

# **Analýza ztrát hmotnosti při využití různých způsobů rozmrazování hovězího masa**

Kristýna Sucháčková

---

Bakalářská práce  
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2018/2019

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kristýna Sucháčková**  
Osobní číslo: **T16331**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Analýza ztrát hmotnosti při využití různých způsobů rozmrazování hovězího masa**

Zásady pro vypracování:

- 1. V teoretické části se student zaměří na literární rešerši o způsobech mražení a rozmrazování masa.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] FABRE, R., et al. Cooking Method Effect on Warner–Bratzler Shear Force of Different Beef Muscles. *Meat Science*, 138, 2018, 10–14.

[2] RUIZ DE HUIDOBRO, F., MIGUEL, E., BLAZQUEZ, B., ONEGA, E. A comparison between two methods (Warner–Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Science*, 2005, 69, 527–536.

[3] KIM, Y. H., KEMP, R., SAMUELSSON, L. M., Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Science*, 2016, 111, 168–176.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Robert Gál, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **2. února 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2019**

Ve Zlíně dne 2. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*

doc. Ing. Jiří Miček, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 6.5.2019

.....

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce požít na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě díla vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

V této bakalářské práci jsou popisovány účinky mrazírenské teploty na hovězí maso. Zmrazeny byly hovězí nízké roštěnce ve dvou odlišných typech balení. Hodnotily se hmotnostní ztráty, založené na účinku zmrazovací teploty a způsobu rozmrazení. Dále byla analyzována oxidace lipidů, změny sušiny a pH. Dle dosažených výsledků byl určen správný způsob rozmrazování masa, při kterém docházelo k nejmenším hmotnostním úbytkům.

Klíčová slova: hovězí maso, chlazení, zmrazování, ledové krystaly, rozmrazování, hmotnostní ztráty

## **ABSTRACT**

In this bachelor thesis are described the effects of freezing temperature on beef. Beef sirloin in two different types of packs were frozen. Mass losses based on freezing temperature effect and defrosting method were evaluated. Furthermore, lipid oxidation, dry matter and pH changes were analyzed. According to the results, the correct method of defrosting the meat was evaluated in which the smallest weight loss occurred.

Keywords: beef, cooling, freezing, ice crystals, defrosting, weight loss

Mé největší poděkování patří vedoucímu této bakalářské práce Ing. Robertovi Gálovi, Ph.D. za jeho ochotu, cenné rady, pomoc při zajištění materiálu a celkový čas strávený nad touto prací.

Dále bych chtěla poděkovat společnosti Steinhauser, s.r.o. za možnost odběru kvalitního hovězího masa pro provedení experimentu a také společnosti Raciola Uherský Brod, s.r.o., za možnost hlubokého zmrazení masa v jejich zařízení.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 MASO</b> .....	<b>12</b>
1.1 HOVĚZÍ MASO.....	12
1.2 CHEMICKÉ A NUTRIČNÍ SLOŽENÍ MASA.....	13
1.2.1 Jednotlivé zastoupení živin.....	13
1.2.2 Kvalita hovězího masa.....	14
1.2.3 Zrání hovězího masa.....	14
1.3 BOURÁNÍ HOVĚZÍHO MASA.....	15
1.3.1 Rozdělení z kulinárního hlediska.....	16
1.4 PLEMENA SKOTU.....	16
1.4.1 Aberdeen angus.....	16
1.4.2 Charolais.....	17
1.4.3 Limousine.....	17
<b>2 CHLAZENÍ A UCHOVÁNÍ MASA V CHLADU</b> .....	<b>18</b>
2.1 CHLAZENÍ.....	18
2.2 CHLADÍRENSKÉ TECHNOLOGIE.....	18
2.2.1 Konzervace masa.....	19
2.2.2 Mikrobiologie masa při chlazení.....	19
2.2.3 Nesprávné chlazení.....	20
2.3 METODY CHLAZENÍ MASA.....	21
2.3.1 Vakuové chlazení.....	21
2.3.2 Chlazení vzduchem.....	21
2.3.3 Hypobarické chlazení.....	22
2.4 CHLAZENÍ TEPELNĚ ZPRACOVANÝCH MASNÝCH VÝROBKŮ.....	22
2.5 CHLADÍCÍ ZAŘÍZENÍ.....	23
2.5.1 Chladicí zařízení pro domácnosti.....	23
2.5.2 Obalové materiály.....	24
2.5.3 Bezpečnost potravin v chladničkách.....	25
2.6 VLIV CHLAZENÍ NA POTRAVINY.....	25
<b>3 ZMRAZOVÁNÍ MASA</b> .....	<b>26</b>
3.1 ZMĚNY PŘI ZMRAZOVÁNÍ MASA.....	26
3.2 TVORBA LEDOVÝCH KRYSTALŮ.....	26
3.3 MIKROBIOLOGIE MASA PŘI ZMRAZOVÁNÍ.....	27
3.4 METODY A ZAŘÍZENÍ K ZMRAZOVÁNÍ MASA.....	28
3.4.1 Šokové zmrazování masa.....	28
3.4.2 Kontaktní zmrazování.....	29
3.4.3 Hluboké zmrazování.....	30
3.4.4 Zmrazování chladným vzduchem.....	30
3.4.5 Kryogenní zmrazování.....	30
3.4.6 Vysokotlaké zmrazování.....	31



3.4.7	Sušení .....	31
3.4.8	Mechanické mrazicí zařízení.....	32
3.5	ATRIBUTY KVALITY MASA PO ZMRAZOVÁNÍ.....	32
3.5.1	Barva .....	32
3.5.2	pH.....	32
3.5.3	Oxidace lipidů a bílkovin .....	32
3.6	BEZPEČNÉ ZMRAZOVÁNÍ PRO PRODLOUŽENÍ DOBY TRVANLIVOSTI.....	33
3.6.1	Spálení masa mrazem.....	33
3.7	OBALOVÉ MATERIÁLY .....	34
3.8	VLIV ZMRAZOVÁNÍ NA POTRAVINY .....	34
<b>4</b>	<b>ROZMRAZOVÁNÍ.....</b>	<b>35</b>
4.1	METODY ROZMRAZOVÁNÍ .....	35
4.1.1	Rozmrazování v chladničce .....	35
4.1.2	Rozmrazování ve studené vodě.....	36
4.1.3	Rozmrazování v mikrovlnné troubě.....	36
4.1.4	Ohmické rozmrazování .....	36
4.1.5	Radiofrekvenční rozmrazování .....	37
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>CÍL PRÁCE .....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>PROVEDENÍ EXPERIMENTU .....</b>	<b>40</b>
6.1	SUROVINY, PŘÍSADY, TECHNOLOGICKÉ A LABORATORNÍ POMŮCKY .....	40
6.1.1	Chemikálie potřebné k pokusu.....	40
6.2	VZORKY A JEJICH PŘÍPRAVA .....	41
6.3	METODY VYUŽÍVANÉ V EXPERIMENTU .....	46
6.3.1	Metodika chladícího plynu CO <sub>2</sub> .....	46
6.3.2	Metodika hmotnostních ztrát.....	46
6.3.3	Metodika TBARS metody.....	47
6.3.4	Metodika stanovení sušiny .....	47
6.3.5	Metodika stanovení pH .....	48
<b>7</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>49</b>
7.1	HODNOTY STANOVENÉ U CHLAZENÉHO MASA.....	49
7.2	HMOTNOSTNÍ ZTRÁTY .....	49
7.3	OBSAH SUŠINY A VODY .....	59
7.4	OXIDACE LIPIDŮ .....	60
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>62</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>64</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>		<b>71</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>72</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>73</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>		<b>74</b>

## ÚVOD

Lidstvo konzumuje maso více jak 2,5 milionu let. Strava našich předků nebyla příliš rozmanitá. Nejčastěji jedli ovocné plody, trávu či listy stromů. Velkou zásobou bílkovin, tuků, vitaminů a minerálních látek jim dodávalo maso.

Chlazení a správné skladování masa je významnou součástí pro výrobu kvalitních masných výrobků a pokrmů. Například vařené produkty musí být před uschováním řádně ochlazeny, aby se zabránilo růstu patogenů tvořících spory. Surové produkty musí být uschovány v chladícím zařízení, aby se minimalizoval růst mikroorganismů a rizik s nimi spojenými.

Pro provedení experimentu v této práci byla vybrána jatečná část z hovězího jatečně upraveného těla a to konkrétně nízký roštěnec. Jedná se o velmi kvalitní část zadního hovězího masa, jenž je často využívána k přípravě steaků, které jsou ve společnosti velmi oblíbené. Jakýkoliv pokrm by měl být připraven z kvalitní suroviny. I z tohoto hlediska by se mělo správně zacházet s výchozí surovinou. V této práci je uvedeno, k jakým hmotnostním změnám dochází při rozmrazování masa, ať už způsobem, který je doporučován široké veřejnosti, tak i způsoby se kterými se setkáváme v mnoha domácnostech. Podstatné je si uvědomit, že při nesprávném rozmrazení masa dochází k vyloučení mnoha důležitých živin, které jsou odváděny z masa spolu s masovou šťávou. Jejich množství je spjato s uvolňováním ledových krystalů, které byly v mase vytvořeny při zmrazování. Vhodným způsobem rozmrazení jsme schopni do určité míry ovlivnit ztráty při rozmrazování masa. V podstatě lze říci, že čím chladnější prostředí zvolíme, tím se ledové krystaly pomaleji rozpouští a dochází k menším ztrátám.

Kromě hodnocení ztrát hmotnosti vlivem zmrazovací a rozmrazovací teploty se tato práce zabývá také změnou obsahu sušiny, oxidací lipidů a pH masa po rozmrazení. Ačkoliv se mnoho moderních metod zabývá hmotnostními ztrátami, či dalšími změnami vlastností u masa tepelně opracovaného, nebo pouze chlazeného, mohla by tato práce poukázat na fakt, že i správné rozmrazení je podstatné pro zachování kvality masa, a ne jen hovězího masa.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 MASO

Pojem maso se vztahuje na kostní svalstvo plus veškeré připojené pojivové tkáně nebo tuky, ale také droby, v čerstvém nebo upraveném stavu, které se hodí k lidské výživě [1,2]. Jatečně opracovaný kus je část jatečných zvířat, která zůstává po odstranění kůže, krve, vnitřností, hlavy a částí končetin v průběhu jatečního opracování. Konkrétně u hovězího se jedná o dvě půlky nebo čtyři čtvrtě. Celý jatečně opracovaný kus obsahuje kromě svaloviny i tukovou tkáň, vaziva, chrupavky, kosti a jiné méně významné tkáně [3]. Mezi nejčastější zdroje masa patří: jatečná zvířata (prasata, skot, ovce, koně, králíci), jatečná drůbež (hrabavá i vodní), lovná zvěř (jelen, srnec, daněk, muflon, zajíc, divočák), ryby a bezobratlí. Podle Českého statistického úřadu byla u nás v roce 2012 na osobu průměrná spotřeba hovězího masa 8,2 kg, drůbežího masa 25,2 kg a vepřového masa 41,3 kg. Spotřeba masa v České republice se pohybuje okolo 75 – 78 kg na jednoho obyvatele za rok, včetně ryb [4,5].

### 1.1 Hovězí maso

Hovězí maso je maso ze skotu – z telete, býka, volka, jalovice, krávy. Jatečně opracované tělo telat se pohybuje okolo 160 kg bez ohledu na pohlaví. Důležitý je věk jedince. Pro telata platí hranice 1 – 7 měsíců. Kusy s hmotností nad 160 kg nazýváme mladý skot. Opět není zavazující pohlaví, ale stáří od 8 – 12 měsíců včetně. Za mladého býka je považováno nekastrované zvíře samčího původu starší než 12 měsíců a mladší než 2 roky. Jalovice je neotelená samice, starší 7 měsíců [6].

Barva masa je velmi nápadný znak. Maso má jasně červenou barvu. U mladších kusů je světlejší. Spotřebitel je schopen i díky barvě posoudit kvalitu masa, popřípadě i masných výrobků. Důležitým faktorem jakosti masa je především světlost. Tento jev je dán obsahem hemových barviv a hodnotou pH. Mezi hemová barviva patří myoglobin a hemoglobin.

- Myoglobin je svalové barvivo. Hlavní funkcí je zásobárna kyslíku ve svalech. Rozdíl mezi myoglobinem a hemoglobinem je ve větší afinitě ke kyslíku.
- Hemoglobin je krevní barvivo, které zprostředkovává přenos kyslíku z plic do svalů. Jeho koncentrace se může lišit například tím, jak bylo zvíře krmeno [3].

Červené maso, což je maso hovězí, vepřové, jehněčí a zvěřina může hrát důležitou roli ve zdravé stravě, protože má vysoký obsah živin. Nejlepší hovězí maso je z volů a mladých býků. Typická chuť a vůně masa jsou ovlivněny přítomností těkavých mastných kyselin. Specifická chuť je zvláště výrazná u starších zvířat. S chuťovými vlastnostmi masa blíže

souvisí šťavnatost a křehkost, která je zvláště způsobena vysokým obsahem svalových bílkovin. Mladé kusy mají jemně vláknité maso, svalovina starších jedinců je hrubě vláknitá. Staří býci mají maso tvrdší a méně chutné z důvodu přítomnosti samčích hormonů. U jalovic a volů naproti tomu dochází k brzkému ukládání tuku, který maso výrazně prorůstá, takže při řezu je možné vidět mramorování. Průměrný obsah tuku by neměl přesahovat 5,7 – 6,2 %, libové hovězí maso obsahuje do 3 % tuku [7,8].

## 1.2 Chemické a nutriční složení masa

Chemické složení masa je složité jednoznačně definovat. Jiné složení dostaneme, pokud bereme v úvahu čistou svalovinu, která je zbavena veškerého extramuskulárního tuku i šlach. Další rozdíl může nastat v případě, že je brána svalovina včetně mezisvalového tuku a i jiných tkání a konečně jiné složení bude u jatečně opracovaných kusů jako celek. Samotná libová svalovina se skládá z vody, bílkovin, tuků, minerálních látek a vitaminů. Nedílnou součástí jsou důležité živiny, které jsou potřebné pro zdraví člověka [3,6].

### 1.2.1 Jednotlivé zastoupení živin

Lipidy jsou v maso zastoupeny z největší části jako tuky (estery mastných kyselin a glycerolu). Intramuskulární tuk je rozložen mezi buňkami a tvoří tzv. mramorování masa. Mezi významné steroly patří cholesterol, který je nedílnou součástí lidského těla. Jedná se o důležitý stavební kámen buněčných membrán a podílí se na syntéze důležitých hormonů. Obecné studie poukazují, že pro červené maso jsou charakteristické poměrně nízké obsahy tuku a mírný cholesterol. Hovězí maso se skládá z nasycených a nenasycených kyselin, které jsou přítomny v přibližně stejném množství. Hlavními mastnými kyselinami jsou kyselina stearová, olejová a kyselina palmitová. Potravinářské výrobky z přežvýkavců obsahují trans-tuky známé jako trans-tuky přežvýkavců. Nejčastější z nich je kyselina linolová (CLA). Konjugovaná kyselina linolová byla spojena s různými účinky na lidské zdraví, zejména pokud se jedná o úbytek hmotnosti [1,3,6,9].

Bílkoviny, zvláště esenciální aminokyseliny jsou důležité ve stravě. Napomáhají tělu opravovat a regenerovat buňky. Jsou důležité ve stravě dětí a dospívajících pro správný růst a vývoj. Sarkoplasmatické bílkoviny jsou obsaženy převážně v sarkoplazmatu. V technologii masa mají největší význam hemová barviva myoglobin a hemoglobin, která způsobují červené zabarvení masa a krve. Tvoří je bílkovinný nosič globin a barevná skupina, tzv. hem. Kolagen je také nedílnou součástí, ale liší se svým aminokyselinovým složením. Hlavním

rozdílem je obsah nepolárních aminokyselin, zejména glycinu, naopak vysoký obsah prolinu. Pro kolagen jsou typické složité struktury, které se odráží v jeho vlastnostech, ty se projevují především při záhřevu – kolagenní vlákna se deformují, stávají se elastickými a průzračně sklovitými. Ve vodě silně bobtná, po rozrušení příčných vazeb se mění na rozpustnou látku – želatinu [3,10].

Maso je přirozeným zdrojem vitamínu B<sub>12</sub>, který hraje klíčovou roli v udržování mozku a funkci nervového systému, normálního metabolismu a vysoké energetické hladiny. Zinek obsažený v hovězím masu je důležitý pro růst a udržování těla. Hovězí maso je velmi bohaté na obsah železa [9,11].

Stejně jako rostliny i maso je zdrojem řady neesenciálních látek a antioxidantů. Kreatin slouží jako zdroj energie pro svaly. Taurin je antioxidační aminokyselina, která je běžnou součástí energetických nápojů [11].

### 1.2.2 Kvalita hovězího masa

Jakost hovězího masa a kvalita jatečných těl je ovlivněna mnoha faktory vnitřního i vnějšího prostředí. Velkou část z nich může bezprostředně ovlivnit chovatel v jednotlivých růstových pásmech po dobu ontogeneze zvířete. Významným faktorem může být plemeno zvířete, věk, pohlaví a způsob porážky. Co se týká plemene, nemůžeme nikdy očekávat stejně dobré jakostní parametry u masa z mléčných plemen, jako u masných plemen [12].

Výkrm býků je pro chovatele zajímavější, protože dosahují vyšší intenzity růstu při nižší spotřebě krmiv a následně nižší obsah tuku v jatečném těle. Ideálním způsobem chovu je volná pastvina, plus obilný příkrm v posledních měsících před porážkou [13,14,15].

### 1.2.3 Zrání hovězího masa

Zcela zásadním faktorem určujícím jakost masa je úroveň jeho vyžrání. Momentem porážky zvířete dochází k řadě biochemických pochodů, jejichž působením se ze svaloviny stává maso. Nejprve se po vykrvení zvířete zastavuje přívod kyslíku do svalů a z glykogenu vzniká kyselina mléčná. Jejím hromaděním se svalovina přirozeně okyseluje. V tomto okamžiku jsou svaly nejtužší a momentálně nejméně vhodné na úpravu. Okyselení masa má na druhou stranu velkou výhodu v tom, že se samo obrání před nežádoucí mikrobiální aktivitou. Aktivují se enzymy, které jsou ve svalových buňkách a které narušují bílkoviny, čímž maso postupně křehne. Čím vyšší je skladovací teplota, tím kratší je potřebná doba k vyžrání masa.

