

Hodnocení technologických vlastností při zmrazování a rozmrazování vybraných částí hovězího masa

Bc. Kristýna Sucháčková

Diplomová práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Kristýna Sucháčková**
Osobní číslo: **T19474**
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Hodnocení technologických vlastností při zmrazování a rozmrazování vybraných částí hovězího masa**

Zásady pro vypracování

1. Příprava modelových vzorků hovězího masa k zamražení a následnému rozmražení.
2. Sledování technologických vlastností a změn modelových vzorků.
3. Vyhodnocení a porovnání sledovaných parametrů modelových vzorků.
4. Diskuze s literaturou a závěry experimentu.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] JAMES, S. J., et al. Chilling and freezing of meat and its effect on meat quality. Woodhead Publishing, 23, 2009, 544-554
- [2] RAHMAN, M. H., et al. Effect of Repeated Freeze-Thaw Cycles on Beef Quality and Safety. Korean Society for Food Science of Animal Resources, 34, 2014, 482-495
- [3] BERNARDO, A. P. da S., et al. Effects of freezing and thawing on microbiological and physical-chemical properties of dry-aged beef. Meat Science, 161, 2020, 2-8
- [4] KIM, Y. H. B., LIESSE, C., KEMP, R. Effects of fast freezing on meat quality attributes of pre-aged beef loins. Meat Science, 101, 2015, 137

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

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **14. května 2021**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 8. února 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou 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);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové 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.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá účinkem ochranných kolagenních povlaků, aplikovaných na hovězím maso před jeho zmrazováním. Následně byl pozorován účinek povlaků na parametry masa po jeho rozmrazení. Mezi tyto parametry patřily zejména hmotnostní ztráty, textura a barva masa. Ze získaných hodnot byl určen nejvhodnější způsob zmrazování a rozmrazování masa a byly vyhodnoceny účinky ochranných kolagenních povlaků.

Klíčová slova: hovězí maso, ledové krystaly, zmrazování, rozmrazování, ochranný kolagenní povlak, hmotnostní ztráty.

ABSTRACT

This master thesis deals with the effect of protective collagen coatings applied to beef before freezing. Subsequently, the effect of the coatings on the parameters of the meat after thawing was observed. These parameters included, in particular, weight loss, texture and color of the meat. From the obtained value, the most suitable method of freezing and thawing meat was determined and the effects of protective collagen coatings were evaluated.

Keywords: beef, ice crystals, freezing, thawing, protective collagen coating, weight loss.

Mnohokrát děkuji vedoucímu mé diplomové práce Ing. Robertovi Gálovi, Ph.D. za jeho cenné rady, předané zkušenosti, ochotu, pomoc při zajištění materiálů, ale především za nesčetně času, nejen nad touto diplomovou prací, ale i za čas, který mi věnoval po celou dobu studia.

Především ze srdce děkuji mým rodičům, kteří mi umožnili studovat a dokázali mě vždy podpořit v těžkých chvílích. Děkuji mým prarodičům, bratrům a přátelům, kteří mě podporovali po dobu studia.

Děkuji Ing. Jakobovi Martínkovi, který mi poskytl materiál v podobě kolagenu a pomohl mi s měřením praktické části.

Dále bych chtěla poděkovat společnosti Steinhauser, s.r.o. za možnost odběru kvalitního masa pro provedení experimentu.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 HOVĚZÍ MASO	12
1.1 PLEMENA SKOTU	12
1.1.1 Masná plemena.....	13
1.2 VLIV NA KVALITU MASA.....	14
1.2.1 Zrání masa	15
1.2.2 Falšování masa	15
1.3 ÚDRŽNOST MASA	16
2 KONZERVACE MASA CHLAZENÍM	17
2.1 CHLAZENÍ MASA.....	17
2.2 DOPAD CHLAZENÍ NA NEZÁVADNOST MASA	18
2.2.1 Posílení bezpečnosti masa.....	18
2.3 VHODNÉ OBALOVÉ MATERIÁLY PRO CHLAZENÍ MASA	19
2.4 ZPŮSOBY CHLAZENÍ	19
2.4.1 Chlazení vzduchem	20
2.4.2 Sprejové chlazení	20
2.4.3 Chlazení dusíkem a oxidem uhličitým.....	21
2.5 VLIV CHLAZENÍ NA JEDNOTLIVÉ PARAMETRY	21
2.5.1 Vliv chlazení na pH a texturu masa	21
2.5.2 Vliv chlazení na barvu a vzhled masa	22
2.5.3 Vliv chlazení na oxidační změny masa	23
3 ZMRAZOVÁNÍ MASA	24
3.1 LEDOVÉ KRYSTALY	24
3.1.1 Koncentrace rozpuštěných látek.....	26
3.1.2 Vliv teploty a času během zmrazování	26
3.1.3 Rekrystalizace	27
3.2 DOPAD ZMRAZOVÁNÍ NA NEZÁVADNOST MASA.....	28
3.3 VHODNÉ OBALOVÉ MATERIÁLY PRO ZMRAZOVÁNÍ MASA.....	29
3.3.1 Vakuové balení a jeho účinek na maso	29
3.3.2 Spálení masa mrazem.....	30
3.4 ZPŮSOBY ZMRAZOVÁNÍ.....	30
3.4.1 Zmrazování vzduchem	30
3.4.2 Kryogenní zmrazování	31
3.4.3 Kontaktní zmrazování	32
3.4.4 Imersní zmrazování	32
3.5 VLIV ZMRAZOVÁNÍ NA JEDNOTLIVÉ PARAMETRY	33

3.6	DOBA SKLADOVÁNÍ ZMRAZENÉHO MASA	33
3.7	INOVATIVNÍ METODY PŘI ZMRAZOVÁNÍ MASA	34
3.7.1	Kolagen	34
3.7.2	Vysokotlaké zmrazování	35
3.7.3	Nemrznoucí proteiny	36
3.7.4	Vitamin E	36
3.7.5	Solanka	37
4	ROZMRAZOVÁNÍ MASA	38
4.1	TEPLOTA A ČAS ROZMRAZOVÁNÍ	38
4.2	ROZMRAZOVÁNÍ DLE HYGIENICKÝCH PŘEDPISŮ	39
4.3	DOPAD ROZMRAZOVÁNÍ NA NEZÁVADNOST MASA	39
4.4	RYCHLOST ROZMRAZOVÁNÍ	40
4.4.1	Pomalé zmrazování; rychlé rozmrazování	41
4.4.2	Pomalé zmrazování; pomalé rozmrazování	41
4.4.3	Rychlé zmrazování; rychlé rozmrazování	41
4.4.4	Rychlé zmrazování; pomalé rozmrazování	41
4.5	ZPŮSOBY ROZMRAZOVÁNÍ	42
4.5.1	Rozmrazování v lednici	42
4.5.2	Rozmrazování vodou	43
4.5.3	Rozmrazování obohacenou vodou	43
4.5.4	Rozmrazování mikrovlnným ohřevem	43
4.5.5	Vakuové rozmrazování	44
4.6	VLIV ROZMRAZOVÁNÍ NA JEDNOTLIVÉ PARAMETRY	45
4.6.1	Vliv zmrazování a rozmrazování na denuraci proteinů a texturu masa	45
4.6.2	Vliv zmrazování a rozmrazování na pH	45
4.6.3	Vliv zmrazování a rozmrazování na oxidaci lipidů	46
4.6.4	Vliv zmrazování a rozmrazování na oxidaci proteinů	46
4.6.5	Vliv zmrazování a rozmrazování na barvu masa	47
II	PRAKTICKÁ ČÁST	48
6	PROVEDENÍ EXPERIMETU	50
6.1	SUROVINY, PŘÍSADY A LABORATORNÍ POMŮCKY	50
6.1.1	Suroviny	50
6.1.2	Přístroje a pomůcky	50
6.1.3	Chemické látky	50
6.2	PŘÍPRAVA VZORKŮ	51
6.3	PRŮBĚH EXPERIMENTU	51
6.4	METODIKA MĚŘENÝCH PARAMETRŮ	54
6.4.1	Měření pH	54
6.4.2	Měření sušiny	55
6.4.3	Měření hmotnostních ztrát	55
6.4.4	Měření oxidační stability lipidů	55

6.4.5	Měření texturních vlastností.....	56
6.4.6	Měření barvy	56
7	VÝSLEDKY A DISKUZE	57
7.1	PRVNÍ ČÁST EXPERIMENTU	57
7.1.1	Hodnoty pH chlazeného masa.....	57
7.1.2	Hodnoty stříhové síly chlazeného masa	57
7.1.3	Hodnoty barvy chlazeného masa.....	58
7.1.4	Hodnoty pH rozmrazeného masa	59
7.1.5	Hodnoty sušiny rozmrazeného masa.....	61
7.1.6	Hodnoty hmotnostních ztrát rozmrazeného masa	63
7.1.7	Hodnoty oxidace lipidů rozmrazeného masa	66
7.1.8	Hodnoty stříhové síly rozmrazeného masa	68
7.1.9	Hodnoty barvy rozmrazeného masa.....	71
7.2	DRUHÁ ČÁST EXPERIMENTU – ZMĚNA SLOŽENÍ KOLAGENNÍHO POVLAKU	76
7.2.1	Hodnoty pH chlazeného masa.....	76
7.2.2	Hodnoty stříhové síly chlazeného masa	76
7.2.3	Hodnoty barvy chlazeného masa.....	77
7.2.4	Hodnoty pH rozmrazeného masa	78
7.2.5	Hodnoty hmotnostních ztrát rozmrazeného masa	79
7.2.6	Hodnoty hmotnostní ztrát tepelně opracovaného masa.....	82
7.2.7	Hodnoty stříhové síly rozmrazeného masa	85
7.2.8	Hodnoty barvy rozmrazeného masa.....	87
	ZÁVĚR	91
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	93
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	100
	SEZNAM OBRÁZKŮ	101
	SEZNAM GRAFŮ	102
	SEZNAM TABULEK.....	103
	SEZNAM PŘÍLOH.....	106

ÚVOD

V prvopočátcích nebyla strava našich předků nijak rozmanitá. I přes to je maso řazeno ke zdrojům potravy více jak 2,5 milionu let. První lidé nejčastěji konzumovali trávu, listy stromů a později i ovocné plody. Konzumace masa jim doplňovala zásobu bílkovin, tuků, minerálních látek a vitaminů. V dnešní době je maso nepostradatelnou součástí lidského jídelníčku. Postupem času začínala být nutnost a potřeba maso a potraviny uchovávat z doby hojnosti na dobu nedostatku, proto postupně vznikly metody prodloužení údržnosti potravin. V současnosti je k využití řada metod, jak potraviny uchovávat a pokud možno se zachováním všeho, co potravina měla v čerstvém stavu, ať už z nutričního nebo senzorického hlediska.

Z tohoto důvodu byla tato diplomová práce zaměřena na správné způsoby zmrazování a rozmrazování masa a byly zdůrazněny postupy, díky nimž nebude maso po rozmrazení ochuzeno o nutričně významné látky.

V teoretické části bylo popsáno chladírenské uchovávání, které je nezbytné pro správný průběh posmrtných změn a následné vyžralosti masa. Stěžejními kapitolami bylo zmrazování a rozmrazování masa, ve kterých byl detailně popsán průběh tvorby ledových krystalů a procesy probíhající při jejich tání.

Další část byla zaměřena na suroviny, přípravu a průběh celého experimentu. V tomto úseku bylo popsáno složení kolagenních povlaků a jejich účinky. Pro úplné porozumění ochranných kolagenních povlaků byly navíc stanoveny hmotnostní ztráty po tepelné úpravě masa.

V práci byly měřeny i další parametry, a to zejména ty, které jsou nejčastěji ovlivněny účinkem nízké teploty při mrazírenském skladování. Všechny získané hodnoty byly porovnány se zahraničními studii.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HOVĚZÍ MASO

Hovězí maso je získáváno z býků, volů, krav a jalovic, jehož charakteristickou barvou je cihlově červená až hnědočervená a patří k nutričně nejhodnotnějším druhům masa. Maso z jednotlivých částí skotu je velice rozdílné a rozdílná jsou také plemena, ze kterých maso pochází [1].

Nejlepší je maso z mladých býků, jalovic a volů. Mladý býk je zvíře samčího původu ve věku 12-24 měsíců. Jalovice je samice, která nebyla doposud otelena a ve věku maximálně 7 měsíců. Vůl je definován jako vykastrovaný samec tura domácího, jejichž porážka probíhá nejčastěji ve 3 letech života. Maso z býků může být vláknité, houževnaté a obsahuje málo tuku. Světle červené maso mírně porosteno světlým až bílým tukem je charakteristické pro maso z jalovic. Maso z volů je často mramorově prorostlé tukem a jemně vláknité [1,2,3].

1.1 Plemena skotu

Pojmem plemeno se rozumí skupina domestikovaných zvířat, která mohou být v určitých znacích podobná a mají společný původ. Vymezení jednoho plemene vůči druhému, třeba díky různým formám křížení není jednoduché. Otázkou zůstává, jak moc musí být rozsáhlé podobnosti, abychom byli schopni hovořit o jednom plemeni. Aktuální populace skotu je tvořena 300-350 plemeny, přičemž přibližně 200 plemen skotu je uznáváno svazy [2,4].

Plemena skotu jsou rozdělena do základních tří skupin. První skupinou jsou plemena masná, jenž jsou chovány výhradně pro produkci masa. Druhou skupinu zabírají plemena dojná, která jsou chována za účelem produkce mléka. Poslední kategorií jsou plemena kombinovaná. Skot kombinovaných plemen slouží k produkci mléka, ale i masa [2,4].

Nejvýznamnějšími mléčnými plemeny jsou Holštýn, Jersey a Červenostřakaté nížinné. Mezi kombinovaná plemena patří České strakaté a Montbeliard [4].



Obrázek 1: Montbeliard [5]

1.1.1 Masná plemena

Zástupci masných plemen mají charakteristické znaky, díky nimž jde masný skot charakterizovat od dojného či kombinovaného skotu. Základním rozdílem je širší hřbet, obdélníkový tvar těla, výrazně osvalení plece, kýty a beder, silnější končetiny a malá vemena plemenic [6].

Mezi nejvíce chovaná plemena patří Aberdeen Angus, Galloway, Hereford, Highland, Charolais, Limousine, Piemontese a Simmental [2].



Obrázek 2: Charolais [2]

Jedním z oblíbených masných plemen v posledních letech je Wagyu. Plemeno Wagyu je původně japonské plemeno. Tento japonský skot je černého zbarvení a geneticky rohatý. Jejich charakter je klidný a dokáží se přizpůsobit různým životním podmínkám. Nicméně růstová schopnost je nižší než u ostatních masných plemen [7].



Obrázek 3: Wagyu [7]

Jednotlivci plemene mají vynikající jatečnou hodnotu. Plemeno se proslavilo mimořádným mramorováním masa. Na mramorování masa má zásluhu především genetická predispozice a proto lze kvalitní maso získat z pastevního chovu i intenzivního výkrmu. Čím více tukových vlásečnic a samotného tuku maso obsahuje, tím vyšší je jeho kvalita. Wagyu samice mají mnohem jemnější a rovnoměrnější mramorování než býci [6,7].



Obrázek 4: Porovnání T-bone steaku a Wagyu T-bone steaku [2,7]

1.2 Vliv na kvalitu masa

Obecně lze kvalitu velmi těžko definovat. Jedná se hned o několik hledisek a možných faktorů ovlivňujících kvalitu. Významný vliv má způsob chovu. Důležitým aspektem jsou genetické predispozice zvířete, jako je například pohlaví, věk, plemeno a způsob porážky [8].

Zacházení se zvířaty má vliv na celkovou pohodu jakéhokoli hospodářského zvířete. Důležitým hlediskem je zvolení vhodného krmení a ustájení pro dobytek. Nejideálnějším krmivem je čerstvá tráva a v zimních období seno, nebo siláž. Toto privilegium si všem nemohou dovolit všichni chovatelé. Volný výběh a čerstvá tráva tvoří ideální prostředí pro chov skotu a následnou kvalitu masa. Maso z takového chovu má často označení „BIO“. Je-li hovězí dobytek ustájen, musí mít pod nohama pevnou podlahu a potřebnou podestýlku. U masných chovů může být dominantním krmivem sója, kukuřice a vojtěška. Krmná dávka může být obohacena luštěninami, vitaminy a minerálními látkami. Výše uvedený způsob může způsobovat zdravotní potíže skotu [9].

Nemalý vliv na kvalitu hovězího masa má způsob přepravy skotu na jatka, pobyt na jatkách i samotná porážka. Zvířata by měla být co možná nejméně stresována. Při dopravě nesmí docházet k poranění zvířete. Na jatka jsou vyloženy zdravé a čisté kusy dobytka. Po přepravě

je hovězí dobytek ustájen přibližně 3-4 hodiny. Ustájení je zajištěno především z toho důvodu, aby na porážku nebyla dováděna vystresovaná zvířata s vysokým obsahem glykogenu v krvi. Glykogen je nezbytnou látkou ke správnému vyžrání masa [8,10,11].

1.2.1 Zrání masa

Stupeň vyžrání masa je zásadním faktorem určujícím jeho kvalitu. Po porážce a vykrvení dochází k aktivaci mnoha biochemických pochodů. Ze svaloviny se stává maso. Po vykrvení je zastaven přívod kyslíku do jatečného těla. Do svalů není přiváděn kyslík a z glykogenu ve svalu vzniká kyselina mléčná. Z toho důvodu je zapotřebí, aby se množství glykogenu při vykrvení výrazně nesnížilo [8].

Vzniklá kyselina mléčná se kumuluje ve svalech, které jsou okyselovány. Svalovina je v tento moment je nejvíce tuhá a nevhodná k jakékoli úpravě. Jsou aktivovány enzymy přirozeně se vyskytující ve svalových buňkách. Tyto enzymy naruší aktino-myosinový komplex, čímž dochází k postupnému křehnutí nyní již masa [8,12].



Obrázek 5: Zrání masa [13]

1.2.2 Falšování masa

Výsekové maso není častým předmětem falšování. Vyznačuje se typickým vzhledem, anatomickým uspořádáním a strukturou. Díky těmto znakům jsou spotřebitelé i odborníci

schopni provést vizuální kontrolu. Problémem při falšování jsou masa mletá, ale také masné výrobky a konzervy [14].

Při falšování nejčastěji dochází k záměně živočišného druhu, pohlaví, věku, plemene nebo svalové partie. Dále se jedná o nepravdivou deklaraci zeměpisného původu masa, záměnu způsobu produkce a zpracování masa. Příkladem je záměna za BIO-konvekční chov, čerstvé-zmrazené a rozmrazené maso, mleté maso-masný polotovar. Velmi extrémním příkladem je prodej zdravotně závadného masa, které porušuje veterinární předpisy. Jedná se o maso z nemocného nebo uhynulého skotu [14,15].

Složení masa se odlišuje na intravitálních podmínkách, anatomické části, živočišného druhu a podobně. Hlavními složkami masa jsou bílkoviny, tuky, sacharidy, minerální látky a vitaminy [14,16].

U bílkoviny (15-23 %) převažují myofibrilární, sarkoplasmatické a strukturní bílkoviny. Federovo číslo vyjadřuje poměr vody a bílkovin, jeho stanovení slouží k rychlému posouzení kvality masa [14,16].

K základním analytickým technikám sloužícím pro rozbor masa patří gravimetrické metody stanovení vody, extrakce pomocí organických rozpouštědel pro stanovení tuku a stanovení bílkovin Kjeldahlova metoda. Využívány jsou moderní instrumentální metody, jako například PCR, elektroforéza, chromatografie (GC, HPLC), imunologické metody (ELISA), enzymové metody, spektroskopie, izotopové metody a mnoho dalších [15].

1.3 Údržnost masa

Údržností masa se rozumí jako zajištění a prodloužení trvanlivosti. Trvanlivost lze zajistit nastavením vhodných podmínek. Hlavním kritériem je vliv hygieny při zpracování. Maso je v době porážky sterilní. Při opracování dochází k menší kontaminaci mikroorganismy z prostředí. Aby nedošlo k většímu narušení mikrobiální rovnováhy je nutné pracovat s jistou opatrností. Při vykolení je nezbytné dávat pozor, aby nedošlo k porušení střevní stěny. Po porušení by mohlo následovat znečištění svaloviny střevními mikroorganismy. Riziko prořezání střevní stěny lze snížit při mírném vyláčení zvířete před porážkou. Je to také jeden z faktorů, proč je zvíře na jatkách ustájeno [1,10,16].

Trvanlivost lze prodloužit snížením teploty. Teplota má vliv na údržnost a zrání. Je nutné jatečný kus schladit na příslušnou teplotu odpovídající druhu masa. Do chladících boxů hovězí putuje v podobě půlek nebo čtvrtí [10,16].

2 KONZERVACE MASA CHLAZENÍM

Účelem konzervace potravin je zachovat zdravotní nezávadnost a v co největší míře i původní kvalitu. Musí dojít k zabránění chemických reakcí v potravině a pomnožování organismů [10].

Maso obsahuje hodně vody, a proto podléhá rychleji zkáze. Příčinnou rozkladu jsou často mikroorganismy, která se na maso vyskytují. Maso je pro určité mikroorganismy vhodným životním prostředím, protože obsahuje dostatek živin. Jejich množení způsobuje závadnost masa. Bakterie produkují toxiny a další vedlejší produkty, které mohou mít neblahý vliv na zdraví konzumenta. Aby se předešlo kažení masa, je nutná konzervace [10,17].

Konzervace masa může probíhat několika způsoby, avšak jednotlivé konzervační prostředky nemusí mít stejný účinek. Z krátkodobého hlediska může být provedeno solení, uzení, zamezení přístupu vzduchu, tj. vakuové balení, chlazení a zmrazování. Delší trvanlivost zaručuje sterilování masa – ukládání do obalů (konzerv) [10,17].

2.1 Chlazení masa

Při chlazení dochází k rychlému snížení teploty jatečně opracovaného těla, nebo konkrétních výsekových částí. Rychlé zchlazení jatečné půlky nebo čtvrtě má vliv na bezpečnost a kvalitu. Pro úspěšné chlazení je zapotřebí dodržet několik kritérií, jako je nízká teplota vzduchu, vysoká relativní vlhkost a vysoká rychlost proudění vzduchu [18,19].

Ihned po porážce nastává fáze pre-rigor. V této fázi se svalovina vyznačuje vysokou vazností a neuvolňuje vodu. V důsledku metabolické aktivity svalu v pre-rigor se může teplota jatečného těla zvýšit až na 40 °C. Jatečně upravená těla jsou obvykle zchlazena a až poté dále zpracovávána. V některých případech může dojít k vykostění a následně chlazení. Vykostění ihned po porážce může nést s sebou řadu výhod, ale i nevýhod. Výhodou je rychlé zchlazení dané výsekové části. Pokud je zchlazení příliš rychlé, dochází k nechtěným ztrátám hmotnosti [20].

Jatečné tělo musí být po porážce uloženo do chladicího boxu a zchlazeno na méně jak 7 °C do 24-48 hodin. V chladícím boxu je nadále udržována teplota mezi 0 °C až 4 °C a rychlost proudění je udržována na 0,2 m/s [19,20].

S teplotou chlazení je úzce spjat i proces zvaný zrání masa. Pro kvalitu hovězího masa je důležitý stupeň zralosti. Při zrání se svalová tkáň mění v maso. Za minimální dobu zrání je

považováno 5-7 dnů. Kvalitní maso bylo stařeno 15-30 dnů. Také maso má při úpravě malé hmotnostní ztráty a vyniká i chutíově [17,19].

2.2 Dopad chlazení na nezávadnost masa

Představa, že by při zpracování masa nebyly přítomny žádné patogenní mikroorganismy není reálná. V současnosti nelze zaručit zpracovatelské postupy, aniž by nebyla narušena sterilita masa. Svalstvo zdravého hovězí kusu je sterilním do doby porážky. Po porážce je velké množství zdrojů kontaminace. Mnoho bakterií je obsaženo ve střevním traktu, na srsti, ve vzduchu a také na nářadí, kterým je jatečné tělo půleno. Avšak z toho jen několik druhů bakterií je schopno přímo ovlivnit kvalitu a bezpečnost masa [10,18,20].

U masa skladovaného v chladírenských podmínkách je možný výskyt *Pseudomonas*, *Brochothrix* a *Acinetobacter*. Lidské zdraví mohou ohrozit patogenní mikroorganismy jako *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., patogenní sérotypy *E. coli*, *Clostridium botulinum*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes* a v menší míře *Staphylococcus aureus* a *Bacillus cereus*. Přítomnost malého počtu patogenů nemusí být problémem. Maso se před průmyslovým zpracováním nebo konzumací tepelně opracovává. Dostatečným tepelným záhřevem je činnost patogenních bakterií inaktivována [10].

Ukazatelem špatného chlazení je zapaření masa. Jatečná těla mohou být v těsné blízkosti vedle sebe. Nedochozí k dokonalému proudění chladicího média a zchlazení těla na požadovanou teplotu. Zapařením dochází k anaerobní glykolýze a nevzniká kyselina mléčná. Vznikají karboxylové sloučeniny, dodávající masu nakyslý zápach [16].

Hlavním účelem chlazení je omezit a následně zabránit růstu patogenních mikroorganismů, tak aby počty těchto mikrobů nedosahovaly takové úrovně, které vedou ke zdravotním problémům konzumenta. Pouze malá skupina mikroorganismů je schopna růst pod 7 °C. Z toho důvodu je nutné rychlé zchlazení jatečně upraveného těla a později jednotlivých výsekových partií [10].

2.2.1 Posílení bezpečnosti masa

Spotřebitelé z celého světa po potravinářském průmyslu vyžadují, aby jim byla poskytnuta široká škála bezpečných, zdravých a výživných potravin s dlouhou trvanlivostí, které je možné docílit taktéž metodami chlazení [21].

Jatečně upravené tělo obsahuje 10^1 až 10^4 mikroorganismů na gram. Dosáhnout významného zlepšení mikrobiálního stavu masa vyžaduje redukci o 4 log jednotky z celkového počtu bakterií, čehož lze docílit použitím chemických látek a dalšími faktory [21].

Mikrobiální redukce je možné docílit teplou či studenou vodou, párou, mikrovlnami, ultrafialovým zářením a ultrazvukem. Mezi chemikálie, které jsou využívány k bezpečnosti potravin jsou řazeny organické kyseliny, chlór, fosforečnan sodný a peroxid vodíku. Mnoho světových studií se stále zaměřuje na účinnost chemických roztoků aplikovaných na různé druhy potravin, mezi nimiž je v omezené míře řazeno i maso. Mezi metody ošetření masa spíše patří chlazení, zmrazení a následovně tepelná úprava [10,21].

2.3 Vhodné obalové materiály pro chlazení masa

Ochranná funkce obalu je závislá na druhu použitého balicího materiálu, způsobu balení a následném uchování baleného masa. Ochranná funkce obalu slouží k zabránění kontaminace mikroorganismy, a tím ovlivňuje údržnost produktu, zabraňuje znečištění, chrání před přijímáním cizích pachů z vnějšího prostředí, brání ztrátám vody a zabraňuje tak hmotnostním ztrátám a senzorickým změnám masa [22].

Nejčastěji používané materiály jsou plasty. Jedná se o široce využívaný materiál nejen pro chlazení výsekových částí masa. Jejich využití je univerzální, mohou být tuhé, pružné a jednoduše tvarovatelné [23].

Balení s modifikovanou atmosférou (MAP) je konvekčním balením pro chlazené maso a masné výrobky, popřípadě polotovary. V balení je vzduch nahrazen směsí plynů, které jsou přizpůsobeny balenému výrobku za účelem zachování barvy, vůně a především čerstvosti. Ochranná atmosféra se obvykle skládá z oxidu uhličitého, kyslíku a dusíku. Při balení masa lze použitím MAP docílit mírného prodloužení trvanlivosti [22,23].

2.4 Způsoby chlazení

Chladícím médiem je teplota jatečně opracovaného těla snížena v co nejkratší možné době, téměř všechna jatečná těla jsou chlazená proudícím vzduchem. Rychlé snížení teploty je podstatné pro snížení počtu mikroorganismů, které se mohou na jatečně opracovaném těle vyskytovat. Chladicí podmínky jako dostatečné proudění vzduchu, teplota a vlhkost musí být dosaženy v nejkratším časovém limitu. Pokud by chlazení na cílovou teplotu trvalo příliš dlouho, mohlo by dojít k zaschnutí povrchu těla, tvorbě slizu a nechtěným změnám barvy. Jatečně upravenému tělu musí být zachován jasný a svěží vzhled [10, 24].

Ideální teplota pro chladírenské skladování je $-0,5$ až $+2$ °C s relativní vlhkostí vzduchu 80-85 m/s. V některých případech je možné chladit kombinací níže uvedených způsobů [25].

2.4.1 Chlazení vzduchem

Z hovězího jatečně upraveného těla bez kůže jsou k prodeji určeny čerstvé kusy masa, které musejí být chlazeny. Chlazení probíhá prouděním vzduchu o takové teplotě, aby nedocházelo k zmrznutí povrchu a porušení vzhledu [24].

Nejrychlejší a nejrozšířenější metodou chlazení masa je rychlé chlazení. Při rychlochlazování se uplatňuje vzduch o teplotě -1 až $+2$ °C, jehož RV je 85-95 % a rychlost proudění vzduchu je 2-4 m/s. Hmotnostní ztráty jsou až o polovinu menší než u metody odvěšování masa, kde se ztráty pohybují okolo 2-2,5 %. Rychlé chlazení má pozitivní dopad i z hlediska mikrobiálního. Pozornost je třeba věnovat vnitřní teplotě. Při nedokonalém vychlazení a rychlém oschnutím povrchu vzniká hniloba v jádře [25].

Ultrarychlé chlazení má dvě fáze. V první fázi je teplota vzduchu -5 až -8 °C, RV je 90 % a rychlost proudění 2-4 m/s. V druhé fázi dochází ke snížení proudění vzduchu na hodnotu 1 m/s. Ultrarychlým chlazením je dosaženo teploty 4 °C v jádře do 8 hodin. Rychlost chlazení má vliv na buněčnou strukturu. Dochází k jejímu protržení a maso rychleji křehne [20,24].

U šokového chlazení je teplota nastavena na -14 až -25 °C, RV je až 95 % a rychlost proudění vzduchu 2-10 m/s. 4 °C v jádře jsou dosaženy do pouhých 2 hodin [25].

2.4.2 Sprejové chlazení

Sprejové chlazení je u hovězího masa běžný postup. Na jatečně upravené tělo je postupně stříkána studená voda po dobu 3-8 hodin. Doba se může lišit, podle druhu zvířete. Důvodem začlenění tohoto systému bylo zvýšení rychlosti chlazení a minimální ztráty hmotnosti. Ztráta hmotnosti sprejových chlazením byla zjištěna na pouhých 0,3 %, naopak 1,5 % hmotnosti může být ztraceno bez procesu chlazení [20,24].

Povrchová tkáň je mírně vysušena. Vlhkost migruje k povrchu, kde se odpařuje. Délka sprejového cyklu a protučnělost jsou také faktory ovlivňující hmotnostní ztráty. Sprejové chlazení nemá negativní vliv na kvalitu masa. Masivní jatečné tělo je chlazeno pouze částečně v porovnání s vepřovými půlkami. Hovězí čtvrtě nebo půlky jsou po 8-12 hodinách chlazení připraveny na získávání výsekových částí [24].

U výše uvedeného způsobu chlazení je možno uplatnit antimikrobní látky. Součástí prvního postřiku může být slabý roztok chloru. Záměrem aplikace roztoku je snížit hmotnostní ztráty, urychlit chlazení a zlepšení mikrobiologického stavu za účelem zvýšení bezpečnosti. Mnoho studií prokázalo účinnost kyselin mléčné a octové. Nedávné výzkumy dokázaly, že řada chemikálií, jako chloritan sodný, hydroxid amonný, cetylpyridiniumchlorid a kyselina peroxyoctová, které byly společně s vodou sprejovány na JUT byly účinné na snížení počtů *Escherichia coli* O157:H7 [20].

2.4.3 Chlazení dusíkem a oxidem uhličitým

Většina výsekových částí je chlazeno vsádkovým způsobem ve speciálních boxech. Problémem v implementaci může být špatná vodivost boxu, proto byly provedeny úpravy, které zajišťují efektivní chlazení. Mezi účinné modifikace patří použití kapalného dusíku nebo oxidu uhličitého zavedeného do boxu a následným uzavřením víka. Použití tekutého dusíku je limitováno kvůli zamrznutí povrchu masa. Větší úspěšnost byla prokázána při využití oxidu uhličitého, kde svalovina s počáteční teplotou okolo 35 °C je snížena na 0 °C do 15 hodin [20,25].

2.5 Vliv chlazení na jednotlivé parametry

Chlazení je nedílnou součástí jakéhokoliv potravního řetězce. Konkrétně maso prochází chlazením od prvotních úprav až po konečnou distribuci. Maso je uchováváno při 4 až 7 °C. Nízká teplota je důležitá k pozastavení kontaminace mikroorganismy, jsou pozastaveny enzymatické, chemické i fyzikální změny [26].

Například více tukem prorostená svalovina musí být uložena v chladnu. Tento způsob skladování je prevencí proti autooxidaci a enzymatickému hnědnutí. V chladu tyto reakce probíhají pomaleji. Nutriční změny při chlazení jsou zanedbatelné [26].

