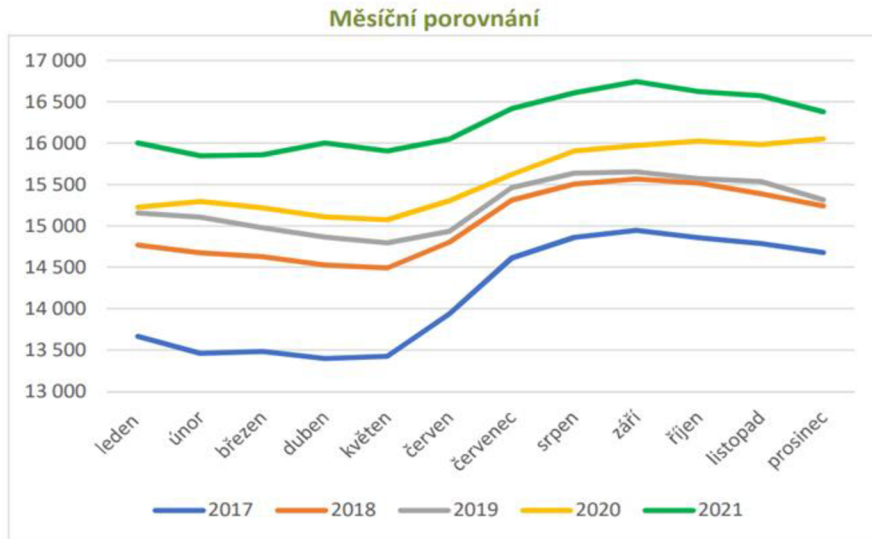
V roce 1991 v Jihoafrické republice začal chov nedomestikovaných zvířat (Bureš et al., 2017c). Hofmann (2017) uvádí, že v roce 2016, v JAR na chov nedomestikovaných zvířat bylo použito více než 170 tisíc km², což je více než dvakrát větší rozloha než v České republice.

Počet farem v Jihoafrické republice zabývajících se chovem tradičních hospodářských zvířat od začátku nového milénia poklesl asi o 13 %, zatímco v současné době je odhadováno celkové množství subjektů orientujících se na chov divokých zvířat na více než 15 tisíc (Bureš et al., 2017c).

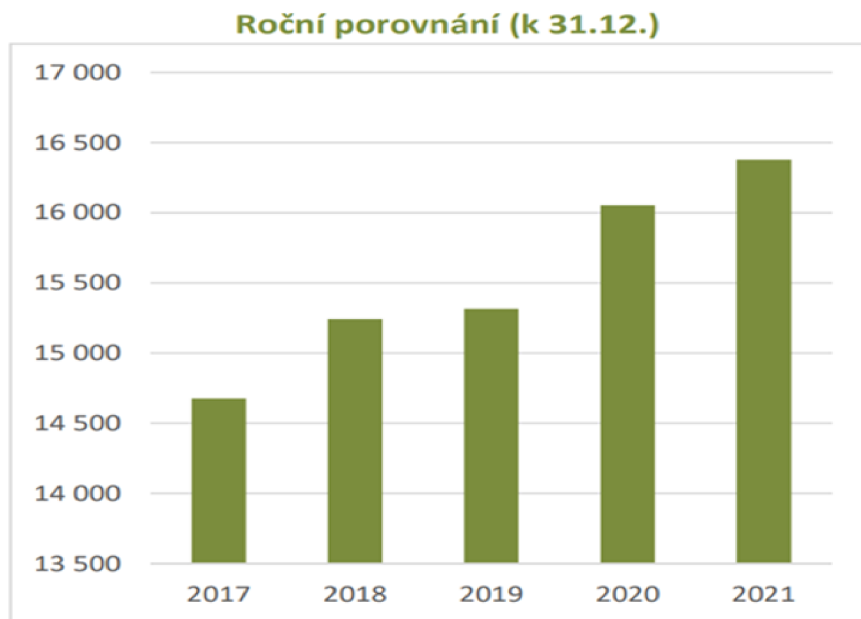
V Namibii je antilopa skákavá hlavním loveným druhem, následuje přimorožec jihoafrický, kudu velký, buvolec káma i antilopa losí. Zvířata jsou přikrmována slámou nebo senem, jako doplněk stravy se používá kamenná sůl a minerální lizy. Větší farmy chovu nedomestikovaných zvířat se zabývají nejen chovem, ale i turistikou, a tím zvyšují svůj zisk. Namibie je podstatným vývozcem masa antilop pro výrobu biltongu do Jihoafrické republiky (Bureš et al., 2019).

3.7.2 Farmový chov v České republice

V České republice farmový chov jelenovitých začal v roce 1983. Po roce 1989 se dostavil intenzivnější nárůst počtu těchto farem. V dnešní době je v Česku počet farem s chovem jelenů a daňků asi 500 (Bureš et al., 2017a). Nejčastějším a nejpočetnějším chovaným druhem je daněk evropský, dále je chován jelen evropský, muflon, prase divoké, bizon, antilopa losí, lama aj. (Pintíř, 2000).

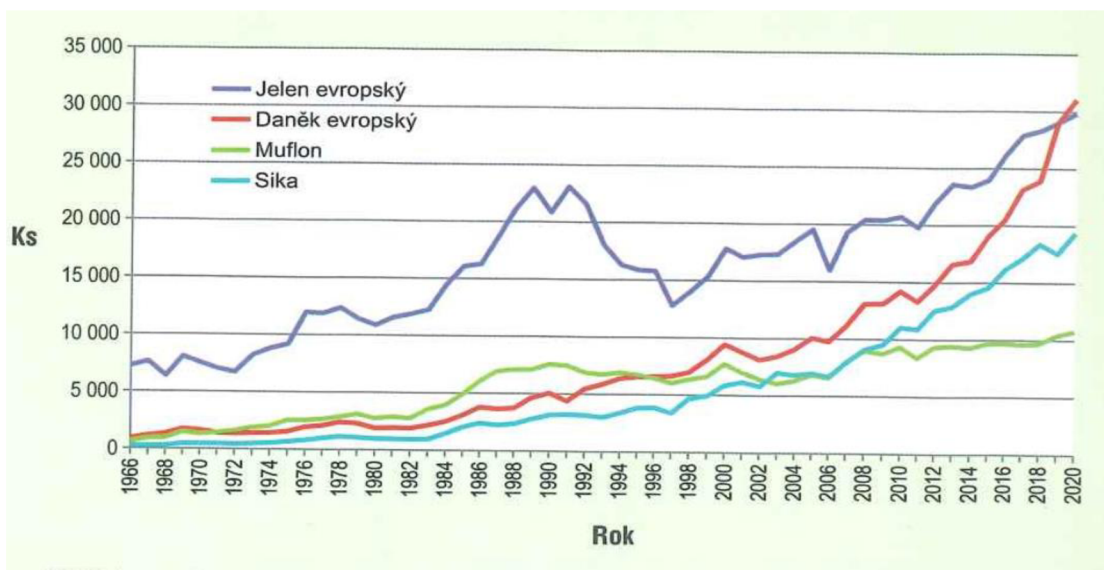


Graf 5: Měsíční porovnání počtů farmově chovaných daňků v ČR (Českomoravská společnost chovatelů, 2021)



Graf 6: Roční porovnání počtů farmově chovaných daňků v ČR (Českomoravská společnost chovatelů, 2021)

Na základě grafu 7 lze tvrdit, že se zájem o maso nedomestikovaných zvířat zvyšuje. V posledních letech došlo rovněž k prudkému růstu stavů a úlovků dančí zvěře. Počet ulovených kusů daňků překročil počet ulovených kusů zvěře jelení a očekává se zachování tohoto trendu (Vaca, 2021). V současnosti nemáme dostatek informací o farmovém chovu těchto zvířat. Z tohoto důvodu bychom se měli zabývat rozvojem farmového chovu daňka evropského.



Graf 7: Vývoj úlovků vybraných druhů v ČR v letech 1966-2020 (Svět myslivosti, 2021)

3.8 Proces zmražení

V moderních podmínkách výroby a distribuce potravin je zvláštním problémem, jak ochránit snadno zkazitelné potraviny před zkažením. Nejvhodnější a široce uplatňované řešení tohoto problému bylo nalezeno v konzervování potravin při nízkých teplotách. Tento proces můžeme hodnotit jako neúspěšnější proces konzervování, protože je to proces, který způsobuje nejmenší změny ve struktuře substrátu, který mrzne, a z tohoto důvodu se hodně používá pro konzervování masa (Petrović et al., 1989).

Mražení masa za účelem prodloužení jeho trvanlivosti se praktikuje již tisíce let, i když k většině zdokonalení mrazicích technologií došlo až v minulém století. Celosvětový vývoz masa má v současné době hodnotu více než 13 miliard dolarů a zmrazování hraje v tomto odvětví klíčovou roli při zajišťování bezpečnosti masných výrobků dodávaných do všech oblastí světa (Leygonie et al., 2012).

Vliv zmrazování a rozmrazování na kvalitu masa však zůstává významným problémem. Zmrazování a rozmrazování ovlivňuje především vodní frakci masa. Vzhledem k tomu, že voda je uvnitř a mezi svalovými vlákny masa, ve tkáni se vytvářejí bariéry. Při mrznutí vody se koncentrace zbytkových rozpuštěných látek (bílkovin, sacharidů, lipidů, vitamínů a minerálních látek) snižuje, čímž se narušuje homeostáza složitého systému masa (Lavrie, 1998). Změny v bezprostředním prostředí svalových vláken ovlivňují vlastnosti buněčné membrány, což má následně vliv na kvalitu masa.

V průběhu zmrazování dochází k postupné přeměně vody na ledové krystaly. Z tohoto důvodu dochází ke zvyšování koncentrace solí, což má za následek zvýšení teploty tuhnutí tohoto roztoku, a je bržděna činnost mikroorganismů v důsledku snížené aktivity vody (Pipek, 1995).

Voda v libovém mase začíná mrznout při teplotě kolem $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rozdíl oproti normálnímu bodu mrazu vody je způsoben rozpuštěnými solemi. Podíl zmrzlé vody v mase záleží na teplotě zmrazování (Tabulka 8). Z důvodu stále se zvyšující koncentrace soli ve zbytkovém roztoku klesá aktivita vody, a mikroorganismy jsou více bržděny ve svém vývoji. Určitý podíl mikroorganismů odumírá, protože zmrzlá voda není přístupná mikrobům (Pipek, 1995).

Tabulka 8: Podíl zmrzlé vody v mase závisící na teplotě (Pipek, 1995)

Teplota ($^{\circ}\text{C}$)	-5	-10	-20	-30	-65
Podíl vymrzlé vody (%)	75	82	85	87	88

Významným faktorem, který má vliv na způsob tvorby krystalů, a tím i na jakost masa, je rychlost zmrazování. Konkrétně při pomalém zmrazování, tj. při použití vyšších teplot, voda zmrzne převážně mezi svalovými vlákny, a takto vzniklé krystaly se dále zvětšují na úkor vody, která difunduje z vláken do prostor mezi svalovými vlákny. Tímto způsobem se mimo vlákna vytváří menší počet velkých ledových krystalů (Petrović et al., 1989).

Při zmrazování masa rychlými postupy, tj. při nižších teplotách, vzniká větší množství menších krystalů, a to jak ve svalových vláknech, tak mimo svalová vlákna. Za těchto podmínek voda mrzne „in situ“, takže se stav bílkovin mění v menší míře. Důsledkem tohoto stavu jsou menší změny ve struktuře svalových vláken a vlastnostech masa (Petrović et al., 1989).

Zmrazení inhibuje enzymatickou aktivitu a mikrobiální růst. Pomalé mražení vody v potravinách však vede k tvorbě velkých ledových krystalů a nerovnováze, která poškozuje

strukturu potravin. Ve 30. letech 20. století se ukázalo, že rychlé zmrazení toto poškození výrazně zmírňuje, což následně umožnilo rozvoj trhu se zmrazenými potravinami. Na druhé straně chlazení pouze snižuje aktivitu enzymů a mikroorganismů. Chlazení neprodlužuje dobu trvanlivosti tak jako zmrazení, ale struktura potraviny zůstává neporušená. Přestože potenciál zmrazování a chlazení byl již dlouho znám, teprve ve druhé polovině 20. století se technologie rozšířily natolik, že umožnily jejich široké využití v domácnostech. Mrazicí a chladicí zařízení jsou potřebná nejen pro zpracování, ale také pro přepravu, vystavování v maloobchodě a skladování v domácnostech (Perić, 2008).