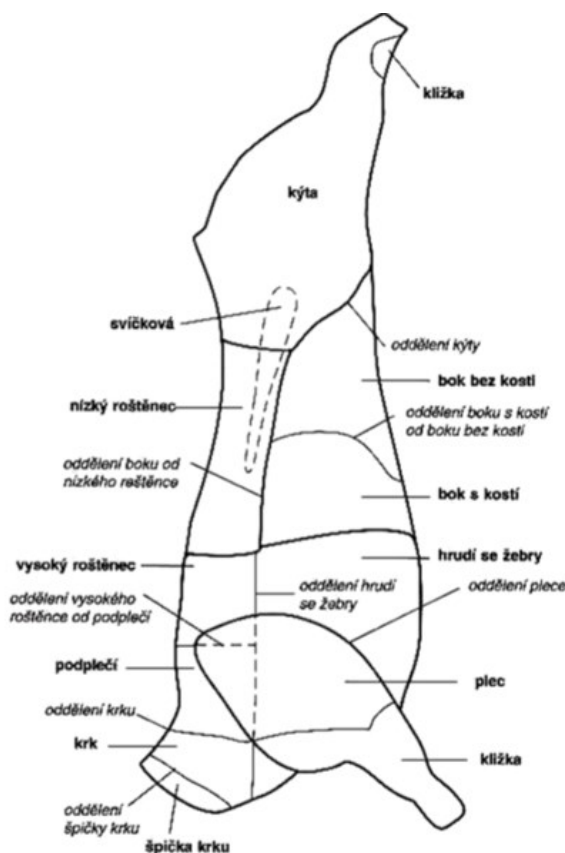
Vyzrálé maso má nejlepší organoleptické vlastnosti. Hovězí ve čtvrtích ideálně vyzraje za 10 – 14 dní [12,16].

### 1.3 Bourání hovězího masa

Bourání masa je dělení jatečně opracovaných těl na jednotlivé, menší části, a jejich další úprava, jako je vykostění a odstranění dalších nežádoucích částí. Jatečně opracovaný skot se na bourání dodává v půlkách. Při vlastním bourání je poté půlka rozdělena na čtvrtě. Přední čtvrt' se od zadní dělí řezem mezi 8. a 9. hrudním obratlem.

- Přední čtvrt' sestává z těchto částí: špička krku, krk, podplecí, vysoký roštěnec, hrudí se žebry, plec.
- Plec: kliška a husička, velká plec, kulatá plec (tzv. falešná svíčková), loupaná plec a plátek lopatky.
- Zadní čtvrt': nízký roštěnec, svíčková, bok s kostí, bok bez kosti, kýta, ohánka.

Kýta jako taková se dále rozděluje na svrchní a spodní šál, květovou špičku, předkýtí, klišku a v neposlední řadě na plátek pánevní [17].



Obrázek č. 1: Schéma dělení hovězí půlky [18]

### 1.3.1 Rozdělení z kulinárního hlediska

Svíčková je považována za nejlepší a nejlahodnější část hovězího masa. Lze upravovat mnoha způsoby. Dělí se na palec, střed a špičku. Kýta (bez klišky) je vhodná na dušení i pečení. Ty samé tepelné úpravy platí i pro nízký, vysoký roštěnec, plec, podplečí. Spodní a holé žebro, spolu se špičkou hrudi jsou výborné na vaření vývarů. Kliška je vhodná na přípravu guláše, hlavně díky vysokému obsahu kolagenu [3,18].

## 1.4 Plemena skotu

Plemena skotu se dělí na masná (chovaná pouze pro produkci masa), kombinovaná (chovaná pro produkci mléka a masa) a mléčná (chovaná výhradně za účelem produkce mléka).

Maso masných plemen můžeme dělit následovně:

- Maso, které obsahuje výraznou tukovou složku se vyznačuje silnou masovou chutí
- Maso bez výrazné tukové příchutě je obvykle nemramorované, chybí nitrosvalový tuk [19].

### 1.4.1 Aberdeen angus

Původ tohoto plemene je v severovýchodním Skotsku. Charakteristickým znakem je bezrohlost, která byla postupem doby vyšlechtěna geneticky. Zbarvení plemene je černé nebo červené. Zmiňované plemeno má řadu výhod: snadné telení, velmi dobré mateřské schopnosti a nenáročnost na stravu. Dosahují tělesné hmotnosti až 600 kg. Kohoutková výška jedinců je 130 – 135 cm. Býci ovšem dosahují vyšších rozměrů, 1100 kg a až 140 cm. Maso dosahuje vynikající kvality [20,21].



Obrázek č. 2: Aberdeen angus [19]



### 1.4.2 Charolais

Plemeno Charolais je v dnešní době nejvíce chované plemeno masného skotu nejen ve své domovině, což je Francie, ale je velmi oblíbené po celém světě. Jejich zbarvení je smetanově bílá barva. Hmotnost plemenných býků může přesahovat až 1500 kg a u krav 900 kg. Plemeno je vhodné pro intenzivní výkrm. Výhodou u chovných samic je vysoká pravděpodobnost zabřeznutí, až třikrát do dvou let. Samotné telení může být mnohdy problém, z důvodu velikosti telat [21].



Obrázek č. 3: Charolais [19]

### 1.4.3 Limousine

Plemeno Limousine bylo vyšlechtěno stejně jako Charolais ve Francii. Barva jedinců je kaštanově hnědá, až červená. Mulec, oblast očí a končetiny jsou světlejší barvy. Plemenici dosahují okolo 1000 kg, krávy 650 kg. Maso se vyznačuje vysokou kvalitou. V současné době se plemeno využívá ke křížení s českým strakatým skotem [21].



Obrázek č. 4: Limousine [19]

## 2 CHLAZENÍ A UCHOVÁNÍ MASA V CHLADU

Zdravá zvířata, která byla za správných hygienických podmínek poražena, poskytují prakticky aseptické maso. Po usmrcení však dochází k nevyhnutelné kontaminaci jatečného těla. Ke kontaminaci dochází nejen při posmrtných změnách, ale i při manipulaci usmrceného kusu pracovníky jatečního provozu.

Také platí, že růst mikroorganismů je závislý na teplotě prostředí. Aby bylo zabráněno zvýšenému výskytu mikroorganismů, je nezbytné snížit teplotu masa ihned po stažení z kůže. Z toho logicky plyne, že proces chlazení musí probíhat hned na jatkách, to je nazýváno jako primární chlazení.

Na jatkách dochází k úpravě jatečných těl. Části těla jsou rozděleny tzv. bouráním, na půlky a čtvrtě. Kostra jako taková obsahuje svaly, kosti, tuk a pojivovou tkáň. Různé části jsou uchovávány za chladírenských podmínek v závislosti na jejich náchylnost k mikrobiálnímu růstu, tepelným účinkům a riziku dehydratace povrchu těla [22].

### 2.1 Chlazení

Chlazení může být definováno jako snížení teploty masa za rychlého poklesu teploty. Zavádění čerstvě rozbouraných těl z jatečního procesu do chladírny je nezbytné pro bezpečnost potravin a následné kvality [23]. Na to slouží chladicí komora s intenzivním průvanem. Při rychlém ochlazení dochází k pozastavení aktivity enzymů a částečnému vývoji mikroorganismů. Používají se různé systémy primárního chlazení. Nejčastější metodou je výše zmiňovaná technologie chlazení vzduchem [22].

### 2.2 Chladírenské technologie

K dostatečnému zachlazení je nutné dodržet několik kritérií, mezi nejdůležitější spadá nízká teplota vzduchu, vysoká rychlost proudění vzduchu, vysoká relativní vlhkost a vhodná chladicí kapacita [20].

Nutností je, aby se teplota jatečných těl snížila na méně než 7°C. V chladícím zařízení je udržována teplota mezi 0°C až 4°C. Typická doba chlazení pro hovězí půlky je 24 – 48 hodin. Následně jsou hovězí trupy (půlky či čtvrtě) uloženy do chladícího skladu. Maso bylo přizpůsobeno nižší teplotě, což je podmínkou před následujícími úpravami masa. U jatečně

upraveného hovězího těla je důležitý stupeň zralosti. Zralost je úzce spojena i se skladovatelností masa. Svalová tkáň zvířat se mění v maso až po určité době zrání. Optimální doba zrání je uváděna 20 dnů. Běžně je dosaženo zrání za 7 – 10 dnů.

Chladírenské systémy používají chladicí médium (chladio), které slouží pro přestup tepla z chlazených jatečných trupů do okolního vzduchu. Nejčastější chladicí látkou je čpavek, ethylenglykol a voda [24]. Rychlost vzduchu se pohybuje v rozmezí 0,25 do 3,0 m/s. Proudění chladiwa nad tělem je vyšší, protože dochází k cirkulaci vzduchu. Zvýšením proudu vzduchu je dosaženo zrychlení doby zchlazení [22].

### 2.2.1 Konzervace masa

K dodržení chladírenského řetězce je zapotřebí dodržet všechny metody nejnižších teplot do bodu mrazu. Nejnižší hodnota je uvedena na  $-1^{\circ}\text{C}$ . Postupy jako například pasterace, formy balení, snižování aktivity vody a chemická konzervace slouží také ke konzervaci masa [24].

Chlazené potraviny lze obecně dělit podle skladovacích teplot to tří kategorií:

Tabulka č. 1: Rozdělení masa dle chlazení [19]

Teplota skladování	Příklady potravin
-1 až $1^{\circ}\text{C}$	Syrové maso, mleté maso, vnitřnosti, polotovary ze syrového masa
0 až $5^{\circ}\text{C}$	Tepelně opracované maso
0 až $7^{\circ}\text{C}$	Trvanlivé salámy, tepelně opracovaná masa

Pro určení podmínek skladování je důležitý charakter produktu, tj. zdali je nutné při skladování ovlivňovat mikrobiologické i fyziologické procesy [25].

### 2.2.2 Mikrobiologie masa při chlazení

Maso podléhá velmi rychle zkáze. Chemické složení a mnoho dalších faktorů ovlivňuje nárůst mikroorganismů. Nadměrná přítomnost mikroorganismů může dosáhnout hladiny, která způsobuje i senzorické odchylky a nakonec vedou ke zkáze masa. I při chlazení se vyskytují bakterie. Pouze 10 % bakterií na mase jsou schopny přežít chladírenské teploty. Výskyt bakterií je individuální už u zvířete. Záleží na fyziologickém stavu jedince v okamžiku porážky,

na kontaminaci prostředí jatek a prostorů kde dochází k další manipulaci s masem včetně hygieny zaměstnanců.

Výskyt bakterií, které mohou narušit jakost potravin, jsou ovlivněny několika faktory. Faktory jsou rozřazeny na čtyři základní kategorie:

- Vnitřní faktory vyjadřují chemické i fyzikální vlastnosti potravin samotných (vodní aktivita, struktura potravin).
- Vnitřní faktory (podmínky skladování).
- Technologické faktory (ošetření potravin – tepelné opracování).
- Potenciální faktory odráží vlivy mezi bakteriemi navzájem.

U čerstvého masa je kažení ovlivňováno vnitřními a vnějšími faktory. Vnitřní faktory – počáteční obsah psychrotrofních bakterií na povrchu masa. Vnější faktory – teplota skladování, obsah kyslíku [24,27].

### 2.2.3 Nesprávné chlazení

Chlazení vyvolává řadu chemických a fyzikálních změn. Pokud probíhá chlazení příliš pomalu nebo také příliš rychle vlastnosti masa jsou negativně ovlivněny. Pro chlazení masa musí být zvolena vhodná rychlost. Při nevhodně zvolené rychlosti může dojít k namrznutí povrchu masa, ztrátě hmotnosti odparem či odkapem. Teplota 7°C je hraniční. Tato teplota by neměla být překročena do okamžiku, pokud nenastane postmortální zrání masa. U příliš rychlého zchlazení může dojít k vyplavení vápenatých iontů z masa. Cold shortening je jev kdy dochází ke ztuhnutí masa v důsledku vykapání iontů [24].

Nedostatečná intenzita zachlazení může podpořit růst psychrofilních mikroorganismů, zejména rodu *Pseudomonas*. Jedná se o producenty proteáz, které rozkládají bílkoviny. Osliznutí povrchu masa je klasickým příkladem kontaminace mikroby. Maso v takovém stavu je bez chuti a zápachá. Při nevhodném zachlazení se mohou projevit laktobacily. Přítomnost laktobacilů může vést k uvolnění peroxidu vodíku, který se vyznačuje jako zelené deriváty hemových barviv.

Dalším ukazatelem nesprávného uložení masa je jeho zapaření. Nehledě na schopnosti chladících boxů, i zde může dojít k zapaření. Jateční kusy mohou být uloženy příliš blízko sebe při nevhodné teplotě. Kusy masa, která jsou skladovány na sobě a byly nedostatečně zachlazeny, podléhají zkáze. Při zapaření dochází k bakteriální anaerobní glykolýze, kyselina

mléčná nevzniká, ale vznikají karboxylové kyseliny, které dodávají masu klasický nakyslý pach [3].

## 2.3 Metody chlazení masa

Chladicí médium je hlavním kritériem, které slouží k dělení metod chlazení masa.

### 2.3.1 Vakuové chlazení

Vakuové chlazení (VC) je běžnou metodou využívanou k chlazení potravin. Metoda zajišťuje mimořádně rychlé chlazení pro potraviny s vysokou jakostí, za spotřeby mála energie. Chlazení je mnohem rychlejší než ostatní metody, jako např. chlazení vzduchem. Ovšem výhodou u chlazení vzduchem nejsou tak velké hmotnostní ztráty. Vakuové chlazení se vyznačuje ztrátami hmotnosti 11 - 12 %, zatímco na druhou stranu, chlazení vzduchem má jen 7 - 8% ztráty hmotnosti. Vakuové chlazení má řadu výhod, lze prodloužit životnost výrobku a zlepšit kvalitu a bezpečnost potraviny. Další výhodou je, že se ve stejném přístroji může provádět chlazení i vaření a nedochází ke křížové kontaminaci potravin. Technologie se používá především v potravinářském průmyslu, kde je rychlost chlazení důležitá nejen z hlediska zkrácení výrobních časů, ale i k minimalizaci teplotní destrukce chlazených materiálů a aktivity nežádoucích mikroorganismů, popřípadě metabolických procesů. Při chlazení masa dochází k velkému úbytku vody [23].

Metoda je založena na rychlém snížení tlaku. Pokud dojde ke snížení tlaku lze i rychle ochladit potravinu, která musí obsahovat dostatek vody k následnému odpaření a odebrání výparného tepla chlazené látky [26,27].

Tradičně se metoda využívá k chlazení zeleniny a hub. V nedávné době bylo ochlazování aplikováno i na pekárenské výrobky a ryby. Zájem o bezpečnost potravin vedl výrobce k prozkoumání vakuového chlazení i u masných výrobků. Bylo zjištěno, že metoda je vhodná i pro masné výrobky a maso samotné [28].

### 2.3.2 Chlazení vzduchem

Odvěšování masa je využitelné pouze v chladném období. Chladicím médiem je pouze okolní vzduch. Problémem při odvěšování je nedostatečný přístup vzduchu, čili pomalá rychlost zchlazení a mohou být vyšší kvalitativní nebo kvantitativní ztráty. Dochází k velkým ztrátám, 2 – 2,5 %.

Ultrarychlé chlazení masa se vyznačuje teplotou vzduchu  $-5$  až  $-8^{\circ}\text{C}$  pouze v první fázi chlazení. Dosažením teploty  $4^{\circ}\text{C}$  v jádře za 8 – 12 hodin je proces ukončen. Při ultrarychlém chlazení dochází k porušení buněčných struktur, čímž maso rychleji křehne.

Šokové chlazení je chlazení při teplotě  $-14$  až  $-25^{\circ}\text{C}$ . Výsledná teplota je  $4^{\circ}\text{C}$  za 2 hodiny.

Mezi další významné metody patří chlazení vodou (metoda častá u drůbeže), kombinované chlazení (voda  $10 - 12^{\circ}\text{C}$ , vzduch  $1^{\circ}\text{C}$ ), chlazení dusíkem a oxidem uhličitým [24].

V porovnání s vakuovým chlazením je vakuum opravdovou vymožeností. Maso obecně je surovina s nízkou tepelnou vodivostí, což znamená, že neochotně vede teplo. Studie zaměřené na chlazení menších kousků masa poukazuje na nebezpečí chlazení konvekčními metodami. Ty jsou zavedeny na principu vedení tepla. Proud tepla a vzduchu nemusí být pravidelný. V některých částech se může teplo soustředit více a naopak někde méně. Růst mikroorganismů je pozorován především na vnitřních vrstvách, kde jsou pozorovány nižší frekvence přístupu vzduchu [27].

### 2.3.3 Hypobarické chlazení

Potraviny, které mají velký povrch, mohou být chlazeny hypobarickým chlazením. Surovina je umyta a vlhké produkty jsou umístěny do prostoru s nižším tlakem. Nízký tlak slouží k rychlejšímu odpaření vody. Hypobarické chlazení slouží také k rychlému ochlazení potravin [25,29].

## 2.4 Chlazení tepelně zpracovaných masných výrobků

Aby se minimalizoval růst patogenů v masném průmyslu, je nezbytné dodržovat pravidlo, aby se vařené maso, šunky, krůty, kuřecí, vepřové a hovězí maso chladily v těsné blízkosti doby po uvaření. Kosti by neměly přesahovat 2,5 kg a měly by být zchlazeny ze  $74^{\circ}\text{C}$  na  $10^{\circ}\text{C}$  do 2 hodin po vyjmutí z procesu vaření. Bez ohledu na způsoby přípravy a použité metody tepelné úpravy je rychlé chlazení masa po vaření důležité pro mikrobiologickou bezpečnost a zachování smyslové a nutriční kvality [30].

Při správném chlazení vařených potravin, masa a masných výrobků obecně lze zabránit vzniku mnoha onemocnění z potravin, čili alimentárním nákazám. Mnoho spotřebitelů neaplikuje správné metody pro ochlazení tepelně opracovaných produktů [31]. Chlazení musí

být nepřetržitě. Nejčastější nárůst bakterií je od 27°C do 54°C. Proto je velmi důležité ochladit produkt co nejdříve, aby se zabránilo kontaminaci patogenními mikroorganismy, jako jsou např. *Clostridium*.

Chlazené výrobky masného charakteru, které byly tepelně opračované, nesmějí být baleny, dokud nejsou ochlazeny na 4°C. Pokud jsou udrženy v horkém stavu, vařené masné výrobky by měly být udržovány při teplotě 60°C. Dodržování teplot je nutností, která musí být dokumentována pro bezpečnost a nezávadnost potravin [32].

## 2.5 Chladicí zařízení

Chladicí zařízení se obecně dělí na mechanické chladicí stroje a kryogenní systémy.