2.5.1 Vliv chlazení na pH a texturu masa

Po okamžitém usmrcení jatečného zvířete je nativní svalová tkáň transformována na maso. Chlazení může mít nemalé účinky na strukturu masa. Ovlivnění textury masa je úzce spojeno s procesy zrání. Uložení JUT do vhodně zvoleného chladicího zařízení podporuje zrání. Posmrtné změny probíhají ve 4 fázích [20,27]:

První fází je pre-rigor. Sval zastává funkci svalové kontrakce díky bílkovinám aktin a myosin v disociovaném stavu. Energie je získávána rozkladem ATP. Je-li ve svalech zbytek

kyslíku dochází z glykogenu k tvorbě CO₂ a vody v Krebsově cyklu. Usmrcením zvířete dojde k přerušení krevního oběhu, tím dojde k vytvoření nedostatku kyslíku ve tkáních. Charakter reakcí se mění z aerobních na anaerobní a glykogen se štěpí na kyselinu mléčnou anaerobní glykolýzou. Nastává okyselení svaloviny. Z neutrálního pH 6,9-7,5 na hodnotu 5,5. Při nízkém pH probíhá konformace bílkovin. Maso má nyní vysokou vaznost, není tuhé a neuvolňuje masovou šťávu [20,26,27].

Rigor mortis je druhou fází zrání masa. Poklesem ATP je aktivováno uvolňování vápníkové pumpy a vápenatých iontů do prostoru myofibril a dojde k posmrtné ztuhlosti. Prudkým snížením obsahu ATP se filamenty aktinu a myosinu spojí v aktinomyosinový komplex. V tento okamžik je maso nejméně vhodné na kulinární úpravu. Avšak díky nízkému pH je zvýšená udržitelnost. U skotu nastává rigor mortis do 20 hodin po porážce a trvá 1 až 2 dny [12,27].

Zrání masa se týká především myofibrilárních bílkovin. Pomalým uvolňováním aktinomyosinového komplexu dochází k postupnému odbourávání kyseliny mléčné. Zvyšující se pH souvisí s proteolýzou myofibrilárních bílkovin působením vlastních proteolytických enzymů. Částečně je rozložen i kolagen. Vzniká větší množství AMK a peptidů. Odbouráváním nukleotidů a bílkovin vznikají látky, které se podílejí na chuti a aromatu. V této fázi je maso vhodné ke kulinární úpravě a konzumaci. Optimální doba zrání se může lišit podle druhu jatečného zvířete. Minimální doba zrání hovězího masa je 5-7 dnů při 0 °C [27].

Hlubokou autolýzou je nazvána poslední fáze a jedná se o jev nežádoucí. Degradace bílkovin pokračuje, a to až na produkty jakožto amoniak, aminy a sirovodík. Vznikají nepřijatelné sensorické jevy. Hluboké zrání postupně doprovází i mikrobiální proteolýza. Maso se stává rizikovou potravinou [12,27].

2.5.2 Vliv chlazení na barvu a vzhled masa

Vzhled a barva masa jsou při prodeji masa nejdůležitějšími atributy. Spotřebitelé preferují červené až mírně hnědé maso. Koncentrace pigmentu udává intenzitu barvy, která se liší u jednotlivých druhů zvířat. Například hovězí a skopové maso obsahuje podstatně více myoglobinu než maso drůbeží a vepřové. Koncentrace pigmentu se mění s věkem zvířete. Nicméně intenzita barvy může být ovlivněna řadou faktorů, včetně manipulace se zvířaty, porážka, skladování JUT a způsob balení výsekových částí [10].

Obecně barva souvisí s obsahem hemových barviv – myoglobinu (globin je bílkovinový řetězec) a hemoglobinu (hem je barevná skupina). Změny barvy jsou ovlivněny reakcemi atomu železa v hemové skupině. Při kontaktu masa s kyslíkem železo váže molekulární kyslík a vzniká rumělkově červený oxymyoglobin [16].

Rumělkově červená barva je více stabilní při chladírenských teplotách. Při nižších teplotách je stabilita kyslíku větší. Rychlost oxidace oxymyoglobinu na metmyoglobin klesá a průběh chlazení má tedy vliv na barvu masa – čím rychlejší chlazení, tím jasnější rumělková barva masa [10].

Balení v MAP nese řadu výhod, zabraňuje oxidaci potravin, růstu mikroorganismů a změnám barvy. MAP je balení, ve kterém je vzduch s vyšší koncentrací kyslíku, což vede ke vzniku oxymyoglobinu. Nevýhodou dlouhodobého skladování masa v atmosféře je pokles parciálního tlaku O_2 a vzestup koncentrace CO_2 . Důsledkem je negativní vliv na změnu barvy [16].

2.5.3 Vliv chlazení na oxidační změny masa

Během posmrtného zrání masa probíhá proteolytická degradace svalových vláken na krátké peptidy, nukleotidy, volné aminokyseliny a další sloučeniny obsahující dusík. Tyto sloučeniny se pozitivně podílejí na sensorických vlastnostech masa. Na druhou stranu biochemické a chemické reakce, zejména lipidů a oxidace bílkovin mohou zhoršit chuťové vlastnosti. Výše uvedené změny se mohou týkat nebalených částí masa. U masa, které bylo vakuově zabaleno a chlazeno, má oxidace zanedbatelnou roli. Problém může nastat u masa baleného, které je příliš dlouhou dobu ponecháno v chladícím zařízení [28].

Zhoršení lipidů může být vyvoláno prostřednictvím enzymů z činnosti mikroorganismů, protože mikrobiální rozklad tuků je způsoben působením mikrobiálních lipas. Ty hydrolyzují esterové vazby triacylglycerolů za uvolnění mastných kyselin a ty snadněji podléhají oxidačnímu žluknutí. Činnost lipidů bývá ovlivněna i působením chemických látek. Obecně platí, že změna lipidů jatečného těla není příliš velká a správnými metodami chlazení je těmto negativním účinkům zabráněno [28].

3 ZMRAZOVÁNÍ MASA

Zmrazování masa za účelem prodloužení trvanlivosti bylo prováděno už v historii, avšak vylepšení zmrazovacích technologií je otázka spíše minulého století. Zmrazováním neboli krioanabiózou se rozumí působení teplot -15 až -45 °C a teplot nižších. Při 0 °C je omezena aktivita enzymů a při teplotě -20 až -25 °C je prakticky jejich činnost pozastavena. Při -10 °C je inhibována činnost mikroorganismů a proteázy přestávají být aktivní při teplotě -18 °C. Je nutné si uvědomit, že ani nízké teploty mnohdy nepoškodí spory sporotvorných bakterií, plísní a kvasinek [29,30].

Způsob krioanabiózy by měl být zvolen tak, aby v důsledku nebyly neblaze ovlivněny nutriční složky a sensorické vlastnosti masa. Stejně jako u chlazení je pro výslednou kvalitu rozmrazeného masa důležitá rychlost a teplota zmrazování, kdy podstatou procesu je přeměna volné a vázané vody na led v podobě ledových krystalů [29].

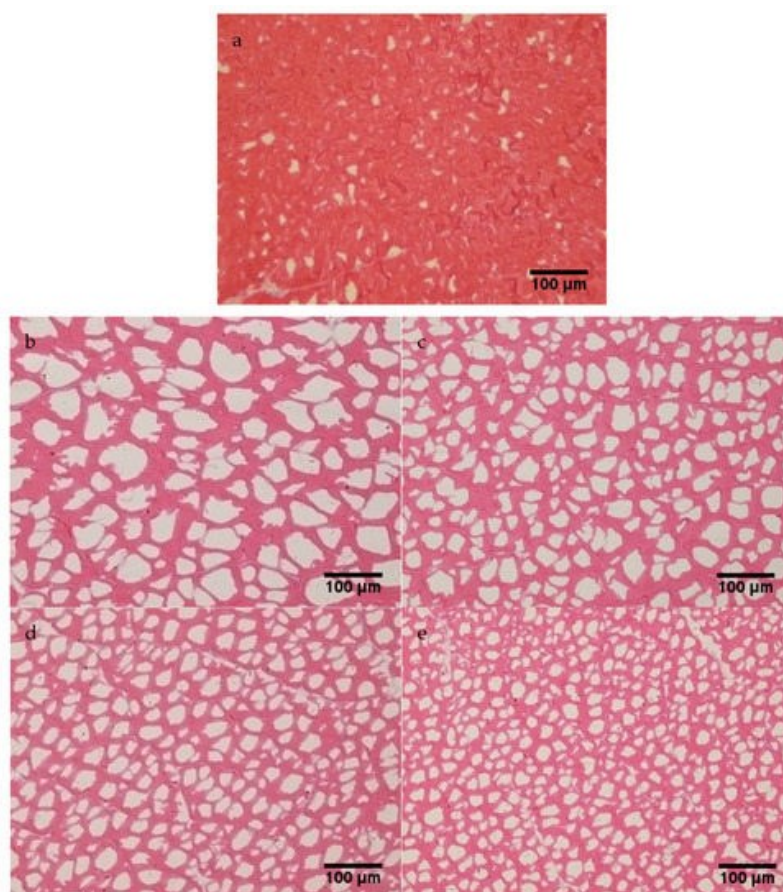
Zmrazením je ovlivněn nejvíce vodní podíl masa, protože voda tvoří 70 až 75 % svaloviny a je obsažena uvnitř i mezi svalovými vlákny masa. Jak voda zamrzá, koncentrace zbývajících rozpustných látek, jako jsou bílkoviny, sacharidy, minerální látky a vitaminy se zvyšuje, čímž je narušena homeostáza komplexního systému v mase a změny v prostředí svalových vláken ovlivňují vlastnosti buněčné membrány, které mají vliv na kvalitu masa. Porozuměním změn, které probíhají v mase při zmrazování a rozmrazování je nezbytné pro masný průmysl, jehož hlavním cílem je vyrábět špičkové masné produkty [30].

3.1 Ledové krystaly

Zaměříme-li se na zmrazování masa, je nezbytné uvědomit si, že nutností je vybrat vhodný způsob zmrazení, aby nedocházelo k projevení vedlejších účinků, jako například poškození tkání v důsledku velkých ledových krystalů, z toho důvodu je velmi důležitá rychlost zmrazení [31].

Předtím, než dojde ke tvorbě krystalů, musí dojít k tzv. nukleaci molekul vody. Existují dva typy nukleace – homogenní nukleace a heterogenní nukleace. V případě homogenní nukleace dochází k náhodné orientaci a kombinaci molekul vody. U heterogenní nukleace jsou tvořeny shluky molekul vody kolem suspendovaných částic nebo buněčných stěn přítomných mikroorganismů. Heterogenní nukleace je častější děj a nastává ve fázi podchlazení masa [34].

Rychlost zmrazení má vliv na tvorbu ledových krystalů a následně na jakost rozmrazeného masa. Požadavkem je zmrazit maso co nejrychleji, jednak pro zvýšení údržnosti a také pro snížení hmotnostních ztrát po rozmrazení. Obecně je známo, že nejefektivnějším postupem je velmi rychlé zmrazení, při kterém vznikají miniaturní ledové krystaly, o přibližně stejné velikosti a v důsledku přítomnosti malých ledových krystalů není svalová struktura nijak výrazně porušena. Takto vytvořené krystaly jsou umístěny vně i uvnitř buněk, čímž je omezeno překrystalizování během skladování. Malé krystalky ledu vznikají v takových místech, že neporušují buněčné struktury, proto se při rozmrazování masa může odtávající voda opět vázat na bílkoviny a hmotnostní ztráty nejsou tak markantní. Pro správné a účinné provedení zmrazení je mimo jiné nutno brát v potaz teplotu chladicího média, hmotnost jatečných kusů, tukové krytí, které slouží jako tepelná izolace a také velikost mezer mezi jednotlivými kusy masa [31,32].



Obrázek 6: Porovnání velikosti ledových krystalů [33]

a) chlazené maso, b) -20 °C, c) -25 °C, d) -30 °C, e) -40 °C

Při pomalém zmrazování se vytváří malé množství krystalů a jejich rozměry jsou mnohem větší oproti rychlému zmrazování masa. Dochází k tvorbě krystalizačních center, a to

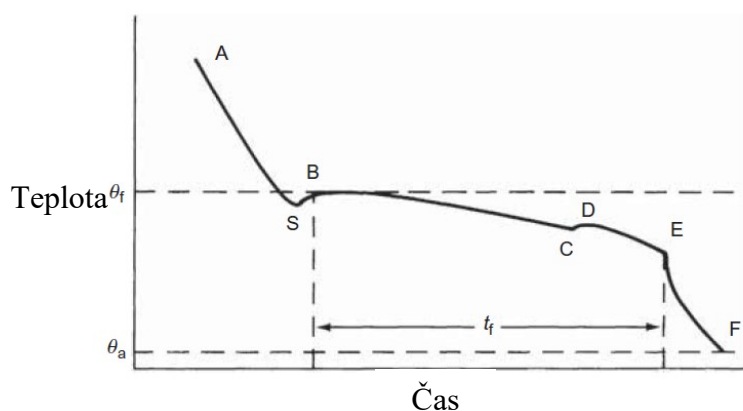
zejména v mezibuněčném prostoru, kde se část vody přesunuje buněčnými stěnami, čímž se následně vytvoří velké ledové krystaly, které potrhají buněčné struktury. Například při rozmrazování takto zmrazeného masa dochází k velkým hmotnostním ztrátám v důsledku velké ztráty masové šťávy, což se projevuje při kulinární úpravě, kdy je maso příliš suché a tuhé [31,32].

3.1.1 Koncentrace rozpuštěných látek

Zvyšování koncentrace rozpuštěných látek v kapalně vodě v masě vede ke změnám aktivity vody, viskozity, pH, povrchového napětí a redoxního potenciálu. S poklesem teploty se zkoncentrují rozpuštěné látky a začínají krystalizovat. Teplota, při které jsou krystaly rozpuštěné látky v rovnováze s rozpuštěným podílem, s ledem a vodou je eutektická teplota. Potraviny obecně jsou mnohasložkové směsi a eutektická teplota je pro jednotlivé látky odlišná, proto je obtížné přesněji určit eutektickou teplotu a je používán termín konečná eutektická teplota (final eutectic temperature), která je např. u masa od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Do překonání eutektické teploty není možné dosáhnout maximální tvorby krystalů ledu, kupříkladu maso není zmrazováno na takové teploty, a proto vždy obsahuje poměrně vysoký podíl vody v kapalném skupenství [34].

3.1.2 Vliv teploty a času během zmrazování

Sledováním teploty při zmrazování lze vytvořit charakteristickou křivku, která má šest významných bodů [35].



Obrázek 7: Vliv teploty a času při zmrazování [35]

Průběh zmrazování masa přiměřením teploty uprostřed v nejpomaleji ochlazeném místě má několik částí:

A-S: Maso je zchlazeno pod svůj počáteční bod mrazu (θ_f), který je vždy pod 0 °C. V bodě S je voda stále v kapalném skupenství, přestože teplota je pod bodem mrazu. Tato fáze je nazývána jako podchlazení (supercooling) masa a teplota může být nižší až o 10 °C, než je bod mrazu [34,35].

S-B: Vlivem nukleačních činidel (složky potravin, buňky mikroorganismů) dochází ke krystalizaci vody, teplota vzrůstá v důsledku uvolnění skupenského tepla krystalizace ledu [34].

B-C: Teplo je z potravin odváděno stejnou rychlostí jako v předcházejících fázích, ale pokles teploty je pomalejší, protože kromě ochlazování musí být odváděno postupně uvolňované skupenské teplo. Bod mrazu je postupně snižován zvyšující se koncentrací rozpuštěných látek v doposud nezmrazené tekutině. V této části zmrazování dochází k maximální tvorbě stabilních ledových krystalů [34,35].

C-D: Jedna z rozpuštěných látek, např. chlorid sodný, je přesycena a začíná vypadávat z roztoku ve formě krystalů. Při krystalizaci je uvolňováno skupenské krystalizační teplo a teplota vzrůstá na eutektickou teplotu pro uvedenou rozpuštěnou látku (tj. teplotu, při které existují tři fáze – nasycený roztok chloridu sodného, led a krystaly chloridu sodného; eutektická teplota je nejnižší teplota, při které v soustavě existuje kapalná fáze, pod touto teplotou již soustava obsahuje pouze led a tuhý chlorid sodný) [34].

D-E: Krystalizace vody a rozpuštěných látek dále pokračuje. Celková doba (t_f) potřebná pro zmrazení se určí podle změny rychlosti ochlazování, končí při opětovném zrychlení poklesu teploty na původní hodnotu, která odpovídá pouze ochlazení materiálu [34,35].

E-F: Pokud je maso i nadále vystaveno mrazírenské teplotě, pokračuje tvorba ledových krystalů do té doby, dokud nezbyde žádný podíl volné vody a rozpuštěných látek ve vodě. Teplota potravin klesá k teplotě mrazicího zařízení, poměr zmrzlé a nezmrzlé vody závisí na složení potravin a na dosažené teplotě. Při zmrazení pod bod E i nezmrzlý materiál vytvoří sklovitou strukturu, která brání proti nežádoucím změnám struktury a textury masa [34,35].

3.1.3 Rekrystalizace

Rekrystalizace může být příčinou narušení struktury masa, i přes skutečnost, že maso bylo dostatečně rychle zmrazeno ve správně fungujícím výkonném zařízení. Během skladování

zmražených potravin dochází ke změnám struktury ledových krystalů, změny jsou trojího typu:

1. Změna tvaru krystalu, při které dochází ke změně tvaru a vnitřní struktury krystalu tak, že sklesá poměr povrchu k jeho objemu.
2. Dva dotýkající se krystaly se spojí v jeden větší krystal.
3. Migrační rekrytalizace je nejvíce významnou změnou, jelikož se zvyšuje průměrná velikost krystalů ledu a snižuje se jejich počet. Změna je zejména ovlivněna kolísáním teploty při skladování [31,34].

3.2 Dopad zmrazování na nezávadnost masa

Velké procento spotřebitelů preferuje maso chlazené, mnohdy ale nastává situace, kdy je zmrazení masa nevyhnutelné a vynecháním tohoto kroku mohou nastat zdravotní komplikace konzumenta. Riziko nastává při konzumaci syrového masa nebo při záměrně nedostatečně tepelně upraveném stavu, kde se ve svalovině mohou vyskytovat někteří paraziti. Výskyt parazitů je možný jak u hovězího masa, tak i u vepřového [17,36].

Tasemnice, kvůli nimž se v minulosti maso zmrazovalo, dnes již nepředstavuje tak závažné zdravotní problémy, nebezpečí představují spíše toxoplazmy a trichinely. Aby byli tito nebezpeční paraziti usmrceni mělo by být maso určené ke konzumaci v polosyrovém či syrovém stavu zmrazeno, jelikož při takové úpravě nejsou inaktivovány jen paraziti, ale i patogenní mikroorganismy, jakožto například salmonely. Z výše uvedených důvodů by mělo být zmrazeno maso určené na tatarský biftek, trichinely zde sice nehrozí, může zde však hrozit riziko přítomnosti *Toxoplasma gondii*, původce toxoplazmózy. Mezi organismy, na které mají mrazírenské teploty smrtelný účinek patří také další prvoci a hlístice, k jejichž zničení je nutné uskladnění masa po dobu nejméně 10 dnů při teplotě $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ [17,36,37].

Zmrazené maso není vhodným substrátem pro životaschopnost mikroorganismů, jelikož při zmrazení dochází k poklesu teploty a snížení aktivity vody, což jsou dva hlavní parametry, které omezují vitalitu mikroorganismů. Avšak ne všechny mikroorganismy jsou citlivé na mrazírenské teploty, kupříkladu některé spory bakterií jsou extrémně odolné vůči zmrazení. Obecně platí, že vegetativní buňky grampozitivních bakterií, zejména grampozitivních koků jsou relativně odolné k zmrazení, na druhé straně gramnegativní bakterie jsou výrazně náchylnější. Mnoho studií udává, že typická mikroflóra vyvíjející se na mase uchovávaném za aerobních podmínek před zmrazením obsahuje 15 % grampozitivních a 85 %

gramnegativních bakterií, kdy následně po zmrazení při $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ byla celková životaschopnost populace snížena na 20 % a podíly zastoupení grampozitivních a gramnegativních organismů se obrátily. Na základě těchto poznatků vznikají obavy z konzumace zmrazeného masa, jelikož v několika případech byla prokázána přítomnost grampozitivních bakterií jakožto *Staphylococcus aureus* a *Listeria monocytogenes* [37].

3.3 Vhodné obalové materiály pro zmrazování masa

Zvolení vhodného obalového materiálu má rovněž vliv na správné provedení zmrazování masa. Stejně jako u chlazení masa se i pro zmrazování nejčastěji používají plastové obaly. V domácnostech jsou nejčastěji používány mikrotenové sáčky, avšak novým trendem v domácnostech je vakuové balení, které bylo využíváno spíše v masných závodech [22,34].

3.3.1 Vakuové balení a jeho účinek na maso

Vakuové balení se pro výsekové maso i masné výrobky používá od poloviny 20. století. Při vakuovém balení jsou kusy masa vloženy do vrstvené fólie v podobě sáčku a položeny do komorového balicího stroje, v němž nastane odsátí vzduchu s následným hermetickým uzavřením sáčku. Druhý způsob balení je na hlubokotažných balicích strojích, kde je produkt umístěn do misky z tzv. spodní fólie a následuje překrytí horní fólií, odsátí vzduchu a svaření horní a dolní fólie navzájem [22,38].

Toto balení je významné pro vyloučení kyslíku, který by mohl způsobovat oxidaci tuků a hemových barviv a také má nemalý vliv na potlačení růstu aerobní mikroflóry. Je-li vakuum vytvořeno správně za dobrých podmínek je podíl kyslíku ve vnitřní atmosféře nižší než 1 %. Často je uváděno, že zcela anaerobních podmínek není možné docílit, kvůli charakteru obalové fólie, které vždy mají určitou propustnost pro kyslík. Použití příliš vysokého vakua způsobuje často vysátí tekutiny či tuku a současně dochází i k deformaci výrobků [22].

Při skladování vakuově baleného masa dochází k zvýšení emise CO_2 vlivem katalytických pochodů v mase a respirací mikroorganismů spotřebou kyslíku. Významná část antimikrobiálního účinku vakuového balení na prodloužení čerstvosti masa byla připsána produkci oxidu uhličitého, nežli absenci kyslíku [22].

Nevýhodou vakuového balení je uvolnění velkého množství masové šťávy, čím intenzivnější je vakuum, tím je relativně delší údržnost, ale také větší předpoklad pro uvolnění tekutiny z masa. Tato uvolněná kapalina je z počátku čirá, při skladování se mléčně zkalí v důsledku pomnožení kontaminujících mikroflóry, kterou tvoří převážně BMK [38].

Tento nedostatek lze částečně eliminovat vakuovým „skin“ balením, což je relativně nový způsob vakuového balení. Proces spočívá v umístění produktu na podložní misku a přebalení fólií pod vakuem při současném působení vyšší teploty okolo 120 až 140 °C, díky níž dojde ke změkčení fólie, která potom obepne výrobek. Výsledkem je menší množství uvolněné tekutiny a delší údržnost v porovnání s klasickým vakuovým balením [38].

3.3.2 Spálení masa mrazem

K tomuto ději nejčastěji dochází v domácnostech, kde je maso zabaleno v jednoduchých mikrotenových sáčcích, jejichž povrch lze jednoduše porušit. Otvorem v porušeném obalu je propouštěn vzduch a na masových vláknech se začne projevovat reakce s kyslíkem. Vady masa, které bylo spáleno mrazem mohou být vizuální, ale i chuťové. Na povrchu masa jsou nejčastěji bílošedé skvrny a negativně jsou ovlivněny i parametry jako barva, aroma a chuť. Jediným možným řešením, jak předejít spálení masa mrazem je volba vhodného obalového materiálu a pečlivé uložení do mrazícího zařízení tak, aby obalový materiál nebyl porušen [38].

3.4 Způsoby zmrazování

Efektivních způsobů zmrazování je hned několik, mezi ně patří například zmrazení masa vzduchem, kontaktní zmrazování, kryogenní a imersní [29].

Nemalý podíl na kvalitu zmrazení mají samotné zařízení, které mohou být klasifikovány podle různých hledisek. Ke zmrazování jsou používány zařízení pracující na podobných, ne-li stejných principech jako v případě chladírenství, jen s vyššími výkony, a to kvůli většímu množství odebíraného tepla. Obecně je možné rozlišit mechanické chladicí stroje a kryogenní zmrazovací zařízení [34,39].

Mechanické chladicí stroje využívají jako chladicí medium ochlazovaný vzduch, ochlazovanou vodu nebo povrchy. Media jsou v kontaktu se zmrazovaným masem a zprostředkovávají transport tepla. U kryogenních zmrazovacích zařízení je jako chladicí medium využíván tuhý nebo kapalný oxid uhličitý, kapalný dusík nebo kapalné freony [34].

3.4.1 Zmrazování vzduchem

Vzduch je všeobecně nejpoužívanější metodou zmrazování potravin, přestože v praxi je často problémem rychlost proudění chladného vzduchu, avšak mnoho zmrazovacích zařízení je navrženo tak, aby rychlost proudění přes ventilátor byla zvýšena. Optimální rychlost

proudění vzduchu je 15 m/s, teplota 4 °C a nižší. Výhodou je univerzálnost, zvláště když je potřeba zmrazit produkty o různých tvarech, poté minimální obsluha, velká kapacita a dobrá hygienická udržitelnost zařízení [29,37,39].

Škála zařízení na zmrazování masa vzduchem je široká, a to od systémů, ve kterých ventilátor nasává vzduch přes chladicí cívku a následně protahuje studený vzduch v izolovaném prostoru, ve kterém je maso uloženo až po tryskové zmrazovací tunely, komory, pásy nebo spirální a fluidní zařízení. Proces zmrazení může být diskontinuální nebo další variantou je proces kontinuální. Při kontinuálním způsobu zmrazování je maso dopravováno mrazícím tunelem pomocí dopravníkového pásu, který je většinou umístěn na stropě zařízení. Tím je překonán problém nerovnoměrného rozložení vzduchu, protože každý kus masa je vystaven po stejný časový interval vzduchu o konstantní rychlosti proudění [34,37,39].

Novým trendem zmrazování je tzv. „nárazová technologie“, jejímž principem je změna kapaliny na plyn po kontaktu kapaliny s povrchem zmrazovaného masa. Změna skupenství probíhá za zvýšeného konvekčního koeficientu přenosu tepla na povrchu masa. Po této změně proudí plyn rychlostí okolo 20-30 m/s, toto proudění je turbulentnější a výměna tepla prostřednictvím tohoto systému se stává mnohonásobně efektivnější [10].

3.4.2 Kryogenní zmrazování

Rychlé zmrazování je také často označováno jako šokové nebo kryogenní zmrazování, a jako chladící media jsou využívány inertní plyny, jakožto kapalný dusík a oxid uhličitý, které mohou přijít do přímého kontaktu se všemi potravinami. Tento způsob je výhodný především svojí nepřekonatelnou rychlostí zmrazení, a to s minimální ztrátou vlhkosti a s ohledem na zachování kvality produktu [39,40].

Dusík je bezbarvý, netoxický, nehořlavý plyn, který se vyskytuje převážně volně ve vzduchu. Průmyslově se získává frakční destilací zkapalněného vzduchu. Za normálních podmínek se jedná o velmi stabilní plyn bez jakéhokoliv zápachu a chuti. Při aplikaci dusíku za účelem zmrazování masa nemá tento plyn žádný vliv na výsledný obsah ve zmrazeném produktu. Podobné vlastnosti jako dusík má i oxid uhličitý, který je rovněž stabilní plyn a nemá žádný výrazný vliv na zmrazené maso a ani žádnou jinou potravinu. Tyto plyny jsou schváleny jakožto aditivní látky označené E kódem, dusík – E 941 a oxid uhličitý E 290. Ke kryogennímu zmrazování jsou častokrát využívány zařízení jako kryogenní skříň a kryogenní tunel [40].

Kryogenní skříň pracuje velmi efektivně i při zmrazování malého množství a je možno využít, jak způsob diskontinuální, tak i vsádkový. Maso je obvykle umístěno na plechových tácech nerezových vozíků, které jsou vkládány přímo do skříně. Extrémně nízké teploty jsou dosaženy nástřikem dusíku, čímž je dosaženo teploty až $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo oxidu uhličitého o teplotě $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$, kde bezprostředně po nástřiku plynu dojde k jeho odpaření přímo na povrchu produktu. Obecně platí, že v závislosti na charakteru potraviny, obsahu vody, vstupní teplotě a požadované intenzitě výroby lze nastavit množství nástřiku zkapalněného plynu a setrvání výrobku v mrazící skříně. Těmito kroky je zajištěno, že po opuštění skříně je maso kvalitně zmrazeno. Díky rychlosti zmrazení a nízké teplotě uvnitř zařízení dochází k velmi nízké ztrátě vlhkosti a hmotnosti produktu během zmrazování, zůstává tedy zachována původní hmotnost a přirozený vzhled masa a masných výrobků [39,40].

Kryogenní tunel je vhodný pro kontinuální zmrazování masa a princip zmrazování se nijak výrazně neliší od mechanismu zmrazování kryogenní skříně. Vysoký výkon je opět založen na optimálním proudění invertního plynu. Systém je navržen tak, aby v průběhu zmrazování nedošlo k žádnému porušení kvality masa nebo zmrazované potraviny. Extrémně nízké teploty jsou opět dosaženy nástřikem kapalného dusíku nebo oxidu uhličitého do prostoru mrazícího pásu, který je regulován pomocí teplotního čidla. Posouváním výrobku umístěného na pásu tunelu dochází k jeho úplnému zamrazení. Díky principu protiproudu se dosahuje u vstupující suroviny maximální tepelné výměny a maso nebo masný výrobek je okamžitě zmrazen [39,40].

3.4.3 Kontaktní zmrazování

Metody kontaktního zmrazování jsou založeny mezi přenosem tepla z výrobku a povrchem mrazícího zařízení. Ke kontaktnímu zmrazování jsou využívány deskové zmrazovače, které se skládají z horizontálních nebo vertikálních dutých desek, kterými je čerpáno chladivo o teplotě $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tato možnost zmrazování není příliš vhodná pro velké kusy masa. Efektivně jsou tímto způsobem zmrazeny jednotlivé výsekové části, masné produkty a polotovary. Výhodou oproti zmrazování vzduchem je lepší přenos tepla a menší spotřeba energie [34,39].

3.4.4 Imersní zmrazování

Chladícím médiem mohou být také kapaliny, kdy zmrazované maso nebo spíše balené masové výrobky procházejí lázní chlazeného propylenglykolu, solného roztoku, glycerolu

nebo roztoku chloridu vápenatého. Na rozdíl od kryogenního zmrazování nedochází u těchto chladiv ke změně skupenství [34].

3.5 Vliv zmrazování na jednotlivé parametry

Živočišné tkáně a svaly jsou mnohem pružnější než rostlinná pletiva a jejich struktura je méně citlivá na poškození ledovými krystaly. Je-li maso správně vyzrálé a dostatečně rychle zmrazené nemusí nutně existovat jakýkoliv prokazatelný účinek na barvu, texturu, chuť a vůni masa. Avšak i v případě masa dochází při nevhodném způsobu zmrazování k nežádoucím vlivům a ke ztrátě exsudátu neboli masové šťávy při rozmrazování. Tyto nežádoucí vlivy se projeví jako změny jednotlivých parametrů masa, kupříkladu rekrystalizací ledových krystalů, oxidací lipidů a dehydratací povrchů zmrazeného masa. Objem ledu je o 6 % vyšší než objem čisté vody, při zmrazování lze očekávat narůst objemu zmrazovaného masa. I z tohoto důvodu je nutné zvolit vhodný obal, aby nedošlo k jeho porušení a následnému spálení masa mrazem [34,37].

Skladování zmrazeného masa obvykle probíhá při teplotách nižších než $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, je však pravděpodobné, a to především v obchodních řetězcích, že teploty během skladování budou kolísat. Teplotní variace jsou zřejmě hlavní příčinou nežádoucích účinků, jako je například už výše uvedená rekrystalizace ledových krystalů [37].

Změny jednotlivých parametrů (pH, textury, barvy atd.) jsou povětšinou měřeny až po rozmrazení masa, kdy lze nejdříve pozorovat účinek mrazírenských teplot na masu [34].

3.6 Doba skladování zmrazeného masa

Mrazírenské skladování při dodržení podmínek málokdy vede ke vzniku zdravotních nebezpečí pro spotřebitele, pravděpodobně také proto je obtížné definovat jaké vlastnosti má mít maso na konci trvanlivosti, aby bylo možné určit jeho dobu skladovatelnosti [30,34].

Jako objektivnější přístup trvanlivosti je přijímána definice praktické trvanlivosti (Practical storage life-PSL) jako doba skladování, po kterou je produkt přijatelný pro spotřebitele. PSL je definována jako doba skladování, za kterou se projeví statisticky významné odchylky v senzorických vlastnostech od původního produktu (na hladině významnosti $P < 0,01$). PSL není totéž co trvanlivost výrobku (tj. doba skladování po kterou je akceptovatelný pro spotřebitele), která může třikrát až šestkrát delší než PSL [34].

Tabulka 1: Skladovatelnost masa, masných výrobků a drobů vyjádřená jako PSL [34]

Potravina	Praktická skladovatelnost PSL [měsíce]		
	-12 °C	-18 °C	-24 °C
Hovězí maso	8	15	24
Hovězí mleté maso	6	10	15
Vepřové maso	6	10	15
Slanina	12	12	12
Drůbež	9	18	>24
Játra	4	12	18

Zmrazené maso lze skladovat až po dobu 24 měsíců, ovšem v závislosti na jakosti původu suroviny, na teplotě, druhu a obalu masa. Dle technických možností jsou voleny teploty od -17 °C do -29 °C. Pro hovězí maso platí při zmrazení jiná kritéria jako například pro maso vepřové [29,30].

3.7 Inovativní metody při zmrazování masa

3.7.1 Kolagen

Kolagen je hlavní proteinovou složkou pojivových tkání, které umožňují jejich správnou mechanickou funkci. Hojně je zastoupen v živých organismech, kromě jednobuněčných organismů. V těle živočichů zastupuje 20-35 % bílkovin, z toho důvodu se jedná o téměř neomezený zdroj s širokým spektrem využití. Kolagen je možné využít v mnoha ohledech, proto je snaha o zdokonalování kolagenních preparátů a nalezení nových možností a způsobů jeho zpracování a využití [41].