Teplota zmrazování není jediným faktorem působícím na jakost masa. Důležitá je fáze zrání masa, ve které se maso zmrazuje. Pokud by se maso zmrazovalo ve fázi *rigoru mortis*, došlo by k většímu mražení vody v mezibuněčných prostorech, kvůli tomu by došlo k velké ztrátě při rozmrazování a maso by bylo tuhé, aby se tak nestalo, maso je zprvu skladováno v chladírně, a až po odeznění *rigoru mortisu* zamraženo (Pipek, 1995).

Pipek (1995) uvádí, že doba skladování je významně závislá na skladovací teplotě a že by bylo vhodnější používat nižší teploty, až - 30 °C, i když se v praxi maso skladuje při -18 °C. Rovněž uvádí dobu skladovatelnosti při - 30 °C, která je dvakrát delší než při -18 °C (tabulka 9). Důležitý je i obsah mikrobiálních enzymů v maso. I při teplotě -18 °C mohou být aktivní bakteriální enzymy ve zbytku vody a mohou způsobit zkázu. Příkladem jsou mikrobiální lipázy, které jsou aktivní až do -30 °C, což znamená, že může pokračovat odbourávání tuků i při velmi nízkých mrazírenských teplotách.

Tabulka 9: Doba skladování závisající na skladovací teplotě (Pipek, 1995)

Teplota (°C)	Skladovací doba (měsíce)	
	Hovězí maso	Vepřové maso
- 18	10 – 12	4 – 6
- 24	16 – 18	8 – 11
- 30	22 – 24	13 – 15

Ztrátu vody způsobují hmotnostní ztráty, zhoršuje se šťavnatost, navíc se na povrchu struktury masa vytváří přístup kyslíku, který působí chemické změny. Chemické změny, které nastávají během skladování masa v mrazírnách, ovlivňují jakost masa. Tyto změny jsou např. oxidace tuků, ztráta aroma a oxidace hemových barviv (Pipek, 1995).

Vepřové maso se obtížněji uchovává na rozdíl od hovězího, protože obsahuje více tuků a více nenasycených mastných kyselin, z čehož lze konstatovat, že oxidace tuků záleží, jak na jejich obsahu, tak i na stupni nasycenosti mastných kyselin (Pipek, 1995).

Pochopení změn, ke kterým dochází při zmrazování a rozmrazování různých druhů masa, je pro masný průmysl zásadní, protože jeho hlavním cílem je vyrábět výrobky s vysokou prodejní hodnotou. Trvanlivost masa je obecně určena vzhledem, strukturou, chutí, barvou, mikrobiální aktivitou a nutriční hodnotou. Z těchto vlastností je nejobtížněji měřitelná chuť. Chuťové složky mohou být odvozeny z lipidových a peptidových složek (Spanier, 1992). Všechny tyto parametry jsou ovlivněny zmrazením, skladováním ve zmrazeném stavu a následným rozmrazením.

Podobně jako jiné druhy masa má zvěřina omezenou trvanlivost v důsledku růstu bakteriální mikroflóry a peroxidace lipidů (Zhou et al., 2010). Tyto procesy vedou k postupnému zhoršování sensorických vlastností, pohodlnosti zpracování, nutriční kvality a bezpečnosti masa.

Rozšířenou metodou uchovávání masa je zmrazování. Zmrazení způsobuje relativně malé a přijatelné změny v kvalitě masa a účinně uchovává maso při delším skladování. Na základě všech výše uvedených skutečností je mražení preferovanou metodou skladování mezi zpracovatelskými a distribučními společnostmi a spotřebiteli, kteří často nakupují více masa, než mohou přímo spotřebovat, a přebytky skladují v domácích mrazničkách (Perić et al., 2008).

Před druhou světovou válkou byly jedinými produkty vystavenými teplotám pod bodem mrazu při skladování a přepravě rybí produkty, u nichž se k udržení požadovaných nízkých teplot používal led a pevný oxid uhličitý (suchý led).

První chladicí vitríny se v maloobchodních prodejnách objevily v roce 1939, ale pouze 2 % domácností měla chladničky, a ještě méně jich měla mrazničky. S růstem blahobytu v 50. letech 20. století rostla i nabídka mražených potravin, mezi prvními se objevil hrášek a ryby. Rostoucí dostupnost mrazniček a chladicích skladovacích zařízení v maloobchodních prodejnách a domácnostech umožnila rychlý rozvoj trhu se zmrazenými a chlazenými potravinami (Perić et al., 2008).

Uplatnění nízkoteplotních technologií představuje zásadní změnu ve zpracování potravin ve 20. století. Většina takzvaného čerstvého ovoce a zeleniny, které byly v prodeji do roku 1999, byla vyvrcholením „chladírenského řetězce“, v němž se čerstvě natrhané ovoce skladuje a přepravuje do maloobchodu. Chlazení se široce používá také pro hotové potraviny, včetně vařeného masa, sendvičů a kompletních jídel a pokrmů (Welch et al., 2000).

3.8.1 Oxidace lipidů a bílkovin

Petrović (1982) uvádí, že při skladování masa při teplotě $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ může docházet k biochemickým reakcím, protože k dispozici zůstává určité množství vody. Proto jako optimální teplotu uvádí $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, při této teplotě nedochází k nežádoucí oxidaci, protože existuje velmi malé procento nezmražené vody.

Oxidace lipidů je velmi důležitým procesem, protože může vyvolat nepříznivou změnu v barvě, vůni, chuti, a taková potravina může být pro člověka nebezpečná.

Je známo, že ne všechny proteiny svalových vláken jsou stejně citlivé na nízké teploty. Konkrétně bylo zjištěno, že myofibrilární bílkoviny jsou náchylnější k denaturaci v důsledku zmrazení, což má zvláštní význam, pokud si uvědomíme, že tyto bílkoviny jsou nositeli technologické kvality masa.

3.8.2 Vliv mražení na pH hodnotu masa

Zmrazení může způsobit poškození tkání a snížit kvalitu masa (Brever et al., 1991). pH hodnota masa, které bylo zmrazeno a poté rozmrazeno, je obvykle nižší než před zmrazením. Tato hodnota se považuje za měřítko množství volných vodíkových iontů v roztoku. Zmrazení může způsobit denaturaci proteinů, tím dochází k uvolnění vodíkových iontů a k následnému snížení pH (Leygonie et al., 2012).

Akhtar et al. (2013) také uvádějí, že je pH hodnota masa po zmrazení a po rozmrazení je obecně nižší než u čerstvého masa, ale ve studii Daszkiewicz et al. (2017), která se zabývala vlivem mražení na kvalitu svalu longissimus lumborum daňka evropského, uvádějí, že při teplotě mražení $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ se hodnota pH zvýšila oproti hodnotě měřené u čerstvého masa. Ablikim et al. (2016) zkoumali vliv mražení na pH hodnotu masa jehněčího masa a zaznamenali, že změny vzájemně souvisejí s plemenem zvířat a typem svaloviny. Změny související s plemenem lze vysvětlit rozdílem v počtu svalových vláken mezi plemeny. Pokud ve svalech zvířat převládají oxidační vlákna (I a IIA), která se vyznačují nízkými hladinami glykogenu, maso charakterizují vyšší hodnoty pH (Dorgival et al., 2015).

3.8.3 Vliv mražení na vaznost masa

Lee et al. (2021) se ve své studii zabývají vlivem různého režimu zmrazení na fyzikálně-chemické vlastnosti vepřové kýty. Maso bylo zmrazeno na $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. U masa, které bylo zmrazeno při teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, došlo ke ztrátě povrchové vody. Vzorky zmrazené při $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ zachovaly svou čerstvost lépe než vzorky zmrazené při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Vaznost masa (WHC) byla lepší u masa zmrazeného při nižších teplotách (-50 °C, -60 °C.) Studie závěrem uvádí optimální teplotu skladování a zmražení pro vepřové maso -60 °C.

Farouk et al. (2003) zjistili, že schopnost zadržovat vodu se postupně snižuje s dobou skladování, což ukazuje na zvýšenou denaturaci bílkovin a současnou ztrátu schopnosti zadržovat vodu.

Podle publikovaných studií by důvodem rozdílů ve schopnosti zadržovat vodu v chlazeném a zmrazeném mase mohlo být narušení struktury svalových buněk po zmrazení. Mnoho studií uvádí větší ztráty vody u pomalu zmrazeného masa než u rychle zmrazeného masa, což souvisí s větším strukturálním poškozením způsobeným většími vnitrobuněčnými krystaly ledu, které vznikají při pomalém zmrazování. Mražením masa se poškozují buněčné membrány, to má za následek nižší vaznost masa (Mechelle Hope-Jones et al., 2014).

Ve studii se vzorky hovězího masa, které byly zmrazované, měly nižší hodnotu síly stříhu měřenou Warner Bratzlerovým nožem (Hope-Jones et al., 2014). Z výsledků studie Hope-Jones et al. (2014) vyplývá, že mražením masa došlo k větší ztrátě masové šťávy odkapem, zároveň došlo k zhoršení vizuální kvality masa. Na nutriční hodnotu masa zmrazení však nemělo vliv.

Studie Daszkiewicz et al. (2017) uvádí, že se rozmražené maso daňka evropského charakterizuje většími ztrátami během vaření, nižší schopností vázat přidanou vodu a většími ztrátami masové šťávy. Dále bylo zjištěno, že mražení při teplotě -26 °C zlepšilo křehkost dančího masa, ale naopak snížilo jeho šťavnatost.

3.8.4 Vliv mražení na barvu masa

Chemický stav myoglobinu je jedním z hlavních faktorů, které určují barvu masa (Suman et al., 2013). Myoglobin podléhá oxidaci, což vede ke změně barvy masa. V různých studiích se uvádí, že na barvu masa má vliv oxidace bílkovin, mikrobiologické kažení, autooxidace myoglobinu a oxidace lipidů. Změny barvy masa ovlivňuje také voda, která je většinou zachycena uvnitř myofibril a mezi nimi. Očekává se, že oxidace myofibrilových bílkovin změní fyzikálně-chemické vlastnosti myofibril. Oxidace může způsobit zesíťování bílkovin, a zvýšit čistý náboj myofilament. Jelikož bobtnání myofibril dobře koreluje se schopností masa zadržovat vodu, mohou oxidační modifikace ovlivnit zadržování vody v mase.

Nedávno bylo popsáno, že mírná oxidační modifikace podporuje regulované interakce protein-protein, které mohou zlepšit funkčnost, zatímco silná oxidace podporuje náhodnou agregaci proteinů a vede ke ztrátě funkčnosti (Xiong et al., 2021). Toto chování závislé na

stupni oxidace myofibrilálních bílkovin může částečně vysvětlovat účinky oxidace proteinů na zadržování vody. Ve zmrazeném a následně rozmrazeném masu je schopnost zadržovat vodu obecně nižší než v čerstvém masu, zejména při pomalé rychlosti zmrazování. Procento vody v myofibrilách přímo ovlivňuje proces zmrazování, což následně ovlivňuje změnu barvy masa.

Zmrazení má proměnlivý vliv na barvu, což naznačuje, že L^* je ovlivněno zmrazením. Farouk et al. (2003) zjistili, že pomalu zmrazené a rozmrazené maso mělo světlejší barvu než rychle zmrazené maso, což bylo způsobeno rozdíly v rozmrazování, které mohly vést k většímu odrazu světla a světlejší barvě vzorků.

Obecně platí, že zmrazení má tendenci snižovat hodnotu L^* , zejména po delší době skladování ve zmrazeném stavu. Určitý vliv na L^* má délka zmrazování, která se v prvních dnech po zmrazení prudce zvyšuje a poté následně klesá.

Lee et al. (2021) ve své studii uvedli, že při teplotě procesu zmrazení během, kterého byly používány teploty mražení $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, nedošlo k snížení barvy L^* vepřového masa, bez ohledu na teplotu mražení, přičemž nejvyšší hodnotu L^* mělo maso mražené při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. K jiným výsledkům se dostali během své studie Hope-Jones et al. (2017), ve které se používalo hovězí maso mražené při $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Poznamenali, že došlo k poklesu barvy L^* , přičemž nejnižší hodnota byla u rychle zmrazeného masa ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Ze studie, kterou provedl Daszkiewicz et al. (2017) vychází, že u masa daňka evropského, mraženého při $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$, hodnoty a^* (červenost) a b^* (žlutost) jsou nižší než u čerstvého masa.

Přestože se však L^* během zmrazování mění, je mnohem stabilnější než parametry charakterizující barvu masa. Červenost (a^*) masa skladovaného ve zmrazeném období tří měsíců je výrazně vyšší než hodnota masa skladovaného jeden nebo šest měsíců v důsledku rozdílů v a^* před zmrazením. Maso s nejdelším skladováním mělo nejnižší hodnotu a^* . Mezi čerstvým a rozmraženým masem je velká podobnost, což může být způsobeno tím, že vzhled čerstvého masa se po rozmražení většinou obnoví, protože myoglobin může získat zpět svou přirozenou konformaci (Fernandez et al., 2007).