Mechanické chladicí zařízení funguje na bázi cirkulace chladicího média mezi kompresorem, kondenzátorem, expanzním ventilem a výparníkem, který slouží k vypaření chladicího média. To se vypařuje za sníženého tlaku. Ke změně skupenství je spotřebováno teplo, které se získává z okolního prostředí. Kompresor nasává páry chladicího média do kondenzátoru, ve kterém jsou páry ochlazovány a mění se z plynného skupenství na kapalné. Zkapalněné chladivo vstupuje do výparníku. Proces probíhá v cyklu. Vlastním chladicím médiem je vzduch, který obíhá v chladicím zařízení kolem potravin a odebírá z ní teplo.

Kryogenní chlazení znamená, že na změnu skupenství chladiva je zapotřebí dodat skupenské teplo. Toto teplo se odebírá ze zpracovaného produktu, což ho ochlazuje. Mezi nejznámější chladiva patří oxid uhličitý, kapalný dusík a kapalný oxid uhličitý [33].

Potravin, které lidé konzumují v každodenním životě, musí být zachovány v dobrých podmínkách. Mnohdy může nastat případ, kdy maso v chladírenském zařízení změní barvu. Změnu barvy můžeme rozlišit na zelenou a šedou. Tato změna platí především u mletého masa. Šedá až hnědá barva neznáčí nic jiného, než oxidaci pigmentů v mase. Zelená značí kontaminaci mikroorganismy. V tomto případě je vhodné maso zlikvidovat a nekonzumovat [34].

### 2.5.1 Chladicí zařízení pro domácnosti

V lednici by neměla přesahovat teplota 5°C. Je důležité teplotu chladicího stroje kontrolovat. Mezi položkami v lednici by měly být udržovány dostatečné mezery. Mezery jsou důležité kvůli cirkulaci vzduchu a chladnička může pracovat více efektivně. Dalším důležitým krokem při ukládání potravin do lednice je uložení potravin, která není horká. Pokud by byla

potravina horká, může narušit klima chladicího zařízení, což znamená, že ochlazení by trvalo delší dobu. Jakoukoliv potravinu je zapotřebí dát chladit do dvou hodin. Doba, po kterou může surovina zůstat v chladničce je individuální vzhledem k původu potravin [35].

Tabulka č. 2: Trvanlivost chlazených potravin v nejchladnější části lednice [35]

Potravina	Předpokládaná doba trvanlivosti v chladnici
Maso	3 – 5 dní
Drůbež	3 dny
Mleté maso a droby	2 - 3 dny
Korýši a měkkýši	2 dny

### 2.5.2 Obalové materiály

Mezi nejčastěji používané materiály jsou řazeny plasty. Jedná se o široce používaný materiál na balení potravin. Důvodů, proč zvolit plasty je několik. Například, že plasty jsou univerzální, protože mohou být pružné nebo tuhé a jsou poměrně jednoduše tvarovatelné. Jsou odolné vůči kyselinám a chemikáliím. Plasty jsou levné na výrobu, jako materiál jsou také lehké. Ovšem ne všechny plasty mají výše uvedené vlastnosti a nemusí být vhodné pro skladování potravin. Balíček s modifikovanou atmosférou (MAP) je plastová nádoba, ve které je vzduch, ten jde upravit tak, aby bylo zabráněno kažení potravin a zpomalení procesu zhoršování barev. MAP se používá při balení chlazeného masa, uzených ryb, sýrů, atd.

Mezi ostatní obaly mohou být řazeny materiály jako papír, sklo a mnoho dalších [36].

Tabulka č. 3: Výhody a nevýhody různých obalových materiálů [35]

Materiál	Výhody	Nevýhody
Sklo	Znovu použitelné, tepelně odolné	Křehké, těžké
Kov	Lehká váha, nepropustné	Může reagovat s jídlem
Papír	Recyklovatelné, lehká váha, tvarovatelné	Není voděodolné, snadno poškoditelné



### 2.5.3 Bezpečnost potravin v chladničkách

Některé zařízení určené k chlazení potravin plní mnoho funkcí najednou. Mají speciální funkce, jako jsou nastavitelné police a dveřní kontejnery. Vybavení chladicího stoje je navrženo tak, aby bylo usnadněno skladování potravin a zachováno optimální skladovací prostředí pro ovoce, sýry, zeleninu, ale především pro maso. Chlazené čerstvé maso, drůbež a plody moře by měly být uchovávány v krabičkách, aby nekontaminovaly další potraviny. Jejich šťávy by neměly kapat po ostatních potravinách.

Regály by měly být nastavitelné, aby bylo možno balíčky uložit, mohou být tvořeny z mnoha materiálů. Nejvhodnější materiál je tvořen ze skla. Sklo je snadno omyvatelné.

Uzavíratelné zásuvky mohou mít nastavitelnou teplotu. Tato vlastnost je uspokojivá pro potraviny, jako je i maso. Nastavitelná teplota pro maso značí maximální dobu skladování masa v chladničce. Do uzavřené zásuvky proudí dostatečné množství vzduchu, který je nasměrován tak, aby předměty byly dostatečně chladné i bez zmrazení [37].

## 2.6 Vliv chlazení na potraviny

Chlazení se stalo nedílnou součástí jakéhokoliv potravního řetězce. Potravina prochází chlazením od prvních úprav až k distribuci. V potravinářském průmyslu se využívá jak chladu, tak mrazu. Potravina je ochlazena na okolní prostředí 0°C a při zmrazení na -18°C až -35°C.

Tyto teploty jsou důležité k pozastavení rozvoje mikroflóry, která může potraviny kontaminovat. Chemické, enzymatické i fyzikální změny jsou pozastaveny. Potraviny, které mají větší obsah tuku a jsou delší dobu skladovány, podléhají autooxidaci a probíhá enzymové hnědnutí. Díky tomu, že je maso uloženo v chladícím zařízení, reakce probíhají pomaleji než u pokojové teploty. Oxidace tuků a degradace složek masa je charakteristická spíše pro masné výrobky, protože je u nich předpokládána delší doba skladování po předchozí tepelné úpravě. Dochází tedy k warm -over- flavour (WOF), což je změna typických sensorických vlastností. Nutriční změny nejsou při chlazení příliš velké [25,38].

### 3 ZMRAZOVÁNÍ MASA

#### 3.1 Změny při zmrazování masa

Maso jako svalovina není zmrazena najednou a bod tuhnutí masa vlastně neexistuje. S ohledem na koncentraci rozpuštěných solí a jiných látek a jejich příslušný osmotický tlak u masa obvykle začíná mrznout první podíl vody zhruba při  $-1,5^{\circ}\text{C}$ . Teplota postupně klesá a s ní tuhnou další podíly vody. Projevem je buď tvorba dalších ledových krystalů, nebo zvětšování povrchu již vytvořených krystalů. Vymrazování dalších podílů vody znamená zvyšování koncentrace solí a dalších látek v ní rozpuštěných. Dochází ke snížení aktivity vody. Pokud aktivita stále klesá, klesá s ní i aktivita mikroorganismů. Dochází ke tvorbě ledových krystalů [39].

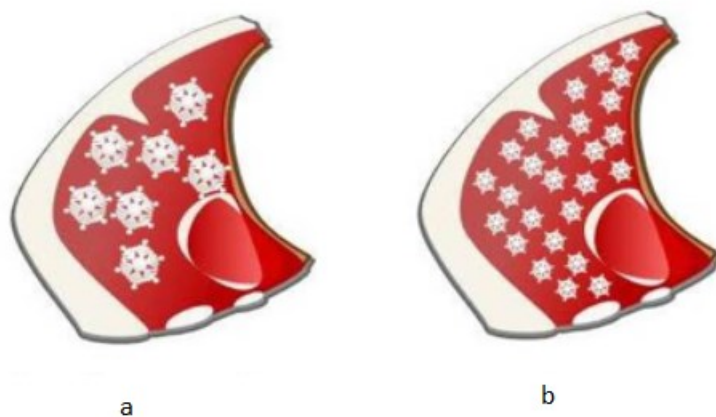
#### 3.2 Tvorba ledových krystalů

Maso, které má být zmrazeno musí projít bodem mrazu. Bod mrazu je teplota, při které existuje minimální množství ledu v rovnováze s kapalnou vodou. Nukleace krystalizačních jader ledu je děj, který musí nastat ještě před tvorbou krystalů jako takových. Nukleace krystalů ledu je dělena na dva typy. První typ se nazývá homogenní nukleace, zde se molekuly vody vyskytují náhodně. Pravým opakem je typ druhý, heterogenní nukleace. Molekuly vody tvoří shluky. Heterogenní nukleace je častější, nastává při podchlazení masa a potravin všeobecně [25].

Rychlost zmrazování je velmi důležitý faktor. Kvalita masa po zmrazení se odvíjí od velikosti vzniklých krystalů. Čím nižší je rychlost zmrazování, tím větší je velikost krystalů. Při pomalém zmrazování vznikají krystaly v mezibuněčném prostoru, kde přestupuje i část vody přes buněčné stěny z vnitra buněk a podílí se na dalším zvětšování ledových krystalů – poškození tkáně. Obecně platí, že pomalé zmrazování usnadňuje pohyb vodného roztoku ze svalových buněk, který je následně zmrazen a tvoří spíše velké krystaly. Velké krystaly narušují strukturu svalových vláken. Pro kvalitu masa je přijatelnější výskyt malých krystalů. K tomu dochází, když maso podstoupí rychlé zmrazování. Malé krystalky jsou tvořeny uvnitř svalových buněk a snižují migraci vody. Nejvýhodnější pro další zpracování je rychle zmrazené maso, protože při opětovném rozmrazení může být voda znovu snadno vázaná bílkoviny. Další výhodou rychlého zmrazování je výskyt malých krystalků o přibližně stejné velikosti. Tím je omezeno překrystalizování při dlouhodobějším skladování masa. Ex-

trémně rychlé zmrazování poškodí maso jen minimálně. Poté zcela převládá tvorba intercelulárních krystalů. Maso musí být nárazově zmrazeno na  $-40^{\circ}\text{C}$  rychlostí  $33,3 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$  [22,39].

Rekrystalizace je proces, který doprovází ledové krystaly při jejich existenci. Během celého procesu zmrazování se velikost krystalů mění. Změny jsou trojího typu: změna tvaru, zvyšující se velikost krystalů a následné snižování počtu a mezi poslední změnu spadá spojení více krystalků v jeden. Migrační rekrystalizace je ovlivněna kolísáním teploty. Zmiňovaný proces může mít za důsledek porušení struktury masa [25].



Obrázek č. 5: a) ledové krystaly při pomalém zmrazování b) ledové krystaly při rychlém zmrazování [40]

### 3.3 Mikrobiologie masa při zmrazování

Velké procento spotřebitelů má zájem o čerstvé maso. Uchovat maso čerstvé, může být někdy poměrně problém. Variantou jak maso uchovat v relativně čerstvé formě je jeho zamrazení. Jsou i situace, kdy je zmrazení masa nevyhnutelné a vynechání tohoto kroku může mít neblahé účinky na zdraví konzumenta. Názornou situací je konzumace masa v syrové formě bez tepelných úprav. Ve svalovině by se mohly vyskytovat druhy některých parazitů. Hovězí maso je druh masa, u kterého byla poměrně vysoká pravděpodobnost výskytu parazitů. V dnešní době je výskyt ojedinělý. Nejčastěji vyskytujícím se parazitem byla tasemnice. Maso se proto preventivně zamrazuje, aby došlo k inaktivaci jejich zárodků. V současnosti, není tasemnice příliš velké riziko. Větší riziko představují trichinely a toxoplazmy (*Toxoplasma gondii*). Při zamrazení se do jisté míry poškozují i patogenní organismy jako např. salmonely [39].

### 3.4 Metody a zařízení k zmrazování masa

Zmrazování masa má své klady, ale i zápory. Mezi pozitivní faktory patří například celoroční dostupnost určitého druhu masa a také prodloužení doby skladovatelnosti. Nevýhodou však jsou ledové krystaly, které svalové vlákna porušují svými rozměry. Vše se odvíjí od správné metody zamrazení [24,41].

Zařízení sloužící ke zmrazování, může být klasifikováno podle několika hledisek, které pracují na podobných principech. Zařízení pro zmrazení lze kategorizovat různými způsoby, jmenovitě jako zařízení používána v sérii nebo v řadě a systémy přenosu tepla. Mrazničky jsou řazeny do kategorií vzhledem k postupu přenosu tepla [25,42].

#### 3.4.1 Šokové zmrazování masa

Nedílnou součástí gastronomie se stává šokové zmrazování hotových pokrmů, polotovarů a dalších potravin. Šokové zmrazování masa je přímé zmrazování ve zmrazovacím médiu. Mezi nejčastěji používaná média patří tekutý dusík, glycerol, apod. Při šokové metodě je maso nutné poté omýt. Jedná se o nejúčinnější metodu zamrazování masa. Rozdíl mezi tradičním zmrazením v mrazícím zařízení a šokovým zmrazením je rychlost zmrazení a velikost ledových krystalů. U šokového zmrazení krystaly nejsou tak velké, protože nemají potřebný čas k jejich růstu a zvětšení své plochy. Tím pádem nedochází k porušení buněčné membrány a v mase jsou stále uchovány látky jako vitaminy, minerální látky a podobně. Zařízení určené k šokovému zamrazení se skládá z několika částí. Izolovaný box z polyuretanových panelů je pokryt pozinkovaným nebo nerezovým plechem. Podlaha je opatřena protiskluzovou vrstvou. Výparník má speciální ventilátory s vysokou výkonností, které zajišťují optimální přestup tepla z potravin. Kondenzační chladicí jednotka neboli chladicí agregát, který má speciální provedení pro nízké teploty, je zpravidla umístěna v technologické části budovy tak, aby nezatěžovala pracovní prostor kondenzačním teplem a hlukem. Elektrický rozvaděč slouží pro napájení a jištění chladicí technologie. Regulátor nebo programový automat řídí optimální proces zchlazování a zmrazování v závislosti na cyklu, který je možné si navolit. Klíčovým údajem pro řídicí proces je teplota vzduchu uvnitř boxu. Využívá se také vpichová sonda, která slouží k pozorování teploty jádra potraviny. Její využití záleží na charakteru potraviny. Odmyslitelnou součástí je záznam provozních časů a teplot do vnitřní paměti počítače. Zařízení lze vybavit UV lampou pro sterilizaci vnitřního prostoru. Jedná se o volitelné a nepovinné zařízení [24,41].



Obrázek č. 6: Zařízení na šokové zmrazování [43]

### 3.4.2 Kontaktní zmrazování

Na kontaktním zmrazování se podílí také médium jako u šokové metody. Při procesu zmrazování může být výrobek přímo nebo nepřímo ve styku s mrazícím médiem. U mrazících zařízení s přímým kontaktem je mražený výrobek zcela obklopen mrazícím médiem. V druhém případě je produkt nepřímo vystaven mrazícímu médiu, zatím co je v kontaktu s mrazničkou. Produkt je v přímém kontaktu s pásem nebo deskou, která je v kontaktu s chladícím médiem. Materiál, který je zmrazený a oddělený od chladiwa vodivým materiálem, obvykle ocelovou deskou. Nejčastějšími typy zařízení jsou deskové zmrazovače nebo výměníky, které jsou založeny na vypařování mrazícího média. Deskové zmrazovače jsou sestaveny z horizontálních nebo vertikálních desek, které jsou duté. Deskami je čerpáno chladivo. Teplota chladiwa se pohybuje okolo  $-40^{\circ}\text{C}$ . Výhodou zařízení je nižší míra vysychání masa, ale také nižší náklady a spotřeba energie [24,25,42].



Obrázek č. 7: Horizontální mrazící deska [44]

### 3.4.3 Hluboké zmrazování

Skladování hluboko zmrazených potravin zajišťuje udržení obsahu vitamínů, minerálních látek a především chuti. Hlubkové zmrazení neboli superchilling vyžaduje přísnou kontrolu teploty. Při teplotách okolo  $-30^{\circ}\text{C}$  až  $-40^{\circ}\text{C}$  dochází k minimálním změnám struktury masa. Trvanlivost masa je prodloužena až o dalších 18 měsíců. Maso je zapotřebí zmrazit co nejrychleji, aby nedošlo k vytvoření velkých krystalů. Malé krystaly nezpůsobí takové porušení svalového vlákna. Maso by mělo být skladováno za konstantní teploty  $-18^{\circ}\text{C}$  [45,46].

### 3.4.4 Zmrazování chladným vzduchem

Jednou z metod, která je více využívána, jak šokové zmrazení je zmrazování chladným vzduchem, i přes fakt, že účinnost a rychlost je nejnižší. Intenzita je závislá na velikosti kusu, který má být zmrazen. Výhodou metody je minimální obsluha, velká kapacita a univerzálnost. Zmrazování se provádí buď to s nuceným oběhem, nebo bez nuceného oběhu.

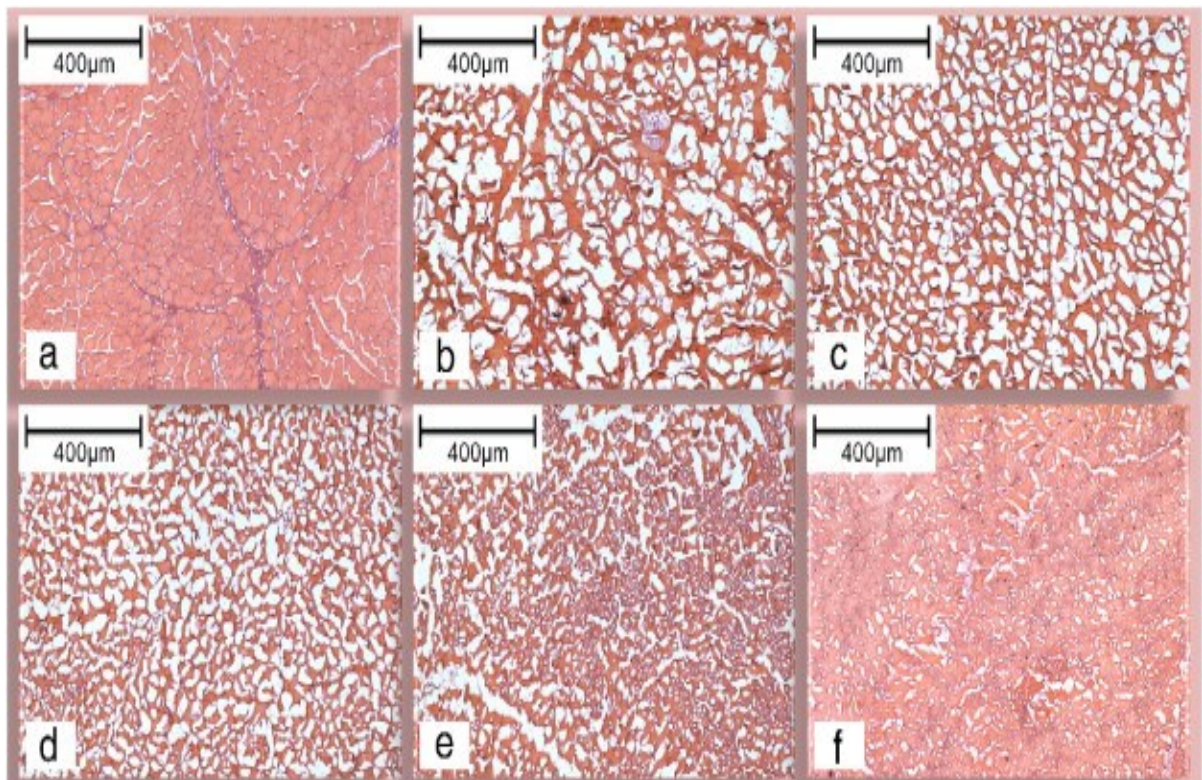
Zmrazování s nuceným oběhem se využívá v různých typech zařízení. Patří zde spirální, fluidní zařízení, tunelové a pásové zařízení. Potravina uložena v zařízení je důkladně ofukována vzduchem o teplotě až  $-40^{\circ}\text{C}$ . Rychlost proudícího vzduchu je přibližně 1,5 – 6 m/s. Dochází k přestupu tepla v důsledku snižování vrstev vzduchu nad uloženou částí masa. Mrazicí boxy slouží pro zmrazování bez nuceného přístupu vzduchu. Cirkulace vzduchu je pomalá, protože je samovolná a vzduch je ochlazován stěnami zařízení. Proces je dlouhodobý, může trvat 3 – 72 hodin, při teplotách okolo  $-30^{\circ}\text{C}$  [24,25].