Molekula kolagenu má trojřetězcovou strukturu, jejíž charakteristickým znakem je velká pevnost. Tři polypeptidové makromolekuly se stáčí do pravotočivé super-šroubovice, kde jedna kolagenová polypeptidová makromolekula má asi 1000 aminokyselinových zbytků a měří okolo 280 nm a celá otáčka této trojitě spirály pak obsahuje 30 aminokyselinových zbytků. Molekuly kolagenu zahrnují velké množství AMK. Nejvýznamnějším zástupcem aminokyselin v kolagenu je glycin, jehož množství se pohybuje mezi 26-28 % a druhou nejvíce zastoupenou aminokyselinou je prolin, z více jak 15 %. Prolin je zacyklená

aminokyselina a jeho funkcí je tvorba levotočivé konformace každého α -řetězce. Rovněž glycin má ve struktuře kolagenu významnou funkci, konkrétně jeho zbytky, které jsou dostatečně malé na to, aby umožnily jeho výskyt uvnitř trojitě spirály, což má za následek pevné semknutí α -helixů do kolagenové super-šroubovice [42].

Zahříváním kolagenu ve vodném prostředí vzniká želatina. Mezi 3 fáze přechodu kolagenu na želatinu patří:

1. Štěpení příčných kovalentních vazeb kvartérní struktury.
2. Denaturace terciální struktury.
3. Hydrolytické štěpení peptidových vazeb polypeptidových řetězců na molekulární úrovni [43].

Zvýšené požadavky spotřebitelů na vysoce kvalitní potraviny s delší dobou skladování zvýšily zájem o výzkum jedlých filmů. V současné době nacházejí jedlé povlaky uplatnění v různých odvětví potravinářství, např.: obaly na maso a uzeniny, ale i obaly na čokoládu, ovoce a zeleninu. Jedné fólie a obaly mohou zabránit změnám kvality potravin tím, že působí jako bariéra pro řízení přenosu vlhkosti, absorpce kyslíku, oxidaci lipidů a zhoršení senzorických vlastností [44].

Jedlé filmy se vyrábí nejen z bílkovin, ale i z polysacharidů nebo kombinací materiálů. Zdrojem proteinových obalů je mimo kolagenu často využívána kukuřice či sójové boby. Fólie na bázi bílkovin jsou dobrou bariérou pro kyslík a oxid uhličitý, ale ne pro vodu. Samy o sobě jsou bílkovinné nebo polysacharidové ochranné filmy špatnou bariérou pro vodní páru. Nicméně kombinací proteinových a polysacharidových ochranných filmů lze docílit zlepšení mechanických vlastností a lepší bariéry proti vodní páře [44].

K polysacharidům zlepšující tyto vlastnosti patří pektát, alginát a karboxymethylcelulóza, o nichž je známo, že tvoří elektrostatické komplexy s proteiny. Interakce, které tvoří kovalentní vazby mezi proteinem a polysacharidem jsou zvláště žádoucí, protože vytvořený komplex bude stabilnější a potravinu ochrání před účinkem vysokých teplot a dalších vlivů, které by mohly vlastnosti produktu neblaze ovlivnit [44].

3.7.2 Vysokotlaké zmrazování

Byly zkoumány nové metody pro účinné zmrazování masa. Jednou z takových metod je vysokotlaké zmrazování, při kterém dochází k okamžité a homogenní tvorbě ledových krystalů. V závislosti na tlaku mají ledové krystaly několik polymorfních forem [30].

Vysokým tlakem jsou narušeny úhly vodíkových vazeb a vytvářejí se kompaktnější molekulární struktury. Vysoký tlak také snižuje entalpii krystalizace a urychluje proces fázového přechodu. Hraniční hodnotou pro tvorbu různých polymorfních forem ledových krystalů, je tlak okolo 210 MPa. Tyto formy jsou stabilní pouze za vysokého tlaku a mají vyšší bod tání [35].

3.7.3 Nemrznoucí proteiny

Přídavkem nemrznoucích proteinů lze ovlivnit velikost a struktura ledových krystalů, které se začínají tvořit už při nižších teplotách a tyto speciální proteiny mají také vliv na rekrystalizaci při mrazírenském skladování [30].

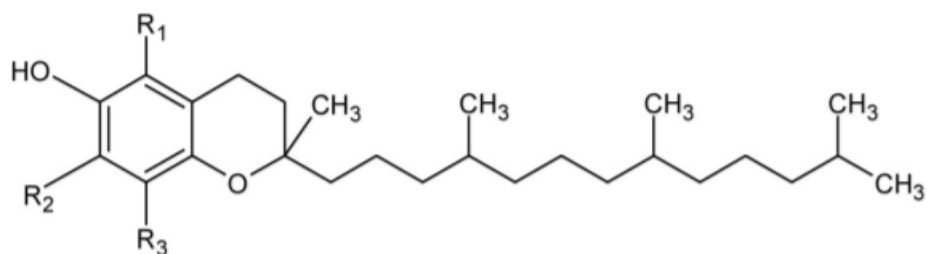
Nemrznoucí proteiny (NP) jsou obsaženy v rybách žijících v chladných vodách světových moří a umožňují jim tak přežití v těchto nepříznivých podmínkách. Studuje se jejich struktura, funkce a mechanismus působení. Existují dva základní typy těchto proteinů, a to glykoproteiny a neglykoproteiny, nicméně jejich izolace je v současné době poněkud obtížná a z toho důvodu je jejich cena velmi vysoká. S tím souvisí i jejich dosavadní použití, které doposud bylo převážně k vědeckým účelům. Mimo maso a masné výrobky se zkoumá jejich aplikace do dalších potravin, jakož jsou například mražené krémy. Předpokládá se, že nemrznoucí proteiny, ať už přírodní, nebo syntetické analogy najdou v budoucnu široké uplatnění jako potravinářské přísady. Nevýhodou jejich uplatnění může být názor spotřebitele, na přítomnost živočišného proteinu v potravine [45].

V několika případech byly nemrznoucí proteiny podávány dobytku intravenózně *ante mortem* neboli těsně před porážkou, nicméně k více preferovanější metodě patří vpíchnutí nemrznoucích proteinů do masa *post mortem* čili při probíhajících posmrtných fázích. K efektivnímu účinku NP je využívána koncentrace 1 mg/ml ve fyziologickém roztoku pufovaném fosfáty. Tato koncentrace vede ke značnému zmenšení velikosti vytvořených ledových krystalů [30].

3.7.4 Vitamin E

Dojde-li ke zmrazení masa je po jeho rozmrazení větší pravděpodobnost, že dojde k oxidaci lipidů. Vitamin je rozložen do buněčných membrán, kde působí jako antioxidant chránící fosfolipidy před volnými radikály a snižuje rychlost oxidace lipidů a pigmentů. Vitamin E je možné doplnit dvěma způsoby. Jednou z možností je vitaminem obohacená krmná dávka

skotu a druhou alternativou je přidavek tokoferolu během posmrtných změn. Zmírnění škodlivých změn bylo nejvíce prokázáno u masa hovězího a vepřového [30].



Obrázek 8: Vzorec vitamínu E [30]

3.7.5 Solanka

Roztok anorganické soli, obvykle chloridu sodného ve vodě je nazýván jako solanka. Nejčastěji se vstříkuje do drůbežího masa před jeho zmrazováním, kvůli podpoření křehkosti, šťavnatosti a chuti masa. V posledních letech začal výzkum využití solanky k boji proti ztrátě exsudátu po rozmrazení hovězího masa [30].

Aplikace probíhá tak, že se solný roztok mechanicky zavádí do svalové tkáně. Všechny přísady by měly být dobře rozpuštěny a podávány ve vhodných koncentracích. Existuje několik různých metod aplikace solanky. Nejvíce využívané vstříkovací systémy jsou neustále ochlazovány a je zabráněno zvýšení teploty roztoku. Jehly, jimiž je solanka vstříkována do svalové tkáně obsahují několik otvorů začínajících cca 10-15 cm od ostrého konce, kterým je svalová tkáň propíchnuta a po vniknutí je roztok jednorázově nastříknut do svaloviny [46,47].

Tato metoda je levná a účinná. Maso, do kterého byla solanka aplikována má po rozmrazení prokazatelně lepší barvu a nedochází k výrazným hmotnostním ztrátám [47].

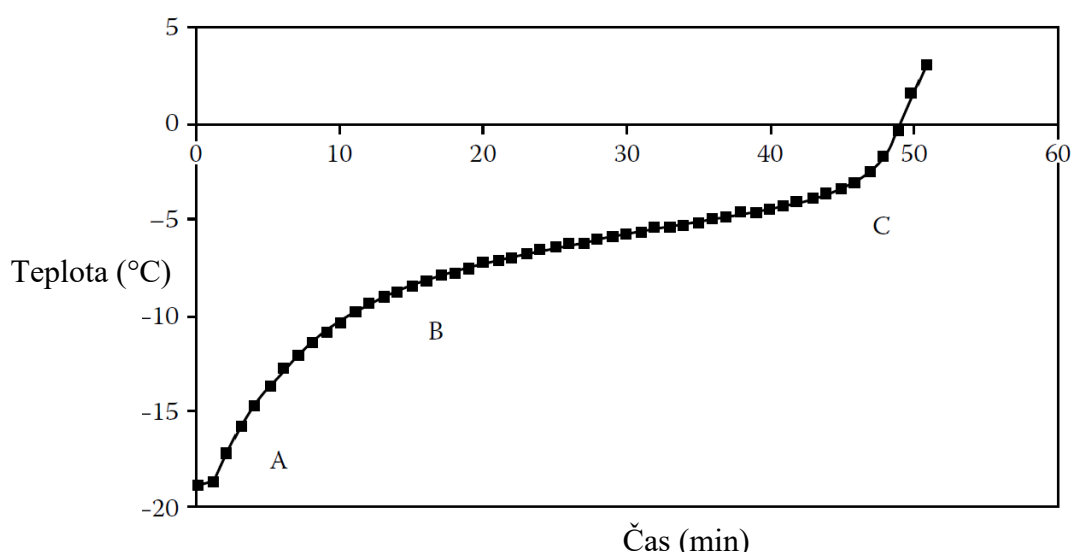
4 ROZMRAZOVÁNÍ MASA

Bylo-li maso správně zamrazeno a má-li si ponechat co nejvíce prvotních znaků dobré kvality, nejvhodnější metodou rozmrazování je pomalé rozmrazování při teplotě vzduchu okolo 0-5 °C. Díky takovým podmínkám rozmrazování dosáhne maso velmi dobré resorpce, udrží si přirozené vlastnosti a ztráta masové šťávy je minimální. U velkých kusů masa trvá rozmrazování delší dobu, proto je možné jej na krátkou dobu vystavit teplotě 10-15 °C a poté maso uložit do prostor s teplotou vzduchu cca 4 °C [29,35].

Proces rozmrazování ovlivňuje kvalitu, je nezbytné rozmrazovat tak, aby se minimalizovaly ztráty tekutin a aby voda z tajícího ledových krystalů mohla hydratovat původní struktury, ze kterých byla během zmrazování vymrazena [34].

Při rozmrazování se teplo dostává k masu zvenčí, voda má nižší tepelnou vodivost a tepelnou difuzivitu než led, čím je vrstva vody silnější, tím hůře probíhá sdílení tepla dovnitř masa, z toho důvodu je rozmrazování déle trvající proces než zmrazování. Nejprve teplota ledu poměrně rychle stoupá do dosažení teploty tání, poté následuje poměrně dlouhá doba, při které je teplota rozmrazovaného produktu těsně pod teplotou tání, v této fázi dochází k uvolnění buněčných šťáv a dalších tekutin ledem porušených tkání. Ztráta tekutiny je hlavní příčinou nutričních změn zmrazovaných potravin, a kromě uvedených ztrát je masová šťáva vhodným prostředím pro nežádoucí enzymové a zejména mikrobiologické procesy [34,35].

4.1 Teplota a čas rozmrazování



Obrázek 9: Charakteristická křivka teploty a času rozmrazování [48]

Charakteristická křivka teploty a času má tři nejpodstatnější části, které jsou vyobrazeny v úsecích AB, BC a C. První úsek AB je nazýván jako temperování, BC je samotné rozmrazování a poslední úsek C vyznačuje následující tepelnou úpravu. Po počátečním rychlém vzrůstu teploty fáze AB následuje dlouhý časový úsek, kde se teplota přibližuje k bodu tání. Během této fáze dochází k uvolnění masové šťávy z buněk, které byly poškozeny při pomalém zmrazování nebo rekrytalizaci a spolu s masovou šťávou jsou z masa odplaveny i nutričně významné látky. Podle několika studií je z hovězího masa vyplaveno až 12 % thiaminu, 10 % riboflavinu, 14 % niacinu a až 32 % pyridoxinu [35,48].

4.2 Rozmrazování dle hygienických předpisů

Rozmrazování musí být prováděno tak, aby se minimalizovalo riziko růstu patogenních mikroorganismů nebo nedocházelo ke tvorbě toxinů. Při rozmrazování musí být obecně potraviny vystaveny takovým teplotám, které nevedou k ohrožení zdraví spotřebitele. Může-li odtékající kapalina při procesu rozmrazování představovat riziko pro zdraví, musí být odpovídajícím způsobem odváděna. Po rozmrazení se musí s potravinou zacházet tak, aby se zabránilo růstu patogenních mikroorganismů nebo tvorbě toxinů v potravinách [49,50].

Mražené suroviny, polotovary, potraviny je možné rozmrazovat následujícími způsoby:

1. V lednici
2. Proudem vlažné vody
3. Pomocí mikrovlnné trouby [50].

Rozmrazování při kuchyňské teplotě je nepřijatelné. Po rozmrazení je zakázáno opětovně zamrazování produktu. K rozmrazování by mělo docházet pouze u takového množství produktů, které je možno využít a spotřebovat. Proces rozmrazování musí být kompletní. Pozornost musí být věnována především větším kusům masa a rozmrazované drůbeži. Další a klíčovou podmínkou pro dodržení hygienických pravidel je udržet rozmražené suroviny při teplotě 4 °C a spotřebovat je do 24 hodin. Ke správné hygienické praxi spojené s rozmrazováním potravin také patří do dokončení procesu provést vyčištění a desinfekci použitých pracovních ploch a náčiní [50].

4.3 Dopad rozmrazování na nezávadnost masa

Rozmrazování stejně jako zmrazování je pro mikroorganismy velmi traumatizující. Při hygienicky přijatelném procesu rozmrazování musí být teplota na povrchu masa taková, aby

mikrobiální proliferace nepřekročila přijatelné limity. Při rozmrzování masa je životaschopnost především bakterií limitována koncentrací rozpuštěných látek v uvolňující se masové šťávě. Nežádoucí hygienický účinek při rozmrazování může nastat, je-li maso při procesu rozmrazování vystaveno vysokým teplotám. Rychlým rozmrazováním je podpořena přítomnost mikroorganismů, které mohou být často patogenní a mít nepříznivý vliv na zdraví spotřebitele [37].

Po rozmrazení jsou bakteriální buňky buďto ve stacionární fázi, nebo utrpěly subletální poškození v důsledku napětí vyvolaném v cyklu zamrazování – rozmrazování. To znamená, že je-li maso vystaveno příznivé růstové teplotě pro bakterie, jejich růst není ihned obnoven a růst může začít až po přizpůsobení se buněk novému prostředí. Dobu přizpůsobení novým podmínkám ovlivňuje několik faktorů jakožto vlastnostmi mikroorganismu, jeho stupně poškození, teplota a další podmínky rozmrazování [37,51].

Rozmrazené maso je náchylnější k mikrobiálnímu rozkladu a následnému kažení. I přes to, že je cyklem zmrazování a rozmrazování mikrobiální populace omezena, lze říci, že po rozmrazení je na masu přítomno menší množství mikroorganismů. Výše uvedené tvrzení může platit, není-li maso sekundárně kontaminováno. Tyto výroky jsou podpořeny několika studii a to značí, že nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v rychlosti růstu mikroorganismů na mase chlazeném a rozmrazeném [37,51].

Bez ohledu na podobnost růstu bakterií u chlazeného nebo rozmrazeného masa, dojde-li před úplným zmrazením k vyčerpání zásob glukosy mikroorganismy, dochází po rozmrazení ke znehodnocení masa i nižším počtem buněk bakterií. Důvodem je již dávno vyčerpáný zdroj glukosy a kontaminující mikroflóra využívá v tomto okamžiku aminokyseliny. Tento fenomén je často přisuzován faktu, že maso bylo zkaženo již před zmrazováním nebo dalším možným vysvětlením je, že jakost byla narušena během neúčinného mrazírenského skladování [37].

4.4 Rychlost rozmrazování

Z fyzikálního hlediska je při rozmrazování masa významným kritériem tepelná vodivost. Vodivost odpovídá asi jedné třetině vodivosti masa zmrazeného, a to z toho důvodu, že teplo prochází rozmrazenou vrstvou do stále zamrzlé centrální části pomaleji ve srovnání s teplem, které prochází v opačném směru během zmrazování. Jsou-li všechny ostatní faktory stejné, bude rozmrazování trvat déle než zmrazování pomocí stejné metody [37].

Voda je špatný vodič tepla, a proto teplo nejprve proniká velmi pomalu povrchovou vrstvou, na které dochází jako první k rozmrazení ledových krystalů na vodu, a nakonec dosáhne až ke krystalům v jádru zmrazeného masa. Toto je možné vysvětlení proč tání probíhá pomaleji než zmrazování a také proč tak dlouho trvá rozmrazit velké kusy masa; je-li ve větším kusu masa větší objem rozmrazené vody, ale voda v jádru zůstává stále v podobě ledových krystalů, důvodem je, že okolní voda působí jako bariéra proti prostupu tepla [52].

4.4.1 Pomalé zmrazování; rychlé rozmrazování

Během pomalého zmrazování byly v extracelulárním prostoru vytvořeny velké ledové krystaly. U rychlého rozmrazování (v důsledku vysokých teplot) je dispozici velmi málo času potřebného k průniku vody z extracelulárního prostoru do intracelulárního. Pouze velmi malé množství vody je absorbováno do intracelulárního prostoru, a to vede k výrazným hmotnostním ztrátám po rozmrazení masa. 8-15 % je běžná hodnota hmotnostních ztrát po rozmrazení masa [52].

4.4.2 Pomalé zmrazování; pomalé rozmrazování

Když se pomalu zmrazované maso pomalu rozmrazuje, je během procesu rozmrazování podstatně více času v intracelulárním prostoru absorbovat velké molekuly vody, které jsou produkovány v extracelulárním prostoru, jakmile dojde k rozmrazení velkých ledových krystalů. Stupeň hmotnostních ztrát je výrazně nižší než u pomalého zmrazování a následného rychlého rozmrazování [52].

4.4.3 Rychlé zmrazování; rychlé rozmrazování

Při rychlém rozmrazování dochází k uvolnění velkého množství vody z malých ledových krystalů, které byly vytvořeny během rychlého zamrazování. V průběhu rychlého zmrazování je vytvořeno mnoho ledových krystalů o malých velikostech, které nijak výrazně neporuší buňky a malé molekuly vody získané během rychlého rozmrazování mohou být absorbovány z nepoškozených buněk do extracelulárního i intracelulárního prostoru [52].

4.4.4 Rychlé zmrazování; pomalé rozmrazování

Při rychlém zmrazování je vytvořeno velké množství velmi drobných ledových krystalů, a to na místech původního výskytu vody. Tím je omezena migrace vody ke krystalizačním centrům, jelikož voda zamrzá v původních mikrolokalitách, dochází k zachování osmotických poměrů v mase. Čím vyšší je rychlost zmrazování, kterou se rozumí rychlost

postupu zóny maximální tvorby ledových krystalů od povrchu zmrazovaného masa k jeho jádru, tím jemnější je struktura krystalů a tím je i méně pozměněno rozdělení vody ve zmrazeném maso [53].

Při správném vedení rozmrazování (tedy pomalém) je voda z malých krystalů resorbována do tkáně na svém původním místě a tkáň neutrpí žádné výrazné poškození. Stručně řečeno, rychle zmrazené maso by mělo být pomalu rozmrazováno, aby nedošlo k vysokým hmotnostním ztrátám masa [52,53].

Je-li maso zmrazeno, vodní aktivita a_w je stejná v extracelulárním i intracelulárním prostoru. Při rozmrazování masa je ve vnějších vrstvách, kde ledové krystaly dříve roztají, hodnota a_w vyšší oproti stále zmrazenému jádru masa. Na základě toho, je uvolněná tekutina difundována do stále zmrzlých vnitřních oblastí a kapalina je po rozmrazení znovu rovnoměrně absorbována. Rozdíl mezi hodnotami vodní aktivity extracelulárního a intracelulárního prostoru v konečném důsledku určuje míru ztráty masové šťávy a zvýší se podíl hmotnostních ztrát. Uvolněná tekutina, která není po rozmrazení zpětně absorbována do buněk, je shromažďována v extracelulárním prostoru, a nakonec v maso dojde k jejímu uvolnění [52].

4.5 Způsoby rozmrazování

Běžné metody rozmrazování lze rozdělit podle přenosu tepla. Mezi vnější metody přenosu tepla patří proudění tepla z teplejšího prostředí k masu. Příkladem takového rozmrazování je rozmrazování při pokojové teplotě, pod tekoucí vodou nebo sprejové rozmrazování. K metodám vnitřního ohřevu, při nichž se vytváří teplo uvnitř produktu patří mikrovlnné rozmrazování [54].

4.5.1 Rozmrazování v lednici

Plánování s předstihem je klíčem k úspěšnému použití této metody, neboť je nutné počítat s jistou časovou náročností. Větší zmrazené kusy vyžadují na rozmrazování někdy i celý den (24 h) na každých 2,5 kg hmotnosti. Při rozmrazování v lednici je nezbytné vzít v úvahu rozdílné teploty v různých částech zařízení, je pravděpodobné, že maso umístěné v nejstudenější části lednice bude rozmrazováno nejpomaleji. Tímto způsobem rozmrazování lze zajistit malé hmotnostní ztráty, jelikož dochází k pomalému tání ledových krystalů a rovnoměrnému vstřebání vody zpět do tkání [55].

4.5.2 Rozmrazování vodou

Tato metoda je rychlejší než rozmrazování v lednici, avšak vyžaduje více pozornosti. Dle hygienických předpisů musí být maso rozmrazeno pod vlačnou tekoucí vodou, avšak z hlediska ekonomického by tento proces byl nesmírně náročný, proto je možné vodu využít i jinak. Maso by mělo být zabaleno v nepropustném obalu tak, aby nedocházelo k prosakování a kontaminaci bakteriemi. Při špatné ochranné bariéře je možné, že maso vstřebá určité množství vody z okolí a jeho vzhled může působit „vodnatě“ [55].

Rozmrazování včetně proudu vlačné vody lze provést i ponořením masa do vody, nebo sprejováním masa vodou. Bylo-li maso do vody ponořeno je nezbytné, aby byla voda pravidelně měněna. V potravinářském průmyslu je doporučováno měnit vodu po každé šarži, spolu s důkladným vyčištěním zařízení, čímž je navíc zabráněno mikrobiálnímu růstu. V případě, že je tato metoda aplikována v domácnostech, je navrženo měnit vodu po půlhodině [54,55].

Při rozmrazování nebaleného masa je uvolňována masová šťáva, ve které jsou obsaženy například bílkoviny, krev a další rozpustné látky. V tento moment se voda stává vhodným živným médiem pro mikroorganismy a roste riziko křížové kontaminace. I z tohoto důvodu je nutná obnova čisté pitné vody, avšak tato metoda rozmrazování není doporučována pro domácnosti [54].

4.5.3 Rozmrazování obohacenou vodou

Maso je možné rozmrazit ve vodě, která je obohacena přísadkou 1 % soli a 0,2 % fosfátu. V důsledku přidání látek, není možné tento způsob kategorizovat do metody „rozmrazování vodou“. Také není nezbytné využívat tekoucí vodu, což nečiní tak velkou ekonomickou zátěž. V rámci takového procesu rozmrazování je voda neboli lépe řečeno vodný roztok, udržován při teplotě kolem 4-6 °C. Za těchto okolností dochází k rychlejšímu rozmrazení masa. K roztoku je přiváděn vzduch, jímž jsou tvořeny bubliny, které vytvářejí efekt mírného omývání masa a je předcházeno ztrátám, způsobených rozmrazováním. Hmotnostním ztrátám je zabráněno právě přítomností solí a fosfátů [52].

4.5.4 Rozmrazování mikrovlnným ohřevem

Po rozmrazování masa v mikrovlnné troubě je nezbytné, aby maso bylo okamžitě zpracováno. Při tomto způsobu rozmrazování se některé části masa mohou v průběhu začít vařit. Takové maso se nedoporučuje dále uchovávat, jelikož teplota masa může dosáhnout

optimální hodnoty pro růst škodlivých bakterií. Maso, ale i všeobecně potraviny, které byla rozmrazeny v mikrovlnné troubě, se musí před opětovným zmrazováním tepelně opracovat [55].

Elektromagnetické záření ve frekvenčním rozsahu od 300 MHz do 300 GHz je nazýváno jako mikrovlny. Schopnost masa přijímat teplo je závislé na jeho koeficientu dielektrické ztráty, který odráží limit potravinového materiálu (masa) pro přeměnu elektromagnetického pole na tepelnou energii. Běžně používané frekvence pro mikrovlnný ohřev jsou 915 až 2450 MHz. Při rozmrazování masa v domácnostech je v mikrovlnné troubě dosaženo až 2450 MHz s odpovídající vlnovou délkou 12,24 cm. Mikrovlny mohou poskytovat rychlé, efektivní a rovnoměrné zahřátí materiálu. Využití mikrovln zvyšuje vnitřní teplotu z orientačně $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ během 3-4 minut, a to v podstatě bez ztrát hmotnosti. Avšak tak rychlé zvýšení teploty u masa může způsobit škody [52,56].

Mikrovlny způsobují agitaci a tření mezi dipolárními molekulami vody. Pokud ohříváný materiál obsahuje vodu a je umístěn do elektromagnetického pole, dochází ke zvýšení teploty. Hlavním problémem při rozmrazování masa v mikrovlnné troubě je zvyšování teploty z $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, což je prostředí, kde se postupem času povrch masa může začít projevovat jako vařený. To je zapříčiněno změnou fází; intracelulární voda nyní v podobě ledových krystalů je přeměněna na vodu. Během této doby působí voda na povrchu masa jako odrazové sklo, na které neustále dopadají mikrovlny, čímž je zapříčiněno poškození povrchu masa. Mikrovlny jsou efektivní pro rychlé a rovnoměrné rozmrazování malých kousků masa. U velkých kusů masa vznikají potíže, protože rozmrazování není rovnoměrné a některé části se mohou vařit, zatímco jiné zůstávají zmrazené. Rychlost rozmrazování závisí na vlastnostech vzorku, rozměrech a frekvenci elektromagnetického záření [52,56].

4.5.5 Vakuové rozmrazování

Vakuové rozmrazování je rychlejší než rozmrazování ve vodě, a i z hlediska mikrobiální kontaminace je více bezpečné. Výhodou vakuového rozmrazování jsou zanedbatelné hmotnostní ztráty. Nicméně tento způsob rozmrazování je vhodnější pro malé kusy masa. Při rozmrazování velkého kusu masa tímto způsobem je rychlost rozmrazování omezena vedením tepla v jádře masa a proces probíhá pomaleji [56].

Při rozmrazování ve vakuu je do komory, kde by zmrazený produkt umístěn, přiváděna pára. Pára snadno kondenzuje na povrchu masa a dochází k velmi rychlému přenosu tepla,

v důsledku odevzdání latentního tepla masa. Nízký tlak stlačuje bod kondenzace páry a zajišťuje, že teplota zůstane nízká [56].

4.6 Vliv rozmrazování na jednotlivé parametry

Nesčetně studií se zabývá sledováním inovativních technologií pro zmrazování a rozmrazování masa, z toho důvodu, aby byly minimalizovány strukturální poškození tkání ledovými krystaly. Denaturace bílkovin a strukturální změny jsou známé jako primární příčiny snížené schopnosti masa zadržet masovou šťávu a zhoršení struktury svaloviny. Avšak tato tvrzení jsou v poslední době negována [57].

4.6.1 Vliv zmrazování a rozmrazování na denuraci proteinů a texturu masa

Předpokládalo se, že k denuraci bílkovin dochází v důsledku zmrazování masa, a to kvůli zvýšené intracelulární iontové síle po migraci vody do extracelulárních prostor. Nicméně tento mechanismus byl vyvrácen několika vědeckými studii. Naopak bylo potvrzeno, že denaturace bílkovin výrazně nepřispívá ke ztrátě kvality masa a rovněž nebyly zjištěny žádné značné rozdíly v množství a složení nashromážděných bílkovin z masa chlazeného a masa, které bylo zamrazeno a následně rozmrazeno. Ke stanovení vzorců frakce proteinového exsudátu slouží metody jakožto sulfátová polyakrylamidová gelová elektroforéza, kapilární gelová elektroforéza a diferenciální skenovací kalorimetrie [30].

Po rozmrazení masa jsou nejvíce zasaženy myofibrilární proteiny, které jsou náchylné k denuraci. Z těchto proteinů jsou nejvíce popsány myosin a aktin. Myosin je v mase zastoupen ve velkém množství a je více náchylný k denuraci. Při mrazírenských teplotách dochází k polymerizaci aktinu, která vychází z vysoké iontové síly, což vede k tvorbě nerozpustného gelu a ke zvýšené schopnosti vázat lipidy. Po navázání lipidů na protein nastane děj, který vede ke vzniku nerozpustných lipoproteinových komplexů. Neutrální lipidy, oproti polárním lipidům tvoří silnější komplexy. Tento jev může souviset s větší stabilitou textury masa [57].

4.6.2 Vliv zmrazování a rozmrazování na pH

Maso, které bylo zamrazeno a následně rozmrazeno má tendenci mít nižší pH než před zmrazením. Jelikož je pH ukazatelem množství volných vodíkových iontů v roztoku je možné, že zmrazování s následnou produkcí exsudátu může způsobit denuraci proteinů, uvolnění vodíkových iontů a následný pokles pH. Uvolnění masové šťávy z tkáně může způsobit zvýšení koncentrace rozpustných látek, což má za následek pokles pH. Dalším

vysvětlením tohoto zjištění může být deaminace proteinů mikrobiálním nebo enzymatickým působením s následným uvolňováním atomů vodíku [30].

4.6.3 Vliv zmrazování a rozmrazování na oxidaci lipidů

Konečná teplota, na kterou je maso zmrazeno a nadále skladováno, určuje množství nezmrazené vody, která zůstává k dispozici pro další chemické reakce. Biochemické reakce mohou stále probíhat u masa, které bylo zmrazeno při teplotě $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, hraniční teplota, při níž je zastavena biochemická aktivita se pohybuje okolo $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Podíl nezmrazené vody je také důležitý z hlediska oxidace. Jak již bylo uvedeno výše, během mrazírenského skladování mohou probíhat takové chemické reakce, v jejichž důsledku může být zahájena primární oxidace (peroxidaci) masa. Tímto dějem může po rozmrazení masa dojít k radikálové sekundární oxidaci lipidů vedoucí k nepříznivým změnám barvy, chutě a vůně [30,58].

Sekundární produkty oxidace lipidů jsou měřeny za použití reaktivních látek, a to konkrétně kyselinou thiobarbiturovou (TBARS). V důsledku hromadění sekundárních produktů nejčastěji malondialdehydu, je oxidace doprovázena žluknutím a nepříjemným zápachem masa. Po zmrazení a rozmrazení masa svalová tkáň zrychleně akumuluje TBARS. Tento proces je připisován poškozeným buněčným membránám, které byly porušeny ledovými krystaly a následně dochází k uvolnění prooxidačních látek, zejména hemového železa. Oxidace lipidů probíhá častěji na buněčných membránách než na triglyceridových frakcích, z toho důvodu je pravděpodobné, že oxidace bude probíhat na mase libovém, tak i na více tukem prorosteném mase [30,58].

4.6.4 Vliv zmrazování a rozmrazování na oxidaci proteinů

Oxidaci proteinů lze spojit s kterýmkoli z prooxidačních faktorů, jako jsou volné radikály, hemové pigmenty a oxidoredukční enzymy. Malonaldehyd je jedním ze substrátů, které reagují s deriváty bílkovin za vzniku karbonylů (aldehydy a ketony). Oxidace proteinů a lipidů je proto nepochybně propojena. Oxidace bílkovin v mase může vést ke snížení kvality, v důsledku zhoršení chuťových a dalších sensorických vlastností. Tyto změny jsou částečně způsobeny tvorbou proteinových agregátů, prostřednictvím nekovalentních i kovalentních intermolekulárních vazeb reaktivního kyslíku, který napadá bílkoviny. Mezi další změny v oxidovaných proteinech je zahrnuta destrukce aminokyselin; rozvinutí proteinů; zvýšená povrchová hydrofobicita; fragmentace a zesíťování proteinů. To vše vede ke vzniku karbonylu [30].

Zmrazení a rozmrazení poškodí ultrastruktury svalových buněk a následkem dochází k uvolňováním mitochondriálních a lysozomálních enzymů, hemového železa a dalších prooxidantů. To má rovněž vliv na rychlost a rozsah oxidace bílkovin. Aminokyselinové zbytky, které se podílejí na oxidačních reakcích, jsou především zbytky lysinu, argininu a threoninu; jejichž oxidace vede k polymerizaci bílkovin a štěpení peptidů. Tyto AMK se nacházejí hlavně v myofibrilárních bílkovinách a je jimi tvořeno 55-65 % celkového svalového vlákna. Výše uvedené AMK jsou zodpovědné za většinu fyzikálně-chemických vlastností svalového vlákna [30].