3.8.5 Vliv mražení na strukturu masa

Oxidační podmínky často vedou ke snížení křehkosti masa nebo masných výrobků. Tuhost masa způsobená oxidací byla potvrzena i na úrovni jednotlivých svalových vláken (Lund, 2008). Ztuhnutí masa je často doprovázeno tvorbou příčných vazeb bílkovin a inaktivací enzymů za oxidačních podmínek. V procesu zmrazování a rozmrazování dochází k

oxidačním podmínkám spolu s dalšími fyzikálně-chemickými změnami, jako je poškození struktury buněčné membrány ledovými krystalky a změnou v koncentraci rozpuštěných látek. Všechny tyto fyzikálně-chemické faktory mohou ovlivnit strukturu svalu a aktivitu enzymů. Li et al. (2020) zjistili, že tuhost masa skladovaného při $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ je nižší než při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vyšší úroveň oxidace bílkovin při -8°C snižuje vlastnosti myofibrilárních bílkovin, a tím snižuje tvrdost.

3.8.6 Vliv mražení na růst mikroorganismů

Vliv mrazu na schopnost bakterií přežít a množit se, je studován již od konce 19. století. Cílem mražení není zničení mikroorganismů, ale jejich uvedení do neaktivního stavu, ve kterém nemohou ani metabolizovat substrát, ani se rozmnožovat. Bylo zjištěno, že bakterie jsou schopny se množit při teplotách pod bodem mrazu. Odolnost různých druhů mikroorganismů vůči nízkým teplotám je různá. Nejnižší teplota, při které mohou bakterie růst, je $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, kvasinky $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a plísně $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Živković et al., 2016).

Teplota pod teplotním minimem vede k usmrcení velkého počtu mikroorganismů, ale část populace dokáže přežít velmi dlouho při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zejména jsou odolné sporogenní formy bakterií (Živković et al., 2016)

Rychlost růstu mikroorganismů se však při nižších teplotách masa snižuje, a dostupnost vody je klíčovým faktorem, který umožňuje růst mikroorganismů při nízkých teplotách (Białkowska, 2020)

Za určitých podmínek mohou mírně nízké teploty skladování ($-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$) negativně ovlivnit bakterie ve větší míře než skladování při $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. To lze vysvětlit tím, že při rychlém zmrazení buněk dochází ke zmrznutí jak nitrobuněčné, tak mimobuněčné tekutiny. Když však buňky mrznou pomalu, dochází v důsledku koncentrace mrznoucí tekutiny k intra- a extracelulárnímu osmotickému gradientu. To může vést k poruchám struktury buněk masa (Owens et al., 2010).

Některé živiny, které bakterie potřebují pro svůj růst, se během procesu zmrazování stávají nedostupnými, což brání růstu bakterií (Straka, 1959). Hartsell (1951) uvedl, že bakterie *Escherichia coli*, která je schopna přežít proces zmrazení a rozmrazení, dokázala růst rychleji než bakterie *Escherichia coli*, která předtím nebyla zmrazena. Jedním z důvodů, proč může být růst zmrazených bakterií urychlen, je důvod, že poškození tkáně v důsledku zmrazení může vést k uvolnění živin a masné šťávy, takže se tkáň stává „lepším prostředím“ pro růst mikroorganismů (Pham, 2004). Vzhledem k tomu, že rychlost růstu bakterií na mase se

zmrazením snižuje, zdá se, že zmrazení masa by bylo přijatelným prostředkem k prodloužení jeho trvanlivosti.

Veškerá voda obsažená v mase zmrzne při teplotě $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$. V praxi se zmrazené potraviny nejčastěji skladují při teplotě od $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Daszkiewicz et al., 2018). Optimální teplota skladování ve zmrazeném stavu je $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ podle Zhoua et al. (2010) a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ podle Leygonia et al. (2012).

3.8.7 Vliv mražení na chemické složení masa

Ve studii, kterou provedl Daszkiewicz et al. (2018), byl testován vliv dlouhodobého skladování ve zmrazeném stavu na kvalitu masa srnce obecného.

Analýza chemického složení masa srnčí zvěře odhalila významné rozdíly mezi analyzovanými vzorky pouze v obsahu sušiny. Čerstvé maso, oproti masu zmraženému, mělo vyšší obsah sušiny. Čím delší dobu maso bylo skladováno, tím se obsah sušiny více snižoval. Ve studii našli nižší obsah minerálních látek v mase, které bylo rozmražené, než u masa čerstvého. Uvedli, že to souvisí se ztrátou šťávy odkapem. Došlo ke snížení koncentrace některých látek rozpustných ve vodě, jakými jsou např. bílkoviny, sacharidy, minerály a vitamíny. Tyto výsledky mají tendenci být neprůkazné kvůli kombinovanému účinku ztráty vody a ztráty sloučenin rozpustných ve vodě. V důsledku ztráty vody by mělo dojít ke zvýšení koncentrace složek tvořících sušinu. V současnosti je však stále málo dostupných studií o tom, jaký vliv má mražení na chemické složení jeleního masa.

3.8.8 Vliv denaturace proteinů na kvalitu masa během mražení

Jako hlavní zdroj denaturace bílkovin během zmrazování se uvádí rozhraní ledu a vody (Arsicio et al., 2020).

Obecně platí, že rozpuštěné látky nemohou být začleněny do krystalové mřížky ledu, a vyloučené rozpuštěné látky se tak koncentrují v kvazikapalně vrstvě. Kvazikapalná vrstva představuje mezistav mezi pevným krystalem ledu a objemovou kapalinou. Koncentrované protony a ionty by změnily pH a iontovou sílu, a pravděpodobně by ovlivnily stabilitu bílkovin (obrázek 2a). Nežádoucí účinek závisí na rozsahu tvorby ledu, závisí také na rychlosti tvorby ledu (Arsiccio et al., 2020).

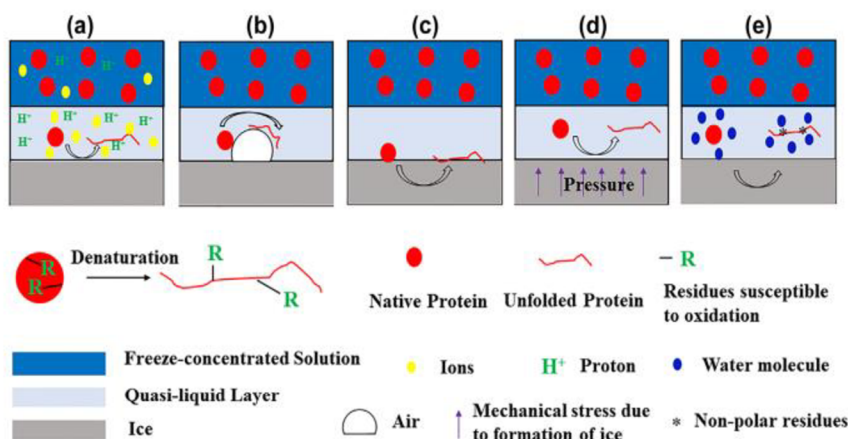


FIGURE 4 Possible mechanisms of ice-induced protein denaturation. (a) Change of pH and ionic strength. (b) Accumulation of air bubbles at the ice interface. (c) Adsorption at the ice interface. (d) Pressure due to ice growth. (e) Enhance cold denaturation. Modified from Arsiccio & Pisano, 2020

Obrázek 2: Možné mechanismy denaturace bílkovin krystalky ledů (Bao et al., 2021)

Při zmrazování biologického materiálu vede tvorba ledových krystalů ke zvýšení koncentrace všech rozpuštěných látek, včetně rozpuštěného vzduchu. Kromě toho se při nižších teplotách zvyšuje rozpustnost kyslíku. Jakmile účinek koncentrace mrazu na vzduch překročí jeho rozpustnost, vznikají vzduchové bubliny (Authelin et al., 2020). Vzduchové bubliny zachycené mezi krystaly ledu a hydrofobním rozhraním vzduch-voda denaturují proteiny (obrázek 2b). Kromě adsorpce na rozhraní vzduch-voda mohou být bílkoviny adsorbovány přímo na povrchu ledu a rozkládat se (obrázek 2c) například ve formě nemrznoucích bílkovin (He et al., 2018).

Denaturace proteinů za chladu souvisí se specifickou a silně teplotně závislou interakcí nepolárních skupin proteinů s vodou (Privalov, 1990). V proteinech je mnoho nepolárních skupin a hydrofobní síly přispívají ke stabilizaci nativní struktury proteinu. S klesající teplotou konformační entropie bílkovin přebíjí stabilizační hydrofobní účinek, což vede k rozkládání při nízkých teplotách. To může podpořit odhalení hydrofobního jádra proteinu. Tento jev se nazývá studený rozklad (obrázek 2e) nebo též studená denaturace (Dias et al., 2010).

Anon et al. (1980), Mietsch et al. (1994) a Ngapo et al. (1999) uvádějí, že denaturace bílkovin během mražení nemá významný vliv na kvalitu masa, ani jeden z nich nezjistil rozdíl v množství a složení bílkovin v čerstvém a zmraženém mase. Konstatovali, že je myosin bílkovina, která byla nejvíce ovlivněna procesem zmrazení. Myofibrilární bílkoviny byly denaturovány bez ohledu na rychlost zmrazování.

4 Metodika

Experiment zabývající se vlivem různého režimu zmrazení na fyzikální, technologické a organoleptické vlastnosti masa farmově chovaných daňků evropských (*Dama dama*) proběhl ve Výzkumném ústavu živočišné výroby, v.v.i (VÚŽV). Pro tento výzkum bylo použito maso deseti daňků evropských. Daňci pocházeli z farmy Mnich u Kardašovy Řečice (49°16'71.9"N; 14°90'05.2"E), majitele Pavla Friedbergera (obrázek 3). Pro experiment byli zvoleni jedinci samčího pohlaví (špičáci) poraženi v rámci jednoho porážkového dne přímo na farmě ve fixačním zařízení na konci manipulační uličky. Porážka proběhla po předchozím omráčení zvířat upoutaným projektilem. Průměrná porážková hmotnost činila 38,9 kg a věk zvířat byl 17 měsíců. Vykrvená zvířata byla naložena na nákladní automobil a převezena do 20 km vzdáleného zpracovatelského zařízení, které je ve vlastnictví stejného majitele. Zde proběhlo jatečné zpracování zvířat a jatečné půlky byly následně uskladněny v chladárně při teplotě + 2 °C a relativní vlhkosti 85 % (obrázek 4). Průměrná hmotnost jatečně upravených těl za tepla činila 21,2 kg.

Druhý den po porážce (24 hodin) proběhl v bourárně stejného zpracovatelského zařízení technologický rozbor, při kterém byly odebrány z pravé i levé jatečné půlky vzorky svalu *semimembranosus* (partie svrchní šál, kýta). Průměrná hmotnost jednoho svalu zbaveného tukové a pojivové tkáně činila 542,9 g. Každý sval byl přepůlen tak, aby řez vedl napříč orientaci svalových vláken. Následně proběhlo měření fyzikálních vlastností masa. Posléze byly čtyři vzorky svalů od každého jedince zváženy a poté vakuově zabaleny (vakuové sáčky PA/PE folie, 100 × 150 mm, 80 μm, Vac-Star, Pardubice, ČR, vakuová balička miniVAC, Vac-Star, Pardubice, ČR). Vzorky byly náhodně přiřazeny jedné ze čtyř experimentálních skupin, označeny a následně převezeny do laboratoře masa VÚŽV. Zde byly uskladněny v chladničce a ponechány při teplotě +4 °C do doby 14 dnů od porážky. Následně proběhlo jejich zmrazení. První skupina byla umístěna do přístroje HiChef HI-5 (Friulinox, Ali Group Srl A Socio, Itálie), který byl nastaven na režim mrazení při teplotě -10 °C. Druhá skupina vzorků byla uložena do mrazicí části kombinované chladničky s mrazákem KGN36NWEA (Bosch) nastavené na teplotu -18 °C. Třetí skupina vzorků byla vložena do hlubokomrazicí truhly (VT75, Vestfrost, Esbjerg, Dánsko) s teplotou -40 °C. Poslední část vzorků byla skladována v hlubokomrazicím boxu Telstar Igloo U830 (Telstar Technologies, S. L., Terrasa, Španělsko) při teplotě -80 °C.