### 3.4.5 Kryogenní zmrazování

Kryogenní zmrazování je proces podobný kryogennímu chlazení. V obou případech dochází ke změně skupenství chladícího média a tím jsou ochlazovány a následně zmrazeny potraviny. Při kryogenním zmrazování nedochází ke změně barvy masa, ani ke změně chuťových vlastností. Zmrazení je dosaženo pomocí kryogenní kapaliny, jako je dusík nebo oxid uhličitý. Mrazicí zařízení s tekutým dusíkem obsahuje mrazicí kapaliny, které jsou bezbarvé a bez zápachu. Maso v těchto mrazácích může být balené či nebalené. Pohybuje se na pohybovém pásu tunelem, kde je chlazeno plynným dusíkem a zmrazeno tekutým dusíkem, který je na povrch rozprašován. Metoda využívající dusík není u masa příliš častá. Mezi další mrazicí zařízení patří mraznička s kapalným oxidem uhličitým a metoda dehydro zmrazení, kde jsou produkty částečně dehydratovány [25,41,51].

### 3.4.6 Vysokotlaké zmrazování

Vysokotlaká úprava díky svým vlastnostem zachovává základní funkční a nutriční vlastnosti, zvyšuje bezpečnost a trvanlivost čerstvého masa. Proces je finančně náročnou záležitostí, ale tlaková ošetření spotřebují často méně energie než například tepelná energie. Následkem vysokotlakého zmrazení je homogenní a okamžitá tvorba krystalů ledu, rovnoměrně po celém kusu masa díky vysokému podchlazení, způsobenému snížením tlaku. Jedna z nevýhod je ztráta barvy po vysokotlaké úpravě. K barevné ztrátě dochází u vysokého tlaku, který je potřebný k zajištění ztráty patogenních mikroorganismů. Barva se mění z červené na světle růžovou. Studie prokazují, že barevná změna neboli bělicí efekt může být zapříčiněn denurací globinu. Změna barvy nastává i u mletého hovězího masa, které pozměnilo barvu na světlešedou [47,48].



Obrázek č. 8: Mikrografické snímky zmrazeného červeného masa vysokotlakým způsobem a) čerstvé maso b) 0 kV c) 3 kV d) 6 kV e) 9 kV f) 12 kV [49]

### 3.4.7 Sušení

Sušení mrazem je také známo jako sublimační sušení neboli lyofilizace. Způsob je založen na vystavení potraviny na studený vzduch. Následuje sublimace ledu ve vakuu za vzniku sušeného produktu. Potravina je nejprve zmrazena na  $-18^{\circ}\text{C}$  na miskách ve spodní komoře

sušárny a zmrazený materiál je potom vysušen při 30°C po dobu 24 hodin a následuje sušení při 20°C při vysokém tlaku v horní komoře [42].

#### **3.4.8 Mechanické mrazící zařízení**

K dokonalému zamrazení se využívá chladící médium (ochlazovaný vzduch nebo voda).

Chladicí jednotka s chlazeným chladičem neboli mechanická chladnička odpařuje chladivo a chladicí vzduch využívá k odvádění tepla z masa. Využívá elektrickou energii, které slouží k ochlazení vzduchu, který se cyklicky přenáší na potraviny a odebírá jejich teplo [42].

### **3.5 Atributy kvality masa po zmrazování**

Doba, po kterou bylo maso zmrazeno, ovlivňuje celkový vzhled masa, strukturu, barvu, chuť, mikrobiální aktivitu a nutriční hodnotu. Nejhůře se určuje hodnocení chuti [47].

#### **3.5.1 Barva**

Barva je ovlivněna myoglobinem, který není při zmrazení stabilní. Jeho stabilita je ovlivněna zmrazováním i rozmrazováním. Dochází k denaturaci globinové části molekuly myoglobinu. Denaturace má za následek velké barevné výkyvy masa, protože myoglobin je v této fázi náchylný k autooxidaci. Redukující aktivitou metmyoglobinu (MRA) je nazýván proces, kde díky existenci enzymového systému v maso je možná redukce metmyoglobinu na myoglobin. Teorie spočívá v tom, že ve svalu jsou enzymy velmi aktivní. Vzniklý metmyoglobin je redukován na deoxymyoglobin a oksličován zpět na oxymyoglobin, čímž je udržována typická barva masa. Nicméně, když maso stárne nebo je zamrazeno, aktivita MRA je snížena a metmyoglobin se začíná rychle hromadit na povrchu masa. Tyto reakce podporují rychlejší zezelenání masa [47].

#### **3.5.2 pH**

Ukazatel pH má také velký vliv na kvalitu zmrazení masa. Maso, které bylo zmrazeno má nepatrně nižší pH než před zmrazením. Jedná se o měřítko množství volných vodíkových iontů v roztoku. Po zmrazení je způsobena denaturace proteinů a uvolňování iontů vodíku, což vede ke snížení pH [47].

#### **3.5.3 Oxidace lipidů a bílkovin**

I při konečné teplotě, při které je maso zmrazeno a bude nadále skladováno, obsahuje určité množství vody, která zůstává k dispozici pro biochemické reakce. Bylo prokázáno, že i při



mrazírenských teplotách okolo  $-20^{\circ}\text{C}$  probíhají biochemické reakce. Část vody, která nebyla ještě zmrazena, je náchylná k oxidaci.

Při zmrazovacím skladování dochází k oxidaci lipidů. Oxidace může vést ke změně chuti, barvy a účinku na zdraví konzumenta. Ideální teplota pro mrazení je  $-40^{\circ}\text{C}$ , protože v takovém stavu nezůstává žádná přebytečná voda nezamrazena a nedochází k nechtěné oxidaci [47].

### **3.6 Bezpečné zmrazování pro prodloužení doby trvanlivosti**

Ke zmrazení jsou vhodné skoro všechny potraviny. Po správném zmrazení je možné mít potravinu uchovánu i několik let a následně ji zkonzumovat. Tento proces je častý v mnoha domácnostech [35,50].

Mraznička by měla mít teplotu nižší než  $-18^{\circ}\text{C}$ . K zmrazení je důležité zvolit vhodný obal. Obalem je surovina chráněna před okolním prostředím a také před spálením mrazem. Vhodné obalové materiály jsou například mrazicí vaky nebo plastové nádoby.

Potraviny, které nebyly před zmrazením plně tepelně opracovány, se následně mohou nechat zmrazit. Pravým opakem jsou potraviny, které byly plně tepelně opracovány. Jestliže takováto potravina byla vytáhnutá z mrazničky, její vrácení zpět, po tom co byla rozmrazena, není vhodné [35,50].

#### **3.6.1 Spálení masa mrazem**

Charakteristickým znakem pro maso, které bylo spáleno mrazem, je zatuchlost. Tento jev se vyskytne tehdy, když je porušen obal, ve kterém se maso nachází. Obal začne propouštět vzduch a mražené potraviny začnou reagovat s kyslíkem. V důsledku kontaktu mraženého masa a kyslíku je odpařována voda. Povrch masa vyschne – potraviny byly v tomto případě ochuzeny o své aroma a čerstvou chuť, která se mění na zatuchlou.

Porušení masa mrazem je zřejmé, protože maso může být pokryto bílými až šedohnědými skvrnami. Jediné možné řešení, jak zabránit spálení mrazem, je použít vhodný obalový materiál [45].

### 3.7 Obalové materiály

Zvolení vhodného obalového materiálu je úzce propojeno se zvolenou metodou zmrazování. U výrobků a jejich obalu by měly být uvedeny informace, zda je potravina vhodná k zmrazení. Na značení zabaleného výrobku musí být uvedeno, jak má být s danou potravinou dále nakládáno. Na obalu je uvedena např. vlhkost (odolnost obalu k vlhkosti), zda je obal propustný, nepropustný, jestli dochází k jeho prasknutí při nízkých teplotách [50].

Obaly mohou být vyrobeny z plastu, skla, hliníku a silně voskovaného kartonu. Ty jsou často opakovaně používány. Skleněné obaly nejsou pro mrazení příliš vhodné. Skleněný materiál není schopen odolávat příliš nízkým teplotám. Příkladem nevhodnosti použití skla je sklo naplněno kapalinou. Sáčky jsou vhodné pro skladování masa. Materiál je odolný vůči propustnosti vlhkosti [22,50].

### 3.8 Vliv zmrazování na potraviny

Při zmrazení je maso a potraviny obecně uchováváno při teplotách, které umožňují aktivitu některých mikroorganismů. Ne všechny mrazírenské teploty dokážou veškeré mikroorganismy usmrtit.

Vyšší inaktivační účinek mají teploty mezi  $-4^{\circ}\text{C}$  až  $-10^{\circ}\text{C}$ . Mikroorganismy jako gramnegativní bakterie např. *Salmonella* jsou snadněji inaktivovány při mrazírenském skladování. Právým opakem jsou grampozitivní bakterie, jako *Staphylococcus aureus*, enterokoky a spory, které jsou k mrazírenským teplotám více odolnější.

U zmrazování se enzymy neinaktivují. V mrazírenských podmínkách probíhají enzymové reakce velmi pomalu. Na reakcích se podílejí enzymy v potravinách běžně přítomné a extracelulární enzymy, které jsou produkovány při mrazení potravin [25].

## 4 ROZMRAZOVÁNÍ

Zmrazování je považováno za jednu z nejúspěšnějších metod konzervace potravin. Na zmrazování automaticky navazuje následné rozmrazování. Zmrazování je časově náročný proces, ale rozmrazování je proces ještě delší. Maso, které bylo zmrazeno, uvolňuje více vody, respektive masové šťávy a to znamená, že společně s vodou ztrácí rozpuštěné bílkoviny, chuťové i nutričně cenné látky. Důsledkem může být málo šťavnaté maso, které má prázdnou chuť, může se rozpadat v důsledku ztráty svojí struktury. Jedena z mnoha příčin delšího časového intervalu je tepelná vodivost vody. Pomalé rozmrazování je nezbytností. Je zapotřebí minimalizovat ztráty tekutin tak, aby voda z tajícího ledu byla schopna hydratovat původní struktury, ze kterých byla při zmrazování vymrazena. Příčiny nutričních změn jsou hlavně díky ztrátě tekutin během zmrazování a následného rozmrazování [18,25,52].

### 4.1 Metody rozmrazování

Maso, které je rozmrazováno, ale i potraviny všeobecně musí být stále uchovávány v teplotách, při kterých nedochází ke kontaminaci mikroorganismy. Zmrazené maso je do jisté míry bezpečné. Při rozmrazování, mohou být aktivovány bakterie, jejichž činnost byla pozastavena zmrazením. Kritickou teplotou, při které jsou bakterie opět aktivovány je 4°C. Příkladem lze uvést balíček zmrazeného masa, který je nějaký čas ponechán na kuchyňské lince. Jádro masa má teplotu, která byla v mrazničce, ale povrch masa má teplotu, kde dochází k aktivnímu pomnožování bakterií [53].

#### 4.1.1 Rozmrazování v chladničce

Chladnička je nejdokonalejší prostředí pro rozmrazení. Zajistí pomalé, správné a bezpečné rozmrazení masa. Musíme počítat s jistou časovou náročností. Minimální doba rozmrazování v chladničce je 12 hodin. Jedná-li se o větší balíček masa, je možné, že rozmrazení zabere až 24 hodin. Důležité je brát v potaz i rozdílné teploty v částech lednice. Teplota lednice může být menší než 4°C, rozmrazení bude trvat ještě delší dobu. Je nezbytné dbát na to, aby šťávy masa nekapaly na ostatní potraviny. Zapotřebí je maso uchovat ve vhodném obalu. Mohlo by dojít k mikrobiologické kontaminaci. Maso rozmrazené v lednici lze uchovat delší dobu. Záleží na druhu masa. Červené maso je možné uchovat další tři dny při teplotách v lednici, aniž by bylo zdravotně závadné a nevznikaly alimentární nákazy [53,54].

#### 4.1.2 Rozmrazování ve studené vodě

Metoda je rychlejší než rozmrazování v chladničce, ale vyžaduje více pozornosti. Studená voda slouží k potřebě rychlého rozmrazení. Maso je umístěno v plastovém sáčku, který je odolný proti úniku či proniknutí vody do obalu. Jestliže obal prosakuje, je možná kontaminace bakteriemi z vody nebo okolního prostředí. Maso má schopnost absorbovat vodu, kdyby nebylo uchováno v obalu, nasálo by poměrně velké množství vody a výsledkem by byl vodnatý výrobek. Menší balíčky je možno rozmrazit během desítek minut až jedné hodiny. Větší balíčky masa je zapotřebí rozmrazovat nejméně dvě až tři hodiny. Voda přímo z vodovodu musí být měněna každých 30 minut.

Metoda je sice rychlá, ale v žádném případě správná a bezpečná. Takto rozmrazené maso se musí ihned opracovat, nejvhodnějším způsobem je tepelné opracování. Stejně pravidlo platí i v případě, že by takto rozmrazené maso bylo opět zapotřebí zamrazit [53,54].

#### 4.1.3 Rozmrazování v mikrovlnné troubě

Maso se ihned rozmrazí, metoda nejméně časově náročná. Rozhodneme-li se pro rozmrazování v mikrovlnné troubě, měl by být vyhrazen čas na okamžité zpracování masa, protože při ohřevu masa v mikrovlnné troubě se maso může začat vařit už v průběhu rozmrazování. Není doporučeno maso nadále uchovávat, neboť přítomné bakterie nebyly zlikvidovány a teplota povrchu masa může být optimální pro jejich množení [53,54].

#### 4.1.4 Ohmické rozmrazování

Proces rychlého rozmrazování má velký význam pro minimalizaci změn kvality a mikrobiálního růstu na potravinách, které byly zamrazeny. Ohmické rozmrazování (POT) je spojeno s doprovodným procesem, který je označován jako vysokotlaké rozmrazování. Systém POT jako takový je tvořen flexibilním ohmickým článkem, tlakovou komorou a napájecím systémem elektrického pole.

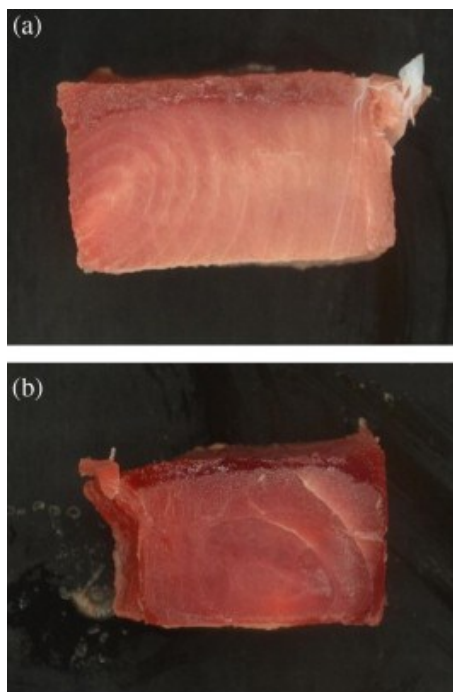
Vzorky masa jsou předem zmrazeny ve vzduchové mrazící fritéze při  $-40^{\circ}\text{C}$ . Rozmrazování probíhá následovně. Maso o určitém rozměru je vloženo do systému POT. Na obou koncích má položeny elektrody a na středu je položen teflonový termočlánek, který slouží k zachycování teplotních změn. Teplota je zvyšována na  $-30^{\circ}\text{C}$ , později na  $-6^{\circ}\text{C}$  a následného prudkého zvýšení teploty na  $4^{\circ}\text{C}$ . Předpokladem je, že při prudkém zvýšení teploty se zvyšuje obsah vody, což vede ke zvýšené elektrické vodivosti. Rychlý fázový přechod z ledu na vodu

je způsoben ohmickým rozmrazováním. Časové rozmezí k rozmrazení masa v řádech několika mála minut [52].

#### 4.1.5 Radiofrekvenční rozmrazování

Efektivní a hygienické technologie pro rozmrazování potravin jsou v intenzivním vývoji. Radiofrekvenční ohřev (RF) je inovativní dielektrická technika, která ohřívá potraviny volumetricky, čímž je rozmrazuje rovnoměrně a rychle. RF je založeno na interakci mezi elektrickým polem, které tvoří elektrody kondenzátoru. Na rozmrazování potravin ve větších kusech se využívají vysoké frekvence okolo 35 – 40 MHz. Vysoká frekvence vede k lepší teplotní rovnováze. Pro hovězí maso je obvykle používá frekvence 27,12 MHz.

RF je poměrně složitý proces. Jedná se o složité mechanismy, které jsou základem procesu rozmrazování dielektrickým materiálem. Led v potravine se rozpouští a dochází k nerovnoměrnému zahřátí. Nerovnoměrně se potravina zahřívá, protože voda se ohřívá rychleji kvůli vysokému faktoru dielektrika (látka, která má schopnost polarizace). Mohou nastat situace, že povrch potraviny je rozmrazen až uvařen, ale střed potraviny zůstává zamrazen. Tomuto jevu lze zabránit právě využitím vysoké frekvence [55].