Oxidace proteinů destabilizuje proteinovou matici, což mnohdy vede ke zvýšení houževnatosti, ztrátě schopnosti vázat vodu a ztrátě rozpustnosti bílkovin. U masa po oxidaci bílkovin kapacita zadržování vody klesá, protože oxidace myofibrilárních proteinů vede k agregaci a koagulaci myosinu a aktinu; v důsledku nastává smrštění mezibuněčných prostorů. V důsledku smrštění mezibuněčného prostředí je zvětšen extracelulární prostor, čímž se zmenšuje kapilární síla, která drží vodu v mezibuněčném prostoru, a proto se voda vylučuje z masa jako exsudát [30].

4.6.5 Vliv zmrazování a rozmrazování na barvu masa

Sledovanou látkou v souvislosti s barvou masa po rozmrazení je nejčastěji myoglobin. Při zmrazování dochází k částečné denaturaci globinové části myoglobinu, což vede ke zvýšené náchylnosti myoglobinu k autooxidaci a ztrátě optimální barvy masa [30].

Enzymatický systém, díky němuž lze převést metmyoglobin zpět na myoglobin je nazýváám jako systém snižující aktivitu metmyoglobinu (MRA). Do skupiny takových enzymů patří např. β -hydroxyacyl CoA-dehydrogenáza. V chlazené svalovině je enzym poměrně dost aktivní a vytvořený metmyoglobin je možné rychle redukovat na deoxymyoglobin. Po kontaktu masa s kyslíkem se mění deoxymyoglobin zpět na oxymyoglobin, čím je zachována charakteristická barva masa. Nicméně, jak maso zraje nebo je zmrazováno, MRA poklesne a metmyoglobin se začíná výrazně hromadit na povrchu masa, výsledkem je výrazná rumělková barva [30].

Je známo, že β -hydroxyacyl CoA-dehydrogenáza je uvolňována z mitochondriální cytoplazmy během zmrazování i rozmrazování, tento enzym využívá NADH a následkem vzájemného působení je rychlejší snížení MRA. Kofaktory (např. NADH) a/nebo MRA, mohou být při rozmrazování nebo v důsledku oxidace inaktivovány a tím je možná zrychlená oxidace a ztráta barvy [30].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo nalézt vhodný ochranný povlak z kolagenu, který by ochránil svalovinu před účinkem mrazu, a díky kterému by nedocházelo k významným hmotnostním ztrátám po rozmrazení masa. S aplikací kolagenního povlaku na povrchu masa úzce souvisí zvolení správného postupu zmrazování a rozmrazování. Správným postupem je nejčastěji chápáno-rychlé zmrazování a pomalé rozmrazování masa.

Experiment byl proveden na hovězím roštěnci, na jehož povrch byly aplikovány povlaky o různých koncentracích kolagenu a látek potřebných pro stabilizaci směsi. Maso bylo zmrazováno při dvou teplotách; pomalým zmrazování v $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rychlým v $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rozmrazování bylo realizováno pozvolna v lednici a rychle v mikrovlnné troubě. Získané hodnoty hmotnostních ztrát, ale i dalších parametrů byly porovnány se zahraničními studii.

U vzorků byly pozorovány parametry jakožto pH, barva a textura, což jsou nejčastěji ovlivněné vlastnosti masa po rozmrazení. Celá experimentální část byla doplněna fotografiemi, tabulkami a grafy.

6 PROVEDENÍ EXPERIMETU

V metodice práce jsou zmíněny suroviny a zařízení, které byly potřebné k provedení experimentu zmrazování a rozmrazování masa v ochranném kolagenním povlaku. Dále jsou popsány principy a postupy jednotlivých operací.

6.1 Suroviny, přísady a laboratorní pomůcky

6.1.1 Suroviny

- Nízký roštěnec (Steinhauser, s.r.o)
- Kolagen z kuřecích běháků (Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně)

6.1.2 Přístroje a pomůcky

- Váhy Kern 440-49 N (Kern & Sohn GmbH)
- Vakuovací zařízení (Henkelman vakuum systems)
- Texturometr TA-XT Plus (Stable Micro Systems)
- Spektrofotometr Ultrascan PRO (HunterLab)
- Konvektomat Racional SCC WE 61
- pH metr Hanna HI 99161
- Lednice (Liebherr)
- Mrazicí zařízení (Arctiko)
- Mikrovlnná trouba (Whirlpool)
- Sáčky určené k vakuovému balení
- Další laboratorní a kuchyňské vybavení

6.1.3 Chemické látky

- Glycerol
- Etanol
- Etanolvý roztok butylhydroxytoluenu

- Kyselina thiobarbiturová
- Glutaraldehyd
- Deionizovaná voda

6.2 Příprava vzorků

Pro experiment bylo využito hovězí maso, konkrétně se jednalo o nízké roštěnce, které byly zakoupeny od firmy Steinhauser, s.r.o. Tišnov. Nízké roštěnce byly z mladých býků českého chovu, jejichž stáří v době porážky bylo okolo 19 měsíců.



Obrázek 10: Nízký roštěnec

Nízké roštěnce byly nakrájeny na steaky, přibližně o velikosti 2,5 cm, což odpovídá hmotnosti jednoho plátku okolo 200 g. Pro celý experiment bylo použito 60 plátků masa.



Obrázek 11: Nakrájený nízký roštěnec

6.3 Průběh experimentu

Po naplátkování roštěnců bylo změřeno pH chlazeného masa pomocí vpichového pH metru a rovněž byly naměřeny hodnoty barvy a textura masa. Následovala příprava směsi kolagenu. Směs byla připravena za stálého zahřívání a míchání. První směs obsahovala

kolagen, glycerol a vodu, nicméně nebyla prokázána účinnost tohoto složení pro využití v experimentu. Uvedený poznatek vedl k vytvoření druhé směsi, jež obsahovala kolagen, glycerol, vodu a glutaraldehyd, kterým byla směs více stabilizována.



Obrázek 12: Připravená směs kolagenu

Plátky masa byly ponořeny do připraveného roztoku a zavěšeny na stojan, kde bylo nezbytné, aby kolagenní povlak na povrchu masa zaschnul. Z toho důvodu bylo maso uloženo do chladicího boxu po dobu 10-15 min.



Obrázek 13: Vzorky v chladícím boxu

Takto připravené vzorky masa byly zváženy a zabaleny pomocí vakuovacího zařízení. Vzorky však nebyly baleny za úplného vakua (-1,0 bar), ale pouze za částečného odsátí vzduchu, tzn., že vakuovací proces byl zastaven již při hodnotě -0,6 bar. Celý zmíněný

proces byl prováděn se značnou opatrností, jelikož hrozilo riziko porušení kolagenního povlaku.



Obrázek 14: Vážení vzorků



Obrázek 15: Vakuové balení vzorků

Zabalené vzorky byly zmrazovány při dvou zmrazovacích teplotách; část vzorků byla zmrazována při -18 ± 2 °C a druhá při -80 ± 2 °C. Maso bylo v mrazícím zařízení ponecháno po dobu 2 týdnů.

Po uplynutí výše zmíněné doby bylo maso rozmrazováno. Část vzorků byla rozmrazována v lednici při teplotě 4 ± 2 °C a další vzorky byly rozmrazovány v mikrovlnné troubě, kde proces rozmrazování trval 15-20 min. Část vzorků byla tepelně opracována v konvektometru, kdy při dosažení 70 °C v jádře působila tato teplota po dobu 10 min v jádře masa. Důvodem tepelného opracování bylo porovnání hmotnostních ztrát a ověření ochranných účinků povlaků.

Rozmrazené vzorky masa byly dále využity na měření parametrů, které mohly být ovlivněny nízkou zmrazovací teplotou. Stěžejními změnami, které byly pozorovány u rozmrazeného masa byly hmotnostní ztráty, které jsou často nejvíce ovlivněny zmrazovacími a následnými rozmrazovacími teplotami. Po vyhodnocení úbytku hmotnosti bylo zjištěno, že první směs kolagenu (kolagen, glycerol, voda) neměla předpokládané účinky a ochranný kolagenní povlak přispěl k úbytku hmotnosti masa. Toto zjištění bylo klíčové pro využití druhé směsi (kolagen, glycerol, voda, glutaraldehyd), která byla díky přítomnému glutaraldehydu stabilnější.

U každého vzorku bylo změřeno pH, hmotnostní ztráty, barva a tvrdost masa. Metody stanovení sušiny a oxidace lipidů byly provedeny pouze u vzorků, na nichž byl aplikován ochranný povlak z první směsi (kolagen, glycerol, voda).

6.4 Metodika měřených parametrů

Hodnoty, které byly při provedení experimentu naměřeny, byly porovnány se zahraničními studii.

6.4.1 Měření pH

Hodnoty pH byly proměřeny pomocí digitálního vpichového pH metru Hanna HI 99161. Jako první bylo pH změřeno u masa chlazeného bez ochranného kolagenního povlaku. Po rozmrazení jednotlivých vzorků bylo pH proměřeno u jednotlivých vzorků. Každý jeden vzorek byl proměřen šestkrát na různých částech a v různé hloubce. Mezi každým měřením byl digitální pH metr Hanna HI 99161 důkladně opláchnut deionizovanou vodou. Veškeré změřené hodnoty byly uvedeny do Příloh a průměrné hodnoty včetně směrodatných odchylek byly zapsány do kapitoly Výsledky a diskuze.

6.4.2 Měření sušiny

Sušina byla stanovena gravimetrickou metodou pro maso chlazené bez kolagenního povlaku, tak i pro maso rozmrazené. Do hliníkových misek s mořským pískem, které byly zváženy, bylo naváženo přibližně 5 g homogenizovaného masa. Pomocí skleněných tyčinek a malého množství etanolu byl vzorek v misce důkladně promíchán. Takto připravené vzorky byly vloženy do sušárny a sušeny po dobu 5 hodin při 120 °C do konstantního úbytku hmotnosti. Kompletní odečtené hodnoty byly zaznamenány do Příloh a do kapitoly Výsledky a diskuze.

Rovnice č. 1: 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. 2: Procento vody

$$\text{Procento vody [%]} = 100 - \text{procento sušiny}$$

6.4.3 Měření hmotnostních ztrát

Chlazený roštěnec byl rozkrájen na přibližně stejně široké steaky, které byly jednotlivě zváženy s přesností na dvě desetinná místa. Po rozmrazení vzorků následovalo jejich převážení a hodnoty byly opět zapsány. Hmotnostní ztráty byly tudíž stanoveny z hmotností masa před zmrazováním a po rozmrazení. Naměřené hmotnostní ztráty byly uvedeny do Příloh a vyobrazeny společně s grafy v 7. kapitole.

Rovnice č. 3: Výpočet hmotnostních ztrát

Ztráta rozmrazováním [%]

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

6.4.4 Měření oxidační stability lipidů

Stanovení oxidační stability tuků se provádí určením thiobarbiturového čísla, které stanovuje obsah malondialdehydu, což je sekundární produkt oxidace lipidů v mase. Malondialdehyd je látka, která se schopna reagovat s kyselinou 2-thiobarbiturovou. Dochází k reakci i s dalšími látkami, jakožto např. s bilirubinem a při těchto reakcích vznikají barevné komplexy. Intenzita vytvořeného barevného komplexu, který je slabě růžový či žlutý, se měří spektrofotometricky [58].

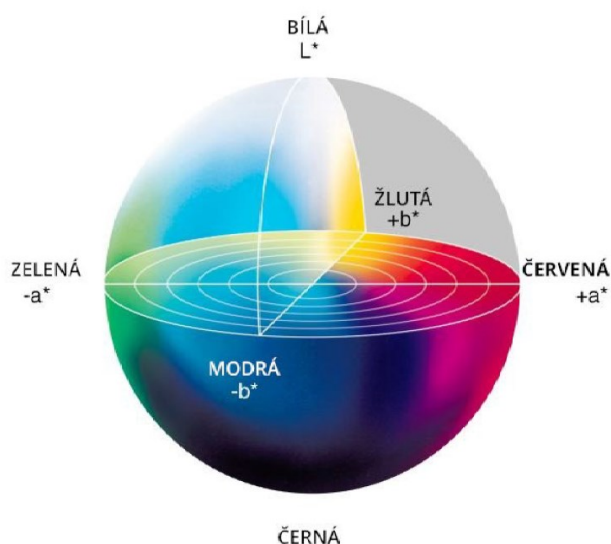
Intenzita zbarvení se měří při vlnové délce 450 nm a po odečtení z kalibrační křivky bylo určeno množství oxidačních produktů lipidů v jednotlivých vzorcích. Všechny naměřené hodnoty byly uvedeny do Příloh a kapitoly Výsledky a diskuze.

6.4.5 Měření texturních vlastností

Texturní vlastnosti byly měřeny Warner-Bratzlerovým nožem. Tato metoda je simulací prvního skousnutí potravin v ústech. Jde o měření stříhové síly, tedy síly, která je potřebná k přeříznutí vzorku. Nakrájené vzorky masa byly položeny na stolek Texturometru TA-XT Plus tak, aby byl nůž schopen vzorek krájet kolmo po směru vláken. Přístroj zaznamenává sílu, kterou je nutno vynaložit na rozdělení jednotlivých vzorků masa. Vyhodnocené data byly uvedeny do Příloh a 7. kapitoly [59].

6.4.6 Měření barvy

Barva chlazeného a rozmrazeného masa byla měřena v trojrozměrném prostoru CIE $L^*a^*b^*$. Souřadnice $L^*a^*b^*$ popisují barvu jako bod v trojrozměrném prostoru. L^* znázorňuje světlost barvy a nabývá hodnot 0 (černá barva) až 100 (bílá barva), a^* určuje barvu od zelené ($-a^*$) po červenou ($+a^*$), poslední měřený parametr b^* stanovuje rozsah barev od modré ($-b^*$) po žlutou (b^*). Parametry a^* a b^* jsou umístěny v horizontální rovině a L^* ve vertikální rovině [60].



Obrázek 16: Barevný prostor CIE $L^*a^*b^*$ [60]

Vzorky byly analyzovány na přístroji Ultrascan PRO HunterLab. Jednotlivé vzorky byly proměřeny šestkrát na různých místech. Veškeré naměřené hodnoty byly přiloženy do Příloh a okomentovány v následující kapitole.

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

Z důvodu využití dvou kolagenních směsí byl celý experiment rozdělen na dvě části. První část experimentu s sebou přinesla překvapivé výsledky, které potvrzovaly, že první využitá směs neměla vliv na ochranu masa proti hmotnostním ztrátám. V důsledku tohoto zjištění byla provedena druhá část experimentu se stabilnější směsí kolagenního povlaku.

7.1 První část experimentu

Kódování vzorků a vysvětlivky byly uvedeny v Příloze 1. Data jednotlivých měření byla porovnána s odbornou literaturou.

7.1.1 Hodnoty pH chlazeného masa

Tabulka 2: Hodnota pH chlazeného masa

Vzorek	Chlazené maso
Průměr pH	5,12
Směrodatná odchylka	0,05

Hodnoty pH byly porovnány se SALÁKOVÁ, A., BOŘILOVÁ, G. [61], které poukazují na fakt, že hodnota pH souvisí s vyzářností masa. Po porážce v období prae-rigor je pH v neutrální oblasti, což je rozmezí okolo 6,9-7,2. Postupným vyzářováním masa se hodnota pH snižuje. Pro vyzářené hovězí maso je ideální hodnota pH v rozsahu 5,4-5,8. Kompletní hodnoty měření byly uvedeny do Přílohy 2.

7.1.2 Hodnoty stříhové síly chlazeného masa

Tabulka 3: Hodnoty tvrdosti chlazeného masa

Vzorek	Chlazené maso
Průměr stříhové síly [N]	33,049
Směrodatná odchylka	7,769

Stříhová síla u chlazeného masa byla porovnána s hodnotami podle MICKELSON, A. M., et al., kteří stříhovou sílu u masa, které nebylo nikdy zmrazeno určili na hodnotu 42,45 N [62]. Průměr stříhové síly v experimentu byl stanoven na průměr 33,049 N, což značí, že maso bylo křehké. Několik odborných článků uvádí informaci, že podle velikosti stříhové síly, jde ověřit stáří zvířete, ze kterého maso pochází. Z naměřené stříhové síly je jasné, že maso bylo z mladého kusu hovězího dobytka.

7.1.3 Hodnoty barvy chlazeného masa

Tabulka 4: Hodnoty barvy chlazeného masa

	Chlazené maso
Průměr L*	39,36
Směrodatná odchylka	0,79
Průměr a*	12,88
Směrodatná odchylka	0,89
Průměr b*	7,09
Směrodatná odchylka	0,62

Měření L* (jas), a* (přechod mezi červenou a zelenou) a b* (přechod mezi žlutou a modrou) bylo provedeno na přístroji Ultrascan PRO. Vzorek byl změřen na šesti různých místech a z těchto hodnot byl vypočten průměr spolu se směrodatnou odchylkou, kompletní hodnoty byly uvedeny do Příloh 4-6.

Měřený jas L* nabývá hodnot v intervalu 0 (černá) do 100 (bílá). Hodnota L* u chlazeného hovězího masa je podle FAROUK, M. M., et al. optimální okolo 37,3. Hodnota jasu je násobně nižší oproti jasu kuřecího a vepřového masa. Jas u těchto světlejších druhů masa je v rozmezí od 40-55, což znamená, že kuřecí a vepřové maso je světlejší barvy oproti masu hovězímu nebo ze zvěřiny, jehož jas je 35-40 [63].

Hodnoty a* definují barevnou škálu zelené a červené barvy. Záporné hodnoty jsou charakteristické pro zelené zbarvení, a naopak kladné hodnoty určují barvu červenou. Hodnota a*, která byla naměřena spadá do červeného spektra. Studie FAROUK, M. M., et al. udává a* na hodnotu 21,3 [63]. Obecně je známo, že v závislosti skladování masa se mění forma myoglobinu a tato změna poté ovlivňuje barevné vlastnosti masa.

Kladná hodnota b* představuje barvu žlutou a záporná modrou. Chlazené hovězí maso podle výše uvedeného zdroje má b* v průměru 10,00-15,10 [63]. Naměřená hodnota v tomto experimentu u chlazeného masa byla 7,09, což vede k výsledku, že spektrum žluté barvy není nijak výrazné.

7.1.4 Hodnoty pH rozmrazeného masa

Tabulka 5: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 A	3 A	5 A	7 A	9 A
Průměr pH	4,70	4,65	4,97	5,09	5,08
Směrodatná odchylka	0,05	0,22	0,05	0,02	0,05

Tabulka 6: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

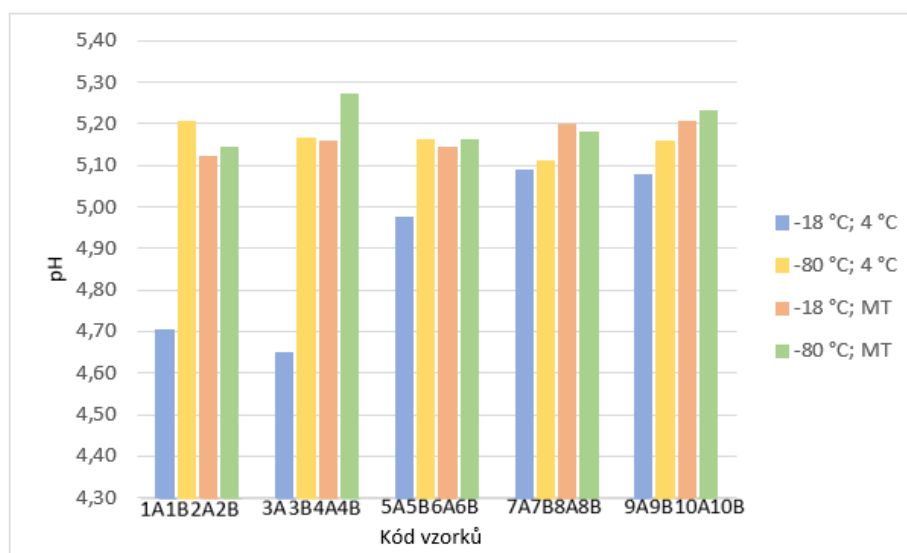
Vzorek	1 B	3 B	5 B	7 B	9 B
Průměr pH	5,20	5,16	5,16	5,11	5,16
Směrodatná odchylka	0,08	0,02	0,03	0,01	0,05

Tabulka 7: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 A	4 A	6 A	8 A	10 A
Průměr pH	5,12	5,16	5,14	5,20	5,20
Směrodatná odchylka	0,09	0,08	0,03	0,07	0,04

Tabulka 8: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 B	4 B	6 B	8 B	10 B
Průměr pH	5,14	5,27	5,16	5,18	5,23
Směrodatná odchylka	0,02	0,02	0,03	0,06	0,04



Graf 1: Porovnání hodnot pH rozmrazeného masa

U každého rozmrazeného vzorku bylo měřeno pH na šesti různých místech pomocí vpichového pH metru. Naměřené hodnoty byly rozděleny podle zmrazovacích teplot a

způsobů rozmrazování. Kompletní hodnoty byly uvedeny do Příloh 7-10 a byl vyobrazen Graf 1.

Při zmrazovací teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazování v lednici bylo nejnižší pH 4,65 u vzorku, na němž byl aplikován ochranný povlak o 3% koncentraci kolagenu a 20 % glycerolu. Naopak nejvyšší pH bylo 5,9 u vzorku s 5% koncentrací kolagenu a 10 % glycerolu. Podle RAHIMEH, J., et. al. je hodnota pH rozmrazeného masa 5,75 [64]. Naměřené hodnoty spadají do tohoto rozmezí. Dle Grafu 1 si lze povšimnout, že hodnoty pH masa zmrazovaného při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaného v lednici byly oproti dalším způsobům zmrazování a rozmrazování nejnižší.

Nejnižší hodnota pH u masa zmrazovaného při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaného v lednici byla 5,11. Jednalo se o vzorek 5% koncentrace kolagenu s 20 % glycerolu. Nejvyšší hodnota byla 5,20, kde byl ochranný povlak tvořen 3% koncentrací kolagenu spolu s 10 % glycerolu. Tyto hodnoty pH lze dle odborné literatury stále respektovat. Z Grafu 1 vyplývá, že pH masa zmrazovaného a rozmrazovaného touto metodou je vyšší oproti zmrazovací teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Hodnoty pH masa zmrazovaného při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaného v mikrovlnné troubě se poměrně liší od hodnot masa zmrazovaného při stejné teplotě a rozmrazovaného v lednici. Nejnižší pH bylo naměřeno u vzorku s 3% koncentrací kolagenu a 10 % glycerolu. Nejvyšší pH bylo u steaku s ochranným povlakem 5% koncentrace kolagenu a 20 % glycerolu. Stejně pH bylo naměřeno u vzorku, na kterém nebyl aplikován žádný kolagenní povlak.

U posledního způsobu zmrazování a rozmrazování bylo nejnižší pH vyhodnoceno u vzorku, na němž byl ochranný povlak o stejném složení, jako u vzorku zmrazovaném při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaném v mikrovlnné troubě. Konkrétní složení zmiňovaného kolagenního povlaku bylo 3% koncentrace kolagenu a 10 % glycerolu. Je tedy pravděpodobné, že tento povlak měl největší účinky na pH masa a jeho hodnoty snižoval. Naopak nejvyšší pH bylo u vzorku s 3% koncentrací kolagenu a 20 % glycerolu. Z Grafu 1 je patrné, že pH zmrazovaného a rozmrazovaného masa tímto způsobem je vyšší než u zmrazovaného masa při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaného stejným způsobem za využití mikrovlnné trouby.

Největší účinek na nízké pH, nejmenší hodnotou ze všech měření bylo 4,64, měl povlak s 3 % kolagenu a 10 % glycerolu. Nejvyšší hodnoty pH byly u vzorků s 5 % kolagenu a 20 % glycerolu.

7.1.5 Hodnoty sušiny rozmrazeného masa

Tabulka 9: Hodnoty sušiny vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 A	3 A	5 A	7 A	9 A
Průměrný obsah sušiny [%]	24,9845	25,0803	27,2126	25,1309	25,1309
Směrodatná odchylka	0,3120	0,1082	0,9591	0,0971	0,8445

Tabulka 10: Hodnoty sušiny vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

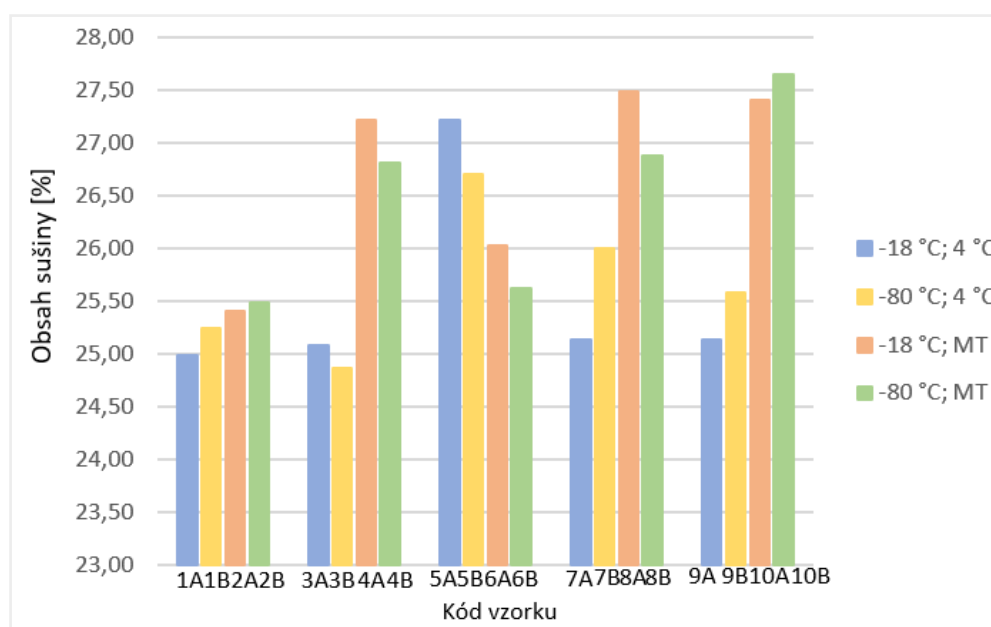
Vzorek	1 B	3 B	5 B	7 B	9 B
Průměrný obsah sušiny [%]	25,2376	24,8661	26,6953	25,9919	25,5790
Směrodatná odchylka	0,1942	1,3494	1,2769	0,7973	0,8039

Tabulka 11: Hodnoty sušiny vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 A	4 A	6 A	8 A	10 A
Průměrný obsah sušiny [%]	25,4087	27,2151	26,0189	27,4862	27,3988
Směrodatná odchylka	1,0241	0,2020	0,7993	0,8234	0,9315

Tabulka 12: Hodnoty sušiny vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 B	4 B	6 B	8 B	10 B
Průměrný obsah sušiny [%]	25,4820	26,8020	25,6259	26,8698	27,6483
Směrodatná odchylka	0,2395	0,9796	2,2315	0,0148	1,7118



Graf 2: Porovnání hodnot sušiny rozmrazeného masa

U všech vzorků prvního experimentu bylo provedeno stanovení sušiny gravimetrickou metodou. Pro každý jednotlivý vzorek byla sušina stanovena třikrát a ze získaných hodnot byl vypočten průměr. Naměřené hodnoty byly rozděleny podle zmrazovacích teplot a

způsobů rozmrazování. Všechny hodnoty byly uvedeny do Přílohy 11-14 a byl vyobrazen Graf 2. SALÁKOVÁ, A., BOŘILOVÁ G. ve své studii stanovily sušinu masa na 25-30 %, zbylých 70-75 % je voda [61].

U masa zmrazovaného při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaného v lednici byla sušina stanovena v rozmezí 25-30 %. Nejnižší hodnota byla u vzorku, na němž byl povlak o koncentraci kolagenu 3 % a 10 % glycerolu. Z Grafu 2 je zřetelné, že největší obsah sušiny byl u vzorku s 5 % kolagenu a 10 % glycerolu.

Maso s ochranným povlakem, který byl tvořen 3 % kolagenu a 20 % glycerolu měl nejnižší obsah sušiny ze skupiny vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a pomalu rozmrazovaných v lednici při $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. V této skupině vzorků dominovat s nejvyšším obsahem sušiny plátek masa, který byl obalen v povlaku z 5 % kolagenu a 10 % glycerolu.

Další skupina vzorků byla zmrazována při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale rozmrazována při vyšší teplotě, a to v mikrovlnné troubě. Z těchto vzorků měl nejnižší obsah sušiny steak s 3% kolagenním povlakem, který byl připraven smícháním s 10 % glycerolu. Nejvyšší zas s povlakem 5 % kolagenu a 20 % glycerolu.

Poslední sadou vzorků, u kterých byl gravimetrickou metodou stanoven obsah sušiny, bylo maso zmrazováno $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazováno v mikrovlnné troubě. Na nejnižší obsah sušiny měl opět vliv povlak, který byl směsí 3 % kolagenu a 10 % glycerolu. Tento povlak měl zřejmě největší vliv na obsah sušiny, jelikož u něj jediného ze všech kolagenních povlaků byl třikrát stanoven nejnižší obsah sušiny; i přes to, že vzorky byly zmrazovány a rozmrazovány pokaždé za odlišných podmínek. Nejvyšší obsah sušiny byl u vzorku, na němž nebyl žádný kolagenní povlak.

Mezi kolagenní povlaky, které měly největší vliv na obsah sušiny byl zařazen povlak o 3 % kolagenu a 10 % glycerolu, který obsah sušiny snižoval. Opakem byl povlak ze směsi 5 % kolagenu a 10 % glycerolu, u kterého byl obsah sušiny největší ve dvou příkladech.

Všechny stanovené hodnoty spadají do rozmezí obsahu sušiny, které je všeobecně u masa známo, proto nelze jednoznačně tvrdit, že by kolagenní povlaky měly výrazný vliv na sušinu a obsah vody v rozmrazeném mase.

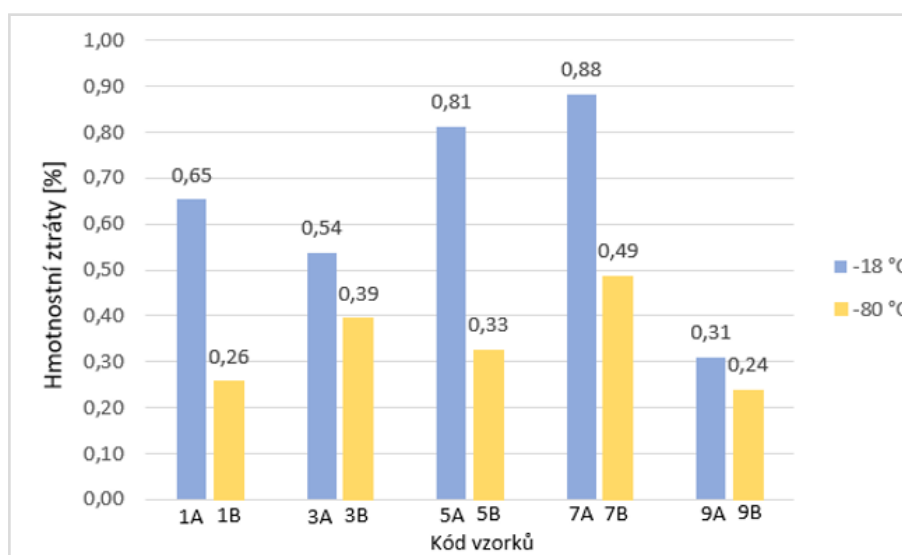
7.1.6 Hodnoty hmotnostních ztrát rozmrazeného masa

Tabulka 13: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 A	3 A	5 A	7 A	9 A
Průměr hmotnostních ztrát [%]	0,64				
Směrodatná odchylka	0,20				

Tabulka 14: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 B	3 B	5 B	7 B	9 B
Průměr hmotnostních ztrát [%]	0,34				
Směrodatná odchylka	0,10				



Graf 3: Porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa v lednici

Všechny vzorky byly před zmrazováním a po rozmrazení zváženy. Jejich hmotnosti byly zapsány a z nich následně vypočteny hmotnostní ztráty masa. Naměřené hodnoty byly pro lepší zobrazení dat rozřazeny dle zmrazovacích a rozmrazovacích teplot. Kompletní hodnoty byly uvedeny v Příloze 15-16 a hmotnostní ztráty byly srovnány s odbornými studiemi.

U masa, jenž bylo zmrazováno teplotou -18 °C a pozvolna rozmrazováno v lednici byly největší hmotnostní ztráty u vzorku s 5 % kolagenu a 20 % glycerolu. Nejmenší ztráty nastaly u tzv. slepého vzorku, na němž nebyl aplikován žádný ochranný povlak.

Při rychlém zmrazování a pomalém rozmrazování lze očekávat pouze nepatrné hmotnostní ztráty. V této části experimentu byl největší hmotnostní úbytek zaznamenán u vzorku, na kterémž byl kolagenní povlak, který rovněž způsobil největší hmotnostní úbytek i v

předchozím případě. Nejmenší ztráta hmotnosti nastala opět u vzorku, na kterém nebyl přítomen žádný ochranný povlak.

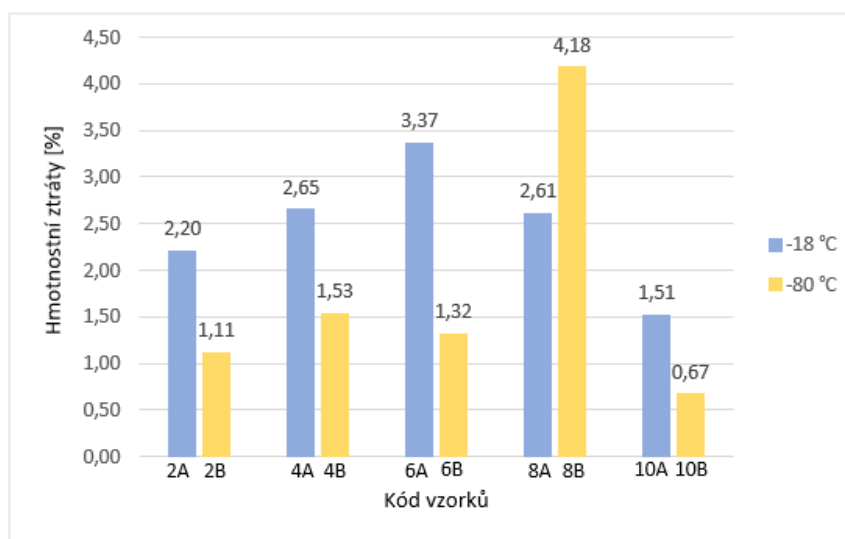
Pomocí Grafu 3 lze potvrdit teorie rychlého zmrazování a pomalého rozmrazování. Vzorky, které byly zmrazovány pomalu mají výrazně větší ztráty hmotnosti. Na rozdíl od vzorků, které byly zmrazovány rychle a byly u nich vytvořeny ledové krystaly o takové velikosti, že výrazně nepoškodily svalová vlákna; tudíž při pozvolném rozmrazování nedošlo k významnému úbytku hmotnosti.

