

Vlastnosti směsi pro výrobu mražených krémů

Bc. Marcela Tomanová

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. Marcela Tomanová
Osobní číslo:	T19430
Studijní program:	N0721A210004 Technologie potravin
Studijní obor:	Technologie potravin
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Vlastnosti směsi pro výrobu mražených krémů

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

- 1. Charakteristika mražených krémů.**
- 2. Využití potravinářských přídatných látek ve výrobě mražených krémů.**
- 3. Technologie výroby mražených krémů.**

II. Praktická část

- 1. Vyrobte modelové vzorky směsí mražených krémů s různou surovinovou skladbou.**
- 2. Sledujte reologické vlastnosti modelových směsí a texturní vlastnosti modelových vzorků mražených krémů.**
- 3. Vyhodnoťte a porovnejte sledované parametry modelových vzorků, diskutujte je s literaturou a vyvoďte závěry.**

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] BHRAMPARVAR, Maryam a Mostafa MAZAHERI TEHRANI. Application and Functions of Stabilizers in Ice Cream. *Food Reviews International* [online]. 2011, 27(4), 389-407
- [2] CLARKE, C. (2012) *The science of ice cream*. Cambridge, UK: RSC Pub
- [3] LOMOLINO, Giovanna, Stefania ZANNONI, Andrada ZABARA, Matteo DA LIO a Alberto DE ISEPPI. Ice recrystallisation and melting in ice cream with different proteins levels and subjected to thermal fluctuation. *International Dairy Journal*. 2020, 100
- [4] CAVENDER, George A. a William L. KERR. Microfluidization of full fat ice cream mixes: Effects on rheology and microstructure. *Journal of Food Process Engineering*. 2019, 43(2)
- [5] SIMSEK, Bediä, Arzu AKSOY, Selin KIRHAN a Deniz SAHIN TOPCU. Effects of mastic gum (*Pistacia lentiscus*) on chemical, rheological, and microbiological properties of yogurt ice cream. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2019, 43(7)

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Vendula Pachlová, 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 vlivem stabilizátorů na vlastnosti směsi pro výrobu mražených krémů. Teoretická část obsahuje charakteristiku mražených krémů, využití potravinářských přídatných a pomocných látek ve výrobě mražených krémů a technologii výroby mražených krémů. Dále se zaměřuje na popis vybraných metod pro posouzení mražených krémů.

Praktická část je zaměřena na popis reologických vlastností modelových směsí pro výrobu mražených krémů v závislosti na obsahu mléčného tuku a přídavku κ -karagenanu a furcellaranu. Dále byly vyhodnoceny tvrdost a násleh vyrobených modelových vzorků mražených krémů v závislosti na rozdílné surovinové skladbě a přídavku hydrokoloidu. Jsou zde popsány čtyři skupiny modelových vzorků mražených krémů o různé tučnosti (2,5; 5; 10; 15 %) a třech koncentracích použitých hydrokoloidů κ -karagenanu a furcellaranu (0,1; 0,2; 0,3 %). Z výsledků vyplynulo, že viskozita klesá s rychlostí smykové deformace. Přídavek hydrokoloidu zvyšuje hodnotu viskozity. Dále se se zvyšující se koncentrací hydrokoloidu zvyšuje tvrdost mražených krémů. Chování hydrokoloidu κ -karagenanu a furcellaranu u modelových vzorků bylo velmi podobné.

Klíčová slova: mražený krém, κ -karagenan, furcellaran,

ABSTRACT

The thesis deals with the influence of stabilizers on the properties of a mixture for the production of frozen creams. The theoretical part contains the characteristics of frozen creams, the use of food additives and auxiliary substances, and the technology of production of frozen creams. It also focuses on the description of selected methods for the assessment of frozen creams.

The practical part is focused on the description of rheological properties of model mixtures for the production of frozen creams depending on the content of milk fat and the addition of k-carrageenan and furcellaran. Furthermore, the hardness and overrun of the produced model samples of frozen creams were evaluated depending on the different raw material composition and the addition of hydrocolloid. Four different groups of model samples of frozen creams with different fat contents (2.5; 5; 10; 15 %) and three concentrations of the used k-carrageenan and furcellaran hydrocolloids (0.1; 0.2; 0.3 %) were described. The results showed that the viscosity decreases with the rate of shear deformation. The addition of a hydrocolloid increases the viscosity value. Furthermore, with the increase of the concentration of hydrocolloid, the hardness of the frozen creams increases. The behaviour of the hydrocolloid k-carrageenan and furcellaran in the model samples was very similar.

Keywords: frozen cream, κ -carrageenan, furcellaran

Ráda bych poděkovala své vedoucí diplomové práce, doc. Ing. Vendule Pachlové, Ph.D., za odborné vedení, ochotu a cenné rady. Dále bych poděkovala mé rodině, která se mnou měla trpělivost a podporovala mě při studiu, zvláště svému muži Ing. Petru Tomanovi za odbornou pomoc při práci s MS Office.

Motto

Kdo chce hýbat světem, musí pohnout nejdříve sám sebou.

Sókratés

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 MRAŽENÉ KRÉMY	12
1.1 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY	12
1.2 SLOŽENÍ MRAŽENÉHO KRÉMU	14
1.2.1 Voda	14
1.2.2 Sacharidy	15
1.2.3 Mléčná tukuprostá sušina	16
1.2.4 Tuk	17
1.2.5 Látky ovlivňující chuť a vůni	18
1.2.6 Barviva	20
2 VYUŽITÍ POTRAVINÁŘSKÝCH PŘÍDATNÝCH A POMOCNÝCH LÁTEK VE VÝROBĚ MRAŽENÝCH KRÉMŮ	21
2.1 EMULGÁTORY	21
2.2 STABILIZÁTORY	23
2.2.1 Stabilizátory proteinové	23
2.2.2 Stabilizátory polysacharidové	24
3 TECHNOLOGIE VÝROBY MRAŽENÝCH KRÉMŮ	27
4 POPIS VYBRANÝCH METOD PRO POSOUZENÍ MRAŽENÝCH KRÉMŮ	31
4.1 REOLOGIE	31
4.1.1 Dělení kapalin	32
4.2 TEXTURNÍ VLASTNOSTI	35
4.3 MIKROBIOLOGIE.....	37
4.4 NÁŠLEH.....	38
4.5 ROZTÉKAVOST	38
4.6 STABILITA	39
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
5 CÍLE PRÁCE	41
6 MATERIÁL A METODY	42
6.1 PŘÍPRAVA VZORKŮ	42
6.2 MĚŘENÍ REOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ.....	45
6.3 MĚŘENÍ TEXTURNÍCH VLASTNOSTÍ.....	47
6.4 MĚŘENÍ NÁŠLEHU	48
7 VÝSLEDKY A DISKUSE	49
7.1 VYHODNOCENÍ REOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ MODELOVÝCH VZORKŮ	49

7.1.1	Vyhodnocení viskozity.....	49
7.1.2	Vyhodnocení smykového napětí	55
7.1.3	Vyhodnocení reologických vlastností - „Power Law model“	61
7.2	VYHODNOCENÍ TEXTURNÍCH VLASTNOSTÍ MODELOVÝCH VZORKŮ	62
7.3	VYHODNOCENÍ NÁŠLEHU MODELOVÝCH VZORKŮ	66
ZÁVĚR		68
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		69
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		73
SEZNAM OBRÁZKŮ		74
SEZNAM TABULEK.....		76

ÚVOD

Mražené krémy jsou oblíbenými výrobky po celém světě. Jejich spotřeba stoupá v letních měsících, kdy je mražený krém vyhledáván pro svoji osvěžující chuť. Uvádí se do oběhu mražený a takový je určen ke konečné spotřebě.

Mražené krémy jsou převážně složeny z vody, mléka, smetany, cukru a také obohacujících látek jako jsou stabilizátory, emulgátory, barviva, přičemž ne všechny složky musí být vždy v mražených krémech zastoupeny. Výroba mražených krémů se neobejde bez použití hydrokoloidů, které napomáhají vzniku jemné konzistence a dokonalé vazby vody. Hydrokoloidy napomáhají vytvoření homogenní hladké konzistence a zjemnění chuťového vjemu u mražených krémů. Tyto látky tvoří doplňující složku mléčných výrobků a jejich použití musí splňovat legislativní a zdravotnické normy.

Nejdůležitější operací při výrobě mražených krémů je zmrazování, jehož účelem je přeměna vody ve směsi na ledové krystalky malých rozměrů a jejich jemné rozptýlení ve směsi. Ke zmrazování se používá freezer, což je zmrazovací zařízení, v jehož vnitřní části je vrstva zmražené směsi na povrchu válce seškrabována rotačními noži. Také dochází k promíchávání a zašlehávání vzduchu. Vzniklá našlehaná směs je plněna do forem, do spotřebitelského balení nebo tvarována pomocí extruze. Pak následuje vytužování. Cílem je co nejrychlejší zmrazení, které podpoří krystalizaci zbylé vody do malých ledových krystalků.

V diplomové práci jsou mražené krémy charakterizovány a je popsáno i využití přídatných látek při jejich výrobě. V praktické části byly sledovány reologické vlastnosti modelových směsí pro výrobu mražených krémů v závislosti na obsahu mléčného tuku a přídavku κ-karagenanu a furcellaranu. Dále byly posouzeny tvrdost a nášlehy vyrobených modelových vzorků mražených krémů v závislosti na rozdílné surovinové skladbě a přídavku hydrokoloidu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MRAŽENÉ KRÉMY

1.1 Legislativní požadavky

Mražené krémy jsou definovány vyhláškou č. 397/2016 Sb. v platném znění jako výrobky, které jsou získávány zmrazením směsi připravené v závislosti na skupině mraženého krému zejména vody, mléka, smetany, tuku, cukru a dalších složek, pevné nebo pastovité konzistence, který je uváděn na trh a určen ke konečné spotřebě ve zmrazeném stavu. Zmrazení je dle této vyhlášky definován technologický proces konzervace výrobků rychlým snížením teploty na teplotu minus 18 °C a nižší v souladu s vyhláškou o požadavcích vztahujících se na některé zmrazené potraviny [1].

Vyhláška 397/2016 v platném znění současně také rozděluje mražené krémy do skupin a podskupin, které jsou uvedeny v Tabulce 1.

Tabulka 1 – Rozdělení mražených krémů dle přílohy č. 8 vyhlášky 397/2016 Sb [1]

Druh	Skupina	Podskupina
Mražený krém	smetanový	podle použité ochucující složky např.: vanilkový jahodový malinový meruňkový citrónový pomerančový oříškový pistáciový čokoládový karamelový kávový kakaový
	mléčný	
	s rostlinným tukem	
	vodový	
	ovocný	
	sorbet	

Dle použitých surovin se mražené krémy dělí:

- Mléčné – jsou připravovány tepelnou cestou z mléka, vajec a cukru, nesmí obsahovat rostlinný tuk. Musí obsahovat nejméně 2,5 % mléčného tuku a nejméně 6 % netučné mléčné sušiny [1].
- Smetanové – jsou připravovány jako mléčné a přidává se smetana, obsahují nejméně 8 % výhradně mléčného tuku, nesmí obsahovat rostlinný tuk [1].
- S rostlinným tukem – obsahují nejméně 5 % rostlinného tuku.

- Vodové – obsahují hlavně vodu a cukry, bez jakéhokoliv přidaného cukru [1].
- Ovocné – vyrábí se z vody, obsahují nejméně 15 % ovocné složky, ale pro některé druhy ovoce je hranice snížena na 10 % (citrusy a exotické ovoce). Obsah ořechů nejméně 5 % [1].
- Sorbet – bez přídavku tuků a s obsahem ovoce nejméně 25 % ovocné složky, pokud se jedná o citrusy a exotické ovoce je dolní hranice 15 %. Obsah ořechů je nejméně 7 % [1].

Limity pro jednotlivé suroviny určené pro výrobu mražených krémů jsou shrnuty v následující tabulce č. 2.

Tabulka 2 – Fyzikální a chemické požadavky na jakost mražených krémů dle přílohy č. 9 vyhlášky 397/2016 Sb.