Obrázek č. 9: a) barevné změny u masa rozmrazené pomocí RF b) maso rozmrazené při pokojové teplotě [55]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo poukázat na správné metody rozmrazování masa, které jsou zároveň šetrné a vhodné pro zachování důležitých vlastností a živin v mase. V mnoha domácnostech je maso rozmrazováno špatnými způsoby, jako je například rozmrazování v mikrovlnné troubě, ponoření masa do vody, nebo ponechání masa na kuchyňské lince.

Dalším cílem bylo zjistit rozdíly v hmotnostních ztrátách, změně pH, sušiny a také rozdíly při měření oxidace lipidů pomocí metody TBARS. Vzorky hovězího masa byly dva celé svaly nízkého roštěnce z mladého býka. Maso bylo pokrájeno a ponecháno při třech mrazírenskými teplotách. Jedna část vzorků byla balena vakuově, druhá v mikrotenových sáčkách určených k zamrazování potravin. Vyhodnocením mělo být především zjištěno, k jakých hmotnostním ztrátám dochází po zamrazení masa a jaký vliv na hmotnostní ztráty má způsob rozmrazování masa.

Experimentální část je doplněna tabulkami, grafy i fotografiemi z průběhu pokusu.

## 6 PROVEDENÍ EXPERIMENTU

### 6.1 Suroviny, přísady, technologické a laboratorní pomůcky

- Nízký roštěnec (2 kusy) plemene Charolais
- Mikrotenové zmrazovací sáčky
- Sáčky na vakuové balení
- Vpichový pH metr
- Váhy KERN
- Vakuová balička (Henkelman vakuum systems)
- Mrazící zařízení (-18°C, -36°C, -65°C)
- Běžné laboratorní vybavení

#### 6.1.1 Chemikálie potřebné k pokusu

- Kyselina chloristá
- Etanolvý roztok butylhydroxytoluenu
- Kyselina thiobarbiturová
- Etanol
- Destilovaná voda



## 6.2 Vzorky a jejich příprava

Pro experiment byly využity dva nízké roštěnce (viz obrázek č. 10) z hovězího kusu, které byly rozděleny na levý a pravý. Vzorky byly zakoupeny ve firmě Steinhauser s.r.o. Tišnov. Roštěnce byly dopraveny na Ústav technologie potravin, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, kde byly přes noc ponechány v chladícím zařízení na plastových tácech.

Maso pocházelo z mladého býka, který byl v době porážky ve stáří 19 měsíců. Býk byl z českého chovu, plemene Charolais.



Obrázek č. 10: Nízký roštěnec před úpravou

Maso bylo nařezáno na steakové plátky, přibližně o velikosti 3 cm (viz obrázek č. 11). Takto upravené plátky byly zváženy na vahách KERN. Hmotnost jednotlivých plátků se pohybovala okolo 200 – 300 g. Přesné hmotnosti byly zapsány a maso bylo baleno do mikrotenových sáčků, nebo do sáčků určených na vakuové balení. Bylo provedeno měření pH, pomocí vpichového pH metru. Měření proběhlo na šesti místech dvou plátků. Přesné hodnoty byly také zapsány. Byly odebrány vzorky, z levého a pravého roštěnce, o přibližné hmotnosti 100 g a byly dále využity na stanovení sušiny a měření oxidace lipidů pomocí metody TBARS. Maso bylo homogenizováno pomocí kuchyňského mixéru. Následně získané výsledky byly porovnány se zahraničními studii.



Obrázek č. 11: Plátky masa o velikosti 3 cm

Pro každý druh balení bylo připraveno 18 plátků (celkově 36). Plátky byly uloženy do jednotlivých sáčků pro tři zmrazovací teploty, a to  $-18^{\circ}\text{C}$ ,  $-36^{\circ}$  a  $-65^{\circ}\text{C}$ . Pro každou teplotu bylo uloženo 6 vzorků od mikrotenových i vakuových sáčků. Jednotlivá balení byla náležitě popsána - zmrazovací teplota, gramáž a číslo vzorku (viz obrázek 12 a 13).



Obrázek č. 12: Plátky připravené k vakuovému balení



Obrázek č. 13: Plátky připravené k balení do mikrotenových sáčků

V této fázi bylo možné polovinu vzorků vakuově zabalit ve vakuovém zařízení Henkelman vacuum systems (viz obrázek č. 14). Mikrotenové sáčky byly také naplněny vzorky a zavázány gumičkami (viz obrázek č. 16), aby nedocházelo k přebytečné oxidaci a spálení masa mrazem.



Obrázek č. 14: Maso uložené v Henkelman vakuum systems



Obrázek č. 15: Vakuově balené maso



Obrázek č. 16: Maso přichystáno k zamrazení

Vzorky (12 ks) určené do zmrazovací teploty  $-18^{\circ}\text{C}$ , byly uloženy v mrazícím zařízení v laboratoři Ústavu technologie potravin, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Další část vzorků (12 ks) byla převezena do firmy Raciola Uherský Brod s.r.o. k šokovému zmrazení při  $-36^{\circ}\text{C}$ . Posledních 12 ks vzorků bylo také zmrazeno na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. Bylo využito zmrazení pomocí  $\text{CO}_2$ . Byl použit chladicí box (viz obrázek č. 17), na jehož dno byl nastříkán kapalný  $\text{CO}_2$ , který se okamžitě začíná vlivem expanze odpařovat a změnil

své skupenství na suchý led. Následně do něj byly vkládány jednotlivé vzorky. První byly uloženy vzorky vakuově baleny. Opět byl aplikován suchý led. Druhá vrstva byla tvořena vzorky v mikrotenových sáčcích. Takto připravený chladicí box byl uložen do mrazícího zařízení pro větší pravděpodobnost udržení teploty  $-65^{\circ}\text{C}$ .



Obrázek č. 17: Chladicí box s vakuově baleným masem

Po přichystání vzorků a jejich uložení do mrazících zařízení byla provedena metoda TBARS a byl stanoven obsah sušiny v zatím jen chlazeném masu. Maso bylo homogenizováno a dle postupu byly provedeny obě dvě metody (TBARS, stanovení sušiny).

Vzorky byly ponechány 14 dní při mrazírenských teplotách.

Po 2 týdnech bylo maso vyjmuto z mrazícího zařízení. Vzorky byly rozděleny na dvojice od každého typu balení a každé teploty zmrazování.



Obrázek č. 18: Barevné změny zmrazeného masa

Rozdělené vzorky byly přichystány k rozmrazení. Jedna část vzorků byla uložena do lednice, kde byla teplota  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Druhá část byla uložena při pokojové teplotě  $20^{\circ}\text{C}$  a poslední část vzorků byla ponechána ve vodě. Vzorky byly rozmrazovány cca 13 hodin.

Následovalo určení ztrát hmotnosti u jednotlivých vzorků. Maso bylo vyjmuto z balení a mírně osušeno papírovými utěrkami. Jednotlivé vzorky byly zváženy a hmotnosti zapsány do tabulky (viz tabulka č. 5 - 10).

Opět bylo změřeno pH na šesti různých místech rozmrazeného plátku masa. Vzorky byly rovněž homogenizovány a byla stanovena sušina a měřena oxidace lipidů pomocí metody TBARS.

## 6.3 Metody využívané v experimentu

### 6.3.1 Metodika chladícího plynu $\text{CO}_2$

$\text{CO}_2$  plyn je inertní (téměř vůbec nebo jen omezeně a dočasně může ovlivnit fyzikální a chuťové vlastnosti produktu). Pokud se zkapalněný plyn dostane do styku s produktem, dochází velice rychle ke změně skupenství z kapaliny na plynnou fázi. Aby tato přeměna proběhla je zapotřebí energie. Jedná se o tepelnou energii a tu zkapalněný plyn odebírá chlazenému produktu. Oxid uhličitý má teplotu  $-78^{\circ}\text{C}$ . Šokové zmrazování zachovává strukturu produktů. Vznikají malé ledové krystaly, které neporušují buněčné stěny. Metodu jde také nazvat jako kryogenní zmrazování či chlazení [56].

### 6.3.2 Metodika hmotnostních ztrát

Chlazené roštěnce byly rozkrájeny na plátky a ihned zváženy s přesností na dvě desetinná místa.

Po rozmrazení byl každý vzorek připraven na vážení a to tak, že byl osušen papírovými utěrkami od povrchové šťávy a popřípadě vody. Vzorky, které byly rozmrazovány ve vodě, byly osušeny důkladněji, z důvodu nedokonalého krytí mikrotenových sáčků. Osušené vzorky byly zváženy. Navážené hodnoty byly zapisovány na dvě desetinná místa.

Ztráta při rozmrazení byla stanovena vážením vzorku před zmrazením a po rozmrazení. Hmotnostní úbytky při rozmrazení byly vyjádřeny jako procentní podíl počáteční hmotnosti před zmrznutím. Výsledky byly porovnány s ostatními studií.

*Rovnice č. 1: Výpočet hmotnostních ztrát*

*Ztráta rozmrazováním [%]*

$$= \frac{\text{hmotnost vzorku před zmrazením [g]} - \text{hmotnost vzorku po rozmrazení [g]}}{\text{hmotnost vzorku před zmrazením [g]}} * 100$$

### 6.3.3 Metodika TBARS metody

TBARS metoda neboli stanovení thiobarbiturového čísla, které je využíváno ke stanovení obsah malondialdehydu. Jedná se o nejhojnější sekundární produkt lipidů. Tato látka je schopna reagovat s kyselinou 2 – thiobarbiturovou. Dochází k reakci i s dalšími látkami, jako např. s bilirubinem [57]. Při této reakci mohou vznikat barevné komplexy. Intenzita barevného komplexu se měří spektrofotometricky. Barva je většinou slabě růžová, může ale být světle červená i žlutá. Jednotlivé barevné spektra se měří při odlišných vlnových délkách. Pro žluté odstíny je využita vlnová délka 450 nm a pro červené odstíny 538 nm. Spektrofotometr je nulován destilovanou vodou.

Pro správné provedení TBARS metody je klíčový výchozí vzorek. Při stanovení lipidů v mase je důležité, aby bylo maso důkladně homogenizováno a naváženo s vysokou přesností  $5\text{g} \pm 0,001\text{ g}$ . Ke směsi byla přidána kyselina chloristá o koncentraci 3,86 % a etanolvý roztok butylhydroxytoluenu (BHT). Stanoven byl také slepý pokus, do kterého nebylo přidáno homogenizované maso, ale místo něj jen destilovaná voda. Vzoreky masa i slepý pokus se 15 min třepaly. Po třepání následovala filtrace. Filtrát byl odebrán do zkumavek a v nich vařen 40 min. Po vaření následovalo ochlazení. Jakmile byl filtrát ve zkumavkách zchlazen, byl přelit to kyvet a bylo provedeno měření na spektrofotometru. Obsah kyseliny thiobarbiturové ve vzorku lze vypočítat pomocí kalibrační křivky.

### 6.3.4 Metodika stanovení sušiny

Obsah sušiny se stanovuje vážkově, buďto metodou s pískem (nasávací hmota) nebo bez písku. Obsah celkové sušiny je hmotnostní podíl látek, které zbývají po úplném vysušení vzorku v sušárně. Teplota využívána k sušení je  $102^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Výsledek se udává v hmotnostních procentech obsahu sušiny nebo vody.

Do hliníkových misek s mořským pískem, které byly zváženy, se přidá vzorek homogenizovaného masa. Bylo využito šest misek. Tři pro pravý a tři pro levý roštětec s navázkou homogenizovaného masa 5 g. Do misek se vzorkem bylo přidáno malé množství etanolu pro lepší spojení masa a písku. Bylo nutné pracovat s velkou opatrností, protože při ztrátě malého

množství písku může docházet k velkým výchytkám ve výsledcích. Filtrační papír byl využit jako podložka pod misky a pro snadné vrácení písku, který mohl při promíchání vypadnout z misky. Takto připravené misky byly ponechány v sušárně po dobu 5 - ti hodin při teplotě 102°C.

Sušina byla stanovena i pro rozmrazené maso – pro jednotlivé zmrazovací teploty a balení. Rozmrazené vzorky byly homogenizovány a rovněž jako u chlazeného masa bylo váženo do misek 5 g vzorku. Sušení proběhlo 102°C ± 2°C po dobu cca 5 - ti hodin.

*Rovnice č. 2: Výpočet procenta sušiny*

*Procento sušiny [%]*

$$= \frac{\text{hmotnost misky po sušení [g]} - \text{hmotnost misky prázdné [g]}}{\text{hmotnost přesné navážky vzorku [g]}} * 100$$

*Rovnice č. 3: Procento vody*

*Procento vody [%] = 100 – procento sušiny*

### **6.3.5 Metodika stanovení pH**

Hodnota pH byla proměřena pomocí vpichového pH metru. pH bylo změřeno u pravého i levého roštěnce před zmrazením, kde maso bylo pouze ve chlazené formě.

Měření nebylo provedeno jen u chlazeného masa, ale také u masa rozmrazeného. pH bylo měřeno u masa všech druhů rozmrazování a balení.

Naměřené parametry pro pH byly zapsány pro šest vpichů pH metrem a byly vypočteny jejich průměrné hodnoty a zaznamenány do následujících tabulek (viz tabulka 4 - 10).



## 7 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 7.1 Hodnoty stanovené u chlazeného masa

U chlazeného masa, které bylo rozděleno na pravý (Roštěnec 1) a levý (Roštěnec 2) roštěnec bylo měřeno pH, obsah sušiny a vody. Hodnoty byly srovnány se studií SALÁKOVÁ, A., BOŘILOVÁ, G. [58], jejichž hodnoty pro obsah vody byly stanoveny na 70-75 %, 30-25 % sušina.

Hodnota pH souvisí s vyžralostí masa. Po porážce v období prae-rigor ( fáze před rigor mortis) je pH v neutrální oblasti, což je hodnota okolo 6,9 - 7,2. Postupným vyžráváním masa se snižuje i hodnota pH. Pro hovězí maso je udávána hodnota okolo 5,4 - 5,8.

Tabulka č. 4: Stanovení pH, obsahu sušiny a vody v chlazeném mase

Vzorek	pH	Obsah sušiny [%]	Obsah vody [%]
Roštěnec 1	5,59	25,92	74,08
Roštěnec 2	5,63	25,16	74,84
Průměr	5,61	25,54	74,46

### 7.2 Hmotnostní ztráty

Hmotnostní ztráty u vzorků, které byly rozmrazeny v lednici, jsou mnohem menší než hmotnostní ztráty při rozmrazování ve vodě. K největším hmotnostním ztrátám došlo u rozmrazování při pokojové teplotě. Pokud porovnáme jednotlivé hodnoty u různých druhů rozmrazování, můžeme být potvrzeno, že při pomalém rozmrazování v lednici jsou hmotnostní ztráty nejmenší. Na rozdíl od rozmrazování v pokojové teplotě, kde byly ztráty větší o 2 %. Hmotnostní ztráty jsou uvedeny v tabulkách (viz tabulka č. 5 - 10). Rozdíly hmotnosti jsou značné i u jednotlivých způsobů balení. Pro přehlednější porovnání hmotnostních ztrát byly sestaveny grafy (viz graf č. 1 - 3). Grafy byly vytvořeny pro jednotlivé způsoby rozmrazování. Poslední graf hmotnostních ztrát (viz graf č. 4) je porovnání všech způsobů rozmrazování.

Tabulka č. 5: Naměřené hodnoty pro rozmrazování v lednici (vakuové balení)

Vakuové balení						
Teplota při zmrazování	Hmotnost před zmrazením [g]	Hmotnost po rozmrazení [g]	Hmotnostní rozdíl [g]	Ztráta rozmrazením [%]	Průměr ztrát [%]	pH
-18°C	253,03	249,41	3,62	1,43	1,53	5,80
	289,30	284,60	4,70	1,62		5,84
-36°C	284,04	276,16	7,88	2,77	2,59	5,63
	297,35	290,20	7,15	2,40		5,69
-65°C	279,68	276,95	2,73	0,98	0,94	5,64
	315,34	312,50	2,84	0,90		5,79
Průměr			4,82	1,68		5,73

Výsledky, které byly získány při rozmrazování v lednici, se poměrně liší i na základě jednotlivých teplot při kterých byly vzorky zmrazeny. Nejmenší hmotnostní ztráty nastaly u vakuově baleného masa, které bylo zmrazeno při -65°C pomocí kryogenního zmrazení. Ztráta při rozmrazení byla pouze 0,94 %. K nízkým ztrátám došlo díky rychlému zmrazení a pomalému rozmrazení v lednici, kdy proběhlo pomalé uvolňování ledových krystalů a nebyla nijak výrazně porušena struktura masových vláken, nedošlo k přebytečnému uvolnění masové šťávy. U masa, které bylo zmrazeno při -18°C byly naměřeny o něco větší ztráty hmotnosti. Jejichž ztráta rozmrazením byla vypočtena na 1,53 %. Nejvyšší ztráty byly získány u vzorků, které byly zmrazeny při -36°C. Ztráty rozmrazením u takto zmrazeného masa byly 2,59 %.

Celkové hmotnostní ztráty pro vakuové balení, které bylo pro rozmrazování uloženo v lednici byly v průměru 1,68 %. Maso, které bylo rozmrazeno v lednici a vakuově baleno, mělo hodnotu pH v průměru stanovenou na 5,73. RAHIMEH, J., et al. [59] pozorovali změnu pH masa ve vakuovém balení. Změny pH byly nepatrné. Výchozí vzorek měl pH 5,65 a postupem skladování při mrazírenských teplotách pH vzrostlo na 5,75. Hodnoty pH odpovídají našim hodnotám pro vakuově balené maso.

Tabulka č. 6: Naměřené hodnoty pro rozmrazování v lednici (mikrotenové balení)

Mikrotenové balení						
Teplota při zmrazování	Hmotnost před zmrazením [g]	Hmotnost po rozmrazení [g]	Hmotnostní rozdíl [g]	Ztráta rozmrazením [%]	Průměr ztrát [%]	pH
-18°C	253,51	230,11	2,40	1,03	1,03	5,77
	239,78	237,34	2,44	1,02		5,65
-36°C	297,10	292,39	4,71	1,86	1,93	5,79
	228,97	224,38	4,59	2,00		5,73
-65°C	295,60	293,56	2,04	0,69	0,71	5,70
	245,80	244,04	1,76	0,72		5,78
Průměr			2,99	1,22		5,74

Tabulka č. 6 vyobrazuje hodnoty ztrát hmotnosti a hodnoty pH, které byly rovněž získány při rozmrazování hovězího masa v lednici. Maso však nyní nebylo baleno vakuově, ale byly použity mikrotenové sáčky, určené přímo pro mrazírenské skladování. U vzorků, které byly baleny do mikrotenových sáčků, došlo k minimálním ztrátám hmotnosti masa. Pro plátky masa, které byly zmrazeny při -65°C byly naměřeny nevýrazné úbytky hmotnosti. Ztráty, které vznikly rozmrazením, byly stanoveny na 0,71 %. Při -18°C byly ztráty 1,03 %. K větším ztrátám došlo u vzorků, které bylo zmrazeno při -36°C, ztráty činily 1,93 %.