Tabulka 15: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 A	4 A	6 A	8 A	10 A
Průměr hmotnostních ztrát [%]	2,47				
Směrodatná odchylka	0,68				

Tabulka 16: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 B	4 B	6 B	8 B	10 B
Průměr hmotnostních ztrát [%]	1,76				
Směrodatná odchylka	1,38				

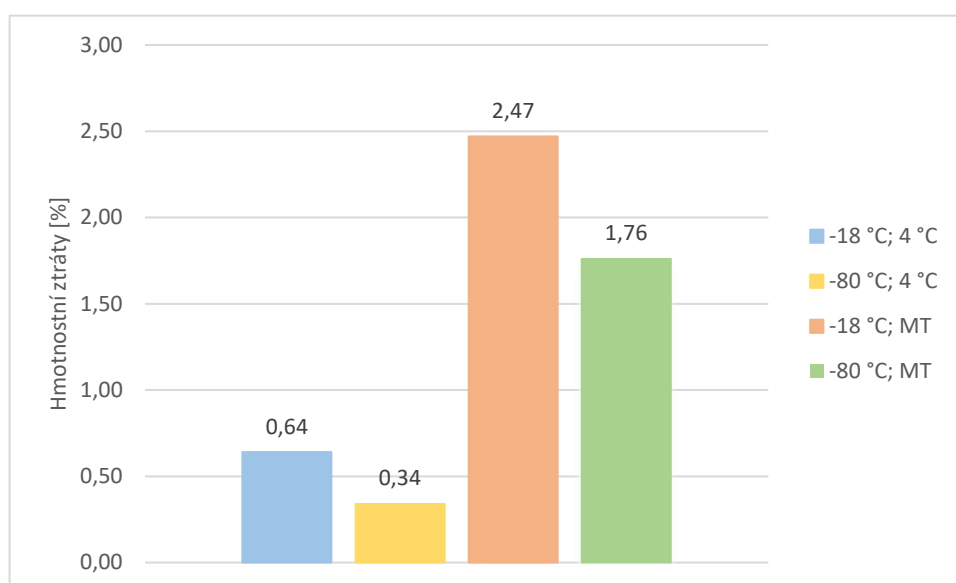


Graf 4: Porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa v MT

U pomalu zmrazovaných vzorků byly největší hmotnostní ztráty pravděpodobně zapříčiněny 5% kolagenním povlakem s 10 % glycerolu. Nejmenší hmotnostní úbytek byl opět u vzorku bez jakéhokoliv ochranného povlaku.

Při rychlém zmrazování nedošlo k tak velkým ztrátám, jakožto při pomalém zmrazování. Největší úbytek byl naměřen u vzorku s 5 % kolagenu a 20 % glycerolu na obsah sušiny kolagenu. Nepatrná hmotnostní ztráta nastala u vzorku bez povlaku.

Z Grafu 3 je patrné, že pomalé zmrazování vede k větším hmotnostním úbytkům. Důvodem je tvorba velkých ledových krystalů, které naruší strukturu masového vlákna. V případě, že je maso rozmrazováno rychle a ledové krystaly nemají časový prostor pozvolna roztát, jsou masové vlákna poškozená natolik, že spolu s masovou šťávou dochází k vyplavení i dalších nutričně významných látek.



Graf 5: Celkové porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa

V této části experimentu byl pozorován účinek kolagenních povlaků, který nebyl zcela žádoucí, a to z toho důvodu, že u vzorků bez kolagenního povlaku docházelo k menším úbytkům hmotnosti oproti steakům, na kterých byl kolagenní povlak. U vzorků, na kterých byl aplikován ochranný povlak došlo k výrazně vyšším hmotnostním ztrátám. K největším úbytkům hmotnosti došlo nejčastěji u steaků, na nichž byl 5% povlak kolagenu s 20 % glycerolu. Nejmenší hmotnostní ztráty byly u vzorků bez ochranného kolagenního povlaku. Lze tedy předpokládat, že kolagen měl vliv na propustnost masové šťávy a její úbytek ještě podpořil. U žádného z použitých kolagenních povlaků, v této části experimentu, nebyly prokázány ochranné vlastnosti, které měly zabránit úbytkům hmotnosti masa po rozmrazení.

Z Grafu 5 je možné porovnat průměrné hodnoty hmotnostních ztrát po rychlém i pomalém zmrazování a rozmrazování. Bylo potvrzeno, že nejmenší hmotnostní ztráty nastanou v případě, kdy je maso rychle zmrazeno, v tomto případě -80 °C a pomalu rozmrazeno

v lednici při 4 ± 2 °C. -80 °C je teplota, při které dochází k vytvoření velmi malých ledových krystalů, které díky svým rozměrům nedokáží masové vlákno významně porušit a následným pomalým rozmrazováním nedochází k přebytku vyplavení masové šťávy; nedochází k tak velkým hmotnostním ztrátám. RAHMAN, H., et al. tvrdí, že zmrazovací teplota nemusí být až tak vysoká [51]. K účelům správného neboli rychlého zmrazování postačí i teplota -36 °C.

Kontrastem hodnot rychlého zmrazování a pomalého rozmrazování jsou hmotnostní ztráty, které nastaly u pomalého zmrazování a rychlého rozmrazování v mikrovlnné troubě. U pomalého zmrazování byly vytvořeny ledové krystaly o větších rozměrech. Je-li maso rychle rozmrazováno, dochází v takovém případě k rychlému tání velkých ledových krystalů, které poruší strukturu masového vlákna a dochází k velkému úbytku hmotnosti masa. Celkově lze říci, že hmotnostní ztráty při jakémkoli rychlém rozmrazování, budou vždy větší oproti pozvolnému rozmrazování.

Maso rozmrazované v lednici by mělo mít podle RAHMAN, H., et al. maximální hmotnostní ztráty do 3,49 % [51] a OLIVEIRA, M. R., et al. udávají za přijatelné 3,30 % hmotnostního úbytku masa [65]. Hodnoty tohoto experimentu byly stále nižší nežli v těchto člancích. Důvodem může být vyšší zmrazovací teplota. OLIVEIRA, M. R., et al. také udávají hraniční hodnotu masa rozmrazovaného pomocí mikrovlnné trouby. Jejich stanovená hodnota dosahuje až 7,29 % [65].

7.1.7 Hodnoty oxidace lipidů rozmraženého masa

Tabulka 17: Hodnoty oxidace lipidů vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 A	3 A	5 A	7 A	9 A
Průměrná absorbance	0,250	0,194	0,279	0,204	0,282
Množství oxidačních produktů [mg]	22,35	23,48	27,53	24,52	27,62

Tabulka 18: Hodnoty oxidace lipidů vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

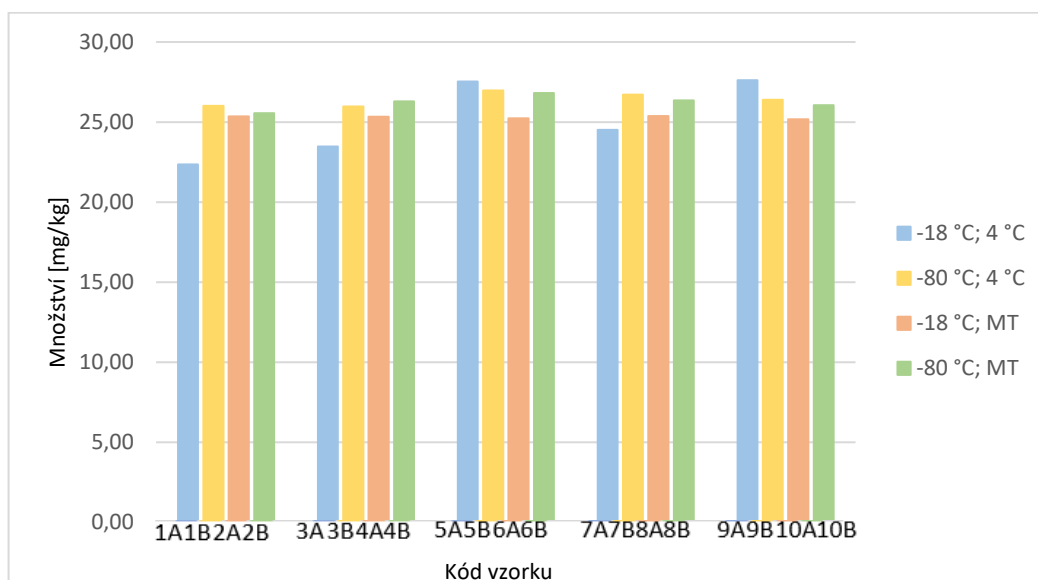
Vzorek	1 B	3 B	5 B	7 B	9 B
Průměrná absorbance	0,221	0,223	0,270	0,304	0,277
Množství oxidačních produktů [mg]	26,01	25,98	26,97	26,71	26,40

Tabulka 19: Hodnoty oxidace lipidů vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 A	4 A	6 A	8 A	10 A
Průměrná absorbance	0,245	0,173	0,189	0,187	0,241
Množství oxidačních produktů [mg]	25,35	25,33	25,23	25,37	25,17

Tabulka 20: Hodnoty oxidace lipidů vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 B	4 B	6 B	8 B	10 B
Průměrná absorbance	0,181	0,162	0,223	0,238	0,300
Množství oxidačních produktů [mg]	25,55	26,30	26,82	26,35	26,06



Graf 6: Porovnání hodnot oxidace lipidů rozmraženého masa

Vzorky byly po rozmrazení homogenizovány a použity na měření oxidačních produktů lipidů v masě. Hodnoty byly měřeny při 450 nm. Naměřené hodnoty byly rozděleny podle zmrazovacích teplot a způsobů rozmrazování. Všechny hodnoty byly uvedeny do Přílohy 19-22 a byl vystaven Graf 6.

V prvním případě zmrazování a rozmrazování bylo nejmenší množství malodialdehydu po 2 týdnech u vzorku s 3 % kolagenu a 10 % glycerolu. Největší množství sekundárního produktu lipidů bylo u vzorku bez povlaku.

Ve druhém způsobu, kde se metoda lišila pouze zmrazovací teplotou, bylo nejnižší množství pozorováno v případě vzorku, na kterém byl ochranný povlak o složení 3 % kolagenu a 20

% glycerolu na obsah sušiny množství kolagenu. Nejvyšší množství malodialdehydu bylo u 5% kolagenního obalu s 20 % glycerolu.

Vzorek bez jakéhokoli povlaku u pomalého zmrzování a rychlého rozmrazování měl nejnižší množství oxidačních látek lipidů. Protějškem byl vzorek s 5% kolagen a 20 % glycerolu, jenž obsahoval nevyšší množství sekundárního produktu.

U posledního způsob zmrzování a rozmrazování bylo nejnižší množství této látky zaznamenáno u steaku masa s 3 % kolagenu a 10 % glycerolu. Dominantní hodnota byla naměřena u vzorku s kódem 6 B, tzn. 5 % kolagenu a 10 % glycerolu.

SANGYOON, L., et al. tvrdí, že oxidace lipidů je složitý proces, který závisí na mnoha faktorech, z nichž jsou stěžejní teplota a čas [66]. Během procesu rozmrazování je podporována sekundární oxidace lipidů v důsledku kolísání teplot okolí. Zkrácená doba rozmrazování odpovídá nižšímu množství exsudátu, což naznačuje, že nedošlo k velkému poškození svalových vláken. Tato studie tvrdí, že vyšší rychlost rozmrazování vede k nižšímu obsahu malodialdehydu [66]. Tato teorie nebyla potvrzena.

Množství malodialdehydu bylo porovnáno s KIM, Y. H. B., et al. [25]. Získané hodnoty malodialdehydu byly natolik nevýznamné pro pozorování oxidačních změn, že tato metoda nebyla v experimentu dále prováděna. Důvodem byla nízká skladovací doba vzorků v mrazícím zařízení.

Dle Grafu 6 je patrné, že ochranné kolagenní povlaky neměly vliv na sekundární oxidaci. Hodnoty jsou téměř totožné a nedošlo k žádným velkým rozdílům přítomnosti malodialdehydu.

7.1.8 Hodnoty stříhové síly rozmrazeného masa

Tabulka 21: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrzovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 A	3 A	5 A	7 A	9 A
Průměrná stříhové síly [N]	32,895	31,710	46,573	35,929	15,137
Směrodatná odchylka	6,493	4,712	2,437	9,264	4,820

Tabulka 22: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

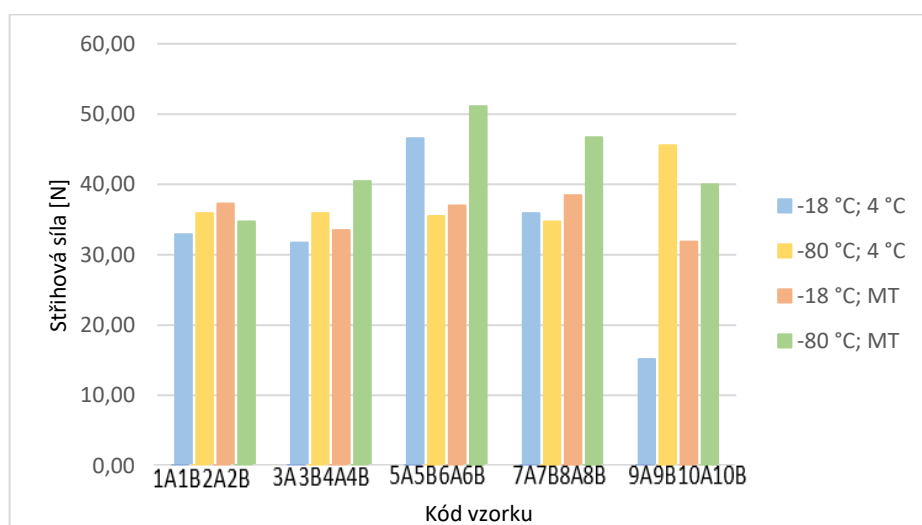
Vzorek	1 B	3 B	5 B	7 B	9 B
Průměrná stříhové síly [N]	35,908	35,907	35,529	34,741	45,586
Směrodatná odchylka	10,383	8,242	11,478	9,043	16,421

Tabulka 23: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 A	4 A	6 A	8 A	10 A
Průměrná stříhové síly [N]	37,283	33,484	36,993	38,477	31,870
Směrodatná odchylka	12,517	7,701	20,880	7,156	12,677

Tabulka 24: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 B	4 B	6 B	8 B	10 B
Průměrná stříhové síly [N]	34,748	40,457	51,123	46,725	40,034
Směrodatná odchylka	23,232	20,682	13,202	15,346	10,404



Graf 7: Porovnání hodnot stříhové síly rozmrazeného masa

Rovněž jako u chlazeného masa, tak i u rozmrazeného byly měřeny texturní vlastnosti, konkrétně tvrdost masa. K měření tvrdosti masa byl využit Texturometr TA-XT Plus. K získání výsledků o tvrdosti masa byl využit Warner-Bratzlerův nůž. Naměřené hodnoty byly rozděleny podle zmrazovacích a následných rozmrazovacích teplot. Kompletní hodnoty byly uvedeny do Příloh 23-26. Pro porovnání naměřených hodnot tvrdosti masa byl vyobrazen Graf 7.

U vzorků zmrazovaných v teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v lednici byla nejmenší tvrdost naměřena u plátku masa bez kolagenního povlaku. Naopak největší tvrdost byla opět naměřena u steaku s ochranným povlakem. Povlak, který pravděpodobně zapříčinil zvýšenou tvrdost tohoto vzorku, obsahoval 5% kolagen a na sušinu kolagenu bylo přidáno 10 % glycerolu.

Pravý opak byl naměřen u vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a taktéž rozmrazovaných v lednici. Nejmenší tvrdost byla stanovena u 5% kolagenního povlaku s 20 % glycerolu. Nejvyšší hodnota, která přesahovala 45 N byla naměřena u vzorku bez přítomnosti kolagenu.

Maso zmrazované při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, které bylo rozmrazováno v mikrovlnné troubě jevílo přibližně stejné hodnoty tvrdosti. Tyto hodnoty se výrazně nelišily. Nejnížší hodnota byla opět, jako v prvním případě u vzorku slepého, to znamená u steaku, na něhož nebyl aplikován kolagenní povlak. Nejvyšší tvrdost byla projevena vzorkem kódovaným jakož to 8 A, který na svém povrchu ochranný kolagenní povlak měl. Ve složení tohoto povlaku bylo 5 % kolagenu a 20 % glycerolu.

Větší rozdíly v tvrdosti masa nastaly u poslední skupiny vzorků, které se lišily oproti předešlým vzorkům teplotou zmrazování. Nejnížší hodnota tvrdosti byla naměřena u masa společně s 3% kolagenním povlakem, v němž bylo menší množství glycerolu, a to 10 %. Hodnota, která přesahovala 51 N byla hodnotou nejvyšší nejen v tomto způsobu zmrazování a rozmrazování, ale byla nejvyšší ze všech měření.

MONCUNILL, R. C., et al. udávají, že hodnota tvrdosti masa měřené pomocí Warner-Bratzler nožem je optimální v rozmezí 40-45 N [67]. Menší hodnoty jsou typické pro maso jemné, křehké a správně vyztřálé maso. V experimentu se hodnoty tvrdosti získané měřením pomocí Warner-Bratzler nože pohybovaly v rozmezí od 30-50 N.

Z Grafu 7 je patrné, že výrazně vyšší i nižší tvrdost nastala pouze v jednom případě. Hodnoty mohly být ovlivněny charakterem masa, což znamená, že maso mohlo být v určitých částích více šlachovité a z toho důvodu mohl být měřený vzorek více tvrdý nežli vzorky ostatní. Ze získaných měření nelze jednoznačně tvrdit, že kolagenní povlaky měly vliv na tvrdost masa.

7.1.9 Hodnoty barvy rozmrazeného masa

Tabulka 25: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 A	3 A	5 A	7 A	9 A
Průměr jasu L*	25,97	21,16	23,13	26,99	23,91
Směrodatná odchylka	0,63	0,50	2,25	2,18	1,05

Tabulka 26: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

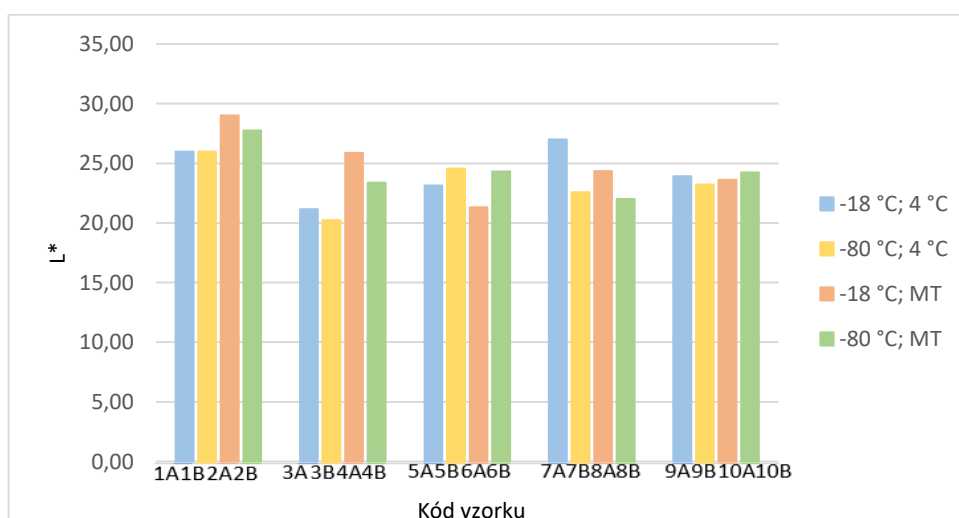
Vzorek	1 B	3 B	5 B	7 B	9 B
Průměr jasu L*	25,97	20,25	24,57	22,56	23,21
Směrodatná odchylka	0,84	1,03	0,90	0,83	1,14

Tabulka 27: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 A	4 A	6 A	8 A	10 A
Průměr jasu L*	29,02	25,87	21,31	24,35	23,61
Směrodatná odchylka	0,87	1,18	0,69	1,85	2,12

Tabulka 28: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 B	4 B	6 B	8 B	10 B
Průměr jasu L*	27,75	23,39	24,31	22,00	24,24
Směrodatná odchylka	1,67	1,23	1,40	2,41	0,78



Graf 8: Porovnání hodnot L* rozmrazeného masa

Jas (L^*) byl naměřen na přístroji Ultrascan PRO. Hodnoty L^* byly rozděleny do Tabulek 25-28, a to podle způsobu zmrazování a rozmrazování. Pro lepší přehled hodnot L^* byl sestaven Graf 8.

Vzorek s průměrným jasem 21,16, byl vzorkem s nejnižší hodnotou jasu mezi masem zmrazovaným při $-18\text{ }^\circ\text{C}$ a rozmrazovaným v lednici. Tento steak byl pokryt ochranným kolagenním povlakem z 3 % kolagenu společně s 20 % glycerolu. Největší jas této skupiny byl naměřen u vzorku s 3% kolagenním povlakem, avšak povlak nebyl stejného složení, jako v případě hodnoty nejnižší. Rozdíl nastal u množství použitého glycerolu, a to z 20 % na 10 %.

Hodnoty jasu L^* u masa zmrazovaného při $-80\text{ }^\circ\text{C}$ se výrazně nelišily od předešlého způsobu zmrazování. Jas se stále pohyboval v rozmezí 20-26. Nejnižší hodnota byla opět naměřena u vzorku s 3 % kolagenu a 20 % glycerolu na hmotnost kolagenu. Na nejvyšší hodnotu měl opět vliv kolagenní povlak z 3 % kolagenu a 10 % glycerolu.

Další sada vzorků taktéž neznačila výrazné výkyvy mezi hodnotami L^* . Nejnižší hodnota byla naměřena u steaku, který byl před zmrazením namočen do 5% kolagenního povlaku s 10 % glycerolu. Nejvyšší hodnota jasu byla stanovena u stejného vzorku, jako v předešlých dvou případech; jednalo se o hodnotu, která byla nejvyšší ze všech provedených měření.

Ve skupině vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^\circ\text{C}$ a rozmrazovaných v mikrovlnné troubě, nejnižší hodnota nastala v případě vzorku s 5 % kolagenu a 20 % glycerolu. Nejvyšší hodnota L^* nastala ve stejném případě.

Podle AROEIRA, C. N., et al. by měl jas rozmrazeného masa odpovídat hodnotě $45,15 \pm 2,49$ [68]. Je možné, že L^* byl ovlivněn přítomností kolagenních povlaků, které jeho hodnoty výrazně snížili a z toho důvodu mělo maso nižší jas, než udávají odborné studie. Velký vliv na L^* ve všech případech měření měl jednoznačně povlak složený z 3% kolagenního povlaku, který byl namíchán společně s 10 % glycerolu.

Tabulka 29: Hodnoty a^* vzorků zmrazovaných při $-18\text{ }^\circ\text{C}$ a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 A	3 A	5 A	7 A	9 A
Průměr jasu a^*	17,20	20,99	18,31	16,41	20,35
Směrodatná odchylka	1,72	1,02	2,67	2,06	1,86

Tabulka 30: Hodnoty a^* vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v lednici

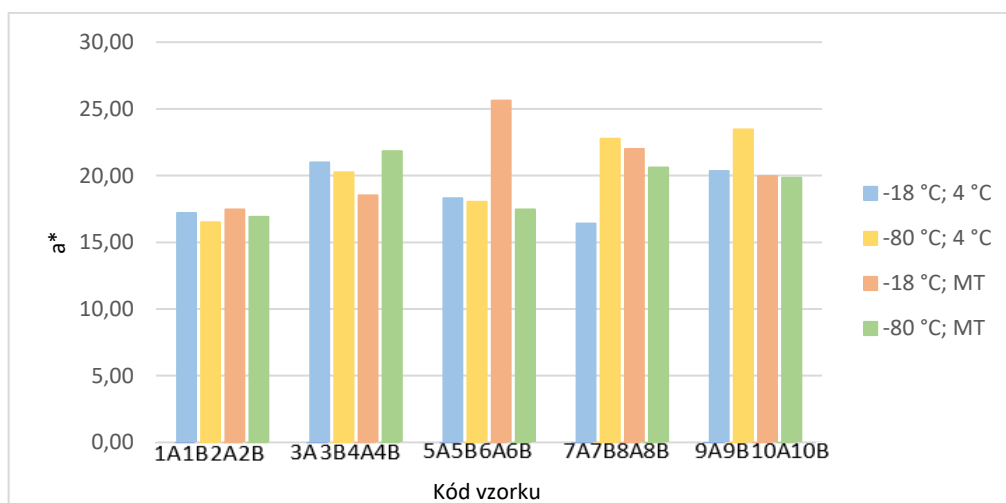
Vzorek	1 B	3 B	5 B	7 B	9 B
Průměr jasu a^*	16,51	20,25	18,03	22,76	23,45
Směrodatná odchylka	1,56	1,24	1,57	1,73	1,19

Tabulka 31: Hodnoty a^* vzorků zmrazovaných při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 A	4 A	6 A	8 A	10 A
Průměr jasu a^*	17,47	18,52	25,63	22,00	19,95
Směrodatná odchylka	0,48	1,21	1,45	4,36	1,79

Tabulka 32: Hodnoty a^* vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 B	4 B	6 B	8 B	10 B
Průměr jasu a^*	16,91	21,84	17,45	20,61	19,83
Směrodatná odchylka	1,58	2,48	2,88	3,24	1,47

Graf 9: Porovnání hodnot a^* rozmrazeného masa

Zbarvení do červena a^* bylo měřeno na přístroji Ultrascan PRO. Hodnoty a^* byly rozděleny do Tabulek 29-32, podle způsobu zmrazování a rozmrazování. Pro lepší zobrazení hodnot a^* byl sestaven Graf 9.

Nejmenší hodnota a^* u vzorku zmrazovaného při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaného v lednici byla u steaku s 5% koncentrací kolagenu a 20% glycerolu. Nejvýraznější zbarvení do červena bylo naměřeno u vzorku masa s 3% koncentrací kolagenu a 10 % glycerolu.

U vzorků, které byly zmrazovány při teplotě $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovány při $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, byla nejnižší hodnota a^* pozorována u vzorku, na jehož povrch byl před zmrazením aplikován povlak o složení 3 % kolagenu a 10 % glycerolu. Největší a^* bylo naměřeno u vzorku bez přítomnosti ochranného povlaku.

Ve třetí sadě vzorků byla nejnižší hodnota a^* pozorována u vzorku, který rovněž obsahoval ochranný povlak, a to konkrétně 3 % kolagenu a 10 % glycerolu. Nejvýraznější zbarvení dočervena v tomto případě pravděpodobně zapříčinil povlak, který byl připraven smícháním 5 % kolagenu, na jehož množství sušiny bylo do směsi přidáno 10 % glycerolu.

Mezi posledními vzorky, u kterých byla v této části experimentu sledována intenzita červeného zbarvení, patřilo maso, které bylo zmrazováno při nízké teplotě $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovací proces byl proveden v mikrovlnné troubě. Zde bylo nejméně výrazné zbarvení dočervena zaznamenáno u vzorku s 3% kolagenním povlakem a 10 % glycerolu. Nejvýraznější červené zbarvení bylo u masa s 3 % kolagenu a 20 % glycerolu.

Odborný článek od AROEIRA, C. N., et al. stanovili průměrnou hodnotu a^* rozmrazeného masa v intervalu 15-21 [68]. V tomto experimentu byla hodnota a^* v několika případech vyšší. Toto zjištění mohlo být zapříčiněno použitím ochranného kolagenního povlaku. Bylo prokázáno, že kolagenní povlak o 3% koncentraci společně s 10 % glycerolu snižoval hodnoty a^* .

Tabulka 33: Hodnoty b^* vzorků zmrazovaných při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 A	3 A	5 A	7 A	9 A
Průměr jasu b^*	18,61	18,81	18,19	20,83	20,72
Směrodatná odchylka	1,10	1,41	0,45	2,16	0,99

Tabulka 34: Hodnoty b^* vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v lednici

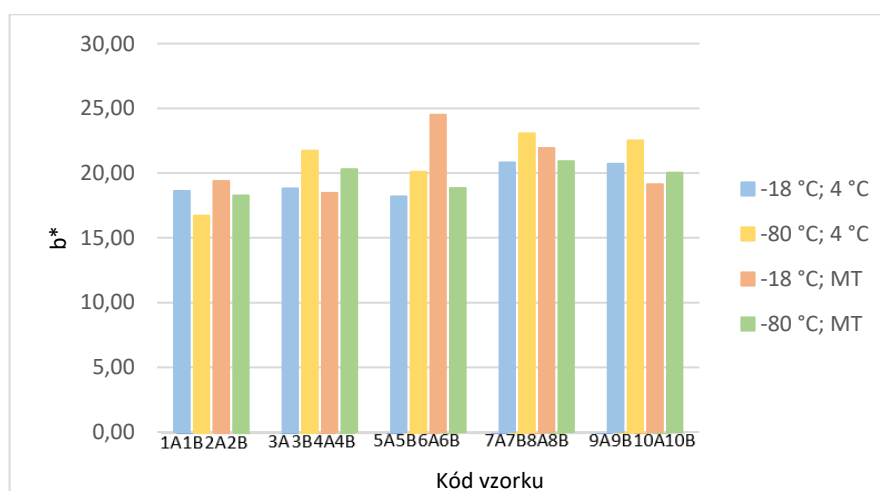
Vzorek	1 B	3 B	5 B	7 B	9 B
Průměr jasu b^*	16,72	21,73	20,11	23,08	22,52
Směrodatná odchylka	1,22	0,81	1,24	0,51	0,72

Tabulka 35: Hodnoty b^* vzorků zmrazovaných při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 A	4 A	6 A	8 A	10 A
Průměr jasu b^*	19,38	18,47	24,51	21,93	19,14
Směrodatná odchylka	0,46	1,52	0,89	3,59	1,32

Tabulka 36: Hodnoty b^* vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

Vzorek	2 B	4 B	6 B	8 B	10 B
Průměr jasu b^*	18,27	20,29	18,85	20,93	20,03
Směrodatná odchylka	1,05	3,29	1,75	2,16	1,16

Graf 10: Porovnání hodnot b^* rozmraženého masa

Posledním krokem první části experimentu bylo měřit data pro stanovení hodnot b^* , a to pomocí přístroje Ultrascan PRO. Hodnoty b^* byly rozděleny do Tabulek 33-36, podle způsobu zmrazování a rozmrazování. Pro lepší zobrazení hodnot b^* byl sestaven Graf 10.

Nejnižší hodnota b^* , neboli hodnota pro žluté odstíny byla v první sadě vzorků naměřena u steaku s 5% kolagenním povlakem, v jehož složení bylo obsaženo 10 % glycerolu. Nejvyšší hodnota b^* byla taktéž stanovena pro 5% kolagenní povlak, s tím rozdílem, že tento připravený povlak obsahoval 20 % glycerolu.

Hodnoty b^* u masa zmrazovaného při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ se více lišily oproti hodnotám předešlého způsobu zmrazování. Nejnižší hodnota byla opět naměřena u vzorku s 3 % kolagenu a 10 % glycerolu na hmotnost kolagenu. Na nejvyšší hodnotu měl opět vliv kolagenní povlak z 5 % kolagenu a 20 % glycerolu.

Další sada vzorků poukázala na nejnižší hodnotu b^* u steaku, který byl před zmrazením namočen do 3% kolagenního povlaku s 20 % glycerolu. Nejvýraznější b^* byla stanovena u vzorku s 5 % kolagenu a 10 % glycerolu.

Mezi posledními vzorky, u kterých byla sledována intenzita žlutého zbarvení, patřilo maso, které bylo zmrazováno při teplotě $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovací proces probíhal opět v mikrovlnné troubě. Zde bylo nejméně výrazné zbarvení dožluta zaznamenáno u vzorku s 3% kolagenním povlakem a 10 % glycerolu. Nejvýraznější žluté zbarvení bylo u masa s 5 % kolagenu a 20 % glycerolu.

AROEIRA, C. N., et al. ve svém článku uvedli, že optimální hodnota b^* rozmrazeného masa je 15 [68]. V tomto experimentu byla hodnota b^* v několika případech vyšší. Tato zvýšená intenzita žluté barvy byla zapříčiněna použitím ochranného kolagenního povlaku.

7.2 Druhá část experimentu – změna složení kolagenního povlaku

Kódování vzorků a vysvětlivky byly uvedeny do Přílohy 39. V této části experimentu byl využit pouze jeden 8 % kolagenní povlak, jehož součástí byl opět glycerol a glutaraldehyd. Data jednotlivých měření byla porovnána s odbornou literaturou.

7.2.1 Hodnoty pH chlazeného masa

Tabulka 37: Hodnoty pH chlazeného masa

Vzorek	Chlazené maso
Průměr pH	5,12
Směrodatná odchylka	0,01

Hodnoty pH byly porovnány se SALÁKOVÁ, A., BOŘILOVÁ, G. [61], stejně jako v první části experimentu. Jak bylo uvedeno výše, pro vyzrálé hovězí maso je ideální hodnota pH v rozmezí 5,4-5,8. Lze tedy usoudit, že maso použité v experimentu bylo před zmrazením řádně vyzrálé. Kompletní hodnoty měření byly uvedeny do Přílohy 40.