Po uplynutí doby 190, respektive 191 dnů (6,4 měsíce) byly všechny vzorky od poloviny zvířat vyjmuty z mrazícího zařízení a rozmrazeny při pokojové teplotě po dobu 24 hodin. Poté následovalo měření fyzikálních vlastností a jejich senzorká analýza.



Obrázek 3: Dančí stádo (archiv vedoucího práce)



Obrázek 4: Jatečné půlky uskladněny v chladárně (archiv vedoucího práce)

4.1 Měření fyzikálních vlastností masa

Měření fyzikálních vlastností proběhlo 24 hodin po porážce zvířat, a následně po rozmražení vzorků. Hodnota pH byla měřena pomocí pH metru 3310WRW, Weilheim, Německo s elektrodou Sen Tix s tepelnou kompenzací.

Ke stanovení barvy masa byl použit přenosný spektrofotometr (CM-2500 d, Minolta, Ósaka, Japonsko) s velikostí štěrbin 8 mm. Měřeny jsou hodnoty L^* (světlost), a^* (červenost) a b^* (žlutost). Bylo použito nastavení simulující denní osvětlení při úhlu 10° (0 % UV; D-65) Tyto hodnoty jsou měřeny na třech různých částech každého plátku zvířete, z těchto hodnot jsou stanovené průměrné hodnoty pro statistickou analýzu.

Instrumentální křehkost masa byla měřena jako síla ve stříhu (N) při použití Warner-Bratzlerova nože. Plátky masa o síle 20 mm byly nejprve grilovány, a následně byl z jejich střední části vyříznut hranol o velikosti 20 x 10 x 10 mm. Střih probíhal na přístroji Instron Universal Texture analyzer 3305 (Canton, MS, USA) s rychlostí střížné hlavy 100 mm/min. Maximální vynaložená síla v newtonech (N), která pro následnou statistickou analýzu byla získána jako průměrná hodnota z šesti stříhů u každého vzorku. Střih probíhal napříč svalovými vlákny.

4.2 Technologické vlastnosti masa

Každý vzorek byl před vakuovým balením zvážen, aby se zjistila počáteční hmotnost. Po rozmražení (před senzorickou analýzou) byly vzorky zváženy znovu. Ztráty hmotnosti mražením byly vypočítané jako rozdíl mezi hmotností čerstvého vzorku masa a vzorku po jeho rozmražení. Pro stanovení ztrát grilováním byly plátky masa určené pro senzorickou analýzu zváženy před a po tepelné úpravě. Rozdíly hmotnosti byly vyjádřeny v procentech.

4.3 Senzorická analýza

Rozmražené vzorky byly zváženy a nakrájeny na plátky o tloušťce 20 mm. Tepelná úprava spočívala v grilování na oboustranném sklokeramickém grilu (VCR 61 TL, Fiamma, Aveiro, Portugalsko), který byl předehřátý na 200°C (obrázek 5).

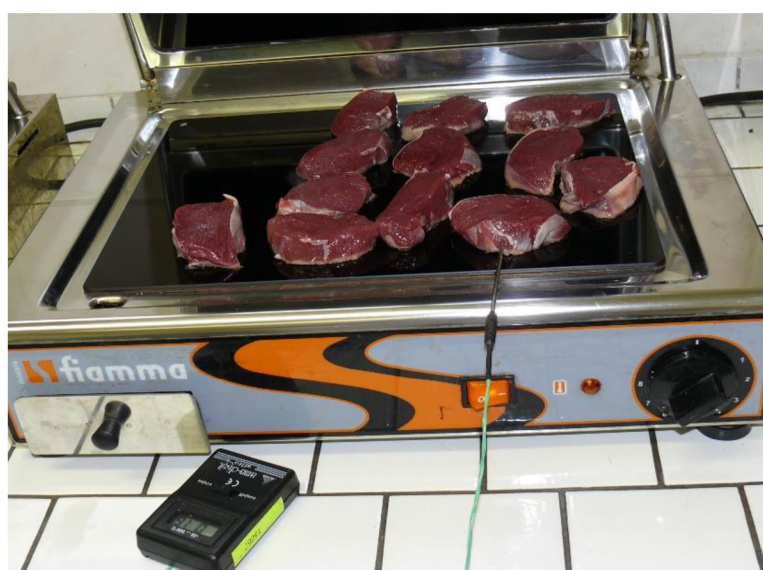
Steaky byly z grilu vyjmuty, jakmile teplota měřená pomocí digitálního vpichového teploměru (ADI14TH, Ama-Digit, Kreuzwertheim, Německo) dosáhla 70°C . Z každého plátku masa byly odstraněny okrajové části, ty byly nakrájeny na kostky o velikosti 20 x 20 x 20 mm (obrázek 6). Vzorky byly umístěny do skleniček označených trojmístným kódem.

Sklenice byly uchovány v sušárně při teplotě +50 °C do doby předkládání hodnotitelům. Kvůli velkému množství vzorků masa sensorická analýza probíhala během dvou po sobě následujících dnů. Při každé seanci bylo hodnoceno pět zvířat. Hodnotitelům bylo tedy v průběhu jednoho dne předkládáno vždy pět „setů“, které obsahovaly čtyři vzorky pocházející ze stejného zvířete, lišící se v teplotě, při které byly skaltovány. V průběhu posuzování byly sety hodnotitelům předkládány v odlišném pořadí.

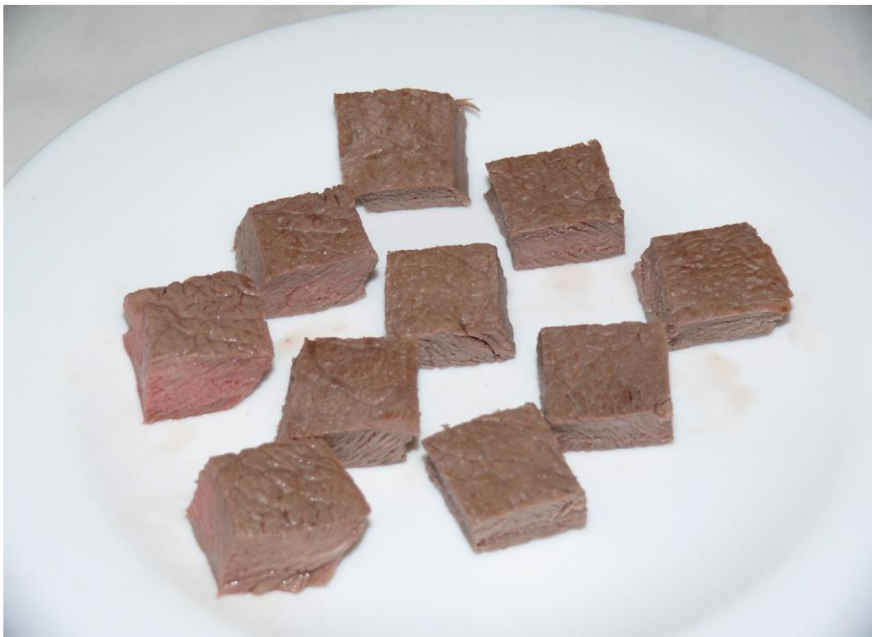
Hodnotitelský panel byl tvořen sedmi hodnotiteli, kteří měli předchozí zkušenost s hodnocením masa i masa daňků. Hodnotitelé byli seznámeni s principem hodnocení. Každý hodnotitel obdržel tabulku s charakteristikami posuzovaných sensorických vlastností a jejich popis. V tabulce 10 jsou uvedeny použité sensorické deskriptory, jejich charakteristika a způsob hodnocení. Celkem bylo uplatněno 14 deskriptorů.

Pro hodnocení byla využita grafická nestrukturovaná 100 mm dlouhá stupnice, která byla pro potřeby výpočtů transformována na číselnou škálu (0-100).

Sensorické hodnocení bylo prováděné za kontrolovaných podmínek. Hodnocení bylo provedeno v sensorické laboratoři. Každý hodnotitel posuzoval v individuálním boxu, který znemožňoval jeho vizuální kontakt s okolím. V boxech bylo při hodnocení rozsvíceno červené světlo, jehož cílem bylo znemožnit rozlišování vzorků podle barvy (obrázek 7). Jako neutralizační sousto bylo během posuzování použito desetistupňové pivo, voda a chléb. Aby se hodnotitelé seznámili s hodnoceným produktem a jeho vlastnostmi, vlastnímu hodnocení předcházeli tréninky hodnotitelů. Samotné hodnocení probíhalo prostřednictvím kvantitativně deskriptivní metody s komplexně vybalancovaným designem.



Obrázek 5: Tepelná úprava vzorků (archiv vedoucího práce)



Obrázek 6: Vzorky masa připraveny pro senzorické hodnocení (archiv vedoucího práce)



Obrázek 7: Box pro senzorické hodnocení (archiv vedoucího práce)

Tabulka 10: Charakteristiky posuzovaných senzorických vlastností a jejich popis

Deskriptor	Popis vlastností	Způsob hodnocení	Škála
Intenzita vůně hovězího masa	Síla či vydatnost vůně typické pro hovězí maso	Před konzumací vzorku	0 = nelze detekovat 100 = velmi intenzivní
Intenzita vůně zvěřiny	Síla či vydatnost vůně typické pro maso divokých zvířat	Před konzumací vzorku	0 = nelze detekovat 100 = velmi intenzivní
Intenzita abnormální vůně	Síla či vydatnost nepřírodní vůně	Před konzumací vzorku	0 = nelze detekovat 100 = velmi intenzivní
Vůně játrová	Síla či vydatnost vůně typické pro tepelně upravená játra	Před konzumací vzorku	0 = nelze detekovat 100 = velmi intenzivní
Vůně kyselá	Síla či vydatnost kyselé vůně	Před konzumací vzorku	0 = nelze detekovat 100 = velmi intenzivní
Křehkost	Síla potřebná ke skousnutí vzorku stoličkami	Po dvou či třech kousnutích stoličkami	0 = velmi tuhé 100 = velmi křehké
Šťavnatost	Množství uvolněné šťávy ze sousta	Po pěti až deseti kousnutích stoličkami	0 = velmi suché 100 = velmi šťavnaté
Žvýkatelnost	Síla potřebná k rozkousání sousta	Po patnácti kousnutích stoličkami	0 = obtížně žvýkatelné 100 = velmi snadno žvýkatelné
Intenzita chuti	Síla či vydatnost chuti typické pro hovězí maso	Po pěti až deseti kousnutích stoličkami	0 = nelze detekovat 100 = velmi intenzivní
Intenzita chuti zvěřiny	Síla či vydatnost chuti typické pro maso divokých zvířat	Po pěti až deseti kousnutích stoličkami	0 = nelze detekovat 100 = velmi intenzivní
Intenzita abnormální chuti	Síla či vydatnost nepřírodní chuti	Po pěti až deseti kousnutích stoličkami	0 = nelze detekovat 100 = velmi intenzivní
Chuť játrová	Síla či vydatnost chuti typické pro tepelně upravená játra	Po pěti až deseti kousnutích stoličkami	0 = nelze detekovat 100 = velmi intenzivní
Chuť kyselá	Síla či vydatnost kyselé chuti	Po pěti až deseti kousnutích stoličkami	0 = nelze detekovat 100 = velmi intenzivní
Celková přijatelnost	Celková preference hodnotitele	Po ukončení hodnocení vzorku	0 = nepřijatelné 100 = velmi přijatelné

4.4 Statistická analýza

Naměřená data byla nejprve převedena do listů programu MS Excel a následně importována do statistického programu SAS (Verze 9.4, SAS Institute, Cary, USA). Nejprve proběhlo ověření normality rozdělení (procedura UNIVARIATE, Shapiro-Vilkův test) a dále byl u všech proměnných proveden test shody rozptylů (Levene test, procedura GLM). Samotná analýza variance byla realizována pomocí smíšeného lineárního modelu (procedura MIXED), kdy byly parametry odhadovány metodou REML (restringovaná metoda maximální věrohodnosti). Do modelové rovnice pro fyzikální vlastnosti byl zařazen pevný efekt teploty mražení vzorků a jako náhodný efekt jedinec a den hodnocení. Modelová rovnice odhadující rozdíly v organoleptických parametrech masa využívala pevný efekt teploty mražení vzorků, náhodný efekt jedince, dne hodnocení a hodnotitele. Data prezentovaná v tabulkách W a Y jsou uvedena jako nejmenší průměrné čtverce (LSM) s příslušnou standardní chybou (SEM). Rozdíly mezi jednotlivými skupinami byly testovány Tukey-Kramerovým testem.