Průměrný úbytek hmotnosti činil 1,22 %. Hodnota pH byla v průměru stanovena na 5,74, pH bylo opět porovnáno s výsledky RAHIMEH, J., et al. [59].

Konečné vyobrazení použité metody – rozmrazování masa v lednici, bylo podrobněji popsáno pod grafem č. 1, který rovněž slouží pro názornější a přehlednější zobrazení ztrát hmotnosti při rozmrazování hovězího masa v lednici, která dosahovala v době rozmrazování teplotu  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .



Graf č. 1: Porovnání hodnot pro rozmrazování v lednici

V tabulce č. 5 a 6 jsou uvedeny výsledky, naměřené u rozmrazeného masa, které bylo podrobena pomalému a pozvolnému rozmrazování v lednici při teplotě 4°C. Po rozmrazení, vyjmutí masa z obalu a jeho zvážení byla ve středu plátku masa naměřena teplota 2°C.

V grafu č. 1 jsou vyobrazeny jednotlivé rozdíly úbytku hmotnosti. Je patrné, že k nejmenším ztrátám hmotnosti došlo u zmrazovací teploty -65°C, jak vakuově baleného masa, tak i u mikrotenového balení. O něco větší ztráty byly při -18°C. Rozdíl úbytku hmotnostní mezi zmrazovací teplotou -18°C a -65°C u vakuově baleného masa byl vypočten jako průměrná hodnota 0,58 %. U mikrotenového balení byl průměrný rozdíl stanoven na 0,32 %. K výraznějším hmotnostním úbytkům docházelo u rozmrazování masa v lednici, které bylo zmrazeno při teplotě -36°C. Markantní hmotnostní ztráty byly jak u vakuového, tak i mikrotenového balení.

Celkové hmotnostní ztráty při rozmrazování v lednici byly porovnány se studií RAHMAN, H., HOSSAIN, M., et al. [60]. Tato studie stanovuje hodnoty pro rozmrazování masa v lednici při teplotě 4°C. Ztráty rozmrazením v tomto článku byly stanoveny na 3,49 % a hodnota pH 6,15. Zprůměrované hodnoty pod tabulkou č. 5 a 6 činí 1,45 % hmotnostních ztrát a pH 5,74. Rozdíl těchto hodnot mohl být zapříčiněn mnoha faktory, jako například – využití odlišné hovězí partie, věk poraženého kusu, velikostí vzorků a především aplikovanou teplotou pro zmrazení jednotlivých vzorků.

Tabulka č. 7: Naměřené hodnoty pro rozmrazování při pokojové teplotě (vakuové balení)

Vakuové balení						
Teplota při zmrazování	Hmotnost před zmrazením [g]	Hmotnost po rozmrazení [g]	Hmotnostní rozdíl [g]	Ztráta rozmrazením [%]	Průměr ztrát [%]	pH
-18°C	299,58	288,83	10,75	3,59	3,35	5,74
	279,15	270,50	8,65	3,10		5,79
-36°C	241,40	226,56	14,84	6,15	5,51	5,58
	278,57	264,97	13,60	4,88		5,53
-65°C	293,00	284,46	8,54	2,91	3,60	5,59
	254,26	243,36	10,90	4,29		5,50
Průměr			11,21	4,15		5,62

Rozmrazování při pokojové teplotě způsobilo největší hmotnostní úbytky, a to především z důvodu rychlého rozmrazení ledových krystalů.

K nejmenším ztrátám po rozmrazení došlo u zmrazovací teploty -65°C a -18°C. Ztráty rozmrazením ve vakuovém balení pro teplotu -65°C byly stanoveny na 3,60 %. Hodnota je nejmenší, protože došlo k rychlému zmrazení a vytvoření drobných ledových krystalů. Zároveň je toto získané číslo poměrně vysoké, jelikož došlo k rychlému povolení ledových krystalů. Rychlé povolení ledových krystalů je často faktorem pro poškození svalových vláken a přebytečnému uvolnění masové šťávy a s ní dochází k vyloučení významných látek, které maso přirozeně obsahuje.

Pro zmrazovací teplotu -18°C byly hmotnostní ztráty vypočteny na 3,35 %. Opět k největším ztrátám došlo při zmrazovací teplotě -36°C. Hmotnostní ztráty byly stanoveny na 5,51 %.

Průměrné hmotnostní ztráty po rozmrazování při pokojové teplotě, vakuově balených vzorků byly 4,15 %. Hodnota pH se v průměru všech rozmrazených vzorků při pokojové teplotě a vakuového balení pohybovala okolo 5,62. pH bylo porovnáno s RAHIMEH, J., et al. [59].

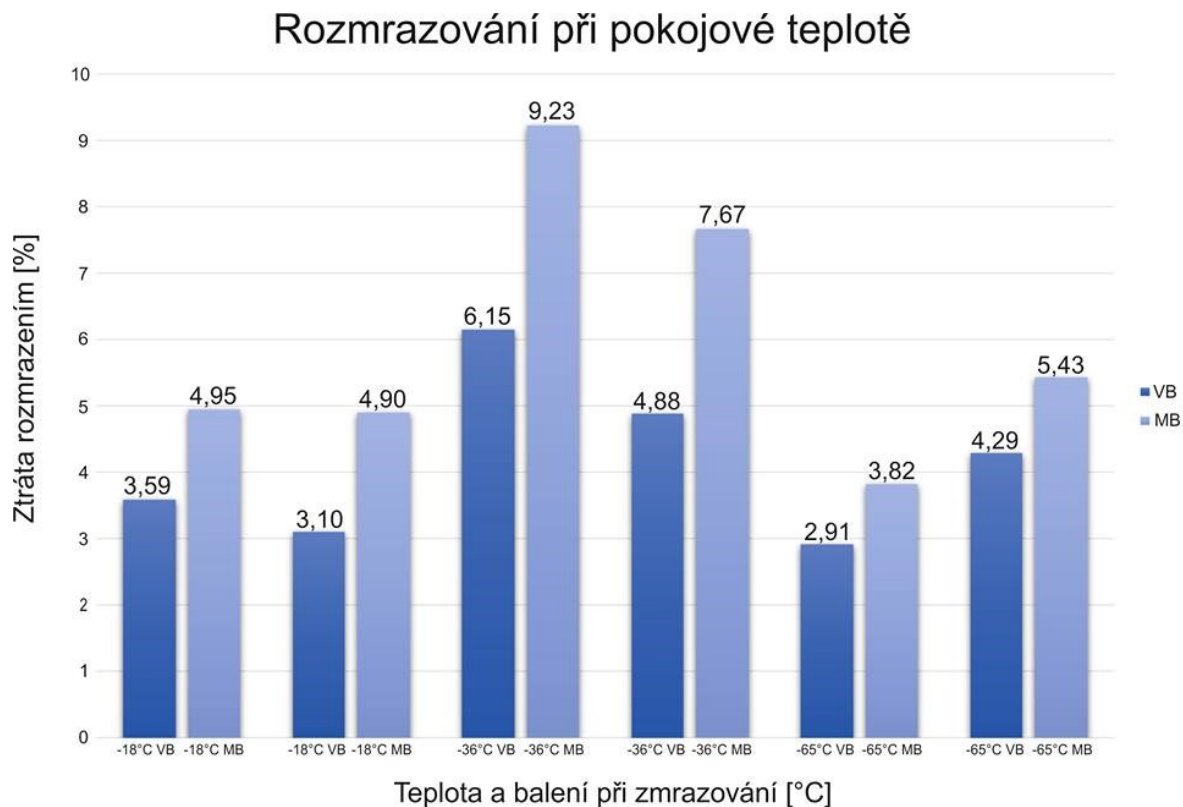
Tabulka č. 8: Naměřené hodnoty pro rozmrazování při pokojové teplotě (mikrotenové balení)

Mikrotenové balení						
Teplota při zmrazování	Hmotnost před zmrazením [g]	Hmotnost po rozmrazení [g]	Hmotnostní rozdíl [g]	Ztráta rozmrazením [%]	Průměr ztrát [%]	pH
-18°C	258,32	245,54	12,78	4,95	4,93	5,74
	233,85	223,35	10,50	4,90		5,86
-36°C	274,67	249,33	25,34	9,23	8,45	5,69
	229,12	211,54	17,58	7,67		5,57
-65°C	324,05	311,63	12,39	3,82	4,63	5,53
	263,69	249,36	14,33	5,43		5,68
Průměr			15,49	6,00		5,68

K nemějším hmotnostním ztrátám pro rozmrazování při pokojové teplotě nedošlo ani u mikrotenového balení. Hmotnostní ztráty byly naopak mnohem větší než u vakuového balení. U zmrazovací teploty -36°C došlo k zatím největším hmotnostním ztrátám. Rozdíl hmotností dosáhl hodnoty 8,45 %. Menší ztráty byly stanoveno pro zmrazovací teploty -18°C a -65°C. Ztráta zmrazením se pohybovaly okolo 4 %. Celkový hmotnostní úbytek pro tuto variantu rozmrazování a balení byl stanoven pro všechny tyto vzorky na 6 %.

Ve srovnání údržnosti hmotnosti pomocí balení, jednoznačně u vakuového balení nedocházelo k tak velkým hmotnostním ztrátám jako u balení mikrotenového. U masa rozmrazeného při pokojové teplotě dochází k rychlému rozmrazení ledových krystalů, které poškozují strukturu masa. Uvolňuje se nadměrné množství masové šťávy a maso je tak ochuzeno o významné a prospěšné látky. Podstatným faktorem podílející se na hmotnostních ztrátách má i zmrazovací teplota, která ovlivňuje velikost rostoucích ledových krystalů při zmrazení. U -65°C, kde by měly být ledové krystaly nejmenší, došlo k nejmenším hmotnostním ztrátám.

V porovnání s hodnotami při rozmrazování v lednici byly při pokojové teplotě naměřeny výrazně vyšší hodnoty. Pro přehlednější vyobrazení rozdílů všech způsobů rozmrazování slouží graf č. 4.



Graf č. 2: Porovnání hodnot pro rozmrazování při pokojové teplotě

Z grafu č. 2 si lze povšimnout, že k největším hmotnostním ztrátám docházelo u mikrotenových sáčků. Vakuové balení je poměrně odolnější proti propustnosti.

Tabulka č. 9: Naměřené hodnoty pro rozmrazování ve vodě (vakuové balení)

Vakuové balení						
Teplota při zmrazování	Hmotnost před zmrazením [g]	Hmotnost po rozmrazení [g]	Hmotnostní rozdíl [g]	Ztráta rozmrazením [%]	Průměr ztrát [%]	pH
-18°C	294,52	287,04	7,48	2,54	2,67	5,72
	278,39	270,59	7,80	2,80		5,65
-36°C	292,84	277,40	15,44	5,27	5,49	5,59
	263,15	248,12	15,03	5,71		5,65
-65°C	240,64	234,06	6,58	2,73	2,70	5,59
	268,37	261,22	7,15	2,66		5,68
Průměr			9,91	3,62		5,65

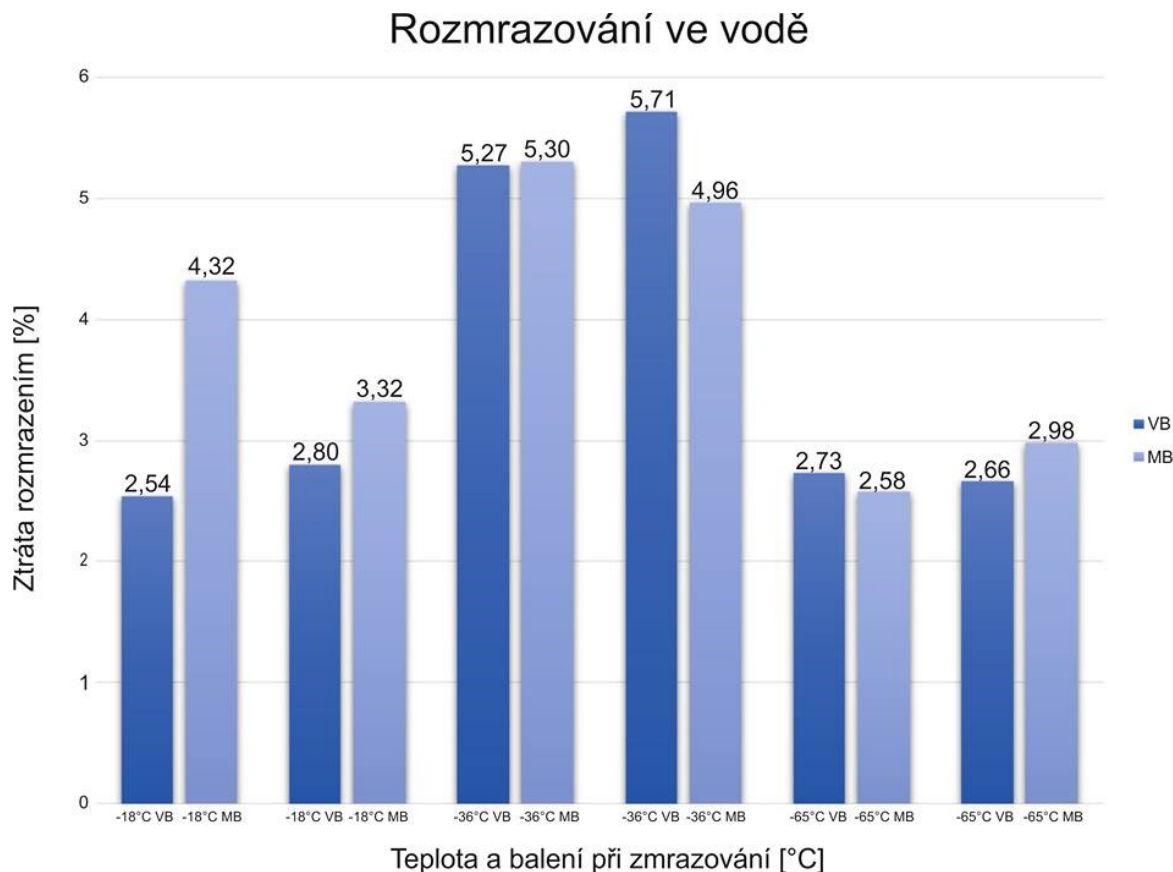
U rozmrazování ve vodě byly naměřeny také poměrně vysoké hmotnostní ztráty masa, které ovšem nebyly tak výrazné jako u rozmrazování při teplotě pokojové. Mezi zmrazovacími teplotami  $-18^{\circ}\text{C}$  a  $-36^{\circ}\text{C}$  nebyly naměřeny výrazné hmotnostní změny. Pokles hmotnosti byl v průměru 2 %. Za to velký úbytek hmotnosti nastal u zmrazovací teploty  $-36^{\circ}\text{C}$  - 5,49 %. Celková hmotnostní ztráta u vakuového balení byla v průměru určena na 3,62 %. U vakuově baleného masa, které bylo rozmrazováno ve vodě byla naměřena hodnota pH 5,65.

Tabulka č. 10: Naměřené hodnoty pro rozmrazování ve vodě (mikrotenové balení)

Mikrotenové balení						
Teplota při zmrazování	Hmotnost před zmrazením [g]	Hmotnost po rozmrazení [g]	Hmotnostní rozdíl [g]	Ztráta rozmrazením [%]	Průměr ztrát [%]	pH
$-18^{\circ}\text{C}$	229,88	219,95	9,93	4,32	3,82	5,67
	285,40	275,92	9,48	3,32		5,70
$-36^{\circ}\text{C}$	214,02	202,67	11,35	5,30	5,13	5,72
	238,90	227,05	11,85	4,96		5,83
$-65^{\circ}\text{C}$	320,75	312,48	8,27	2,58	2,78	5,64
	285,14	276,63	8,51	2,98		5,58
Průměr			9,90	3,91		5,69

U masa, baleného v mikrotenových sáčkách, došlo k nejmenším hmotnostním úbytkům při zmrazovací teplotě  $-65^{\circ}\text{C}$ , pro rozmrazování ve vodě 2,78 % hmotnostního úbytku. Větší ztráty nastaly u zmrazeného masa při  $-18^{\circ}\text{C}$  - 3,82 %. Nicméně největší ztráty u mikrotenového balení byly u zmrazovací teploty  $-36^{\circ}\text{C}$ , jejichž pokles byl o 5,13 %. Celkový úbytek byl stanoven na 3,91 % s pH hodnotou 5,69. Veškeré hodnoty pH lze také porovnat s výzkumy RAHMAN, H., HOSSAIN, M., et al. [60] a také s ZEQUAN, X., ZIRONG, W., et al. [61], kteří sice měřili pH u vepřového masa, ale toto maso také prošlo teplotou mrazení a jejich hodnota se výrazně nelišila – 5,56.





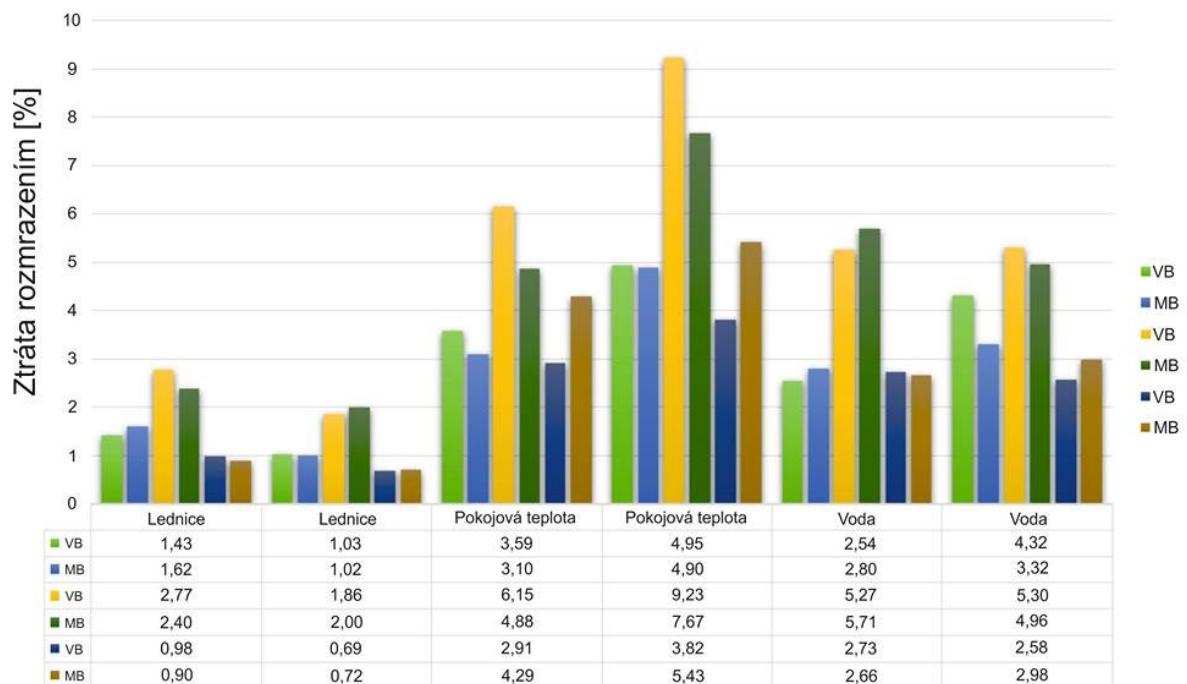
Graf č. 3: Porovnání hodnot pro rozmrazování ve vodě

Z grafu č. 3 si lze povšimnout největších hmotnostních úbytků pro rozmrazování ve vodě. Opět byly naměřeny největší ztráty u zmrazovací teploty  $-36^{\circ}\text{C}$ . Tentokrát u vakuového i mikrotenového balení. Nejmenší ztráty byly naměřeny u  $-65^{\circ}\text{C}$ .