Druh	Celková sušina (v % hmot. nejméně)	Tukuprostá mléčná sušina (v % hmot. nejméně)	Mléčný tuk (v % hmot. nejméně)	Ovocná složka (v % hmot. nejméně)	Suché skořápkové plody (v % hmot. nejméně)
Mražený krém smetanový			8,0		
Mražený krém mléčný		6,0	2,5		
Mražený krém s rostlinným tukem			5,0 (obsah rostlinného tuku)		
Mražený krém vodový	12,0				
Mražený krém ovocný	12,0			15,0	5,0
Mražený krém sorbet	12,0			25,0	7,0

Mražený smetanový krém je polydisperzní systém, jeho struktura určuje konzistenci (pocit v ústech), vzhled, chuť a stabilitu výrobku. Disperzním prostředím je roztok cukru v mléčné plazmě, ve kterém jsou dispergovány: [2]

- Vzduchové bubliny – vytvářejí lehkou a plastickou konzistenci mražených krémů a snižují rychlost přenosu tepla a tím zmírňují chladivý pocit v ústech. Hodně velké vzduchové bubliny způsobují křehkost výrobku [3].
- Tukové kuličky – pokrývají stěny vzduchových bublin, jednak jejich shluky, které vznikají při šlehání. Vzduchové bubliny spojují a stabilizují pěnu i po roztání [3].

- Krystaly laktózy – vytvářejí se při přesycení vodné fáze v průběhu mražení. Průměrná velikost krystalů by měla být max. 10 μm , jelikož větší krystaly způsobují písčítost výrobku [3].
- Krystalky ledu – vyvolávají chladivý pocit v ústech. Jejich průměrná velikost by neměla překročit 50 μm , jelikož větší krystalky způsobují hrubou konzistenci a písčítost. Velikost krystalů závisí na intenzitě míchání a rychlosti chlazení při zmrazování a rychlosti ztužování. Velké krystaly také mohou vznikat rekrystalizací při kolísání teploty v průběhu skladování výrobku [3].

1.2 Složení mraženého krému

Složení výrobků je různorodé, závisí na druhu mraženého výrobku. Suroviny použité k výrobě mražených krémů, spadají do příslušných platných prováděcích vyhlášek dle zákona o potravinách, a musí splňovat předpisy hygienické a legislativní [4].

Mražený krém se především skládá z vody, tuku, mléčné tukuprosté sušiny, sacharidů, stabilizátorů, emulgátorů, aromatických látek a dalších komponent [5].

Typické složení různých typů mražených krémů je uvedeno v tabulce 3.

Tabulka 3 – Typické složení mražených krémů [6]

Typ mraženého krému	Tuk % hm.	MTPS % hm.	Cukr % hm.	E/S % hm.	Voda % hm.	Nášleh % hm.
Desertní	15	10	15	0,3	59,7	110
Smetanový	10	11	14	0,4	64,6	100
Mléčný	4	12	13	0,6	70,4	85
Ovocný	2	4	22	0,4	71,6	50
Vodový	0	0	22	0,2	77,8	0

1.2.1 Voda

Voda přidávaná do základní směsi musí splňovat požadavky pro vodu pitnou. Množství vody v potravinách ovlivňuje charakteristické organoleptické vlastnosti potravin (texturu, chuť, vůni, barvu) a také jejich odolnost vůči mikrobiálnímu náporu, enzymatické a neenzymatické reakce, ke kterým dochází během zpracování a skladování [7].

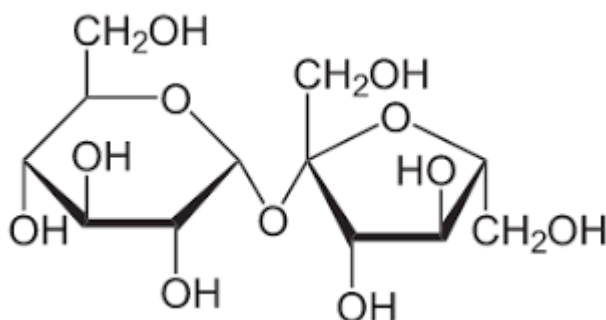
U části nanuků tvoří největší hmotnostní procento. V současné době, z hlediska mikrobiologické čistoty, manipulace a uskladnění jsou ostatní složky dodávány v sušené formě [8].

1.2.2 Sacharidy

Jsou to polyhydroxyketony a polyhydroxyaldehydy, které obsahují v molekule minimálně tři uhlíkové atomy. Sloučeniny se z nich tvoří vzájemnou kondenzací [9].

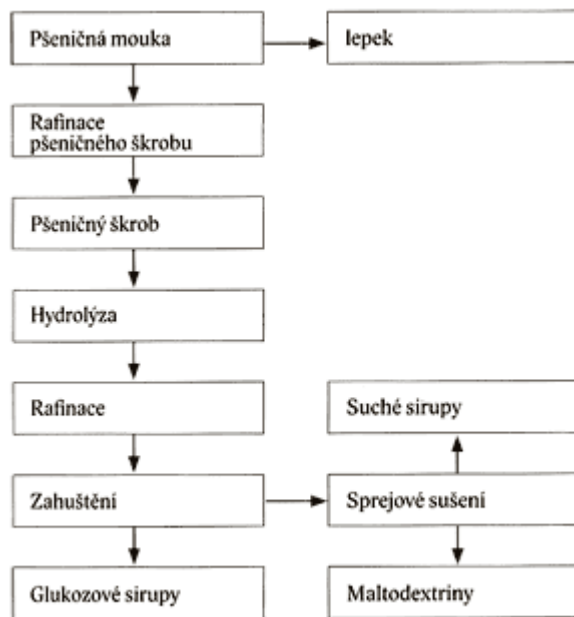
Sacharidy sladké chuti se obecně nazývají cukry. Přidávají se do základní směsi, proto aby se upravil obsah mléčné tukuprosté sušiny mražených krémech a osladil ji podle chuti zákazníků. Dále má obsah cukru vliv na proces zmrazování, kdy snižuje bod mrznutí celé směsi. Zmrzlinová směs obsahuje 10 až 18 % cukru [10].

Sacharóza je nejpoužívanějším cukrem při výrobě mražených krémů. Jedná se o neredukující disacharid, který je označován jako řepný nebo třtinový cukr Obrázek 1. Hlavním průmyslovým zdrojem sacharózy v našem podnebném pásu je cukrová řepa (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*). Sladivost sacharózy je stoprocentní. Nejvhodnější forma cukru používaného při výrobě mražených krémů je krupice nebo krystal. Lze použít rafinovaný i nerafinovaný cukr [11].



Obrázek 1 – Strukturní vzorec sacharózy [8]

Při výrobě mražených krémů je využíván také **glukózový sirup**, který je vyráběn ze škrobu, viz. Obrázek 2, buď kyselou nebo enzymatickou hydrolýzou. Základním rozdílem mezi těmito hydrolýzami je odlišné štěpení škrobu. Při enzymatické hydrolýze je možné získat pestrou škálu hydrolyzátu, podle toho, jaké byly použity enzymy a za jakých reakčních podmínek tato hydrolýza probíhá. Při kyselé hydrolýze převládají zpočátku dextryny a dále se zvyšujícím se tzn. dextrózovým ekvivalentem (vyjadřuje hloubku zcukření, dále DE) jejich množství klesá a přibývá glukóza. [9] Při výrobě mražených krémů se používá pouze glukózový sirup, vyrobený enzymatickou hydrolýzou o sušině 75 až 79 % a s DE 40 [12].



Obrázek 2 – Technologický postup výroby glukozového sirupu [12]

1.2.3 Mléčná tukuprostá sušina

Mléčná tukuprostá sušina (MTPS) vytváří chuťový základ výrobku a mléčné bílkoviny se podílí na zvýšení viskozity směsi a stabilizaci pěny. Při homogenizaci se vytváří také nové obaly tukových kuliček. MTPS obsahuje syrovátkové proteiny, kasein, laktózu, minerály a popel z produktu, ze kterého byla tukuprostá sušina získána. Tyto složky jsou důležité z důvodu zlepšení textury zmrzliny, kvůli přítomnosti proteinů, dále zajišťují tvar konečného produktu. Obsah mléčné tukuprosté sušiny závisí na obsahu tuku ve směsi, kde musí platit vztah [2]:

$$\%MTPS = 0,15 \times (100 - (\%tuku + \%cukru + \%stabilizátorů)) \quad \text{rov. 1}$$

Mezi nejvíce využívané zdroje MTPS se řadí sušená smetana, sušené mléko, čerstvé kravské mléko, odstředěné mléko, sušená syrovátka (demineralizovaná), sušené podmásli [13].

Čerstvé mléko je polydisperzní systém. Hodnota pH u kravského mléka se pohybuje 6,5 až 6,7. Obsahuje 87,5 % vody a 12,5 % sušiny. Mléko je bohaté na živiny. Obsahuje 3,2 až 3,6 % dusíkatých látek, 3,5 až 4,5 % tuku, 4 až 5 % sacharidů a asi do 1 % minerálních látek. Obsahuje také vitamíny, enzymy, plyny a hormony. Pro výrobu zmrzliny se čerstvé (pasterované) mléko používá minimálně. Pasterované mléko se používá pro výrobu sušeného mléka [14].

U mražených krémů je nejdůležitější mléčný tuk, který ovlivňuje jejich sensorické vlastnosti, jako je hladkost a plnost. Pro výrobu mražených krémů by mělo být použito plnotučné mléko, což znamená s obsahem tuku 3,5 % [15].

Sušené mléko je podle vyhlášky 397/2016 Sb. § 2 písmena f) je sušeným mlékem, mléčný výrobek prášku získaný sušením mléka plnotučného, odtučněného nebo smetany nebo jejich směsi, s obsahem vody nejvýše 5 % hmotnostních [1]. Při výrobě sušeného mléka je odstraněna část nebo veškerá volná voda. Voda může být v čerstvém mléku hostitelem mikroorganismů a dojde-li k odstranění vody, klesne počet mikroorganismů v sušeném mléku a následně i v mražených krémech, které budou ze sušeného mléka vyrobeny [16]. Sušená mléka určená pro výrobu mražených krémů jsou vyráběna mlhovým rozprašováním. Prášek sušeného mléka tímto způsobem má vysokou kvalitu, ale špatnou smáčivost, která je dána vlivem struktury vzniklé při mlhovém rozprašování, a proto po jistou dobu odpuzuje vodu, což způsobí potíže při jeho zpětném rozpouštění. Mléčný prášek usušený rozprašováním je bílý s nádechem do žluta. Sušené mléko mívá obvykle 2-3% zbytkové vody a tučnost mléka se upravuje na stanovený standard [17]. Podle tučnosti se sušená mléka dělí na odtučněná, plnotučná a polotučná mléka. Sušené mléko odtučněné obsahuje 1,5 % tuku v sušině a nejméně 95 % sušiny, sušené mléko plnotučné obsahuje nejméně 95 % sušiny a 26 až 28 % tuku v sušině a sušené mléko polotučné obsahuje nejméně 95 % sušiny a 14 % tuku v sušině [1].

Sušená syrovátka se při výrobě mražených krémů používá kvůli snížení nákladů, je zde však riziko, že může mražený krém znehodnotit sensoricky. Může způsobit písčitost, protože vykrytalizuje laktóza, nebo vzniká hořký vjem, který je způsoben syrovátkovými bílkovinami [16].

Sušené podmásli přispívá ke zlepšení skladby mražených mléčných výrobků, také chutě a dietické hodnoty [18].

1.2.4 Tuk

Je významný pro chuť mražených krémů, tak pro jeho konzistenci, stabilitu při tání a jeho vzhled. Dodává mraženým krémům jemnou strukturu. Když jsou mražené krémy vysokotučné, mají suchou až zrnitou texturu a mražené krémy nízkotučné mají konzistenci měkkou až mazlavou [2].

Z ekonomických důvodů je mléčný tuk nahrazován tukem rostlinným. Kvalitnější mražené krémy používají mléčný tuk ve formě smetany nebo másla [19].

Čerstvá smetana je standardizována na optimální tučnost dle vypočtené receptury. Smetana je získávána oddělením z pasterovaného plnotučného mléka na odstředivkách [6]. Smetana musí mít vůni a chuť čistou, bez cizích necharakteristických příchutí a pachů. Chuť má být lehce nasládlá, konzistence stejnorodá, bez tukových hrudek a kaseinových vloček. Z tržních druhů se k výrobě mražených krémů používají smetany ke šlehání s obsahem tuku 33 %. Obsah smetany se dnes v mražených krémech snižuje z hlediska ekonomického, kontaminujícího a skladovacího. Použití smetany má však svoji tradici a výsledný produkt je pro většinu zákazníků zárukou kvality. [4].