5 Výsledky

5.1 Vyhodnocení vlivu zmražení na fyzikální a technologické vlastnosti masa

Z tabulky 11 lze konstatovat, že mezi čerstvým vzorkem a zmraženými vzorky skladovanými při různých teplotách neexistuje statisticky významný rozdíl mezi hodnotou pH_{48} , přestože nejvyšší hodnotu pH mělo čerstvé maso. Podobně tomu bylo i u světlosti masa (barva L^*). Zjištěné diference mezi sledovanými vzorky však byly malé, a navzájem se statisticky nelišily. Naopak, signifikantní rozdíl byl stanoven mezi barvou a^* (červenost) čerstvého masa, a masa mraženého při teplotě $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, a také mezi vzorkem čerstvého masa a masa mraženého při teplotě $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Nejvíce červená barva byla zjištěna u vzorků s teplotou mražení $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Co se týče barvy b^* (žlutost), byl identifikován objektivně potvrzený rozdíl mezi čerstvým vzorkem a všemi mraženými vzorky, zatímco mezi mraženými vzorky navzájem nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly. V tomto ukazateli byla dosažena nejvyšší žlutost u vzorků mražených při $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Naopak nejméně žluté bylo maso čerstvé. Signifikantní diference byly pozorovány v případě instrumentálně hodnocené křehkosti masa, kdy hodnota pro sílu stříhu měřené pomocí Warner-Bratzlerova nože byla nejvyšší ($P < 0,001$) u čerstvých vzorků ve srovnání s mraženými vzorky. Největší síla byla dosažena u čerstvého masa, zatímco nejmenší hodnota byla zaznamenána u vzorků mražených při teplotě $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mezi zmraženými vzorky skladovanými při různé teplotě však nebyly zaznamenány signifikantní rozdíly. Na základě údajů uvedených v tabulce 11 vyplývá, že v parametru ztráty mražením byl prokázán signifikantní rozdíl mezi čerstvými vzorky masa a vzorky, které byly mraženy při $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Největší ztráta mražením byla zjištěna u vzorku mraženého při $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Oproti tomu, vliv různého režimu zmražení nebyl statisticky prokázán na ztráty grilováním.

5.2 Vyhodnocení vlivu zmražení na organoleptické vlastnosti masa

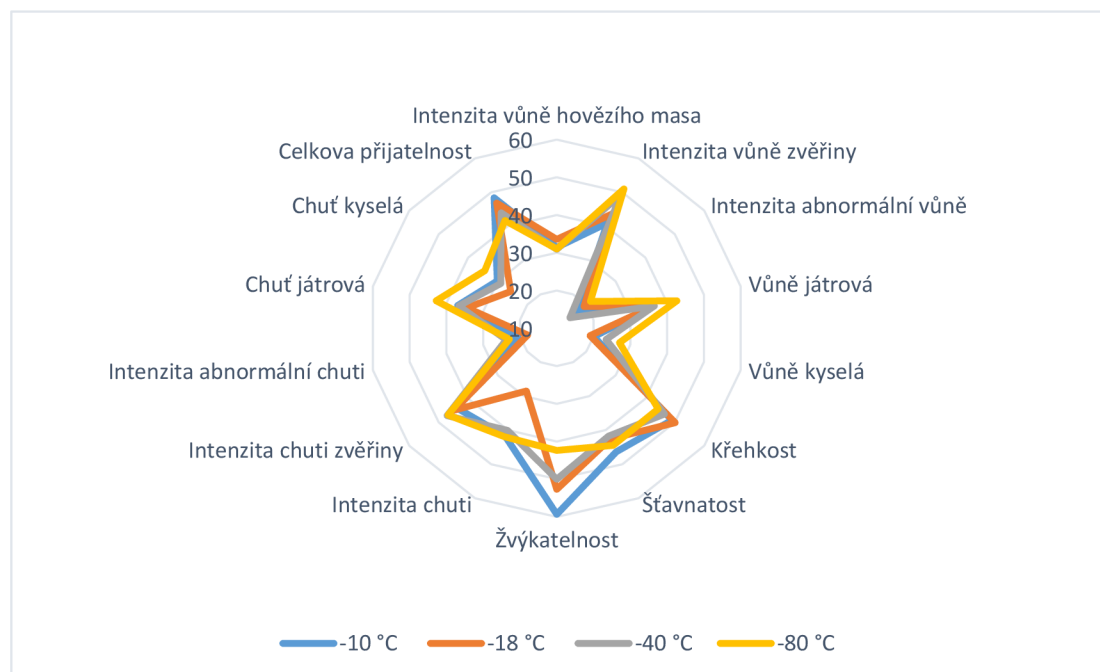
Vyhodnocení výsledku různého režimu zmražení na organoleptické vlastnosti masa znázorňuje tabulka 12 a graf 8. Z prezentovaných výsledků je zjevné, že nebyly nalezeny statisticky významné diference pro intenzitu vůně hovězího masa, intenzitu abnormální vůně

a játrovou vůni. Naopak byla zjištěna signifikantně ($P < 0,01$) vyšší intenzita vůně zvěřiny u masa s nejnižší teplotou při skladování ve srovnání se skupinou mraženou při $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Skupina vzorků skladovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ vykazovala rovněž nejvýrazněji kyselou chuť, a odlišovala se ($P < 0,05$) od vzorků mražených při teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Nebyly zjištěny signifikantní rozdíly pro charakteristiky textury křehkost a šťavnatost, naopak v případě žvýkatelnosti vykazovaly nejhůževnatější vlastnosti vzorky mražené při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, které se statisticky významně ($P < 0,001$) odlišovaly od vzorků skladovaných při teplotě $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

V případě hodnocení charakteristik chuti nebyly nalezeny signifikantní rozdíly mezi jednotlivými skupinami pro intenzitu chuti hovězího masa, intenzitu chuti zvěřiny, intenzitu abnormální chuti ani pro chuť játrovou. Naopak bylo zjištěno, že vzorky skladované při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ vykazují nejvyšší kyselou chuť a signifikantně se odlišují od vzorků skladovaných při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Poslední sledovaný deskriptor „celková přijatelnost“ vyjadřuje osobní preference hodnotitelů mezi předkládanými vzorky. Přestože nebyly zjištěny statisticky signifikantní difference mezi skupinami, z numerických hodnot vyplývá, že nejvyšší přijatelnost zaznamenaly vzorky s nejnižší teplotou při skladování, s rostoucí vzdáleností skladovací teploty od nuly se přijatelnost snižovala.

Statisticky průkazné rozdíly nebyly dosaženy u ostatních, v tabulce 12 uvedených senzorických vlastností masa svalu *semimembranosus* u farmářsky chovaných daňků špičáků.



Graf 8: Porovnání organoleptických vlastností masa farmově chovaných daňků zmražených při různých teplotách

Tabulka 11: Fyzikální vlastnosti masa svalu semimembranosus u farmově chovaných daňků špičáků (n=10)

	Úprava					SEM	P -value
	Před mražením	-10 °C	-18 °C	-40 °C	-80 °C		
	LSM	LSM	LSM	LSM	LSM		
pH₄₈	5,61	5,58	5,51	5,57	5,57	0,070	0,699
Barva L*(světlost)	34,52	34,75	35,02	35,08	35,29	0,485	0,654
Barva a*(červenost)	13,15 ^B	14,34 ^A	14,15 ^{AB}	13,88 ^{AB}	14,26 ^A	0,343	0,014
Barva b*(žlutost)	10,87 ^B	12,24 ^A	11,94 ^A	12,00 ^A	12,07 ^A	0,375	0,005
Warner-Bratzler gril [N]	82,55 ^A	39,65 ^B	38,11 ^B	37,92 ^B	34,56 ^B	2,506	0,001
Ztráty mražením [%]	26,70 ^B	33,51 ^A	31,43 ^A	30,00 ^{AB}	31,53 ^{AB}	1,145	0,000
Ztráty grilováním [%]		29,33	28,93	28,32	28,28	1,833	0,955

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

Tabulka 12: Senzorické vlastnosti masa svalu semimembranosus u farmově chovaných daňků špičáků (n=10)

	Úprava				SEM	P -value
	-10 °C	-18 °C	-40 °C	-80 °C		
	LSM	LSM	LSM	LSM		
Intenzita vůně hovězího masa	31,47	33,50	30,97	31,04	4,471	0,806
Intenzita vůně zvěřiny	40,93 ^B	43,61 ^{AB}	49,27 ^{AB}	51,00 ^A	3,949	0,015
Intenzita abnormální vůně	16,99	19,21	17,40	21,41	5,357	0,386
Vůně játrová	36,43	36,31	36,56	42,66	6,668	0,149
Vůně kyselá	20,10 ^{AB}	19,01 ^B	23,42 ^{AB}	27,07 ^A	5,541	0,020
Křehkost	49,07	50,16	46,54	44,37	2,887	0,462
Šťavnatost	46,37	42,60	41,73	44,49	3,632	0,648
Žvýkatelnost	59,34 ^A	52,71 ^A	50,03 ^{AB}	42,39 ^B	3,171	0,000
Intenzita chuti hovězího masa	41,65	38,49	40,06	41,90	5,443	0,611
Intenzita chuti zvěřiny	43,89	44,86	47,19	46,84	3,950	0,066
Intenzita abnormální chuti	20,53	17,94	23,71	22,84	6,623	0,173
Chuť játrová	36,94	34,43	36,66	42,80	5,688	0,073
Chuť kyselá	30,17 ^{AB}	25,60 ^B	28,97 ^{AB}	34,44 ^A	7,498	0,023
Celková přijatelnost	48,39	46,83	43,96	41,69	3,684	0,299

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

6 Diskuze

Cílem experimentu bylo hodnotit vliv různého režimu zmrazení na fyzikální, technologické a organoleptické vlastnosti masa farmově chovaných daňků evropských (*Dama dama*) a na základě výsledku stanovit optimální teplotu zmrazení. Dle dostupných informací, až na jednu výjimku, nejsou k dispozici žádné relevantní literární zdroje realizované na mase daňků. Proto je v diskuzi provedeno srovnání zjištěných výsledků s pracemi zaměřenými na jiné živočišné druhy.

Farouk et al. (2003) uvádějí, že je barva L^* ovlivněna mražením, v souladu s tímto tvrzením jsou studie Leeho et al. (2021) a Hope-Jonese et al. (2017), ve kterých byl zaznamenán signifikantní rozdíl této vlastnosti mezi čerstvým a mraženým masem domestikovaných zvířat. U vepřového masa byla nejnižší hodnota barvy L^* (světlost) zjištěna u čerstvého masa. Když se teplota mražení snižovala, klesala i hodnota L^* (Lee et al., 2021). Na druhou stranu v případě hovězího masa docházelo k poklesu barvy L^* (Hope-Jones et al., 2017). Nejvyšší hodnotou této fyzikální charakteristiky mělo čerstvé maso, a nejnižší hovězí maso zmražené při $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Naopak v naší práci i v práci Daszkiewicz et al. (2017) u masa, jak farmově chovaného, tak volně žijícího daňka, nebyl nalezen statisticky významný rozdíl barvy L^* mezi čerstvým a rozmraženým vzorkem.

V našem experimentu byly pozorovány statisticky významné rozdíly v červenosti masa (barva a^*) i jeho žlutosti (barva b^*). Nejnižší červenost a^* byla u čerstvého masa, k odlišným výsledkům však dospěli Daszkiewicz et al. (2017), kteří zjistili, že rozmražené maso volně žijícího daňka evropského skladované při teplotě $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vykazuje nižší hodnoty barvy a^* a b^* u rozmraženého masa. Ve výzkumu Leeho et al. (2021) byly zaznamenány statisticky významné rozdíly mezi čerstvým vzorkem a mraženými vzorky vepřového masa. Oproti naší studii, autoři této práce našli nejnižší červenost masa u masa zmraženého při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Naopak stejné výsledky jako v naší práci byly pozorovány v případě barvy b^* . To je však v rozporu se zjištěním Kima et al. (2015), kteří uvádějí, že barva vepřového masa mraženého při $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebyla výrazně ovlivněna procesem mražení. Podle Fernández et al. (2007) jsou změny v barvě přisuzovány schopnosti myoglobinu získat zpět svoji přirozenou konformaci. Zhang et al. (2018) také uvádějí, že vliv na změny v barvě masa není zcela jednoznačný, neboť existuje řada studií, které ukazují, že zmražení neovlivnilo barvu masa.

Hodnota pH masa se považuje za jeden z nejdůležitějších fyzikálních parametrů. Ježek (2020) uvádí, že hodnotu pH ovlivňuje celá řada faktorů, jako jsou období a způsob porážky

nebo lovu, reprodukční cyklus. V některých studiích bylo rovněž zjištěno, že výživa také má vliv na pH hodnotu (Wiklund et al., 2005; Wiklund et al., 2003), oproti tomu existují i studie, které tvrdí, že výživa neovlivňuje pH hodnotu masa (Volpelli et al., 2003; Hutchison et al., 2012; Kudrnáčová et al., 2019).