V tabulce č. 9 a 10 byly porovnány hmotnostní ztráty při rozmrazování masa ve vodě. Hodnoty lze srovnat s RAHMAN, H., HOSSAIN, M., et al. [60], kteří se své studii udávají hmotnostní ztráty masa při rozmrazování ve vodě na hodnotu 3,73 %. Jestliže byly naše hodnoty, které byly vypsány pod tabulkou č. 9 a 10 zprůměrovány, bylo dosaženo hodnoty 3,74 % ztráty rozmrazením. Jedná se tedy o minimální hmotnostní ztráty.

RAHMAN, H., HOSSAIN, M., et al. [60] také udávají hodnotu pH po rozmrazení ve vodě na 5,87. Pro zmrazovací teplotu  $-18^{\circ}\text{C}$  FENNEMA, O. [62] tvrdí, že tato zmrazovací teplota je dostačující pro zachování hmotnosti a kvality hovězího masa.

## Porovnání všech hodnot rozmrazování



Graf č. 4: Porovnání hodnot pro všechny způsoby rozmrazení

Při porovnání jednotlivých způsobů rozmrazování si lze povšimnout, jak jednotlivé způsoby ovlivnily hmotnostní úbytky zmrazeného hovězího masa. Lze potvrdit, že k nejmenším ztrátám došlo při pomalém rozmrazování v lednici. Kdy se ledové krystaly mohly pomalu a pozvolna povolovat. U rozmrazování v lednici k nejmenším ztrátám došlo při zmrazovací teplotě  $-65^{\circ}\text{C}$ . Největší hmotnostní úbytky nastaly u rychlého rozmrazování při pokojové teplotě. Nejmenší ztráty opět u zmrazení  $-65^{\circ}\text{C}$ . Hodnoty lze porovnat s RAHMAN, H., HOSSAIN, M., et al. [60]. U rozmrazování ve vodě jsou také nejmenší ztráty při zmrazovací hodnotě  $-65^{\circ}\text{C}$ . Co se týká zmrazovací hodnoty  $-18^{\circ}\text{C}$  u všech typů rozmrazování se jednalo o druhou nejmenší hodnotu ztráty hmotnosti.

Lze si povšimnout, že největší ztráty byly naměřeny při zmrazovací teplotě  $-36^{\circ}\text{C}$ . Studie dle BOLES, J. A., FONTANESI, L. [63] tvrdí, že při  $-30^{\circ}\text{C}$  nedochází k přílišnému ovlivnění jak povrchu masa, tak celé jeho struktury a při takové teplotě by nemělo docházet k výrazným změnám, jak hmotnostních, tak barvy a dalším úbytku nutričních látek. Takové hmotnostní ztráty mohly být zapříčiněny díky prodlevě, která nastala při zabalení vzorků a jejich zamrazení, kvůli převozu do potřebného mrazícího zařízení. Na vakuově balené maso mohlo mít větší vliv vytvořené vakuum. U této zmrazovací teploty se více osvědčil obyčejný mikroténový sáček, který nemá účinky vytvořeného vakuu.

Finálně lze zhodnotit, že vakuové balení zabránilo přibližně stejným hmotnostním změnám jako mikrotenové sáčky, které jsou určeny na uchovávání potravin v mrazicím zařízení. Získanými výsledky lze potvrdit, která z metod rozmrazování je nejvhodnější a dochází u ní k nejmenším hmotnostním úbytkům.

### 7.3 Obsah sušiny a vody

Tabulka č. 11: Naměřené hodnoty pro obsah sušiny a vody u rozmrazování v lednici

Rozmrazování v lednici				
Vakuové balení			Mikrotenové balení	
Teplota zmrazování	Obsah sušiny [%]	Obsah vody [%]	Obsah sušiny [%]	Obsah vody [%]
-18°C	25,10	74,90	24,83	75,17
-36°C	25,65	74,35	25,69	74,31
-65°C	30,41	69,59	25,99	74,01

Tabulka č. 12: Naměřené hodnoty pro obsah sušiny a vody u rozmrazování při pokojové teplotě

Rozmrazování při pokojové teplotě				
Vakuové balení			Mikrotenové balení	
Teplota zmrazování	Obsah sušiny [%]	Obsah vody [%]	Obsah sušiny [%]	Obsah vody [%]
-18°C	25,96	74,04	25,08	74,92
-36°C	25,37	74,63	25,72	74,28
-65°C	26,12	73,88	27,27	72,73

Tabulka č. 13: Naměřené hodnoty pro sušinu a obsah vody pro rozmrazování ve vodě

Rozmrazování ve vodě				
Vakuové balení			Mikrotenové balení	
Teplota zmrazování	Obsah sušiny [%]	Obsah vody [%]	Obsah sušiny [%]	Obsah vody [%]
-18°C	27,28	72,72	25,13	74,87
-36°C	24,81	75,19	26,84	73,16
-65°C	26,45	73,55	27,22	72,78

Celkový obsah vody v mase se pohybuje v rozmezí 70 – 75 %. Optimální hodnoty sušiny tedy jsou 25 – 30 % dle studie SALÁKOVÁ, A., BOŘILOVÁ, G. [58]. Obsah sušiny v mase se nám pohybuje v normě a poměrně vyrovnaně.

## 7.4 Oxidace lipidů

Tabulka č. 14: Naměřené hodnoty oxidace lipidů pro vakuové balení

Způsob rozmrazování	Teplota zmrazování	Průměr (A450/mg malondialdehyd MDA)
Slepý pokus		1,05±0,10
Lednice	-18°C	13,43±1,46
	-36°C	11,20±1,13
	-65°C	10,50±0,42
Pokožová teplota	-18°C	17,30±0,14
	-36°C	14,30±0,14
	-65°C	18,70±0,42
Voda	-18°C	13,50±0,42
	-36°C	13,00±0,28
	-65°C	13,30±0,14

Tabulka č. 15: Naměřené hodnoty oxidace lipidů pro mikrotenové balení

Způsob rozmrazování	Teplota zmrazování	Průměr (A450/mg malondialdehyd MDA)
Slepý pokus		1,05±0,10
Lednice	-18°C	11,70±0,14
	-36°C	10,95±0,87
	-65°C	10,95±0,87
Pokožová teplota	-18°C	15,40±0,57
	-36°C	10,90±0,14
	-65°C	12,30±0,14
Voda	-18°C	14,80±0,85
	-36°C	9,90±0,14
	-65°C	10,55±0,75

Hodnoty byly porovnány s několika studiemi. Jako první bylo provedeno srovnání s REITZNEROVÁ, A., ŠULEKOVÁ, M., a kol. [64]. V publikaci je uvedeno, že došlo k měření při 532 nm. Hodnoty oxidace lipidů byly určeny v rozmezí  $12,52 \pm 1,32$  až  $16,08 \pm 0,26$  pro celkový obsah lipidů a mastných kyselin.

Určením oxidace lipidů dle HYUN JUNG, L., JUHUI, CH., et al. [65] bylo potvrzeno, že metoda TBARS je důležitým ukazatelem zhoršení kvality masa, ale je také známo, že oxidace lipidů má pozitivní vliv na chuť sušeného masa. V této studii se hodnota TBARS u hovězího masa pohybovala od 1,43 do 1,63 mg malondialdehydu/kg masa.

Další studie byla MINGCHENG, Z., XIUFAN, X., et al. [66], kteří pozorovali změny obsahu malondialdehydu ve vepřové svalovině. Měření probíhalo při 532 nm. Hodnoty pro vepřové maso byly stanoveny na 0,144 mg/kg masa.

## ZÁVĚR

Na základě porovnání výsledků hmotnostních ztrát s odbornou literaturou lze potvrdit teorii, že pomalé rozmrazování masa při nižší teplotě (lednice) je mnohem šetrnější nežli, další metody, které byly v této práci aplikovány. Na hmotnostní ztráty měly vliv i zmrazovací teploty. Zmrazení by mělo probíhat co nejrychleji, aby nedocházelo k vytvoření velkých ledových krystalů, které by mohly narušit strukturu masa. Následně u rozmrazování je podstatné, aby bylo maso uloženo v takovém prostředí, kde dochází k pomalému a pozvolnému rozmrazování vytvořených ledových krystalů. Pokud by došlo k rychlému rozmrazování ledových krystalů, narušila by se struktura masa a mnoho důležitých látek by bylo z masa vyloučeno spolu s masovou šťávou, což vede k velkým hmotnostním úbytkům masa.

Bylo potvrzeno, že nejmenší hmotnostní ztráty nastaly při rozmrazování v lednici při  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . K úplně minimálním ztrátám došlo pro zmrazovací teplotu  $-65^{\circ}\text{C}$ . U takto zmrazeného masa byly vytvořeny nejmenší ledové krystaly, které neporušily strukturu masa. Ztráty hmotnosti při zmrazovací teplotě  $-36^{\circ}\text{C}$  byly poněkud větší u všech případů rozmrazování. Vyšší hmotnostní ztráty u této zmrazovací teploty mohly být zapříčiněny delší časovou prodlevou mezi zabalením vzorků a jejich zmrazením. Zmrazovací teplota  $-18^{\circ}\text{C}$ , které dosahuje většina mrazících zařízení používaných v klasických domácnostech, byla také ověřena jako teplota, u které nedochází k výrazným ztrátám hmotnosti.

Dalším zvoleným prostředím pro rozmrazování byla zvolena metoda ponořením do pitné vody. U zmiňovaného způsobu rozmrazování nedošlo k výrazným hmotnostním úbytkům. Ledové krystaly nebyly příliš rychle rozmrazeny, avšak voda jako taková může být nasáta masem a nedochází k tak výrazným hmotnostním rozdílům masa po rozmrazení. I z tohoto důvodu je podstatné dodržovat hygienické pravidlo – maso by mělo být baleno tak, aby nedošlo k přímému kontaktu masa a vody. Pokud by maso nebylo vhodně zabaleno, mohla by být porušena mikrobiologická jakost masa.

Rozmrazování při pokojové teplotě bylo vyhodnoceno jako nejméně vhodný způsob pro rozmrazování. Dochází k rychlému tání ledových krystalů a tím pádem k největšímu vyloučení masové šťávy a velkým hmotnostním úbytkům. Hodnoty nebyly nijak výrazně ovlivněny zmrazovací teplotou.

Procenta hmotnostních ztrát mohla být ovlivněna i díky balení, ve kterých byly vzorky uloženy. Vakuové balení je vhodnější, pokud dojde k okamžitému zmrazení masa, neboť vytvořené vakuum může ovlivnit uvolňování masové šťávy. Ani u jednoho balení nedošlo k výraznému spálení masa mrazem.

Jednotlivé zmrazovací teploty a způsoby rozmrazování neovlivnily nijak výrazně změny hodnoty pH. Hodnoty pH naměřené u masa chlazeného, tak i po rozmrazení se výrazně nelišily a odpovídaly hodnotám uvedených v odborných člancích.

Stejně jako je uvedeno v mnoha publikacích, obsah sušiny se pohybuje v rozmezí 30-25% a 70-75% vody obsažené v mase.

Oxidace lipidů často způsobuje senzoričné vady masa, především barevné, chuťové a v neposlední řadě i změnu vůně. Hodnoty, které byly získány, se shodují s odbornou literaturou.

Finální výsledky nám ukazují, že nejvýhodnějším způsobem je rozmrazování v lednici, přestože je časově nejnáročnější. Hmotnostní ztráty jsou minimální. Protikladem je rozmrazení při pokojové teplotě, kde nastaly maximální hmotnostní ztráty. Maso rozmrazené v lednici není ochuzeno o mnoho významných látek a je menší pravděpodobnost mikrobiální kontaminace.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] WILLIAMS, P. Key nutrients delivered by red meat in the diet: Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics: Journal of the Dietitians of Australia* [online]. 2007, 64(4), 113-119 [cit. 2019-02-18]. DOI: 10.1111/j.1747-0080.2007.00197.x. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1747-0080.2007.00197.x>
- [2] Zákon č. 69/2016 Sb., o požadavcích na maso, masné výrobky, produkty rybolovu a akvakultury a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich. In: *Zákony pro lidi*, 17. 2. 2016. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-66>
- [3] PIPEK, P. *Základy technologie masa*. Vydání první. Vyškov: VVŠ PV Vyškov, 1998, 104 s. ISBN 80-7231-010-0.
- [4] KRÁLOVÁ, M. Věda a technika: Kde se bere maso?. *Techmania Science Center* [online]. Plzeň: Techmania Science Center, o.p.s [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: [https://edu.techmania.cz/cs/veda-v-pozadi/885?view\\_gf\\_cilove\\_skupiny=](https://edu.techmania.cz/cs/veda-v-pozadi/885?view_gf_cilove_skupiny=)
- [5] RYSOVÁ, L. Spotřeba masa v ČR. *Agropress.cz* [online]. 2016 [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: <http://www.agropress.cz/spotreba-masa-v-cr/>
- [6] HRABĚ, J., BŘEZINA, P. a VALÁŠEK, P. Technologie výroby potravin živočišného původu: bakalářský směr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 180 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 8073184052.
- [7] *Red Meat and Health* [online]. [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: <http://meatandhealth.redmeatinfo.com/health-professionals/red-meat-and-health.aspx>
- [8] ZRCKOVÁ, B. Druhy masa: Jatečné maso. *Projekt.iss-slany.cz* [online]. Česká republika, 1-30 [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: [http://projekt.iss-slany.cz/wp-content/uploads/2011/10/TECHNOLOGIE\\_jatecne\\_maso\\_BZ-barva.pdf](http://projekt.iss-slany.cz/wp-content/uploads/2011/10/TECHNOLOGIE_jatecne_maso_BZ-barva.pdf)
- [9] ARNARSON, A. Beef 101: *Nutrition Facts and Health Effects Healthline* [online]. 2015 [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/nutrition/foods/beef>
- [10] BOHRE, B. M. Review: Nutrient density and nutritional value of meat products and non-meat foods high in protein. *Trends in Food Science & Technology* [online]. Canada, 2017, 65(2), 103-112 [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: [https://ac-els-cdn-com.proxy.k.utb.cz/S0924224417300067/1-s2.0-S0924224417300067-main.pdf?\\_tid=0b47ab48-7dad-4db0-8873-31407b88987a&acdnat=1551120301\\_f6c2e11a1d816e35dc66e25b26db5855](https://ac-els-cdn-com.proxy.k.utb.cz/S0924224417300067/1-s2.0-S0924224417300067-main.pdf?_tid=0b47ab48-7dad-4db0-8873-31407b88987a&acdnat=1551120301_f6c2e11a1d816e35dc66e25b26db5855)



- [11] FABRE, R., DALZOTTO, G., PERLO, F., BONATO, P., TAIRA, G., TISOCCO O. Cooking method effect on Warner-Bratzler shear force of different beef muscles. *Meat Science* [online]. 2018, 138, 10-14 [cit. 2018-11-23]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174017313840>
- [12] KŠÁNA, F., KATINA, J. Jak poznáme kvalitu?. *Hovězí a vepřové maso* [online]. Praha: Flora Praha, 2012 [cit. 2019-02-25]. ISBN 978-80-904633-6-3. Dostupné z: [https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/publikace/SCS\\_Brozura\\_maso\\_web.pdf](https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/publikace/SCS_Brozura_maso_web.pdf)
- [13] LORENCOVÁ, M. Faktory ovlivňující kvalitu hovězího masa [online]. Brno, 2012 [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: [file:///C:/Users/Krist%C3%BDna/Downloads/zave-recna\\_prace%20\(6\).pdf](file:///C:/Users/Krist%C3%BDna/Downloads/zave-recna_prace%20(6).pdf). Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Radek Filipčík, Ph.D.
- [14] Dodgshun, G., Peters, M., O'Dea, D. Meat. *Cookery for the hospitality industry* [online]. Cambridge: Cambridge University Press, 2011, 381-448 [cit. 2019-02-25]. DOI: 10.1017/CBO9781139192712.021. Dostupné z: <https://www.cambridge.org/core/books/cookery-for-the-hospitality-industry/meat/10CA68970B3246D101BBE9F8359E1230>
- [15] DE HUIDOBRO, F. R., MIGUEL, E., BLÁZQUEZ B., ONEGA, E. A comparison between two methods (Warner-Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Science* [online]. 2005, (69), 527-536 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030917400400244X>
- [16] RITCHELL, E. C., PIRET, E. L., HALVORSON, H. O. Drying of meats: Rare of Dehydration of Uncooked Cured Ground Meats. *ACS Publications: Most Trusted. Most Cited. Most Read* [online]. 2002, 34(11), 189-193 [cit. 2019-03-09]. DOI: 10.1021 / ie50407a013. Dostupné z: <https://pubs-acscorg.proxy.k.utb.cz/doi/pdf/10.1021/ie50407a013>
- [17] ČUBOŇ, J., HAŠČÍK, P., KAČÁNIOVÁ, M. Hodnotenie surovín a potravín živočišneho povodu. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2012. ISBN 978-80-552-0870-1.
- [18] JŮZL, M., NEDOMOVÁ, Š. Bourání hovězího masa pro výsek. *Jakost živočišných produktů* [online]. Mendelova univerzita v Brně: ASTRON studio CZ, 2015, 4(1), 74-78 [cit. 2019-03-09]. ISSN 978-80-7509-205-2. Dostupné z: <https://docplayer.cz/4802446-5-7-1-bourani-hoveziho-masa-pro-vysek-obr-13-bourani-hoveziho-masa-na-vysek-cszm-katalog-vvm-2004.html>
- [19] *Topbeef.cz*. Praktické rady [online]. Praha [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <http://www.topbeef.cz/prakticke-rady>
- [20] BRIGGS, H. M. Breeds of Livestock - Angus Cattle: Angus. *Breeds of Livestock, Department of Animal Science* [online]. 1994 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <http://afs.okstate.edu/breeds/cattle/angus/index-2.html>