Máslo je velmi vhodné na úpravu tučnosti mražených krémů. Musí být čerstvé a vyrobené ze sladké smetany. V případě uskladněného másla se mohou vyskytovat chuťové vady. Použití másla v porovnání se smetanou komplikuje technologický proces výroby, protože může docházet ke zhoršení šlehatelnosti z důvodu nedostatku fosfolipidů (lecitinu), který odchází do podmásli [20].

Rostlinným tukem a olejem se rozumí olej a tuk získaný ze semen, plodů olejnatých rostlin. Obsahují jako hlavní složku triacylglyceroly nenasycených a nasycených mastných kyselin. Výhodou použití rostlinných tuků je jejich delší trvanlivost a snadné skladování a je to také nižší cena. Negativem použití rostlinných tuků je zhoršená chuť mražených krémů, jelikož se zvyšuje intenzita chuti syrovátky a zvyšuje intenzitu nepříjemné příchuti.

Při výrobě mražených krémů se používá kokosový olej, díky kterému mají mražené krémy velmi charakteristickou chuť. Kokosový olej se používá z technologických důvodů, je tuhý a lépe se zpracovává, dává také mraženému krému hladkou jemnou texturu, a proto se tyto výrobky neroztékají a při konzumaci drží lépe konzistenci. Použitím kokosového oleje lze velmi dobře upravovat teplota tání. Kokosový olej se skládá z nasycených mastných kyselin, u kterých je bod tání závislý na počtu uhlíků v řetězci, čím vyšší počet uhlíků v řetězci, tím se zvyšuje bod tání. Kokosový olej je také používán pro svoji nízkou cenu [4].

1.2.5 Látky ovlivňující chuť a vůni

Jsou to látky, které doplňují celkový dojem konzumované zmrzliny a ovlivňují spokojenost spotřebitelů s výrobkem, dodávají výrobku požadovanou chuť a aroma.

Aromatické látky rozdělujeme na:

- Přírodní aromatické látky – izolované z rostlinných a živočišných zdrojů, fyzikálními, mikrobiálními nebo enzymovými postupy. Použití těchto látek nemusí

být vždy výhodné, z hlediska nedostatečné intenzity chuti v návaznosti na fázi zralosti, mechanické poškození a dobu sklizně [21].

- Přírodně identické aromatické látky – jsou chemickou strukturou stejné s látkami přirozeně přítomnými, ale vyrábí se chemickými postupy [21].
- Umělé aromatické látky – se získávají chemickou syntézou a v přírodě se přirozeně nevyskytují [21].

V mražených krémech se nejčastěji používají přírodní aromatické látky, ale chuť, vůni a další vlastnosti ovlivňuje i přídavek ovocné složky. Mezi toto ovoce patří jahody, maliny, borůvky, višně, třešně, broskve, ale také tropické ovoce jako např. banány, pomeranče, ananas, maracuja, papaya, mango, kiwi a další. Také lze použít zeleninu a produkty z ní, které se podobají svými vlastnostmi ovoci, jako je např. meloun, tykev, rebarbora. Dále se používá pasterované ovoce, ve formě protlaků, džemů, sirupů [4].

Do mražených krémů lze také přidat práškové chuťové směsi. Nejrozšířenější příchut' poskytuje kakaový prášek, který se získává z bobů kakaovníku *Theobroma cacao*. Kakao je pochutinou, která příznivě ovlivňuje zdraví člověka, díky obsaženým bioaktivním látkám, polyfenolům, které mají antioxidační účinek. Kakaová semena také obsahují alkaloidy methylxantiny, které mají povzbuzující účinek na centrální nervovou soustavu člověka. Jedná se o theobromin, kofein a theofylin. Také kakao obsahuje řadu minerálů a vitamínů, které jsou pro člověka důležité [22].

Nejoblíbenější příchutí mražených krémů je vanilková. Poskytuje ji vanilka, z lusku tropické rostliny *Vanilla fragrans*, z rodu orchidejí, které rostou na Bali, Madagaskaru. Existuje více jak 50 vanilkových orchidejí. Komerčně jsou rozšířeny jen tři. Vanilkové lusky jsou sklizeny ještě před dozráním a typické aroma získávají až dalším zpracováním, zvadnutím a usušením, kdy tyto procesy trvají několik měsíců. Hlavní vonnou složkou je vanilín, což je organický aldehyd, který se pohybuje v rozmezí 2 až 4,5 %. Lusky mohou být použity celé, častěji jsou ale využívány k výrobě vanilkového extraktu. Prášková forma vanilky se vyrábí smícháním rozemletých vanilkových lusků s práškovým cukrem, nebo navázáním vanilkového extraktu na nosič a následným odpařením. Vanilkový extrakt se připravuje z jemně pokrájených lusků extrakcí 35 % alkoholem. Naproti tomu umělé vanilkové aroma, je roztok čistého vanilínu. Vzhledem k vysoké poptávce je vanilín vyráběn biosyntézou pomocí mikroorganismů [21].

Dále se do mražených krémů může přidávat káva, různá koření, ořechy, karamel a také různé likéry, destiláty, whisky atd. Alkoholická složka musí být uvedena v názvu výrobku a nesmí překročit 3 % hmotnostní v návaznosti na zhoršení výsledné kvality výrobku [4] [22].

1.2.6 Barviva

Barviva upravují potravinám barvu, případně obnovují barvu původní, kterou potravinu ztratila během zpracování. Barviva lze rozdělit na:

- Přírodní – karamel nebo kulér, jsou to produkty získané z přírodních surovin různými technologickými procesy [4].
- Syntetická identická s přírodními barvivy – β -karoten [8].
- Syntetická – mají obecně intenzivnější barvu. Musí splňovat kritéria jako zdravotní nezávadnost, musí být stálé při změně pH a nesmí se ovlivňovat navzájem [8].

Povolená barviva musí být certifikována a musí být uvedena na etiketě výrobku s označením písmene E nebo celého názvu barviva [4].

V členských státech Evropské unie platí Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16.12.2008, o potravinářských přídatných látkách, které stanoví pravidla pro potravinářské přídatné látky s cílem zajistit účinné fungování vnitřního trhu a současně zajistit vysokou úroveň ochrany lidského zdraví a vysokou úroveň ochrany spotřebitele [23].

Přídatným látkám se věnuje kapitola 2.

2 VYUŽITÍ POTRAVINÁŘSKÝCH PŘÍDATNÝCH A POMOCNÝCH LÁTEK VE VÝROBĚ MRAŽENÝCH KRÉMŮ

Potravinářská přídatná látka je definována v Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 v platném znění jako látka, která není obvykle určena ke spotřebě jakožto potravina a ani není obvykle používána jako charakteristická složka potraviny, ať má či nemá výživovou hodnotu, a jejíž záměrné přidání do potraviny z technologického důvodu při výrobě, zpracování, přípravě, úpravě, balení, dopravě nebo skladování má nebo pravděpodobně bude mít za následek, že se tato látka nebo její vedlejší produkty stanou přímo či nepřímo složkou této potraviny [23].

Za potravinářské přídatné látky by se však neměly považovat přídatné látky, které se používají za účelem dodání vůně nebo chuti nebo z výživových důvodů, jako jsou náhražky soli, vitamíny a minerály. Kromě toho by do oblasti působnosti tohoto nařízení neměly spadat ani látky považované za potraviny, jež lze používat pro technologické účely, jako například kuchyňská sůl nebo šafrán pro barvení a potravinářské enzymy [23].

Avšak přípravky získané z potravin a dalších materiálů z přírodních zdrojů, jež mají mít technologický účinek v konečné potravíně a jež se získávají selektivním oddělením složek (např. pigmentů) vzhledem k výživovým nebo aromatickým složkám, by měly být považovány za přídatné látky ve smyslu tohoto nařízení [23].

Přídatné látky při výrobě mražených krémů slouží především jako modifikátory krystalizace tuků a mají i další prospěšné vlastnosti. Nejvýznamnějšími skupinami látek, které se používají jako přídatné látky, jsou emulgátory, stabilizátory, barviva, případně další [22].

2.1 Emulgátory

Emulgátory jsou povrchově aktivní látky napomáhající tvorbě emulzí. Umožňují vytvářet stejnorodé směsi dvou nebo i více nemísitelných fází. Emulgátory se skládají z lipofilních (hydrofobních) částí, které jsou rozpustné v tucích a hydrofilních částí, které jsou rozpustné ve vodě. Po přidání emulgátoru do směsi vody a oleje nastává usměrnění emulgátoru na fázovém rozhraní, kde je hydrofilní část usměrněna do vody a lipofilní část do oleje [24].

Vlastnosti emulgátorů se vyznačují hodnotou HLB (hydrofilní-lipofilní rovnováha). Tato hodnota se pohybuje v intervalu od 0 do 20. Emulgátor, který je více rozpustný v oleji, vykazuje nižší hodnotu HLB a hydrofilní emulgátor vykazuje hodnoty vyšší [24].

Emulgátory podporují krystalizaci tuku v průběhu zrání a tím se doba zrání zkracuje. Zjemňují strukturu mražených krémů a vytváří suchý a tuhý výrobek při výstupu z výrobku. Emulgátory zlepšují šlehatelnost směsi a napomáhají k vytvoření hladké textury [20]. Hotové výrobky mají při tání tvarovou stabilitu a mají sníženou rychlostí. Správné množství emulgátorů v mraženém krému je velmi důležité, protože když je použito špatné množství emulgátoru mohou nastat vady a odchylky ve struktuře výrobku [4]. Při výrobě mražených krémů se používají emulgátory na bázi monoacylglycerolů [15].

Dříve se používaly jako emulgátory vaječné žloutky. Ty byly překonány více funkčními a levnějšími látkami [19]. Vaječné žloutky obsahují vysoký obsah lecitinu, tak jak mléko, které má přirozeně stabilizační a emulgační účinky, které díky vlastnostem mléčných bílkovin a lecitinu vytvářejí přirozené obaly tukových kuliček, fosfátů a citrátů [6]. Příkladem syntetického emulgátoru v mražených krémech je glycerylmonostearát (GMS, E471), tvoří 40 až 80 % monoacetyl glycerolů, které mají navázanou kyselinu stearovou. Je složen z jedné molekuly glycerolu a jedné molekuly kyseliny stearové a je ve formě prášku, tuhého tuku nebo vloček. Používá se množství 0,30 až 0,73 % [20].

Dalším emulgátorem může být polysorbát 80 (E433). Je to ve vodě rozpustná žlutá kapalina, která obsahuje cca 20 skupin polyoxyethylenu ve své molekule. Svými vlastnostmi přispívá k tvorbě malých vzduchových bublinek a chrání texturu výrobku před poškozením vlivem tepelného šoku a poskytuje plnost v ústech. Používá se množství 0,02 až 0,04 % [25].

V zahraničí jsou používány směsné emulgátory s přísadou sacharidů a solí, a to hlavně fosfátů a citrátů. Jsou granulované a dobře dispergované do základní směsi. Tyto emulgátory neobsahují mléčnou složku [20].

V Itálii byly testovány alternativní emulgátory z rýžových, sójových a mléčných fosfolipidů na fyzikálně-chemické, tepelné a chuťové vlastnosti zmrzliny ve srovnání s kontrolním vzorkem, který obsahoval mono- a diglyceridy. Přídavek rýžových fosfolipidů měl nestálý profil. Zmrzlina s přídavkem sójových fosfolipidů měla největší odolnost vůči tání, tvrdší texturu a vysokou destabilizaci tuků. Emulgátory s obsahem mléčných fosfolipidů měly nejhorší výsledky, měly vysokou viskozitu, nižší nášleh, tvrdou texturu a zelené zbarvení krému [26].

2.2 Stabilizátory

Stabilizátory jsou rozpustné ve vodě a také chrání mražené krémy před teplotním šokem. Při pokojové teplotě zpomalují proces tání, celkově stabilizují konzistenci a brání konzistenčním vadám. Stabilizátory vážou volnou vlhkost směsi a tím zamezují tvorbě velkých krystalů vody a chrání tak konzistenci a texturu krému. Při skladování minimalizují stabilizátory problémy se změnami krému, a to především se smršťováním. Stabilizátory musí být zdravotně nezávadné a musí mít neutrální chuť. Lze je rozdělit do dvou skupin, a to na stabilizátory proteinové a polysacharidové. Většina stabilizátorů je polysacharidových, které jsou často rostlinného původu. Množství přidávaných stabilizátorů je v rozmezí 0,2 až 0,4 % [3] [25].