7.2.2 Hodnoty stříhové síly chlazeného masa

Tabulka 38: Hodnoty stříhové síly chlazeného masa

Vzorek	Chlazené maso
Průměr stříhové síly [N]	36,799
Směrodatná odchylka	4,244

Stříhová síla u chlazeného masa byla opět porovnána s hodnotami podle MICKELSON, A. M., et al., kteří stříhovou sílu u masa, které nebylo nikdy zmrazeno určili na hodnotu 42,45 N [62]. Průměr stříhové síly v experimentu byl stanoven na průměr 36,799 N, což značí, že maso bylo křehké a jeho původ je z mladého skotu.

7.2.3 Hodnoty barvy chlazeného masa

Tabulka 39: Hodnoty barvy chlazeného masa

	Chlazené maso
Průměr L*	39,59
Směrodatná odchylka	0,37
Průměr a*	13,36
Směrodatná odchylka	0,48
Průměr b*	7,24
Směrodatná odchylka	0,70

Měření L* (jas), a* (červené zbarvení) a b* (žluté zbarvení) bylo provedeno na přístroji Ultrascan PRO. Vzorek chlazeného masa byl proměřen na šesti různých místech a z těchto hodnot byl vypočten průměr spolu se směrodatnou odchylkou, kompletní hodnoty byly uvedeny do Příloh 42-44.

Hodnota L* u chlazeného hovězího masa je podle FAROUK, M. M., et al. optimální okolo 37,3 [63]. L* získaný v této části experimentu se výrazně neliší od hodnoty L* masa chlazeného z první části experimentu.

Hodnota a*, která byla naměřena spadá do červeného spektra, jelikož hodnoty, které byly naměřeny jsou kladné. Studie FAROUK, M. M., et al. udává a* chlazeného masa na hodnotu 21,3 [63]. Intenzita červené barvy je podobná intenzitě z první části.

Kladná hodnota b* představuje barvu žlutou. Chlazené hovězí maso podle výše uvedeného zdroje má b* v průměru 10,00-15,10 [63]. Naměřená hodnota v tomto experimentu u chlazeného masa byla 7,24, což vede k výsledku, že spektrum žluté barvy není nijak výrazné.

7.2.4 Hodnoty pH rozmrazeného masa

Tabulka 40: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 A	2 A	3 A	4 A	5 A
Průměr pH	4,90	4,90	5,03	5,22	5,17
Směrodatná odchylka	0,08	0,06	0,04	0,03	0,06

Tabulka 41: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

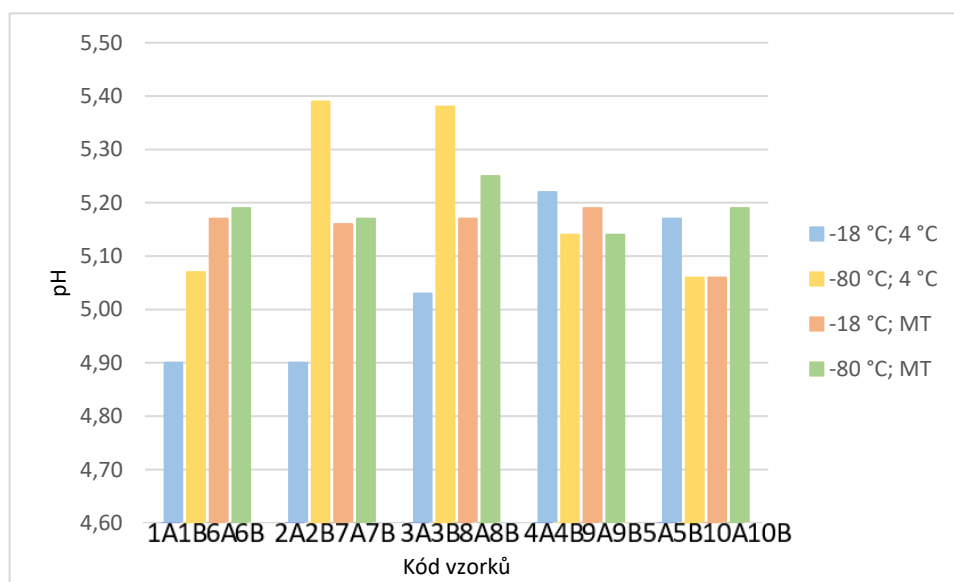
Vzorek	1 B	2 B	3 B	4 B	5 B
Průměr pH	5,07	5,39	5,38	5,14	5,06
Směrodatná odchylka	0,60	0,06	0,10	0,03	0,08

Tabulka 42: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	6 A	7 A	8 A	9 A	10 A
Průměr pH	5,17	5,16	5,17	5,19	5,06
Směrodatná odchylka	0,08	0,07	0,18	0,10	0,16

Tabulka 43: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	6 B	7 B	8 B	9 B	10 B
Průměr pH	5,19	5,17	5,25	5,14	5,19
Směrodatná odchylka	0,07	0,02	0,03	0,03	0,03



Graf 11: Porovnání hodnot pH rozmrazeného masa

U všech rozmrazených vzorků bylo změřeno pH pomocí vpichového pH metru Hanna. Vzorky byly rozděleny do Tabulek 40-43 podle způsobu zmrazování a rozmrazování. pH bylo proměřeno na pěti různých místech steaku a kompletní hodnoty měření byly uvedeny do Příloh 45-48. Všechny naměřené hodnoty pH byly vloženy do Grafu 11.

U masa rozmrazovaného v lednici se pH pohybovalo v rozmezí od 4,90-5,39. Hodnoty pH u vzorků, které byly rozmrazovány v mikrovlnné troubě byly podobné hodnotám předešlým. Nejnižší hodnota pH v této skupině vzorků byla stanovena na 5,06 a nejvyšší 5,25.

pH masa této části experimentu není výrazně odlišné od pH naměřeného z první části experimentu, u něhož byly použity jiné kolagenní povlaky. Dle RAHIMEH, J., et al. je již známo, že by se pH rozmrazeného masa mělo pohybovat okolo hodnoty 5,75 pH [64].

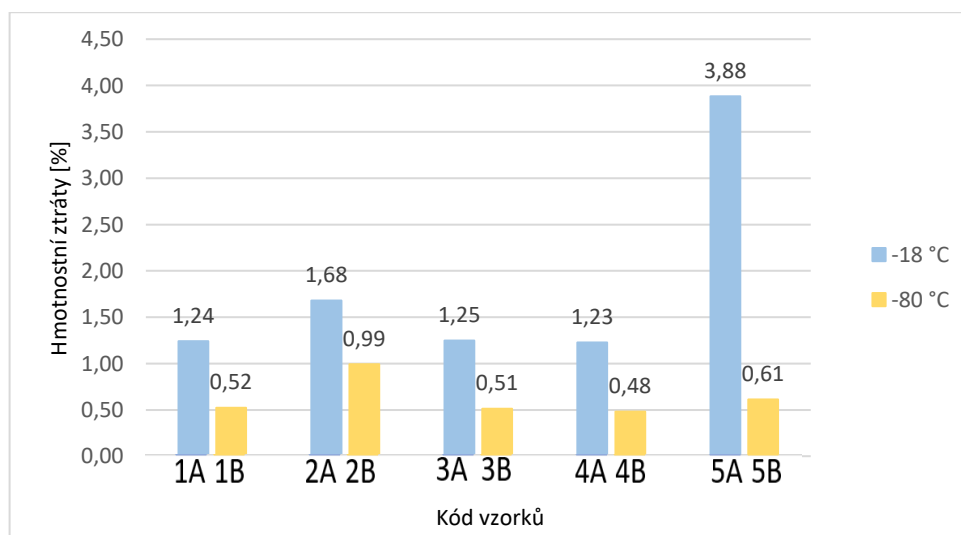
7.2.5 Hodnoty hmotnostních ztrát rozmrazeného masa

Tabulka 44: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 A	2 A	3 A	4 A	5 A
Průměr hmotnostních ztrát [%]	1,86				
Směrodatná odchylka	1,15				

Tabulka 45: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 B	2 B	3 B	4 B	5 B
Průměr hmotnostních ztrát [%]	0,62				
Směrodatná odchylka	0,21				



Graf 12: Porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa v lednici

Před zmrazením byly vzorky zváženy na vahách Kern 440-49 N, hmotnost jednotlivých vzorků byla zapsána a po rozmrazení proběhlo další zvážení těchto vzorků. Ze získaných hmotností byly vypočteny hmotnostní ztráty, které byly uvedeny do Tabulek 44-45. Všechny

hmotnosti včetně vypočtených hmotnostních ztrát byly uvedeny do Příloh 49-50. Pro porovnání hmotnostních ztrát byl vystaven Graf 12.

U masa, jenž bylo zmrazováno při teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ nastaly opět větší hmotnostní ztráty, nežli u masa zmrazovaného rychle při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jak již bylo řečeno, pomalým zmrazováním lze očekávat větší úbytky na hmotnosti masa, i přesto, že maso bylo ponecháno ve $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro pomalé a postupné tání ledových krystalů. Tato teorie byla opět potvrzena.

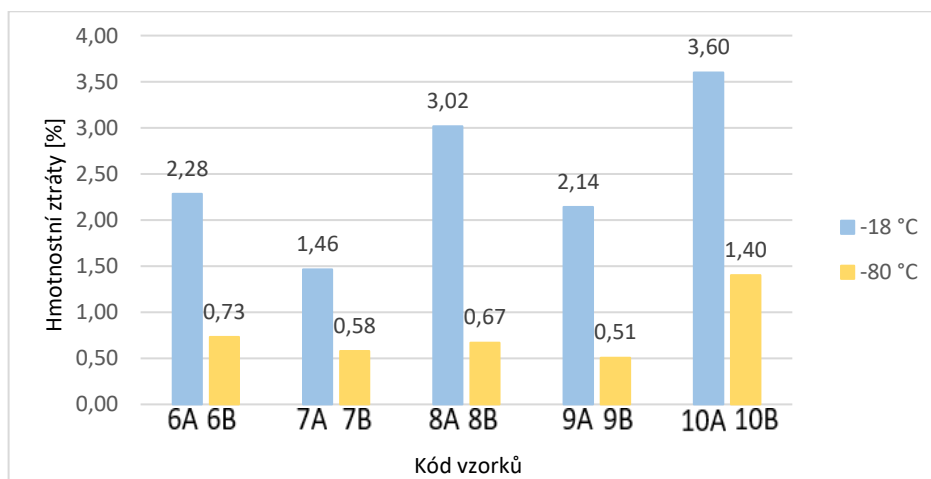
V porovnání s hmotnostními ztrátami z první části byly ztráty na hmotnosti u masa rozmrazovaného v lednici větší. V této části experimentu byl použit jiný kolagenní povlak, který ve svém složení navíc obsahoval látku glutaraldehyd, který byl do směsi přidán za účelem zvýšení stability kolagenního povlaku. Jeho přídavek byl účinný. Hmotnostní ztráty byly sice vyšší než v první části experimentu, ale nedocházelo k vyšším hmotnostním ztrátám u vzorků, které na svém povrchu neměly kolagenní povlak.

Tabulka 46: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

Vzorek	6 A	7 A	8 A	9 A	10 A
Průměr hmotnostních ztrát [%]	2,50				
Směrodatná odchylka	0,83				

Tabulka 47: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

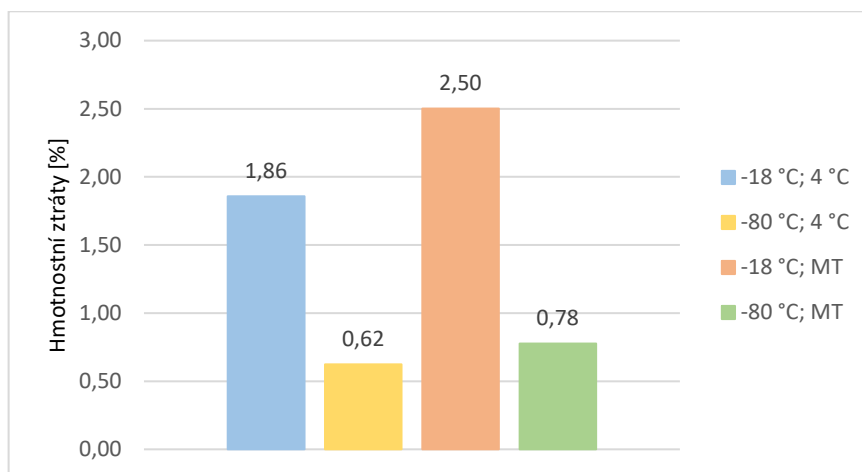
Vzorek	6 B	7 B	8 B	9 B	10 B
Průměr hmotnostních ztrát [%]	0,78				
Směrodatná odchylka	0,36				



Graf 13: Porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa v MT

Před zmrazením byly vzorky zváženy na vahách Kern 440-49 N, hmotnost jednotlivých vzorků byla zapsána a po rozmrazení proběhlo zvážení vzorků. Ze získaných hmotností byly vypočteny hmotnostní ztráty, které byly uvedeny do Tabulek 46-47. Všechny hmotnosti včetně vypočtených hmotnostních ztrát byly uvedeny do Příloh 51-52. Pro porovnání hmotnostních ztrát byl sestaven Graf 13.

Z Grafu 13 je patrné, že při rychlém rozmrazování v mikrovlnné troubě znovu nastaly výraznější hmotnostní ztráty, oproti pomalému rozmrazování v lednici při 4 ± 2 °C. Lze předpokládat, že svalová vlákna byla porušena ostrými hranami rychle tajících ledových krystalů; to především u vzorků zmrazovaných při -18 °C, jejichž rozměry byly mnohanásobně větší než vytvořené krystaly při -80 °C. Takový proces tání ledových krystalů zapříčinil vyšší ztráty u vzorků zmrazovaných v -18 °C než v -80 °C.



Graf 14: Celkové porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa

Graf 14 byl sestaven pro porovnání hmotnostních ztrát všech způsobů zmrazování a rozmrazování hovězího masa.

Z výše uvedeného Grafu 14 je patrné, jaký významný vliv má zmrazovací teplota na následné hmotnostní ztráty po rozmrazení. Pomalé zmrazování není vhodnou metodou kvůli tvorbě velkých ledových krystalů. Je-li však maso zmrazeno takovým způsobem, mělo by být povolna rozmrazováno v lednici. Velké hmotnostní ztráty nastanou, pokud je takto zmrazené maso rychle rozmrazováno v mikrovlnné troubě účinkem vysoké teploty. U masa zmrazovaného při -80 °C je nejlepší metodou rozmrazování v lednici.

Podle porovnání hmotnostních ztrát u vzorků s kolagenním povlakem a vzorků bez povlaku, lze předpokládat, že ochranný povlak měl vliv na propustnost masové šťávy a maso do určité míry ochránil před výrazným úbytkem hmotnosti. Získané hodnoty jsou sice větší oproti

první části experimentu, ale v porovnání s vědeckými články jsou takové hmotnostní ztráty rozmrazeného masa ještě přijatelné.

RAHMAN, H., et al. tvrdí, že přijatelné hmotnostní ztráty by neměly přesáhnout 3,49 % [51]. OLIVEIRA, M. R., et al. zase tvrdí, že 3,30 % je hranice přijatelných úbytků hmotnosti masa [65]. LEYGONIE, C., et al. ve své studii uvedli hmotnostní ztráty až 5,5 % [69]. Jednalo se sice o maso pštrosí, ale podle několika odborníků je toto maso do značné míry podobné masu hovězímu. Tyto hodnoty byly stanoveny pro maso rozmrazované v lednici. OLIVEIRA, M. R., et al. stanovili hmotnostní ztráty pro maso rozmrazované v mikrovlnné troubě na 7,29 % [65]. Hmotnostní ztráty naměřené v tomto experimentu jsou výrazně nižší. Účinek na malé hmotnostní ztráty rozhodně měly zmrazovací a rozmrazovací teploty, ale i ochranný kolagenní povlak.

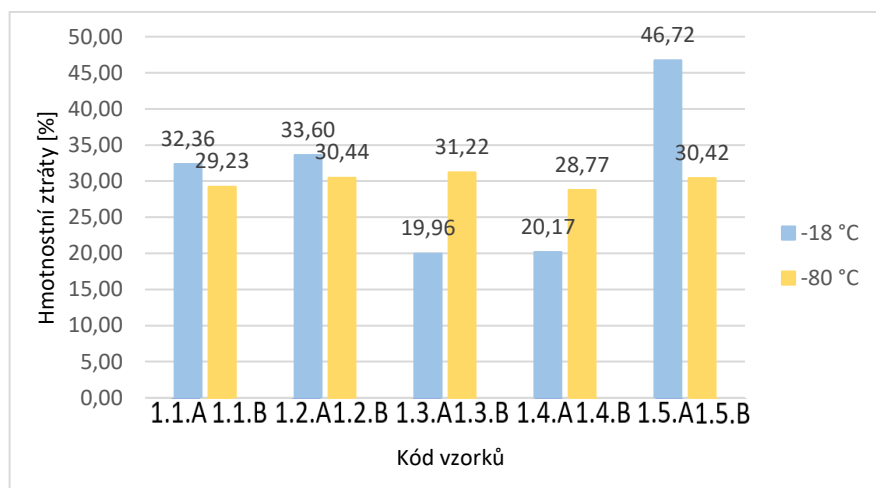
7.2.6 Hodnoty hmotnostní ztrát tepelně opracovaného masa

Tabulka 48: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C, rozmrazovaných v lednici a po tepelné úpravě

Vzorek	1.1.A	1.2.A	1.3.A	1.4.A	1.5.A
Průměr hmotnostních ztrát [%]	1,46				
Směrodatná odchylka	0,99				
Průměr hmotnostních ztrát po tepelné úpravě [%]	30,56				
Směrodatná odchylka	11,11				

Tabulka 49: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C, rozmrazovaných v lednici a po tepelné úpravě

Vzorek	1.1.B	1.2.B	1.3.B	1.4.B	1.5.B
Průměr hmotnostních ztrát [%]	0,35				
Směrodatná odchylka	0,09				
Průměr hmotnostních ztrát po tepelné úpravě [%]	30,02				
Směrodatná odchylka	1,00				



Graf 15: Porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa v lednici a tepelně upraveného

Sada vzorků byla před zmrazením zvážena a byl na ně aplikován ochranný povlak. Po rozmrazení byly vzorky zváženy a proběhla jejich tepelná úprava v konvektomatu Racional při 70 °C po dobu 10 min v jádře masa. Po tepelné úpravě byly vzorky opět zváženy a z hmotností byly vypočteny hmotnostní ztráty. Průměry těchto hodnot byly uvedeny do Tabulek 48-49. Kompletní hodnoty byly uvedeny do Příloh 53-56. Hodnoty hmotnostní ztrát byly vyobrazeny do Grafu 15.

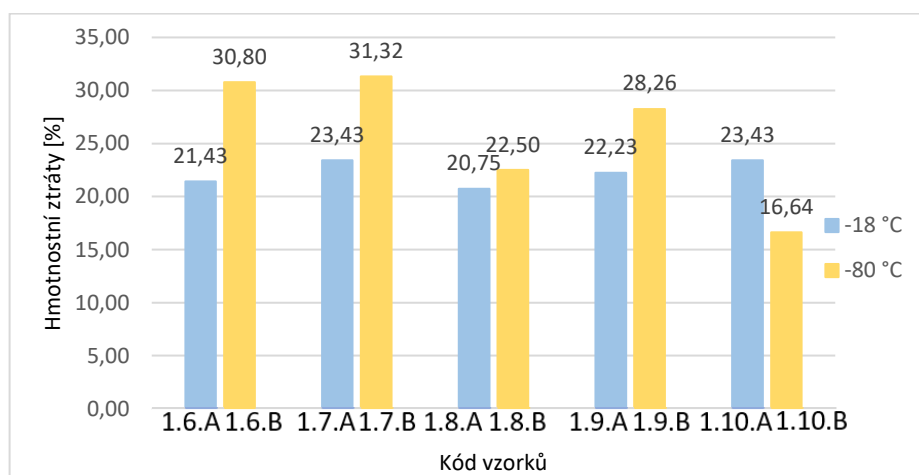
Tepelná úprava proběhla z důvodu ověření, zda ochranný kolagenní povlak má vliv na hmotnostní ztráty i po tepelné úpravě. Získané hodnoty byly porovnány s MACHARÁČKOVÁ, B., et al., kteří stanovili hmotnostní ztráty po tepelné úpravě na rozmezí 28-39 % [70]. Hmotnostní ztráty v tomto experimentu jsou v rozmezí těchto hodnot. Kolagenní povlaky patrně ovlivnily úbytek na hmotnosti masa, protože u vzorků bez ochranných povlaků byla vyšší hmotnostní ztráta v případě zmrazování při -18 °C.

Tabulka 50: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C, rozmrazovaných v MT a po tepelné úpravě

Vzorek	1.6.A	1.7.A	1.8.A	1.9.A	1.10.A
Průměr hmotnostních ztrát [%]	2,10				
Směrodatná odchylka	1,15				
Průměr hmotnostních ztrát po tepelné úpravě [%]	22,25				
Směrodatná odchylka	1,20				

Tabulka 51: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C, rozmrazovaných v MT a po tepelné úpravě

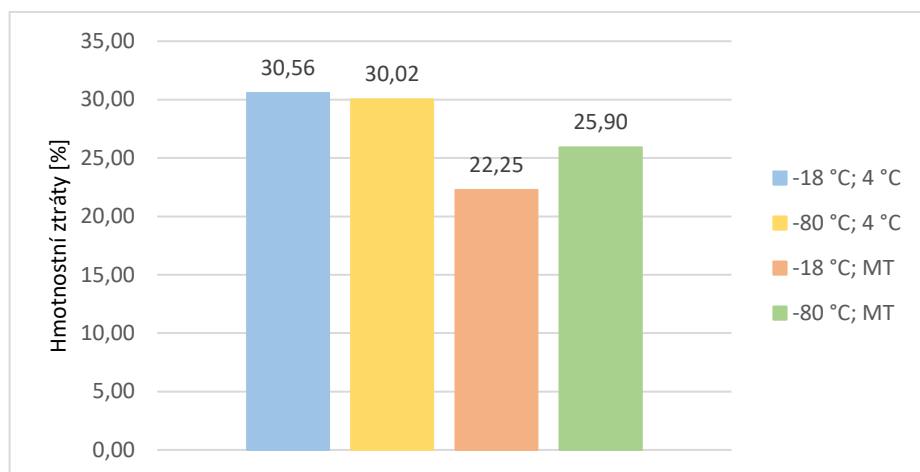
Vzorek	1.6.B	1.7.B	1.8.B	1.9.B	1.10.B
Průměr hmotnostních ztrát [%]	0,86				
Směrodatná odchylka	0,52				
Průměr hmotnostních ztrát po tepelné úpravě [%]	25,90				
Směrodatná odchylka	6,25				



Graf 16: Porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa v MT a tepelně upraveného

Sada vzorků byla před zmrazením zvážena a na jejich povrch byl aplikován ochranný kolagenní povlak. Po rozmrazení byly vzorky zváženy. Následovala tepelná úprava v konvektomatu Racional při 70 °C po dobu 10 min v jádře masa. Po tepelné úpravě byly vzorky opět zváženy a byly vypočteny hmotnostní ztráty. Průměry těchto hodnot byly uvedeny do Tabulek 50-51. Kompletní hodnoty byly uvedeny do Příloh 57-60. Hodnoty hmotnostních ztrát byly vyobrazeny do Grafu 16.

Hmotnostní ztráty v této sadě vzorků byly výraznější než u předešlých vzorků. Důvodem větších hmotnostních úbytků pravděpodobně byl už způsob rozmrazování. Tento způsob rozmrazování není vhodný, jelikož díky působení vysoké teploty v mikrovlnné troubě dochází k závažnému poškození svalových vláken a vypavení velkého množství masové šťávy.



Graf 17: Celkové porovnání hodnot hmotnostních ztrát tepelně upraveného masa

Graf 17 byl sestaven pro porovnání hmotnostních ztrát všech hodnot po tepelné úpravě masa.

Podle LEYGONIE, C., et al. je hmotnostní úbytek masa přijatelný okolo 40 % [69]. RAHMAN, M. H., et al. udává hmotnostní ztráty masa rozmrazeného při 4 °C a po tepelné úpravě na 45-47 %. Pro maso rozmrazené v mikrovlnné troubě a poté tepelně upravené zase hodnotu 45-49% [51]. Hmotnostní ztráty, které nastaly v této části pokusu byly výrazně menší. Z toho důvodu lze tvrdit, že ochranné povlaky splnily svou funkci.

7.2.7 Hodnoty stříhové síly rozmrazeného masa

Tabulka 52: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 A	2 A	3 A	4 A	5 A
Průměrná stříhové síly [N]	21,503	22,688	23,613	33,767	24,981
Směrodatná odchylka	7,108	8,413	1,471	11,046	4,363

Tabulka 53: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 B	2 B	3 B	4 B	5 B
Průměrná stříhové síly [N]	26,316	20,767	29,477	25,978	30,873
Směrodatná odchylka	7,612	6,455	12,791	4,030	8,339

Tabulka 54: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	6 A	7 A	8 A	9 A	10 A
Průměrná stříhové síly [N]	22,405	23,396	47,541	25,101	29,356
Směrodatná odchylka	3,455	8,290	20,276	5,789	4,476

Tabulka 55: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	6 B	7 B	8 B	9 B	10 B
Průměrná stříhové síly [N]	26,676	37,287	23,766	28,689	27,213
Směrodatná odchylka	11,014	14,106	5,599	8,859	7,386



Graf 18: Porovnání hodnot stříhové síly rozmrazeného masa

Stejně jako u masa z první části experimentu, tak i v této části práce byly měřeny texturní vlastnosti masa s ochranným kolagenním povlakem. K měření tvrdosti neboli stříhové síly byl využit Texturometr TA-XT Plus, konkrétně byl využit Warner-Bratzlerův nůž. Získaná data z měření byla rozdělena do Tabulek 52-55. Všechny vyhodnocené hodnoty stříhové síly byly vypsány do Příloh 61-64. Pro lepší zobrazení hodnot stříhové síly byl sestaven Graf 18.

MONCUNILL, R. C., et al. stanovili tvrdost rozmrazeného masa na 40-45 N [67]. Podle Grafu 18 je zřetelné, že tvrdost masa v této části experimentu jsou podobné hodnotám stříhové síly z výše uvedené studie. Nelze říci, že by odlišné zmrazovací a rozmrazovací teploty měli markantní vliv na tvrdost hovězích steaků. Pouze dvě měření se výrazně liší od zbylých výsledků, ale důvodem takových výkyvů může být zvýšený obsah šlachových vláken na měřeném vzorku.

7.2.8 Hodnoty barvy rozmrazeného masa

Tabulka 56: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 A	2 A	3 A	4 A	5 A
Průměr jasu L*	25,97	29,02	21,16	25,87	23,13
Směrodatná odchylka	0,63	0,87	0,49	1,18	2,25

Tabulka 57: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

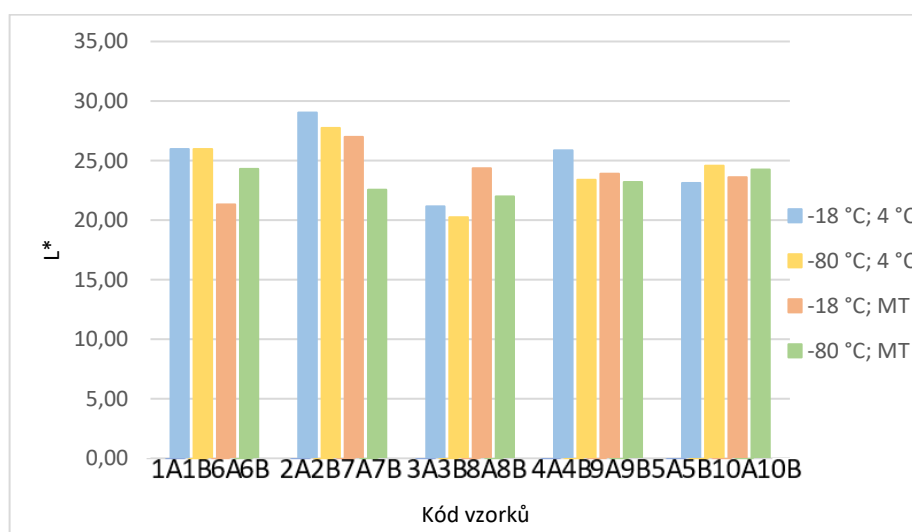
Vzorek	1 B	2 B	3 B	4 B	5 B
Průměr jasu L*	25,97	27,75	20,25	23,39	24,57
Směrodatná odchylka	0,84	1,67	1,04	1,24	0,90

Tabulka 58: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	6 A	7 A	8 A	9 A	10 A
Průměr jasu L*	21,31	26,99	24,35	23,91	23,61
Směrodatná odchylka	0,69	2,18	1,85	1,05	2,12

Tabulka 59: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	6 B	7 B	8 B	9 B	10 B
Průměr jasu L*	24,31	22,56	22,00	23,21	24,24
Směrodatná odchylka	1,40	0,83	2,41	1,14	0,78



Graf 19: Porovnání hodnot L* rozmrazeného masa

L* byl měřen pomocí přístroje Ultrascan PRO. Průměrné hodnoty jasu byly uvedeny do Tabulek 56-59 a kompletní hodnoty L* byly uvedeny do Příloh 65-68. K poslednímu měření L* byl vyobrazen Graf 19.

Jas zmrazeného masa při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ se nijak výrazně neodlišoval od hodnot L* z předešlých měření. Vzorky se od předchozích vzorků sice lišily ve složení kolagenních povlaků, ale stále lze jas definovat, jako L* klasický pro rozmrazené maso, i v porovnání s hodnotami podle AROEIRA, C. N., et al. [68]. Tyto hodnoty byly porovnány navíc s HUR, J. S., et al., kteří stanovili průměrný jas po dvou týdenním skladování masa při mrazírenské teplotě na hodnotu 43,26-44,36 [71]. Podle těchto odborných článků lze říci, že v tomto případě přítomnost kolagenního povlaku neměla žádný významný vliv.

Tabulka 60: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 A	2 A	3 A	4 A	5 A
Průměr jasu a*	17,20	17,47	20,99	18,52	18,31
Směrodatná odchylka	1,72	0,48	1,02	1,21	2,67

Tabulka 61: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v lednici

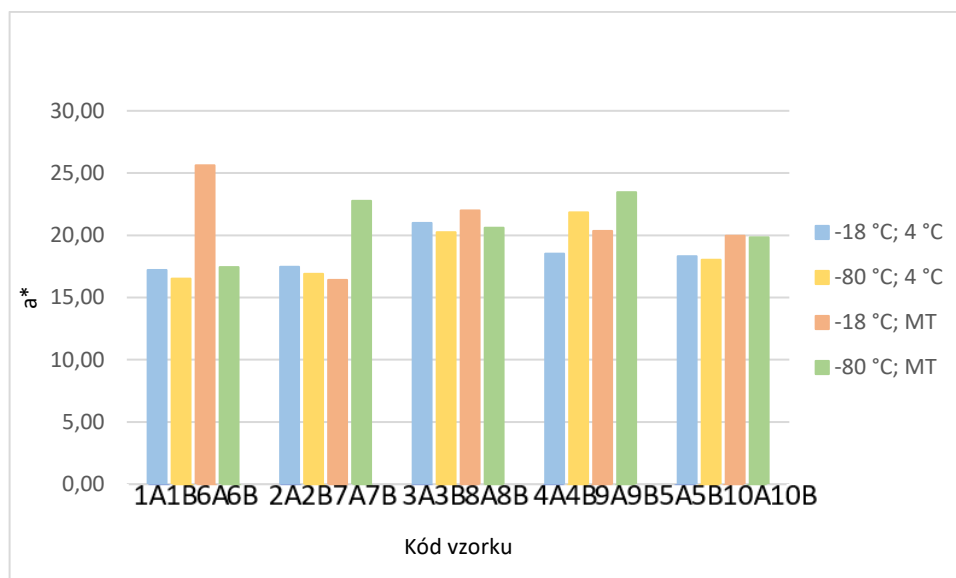
Vzorek	1 B	2 B	3 B	4 B	5 B
Průměr jasu a*	16,51	16,91	20,25	21,84	18,03
Směrodatná odchylka	1,56	1,58	1,24	2,84	1,57

Tabulka 62: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

Vzorek	6 A	7 A	8 A	9 A	10 A
Průměr jasu a*	25,63	16,41	22,00	20,35	19,95
Směrodatná odchylka	1,45	2,06	4,36	1,86	1,79

Tabulka 63: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

Vzorek	6 B	7 B	8 B	9 B	10 B
Průměr jasu a*	17,45	22,76	20,61	23,45	19,83
Směrodatná odchylka	2,88	1,73	3,24	1,19	1,47



Graf 20: Porovnání hodnot a* rozmrazeného masa

Sytost červené barvy byla opět měřena pomocí přístroje Ultrascan PRO. Průměrné hodnoty a* byly uvedeny do Tabulek 60-63 a všechny kompletní hodnoty byly uvedeny do Příloh 69-71. Z výsledků a* byl vyobrazen Graf 20.

AROEIRA, C. N., et al. stanovili a* rozmrazeného masa na 15-21. Většina námi stanovených hodnot spadají do intervalu podle AROEIRA, C. N., et al. [68]. Některé hodnoty jsou však vyšší, což značí, že tyto vzorky měly intenzivnější zbarvení dočervena. Z toho důvodu byly hodnoty porovnány s HUR, J. S., et al., kteří měli maso zabaleno v modifikované atmosféře a intenzitu červené barvy stanovili na 15,23-18,12 [71]. Je tedy možné, že přítomnost kolagenního povlaku ovlivnila barvu hovězího masa natolik, že jeho charakteristická barva byla více intenzivní.