- [21] STANĚK, S. Masná plemena skotu. *Zootechnika* [online]. 2009 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <http://www.zootechnika.cz/clanky/chov-skotu/plemena-skotu/masna-plemena-skotu.html>
- [22] CANO-MUNOZ, G. Manual on meat cold store operation and management. *FAO Animal Production and Health* [online]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1991, 25(92), 5-50 [cit. 2019-03-09]. ISSN 92-5-102788-9. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/T0098E/T0098E02.htm>
- [23] SAVELL, J. W. Beef Carcass Chilling: Current Understanding, Future Challenges. *Research Knowledge Management RKM: White Paper: Product Enhancement Research* [online]. 2012,1-12 [cit. 2019-03-09]. DOI: 303.694.0305 — 303.850.3348. Dostupné z: [https://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/PE\\_White\\_%20Papers/Beef\\_Carcass\\_Chilling.pdf](https://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/PE_White_%20Papers/Beef_Carcass_Chilling.pdf)
- [24] KIM, Y. H., KEMP, R., SAMUELSSON, L. M. Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Science* [online]. 2016, (111), 168-176 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26437054>
- [25] KADLEC, P., MELZOCH, K., VOLDŘICH M. Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích. *Technologie potravin*. Ostrava, 2013. ISBN 978-80-7418-163-4.
- [26] MAREČEK, J., GRODA, B., SYCHRA J. *Technika pro zpracování živočišných produktů II*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1996. ISBN 80-7157-205-5.
- [27] SCHMIDT, F. C., SILVA, C., LAURINDO, J. B. Kinetics of vacuum and air cooling of chicken breasts arranged in stacks. *Springer Link: Food and Technology* [online]. 2018, 55(6), 1-10 [cit. 2019-03-09]. DOI: 10.1007/s13197-018-3146-6. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://link-springer-com.proxy.k.utb.cz/article/10.1007%2Fs13197-018-3146-6>
- [28] FENG, CH., CHENG, L. I. Immersion Vacuum-Cooling as a Novel Technique for Cooling Meat Products: Research Advances and Current State-of-the Art. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2015, 14(6), 785-795 [cit. 2019-03-09]. DOI: 10.1111/1541-4337.12157. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1541-4337.12157>
- [29] GREEN, B., RIPLEY, D., BLADE, H. Restaurant Food Cooling Practices. *HHS Public Access: Author manuscript* [online]. 2017, 12(75), 2172-2178 [cit. 2019-03-09]. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-12-256. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5580724/pdf/nihms898388.pdf>

- [30] OLDS, D. A. Cooling meat products in foodservice: Time, temperature, and growth of *Clostridium perfringens* ATCC 10388 [online]. 2004, 10-15 [cit. 2019-03-09]. DOI: 10.13140/2.1.3621.7927. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/David\\_Olds2/publication/34003270\\_Cooling\\_meat\\_products\\_in\\_foodservice\\_Time\\_temperature\\_and\\_growth\\_of\\_Clostridium\\_perfringens](https://www.researchgate.net/profile/David_Olds2/publication/34003270_Cooling_meat_products_in_foodservice_Time_temperature_and_growth_of_Clostridium_perfringens)
- [31] *A novel method for improving the vacuum cooling of cooked meats*. Cool-Meat [online]. Spain, 2010 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://cordis.europa.eu/project/rcn/96088/reporting/en>
- [32] *Canadian Food Inspection Agency*. Cooling of Heat Processed Meat Products [online]. Canada, 2019 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <http://www.inspection.gc.ca/food/eng/1299092387033/1299093490225>
- [33] BUREŠOVÁ, I., LORENCOVÁ, E. *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013, 302 s. ISBN 978-80-7454-278-7.
- [34] GOLDWYN, M. Basic Meat Science For Cooks. *What is meat?*. [online]. 2015 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://amazingribs.com/more-technique-and-science/more-cooking-science/basic-meat-science-cooks>
- [35] *Safe food storage at home*. Keeping food refrigerated [online]. Brussels: Pouce - Pied, 2019 [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <https://www.eufic.org/en/food-safety/article/safe-food-storage-at-home>
- [36] *Food safety*. Buying and storing food [online]. England: Manchester, 2019 [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <https://filestore.aqa.org.uk/resources/food/specifications/AQA-8585-SP-2016.PDF>
- [37] BARIGOU, M., MANKAD, S., FRYER, P. J. Food and Bioproducts Processing: Heat Transfer in Two-Phase Solid-Liquid Food Flows. *Institution of Chemical Engineers* [online]. School of Chemical Engineering, University of Birmingham, Birmingham, UK, 1998, (76), 3-29 [cit. 2019-01-16]. DOI: 10.1205/096030898531710. Dostupné z: <https://ac-els-cdn-com.proxy.k.utb.cz/S0960308598700872/1-s2.0-S0960308598700872-main.pdf>
- [38] TASSOU, S. A., LEWIS, J. S., HADAWAY, A., CHAER, I. A review of emerging technologies for food refrigeration applications. *Applied Thermal Engineering* [online]. 2010, (30), 263-276 [cit. 2018-11-18]. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2009.09.001. Dostupné z: <https://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S1359431109002737>
- [39] PIPEK, P., BRYCHTA, J., PETROVÁ, M., ŠIMONIOVÁ, A. Jak rozlišit zmrazené/rozmrazené maso od čerstvého. *Maso Maso Maso!* [online]. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 44-50 [cit. 2019-01-16]. Dostupné z: <https://www.svujihlava.cz/intranet/publikace/MASO%20ZLOM%2044-49.pdf>

- [40] Obrázek. *Ledové krystaly*. [online]. [cit. 2019-01-16]. Dostupné z: <https://www.theculinarypro.com/culinary-science/>
- [41] Šokové zmrazování. *JDK.cz* [online]. Česká republika, 2015 [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <http://jdk.cz/cs/reseni/sokove-zmrazovani>
- [42] *Freezing equipment*. Mechanical Freezers [online]. 7. 5. 2012, 1-5 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/page/view.php?id=17093>
- [43] Obrázek. *Zařízení na šokové zmrazování*. [online]. [cit. 2019-01-16]. Dostupné z: <http://jdk.cz/cs/reseni/sokove-zmrazovani>
- [44] Obrázek. *Horizontální mrazicí deska*. [online]. [cit. 2019-01-16]. Dostupné z: <https://www.exapro.com/dsi-hpf-714-horizontal-plate-freezer-p71122032/>
- [45] *Vakuové balení různých typů potravin, využití a rady*. Hluboké zmražení nebo zchlazení. Dostupné z: [file:///C:/Users/Krist%C3%BDna/Downloads/Rady\\_vakuov%C3%A1n%C3%AD.pdf](file:///C:/Users/Krist%C3%BDna/Downloads/Rady_vakuov%C3%A1n%C3%AD.pdf)
- [46] QIAN, S., Xia, L. I., WANG, H., SUN, Z., ZHANG, CH., GUAN, W., BLECKER, CH. Effect of sub-freezing storage (-6, -9 and -12°C) on quality and shelf life of beef. *Journal of Food Science and Technology: Food Science and Technology* [online]. Institute of Science and Technology, 2018, (53), 2129 - 2140 [cit. 2019-03-12]. DOI: 10.1111/ijfs.13800. Dostupné z: <https://onlinelibrary-wiley-com.proxy.k.utb.cz/doi/epdf/10.1111/ijfs.13800>
- [47] LEYGONIE, C., BRITZ, T. J., HOFFMAN, T. Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science* [online]. 2012, 2(91), 93-98 [cit. 2019-03-12]. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.01.013. Dostupné z: <https://ac-els-cdn-com.proxy.k.utb.cz/S0309174012000149/1-s2.0-S0309174012000149-main.pdf>
- [48] FERNÁNDEZ, P. P., SANZ, D. P., MOLINA-GARCÍA, A. D., OTERO, L., GUIGNON, B., VAUDANGA, S. R. Conventional freezing plus high pressure–low temperature treatment: Physical properties, microbial quality and storage stability of beef meat. *Meat Science* [online]. Madrid - Spain, 2007, (77), 616-625 [cit. 2019-03-12]. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.05.014. Dostupné z: <https://ac-els-cdn-com.proxy.k.utb.cz/S0309174007001726/1-s2.0-S0309174007001726-main.pdf>
- [49] Obrázek. *Mikrografické snímky červeného masa vysokotlakým způsobem*. [online]. [cit. 2019-01-16]. Dostupné z: [https://ac-els-cdn-com.proxy.k.utb.cz/S1466856413001082/1-s2.0-S1466856413001082-main.pdf?\\_tid=fa567a69-f39e-41bf-adc8-8ff1001fc400&acdnat=1552419861\\_1afa441d0566478326b1094a71524755](https://ac-els-cdn-com.proxy.k.utb.cz/S1466856413001082/1-s2.0-S1466856413001082-main.pdf?_tid=fa567a69-f39e-41bf-adc8-8ff1001fc400&acdnat=1552419861_1afa441d0566478326b1094a71524755)
- [50] GARDEN, R. Food Freezing Basics: Packaging, Loading the Freezer and Refreezing [online]. North Dakota State University, 2017 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://www.ag.ndsu.edu/publications/food-nutrition/food-freezing-basics-packaging-loading-the-freezer-and-refreezing/fn614.pdf>

[51] KUMAR G. Recent Trends of Application of Cryogenics in Food Processing and Preservation. *ImedPub Journals: Journal of Food, Nutrition and Population Health* [online]. Department of Agricultural and Food Engineering, 2017, 3(27) [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <http://www.imedpub.com/articles/recent-trends-of-application-of-cryogenics-in-food-processing-and-preservation.pdf>

[52] MIN, S. G., HONG, G. P., CHUN J. Y., PARK, S. H. Pressure Ohmic Thawing: a Feasible Approach for the Rapid Thawing of Frozen Meat and Its Effects on Quality Attributes. *Cross Mark: Food Bioprocess Technol* [online]. Springer Science+Business Media New York 2015, 28. 11. 2015, 9, 564-575 [cit. 2019-03-13]. DOI: 10.1007/s11947-015-1652-3. Dostupné z: <https://link-springer-com.proxy.k.utb.cz/content/pdf/10.1007%2Fs11947-015-1652-3.pdf>

[53] Rozmrazování potravin. *Bezpečnost potravin: A – Z* [online]. Praha [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76780.aspx>

[54] BOLES, J. A. Frozen Meat: Use of cold-set binders in meat systems [online]. 2011, 20 - 25 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/frozen-meat>

[55] LLAVE, Y., LIU, S., FUKUOKA, M., SAKAI, N. Computer simulation of radiofrequency defrosting of frozen foods. *Journal of Food Engineering* [online]. Tokyo, 2015, (15), 32-42 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://ac-els-cdn-com.proxy.k.utb.cz/S0260877414005056/1-s2.0-S0260877414005056-main.pdf6>

[56] *Linde*. Technické plyny [online]. [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://www.linde-gas.cz/cs/index.html>

[57] KOPŘIVA, V., HOSTOVSKÝ, M., NEKVAPIL, T., BOUDNÝ, V., MALOTA, L. *Vybrané instrumentální metody v biochemických cvičeních – inovované úlohy*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012. ISBN 978-80-7305-627-8.

[58] SALÁKOVÁ, A., BOŘILOVÁ, G. Technologie a hygiena potravin živočišného původu [online], 6-8 [cit. 2019-03-30]. DOI: CZ.107/2.2.00/28.0287. Dostupné z: <https://fvhe.vfu.cz/files/technologie-a-hygiena-potravin-zivocisneho-puvodu---navody-na-cviceni.pdf>

[59] RAHIMEH, J., GUZIN, K. a MUKERREM, K. Effects of vacuum and high-oxygen modified atmosphere packaging on physico-chemical and microbiological properties of minced water buffalo meat. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* [online]. 2019, 3(32), 1-9 [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: <https://www.ncbi-nlm-nih-gov.proxy.k.utb.cz/pmc/articles/PMC6409465/pdf/ajas-18-0391.pdf>

- [60] RAHMAN, H., HOSSAIN, M., RAHMAN, E., ABUL HASHEM, M., OH, D. H. Effect of Repeated Freeze-Thaw Cycles on Beef Quality and Safety. *Korean Society for Food Science of Animal Resources* [online]. 2014, 4(34), 482-495 [cit. 2019-04-01]. DOI: <http://dx.doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.4.482>. ISSN 1225-8563. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4662152/pdf/kosfa-34-482.pdf>
- [61] ZEQUAN, X., ZIRONG, W., JIANKUN, L., XIN, M., HOPKINS, D. A., HOLMAN, B. W. D., EL-DIN, A., BEKHIT, A. The effect of freezing time on the quality of normal and pale, soft and exudative (PSE)-like pork. *Meat Science* [online]. 2019, (152), 64-74 [cit. 2019-04-06]. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.01.007. Dostupné z: <https://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0309174018311033>
- [62] FENNEMA, O. *An over-all view of low temperature food preservation* [online]. Department of Food Science and Industries: University of Wisconsin, 1989, 3(3), 197-213 [cit. 2019-04-01]. DOI: 10.1016/S0011-2240(66)80013-5. Dostupné z: <https://www.sciencedirect-com/science/article/pii/S0011224066800135>
- [63] BOLES, J. A., FORTANESI, L. Use of cold-set binders in meat systems [online]. 2017 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/topics/food-science/frozen-meat>
- [64] REITZNEROVÁ, A., ŠULEKOVÁ, M., NAGY, J., MARCINČÁK, S., SEMJON, B., ČERTÍK, M., KLEMPOVÁ, T. Lipid Peroxidation Process in Meat and Meat Products: A Comparison Study of Malondialdehyde Determination between Modified 2-Thiobarbituric Acid Spectrophotometric Method and Reverse-Phase High-Performance Liquid Chromatography. *PubMed* [online]. 2017, 22(11) [cit. 2019-04-26]. DOI: 10.3390/molecules22111988. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29144423>
- [65] HYUN JUNG, L., JUHUI, CH., WON, Y., SEONJIN, K., HYEMIN, O., YOCHAN, Y., CHEORUN, J. Determination of Salable Shelf-life for Wrappackaged Dry-aged Beef during Cold Storag. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* [online]. Korea, 2018, 2(38), 251-258 [cit. 2019-04-25]. DOI: 10.5851/kosfa.2018.38.2.251. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29805275>
- [66] MINGCHENG, Z., XIUFANG, X., QIAN, L., QIAN, CH. Changes in microstructure, quality and water distribution of porcine longissimus muscles subjected to ultrasound-assisted immersion freezing during frozen storage. *Meat Science* [online]. 2019, (151), 24-32 [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30682660>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CLA	Kyselina linolová
VC	Vakuové chlazení
EU	Evropská unie
MAP	Balení s modifikovanou atmosférou
WOF	Warm over flavour
MRA	Redukující aktivita metmyoglobinu
POT	Ohmické rozmrazování
RF	Radiofrekvenční rozmrazování
TBARS	Thiobarbiturová metoda
BHT	Butylhydroxytoluen
MDA	Malondialdehyd

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek č. 1: Schéma dělení hovězí půlky [18] .....	15
Obrázek č. 2: Abedeen angus [19].....	16
Obrázek č. 3: Charolais [19] .....	17
Obrázek č. 4: Limousine [19] .....	17
Obrázek č. 5: a) ledové krystaly při pomalém zmrazování b) ledové krystaly při rychlém zmrazování [40].....	27
Obrázek č. 6: Zařízení na šokové zmrazování [43] .....	29
Obrázek č. 7: Horizontální mrazicí deska [44] .....	29
Obrázek č. 8: Mikrografické snímky zmrazeného červeného masa vysokotlakým způsobem a) čerstvé maso b) 0 kV c) 3 kV d) 6 kV e) 9 kV f) 12 kV [49] .....	31
Obrázek č. 9: a) barevné změny u masa rozmrazené pomocí RF b) maso rozmrazené při pokojové teplotě [55] .....	37
Obrázek č. 10: Nízký roštěnec před úpravou.....	41
Obrázek č. 11: Plátky masa o velikosti 3 cm.....	42
Obrázek č. 12: Plátky připravené k vakuovému balení .....	42
Obrázek č. 13: Plátky připravené k balení do mikrotenových sáčků.....	43
Obrázek č. 14: Maso uložené v Henkelman vakuum systems.....	43
Obrázek č. 15: Vakuově balené maso.....	44
Obrázek č. 16: Maso přichystáno k zamrazení .....	44
Obrázek č. 17: Chladicí box s vakuově baleným masem .....	45
Obrázek č. 18: Barevné změny zmrazeného masa .....	45



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka č. 1: Rozdělení masa dle chlazení [19] .....	19
Tabulka č. 2: Trvanlivost chlazených potravin v nejchladnější části lednice [35] .....	24
Tabulka č. 3: Výhody a nevýhody různých obalových materiálů [35] .....	24
Tabulka č. 4: Stanovení pH, obsahu sušiny a vody v chlazeném mase .....	49
Tabulka č. 5: Naměřené hodnoty pro rozmrazování v lednici (vakuové balení) .....	50
Tabulka č. 6: Naměřené hodnoty pro rozmrazování v lednici (mikrotenové balení) .....	51
Tabulka č. 7: Naměřené hodnoty pro rozmrazování při pokojové teplotě (vakuové balení) .....	53
Tabulka č. 8: Naměřené hodnoty pro rozmrazování při pokojové teplotě (mikrotenové balení) .....	54
Tabulka č. 9: Naměřené hodnoty pro rozmrazování ve vodě (vakuové balení) .....	55
Tabulka č. 10: Naměřené hodnoty pro rozmrazování ve vodě (mikrotenové balení) .....	56
Tabulka č. 11: Naměřené hodnoty pro obsah sušiny a vody u rozmrazování v lednici .....	59
Tabulka č. 12: Naměřené hodnoty pro obsah sušiny a vody u rozmrazování při pokojové teplotě .....	59
Tabulka č. 13: Naměřené hodnoty pro sušinu a obsah vody pro rozmrazování ve vodě .....	60
Tabulka č. 14: Naměřené hodnoty oxidace lipidů pro vakuové balení .....	60
Tabulka č. 15: Naměřené hodnoty oxidace lipidů pro mikrotenové balení .....	61

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf č. 1: Porovnání hodnot pro rozmrazování v lednici .....	52
Graf č. 2: Porovnání hodnot pro rozmrazování při pokojové teplotě .....	55
Graf č. 3: Porovnání hodnot pro rozmrazování ve vodě.....	57
Graf č. 4: Porovnání hodnot pro všechny způsoby rozmrazení.....	58