2.2.1 Stabilizátory proteinové

Mezi proteinové stabilizátory patří želatina a proteiny mléka [13].

Želatina (E441) byla prvním stabilizátorem, který byl přidáván do mražených krémů. Želatina je velmi dobře stravitelná bílkovina, která se získává hydrolýzou kolagenu ze zvířecích kůží a kostí. Vytváří gel v důsledku vazby vody, brání vzniku velkých ledových krystalů a napomáhá ke vzniku hladké struktury konečného výrobku. Použití vysoké dávky želatiny vede k přešlehání výrobku a tím se zhoršuje pevnost struktury. Želatina je živočišný výrobek, a proto není akceptována vegetariány [27].

Kasein ve zmrzlinách a mražených krémech má vliv na šlehatelnost výrobku, také na hustotu a texturu. Kasein je běžně obsažen v mléce, a proto ho neřadíme mezi přídavné látky, ale patří mezi proteiny mléka a představuje nejvýznamnější skupinu mléčných bílkovin a pro své schopnosti a vlastnosti je důležitý pro technologické využití. Primární strukturu tvoří sekvence aminokyselin s nestejnorodým rozložením polárních a nepolárních skupin. Kaseiny jsou povrchově aktivní látky, které mají hydrofilní (polární) a hydrofobní (nepolární) oblast. Nepolární části molekul jsou orientovány do centra submicely, polární části (fosfoserinové zbytky) interagují s vodou a Ca^{2+} . Kvůli chybějící sekundární a terciální struktury vykazují vysokou hydrofobicitu. Podléhají lehce proteolýze, jsou stabilní vůči teplu a denaturačním činidlům. Jsou také schopné odolávat zátěžovým ošetřením, které jsou spojené s průmyslovým zpracováním mléka a mléčných výrobků [28].

Kasein a kaseinové produkty jsou využívány v potravinářských a nepotravinářských výrobcích. Do potravin se kasein přidává jako přísada, která pozměňuje fyzikální vlastnosti

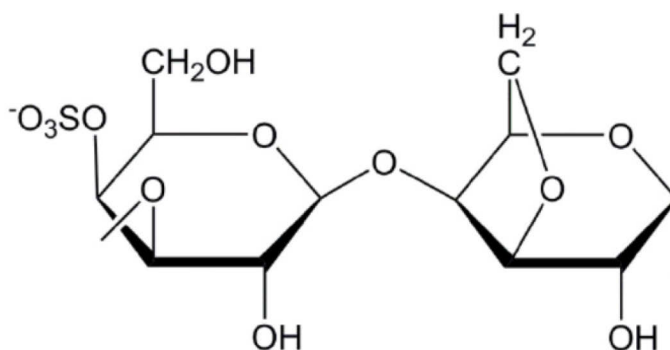
anebo zvyšuje výživovou hodnotu daného produktu. Kaseináty jsou velmi dobrými emulgátory, bělidly, také se používají pro vylepšení textury, pěnotvorné funkce. Kaseináty sodné a amonné mají vyšší emulgační schopnosti. Využití kaseinů, kaseinátů a koprecipitátů se využívá při výrobě pekařských výrobků, těstovin, cukrovinek, mléčných výrobků (analogy sýrů), nápojů, masných výrobků (pro zlepšení textury, vázání vody a tuku) [29].

2.2.2 Stabilizátory polysacharidové

Do této skupiny patří karagenan, furcellaran, alginát sodný, ultraamylopektin, galaktomannan, tragant, karboxymethylcelulóza [20].

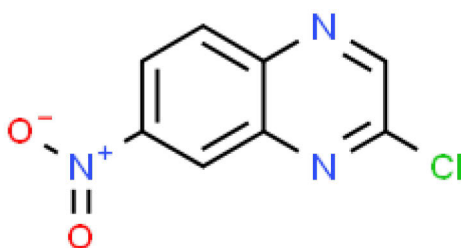
Karagenan (E407) se získává z extraktu červených mořských řas *Chondrus crispus*, *Gigartina radula*, *Gigartina skottsbergii*. Může se vyskytovat v několika formách kappá, iota a lambda. Karagenany jsou ve vodných roztocích polyelektrolity a po zahřátí a chladnutí v přítomnosti kationtů draslíku a vápníku formují gel. Také formují gel s mléčnými proteiny a karubinem. Karagenany jsou používány při výrobě mléčných produktů, jako jsou sterilované a pasterované krémy, zmrzliny a koktejly za účelem stabilizace a prevence uvolňování syrovátky. Dále mají uplatnění při výrobě cukrářských výrobků, želé, šlehaček ve spreji, práškových nápojů, cukrářských výrobků a dětské výživy [25].

κ-Karagenan obsahuje v molekule karabiózy Obrázek. 3 jednu sulfátovou skupinu. Je rozpustný v horké vodě, nerozpustný v mnoha organických rozpouštědlech. Přídavkem draselných iontů vzniká křehký odolný gel, přídavkem sacharidů vzniká z mírně matného gelu, čirý. Obvykle se používá koncentrace v rozmezí 0,02 až 2 %. Má specifickou funkci, v objemu 0,02 % redukuje separaci mléčných proteinů a polysacharidů od vodné složky. Tento proces se označuje jako wheying off, neboli synereze syrovátkové bílkoviny, kdy vytéká namodralá kapalina z rozpouštějícího mraženého krému. Často se tento jev objevuje ve výrobcích se sníženým obsahem tuku [25].



Obrázek 3 – κ-Karagenan [30]

Furcellaran (E408) známý také jako „dánský agar“ Obrázek 4. Je extrakt, který je vyráběn z červených mořských řas. Byl poprvé objeven v Dánsku u dánských pobřeží hydrokoloid furcellaran. Řasa *Furcellaria lubricalis* je černožlutá řasa, která se vyskytuje na březích severního Atlantiku, na pobřeží Švédska, Norska a Dánska. Řasy *Furcellaria* jsou jednou z nejběžnějších řas vnitrozemských dánských vod. V Dánsku roste *Furcellaria* v hloubce 2 až 30 metrů. Její sběr probíhá za pomoci lodí se speciálními sítěmi, které jsou spouštěny do hloubky 4 až 16 metrů. Jejich sklizeň probíhá celoročně, s výjimkou období silných mrazů. Velká množství *Furcellaria* v Dánsku jsou vyplavována působením větru na pláž, kde jsou sklízena. Ve zpracovatelském závodě jsou čerstvá *Furcellaria* promývána vodou, aby se odstranil písek a bahno, pak jsou tyto mořské řasy uloženy v betonových nádržích s alkalickým roztokem po dobu jednoho až více týdnů. Působením alkalického roztoku jsou odstraňována barviva a některé bílkoviny, po této alkalické úpravě jsou mořské řasy promyty a extrahovány ve vroucí vodě v otevřených nádobách. Extrakt je poté oddělen od zbytku centrifugací a filtrací. Získaný extrakt se koncentruje vakuovým odpařováním a poté je vysrážen v podobě gelových vláken rozstříkáním extraktu do studeného 1 až 1,5% roztoku chloridu draselného. Vlákna jsou sušena a tím se zvýší koncentrace furcellaranu a poté se nechá po dobu 20 až 30 minut zamrazit v mrazícím zařízení se solankou. Po jeho následném rozmrazení v roztoku chloridu draselného je gelová sraženina lisována a odstředěna na vláknitou hmotu, která obsahuje 15 % sušiny. Tento materiál se suší, rozeemele a je prosíván, čímž vzniká prášek furcellaranu. Furcellaran je využíván jako náhrada jiných gum nebo bílkovin, např. želatiny, žloutků nebo škrobu. Hlavní význam furcellaranu je v potravinářství. Furcellaran lze použít jako želírující činidlo, zahušťovadlo nebo stabilizátor v nápojích, polevách, pudincích, také v masných produktech (při výrobě paštik), také při výrobě mléka, tavených sýrů a zmrzlin, a to především jako gelující činidlo. Svými vlastnostmi je podobný agaru a karagenanu [31] [32] [8] [33].



Obrázek 4 – Furcellaran [34]

Aginát sodný (E401) je polysacharid, který je získávaný z hnědých mořských řas *Macrocystis pyrifera*. Chemická struktura je složena z negativně nabitých polymerních řetězců propojených iontovými vazbami s kladně nabitými sodíkovými ionty. V mražených krémech se alginát sodný smíchá s citráty nebo fosfáty, aby nedocházelo k předčasnému zgelovatění kvůli přirozeně se vyskytujícím vápenatým iontům v mléce. Výhodou alginátu je odolnost vůči zahřátí a kyselosti [25].

Ultraamylopektin je potravinářské aditivum, které spadá do skupiny heteropolysacharidů. Přidává se s jinými zahušťovadly s 50% účastí v mléčných mražených krémech [4].

Galaktomannan je polysacharid tvořený galaktózou a mannózou. Patří sem guarová guma, která je rozpustnou dietní vlákninou, která prochází trávicím traktem v nezměněné podobě. Do mražených krémů se přidává za účelem zvětšení objemu, zlepšení textury a lepší odolnosti vůči tepelným výkyvům [27] [4].

Tragant (E413) je polysacharid nevýrazného aroma a chuti, který vytéká po naříznutí stromů a keřů rodu *Astragalus*. Používá se do mléčných mražených krémů v kombinaci s jinými zahušťovadly [10] [25].

Karboxymethylcelulóza (E466) je zdravotně nezávadný polysacharid, který má široké uplatnění. Zajišťuje trvanlivost našlehané směsi, váže velké množství vody a dobře se rozpouští [4].

3 TECHNOLOGIE VÝROBY MRAŽENÝCH KRÉMŮ

Při výrobě a uchování mražených krémů prochází výrobek celou řadou technologických procesů a operací. Mezi základní operace patří příprava směsi, kde se všechny suroviny naváží a promíchají, následuje tepelné ošetření směsi, pasterace, kde dochází ke snížení mikroorganismů ve směsi, poté následuje homogenizace, při které dochází k roztržení tukových kuliček, pak probíhá chlazení a zrání zmrzlinové směsi, poté je směs ochucena a následně zmrazována a našlehána. Zmrazená a našlehaná směs se ihned formuje a balí, pak se ztužuje při teplotě kolem $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ v mrazárnách [35].

Přípravou směsi začíná technologický postup výroby mraženého krému. Mražený výrobek musí být požadované senzorké vlastnosti, strukturu a objem, a proto je třeba sestavit vhodnou směs receptury. Suroviny se naváží anebo odměří, mohou být přidávány v suchém stavu, některé je potřeba nechat nabobtnat např. želatinu nebo speciálně upravit např. modifikované škroby se musí rozpustit za varu ve vodě nebo mléce. Nejprve se mísí tekuté složky, ve směšovací nádrží opatřené míchadly. Ostatní složky se přidávají do tekuté fáze přehřáté asi na $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po dokonalém promíchání je prováděno tepelné ošetření pasterací [35].

Při sestavení vhodné receptury je třeba dosáhnout rovnováhy mezi obsahem tukuprosté sušiny a tuku. Se zvyšující se tučností má klesat podíl tukuprosté mléčné sušiny, tím dochází k zabránění tvorbě větších krystalků laktózy v hotovém výrobku. Větší krystalky laktózy tvoří vady textury v mražených krémech [4].

Tepelným ošetřením směsi docílíme snížení mikroorganismů na minimum. Při záhřevu dochází k hydrolyze stabilizátorů a mazovatění škrobu, a tím je zvýšena viskozita mraženého krému. Tento fyzikálně – chemický proces má vliv na tvorbu stability emulze tuku ve vodě. Homogenní emulze je důležitá pro vznik hladké konzistence [4].

Používá se pasterace na deskových pasterech při teplotě $75\text{ až }85\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 15 až 20 sekund nebo dlouhodobá pasterace v duplikátorových nádobách při teplotě $63\text{ až }68\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 30 minut. Také se používá ultratepelný záhřev na teplotu $105\text{ až }127\text{ }^{\circ}\text{C}$. [35] Pasterovaná směs je ochlazená na teplotu $60\text{ až }70\text{ }^{\circ}\text{C}$, filtrována a homogenizována [4].

Homogenizace se provádí za účelem zvýšení stability tukové emulze roztržením tukových kuliček na průměr $2\text{ }\mu\text{m}$. Homogenizace zabraňuje vystoupení tuku ve výrobníku a zkracuje se doba zmrazování, zlepšuje šlehatelnost, zjemňuje a zpevňuje konzistenci. Teplota během homogenizace je $60\text{ až }80\text{ }^{\circ}\text{C}$ [35].