Naším cílem bylo stanovit vliv různé teploty při zmražení na hodnotu pH v maso po rozmražení. Hodnota pH 45 minut po porážce jelenovitých je v rozmezí 6,5-7,2, 24-48h hodin po porážce pH obecně klesá na 6,0-5,4 (Volpelli et al., 2003), což je v souladu s naší prací, ve které pH hodnota 48 hodin po porážce poklesla na 5,61. Rovněž to poukazuje na to, že v procesu postmortálních změn došlo k přirozenému procesu okyselení a maso daňků nevykazovalo žádnou vadu. Na základě výsledků našeho experimentu nelze konstatovat statisticky významný vliv procesu zmražení na pH hodnotu masa.

Leygonie et al. (2012) a Akhtar et al. (2013) vysvětlují pokles hodnoty pH tím, že během zmražení dochází k částečné denaturaci proteinů, a tím k uvolnění vodíkových iontů, což vede následně k snížení pH. S tímto vysvětlením však nejsou zjištěná publikovaná ve studiích Kima et al. (2015) a Leecho et al. (2011), ve kterých byla stanovena vyšší pH hodnota mraženého hovězího a vepřového masa oproti čerstvému masu. Stejně výsledky pozorovali ve své studii Daszkiewicz et al. (2017), kteří hodnotili zvěřinu volně žijících daňků.

V naší práci se vliv různé teploty při mražení projevil v instrumentálně hodnocené křehkosti masa vyjadřované hodnotou síly stříhu. Nejvyšší sílu stříhu (a tedy nejvyšší tuhost) dosahovalo čerstvé maso, zatímco nejnižší mělo maso mražené při nejnižší teplotě. Ve shodě s naším pozorováním je řada jiných studií, např. Leecho et al. (2021), Hope-Jones et al. (2017), Daszkiewicz et al. (2017), ve kterých se používalo vepřové, hovězí, respektive dančí maso. Nižší sílu stříhu mraženého masa oproti čerstvému masu lze vysvětlit poškozením struktury buněčné membrány svalových buněk ledovými krystalky (Lui et al., 2010) a také aktivitou proteáz (Leygonie et al., 2012).

Studie Leecho et al. (2021) a Kima et al. (2015) uvádějí, že největší ztráty mražením jsou změřeny u masa mraženého při vyšších teplotách. Toto zjištění se v naší práci potvrdilo. Maso mražené při teplotě -18 °C mělo nejvyšší ztráty mražením. To může souviset s rozdílným výkonem a schopností zmrazit vzorky masa u různých zařízení, ve kterých bylo maso mrazeno a skladováno. Pomalé zmrazování způsobuje větší ztráty než rychlé zmrazování, vytvářejí se větší ledové krystaly poškozující strukturu svalových buněk, přičemž dochází ke ztrátě šťávy (Zhang et al., 2019). Ztráty masové šťávy způsobují hmotnostní ztráty (Pipek, 1995). Co se týče ztrát grilováním, zde nebyl pozorován signifikantní rozdíl.

Řada studií sledujících kvalitu masa daňků ukázala, že na organoleptické vlastnosti masa má vliv celá řada faktorů, jakými jsou: výživa, věk, délka zrání (Bureš et al., 2017b; Hutchison et al., 2010; Bureš et al., 2020a). Existuje řada studií zabývajících se těmito tématy, ale žádná z dostupných studií se nezabývala vlivem různé teploty mražení na organoleptické vlastnosti masa farmově chovaného daňka.

Ze čtrnácti hodnocených deskriptorů senzoričských vlastností signifikantní rozdíl byl nalezen pouze v čtyřech. V naší práci nebyl nalezen statisticky významný rozdíl mezi mraženými vzorky ve vlastnostech, jako jsou intenzita vůně hovězího masa, intenzita abnormální vůně, vůně játrová, křehkost, šťavnatost, intenzita chuti hovězího masa, intenzita chuti zvěřiny, intenzita abnormální chuti, chuť játrová a celková přijatelnost.

K texturním charakteristikám masa řadíme křehkost, šťavnatost a žvýkatelnost (Ruiz De Huidobro et al., 2005). Studie Hergenredera et al. (2013) uvádí, že hovězí maso mražené při vyšší teplotě je šťavnatější než maso zmražené při velmi nízkých teplotách, to je v souladu s naším pozorováním, kde bylo senzoričským panelem za nejšťavnatější maso považováno maso mražené při $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, oproti tomu Hope-Jones et al. (2017) neuvádí signifikantně průkazný rozdíl senzoričských vlastností (aroma, šťavnatost, vůně a křehkost) mezi vzorky mraženými při různé teplotě.

Textura masa je ovlivněná řadou faktorů. Spanier et al. (1997) uvádí proces zrání jako jeden z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících texturu masa. V naší práci se prokázalo, že mražení má vliv na žvýkatelnost. Nejsnadnější žvýkatelnost byla stanovena u masa mraženého při $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Toto je dáváno do souvislosti s tím, že při vyšších teplotách zmražení dochází k pomalému zmražení a proces zrání probíhá ještě nějakou dobu, zatímco při nízkých teplotách ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$) dochází k rychlému zmražení masa, čímž se zastaví proces zrání, který výrazně ovlivňuje tuto vlastnost, to prokázala studie Bureše et al. (2020a), ze které vyplývá, že maso daňků zrajících 14 dní mělo nejlepší žvýkatelnost. Z hlediska mražení nejsou dostupné žádné jiné práce.

V této práci byly zjištěny signifikantní rozdílné hodnoty mezi hodnocenými vzorky vykazující intenzitu vůně zvěřiny, kyselou chuť a vůni, přičemž je za maso s těmito senzoričskými vlastnostmi považováno maso mražené při nejnižší teplotě ($-80\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Na intenzitu vůně zvěřiny mělo vliv mražení. Nejvýraznější vůně zvěřiny byla stanovena u masa mraženého při nejnižší teplotě. Veškerá voda obsažená v mase zmrzne při teplotě $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Estrada-Flores 2006), tím se zastaví veškerá enzymatická činnost a maso si uchová vlastnosti čerstvého masa. Posuzování vůně zvěřiny u vzorků skladovaných

při teplotě -80 °C tak zřejmě nebylo ovlivněno degradačními procesy, které mohou v omezené míře probíhat i v maso zmraženém na nižší teplotu.

Co se týče chuti po játrech, ačkoliv v naší práci vliv mražení nebyl statisticky významný, existuje zde však zjevná tendence ($P= 0,073$), kdy nejvýraznější chuť byla pozorována u vzorků s nejnižší teplotou při skladování. Rozdíly v játrové chuti byly popsány ve vztahu k výživě (Bureš et al., 2020b), přičemž největší intenzitu játrové chuti mělo maso zvířat přikrmovaných koncentrovaným krmivem.

Přestože zjištěné diference mezi celkovou přijatelností vzorků byly malé, a signifikantně neprůkazné, jako maso s nejnižší celkovou přijatelností školenými hodnotiteli bylo hodnoceno maso mražené při nejnižší teplotě (-80 °C). Za maso s naopak největší celkovou přijatelností bylo oceněno maso mražené při -10 °C, na druhém místě je maso mražené při -18 °C, to lze vysvětlit tím, že proces zrání masa probíhal ještě nějakou dobu během skladování.

Teplota, která byla jen málo vzdálena od 0 °C, umožňovala v určité omezené míře tomu, aby zde dále probíhaly některé reakce umožňující proces postmortálních změn. Díky tomu docházelo k částečnému zlepšení některých sensorických vlastností.

V případě masa nedomestikovaných zvířat jsou obecně konzumenty preferovány výraznější organoleptické vlastnosti (Bureš et al., 2020b), což může být důvodem pro vysvětlení některých nalezených diferencí. Jiné rozdíly by však mohly být pozorovány, pokud by maso nebylo zabaleno ve vakuu. Tímto způsobem byly značně omezeny oxidační procesy a působení lipolytických enzymů. Zjištěné změny v naší práci však obecně nepředstavovaly zásadní problém, maso všech skupin lze považovat za dostatečně přijatelné pro konzumenty.

7 Závěr

Předložená práce se snažila porovnat význam různých teplot při skladování zmraženého masa svalu *semimembranosus* od samčích jedinců daňka z farmového chovu poražených ve věku jednoho a půl roku.

Byly sledovány fyzikální, technologické a organoleptické vlastnosti masa skladovaného po dobu více než půl roku. Z hlediska stanovených fyzikálních vlastností bylo zjištěno, že jsou patrné rozdíly v barvě masa a jeho instrumentální křehkosti. Pokud jsou tyto parametry měřeny u čerstvého a rozmraženého masa, mezi jednotlivými teplotami při skladování však výrazné rozdíly nalezeny nebyly. Při hodnocení organoleptických vlastností masa po rozmražení byly pozorovány signifikantní rozdíly u čtyř sledovaných deskriptorů. Přesto nelze jednoznačně tvrdit, že určitá teplota, při které bylo maso skladováno, poskytuje jednoznačně nejlepší či naopak nejhorší parametry kvality masa.

Pokud je maso zabaleno v plastovém obalu s využitím vakua, je do značné míry omezena jeho oxidace, případně i mikrobiální degradace. Cílem dalších experimentů by však mohlo být hodnocení masa skladovaného mražením, při využití například běžně používaných polyetelenových pytlíků, nebo v případě balení ve vakuu uplatnit výrazně delší skladovací dobu.

Z výsledků práce vyplývá, že dobré výsledky jsou dosaženy při použití nejběžnější teploty $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, která je jednoznačně nejvíce dostupná v běžných domácnostech. Proto může být maso jelenovitých skladováno tímto způsobem bez výrazných dopadů na parametry senzorických vlastností.

8 Literatura

- Ablikim B., Yana L., Kerim A., Ping S., Abdurerim P., Zhou G.H. (2016). Effects of breed, muscle type, and frozen storage on physico-chemical characteristics of lamb meat and its relationship with tenderness. *CyTA: journal of food*, 14, 109-116.
- Akhtar, S., Khan, M.I., Faiz, F. (2013). Effect of thawing on frozen meat quality: A comprehensive review. *Pakistan Journal of Food Science*, 23(4), 198-211
- Añón, M., Cavelo, A. (1980). Freezing rate effects on the drip loss of frozen meat. *Meat Science*, 4, 1-14.
- Arnarson, A., Olafsdottir, A., Ramel, A., Martinsdottir, E., Reykdal, O., Thorsdottir, I., & Thorkelsson, G. (2011). Sensory analysis and consumer surveys of fat- and salt-reduced meat products and their use in an energy-reduced diet in overweight individuals. *International journal of food sciences and nutrition*, 62(8), 872–880.
- Arsiccio, A., Pisano, R. (2020). The ice-water interface and protein stability: A review. *Journal of Pharmaceutical Sciences* 109, 2116– 2130.
- Arsiccio, A., Mccarty, J., Pisano, R., Shea, J. E. (2020). Heightened cold-denaturation of proteins at the ice-water interface. *Journal of the American Chemical Society* 142, 5722–5730.
- Asher, G.W. (1986). Studies on the reproduction of farmed fallow deer. PhD thesis, University of Canterbury, New Zealand.
- Authelin, J. R., Rodrigues, M. A., Tchessalov, S., Singh, S. K., Mccoy, T., Wang, S., Shalaev, E. (2020). Freezing of biologicals revisited: Scale, stability, excipients, and degradation stresses. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 109, 44–61.
- Bao, Y., Ertbjerg, P., Estévez, M., Yuan, L., Gao, R. (2021). Freezing of meat and aquatic food: Underlying mechanisms and implications on protein oxidation. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 20(6), 5548–5569.

Białkowska, A., Majewska, E., Olczak, A., & Twarda-Clapa, A. (2020). Ice Binding Proteins: Diverse Biological Roles and Applications in Different Types of Industry. *Biomolecules* 10(2) 274.

Bošković, M., Baltić, M., Ivanović, J., Đurić, J., Dokmanović, M., Marković, R., Šarčević, D., Baltić, T. (2015). Uticaj svinjskog mesa i masti na zdravlje ljudi. *Scientific Journal Meat Technology* 56 (1), 8-15.

Brewer, M. S., Harbers, C. (1991). Effect of packaging on physical and sensory characteristics of ground pork in long-term frozen storage. *Journal of Food Science*, 56(3), 627- 631.

Bureš D., Bartoň L., Kotrba R., Kudrnáčová E., Ceacero F. (2017b). Vliv výživy na intenzitu růstu, složení jatečného těla a kvalitu masa daňků evropských z farmových chovů. *Maso* 6, 4-8.