Tabulka 64: Hodnoty b* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	1 A	2 A	3 A	4 A	5 A
Průměr jasu b*	18,61	19,38	18,81	18,47	18,19
Směrodatná odchylka	1,10	0,46	1,41	1,52	0,46

Tabulka 65: Hodnoty b* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

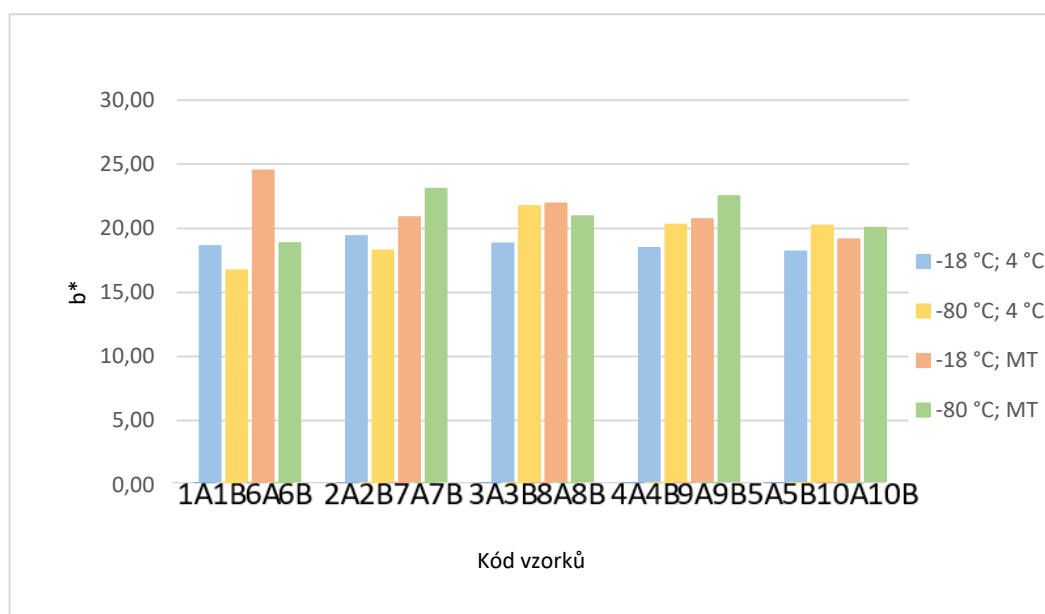
Vzorek	1 B	2 B	3 B	4 B	5 B
Průměr jasu b*	16,72	18,27	21,73	20,29	20,21
Směrodatná odchylka	1,22	1,05	0,81	3,29	1,24

Tabulka 66: Hodnoty b^* vzorků zmrazovaných při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

Vzorek	6 A	7 A	8 A	9 A	10 A
Průměr jasu b^*	24,50	20,86	21,93	20,72	19,14
Směrodatná odchylka	0,89	2,16	3,59	0,99	1,32

Tabulka 67: Hodnoty b^* vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

Vzorek	6 B	7 B	8 B	9 B	10 B
Průměr jasu b^*	18,85	23,08	20,93	22,52	20,03
Směrodatná odchylka	1,75	0,51	2,16	0,76	1,16

Graf 21: Porovnání hodnot b^* rozmrazeného masa

Posledním krokem celkového experimentu bylo měření b^* , a to pomocí přístroje Ultrascan PRO. Průměrné hodnoty b^* byly vypsány do Tabulek 64-67, podle metod zmrazování a rozmrazování. Pro lepší zobrazení hodnot b^* byl sestaven Graf 21.

Intenzita žluté barvy vyšla opět poněkud vyšší v porovnání kupříkladu s HUR, J. S., et al., kde jimi stanovené b^* byl okolo 5 [71]. Hodnoty byly porovnány s AROEIRA, C. N., et al. [68]. U těchto výsledků je zapotřebí zohlednit přítomnost kolagenního povlaku, který intenzitu b^* jistě významně ovlivnil. Hodnoty z předešlé části experimentu se výrazně neliší. Intenzita žluté barvy je sice vyšší, oproti literaturou dané hodnotě b^* , ale v žádné studii nebyla tato vlastnost měřena u masa s kolagenním povlakem.

ZÁVĚR

Maso, jako potravina je v domácnostech často zmrazováno. Obecně je známo, že maso chlazené je lepším zdrojem významných látek obsažených v mase nežli v mase rozmrazeném. Při procesu rozmrazování je maso často ochuzeno o nutričně důležité látky. Z toho důvodu bylo cílem diplomové práce nalézt alternativu pro zachování kvality rozmrazeného masa.

Zmrazování masa musí probíhat v co nejnižší možné teplotě. Optimální teplotou doporučenou pro zmrazování masa je často udáváno $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ a níže. Při takových zmrazovacích teplotách dochází ke vzniku velmi malých ledových krystalů, které nijak výrazně neporuší strukturu svalových vláken a při následujícím pozvolném rozmrazování, což je nejčastěji v lednici, nedochází k vyplavení masové šťávy společně s nutričními látkami.

Bylo potvrzeno, že nejmenší hmotnostní ztráty nastaly u rychlého zmrazování při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazování v lednici při $4 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vyšší ztráty na hmotnosti nastaly v případě zmrazování v $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazování v lednici. Při takové teplotě vznikají ledové krystaly, které mají větší rozměry a poruší strukturu masového vlákna, že dochází k vyplavení většího množství masové šťávy.

Druhým prostředím, ve kterém bylo maso rozmrazováno byla mikrovlnná trouba. Menší úbytky hmotnosti nastaly v případě masa zmrazeného při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, avšak i přes to byly hmotnostní ztráty větší než při rozmrazování v lednici. Důvodem je rychlé tání ledových krystalů. Největší ztráty nastaly v případě pomalu zmrazovaného masa při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaného v mikrovlnné troubě. Rychlé tání velkých ledových krystalů s sebou neslo největší množství vyplavené masové šťávy, a proto byl tento způsob vyhodnocen, jakožto nejhorší možná metoda zmrazování a rozmrazování masa.

V experimentu byl zkoumán účinek pěti různých kolagenních povlaků. Z nichž byl za nejúčinnější zvolen povlak o složení kolagenu, glycerolu a glutaraldehydu. Vzorky, na které byl před zmrazením aplikován ochranný povlak, jevíly po rozmrazení nejmenší ztráty hmotnosti. K ověření sloužily vzorky bez povlaku, jejichž hmotnost po rozmrazení byla větší než u vzorků s povlakem. U vzorků s jinými kolagenními povlaky nebyl prokázán jejich ochranný účinek, protože ztráty u vzorků bez povlaku byly nižší. Složení těchto povlaků nebylo příliš stabilní a použitý ochranný povlak mohl zapříčinit úbytek hmotnosti tak, že použitý kolagen nasál určité množství masové šťávy a tím způsobil větší hmotnostní ztráty.

Pro ověření účinnosti kolagenních povlaků byly provedeny i tepelné úpravy rozmrazeného masa. Bylo zjištěno, že hmotnostní ztráty po tepelné úpravě byly značně menší o 10-15 % než u masa, které nebylo pokryto ochranným kolagenním povlakem.

Nemálo významným faktorem, který má vliv na hmotnostní ztráty je způsob balení. Balení bylo zvoleno tak, aby nevzniklo úplné vakuum. Bylo zjištěno, že úplným odsátím vzduchu dochází k vypuzení většího množství masové šťávy, což v důsledku způsobí větší hmotnostní ztráty.

Bylo prokázáno, že přítomnost kolagenních povlaků, ani různé způsoby zmrazování a rozmrazování výrazně neovlivnily hodnoty pH.

Stejně jak bylo uvedeno v mnoha publikacích byly hodnoty sušiny stanoveny na průměrný obsah 25-30 % a 70-75 % vody, proto lze říci, že kolagenní povlaky na sušinu neměly vliv.

Hodnoty oxidace lipidů se výrazně nelišily od hodnot uvedených v odborných člancích. Doba, po kterou bylo maso uskladněno v mrazícím zařízení nebyla dostatečně dlouhá na to, aby se projevila přítomnost produktů oxidace lipidů.

Z texturního profilu získaných hodnot vyplývá, že by přítomnost kolagenních povlaků nějak výrazně neovlivnila tvrdost masa. V případě některých měření docházelo k drobným odchylkám, je však pravděpodobné, že autoři s jejich články byly porovnávány výsledky, měli k dispozici maso jiných výsekových částí.

Z analýz barvy vyplývá, že maso s kolagenními povlaky mělo nižší jas než maso bez kolagenních povlaků. Důvodem mohla být právě přítomnost povlaků. Všechny parametry a^* se pohybovaly na červené poloose a hodnoty b^* vyšly na žluté poloose. Parametry a^* i b^* byly vyšší nežli v citovaných studiích. Intenzita těchto barev byla zapříčiněna přítomností kolagenních povlaků.

Z výsledků je patrné, že nejvhodnějším způsobem zmrazování jsou teploty nižší jak $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nejlepším prostředím k rozmrazování je lednice. Rozmrazování v mikrovlnné troubě není příliš vhodné a nese s sebou hmotnostní ztráty větší až o 2 %. Kolagenní povlaky mohou být používány jakožto nová alternativa ochranných povlaků při zmrazování masa. Ochranným kolagenním povlakem může být zachována kvalita a zabráněno hmotnostním ztrátám na rozmrazeném mase o 2-3 %. Po následné tepelné úpravě byly hmotnostní ztráty masa zmrazovaného s kolagenním povlakem, který byl stabilizován glutaraldehydem nižší o 10-15 %.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HRABĚ, J., a kol. *Technologie výroby potravin živočišného původu: bakalářský směr*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 180 s. ISBN 8073184052.
- [2] Topbeef.cz. *Praktické rady* [online]. Praha [cit. 2020-10-13]. Dostupné z: <http://www.topbeef.cz/prakticke-rady>
- [3] Soudom.cz. *Maso a masné výrobky* [online]. Domažlice [cit. 2020-10-13]. Dostupné z: <https://www.soudom.cz/maso-a-masne-vyrobky.html>
- [4] Staněk, S. *Plemena skotu* [online]. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2020 [cit. 2020-10-14]. Dostupné z: <https://katedry.czu.cz/ksz/plemena-skotu?editmode=0>
- [5] Montbeliarde. *AgriLand* [online]. Ireland: Ireland's largest Farming news Portal [cit. 2020-10-14]. Dostupné z: <https://www.agriland.ie/farming-news/irish-dairy-farmers-must-play-to-their-strengths/>
- [6] JŮZL, M., Müllerová, M. *Hovězí maso-nedílná součást našeho jídelníčku* [online]. Mendelova univerzita v Brně [cit. 2020-10-14]. Dostupné z: <http://www.vyzivaspol.cz/wp-content/uploads/2017/09/hovezi-maso.pdf>
- [7] Český svaz chovatelů masného skotu. *Základní charakteristika plemene* [online]. [cit. 2020-10-14]. Dostupné z: http://www.cschms.cz/index.php?page=pl_info&plid=18
- [8] KŠÁNA, F., KATINA, J. *Jak poznáme kvalitu? Hovězí a vepřové maso* [online]. Praha: Flora Praha [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/publikace/SCS_Brozura_maso_web.pdf
- [9] VEYSSET, P., et al. *Exploitations de polyculture-élevage bovin viande: plus grandes mais pas plus profitables que les exploitations d'élevage herbagères*. *Agricultures*. 2020, 29(17), 1-8.
- [10] JAMES, S. J., et al. *Chilling and freezing of meat and its effect on meat quality*. Woodhead Publishing. 2009, 539-560.
- [11] EDWARDS-CALLAWAY, L. N., et al. *Animal welfare in the U.S. slaughter industry-a focus on fed cattle*. *Journal of Animal Science*. 2020, 98(4), 1-21.

- [12] RITCHELL, E. C., et al. *Drying of meats: Rare of Dehydration of Uncooked Cured Ground Meats*. ACS Publications: Most Trusted. 2002, 34(11), 189-193.
- [13] Zrání masa. *Ekofarma U Kotyků* [online] Ekofarma U Kotyků: Aberdeen Angus [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: <http://www.ekofarmaukotyku.cz/farma/zrani-masa>
- [14] ČÍŽKOVÁ, H. *Falšování masa a výrobků z masa* [online]. Praha: Verlag Dashöfer [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: <https://www.potravinainfo.cz/33/falsovani-masa-a-vyrobku-z-masa-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EstVtRjpnQxZiE31Jd1RiIZrJfTGJxQrnQ/>
- [15] HONG, E., et al. *Modern analytical methods for the detection of food fraud and adulteration by food category*. PubMed: US National Library of Medicine National Institute of Health. 2017, 97(12), 3877-3896.
- [16] Pipek, P. *Technologie masa I.*, 4. vydání, VŠCHT Praha, 1995, 334 s., ISBN 80-70-80.
- [17] BERNARDO, A. P. da S., et al. *Effects of freezing and thawing on microbiological and physical-chemical properties of dry-aged beef*. *Meat Science*. 2020, 2-8.
- [18] SAVELL, W. J. The spoilage of meat by infection organism. In: TOLDRÁ, F. *Lawrie's Meat Science*. 8. United Kingdom: Elsevier, 2017, 1-16. ISBN 978-1-84569-159-2.
- [19] CANO-MUNOZ, G. *Manual on meat cold store operation and management*. FAO Anperimal Production and Healt. Food and Agriculture Organitazion of the United Nations. 1991, 25(92), 5-50.
- [20] STOPFORTH, J. D., et al. Carcass chilling. In: GILL, C. O. *HACCP in the processing of fresh meat*. 2. USA: Colorado State University, 2005, 365-386. ISBN 978-1-85573-955-0.
- [21] JAMES, C. New developments in decontaminating raw meat. In: KERRY, J., et al. *Meat Procesing – Improving Quality*. Food Refrigeration and Process Engineering Reseach Centre, University of Bristol, 2002, 259-282. ISBN 978-1-85-573666-5.
- [22] KAMENÍK, J., a kol. *Technologie a hygiena potravin živočišného původu*. Technologické obaly pro masné výrobky. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014, 132-142.

- [23] Food safety. *Buying and storing food* [online]. [cit. 2020-10-24]. Dostupné z: <https://filestore.aqa.org.uk/resources/food/specifications/AQA-8585-SP-2016.PDF>
- [24] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. *2018 ASHRAE ® Handbook – Refrigeration (SI Edition)*. Meat Products. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE), 2018. ISBN 978-1-5231-2137-3.
- [25] KIM, Y. H., et al. *Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins*. Meat Science. 2016, 111, 168-176.
- [26] TASSOU, S. A., et al. *A review of emerging technologies for food refrigeration applications*. Applied Thermal Engineering. 2010, 30, 263-276.
- [27] *Zpracování masa. Postmortální změny masa* [online]. [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=4815&typ=html
- [28] XIONG, L. Y. The Storage and Preservation of Meat: I – Thermal Technologies. In: TOLDRÁ, F. *Lawrie's Meat Science*. 8. University of Kentucky, Lexington, KY, United States, 2017, 205-226. ISBN 978-0-08-100697-9.
- [29] AF Mendelu. *Zpracování masa. Chlazení a zmrazování masa* [online]. [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=4814&typ=html
- [30] LEYGONIE, C., et al. *Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review*. Meat Science. 2012, 91, 93-98.
- [31] LOVATT, S. J. *Refrigeration and freezing technology*. Elsevier. 2014, 178-234.
- [32] Agrární obzor. *Kryogenní mražení – není mražení jako mražení. Maso* [online]. [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: https://www.messergroup.com/documents/20591/905989/Agr.obzor_%C4%8D1%C3%A1nek/52fd413b-8563-4dc6-9871-e01d4c061b63
- [33] Micrograph images of transversal cuts of muscle samples treated under different freezing conditions. [online] [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/4/411/htm>

- [34] VŠCHT. *Konzervace potravin zmrazováním* [online]. [cit. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://ukp.vscht.cz/files/uzel/0007649/0034~~Czg8KyA-9EhvalLe4bUKJakVJfFHeg8vLC4xiXfMS0zKzC9OBAA.pdf?redirected>
- [35] Cooling. In: FELLOWS, P. J. *Food Processing Technology – Principles and Practise*. Elsevier. 2017, 4, 885-922. ISBN 978-0-08-100523-1.
- [36] PIPEK, P., a kol. Jak rozlišit zmrazené/rozmrazené maso od čerstvého. *Maso Maso Maso!* Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 44-50 [online]. [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: <https://www.svujihlava.cz/intranet/publikace/MASO%20ZLOM%2044-49.pdf>
- [37] DEVINE, C. E., et al. *Red Meats*. Meat Science. Meat Industry Research Institute of New Zealand. 2010, 51-82.
- [38] ZHENG, L., et al. *Vacuum Cooling of Foods*. ScienceDirect. Emerging Technologies for Food Processing. 2005, 579-602.
- [39] JAMES, S. J., et al. Freezing systems. In: JAMES, S. J., JAMES, C. *Meat Refrigeration*. Woodhead Publishing, 2002, 138-157. ISBN 978-1-85-573653-5.
- [40] POKORNÁ, J. Kryogenní mražení nejen pro zachování kvality. *Technika/technologie* [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: https://www.messergroup.com/documents/20591/2376624/RE6_Pokorn%C3%A1+%C4%8DI%C3%A1nek+k+odsouhlasen%C3%AD.pdf/04f7c6ec-03dd-840d-8e0e-24a24201a9e3
- [41] PETERKOVÁ, P., a kol. Collagen-Properties, Modifications and Applications. *Chemické listy*. 2000, 94(6), 371-379. ISSN 1213-7103.
- [42] ALBERTS, B., et al. *Molecular biology of the cell*. Annals of Botany. 2003, 91(3), 401.
- [43] ANSELME, K., et al. *Inhibition of Calcification In Vi-vo by Acyl Azide Cross-Linking of a Collagen-Glycosaminoglycan Sponge*. Matrix. 1992, 12(4), 264-273.
- [44] *Edible Collagen Films*. Meating change. 2001, 1-4.
- [45] Agris.cz. *Nemrznoucí bílkoviny* [online]. [cit. 2021-01-24]. Dostupné z: <http://www.agris.cz/clanek/97387>

- [46] Whole-muscle brine-injected products. In: FEINER. G. *Meat products handbook – Practical science and technology*. Woodhead Publishing Limited, Abington, 2006, 161-211. ISBN 978-1-84-569172-1.
- [47] PIETRASIK, Z., et al. *Influence of freezing and thawing on the hydration characteristics, quality and consumer acceptance of whole muscle beef injected with solutions of salt nad phosphate*. Meat Science. Food Processing Development Centre, Alberta Agriculture and Rural Development. 2009, 81, 523-532.
- [48] DELGADO, A. E., et al. Physicochemical Changes of Foods during Freezing and Thawing. In: DEVAHASTIN, S. *Physicochemical Aspects of Food Engineering and Processing*. Taylor & Francis Group, 2010, 219-247. ISBN 978-1-5231-1907-3.
- [49] VOLDŘICH, M., a kol. *Zásady správné výrobní a hygienické praxe ve stravovacích službách*. Publikáční řada národní politiky podpory jakosti. Průvodce řízením jakosti. Praha, 2006, 60 s. ISBN 80-02-01822-2.
- [50] *Příručka pro provozovatele potravinářských podniků k základním předpisům potravinového práva EU*. Ministerstvo zemědělství. Praha, 2018. ISBN 978-80-7434-418-3.
- [51] RAHMAN, M. H., et al. *Effect of Repeated Freeze-Thaw Cycles on Beef Quality and Safety*. Korean Society for Food Science of Animal Resources. 2014, 34(4), 482-494.
- [52] Definitions of terms used in meat science and technology. In: FEINER. G. *Meat products handbook – Practical science and technology*. Woodhead Publishing Limited, Abington, 2006, 46-71. ISBN 978-1-84-569172-1.
- [53] VÁCHA, F. *Zpracování ryb*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2000, 118 s. ISBN 8070404035.
- [54] PHAM, Q. T. Thawing. In: DIKEMAN, M., CARRICKU, D. *Encyclopedia of Meat Science*. Elsevier, 2004, 202-208. ISBN 978-1-68015-340-8.
- [55] Rozmrazování potravin. Rozmrazování v chladničce. AZ Bezpečnost potravin [online]. [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76780.aspx>

- [56] FARID, M. Heat and Mass Transfer in Food Processing. In: MYER, K. *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery engineering*. University of Auckland, Auckland, New Zealand, 2019, 439-461. ISBN 978-0-1281-4804-4.
- [57] JIANG, Q., et al. *Changes in quality properties and tissue histology of lightly salted tuna meat subjected to multiple freeze-thaw cycles*. Food Chemistry. 2019, 178-186.
- [58] RAHMAN, M. H., et al. *Evaluation of Physicochemical Deterioration and Lipid Oxidation of Beef Muscle Affected by Freeze-thaw Cycles*. Korean Society for Food Science of Animal Resources. 2015, 35(6), 772-782.
- [59] LISTRAT A., et al. *Effect of the type of diet on muscle characteristics and meat palatability of growing Salers bulls*. Meat Science. 1999, 53.
- [60] Grafické znázornění LAB modelu, 2018. *Kopina* [online]. [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://kopina.cz/terminologie/36958/lab/Seznam>
- [61] SALÁKOVÁ, A., BOŘILOVÁ, G. *Technologie a hygiena potravin živočišného původu*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014, 51-68. ISBN 9788073057220.
- [62] MICKELSON, A. M., et al. *Carcass chilling method effects on color and tenderness of bison meat*. Meat Science. 2020,161, 1-5.
- [63] FAROUK, M. M., et al. *Meat quality attributes of chilled venison and beef*. Wiley online Library. Journal on Food Quality. 2007, 30(6), 1023-1039.
- [64] RAHIMEH, J., et al. *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. 2019, 3(32), 1-9.
- [65] OLIVEIRA, M. R., et al. *Meat Quality of Chicken Breast Subjected to Different Thawing Methods*. Brazilian Journal of Poultry Science. 2015, 17(2), 165-172.
- [66] SANGYOON, L., et al. *Two-stage air thawing as an effective method for controlling thawing temperature and improving the freshness of frozen pork loin*. LWT – Food Science and Technology. 2021, 140, 1-9.

- [67] MONCUNILL, R. C., et al. *Prediction of Warner-Bratzler shear force, intramuscular fat, drip-loss and cook-loss in beef via Raman spectroscopy and chemometrics*. Meat Science. 2020, 167, 1-11.
- [68] AROEIRA, C. N., et al. *Effect of freezing prior to aging on myoglobin redox forms and CIE color of beef from Nellore and Aberdeen Angus cattle*. Meat Science. 2017, 125, 16-21.
- [69] LEYGONIE, C., et al. *Meat quality comparison between fresh and frozen/thawed ostrich *M. iliofibularis**. Meat Science. 2012, 91, 364-368.
- [70] MACHARÁČKOVÁ, B., et al. *Cooking loss in retail beef cuts: The effect of muscle type, sex, ageing, pH, salt and cooking method*. Meat Science. 2021, 171, 1-9.
- [71] HUR, J. S., et al. *Effect of Modified Atmosphere Packaging and Vacuum Packaging on Quality Characteristics of Low Grade Beef during Cold Storage*. Asian Australas. J. Anim. Sci. 2013, 26(12), 1781-1789.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a*	Zbarvení masa do červena
AMK	Aminokyseliny
ATP	Adenosintrifosfát
A _w	Vodní aktivita
b*	Zbarvení masa do žluta
BIO	Potravina bez přidaných chemických látek
BMK	Bakterie mléčného kvašení
ELISA	Imunologická metoda sloužící k detekci a stanovení koncentrace antigenů
GC	Plynová chromatografie
HPLC	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie
JUT	Jatečně upravené tělo
L*	Jas masa
MAP	Balení s modifikovanou atmosférou
MRA	Metmyoglobin reducing activity
MT	Mikrovlnná trouba
NADH	Nikotinamidadenindinukleotid
NP	Nemrznoucí proteiny
PCR	Polymerázová řetězcová reakce
PSL	Praktická trvanlivost
RV	Relativní vlhkost
TBARS	Thiobarbiturové číslo

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Montbeliard [5]	12
Obrázek 2: Charolais [2].....	13
Obrázek 3: Wagyu [7].....	13
Obrázek 4: Porovnání T-bone steaku a Wagyu T-bone steaku [2,7].....	14
Obrázek 5: Zrání masa [13]	15
Obrázek 6: Porovnání velikosti ledových krystalů [33]	25
Obrázek 7: Vliv teploty a času při zmrazování [35].....	26
Obrázek 8: Vzorec vitamínu E [30].....	37
Obrázek 10: Charakteristická křivka teploty a času rozmrazování [48].....	38
Obrázek 11: Nízký roštěnec.....	51
Obrázek 12: Nakrájený nízký roštěnec	51
Obrázek 13: Připravená směs kolagenu.....	52
Obrázek 14: Vzorčky v chladícím boxu	52
Obrázek 15: Vážení vzorků	53
Obrázek 16: Vakuové balení vzorků	53
Obrázek 17: Barevný prostor CIE L*a*b* [60].....	56

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Porovnání hodnot pH rozmrazeného masa.....	59
Graf 2: Porovnání hodnot sušiny rozmrazeného masa	61
Graf 3: Porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa v lednici.....	63
Graf 4: Porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa v MT.....	64
Graf 5: Celkové porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa.....	65
Graf 6: Porovnání hodnot oxidace lipidů rozmrazeného masa.....	67
Graf 7: Porovnání hodnot stříhové síly rozmrazeného masa	69
Graf 8: Porovnání hodnot L* rozmrazeného masa	71
Graf 9: Porovnání hodnot a* rozmrazeného masa.....	73
Graf 10: Porovnání hodnot b* rozmrazeného masa.....	75
Graf 11: Porovnání hodnot pH rozmrazeného masa.....	78
Graf 12: Porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa v lednici.....	79
Graf 13: Porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa v MT.....	80
Graf 14: Celkové porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa.....	81
Graf 15: Porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa v lednici a tepelně upraveného.....	83
Graf 16: Porovnání hodnot hmotnostních ztrát rozmrazeného masa v MT a tepelně upraveného.....	84
Graf 17: Celkové porovnání hodnot hmotnostních ztrát tepelně upraveného masa.....	85
Graf 18: Porovnání hodnot stříhové síly rozmrazeného masa	86
Graf 19: Porovnání hodnot L* rozmrazeného masa	87
Graf 20: Porovnání hodnot a* rozmrazeného masa.....	89
Graf 21: Porovnání hodnot b* rozmrazeného masa.....	90

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Skladovatelnost masa, masných výrobků a drobů vyjádřená jako PSL [34].....	34
Tabulka 2: Hodnota pH chlazeného masa	57
Tabulka 3: Hodnoty tvrdosti chlazeného masa.....	57
Tabulka 4: Hodnoty barvy chlazeného masa	58
Tabulka 5: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici.....	59
Tabulka 6: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici.....	59
Tabulka 7: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT	59
Tabulka 8: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT	59
Tabulka 9: Hodnoty sušiny vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici	61
Tabulka 10: Hodnoty sušiny vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici	61
Tabulka 11: Hodnoty sušiny vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT ..	61
Tabulka 12: Hodnoty sušiny vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT ..	61
Tabulka 13: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici.....	63
Tabulka 14: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici.....	63
Tabulka 15: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT	64
Tabulka 16: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT	64
Tabulka 17: Hodnoty oxidace lipidů vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici.....	66
Tabulka 18: Hodnoty oxidace lipidů vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici.....	66
Tabulka 19: Hodnoty oxidace lipidů vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT	67
Tabulka 20: Hodnoty oxidace lipidů vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT	67
Tabulka 21: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici.....	68
Tabulka 22: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici.....	69
Tabulka 23: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT	69
Tabulka 24: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT	69
Tabulka 25: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici ...	71

Tabulka 26: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici ...	71
Tabulka 27: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT	71
Tabulka 28: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT	71
Tabulka 29: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici....	72
Tabulka 30: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici....	73
Tabulka 31: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT.....	73
Tabulka 32: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT.....	73
Tabulka 33: Hodnoty b* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici ...	74
Tabulka 34: Hodnoty b* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici ...	74
Tabulka 35: Hodnoty b* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT	75
Tabulka 36: Hodnoty b* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT	75
Tabulka 37: Hodnoty pH chlazeného masa	76
Tabulka 38: Hodnoty stříhové síly chlazeného masa	76
Tabulka 39: Hodnoty barvy chlazeného masa	77
Tabulka 40: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici...	78
Tabulka 41: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici...	78
Tabulka 42: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT	78
Tabulka 43: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT	78
Tabulka 44: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici.....	79
Tabulka 45: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici.....	79
Tabulka 46: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT	80
Tabulka 47: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT	80
Tabulka 48: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C, rozmrazovaných v lednici a po tepelné úpravě	82
Tabulka 49: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C, rozmrazovaných v lednici a po tepelné úpravě	82
Tabulka 50: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C, rozmrazovaných v MT a po tepelné úpravě	83
Tabulka 51: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C, rozmrazovaných v MT a po tepelné úpravě	84
Tabulka 52: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici.....	85
Tabulka 53: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici.....	85

Tabulka 54: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT	85
Tabulka 55: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT	86
Tabulka 56: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici ...	87
Tabulka 57: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici ...	87
Tabulka 58: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT	87
Tabulka 59: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT	87
Tabulka 60: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici....	88
Tabulka 61: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici....	88
Tabulka 62: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT.....	88
Tabulka 63: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT.....	88
Tabulka 64: Hodnoty b* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici ...	89
Tabulka 65: Hodnoty b* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici ...	89
Tabulka 66: Hodnoty b* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT	90
Tabulka 67: Hodnoty b* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT	90

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Kódování vzorků prvního experimentu

KV	A				B			
	ZT [°C]	KK [%]	KG [%]	RT [°C]	ZT [°C]	KK [%]	KG [%]	RT [°C]
1	-18	3	10	4	-80	3	10	4
2	-18	3	10	MT	-80	3	10	MT
3	-18	3	20	4	-80	3	20	4
4	-18	3	20	MT	-80	3	20	MT
5	-18	5	10	4	-80	5	10	4
6	-18	5	10	MT	-80	5	10	MT
7	-18	5	20	4	-80	5	20	4
8	-18	5	20	MT	-80	5	20	MT
9	-18	-	-	4	-80	-	-	4
10	-18	-	-	MT	-80	-	-	MT

Kde:

KV...kód vzorků

ZT...zmrazovací teplota

KK...koncentrace kolagenu

KG...koncentrace glycerolu

RT...rozmrazovací teplota

Příloha 2: Hodnoty pH chlazeného masa

Měření	Hodnoty pH	Průměr	Směrodatná odchylka
1	5,05	5,12	0,05
2	5,10		
3	5,10		
4	5,12		
5	5,16		
6	5,20		

Příloha 3: Hodnoty stříhové síly chlazeného masa

Měření	Hodnoty stříhové síly [N]	Průměr stříhové síly [N]	Směrodatná odchylka
1	38,359	33,049	7,769
2	40,605		
3	28,032		
4	22,345		
5	28,448		
6	40,502		

Příloha 4: Hodnoty L* chlazeného masa

Měření	Chlazené maso	Průměr L*	Směrodatná odchylka
1	39,55	39,36	0,79
2	39,60		
3	38,56		
4	38,87		
5	40,68		
6	38,87		

Příloha 5: Hodnoty a* chlazeného masa

Měření	Chlazené maso	Průměr a*	Směrodatná odchylka
1	14,09	12,88	0,89
2	13,92		
3	12,36		
4	12,17		
5	12,15		
6	12,59		

Příloha 6: Hodnoty b* chlazeného masa

Měření	Chlazené maso	Průměr b*	Směrodatná odchylka
1	8,01	7,09	0,62
2	7,74		
3	6,67		
4	6,69		
5	6,60		
6	6,84		

Příloha 7: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnota pH					Průměr	Směrodatná odchylka
1 A	4,63	4,69	4,73	4,73	4,74	4,70	0,05
3 A	4,85	4,49	4,49	4,93	4,49	4,65	0,22
5 A	4,89	5,00	5,00	4,97	5,01	4,97	0,05
7 A	5,10	5,11	5,10	5,06	5,07	5,09	0,02
9 A	5,00	5,10	5,08	5,08	5,12	5,08	0,05

Příloha 8: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnota pH					Průměr	Směrodatná odchylka
1 B	5,13	5,14	5,16	5,29	5,30	5,20	0,08
3 B	5,16	5,15	5,19	5,15	5,17	5,16	0,02
5 B	5,15	5,14	5,14	5,14	5,23	5,16	0,03
7 B	5,09	5,10	5,12	5,12	5,12	5,11	0,01
9 B	5,11	5,16	5,23	5,16	5,13	5,16	0,05

Příloha 9: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnota pH					Průměr	Směrodatná odchylka
2 A	5,05	5,01	5,20	5,14	5,20	5,12	0,09
4 A	5,09	5,15	5,08	5,22	5,25	5,16	0,08
6 A	5,11	5,13	5,13	5,17	5,17	5,14	0,03
8 A	5,07	5,21	5,23	5,26	5,22	5,20	0,07
10 A	5,15	5,22	5,21	5,26	5,18	5,20	0,04

Příloha 10: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnota pH					Průměr	Směrodatná odchylka
2 B	5,12	5,15	5,14	5,16	5,15	5,14	0,02
4 B	5,25	5,28	5,27	5,26	5,29	5,27	0,02
6 B	5,12	5,19	5,15	5,18	5,17	5,16	0,03
8 B	5,09	5,23	5,16	5,21	5,21	5,18	0,06
10 B	5,19	5,22	5,27	5,20	5,27	5,23	0,04