Homogenizátory protlačují směs úzkou štěrbinou homogenizační hlavy. Většinou se používá dvoustupňová homogenizace, kdy směs prochází dvěma hlavami za sebou, a tak dochází k dostatečnému rozbití tukových kuliček na menší [20] [14].

Chlazení a zrání směsi je další nutnou operací technologického postupu výroby. Po homogenizaci se směs chladí na teplotu 2 až 4 °C a při této teplotě probíhá fyzikální zrání po dobu 6 až 24 hodin. Při fyzikálním zrání dochází vykrytalizování většiny tukových kuliček ještě před zmražením. Příznivě je tímto zráním ovlivněna viskozita a šlehatelnost směsi [35].

Ochucení směsi nehomogenními přísadami, které musí být rozptýlené v celé hmotě výrobku. Přísady je také možné dávkovat kontinuálně bezprostředně po zmrazení, musí mít ale stejnou teplotu jako směs, aby nedocházelo k lokálnímu tání TAG [2].

Zmrazování a nášleh směsi má zásadní vliv na výsledné vlastnosti mraženého krému. Směs se částečně zmrazí a současně se do ní zašlehává potřebné množství vzduchu, tím se přemění v našlehanou polotekutou hmotu vhodnou k tvarování a ztužování chladem. Směs se zmrazuje ve výrobních (freezerech), solankou o teplotě -35 až -40 °C za současného šlehání. Do výrobníku je vháněna směs a regulované množství vzduchu. Nášleh činí zpravidla 70 až 140 % [35]. Výstupní teplota směsi je -4 až -9 °C. Voda je z 35 až 55 % ve formě drobných ledových krystalků, zbývající část vody je vázaná na sušinu výrobku. Našlehaná směs vytváří četné přepážky uzavírající vzduch. Tyto přepážky jsou zpevněny tukovými kuličkami a krystalky ledu. Přepážky mají být co nejtenčí, aby v nich bylo co nejméně vody, která vykrytalizuje při dalším snížení teploty během ztužování. Čím menší jsou konečné krystalky vody, tím je výrobek jemnější a kvalitnější. Velikost krystalů vody a konzistence mražených krémů ovlivňují stabilizátory a homogenizovaný tuk. Čím je směs tučnější, tím se tvoří menší krystalky. Bublínky našlehaného vzduchu mají být rovnoměrně rozptýleny a mají mít velikost 60 až 100 μm. Velké bublinky způsobují hrubost, křehkost a příliš malé zase tuhost výrobku. Objem našlehaného vzduchu je dán celkovou sušinou směsi a jakostí stabilizátoru. Soli vápníku snižují nášleh a zpomalují průběh šlehání. Fosfáty a citráty nášleh výrazně zvyšují a zkracují dobu šlehání [15].

Freezer

Freezer (Obrázek 5) je trubkový výměník, chlazený v meziplášti. Uvnitř kontinuálního výměníku je míchadlo, které směs našlehává a nože, které jsou upevněné na otáčející se hřídeli, seškrabují směs ulpívající na stěnách [36].



Obrázek 5 – Průmyslový freezer [37]

Formování, balení a ztužování je finální proces výroby mraženého krému. Zmrazená a našlehaná směs se ihned formuje a balí. Existují tyto způsoby formování a balení.

- Krém se plní do obalů a naplněný obal se balí. Ztužuje se v tzv. ztužovacím tunelu, kde intenzivně cirkuluje ledový vzduch [2].
- Krém se vytlačuje v požadovaném tvaru na pláty ztužovacího tunelu. Tato směs musí být tuhá a velmi dobře stabilizovaná. Dochází ke ztužení a následnému balení výrobku [2].
- Krém se plní do solankou chlazených kovových formiček, kde se ztužuje (Obrázek 6a). V průběhu ztužování se do krému vkládá držátko (Obrázek 6b). Pomocí držátka je „kostka“ z formy vyjmuta (krátkým ohřevem, teplou solankou se kostka odtaví, Obrázek. 6c). Vyjmutá kostka může být namočena v čokoládové polevě (Obrázek 6d). Po ztuhnutí čokolády (Obrázek 6e, 6f) je výrobek balen [2].
- Extruze – vytlačování. Tento způsob je modernější, než postupy uvedené výše. U této velmi efektivní metody výroby mražených krémů vznikají krémy velmi vysoké kvality. Tato metoda se provádí vytlačováním zmrzliny z výrobníku trubkou nebo systémem profilovaných trubek. Na konci tvarovacích trubek se jednotlivé kousky

zmrzlina odřezávají, padají na deskový dopravník, ihned jsou zmrazovány v mrazících tunelech při teplotě $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Poté následuje namáčení do polev a balení. Zmrzlina má díky velmi rychlému zamražení velmi jemnou konzistenci [16].

Ztužování probíhá při teplotě kolem $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ v mrazárnách, v mrazících tunelech nebo kontaktními ztužovacími deskovými zmrazovači. Čím je zmrazení rychlejší, tím jsou menší krystalky ledu a tím je i jemnější konzistence mražených krémů [2].



a



b



c



d



e



f

Obrázek 6 – Formování a balení nanuků: (a) plnění forem zmrzlinovou směsí, (b) vkládání držátka v průběhu ztužování, (c) vyjmutí ztužené směsi z formy, (d) a (e) nanášení polevy, (f) balení výrobku [38]

4 POPIS VYBRANÝCH METOD PRO POSOUZENÍ MRAŽENÝCH KRÉMŮ

U potravin je stále důležitější předpovídání chování materiálů během zpracování surovin a skladování, především stabilita použitých surovin. Jednou z důležitých ukazatelů jsou reologické vlastnosti směsí [39].

Dalším důležitým parametrem je určení vhodné textury výrobků, aby byly splněny očekávání zákazníků např. určitá krémovitost nebo pevnost, šťavnatost, křehkost, jemnost výrobku [39] [40].

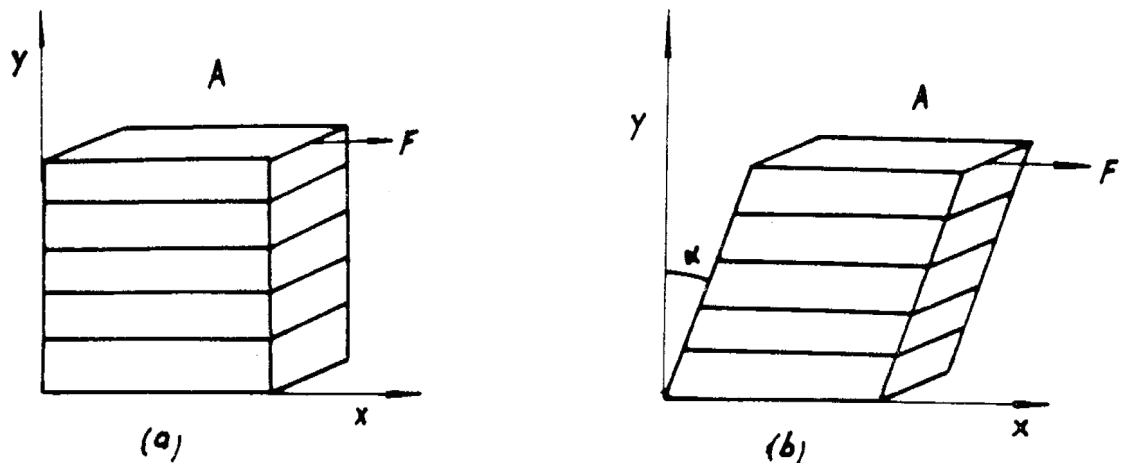
4.1 Reologie

Reologie je nauka, o tokovém chování materiálů (tekutiny) nebo jejich deformaci (tuhé látky). Reologické vlastnosti ovlivňují senzorické vlastnosti látek. Reologické chování látek je důležité při jejich dopravě, míchání a technologických postupech atd. Mezi reologické vlastnosti patří pružnost, tvarovatelnost, viskozita [41]. Reologie se uplatňuje v potravinářství např. u pokrmových tuků, másla, tavených sýrů, čokolády, mléka a mléčných výrobků, škrobů, těsta, ovocných džusů a šťáv a masných výrobků [42]. Rovněž se reologie využívá u mražených smetanových krémů, a to jak počáteční emulzi o/v, tak i konečnému produktu, který je tvořen tuhou pěnou s více jak 50 % vzduchu a pevnými krystaly, vykazující vysokou plastickou viskozitu [40] [42].

Reologie se zabývá tokem a deformací hmoty vlivem vnějších mechanických sil. Existují tři typy chování hmoty:

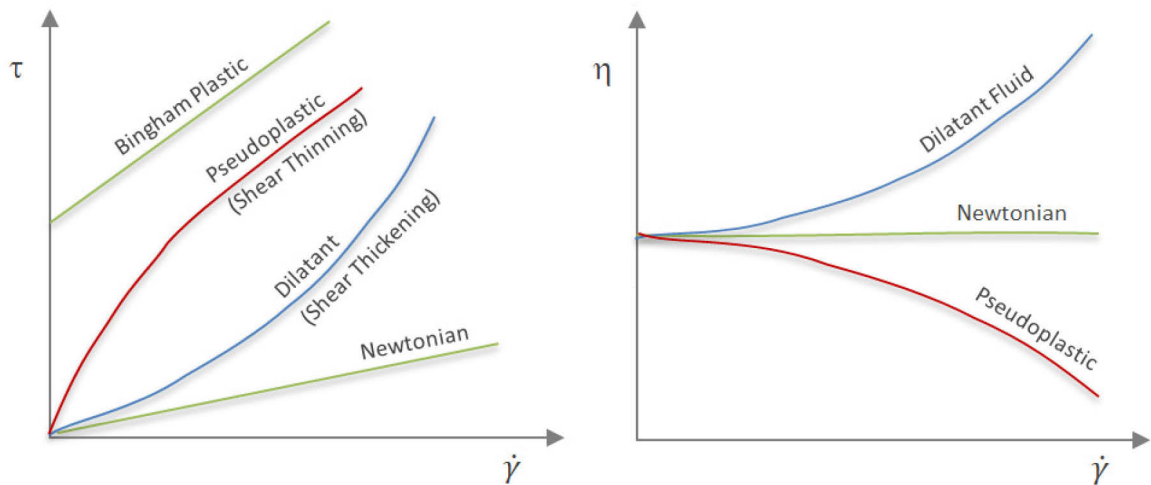
- Elastické – účinkem vnější síly nastane deformace, která vratně vymizí po jejím odstranění. Tento jev vykazují tuhé látky. Energie vynaložená na deformaci se ukládá, a po relaxaci tuhé látky se uvolní [43].
- Viskózní – hmota teče vlivem působení sil, tj. nevratná deformace a je-li silové působení odstraněno, tok se zastaví [44].
- Viskoelastické – odezva hmoty na působení síly závisí na době působení [44].

Tok materiálu je smykovou deformací, jak je patrné z Obrázku 7a, kdy je element v klidovém stavu. Když začne na element působit síla F ve směru x dochází k deformaci elementu smykem (Obrázek 7b) [45].

Obrázek 7 – Působení síly F na plochu A [45]

4.1.1 Dělení kapalin

Podle chování v závislosti na rychlosti smykové deformace, g , a čase, t , dělíme kapaliny na newtonské kapaliny a neneutonské kapaliny (Obrázek 8).



Obrázek 8 – Tokové a viskózní křivky [46]

- Newtonské kapaliny – jednoduché, viskozita je nezávislá na rychlosti smykové deformace [44].
- Neneutonské kapaliny:
 - Pseudoplastické kapaliny – viskozita s rostoucím gradientem smykové rychlosti klesá [45].
 - Bighamské kapaliny – u těchto kapalin dochází k toku až po překročení prahového smykového napětí [45].

- Dilatantní kapaliny – viskozita s rostoucím gradientem smykové rychlosti vzrůstá [45].
- Rheopexní kapaliny – viskozita se mění v čase a roste s dobou působení smykového namáhání [45].
- Thixotropní kapaliny – u nich se mění viskozita v čase, klesá s dobou působení smykového namáhání [45].