Bureš D., Bartoň L., Kotrba R., Kudrnáčová E. (2017a). Kvalita masa farmově chovaných jelenů a daňků. *Náš chov* 1, 72-74.

Bureš D., Bartoň L., Kudrnáčová E., Panovská Z., Kouřimská L. (2018). Maso divokých zvířat a jeho role v lidské výživě. *Výživa a potraviny* 1, 9-13.

Bureš D., Bartoň L., Panovská Z., Kudrnáčová E., Lebedová N., Fořtová J. (2020a). Vliv délky zrání na organoleptické vlastnosti masa daňků evropských z farmového chovu. *Maso* 3, 34-40.

Bureš D., Bartoň L., Kotrba R., Hakl J. (2015). Quality attributes and composition of meat from red deer (*Cervus elaphus*), fallow deer (*Dama dama*) and Aberdeen Angus and Holstein cattle (*Bos taurus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95 (11). 2299–2306.

Bureš D., Hoffman, L.C. (2019). Chov, produkce a zpracování masa nedomestikovaných zvířat v Namibii. *Maso* 7, 23-28.

Bureš D., Hoffman, L.C., Kotrba, R. (2017c). Chov, produkce a zpracování masa nedomestikovaných zvířat v Jihoafrické republice. *Maso* 6, 20-24.

- Bureš, D., Bartoň, L., Kudrnáčová, E., Kotrba, R., & Hoffman, L. C. (2020b). The Effect of Barley and Lysine Supplementation on the *longissimus lumborum* Meat Quality of Pasture-Raised Fallow Deer (*Dama dama*). *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(9), 1255.
- Bykowska, M., Stanisz, M., Ludwiczak, A., Skladanowska, J., & Ślósarz, P. (2016). Quality of meat from three muscles of farmed fallow deer (*Dama dama*). *Animal Production Science* 58 (2), 376-384.
- Cawthorn, D. M., Fitzhenry, L. B., Muchenje, V., Bureš, D., Kotrba, R., Hoffman, L. C. (2018). Physical quality attributes of male and female wild fallow deer (*Dama dama*) muscles. *Meat Science*, 137, 168–175.
- Cifuni, G. F., Amici, A., Contò, M., Viola, P., Failla, S. (2014). Effects of the hunting method on meat quality from fallow deer and wild boar and preliminary studies for predicting lipid oxidation using visible reflectance spectra. *European Journal of Wildlife Research* 60(3), 519–526.
- Curry, J. W., Hohl, R., Noakes, T. D., & Kohn, T. A. (2012). High oxidative capacity and type IIx fibre content in springbok and fallow deer skeletal muscle suggest fast sprinters with a resistance to fatigue. *The Journal of Experimental Biology* 215(22), 3997–4005.
- Čolić S. (2019). Hemijski sastav mesa. Poljoprivredne savetodavne i stručne službe Srbije. Available from: <https://www.psss.rs/forum/19/36123-hemijski-sastav-mesa.html> (accessed April 2022)
- Daszkiewicz T., Kubiak T., Panfil A. (2018). The Effect of Long-Term Frozen Storage on the Quality of Meat (*Longissimus thoracis et Lumborum*) from Female Roe Deer (*Capreolus capreolus* L.). *Journal of Food Quality* 7, 4691542.
- Daszkiewicz, T., Lipowski, T., Kubiak, D.. (2017). Effect of freezer storage on quality of M. *longissimus lumborum* from fallow deer (*Dama dama*). *South African Journal of Animal Science* 47(6), 834-841.

Dias, C. L., Ala-Nissila, T., Wong-ekkabut, J., Vattulainen, I., Grant, M., Karttunen, M. (2010). The hydrophobic effect and its role in cold denaturation. *Cryobiology*, 60, 91–99.

Dorgival M, de Carvalho, F. R., da Silva, F. J. S., Rangel, A.N., Novaes, L.P., Difante, G. S. (2016). Intrinsic factors affecting sheep meat quality: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 29(1), 03-15.

Estrada-Flores S. (2011). Transportation of frozen foods. In *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging*, D.-W. Sun, Ed., 2nd edition, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA 2nd edition, 2011. p. 219. ISBN: 9781439836040.

Farouk, M. M., Wieliczko, K. J., Merts, I. (2003). Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef. *Meat Science* 66 (1), 171-179.

Farouk, M., Beggan, M., Hurst, S., Stuart, A., Dobbie, P., & Bekhit, A. (2007). Meat quality attributes of chilled venison and beef. *Journal of food quality*, 30, 1023-1039.

Fernández, P. P., Sanz, P. D., Molina-García, A. D., Otero, L., Guignon, B., & Vaudagna, S. R. (2007). Conventional freezing plus high pressure-low temperature treatment: Physical properties, microbial quality and storage stability of beef meat. *Meat science* 77(4), 616–625.

Font-i-Furnols, M., Guerrero, L. (2014). Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Science* 98(3), 361–371.

Gagaoua, M., Terlouw, E.M., Micol, D., Hocquette, J., Moloney, A.P., Nuernberg, K., Bauchart, D., Boudjellal, A., Scollan, N.D., Richardson, R.I., & Picard, B. (2016). Sensory quality of meat from eight different types of cattle in relation with their biochemical characteristics. *Journal of Integrative Agriculture* 15, 1550-1563.

Hansen, E., Juncher, D., Henckel, P., Karlsson, A., Bertelsen, G., Skibsted, L. H. (2004). Oxidative stability of chilled pork chops following long term freeze storage. *Meat science* 68(3), 479–484.

Hartsell, S. E. (1951). The longevity and behavior of pathogenic bacteria in frozen foods: The influence of plating media. *American journal of Public Health* 41, 1072-1077.

- He, Z., Liu, K., & Wang, J. (2018). Bioinspired materials for controlling ice nucleation, growth, and recrystallization. *Accounts of Chemical Research* 51, 1082–1091.
- Hergenreder, J. E., Hosch, J. J., Varnold, K. A., Haack, A. L., Senaratne, L. S., Pokharel, S., Beauchamp, C., Lobaugh, B., Calkins, C. R. (2013). The effects of freezing and thawing rates on tenderness, sensory quality, and retail display of beef subprimals. *Journal of animal science* 91 (1), 483–490.
- Higgs J. D. (2000). The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. *Trends in Food Science & Technology*, 11, 3, 85–95.
- Hoffman L. C., Kritzinger B., Ferreira A. V. (2005). The effects of region and gender on the fatty acid, amino acid, mineral, myoglobin and collagen contents of impala (*Aepyceros melampus*) meat. *Meat Science* 69 (3), 551–558
- Hoffman L. C., Kroucamp M., Manley M. (2007). Meat quality characteristics of springbok (*Antidorcas marsupialis*). 3: Fatty acid composition as influenced by age, gender and production region. *Meat Science* 76 (4), 768–773.
- Hoffman, L. C. (2001). The effect of different culling methodologies on the physical meat quality attributes of various game species. *Proceedings: 5th international wildlife ranching symposium sustainable utilization–conservation in practice*, , 4–7 July 2001, Onderstepoort, South Africa, pp. 212-221.
- Hoffman, L.C. (2017). Game production and processing in South Africa. FEDFA annual meeting, 7.4.2017 ČZU, Prague, CZ.
- Hopkins, D. L., Nicholson, A. (1999). Meat quality of wether lambs grazed on either saltbush (*Atriplex nummularia*) plus supplements or lucerne (*Medicago sativa*). *Meat Science* 51 (1), 91–95.
- Huff-Lonergan, E. (2009). Fresh meat water-holding capacity. In: J.P. Kerry & D. Ledward (Eds.). *Improving the Sensory and Nutritional Quality of Fresh Meat*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. pp. 147–160. ISBN: 978-1-84569-343-5.

Hutchison, C.L, Mulley, R.C, Wiklund, E., Flesch, J.S. (2010). Consumer evaluation of venison sensory quality: Effects of sex, body condition score and carcass suspension method. *Meat Science* 86 (2), 311–316.

Hutchison, C. L., Mulley, R. C., Wiklund, E., & Flesch, J. S. (2012). Effect of concentrate feeding on instrumental meat quality and sensory characteristics of fallow deer venison. *Meat science* 90 (3), 801–806.

Hutchison, C., Mulley, R., Wiklund, E., Flesch, J., Sims, K. (2014). Effect of pelvic suspension on the instrumental meat quality characteristics of red deer (*Cervus elaphus*) and fallow deer (*Dama dama*) venison. *Meat Science* 98 (2), 104–109.

Chizzolini, R., Zanardi, E., Dorigoni, V., Ghidini, S. (1999). Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. *Trends in Food Science and Technology* 10(4–5), 119–128

Chlebounová T. (2019). Češi se řadí k nejčastějším konzumentům masa v Evropě. Euroskop. Available from: <https://euroskop.cz/2019/05/06/cesi-se-radi-k-nejcastejsim-konzumentum-masa-v-evrope> (accessed April 2022)

Ivanović S., Teodorović V., Baltić Ž.M. (2012). Kvalitet mesa – biološke i hemijske opasnosti. Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Beograd. pp: 25-34.

Ježek F. (2020). Fyzikálně chemické parametry zvěřiny a masa daňka evropského (*Dama dama L.*) chovaného na farmě. *Maso* 6, 41-45.

Kilar, J., Kasprzyk, A. (2021). Fatty Acids and Nutraceutical Properties of Lipids in Fallow Deer (*Dama dama*) Meat Produced in Organic and Conventional Farming Systems. *Foods (Basel, Switzerland)* 10(10), 2290.

Kilar, J., Duda M, Kilar M (2015). Consumer interest in venison. In: Karwowska M, Gustaw W (eds). *Trends in human nutrition*. Wydawnictwo Naukowe PTTŻ Kraków, pp. 101–110.

- Kim, J. H., Seong, P. N., Cho, S. H., Park, B. Y., Hah, K. H., Yu, L. H., Lim, D. G., Hwang, I. H., Kim, D. H., Lee, J. M., & Ahn, C. N. (2008). Characterization of nutritional value for twentyone pork muscles. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 21, 138–143.
- Klont, R. E., Brocks, L., Eikelenboom, G. (1998). Muscle fibre type and meat quality. *Meat Science* 49 (1), S219–S229.
- Kneblíková M. (2019). Trendy ve stravování Čechů: zdravěji... a rostlinně?. Ipsos. Available from: <https://www.ipsos.com/cs-cz/trendy-ve-stravovani-cechu-zdravejia-rostlinne-0> (accessed April 2020)
- Kohn, T. A., Curry, J. W., Noakes, T. D. (2011). Black wildebeest skeletal muscle exhibits high oxidative capacity and a high proportion of type IIx fibres. *The Journal of Experimental Biology* 214 (23), 4041–4047.
- Konjević D. (2007). Kakvoća mesa jelenske divljači iz uzgoja. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. *Meso* 9 (1), 52-56.
- Kudrnáčová E., Bartoň L., Bureš D., Hoffman L.C. (2018). Carcass and meat characteristics from farm-raised and wild fallow deer (*Dama dama*) and red deer (*Cervus elaphus*): a review. *Meat Science* 141(1):9–27.
- Kudrnáčová E. (2019). Nutritional and organoleptic properties of meat from farmed fallow deer (*Dama dama*) et different ways of fattening. Ph.D. thesis. Czech university of life sciences Prague, Prague, Czech.
- Kwiatkowska, A., Żmijewski, T., Cierach, M. (2009). Utility value of carcass of European deer (*Cervus elaphus*) and its meat evaluation. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 59(2), 151–156
- Lagerstedt, Å., Enfält, L., Johansson, L., & Lundström, K. (2008). Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef M. longissimus dorsi. *Meat Science* 80 (2), 457-61 .

Lawrence, T. J. L., Fowler, V. R., & Novakofski, J. (2009). Growth of farm animals. . Lawrie's meat science. 6th ed. Wallingford: CABI Publishing Lancaster. pp. 107–110. ISBN: 0851994849

Lee, S., Kim, E. J., Park, D. H., Ji, Y. R., Kang, G., Choi, M. J. (2021). Deep freezing to maintain the freshness of pork loin during long-term storage. *Food science and biotechnology* 30(5), 701–710.

Lefaucheur, L. (2010). A second look into fibre typing - relation to meat quality. *Meat Science* 84 (2), 257–270

Leygonie C., Britz T. J., Hoffman L. C. (2012). Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science* 91 (2), 93-98.

Li, F., Zhong, Q., Kong, B., Wang, B., Pan, N., Xia, X. (2020). Deterioration in quality of quick-frozen pork patties induced by changes in protein structure and lipid and protein oxidation during frozen storage. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 133, 109142.