Příloha 11: Hodnoty sušiny vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hmotnost misky [g]	Navážka vzorku [g]	Hmotnost po sušení [g]	Obsah sušiny [%]	Průměrný obsah sušiny [%]	Směrodatná odchylka
1 A	30,4708	5,1116	31,7341	24,7144	24,9845	0,3120
	31,3996	5,0217	32,6714	25,3261		
	31,5994	5,0387	32,8547	24,9132		
3 A	33,4990	5,0843	34,8207	25,9957	25,0803	1,1082
	31,6325	5,1581	32,9425	25,3969		
	31,6422	5,0922	32,8566	23,8482		
5 A	34,3543	5,0020	35,6602	26,1076	27,2126	0,9591
	35,3712	5,0268	36,7637	27,7015		
	34,1552	5,0369	35,5569	27,8286		
7 A	34,9814	5,3172	36,3117	25,0188	25,1309	0,0971
	36,1293	5,1321	37,4218	25,1846		
	36,1855	5,1554	37,4841	25,1891		
9 A	37,7665	5,0183	39,0635	25,8454	25,1309	0,8445
	31,8700	5,3236	33,2831	26,5441		
	32,1874	5,0217	33,5697	27,5265		

Příloha 12: Hodnoty sušiny vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hmotnost misky [g]	Navážka vzorku [g]	Hmotnost po sušení [g]	Obsah sušiny [%]	Průměrný obsah sušiny [%]	Směrodatná odchylka
1 B	32,3253	5,0827	33,6152	25,3782	25,2376	0,1942
	34,5368	5,2724	35,8717	25,3186		
	33,5725	5,1563	34,8624	25,0160		
3 B	30,3178	5,0550	31,5786	24,9416	24,8661	1,3494
	32,7065	5,6655	34,0368	23,4806		
	32,4884	5,6647	33,9712	26,1761		
5 B	32,9932	5,2062	34,3146	25,3813	26,6953	1,2769
	35,4977	5,0633	36,8533	26,7731		
	30,8874	5,1139	32,2061	25,7866		
7 B	32,1097	5,1298	33,4170	25,4844	25,9919	0,7973
	32,4117	4,9917	33,6886	25,5805		
	32,3168	5,0697	33,6811	26,9109		
9 B	32,1372	5,0270	33,4637	26,3875	25,5790	0,8039
	32,5107	5,2171	33,8447	25,5698		
	32,4227	5,2014	33,7116	24,7799		

Příloha 13: Hodnoty sušiny vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hmotnost misky [g]	Navážka vzorku [g]	Hmotnost po sušení [g]	Obsah sušiny [%]	Průměrný obsah sušiny [%]	Směrodatná odchylka
2 A	33,5538	5,0096	34,814	25,1557	25,4087	1,0241
	34,2213	5,1316	35,583	26,5356		
	32,4112	5,0573	33,652	24,5348		
4 A	33,6440	5,0524	35,0303	27,4384	27,2151	0,2020
	33,0671	5,0190	34,4245	27,0452		
	32,3733	5,1002	33,7586	27,1617		
6 A	34,1378	5,8770	35,6577	25,8618	26,0189	0,7993
	32,2185	5,1237	33,5153	25,3098		
	32,1987	5,0534	33,5573	26,8851		
8 A	32,0581	5,0984	33,4864	28,0147	27,4862	0,8234
	32,8326	5,4244	34,2721	26,5375		
	32,4577	5,1547	33,8962	27,9066		
10 A	33,1334	5,3138	34,5582	26,8132	27,3988	0,9315
	32,6711	5,0074	34,0186	26,9102		
	33,4569	5,0490	34,8945	28,4730		

Příloha 14: Hodnoty sušiny vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hmotnost misky [g]	Navážka vzorku [g]	Hmotnost po sušení [g]	Obsah sušiny [%]	Průměrný obsah sušiny [%]	Směrodatná odchylka
2 B	32,6002	5,0158	33,8712	25,3399	25,4820	0,2395
	33,1434	5,2221	34,4639	25,2868		
	32,2574	5,1597	33,5896	25,8193		
4 B	30,8311	5,1531	32,1805	26,1862	26,8020	0,9796
	30,9161	6,1244	32,5261	26,2883		
	31,0087	5,1687	32,4524	27,9316		
6 B	32,4016	5,2783	33,7134	24,8527	25,6259	2,2315
	32,0775	5,0147	33,5112	28,5899		
	32,4984	5,8562	33,8614	23,2745		
8 B	33,2973	5,1014	34,6676	26,8613	26,8698	0,0148
	33,2973	5,1014	34,6676	26,8613		
	37,1689	5,1750	38,5603	26,8870		
10 B	27,4437	5,0487	28,9366	29,5700	27,6483	1,7118
	32,0162	5,0262	33,3777	27,0881		
	32,4271	5,0368	33,7511	26,2868		

Příloha 15: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hmotnost před zmrazováním [g]	Hmotnost po rozmrazování [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
1 A	229,58	228,08	0,65	0,64	0,2
3 A	210,65	209,52	0,54		
5 A	222,94	221,13	0,81		
7 A	225,28	223,29	0,88		
9 A	267,50	266,67	0,31		

Příloha 16: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hmotnost před zmrazováním [g]	Hmotnost po rozmrazování [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
1 B	217,42	216,86	0,26	0,34	0,10
3 B	215,64	214,79	0,39		
5 B	215,17	214,47	0,33		
7 B	209,90	208,88	0,49		
9 B	205,70	205,21	0,24		

Příloha 17: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hmotnost před zmrazováním [g]	Hmotnost po rozmrazování [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
2 A	210,15	205,53	2,20	2,47	0,68
4 A	182,28	177,45	2,65		
6 A	238,88	230,84	3,37		
8 A	222,96	217,15	2,61		
10 A	235,54	231,98	1,51		

Příloha 18: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hmotnost před zmrazováním [g]	Hmotnost po rozmrazování [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
2 B	217,75	215,33	1,11	1,76	1,38
4 B	175,66	172,97	1,53		
6 B	246,88	243,63	1,32		
8 B	222,64	213,34	4,18		
10 B	235,79	234,21	0,67		

Příloha 19: Hodnoty oxidace lipidů vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Absorbance			Průměr absorbance	Množství oxidačních produktů [mg]
1 A	0,250	0,251	0,250	0,250	22,35
3 A	0,194	0,194	0,194	0,194	23,48
5 A	0,279	0,279	0,279	0,279	27,53
7 A	0,204	0,204	0,204	0,204	24,52
9 A	0,282	0,282	0,282	0,282	27,62

Příloha 20: Hodnoty oxidace lipidů vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Absorbance			Průměr absorbance	Množství oxidačních produktů [mg]
1 B	0,221	0,221	0,220	0,221	26,01
3 B	0,223	0,223	0,222	0,223	25,98
5 B	0,270	0,270	0,269	0,270	26,97
7 B	0,304	0,304	0,304	0,304	26,71
9 B	0,277	0,277	0,277	0,277	26,40

Příloha 21: Hodnoty oxidace lipidů vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Absorbance			Průměr absorbance	Množství oxidačních produktů [mg]
2 A	0,245	0,245	0,244	0,245	25,35
4 A	0,173	0,173	0,173	0,173	25,33
6 A	0,188	0,189	0,189	0,189	25,23
8 A	0,187	0,187	0,187	0,187	25,37
10 A	0,242	0,241	0,241	0,241	25,17

Příloha 22: Hodnoty oxidace lipidů vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Absorbance			Průměr absorbance	Množství oxidačních produktů [mg]
2 B	0,181	0,181	0,181	0,181	25,55
4 B	0,161	0,162	0,162	0,162	26,30
6 B	0,222	0,223	0,223	0,223	26,82
8 B	0,238	0,238	0,238	0,238	26,35
10 B	0,300	0,300	0,300	0,300	26,06

Příloha 23: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Stříhová síla [N]						Průměrná stříhová síla [N]	Směrodatná odchylka
1 A	38,047	23,540	36,412	37,034	36,702	25,637	32,895	6,493
3 A	29,291	34,570	36,990	36,010	27,150	26,250	31,710	4,712
5 A	34,129	57,969	90,876	36,081	24,101	36,283	46,573	2,437
7 A	36,936	44,984	43,007	33,875	37,823	18,952	35,929	9,264
9 A	19,467	12,428	11,521	21,223	11,047	12,584	15,137	4,820

Příloha 24: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Stříhová síla [N]						Průměrná stříhová síla [N]	Směrodatná odchylka
1 B	38,884	37,203	31,164	32,812	22,038	53,344	35,908	10,383
3 B	48,068	35,521	36,331	23,236	40,064	32,221	35,907	8,242
5 B	38,011	31,148	24,429	57,617	38,488	23,478	35,529	11,478
7 B	33,599	29,566	49,000	23,744	41,362	31,174	34,741	9,043
9 B	73,588	26,430	36,977	51,196	48,767	36,561	45,586	16,421

Příloha 25: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Stříhová síla [N]						Průměrná stříhová síla [N]	Směrodatná odchylka
2 A	57,732	36,882	18,186	37,046	37,025	36,827	37,283	12,517
4 A	37,020	19,104	30,669	40,211	36,905	36,995	33,484	7,701
6 A	33,309	23,119	60,689	23,454	16,182	65,206	36,993	20,880
8 A	48,799	29,279	33,911	44,795	37,035	37,043	38,477	7,156
10 A	23,307	42,393	48,875	22,239	37,050	17,355	31,870	12,677

Příloha 26: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Stříhová síla [N]						Průměrná stříhová síla [N]	Směrodatná odchylka
2 B	27,903	22,389	20,387	81,685	27,627	28,494	34,748	23,232
4 B	81,887	33,558	28,589	29,482	29,865	39,362	40,457	20,682
6 B	45,512	48,025	60,103	28,680	62,581	61,838	51,123	13,202
8 B	39,402	46,370	63,269	39,204	26,147	65,960	46,725	15,346
10 B	29,777	24,049	48,693	47,186	45,249	45,249	40,034	10,404

Příloha 27: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnoty jasu L*						Průměrný jas	Směrodatná odchylka
1 A	26,85	26,24	26,08	26,19	25,33	25,14	25,97	0,63
3 A	20,57	22,02	21,32	21,12	20,98	20,94	21,16	0,50
5 A	23,39	22,07	25,44	22,16	25,82	19,87	23,13	2,25
7 A	27,89	27,79	25,00	30,57	25,38	25,28	26,99	2,18
9 A	24,14	25,30	22,05	24,01	23,80	23,8	23,91	1,05

Příloha 28: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnoty jasu L*						Průměrný jas	Směrodatná odchylka
1 B	25,22	27,35	25,49	26,57	25,31	25,89	25,97	0,84
3 B	20,02	20,67	21,30	20,76	20,42	18,31	20,25	1,03
5 B	23,13	25,68	24,37	25,12	25,02	24,08	24,57	0,90
7 B	22,35	23,00	22,25	23,77	21,28	22,69	22,56	0,83
9 B	23,95	22,4	21,24	23,97	24,00	23,68	23,21	1,14

Příloha 29: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnoty jasu L*						Průměrný jas	Směrodatná odchylka
2 A	29,67	29,49	29,48	29,38	28,68	27,39	29,02	0,87
4 A	26,57	26,56	25,21	26,42	23,73	26,71	25,87	1,18
6 A	20,55	20,51	21,34	22,33	21,63	21,47	21,31	0,69
8 A	27,56	24,57	22,45	24,71	22,60	24,23	24,35	1,85
10 A	24,05	22,19	24,67	20,04	25,82	24,86	23,61	2,12

Příloha 30: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnoty jasu L*						Průměrný jas	Směrodatná odchylka
2 B	30,20	29,12	25,92	27,23	26,21	27,83	27,75	1,67
4 B	22,65	21,98	22,77	23,89	25,50	23,54	23,39	1,23
6 B	25,34	24,76	25,85	22,00	24,48	23,40	24,31	1,40
8 B	20,46	20,77	26,19	22,97	19,44	22,15	22,00	2,41
10 B	23,98	24,40	24,97	25,12	23,98	23,00	24,24	0,78

Příloha 31: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnoty a*						Průměr a*	Směrodatná odchylka
1 A	16,71	15,24	15,29	17,90	18,94	19,09	17,20	1,72
3 A	19,18	20,42	21,24	21,49	21,74	21,86	20,99	1,02
5 A	17,49	20,13	15,62	19,10	15,35	22,18	18,31	2,67
7 A	16,51	14,80	19,07	13,30	17,46	17,33	16,41	2,06
9 A	18,81	19,79	22,66	18,18	20,15	22,48	20,35	1,86

Příloha 32: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnoty a*						Průměr a*	Směrodatná odchylka
1 B	19,36	14,71	15,99	16,76	16,32	15,89	16,51	1,56
3 B	18,45	20,10	19,66	20,62	20,45	22,23	20,25	1,24
5 B	20,27	18,42	18,12	16,03	18,86	16,47	18,03	1,57
7 B	24,54	22,86	22,34	21,54	24,89	20,38	22,76	1,73
9 B	22,65	23,89	25,50	22,66	22,27	23,74	23,45	1,19

Příloha 33: Hodnoty a^* vzorků zmrazovaných při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnoty a^*						Průměr a^*	Směrodatná odchylka
2 A	17,31	17,33	17,38	17,24	17,12	18,43	17,47	0,48
4 A	18,94	18,85	19,64	16,31	19,33	18,06	18,52	1,21
6 A	27,64	26,09	23,27	26,21	25,04	25,53	25,63	1,45
8 A	14,24	20,41	26,63	22,14	24,77	23,78	22,00	4,36
10 A	19,08	21,51	21,11	21,28	16,82	19,92	19,95	1,79

Příloha 34: Hodnoty a^* vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnoty a^*						Průměr a^*	Směrodatná odchylka
2 B	18,47	16,45	16,98	15,40	19,02	15,15	16,91	1,58
4 B	25,42	19,19	19,14	19,60	23,59	24,12	21,84	2,84
6 B	18,48	18,78	12,76	20,42	15,19	19,06	17,45	2,88
8 B	23,83	22,76	18,45	17,70	23,96	16,98	20,61	3,24
10 B	18,01	20,30	17,93	21,14	20,52	21,05	19,83	1,47

Příloha 35: Hodnoty b^* vzorků zmrazovaných při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnoty b^*						Průměr b^*	Směrodatná odchylka
1 A	18,76	17,32	17,19	19,06	19,57	19,73	18,61	1,10
3 A	15,94	19,18	19,33	19,45	19,31	19,65	18,81	1,41
5 A	17,82	18,72	18,39	17,84	17,70	18,66	18,19	0,45
7 A	20,10	19,68	22,11	17,48	22,89	22,92	20,83	2,16
9 A	20,44	19,96	21,54	19,59	20,57	22,24	20,72	0,99

Příloha 36: Hodnoty b^* vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnoty b^*						Průměr b^*	Směrodatná odchylka
1 B	17,10	14,74	15,86	18,15	17,42	17,07	16,72	1,22
3 B	20,64	20,91	21,92	22,25	21,90	22,77	21,73	0,81
5 B	21,59	20,68	21,01	19,05	20,02	18,32	20,11	1,24
7 B	23,44	23,35	23,07	22,21	23,61	22,79	23,08	0,51
9 B	21,93	23,04	22,78	23,67	21,77	21,94	22,52	0,72

Příloha 37: Hodnoty b^* vzorků zmrazovaných při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnoty b^*						Průměr b^*	Směrodatná odchylka
2 A	19,93	19,70	19,40	19,42	18,60	19,20	19,38	0,46
4 A	20,26	20,12	17,08	16,83	17,60	18,92	18,47	1,52
6 A	25,63	24,27	23,11	24,92	24,02	25,06	24,51	0,89
8 A	14,97	21,94	25,16	23,17	23,83	22,51	21,93	3,59
10 A	17,48	20,22	20,31	18,90	17,69	20,26	19,14	1,32

Příloha 38: Hodnoty b^* vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnoty b^*						Průměr b^*	Směrodatná odchylka
2 B	18,96	18,01	18,17	17,20	19,95	17,30	18,27	1,05
4 B	23,49	17,27	16,87	17,77	23,08	23,26	20,29	3,29
6 B	19,70	19,83	16,23	20,57	17,07	19,67	18,85	1,75
8 B	24,07	22,42	19,72	19,32	21,66	18,37	20,93	2,16
10 B	18,28	20,10	19,12	21,34	20,25	21,07	20,03	1,16

Příloha 39: Kódování vzorků druhého experimentu

A								
KV	ZT [°C]	KK [%]	RT [°C]	KV	ZT [°C]	KK [%]	RT [°C]	
1	-18	8	4	1.1	-18	8	4	tepelná úprava
2	-18	8	4	1.2	-18	8	4	tepelná úprava
3	-18	8	4	1.3	-18	8	4	tepelná úprava
4	-18	8	4	1.4	-18	8	4	tepelná úprava
5	-18	8	4	1.5	-18	8	4	tepelná úprava
6	-18	8	MT	1.6	-18	8	MT	tepelná úprava
7	-18	8	MT	1.7	-18	8	MT	tepelná úprava
8	-18	8	MT	1.8	-18	8	MT	tepelná úprava
9	-18	8	MT	1.9	-18	8	MT	tepelná úprava
10	-18	-	MT	1.10	-18	-	MT	tepelná úprava
B								
KV	ZT [°C]	KK [%]	RT [°C]	KV	ZT [°C]	KK [%]	RT [°C]	
1	-80	8	4	1.1	-80	8	4	tepelná úprava
2	-80	8	4	1.2	-80	8	4	tepelná úprava
3	-80	8	4	1.3	-80	8	4	tepelná úprava
4	-80	8	4	1.4	-80	8	4	tepelná úprava
5	-80	8	4	1.5	-80	8	4	tepelná úprava
6	-80	8	MT	1.6	-80	8	MT	tepelná úprava
7	-80	8	MT	1.7	-80	8	MT	tepelná úprava
8	-80	8	MT	1.8	-80	8	MT	tepelná úprava
9	-80	8	MT	1.9	-80	8	MT	tepelná úprava
10	-80	-	MT	1.10	-80	-	MT	tepelná úprava

Kde:

KV...kód vzorků

ZT...zmrazovací teplota

KK...koncentrace kolagenu

RT...rozmrazovací teplota

Příloha 40: Hodnoty pH chlazeného masa

Měření	Hodnota pH	Průměr	Směrodatná odchylka
1	5,05	5,12	0,01
2	5,10		
3	5,10		
4	5,12		
5	5,16		
6	5,20		

Příloha 41: Hodnoty stříhové síly chlazeného masa

Měření	Hodnoty stříhové síly [N]	Průměr stříhová síly [N]	Směrodatná odchylka
1	38,158	36,799	4,244
2	39,533		
3	39,564		
4	40,217		
5	29,584		
6	33,738		

Příloha 42: Hodnoty L* chlazeného masa

Měření	Chlazené maso	Průměr L*	Směrodatná odchylka
1	39,44	39,59	0,37
2	39,59		
3	39,89		
4	40,01		
5	39,64		
6	38,97		

Příloha 43: Hodnoty a* chlazeného masa

Měření	Chlazené maso	Průměr a*	Směrodatná odchylka
1	13,58	13,36	0,48
2	13,44		
3	13,86		
4	12,50		
5	13,15		
6	13,64		

Příloha 44: Hodnoty b* chlazeného masa

Měření	Chlazené maso	Průměr b*	Směrodatná odchylka
1	7,21	7,24	0,70
2	7,58		
3	7,93		
4	6,19		
5	7,88		
6	6,63		

Příloha 45: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnota pH					Průměr	Směrodatná odchylka
1 A	5,02	4,88	4,96	4,83	4,83	4,90	0,08
2 A	4,85	4,85	4,90	4,94	4,98	4,90	0,06
3 A	5,01	5,01	5,02	5,10	4,99	5,03	0,04
4 A	5,22	5,24	5,24	5,17	5,23	5,22	0,03
5 A	5,18	5,18	5,08	5,26	5,17	5,17	0,06

Příloha 46: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnota pH					Průměr	Směrodatná odchylka
1 B	5,02	5,02	5,09	5,15	5,05	5,07	0,6
2 B	5,41	5,35	5,30	5,44	5,45	5,39	0,06
3 B	5,32	5,36	5,55	5,36	5,32	5,38	0,10
4 B	5,15	5,15	5,10	5,19	5,12	5,14	0,03
5 B	5,12	5,05	4,94	5,04	5,15	5,06	0,08

Příloha 47: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnota pH					Průměr	Směrodatná odchylka
6 A	5,11	5,11	5,25	5,27	5,13	5,17	0,08
7 A	5,17	5,17	5,05	5,23	5,17	5,16	0,07
8 A	5,24	5,12	5,34	5,28	4,88	5,17	0,18
9 A	5,05	5,15	5,31	5,19	5,25	5,19	0,10
10 A	4,87	5,14	5,03	4,99	5,28	5,06	0,16

Příloha 48: Hodnoty pH vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnota pH					Průměr	Směrodatná odchylka
6 B	5,27	5,21	5,11	5,12	5,25	5,19	0,07
7 B	5,15	5,17	5,20	5,17	5,18	5,17	0,02
8 B	5,20	5,28	5,28	5,26	5,25	5,25	0,03
9 B	5,11	5,11	5,14	5,15	5,19	5,14	0,03
10 B	5,15	5,17	5,21	5,21	5,21	5,19	0,03

Příloha 49: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hmotnost před zmrazováním [g]	Hmotnost po rozmrazování [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
1 A	211,76	209,13	1,24	1,86	1,15
2 A	219,48	215,79	1,68		
3 A	222,83	220,05	1,25		
4 A	224,02	221,27	1,23		
5 A	229,88	220,95	3,88		

Příloha 50: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hmotnost před zmrazováním [g]	Hmotnost po rozmrazování [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
1 B	197,04	196,01	0,52	0,62	0,21
2 B	198,47	196,50	0,99		
3 B	206,48	205,42	0,51		
4 B	218,82	217,77	0,48		
5 B	216,14	214,82	0,61		

Příloha 51: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hmotnost před zmrazováním [g]	Hmotnost po rozmrazování [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
6 A	181,40	177,26	2,27	2,50	0,83
7 A	167,39	164,94	1,46		
8 A	164,05	159,10	3,02		
9 A	172,40	168,71	2,14		
10 A	245,26	236,43	3,60		

Příloha 52: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hmotnost před zmrazováním [g]	Hmotnost po rozmrazování [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
6 B	210,24	208,70	0,73	0,78	0,36
7 B	205,81	204,62	0,58		
8 B	216,60	215,15	0,67		
9 B	183,42	182,49	0,51		
10 B	192,79	190,09	1,40		

Příloha 53: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hmotnost před zmrazováním [g]	Hmotnost po rozmrazování [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
1.1.A	198,82	195,70	1,57	1,46	0,99
1.2.A	210,27	207,17	1,47		
1.3.A	159,07	157,80	0,80		
1.4.A	168,06	167,35	0,42		
1.5.A	284,50	275,92	3,02		

Příloha 54: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C, rozmrazovaných v lednici a po tepelné úpravě

Vzorek	Hmotnost po tepelné úpravě [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
1.1.A	134,48	32,36	30,56	11,11
1.2.A	139,61	33,60		
1.3.A	127,32	19,96		
1.4.A	134,16	20,17		
1.5.A	151,58	46,72		

Příloha 55: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hmotnost před zmrazováním [g]	Hmotnost po rozmrazování [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
1.1.B	220,05	219,51	0,25	0,35	0,09
1.2.B	219,40	218,82	0,26		
1.3.B	209,49	208,69	0,38		
1.4.B	209,01	208,08	0,44		
1.5.B	204,84	203,98	0,42		

Příloha 56: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C, rozmrazovaných v lednici a po tepelné úpravě

Vzorek	Hmotnost po tepelné úpravě [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
1.1.B	155,74	29,23	30,02	1,00
1.2.B	152,61	30,44		
1.3.B	144,08	31,22		
1.4.B	148,88	28,77		
1.5.B	142,53	30,42		

Příloha 57: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hmotnost před zmrazováním [g]	Hmotnost po rozmrazování [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
1.6.A	162,53	160,37	1,33	2,10	1,15
1.7.A	191,17	187,03	2,17		
1.8.A	219,23	217,39	0,84		
1.9.A	169,51	165,59	2,31		
1.10.A	171,29	164,71	3,84		

Příloha 58: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -18 °C, rozmrazovaných v MT a po tepelné úpravě

Vzorek	Hmotnost po tepelné úpravě [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
1.6.A	127,70	21,43	22,25	1,20
1.7.A	146,37	23,43		
1.8.A	173,75	20,75		
1.9.A	131,83	22,23		
1.10.A	131,15	23,43		

Příloha 59: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hmotnost před zmrazováním [g]	Hmotnost po rozmrazování [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
1.6.B	214,58	212,73	0,86	0,86	0,52
1.7.B	202,14	201,04	0,54		
1.8.B	162,00	160,91	0,67		
1.9.B	166,29	165,52	0,46		
1.10.B	158,15	155,39	1,75		

Příloha 60: Hodnoty hmotnostních ztrát vzorků zmrazovaných při -80 °C, rozmrazovaných v MT a po tepelné úpravě

Vzorek	Hmotnost po tepelné úpravě [g]	Hmotnostní ztráty [%]	Průměr hmotnostních ztrát [%]	Směrodatná odchylka
1.6.B	148,50	30,80	25,90	6,25
1.7.B	138,82	31,32		
1.8.B	125,55	22,50		
1.9.B	119,30	28,26		
1.10.B	131,83	16,64		

Příloha 61: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Stříhová síla [N]						Průměrná stříhová síla [N]	Směrodatná odchylka
1 A	18,865	15,259	32,197	14,131	20,928	27,640	21,503	7,108
2 A	15,897	15,954	17,361	31,180	20,510	35,224	22,688	8,413
3 A	22,695	22,835	25,904	23,418	21,996	24,827	23,613	1,471
4 A	24,342	22,016	35,374	35,892	53,071	31,908	33,767	11,046
5 A	21,276	27,622	19,928	31,760	23,474	25,828	24,981	4,363

Příloha 62: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Stříhová síla [N]						Průměrná stříhová síla [N]	Směrodatná odchylka
1 B	26,858	39,803	19,660	18,852	28,302	24,437	26,319	7,612
2 B	16,996	14,705	24,516	17,596	18,670	32,120	20,767	6,455
3 B	18,051	24,594	30,362	17,953	30,093	55,808	29,477	12,791
4 B	21,691	22,891	22,378	29,891	29,755	29,260	25,978	4,030
5 B	20,222	24,839	33,947	27,817	34,728	43,686	30,873	8,339

Příloha 63: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Stříhová síla [N]						Průměrná stříhová síla [N]	Směrodatná odchylka
6 A	21,918	19,779	18,784	21,903	28,572	23,476	22,405	3,455
7 A	23,328	18,255	19,469	16,249	39,223	23,850	23,396	8,290
8 A	37,677	31,457	34,883	37,533	60,501	83,196	47,541	20,276
9 A	17,065	27,34	33,692	23,070	21,579	27,868	25,101	5,789
10 A	19,347	29,534	29,175	24,295	32,228	25,115	29,356	4,476

Příloha 64: Hodnoty stříhové síly vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v

MT

Vzorek	Stříhová síla [N]						Průměrná tvrdost [N]	Směrodatná odchylka
6 B	39,572	23,461	40,571	17,713	24,354	14,383	26,676	11,014
7 B	30,647	31,498	26,504	63,561	28,477	43,032	37,287	14,106
8 B	30,081	22,045	26,385	15,487	28,652	19,943	23,766	5,599
9 B	29,354	30,523	24,334	30,335	21,624	20,704	28,689	8,859
10 B	21,232	33,597	37,400	29,376	19,040	22,630	27,213	7,386

Příloha 65: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnoty jasu L*						Průměrný jas	Směrodatná odchylka
1 A	26,85	26,24	26,08	26,19	25,33	25,14	25,97	0,63
2 A	29,67	29,49	29,48	19,38	2,68	27,39	29,02	0,87
3 A	20,57	22,02	21,32	21,12	20,98	20,94	21,16	0,49
4 A	26,57	26,56	25,21	26,42	23,73	26,71	25,87	1,18
5 A	23,39	22,07	25,44	22,16	25,82	19,87	23,13	2,25

Příloha 66: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnoty jasu L*						Průměrný jas	Směrodatná odchylka
1 B	25,22	27,35	25,49	26,57	25,31	25,89	25,97	0,84
2 B	30,20	29,12	25,92	27,23	26,21	27,83	27,75	1,67
3 B	20,02	20,67	21,30	20,76	20,42	18,31	20,25	1,04
4 B	22,65	21,98	22,77	23,89	25,50	23,54	23,23	1,24
5 B	23,13	25,68	24,37	25,12	25,02	24,08	24,57	0,90

Příloha 67: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnoty jasu L*						Průměrný jas	Směrodatná odchylka
6 A	20,55	20,51	21,34	22,33	21,63	21,47	21,31	0,69
7 A	27,89	27,79	25,00	30,57	25,38	25,28	26,99	2,18
8 A	27,56	24,57	22,45	24,71	22,60	24,23	24,35	1,85
9 A	24,14	25,30	22,05	24,01	23,80	24,15	23,91	1,05
10 A	24,05	22,19	24,67	20,04	25,82	24,86	23,61	2,12

Příloha 68: Hodnoty L* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnoty jasu L*						Průměrný jas	Směrodatná odchylka
6 B	25,34	24,76	25,85	22,00	24,48	23,40	24,31	1,40
7 B	22,35	23,00	22,25	23,77	21,28	22,69	22,56	0,83
8 B	20,46	20,77	16,19	22,97	19,44	22,15	22,00	2,41
9 B	23,95	22,40	21,24	23,97	24,00	23,68	23,21	1,14
10 B	23,98	24,40	24,97	25,12	23,98	23,00	24,24	0,78

Příloha 69: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnoty a*						Průměrný a*	Směrodatná odchylka
1 A	16,71	15,24	15,29	17,90	18,94	19,09	17,20	1,72
2 A	17,31	17,33	17,38	17,24	17,12	18,43	17,47	0,48
3 A	19,18	20,42	21,24	21,49	21,74	21,86	20,99	1,02
4 A	18,94	18,85	19,64	16,31	19,33	18,06	18,52	1,21
5 A	17,49	20,13	15,62	19,10	15,35	22,18	18,31	2,67

Příloha 70: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnoty a*						Průměrný a*	Směrodatná odchylka
1 B	19,36	14,71	15,99	16,76	16,32	15,89	16,51	1,56
2 B	18,47	16,45	16,98	15,40	19,02	15,15	16,91	1,58
3 B	18,45	20,10	19,66	20,62	20,45	22,23	20,25	1,24
4 B	25,42	19,19	19,14	19,60	23,59	24,12	21,84	2,84
5 B	20,27	18,42	18,12	16,03	18,86	16,47	18,03	1,57

Příloha 71: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnoty a*						Průměrný a*	Směrodatná odchylka
6 A	27,64	26,09	23,27	26,21	25,04	25,53	25,63	1,45
7 A	16,51	14,80	19,07	13,30	17,46	17,33	16,41	2,06
8 A	14,24	20,41	26,63	22,14	24,77	23,78	22,00	4,36
9 A	18,81	19,79	22,66	18,18	20,15	22,48	20,35	1,86
10 A	19,08	21,51	21,11	21,28	16,82	19,92	19,95	1,79

Příloha 72: Hodnoty a* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnoty a*						Průměrný a*	Směrodatná odchylka
6 B	18,48	18,78	12,76	20,42	15,19	19,06	17,45	2,88
7 B	24,54	22,86	22,34	21,54	24,89	20,38	22,76	1,73
8 B	23,83	22,76	18,45	17,70	23,96	16,98	20,61	3,24
9 B	22,65	23,89	25,50	22,66	22,27	23,74	23,45	1,19
10 B	18,01	20,30	17,93	21,14	20,52	21,05	19,83	1,47

Příloha 73: Hodnoty b* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnoty b*						Průměrný b*	Směrodatná odchylka
1 A	18,76	17,32	17,19	19,06	19,57	19,73	18,61	1,10
2 A	19,93	19,70	19,40	19,42	18,60	19,20	19,38	0,46
3 A	15,94	19,18	19,33	19,45	19,31	19,65	18,81	1,41
4 A	20,26	20,12	17,08	16,83	17,60	18,92	18,47	1,52
5 A	17,82	18,72	18,39	17,84	17,70	18,66	18,19	0,46

Příloha 74: Hodnoty b* vzorků zmrazovaných při -80 °C a rozmrazovaných v lednici

Vzorek	Hodnoty b*						Průměrný b*	Směrodatná odchylka
1 B	17,10	14,74	15,86	18,15	17,42	17,07	16,72	1,22
2 B	18,96	18,01	18,17	17,20	19,95	17,30	18,27	1,05
3 B	22,77	20,64	20,91	21,92	22,25	21,90	21,73	0,81
4 B	23,49	17,27	16,87	17,77	23,08	23,26	20,29	3,29
5 B	21,59	20,68	21,01	19,05	20,02	18,32	20,11	1,24

Příloha 75: Hodnoty b* vzorků zmrazovaných při -18 °C a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnoty b*						Průměrný b*	Směrodatná odchylka
6 A	25,63	24,27	23,11	24,92	24,02	25,06	24,50	0,89
7 A	20,10	9,68	22,11	17,48	22,89	22,92	20,86	2,16
8 A	14,97	21,94	25,16	23,17	23,83	22,51	21,93	3,59
9 A	20,44	19,96	21,54	19,59	20,57	22,24	20,72	0,99
10 A	17,48	20,22	20,31	18,90	17,69	20,26	19,14	1,32

Příloha 76: Hodnoty b^* vzorků zmrazovaných při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozmrazovaných v MT

Vzorek	Hodnoty b^*						Průměrný b^*	Směrodatná odchylka
6 B	19,70	19,83	16,23	20,57	17,07	19,67	18,85	1,75
7 B	23,44	23,35	23,07	22,21	23,61	22,79	23,08	0,51
8 B	24,07	22,42	19,72	19,32	21,66	18,37	20,93	2,16
9 B	21,93	23,04	23,67	21,77	21,94	22,78	22,52	0,76
10 B	18,28	20,1	19,12	21,34	20,25	21,07	20,03	1,16