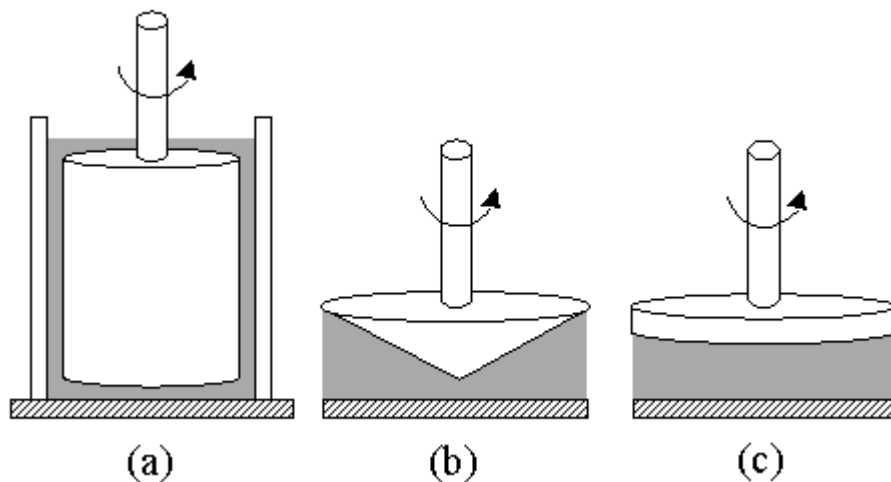
Rotační reometry jsou zařízení, které se používají na hodnocení reologických materiálů kapalném a tuhém skupenství. Měřený vzorek je vložen do systému, kdy se jeden element otáčí a druhý je pevný. Používají se základní typy válec-válec, kužel-deska, deska-deska (Obrázek 9). Při otáčení elementu dochází k přenosu kroutícího momentu M [N.m]. Element je zavěšen na torzním drátu o známé torzní tuhosti a M se vypočítá změřením úhlu φ drátu v ustáleném stavu. Z těchto veličin můžeme spočítat smykové napětí τ [Pa], pro geometrii válec-válec (rov. 2), pro kužel-deska (rov.3) a pro deska-deska (rov. 4) [45].

$$\tau = \frac{M}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot R_V^2} \quad \text{rov. 2}$$

$$\tau = \frac{3 \cdot M}{2 \cdot \pi \cdot R_K^3} \quad \text{rov. 3}$$

$$\tau = \frac{2 \cdot M}{\pi \cdot R_D^3} \quad \text{rov. 4}$$

Kde R_D je poloměr kroutící se desky, R_K je poloměr kuželu, R_V je poloměr vnitřního válce, L je výška vnitřního válce [45].



Obrázek 9 – Typy reometrů [43]

- a) Válec-válec
- b) Kužel-deska
- c) Deska-deska

Rychlost smykové deformace je důležitým reologickým parametrem a vypočítá se z charakteristik geometrie a úhlové rychlosti ω [rad.s⁻¹], podle vztahů pro geometrii válec-válec (rov. 5), pro kužel-deska (rov. 6) a pro deska-deska (rov. 7) [45].

$$\dot{\gamma} = \frac{\varphi \cdot R_P}{R_0 - R_V} \quad \text{rov. 5}$$

$$\dot{\gamma} = \frac{\varphi}{\alpha} \quad \text{rov. 6}$$

$$\dot{\gamma} = \frac{\varphi \cdot R_D}{h} \quad \text{rov. 7}$$

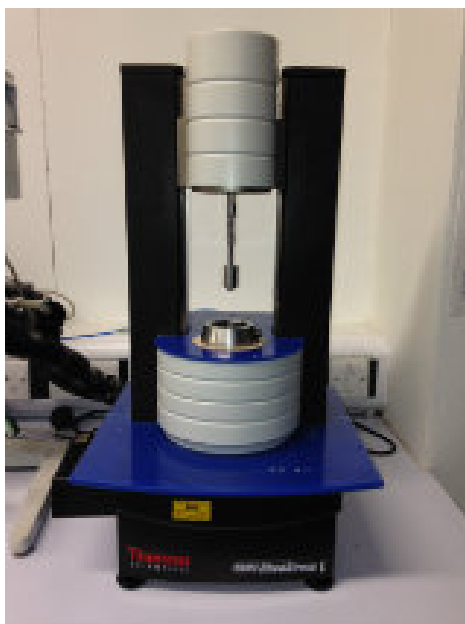
Kde R_P je střední hodnota průměru vnějšího válce R_0 a vnitřního válce R_V , α je geometrie kužel-deska, h je vzdálenost mezi deskami geometrie deska-deska [45].

Měření na různých geometriích má řadu výhod, ale také nevýhod, se kterými musíme při měření počítat [43].

- válec-válec
 - + vnější nádoba slouží jako nádoba, ze které i nízkoviskózní látka nemůže vytéct
 - + dá se měřit i při vyšších rychlostech smykové deformace
 - + při měření suspenzí představuje dlouhou sedimentační dráhu
 - rychlost smykové deformace není konstantní po celé délce štěrbin
 - je třeba většího množství vzorku k měření [43]
- kužel-deska
 - + snadné plnění a uzavírání geometrie
 - + stačí malé množství vzorku potřebné pro měření
 - + rychlost smykové deformace je konstantní v jakémkoliv místě geometrie
 - nevhodná pro systémy s plnivem o velké velikosti částic
 - nevhodné pro citlivé materiály na deformaci

- nevhodné pro měření nízkoviskózních materiálů [43]
- deska-deska
 - + snadné plnění a uzavírání geometrie
 - + malé množství vzorku potřebného k měření
 - + vhodná pro materiály citlivé na deformaci
 - rychlost smykové deformace není konstantní
 - nevhodné pro měření nízkoviskózních materiálů [43]

Pro měření reologických vlastností směsí byla použita konfigurace válec-válec (Obrázek10).



Obrázek 10 – Rotační reometr geometrie válec-válec [47]

4.2 Texturní vlastnosti

Norma ČSN ISO 11036 popisuje texturu potravin jako mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti výrobku, vnímatelné prostřednictvím mechanických, dotykových, zrakových a sluchových receptorů [48].

Důvodem pro sledování texturních vlastností potravin je spotřebitelský faktor kvality, zhodnocení odolnosti produktů proti mechanickým účinkům, poznání mechanického chování potravin při konzumaci a také technologie výroby (hnětení, mísení) [49].

Mezi vlastnosti textury patří:

- Mechanické (reologické) vlastnosti se vztahují k reakci potravin na namáhání působením vnějších sil (deformace, soudržnost, viskozita, napětí). Hodnotí se při manipulaci s potravinami (krájení, roztírání) a také při konzumaci (žvýkání, mezi jazykem a patrem, polykání) [50].
- Geometrické vlastnosti se vztahují k rozměru, tvaru a uspořádání částic výrobku. Tyto vlastnosti jsou vnímány zrakem nebo ústy. Je to např. velikost částic a tvar částic a také homogennost potravin [51].
- Povrchové vlastnosti – se vztahují na počítky vyvolávané vlhkostí a obsahem tuku. Patří sem přilnavost, vlhkost, tučnost a hladkost povrchu [50].
- Sluchové vlastnosti jsou důležité pro celkový požitek při konzumaci. Patří sem zvuk při ukousnutí potravin (křupnutí) [52].

Hodnocení textury potravin:

- Senzorické hodnocení textury – zde je nutný dostatečný počet vhodných a vyškolených hodnotitelů, nutnost definování vhodných stupnic a deskriptorů, objektivní hodnocení subjektivních vlastností [51].
- Instrumentální měření textury – zde je nutná kalibrace přístrojů, tato metody je rychlá, objektivní a dobře opakovatelná [50].
 - Penetrometrická metoda je nejstarší a nejdéle používaná skupina přístrojů. Principem je pronikání sondy různého tvaru (Obrázek 11) [51].
 - Mechanické stlačování, kde principem je stlačování vzorku různými sondami. Používá se u měření textury masa a pečiva [51].
 - Stříhové a řezací testy-Warner-Bratzler má nůž různého tvaru, používá se ke stanovení textury u masa. Kramerova cela, přístroj používaný k hodnocení drobných potravin a k analýze textury vařených těstovin, zeleniny, cereálií [50].
 - Texturní profilová analýza (TPA) je často používanou metodou. Je to metoda, která simuluje žvýkání. Principem je opakované stlačení vzorku ve dvou cyklech [51].



Obrázek 11 – Texturní analyzátor [53]

Texturní vlastnosti jsou důležitým faktorem kvality potravin a mohou rozhodnout o nepřijetí potraviny spotřebitelem už při nákupu nebo konzumaci potraviny [52].

4.3 Mikrobiologie

Mikrobiologická kritéria pro potraviny a principy stanovení a aplikace jsou popsány v ČSN 56 96 09. Pro kontrolu mikroorganismů v mražených krémech, je nutné, aby byly vytvořeny dokumenty pro realizaci kritických kontrolních bodů. Tento dokument se nazývá HACCP a je nutný pro monitoring mikroorganismů v mražených krémech [54].

Teploty, při nichž je zmrzlina vyrobená, skladovaná, servírovaná, jsou pod bodem mrazu, růst mikroorganismů je zastaven. Některé mikroorganismy i přes uchování zmrazením v mražených krémech přežívají. Velký vliv na životaschopnost mikroorganismů má dodržování podmínek uchovávání. Když jsou podmínky uchovávání dodrženy, mikroorganismy jsou v inaktivní formě, při nedodržení skladovacích podmínek se

mikroorganismy stávají životaschopnými, což se projevuje u mléčných bakterií kyselou chutí výrobku. U sporulujících bakterií převládá rod *Bacillus* a plísně a dochází k sensorickému porušení výrobku [55].

Ke kontaminaci mražených výrobků mikroorganismy, které se projevují nejvíce organoleptickými změnami, nedochází často, jelikož výrobní proces je celkově krátký, směs je rychle zchlazována pod bod mrazu, ztužování a skladování je při teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro kvalitu mražených krémů je rozhodující mikrobiální čistota použitých surovin, dodržování hygienických norem a hygieny prodeje. Při nedodržení některého z těchto bodů dochází k mikrobiálnímu znehodnocení mražených krémů. Porušení obalu u mražených krémů vede k zvýšení celkového počtu mikroorganismů, nejčastěji sporulujících bakterií. Ke zvýšení mikroorganismů vedou také špatné skladovací podmínky [55].

4.4 Nášleh

Nášlehem je vyjádřen obsah vzduchu ve zmrzlinové směsi. Čím je ve zmrzlině více vzduchu, tím má zmrzlina nadýchanější konzistenci. Vzduch však mírně potlačuje výraznost chuti. Bez našlehání vzduchu je zmrzlina těžká má hutnější a krémovější konzistenci. Nášleh mražených krémů se udává v % [56].

Čím více vzduchu se během nášlehu dostane do směsi, tím více se vyrobí pěny z menšího množství surovin. Když je vyráběna zmrzlina o nášlehu 30 %, znamená to, že byl produkt navýšen o 30 % [56].

V otevřeném výrobníku zmrzlina získává obvykle nášleh 25 až 35 %, v průmyslovém výrobníku, kde se zmrzlina vyrábí při zvýšeném tlaku, dosahuje nášleh 65 % i více [57].

Nášleh zmrzliny ovlivňuje hladkost, konzistenci a chuť zmrzliny. Pokud zmrzlina vypadá nadýchaně, aniž by kapala nebo spadla, můžeme mluvit o optimálním nášlehu [57].

4.5 Roztékavost

Pomalá rychlost tání mraženého krému a dobré zachování tvaru jsou považovány za žádoucí vlastnosti zmrzliny. Zmrzlina má tři hlavní strukturní složky: vzduchové buňky, ledové krystaly a tukové kuličky, které jsou rozptýleny v kontinuální fázi nezmraženého roztoku. Tyto složky ovlivňují rychlost tání [19].

Testy, které se zabývají měřením roztékavosti, můžeme rozdělit na objektivní metody (instrumentální metody) a empirické metody. Empirické metody, které se zabývají měřením

rozměrové změny, jako je například průměr a výška vzorku ihned po vyndání z mrazicího boxu a po určitém časovém intervalu, kdy na mražený krém působí teplo z okolního prostředí. Objektivní metody spoléhají na stanovení vnitřní reologické vlastnosti vzorku, jako je viskozita, textura a nášleh. V mlékárenském průmyslu jsou nejpoužívanější empirické testy, z nichž nejvýznamnější metoda je známa jako Schreiber test [58].