Liu, Z., Xiong, Y. L., Chen, J. (2010). Protein oxidation enhances hydration but suppresses water-holding capacity in porcine longissimus muscle. *Journal of agricultural and food chemistry* 58(19), 10697–10704.

Lund, M. N., Christensen, M., Fregil, L., Hviid, M. S., Skibsted, L. H. (2008). Effect of high-oxygen atmosphere packaging on mechanical properties of single muscle fibres from bovine and porcine longissimus dorsi. *European Food Research and Technology* 227, 1323-1328.

Maltin, C. A., Warkup, C. C., Matthews, K. R., Grant, C. M., Porter, A. D., Delday, M. I. (1997). Pig muscle fibre characteristics as a source of variation in eating quality. *Meat Science* 47 (3–4), 237–248.

Mancini, R. A. (2009). Meat colour. In J. P. Kerry & D. Ledward, *Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, pp. 89–110. ISBN: 9781845693435.

- Mietsch, F., Hala'sz, A., & Farkas, J. (1994). Untersuchung u'ber A'nderungen von Fleischproteinen wa'hrend der gefrierlagung. *Die Nahrung* 38, 47–52
- Michelle Hope-Jones, Kealeboga M., Philip E.S. (2004). The effect of freezing and thawing on meat quality of beef loins. *Proceedings: 60th International Congress of Meat Science and Technology, 17-22nd August 2014, Punta Del Este, Uruguay.*
- Ngapo, T. M., Babare, I. H., Reynolds, J. Mawson, R. F. (1999). Freezing and thawing rate effects on drip loss from samples of pork. *Meat Science* 53, 149-158.
- Owens, M.C., Alvarado, C., Sams, R.A. (2010). Poultry meat processing, 2nd edition. CRC Press. pp. 218-219. ISBN: 9781420091892.
- Ozawa, S., Mitsuhashi, T., Mitsumoto, M., Matsumoto, S., Itoh, N., Itagaki, K., Kohno, Y., & Dohgo, T. (2000). The characteristics of muscle fiber types of *longissimus thoracis* muscle and their influences on the quantity and quality of meat from Japanese Black steers. *Meat science* 54(1), 65–70.
- Paunović N. (2002). Tehnologija mesa. Viša tehnička škola „Popović i sinovi“, Požarevac, Srbija. pp: 125-134.
- Pereira P. M. D. C. C., Vicente, A. F. D. R. B., (2013). Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93, 3, 586–592
- Perić T. (2008). Hladjenje, smrzavanje i odmrzavanje mesa. Smrzavanje mesa. Poljo-knjiga Beograd. pp: 131-171. ISBN: 978-86-82769-13-2.
- Petrović L. (1982). Investigation of effects of different freezing procedures on myofibrillar proteins in beef *M. longissimus dorsi*. Ph.D. thesis. University of Novi Sad, Novi Sad, Yugoslavia.
- Petrović, S. Lj. (1989). Smrzavanje mesa. Institut za tehnologiju mesa, mleka, ulja i masti i voća i povrća. Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu. pp. 1-7; 28-57.

Pham, Q.T. (2004). Refrigeration and freezing technology/Thawing. *In Encyclopaedia of Meat Science*; Jensen, W.K., Ed.; Elsevier Academic Press: Oxford, UK, 2004, 3, pp. 1150–1156. ISBN: 9780124649705.

Piasentier, E., Bovolenta, S., Viliani, M. (2005). Wild ungulate farming systems and product quality. *Veterinary Research Communications* 29 (2), 65-70.

Piaskowska, N., Daszkiewicz, T., Kubiak, D., Zapotoczny, P. (2016). Quality of meat (*longissimus dorsi*) from male fallow deer (*Dama dama*) packaged and stored under vacuum and modified atmosphere conditions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 29(12), 1782–1789.

Picard, B., Lefaucheur, L., Berri, C., Duclos, M. J. (2002). Muscle fibre ontogenesis in farm animal species. *Reproduction, Nutrition, Development* 42(5), 415–431.

Pintíř J. (2000). Intenzivní chovy jelenovitých v České republice. Myslivost 1. Available from: <https://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/Myslivost/2000/Leden---2000> (accessed April 2020).

Pípek P. (1995). Technologie masa I. 1. vyd., Praha: s.n. pp. 316-326. ISBN: 80-7080-039-9.

Pípek P. 2012. Technologie masa. In Kadlec P, Melzoch K, Voldřich M, ed. *Technologie potravin – přehled tradičních potravinářských výrob.* KEY Publishing s.r.o., Ostrava. p.p. 167-197. ISBN: 978-80-7418-145-0

Pollard, J.C., Littlejohn, R.P., Asher, G.W., Pearse, A.J., Stevenson-Barry, J.M., McGregor, S.K., Manley, T.R., Duncan, S.J., Sutton, C.M., Pollock, K.L., & Prescott, J.H. (2002). A comparison of biochemical and meat quality variables in red deer (*Cervus elaphus*) following either slaughter at pasture or killing at a deer slaughter plant. *Meat science* 60 (1), 85-94 .

Privalov, P. L. (1990). Cold denaturation of proteins. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology* 25, 281–305.

Purslow, P. P. (2005). Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science*, 70(3), 435–447.

Ramanzin M., Amici A., Casoli C., Esposito L., Lupi P., Marsico G., Mattiello S., Olivieri O., Ponzetta M. P., Russo C., Marinucci M. T. (2010). Meat from wild ungulates: Ensuring quality and hygiene of an increasing resource. *Italian Journal of Animal Science* 9 (3), 318-331.

Rødbotten M., Kubberød E., Lea P., Ueland Ø. (2004). A sensory map of the meat universe. Sensory profile of meat from 15 species. *Meat Science* 68 (1), 137–144.

Ruiz De Huidobro, F., Miguel, E., Blázquez, B., Onega, E. (2005). A comparison between two methods (Warner-Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Science* 69 (3), 527–536.

Salaková A., Bořilová G. (2014). Technologie a hygiena potravin živočišného původu – návody na cvičení. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno.

Sangita S. (2018). Klinická výživa a dietologie v kostce. Grada Publishing, a.s. Praha 7, ČR. pp: 45-47. ISBN: 978-80-271-0228-0.

Smith, R., & Dobson, H. (1990). Effect of preslaughter experience on behaviour, plasma cortisol and muscle pH in farmed red deer. *The Veterinary Record* 126(7), 155–158.

Soriano, A., & Sánchez-García, C. (2021). Nutritional Composition of Game Meat from Wild Species Harvested in Europe. In (Ed.), *Meat and Nutrition*. IntechOpen. ISBN: 978-1-83968-703-7.

Spanier, A. M., Flores, M., McMillin, K. W., Bidner, T. D. (1997). The effect of post-mortem aging on meat flavor quality in Brangus beef. Correlation of treatments, sensory, instrumental and chemical descriptors. *Food Chemistry* 59 (4). 531–538.

Spanier, A.M. (1992). Current approaches to the study of meat flavour quality. *Developments in Food Science* 29, 695-709.

Steinhauser L., Ed. (2000). Produkce masa. Last, Tišnov. ISBN: 80-900260-7-9.

Stevenson, J. M., Seman, D. L., Littlejohn, R. P. (1992). Seasonal variation in venison quality of mature, farmed red deer stags in New Zealand. *Journal of Animal Science* 70(5), 1389–1396.

Stevenson-Barry, J. M., Carseldine, W. J., Duncan, S. J., Littlejohn, R. P. (1999). Incidence of high pH venison: implications for quality. *Proceeding of New Zealand Society of Animal Production* 59, 145-147.

Straka, R. P., Stokes, J. L. (1959). Metabolic injury to bacteria at low temperatures. *Journal of bacteriology*, 78(2), 181–185.

Suman, S. P., & Joseph, P. (2013). Myoglobin chemistry and meat color. *Annual review of food science and technology* 4, 79–99.

Tešanović, D., Kalenjuk, B., Tešanović, D., Psodorov, Đ., Ristić, Z., Marković, V. (2011). Changes of biochemical and sensory characteristics in the musculus *longissimus dorsi* of the fallow deer in the early phase *post-mortem* and during maturation. *African Journal of Biotechnology* 10 (55), 11668–11675.

Troy, D. J., & Kerry, J. P. (2010). Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Science* 86, 214–226.

Vaca D. (2021). Myslivecká statistika 2020/2021. *Svět myslivosti* 9, pp: 14-17.

Vestergaard M., Oksbjerg N., Henckel P. (2000). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of *semitendinosus*, *longissimus dorsi* and *supraspinatus* muscles of young bulls. *Meat Science* 54 (2), 177–185.

Vodňanský M., Forejtek P., Winkelmayer Pr., Paulsen P., Rajský D., Malena M., Večerek V., Lebersorger P., Zedka H.F. (2009). Hygiena zvěřiny. Institut ekologie zvěře VFU Brno 2009. 2. přepracované vydání. pp: 35-39. ISBN 978-7305-073-3.

Volpelli LA, Valusso R, Morgante M, Pittia P, Piasentier E. (2003). Meat quality in male fallow deer (*Dama dama*): effect of age and supplementary feeding. *Meat Science* 65, 555-562.

- Vuković I.K. (1998). Osnove tehnologije mesa. Hemijski sastav mesa. Infotek, Beograd, Srbija. pp: 87-93. ISBN: 8682301237.
- Welch, R. W., & Mitchell, P. C. (2000). Food processing: a century of change. *British medical bulletin* 56(1), 1–17.
- WHO, FAO. (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. *World Health Organization Technical Report Series 916*, p. 149.
- Wiklund E., Hutchison C. L., Flesch J. S., Mulley R. C., Littlejohn R. (2005). Colour stability and water-holding capacity of *M. longissimus* and carcass characteristics in fallow deer (*Dama dama*) grazed on natural pasture or fed barley. *Rangifer* 25 (2), 97–106.
- Wiklund E., Sampels S., Manley T., Picková J., Littlejohn R. (2006). Effects of feeding regimen and chilled storage on water-holding capacity, colour stability, pigment content and oxidation in red deer (*Cervus elaphus*) meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86 (1), 98–106.
- Wiklund, E., Manley, T. R., & Littlejohn, R. P. (2004). Glycolytic potential and ultimate muscle pH values in red deer (*Cervus elaphus*) and fallow deer (*Dama dama*). *Rangifer* 24, 87–94.
- Wojtysiak, D., Górska, M., & Wojciechowska, J. (2016). Muscle fibre characteristics and physico-chemical parameters of m. semimembranosus from Puławska, Polish large white and Pietrain pigs. *Folia Biologica (Kraków)* 64(3), 197–204.
- Xiong, Y. L., & Guo, A. (2021). Animal and plant protein oxidation: Chemical and functional property significance. *Foods* 10, 40.
- Zhang M, Niu H, Chen Q, Xia X, Kong B. (2018). Influence of ultrasound-assisted immersion freezing on the freezing rate and quality of porcine longissimus muscles. *Meat Science* 136, 1-8.
- Zhang Y, Erthjerg P. (2019). On the origin of thaw loss: relationship between freezing rate and protein denaturation. *Food Chemistry* 299, 125104.

Zhou, G. H., Xu, X. L., & Liu, Y. (2010). Preservation technologies for fresh meat - a review. *Meat science* 86(1), 119–128.

Żochowska-Kujawska, J., Lachowicz, K., & Sobczak, M. (2012). Effects of fibre type and kefir, wine lemon, and pineapple marinades on texture and sensory properties of wild boar and deer *longissimus* muscle. *Meat Science* 92(4), 675–680.

Żochowska-Kujawska, J., Lachowicz, K., Sobczak, M., & Gajowiecki, L. (2007). Effects of carcass weight and muscle on texture, structure, rheological properties and myofibre characteristics of deer. *Electronic Journal of Polish Agriculture Universities* 10(4), 33.

Żochowska-Kujawska, J., Sobczak, M., & Lachowicz, K. (2009). Comparison of the texture, rheological properties and myofibre characteristics of SM (*semimembranosus*) muscles of selected species of game animals. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 59(3), 243–246.

Zomborszky G., Szentmihályi I., Sarudi, I., Horn P. Szabó C.S., (1996). Nutrient composition of muscles in deer and boar. *Journal of Food Science* 61, 625-627

Živković D., Stajić S. (2016). Tehnologija mesa 1. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu. pp: 47-66. ISBN: 978-86-7834-255-4.

9 Seznam použitých zkratk a symbolů

SFA – nasycené mastné kyseliny

MUFA – mononenasycené mastné kyseliny

PUFA – polynenasycené mastné kyseliny

EPA – kyselina eikosapentaenová

DHA – kyselina dokosahexaenová

IMT – intramuskulární tuk

ATP – adenosintrifosfát

WHC – vaznost masa