Principem modifikovaného Schreiber testu pro mražené krémy je to, že je na skleněnou podložku nanášena stejnoměrná vrstva vzorku a ihned je pořízen obrazový záznam tvaru a rozměru vzorku. Následně jsou v určitých časových intervalech pořizovány další obrazové záznamy, které jsou po ukončení testu vyhodnoceny. V případě mražených krémů test probíhá při okolních podmínkách.

4.6 Stabilita

Určuje kvalitu mražených krémů. Na stabilitu výrobku mají vliv tuky a bílkoviny. Zajištění "freez-thaw" stability je velmi důležité zejména u většího rodinného balení, kdy při přenosu výrobku domů může dojít k částečnému rozmražení a ke vzájemné migraci jednotlivých vrstev nebo kousků ovoce a zmrzliny během dalšího zmražení a skladování [59].

Pro stabilitu mražených krémů jsou přidávány stabilizátory. Bez použití stabilizátorů by se mražený krém, vlivem migrace volné vody a existujících krystalů ledu, změnil v hrudkovitý produkt, který by obsahoval velké množství ledu. Také jsou stabilizátory důležité pro stabilitu pěny, strukturu mraženého krému, jeho tuhost a tvar při tání. Použití stabilizátorů je důležité pro stabilitu a posílení barvy mraženého krému. Stabilizátory se používají společně s emulgátory, aby minimalizovali ztráty objemu, při kterém dochází při skladování [2] [60].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo:

- popsat reologické vlastnosti modelových směsí pro výrobu mražených krémů v závislosti na obsahu mléčného tuku a přísadku κ -karagenanu a furcellaranu,
- posoudit tvrdost vyrobených modelových vzorků mražených krémů v závislosti na rozdílné surovinové skladbě a přísadku hydrokoloidu.

6 MATERIÁL A METODY

6.1 Příprava vzorků

Modelové vzorky mražených krémů byly vyráběny dle uvedeného schématu Obrázek 12 ve čtyřech tučnostech. Každá tučnost vzorku byla doplněna o dva stabilizátory, jednalo se o furcellaran, nebo κ -karagenan v koncentraci 0,1 %, 0,2 % a 0,3 % a pro každou tučnost byl vždy připraven kontrolní vzorek bez stabilizátoru. Všechny modelové vzorky byly vyráběny ze sušených přísad (sušené odstředěné mléko, sušená smetana, cukr), stejné šarže. Nejprve byl vyroben kontrolní vzorek (bez přídavku stabilizátoru) o obsahu tuku 2,5 %, 5 %, 10 % a 15 %. Dále byly vyrobeny modelové vzorky mražených krémů se stabilizátorem furcelleranem o koncentraci 0,1 %, 0,2 % a 0,3 % a obsahu tuku 2,5 %, 5 %, 10 % a 15 %. Dále pak také modelové vzorky se stabilizátorem κ -karagenanem o koncentraci 0,1 %, 0,2 % a 0,3 % a obsahu tuku 2,5 %, 5 %, 10 % a 15 %. Celkem bylo vyrobeno 28 modelových šarží mražených krémů. Identifikace modelových vzorků, které byly měřeny, je uvedena v tabulce 4.

Tabulka 4 – Označení modelových vzorků

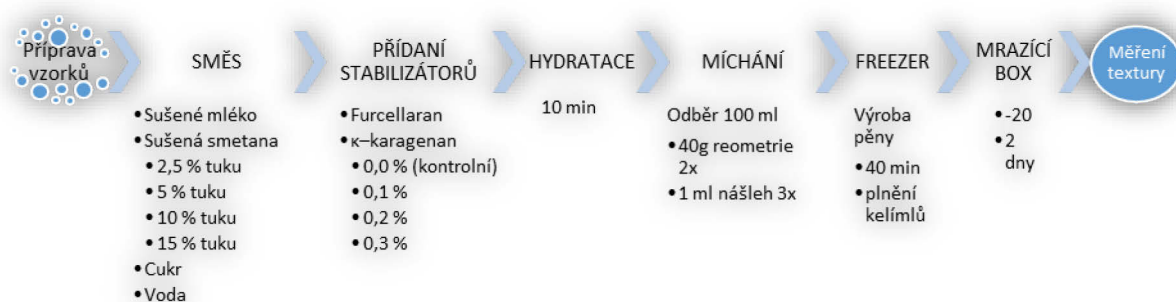
Označení vzorků		Tučnost	Koncentrace stabilizátorů
furcellaran	κ -karagenan		
2,5% T_0,1 F	2,5% T_0,1 K	2,5%	0,1%
2,5% T_0,2 F	2,5% T_0,2 K	2,5%	0,2%
2,5% T_0,3 F	2,5% T_0,3 K	2,5%	0,3%
5% T_0,1 F	5% T_0,1 K	5,0%	0,1%
5% T_0,2 F	5% T_0,2 K	5,0%	0,2%
5% T_0,3 F	5% T_0,3 K	5,0%	0,3%
10% T_0,1 F	10% T_0,1 K	10,0%	0,1%
10% T_0,2 F	10% T_0,2 K	10,0%	0,2%
10% T_0,3 F	10% T_0,3 K	10,0%	0,3%
15% T_0,1 F	15% T_0,1 K	15,0%	0,1%
15% T_0,2 F	15% T_0,2 K	15,0%	0,2%
15% T_0,3 F	15% T_0,3 K	15,0%	0,3%
Bez stabilizátoru			
2,5% T_0		2,5%	0,0%
5% T_0		5,0%	0,0%
10% T_0		10,0%	0,0%
15% T_0		15,0%	0,0%

Na základě zadané receptury bylo naváženo sušené odstředěné mléko od výrobce Moravia Lacto a.s., sušená smetana (složení 75% smetana, 25% odtučněné mléko) od výrobce Jelínek a syn spol. s.r.o., cukr krupice od výrobce Tereos TTD, a.s. a voda.

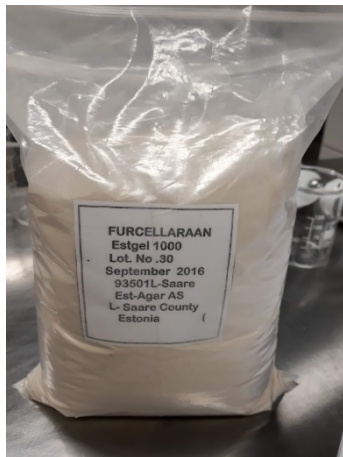
Tabulka 5 – Hmotnosti surovin

Obsah tuku (%)	Sušené odstředěné mléko (g)	Voda (g)	Smetana (g)	Cukr (g)	Celkem (g)
2,5	122,2	384,1	18,1	75,6	600
5,0	101,9	384,1	38,4	75,6	600
10,0	58,3	384,5	81,6	75,6	600
15,0	12,9	388,5	123	75,6	600

V tabulce 5 jsou uvedeny konkrétní surovinové skladby modelových směsí tak, jak byly odváženy při přípravě vzorků bez stabilizátorů. Podobným způsobem bylo postupováno i při přípravě vzorků s přidáním stabilizátoru, pouze s tím rozdílem, že ke směsi byla navíc přidána příslušná koncentrace stabilizátoru furcellaran od výrobce L-Saare County Estonia (Obrázek 13), nebo κ -karagenan od výrobce SIGMA-ALDRICH Co. (Obrázek 14). Každý takto připravený modelový vzorek byl promíchán 5 minut elektrickým šlehačem do hladké konzistence, pak 15 minut ponechán hydratovat, následně znovu promíchán.



Obrázek 12 – Schéma přípravy vzorků



Obrázek 13 – Furcellaran



Obrázek 14 – κ-karagenan



Obrázek 15 – Vzorek pro reologii

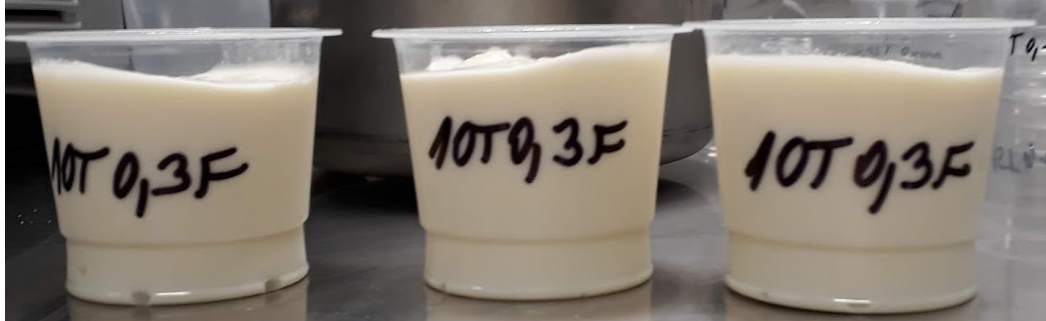
Všechny modelové vzorky byly umístěny do freezeru Obrázek 16. Každý modelový vzorek byl zvážen před zmražením, pak znovu po zmražení a následně vyhodnocen dle rovnice 8.

$$\text{Nášleh} = \frac{\text{hmotnost směsi} - \text{hmotnost pěny}}{\text{hmotnost pěny}} * 100 \quad \text{rov. 8}$$

Poté byl mražený krém bezodkladně přemístěn do plastových kelímků (Obrázek 17), naplněné kelímky byly uzavřeny, popsány a uloženy do mrazicího boxu pro následné měření texturních vlastností.



Obrázek 16 – Používaný freezer



Obrázek 17 – Vzorok mraženého krému

6.2 Měření reologických vlastností

Z každé modelové směsi bylo odebráno 100 ml vzorku pro měření reologických vlastností (Obrázek 15). Z reologických parametrů byla v rámci této diplomové práce sledovány tři veličiny, a to smykové napětí (mez toku), viskozita modelových vzorků a tixotropie. Pro měření viskoelastických vlastností byla použita dynamická oscilační reometrie, reometr HAAKE Rheo Stres 1 (Thermo Scientific TM Brémy, Německo), zvolená geometrie válec-válec, vnitřní průměr válce: 34 mm, štěrbina: 7,2 mm. Objem dávkovaného vzorku byl vždy 40 ml, všechna měření proběhla při teplotě 20 ± 1 °C. Tato teplota byla udržována během celého měřicího procesu.

K získání tokových křivek byla provedena dvě reologická měření: první se vzestupnou smykovou rychlostí ($0-100 \text{ s}^{-1}$) a druhé se sestupnou smykovou rychlostí ($100-0 \text{ s}^{-1}$).

K popisu reologického chování modelových vzorků byl využit model Oswald de Waele, který slouží zejména pro látky pseudoplastické a dilatantní. Označován také bývá jako model Power Law nebo model mocninový. K tomuto modelu se vztahuje rovnice:

$$\tau = K * \gamma^n \quad \text{rov. 9}$$

Kde: τ ... smykové napětí

K ... součinitel konzistence

n ... index tokového chování ($n > 1$ – látka dilatantní, $n < 1$ – látka pseudoplastická)

γ ... smyková rychlost

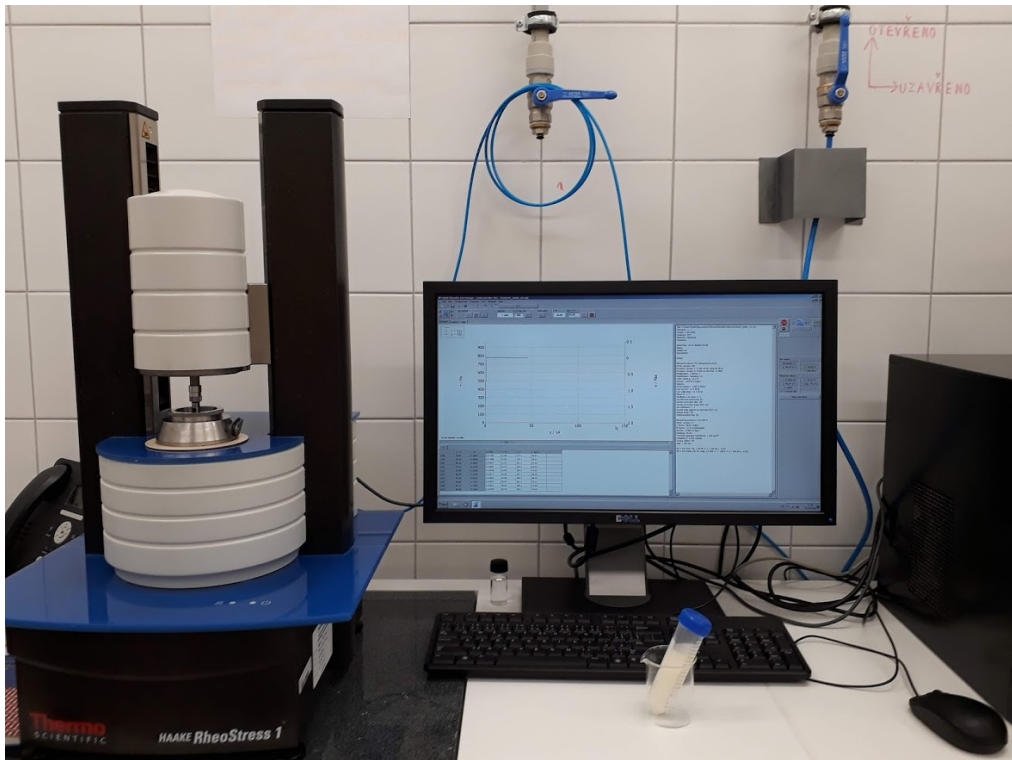
Tixotropní plochy, A_t byly získány pomocí výpočtu z rovnice:

$$A_t = \frac{(A_{up} - A_{down})}{A_{up}} \times 100 \quad \text{rov. 10}$$

Kde: A_{up} ... plocha (Pa/s) vzestupné křivky toku

A_{down} ... plocha (Pa/s) sestupné křivky toku

Měření zachycuje Obrázek 18.



Obrázek 18 – Měření na reometru

6.3 Měření texturních vlastností

Pro měření textury byl použit penetrační test na přístroji TA.XT plus s cylindrickou sondou 6 mm (výrobce Stable Micro Systems, Velká Británie). Měření zachycuje Obrázek 19.



Obrázek 19 – Měření na analyzátoru textury

Texturní vlastnosti byly měřeny po 3 dnech skladování v mrazicím boxu při teplotě -20 °C. Každý vzorek se stejnou tučností a stejným obsahem stabilizátoru byl měřen ve třech opakování. K měření byla použita cylindrická sonda o průměru 6 mm, kde rychlost sondy byla při měření 2 mm.s⁻¹. Modelový vzorek byl penetrován do hloubky 10 mm. Zpětná rychlost návratu sondy byla 2 mm.s⁻¹. Při měření byla vyhodnocována maximální síla potřebná k penetraci (maximum píku zátěžové křivky (N)). Výsledky měření texturních vlastností byly vyhodnoceny pomocí programu Exponent Lite.

6.4 Měření nášlehu

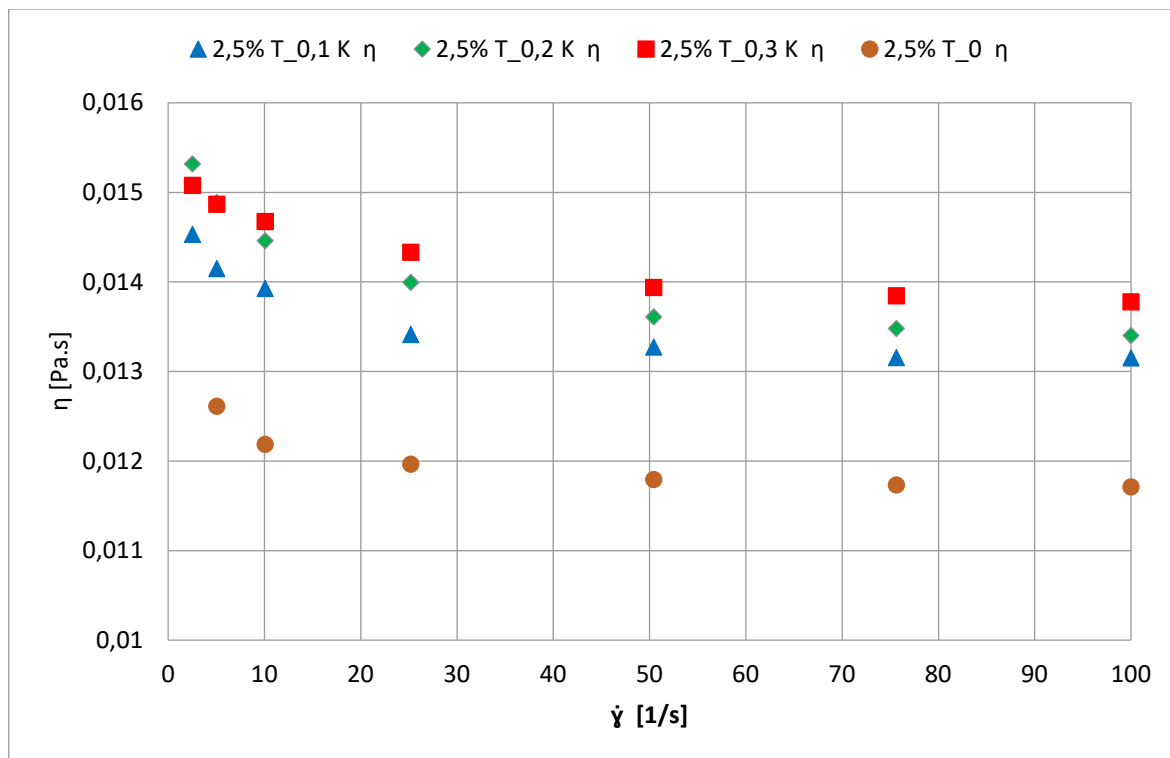
Pro vyhodnocení nášlehu bylo nutno porovnat hmotnost směsi a hmotnost výsledné pěny. Z naměřených hodnot byla dle rov. 8 vypočtena hodnota nášlehu v % [61] .

$$\text{Nášleh} = \frac{\text{hmotnost směsi} - \text{hmotnost pěny}}{\text{hmotnost pěny}} * 100 \quad \text{rov. 8}$$

7 VÝSLEDKY A DISKUSE

7.1 Vyhodnocení reologických vlastností modelových vzorků

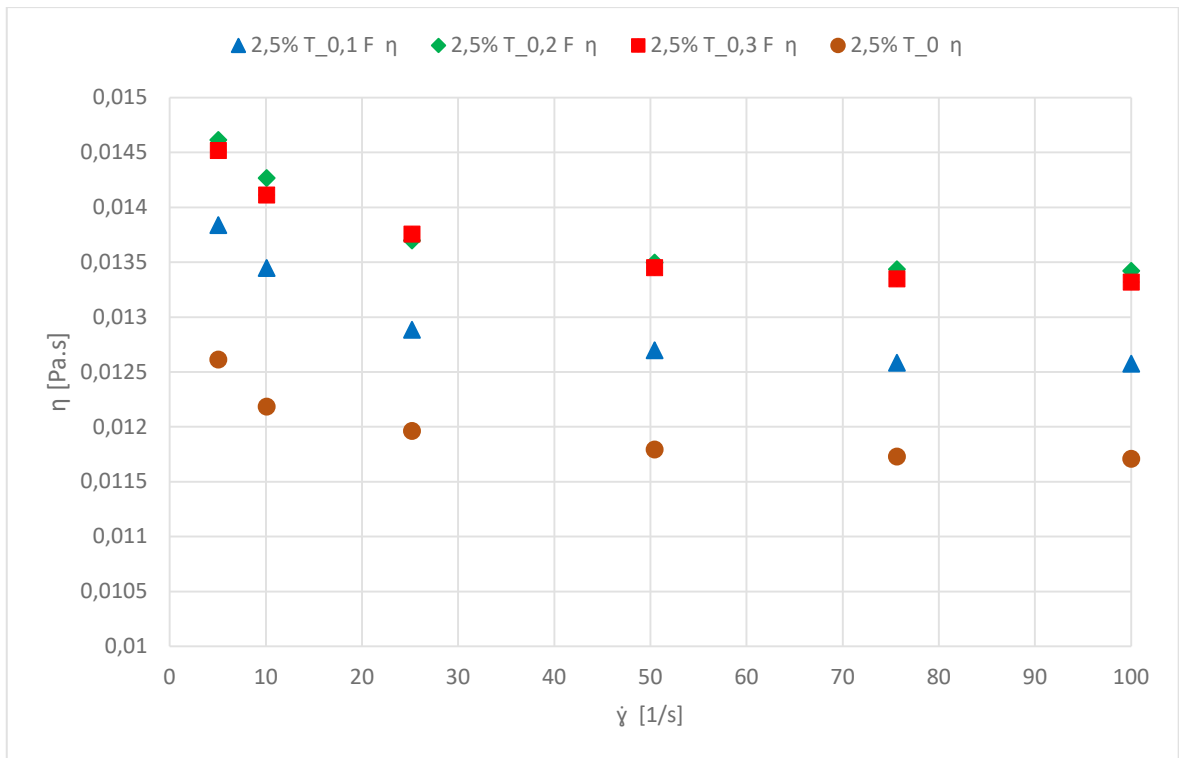
7.1.1 Vyhodnocení viskozity



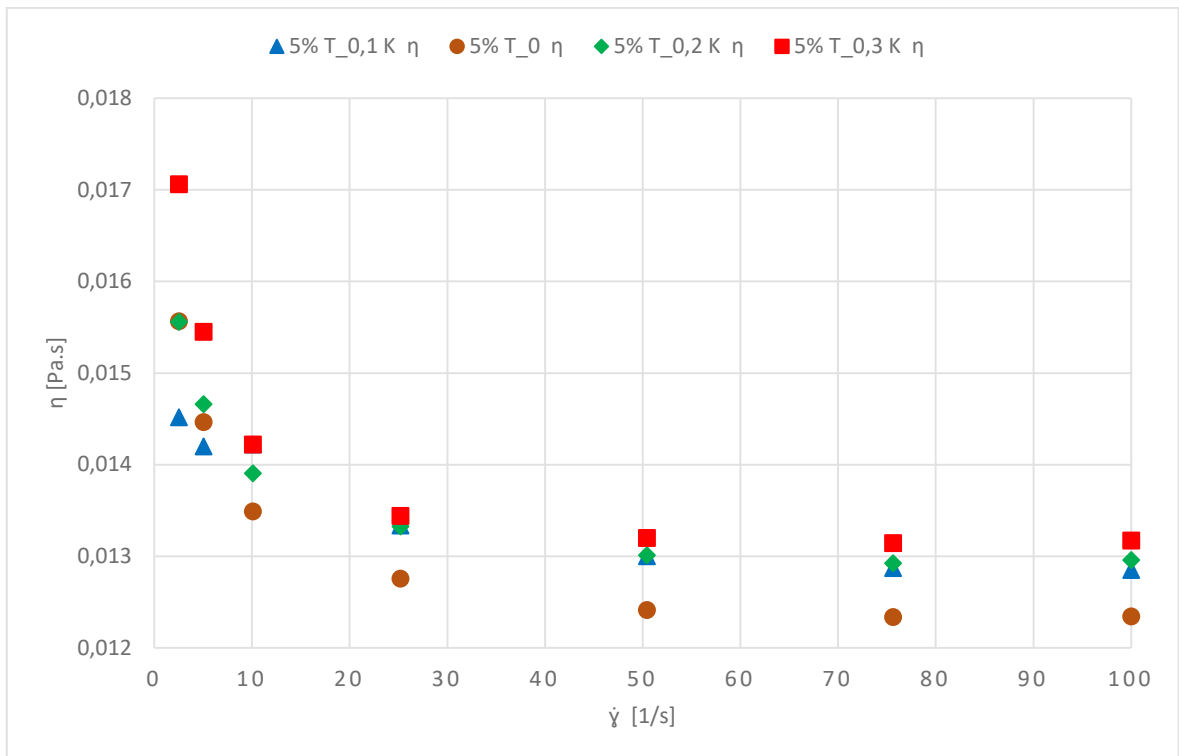
Obrázek 20 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 2,5 % tuku a přídavkem κ -karagenanu

Vliv stabilizátoru na zvýšení viskozity je nejvýrazněji pozorovatelný u modelových vzorků o tučnosti 2,5 %, jak je patrné z Obrázku 20. Přídavkem κ -karagenanu se výrazně zvyšuje viskozita modelových zmrzlinových směsí s 2,5 % obsahem tuku. Při zvyšující se smykové deformaci dochází k poklesu viskozity a je patrné, že zvýšení viskozity je přímo úměrné koncentraci ve srovnání s nižší smykovou deformací, kde závislost zvýšení viskozity na koncentraci není lineární.

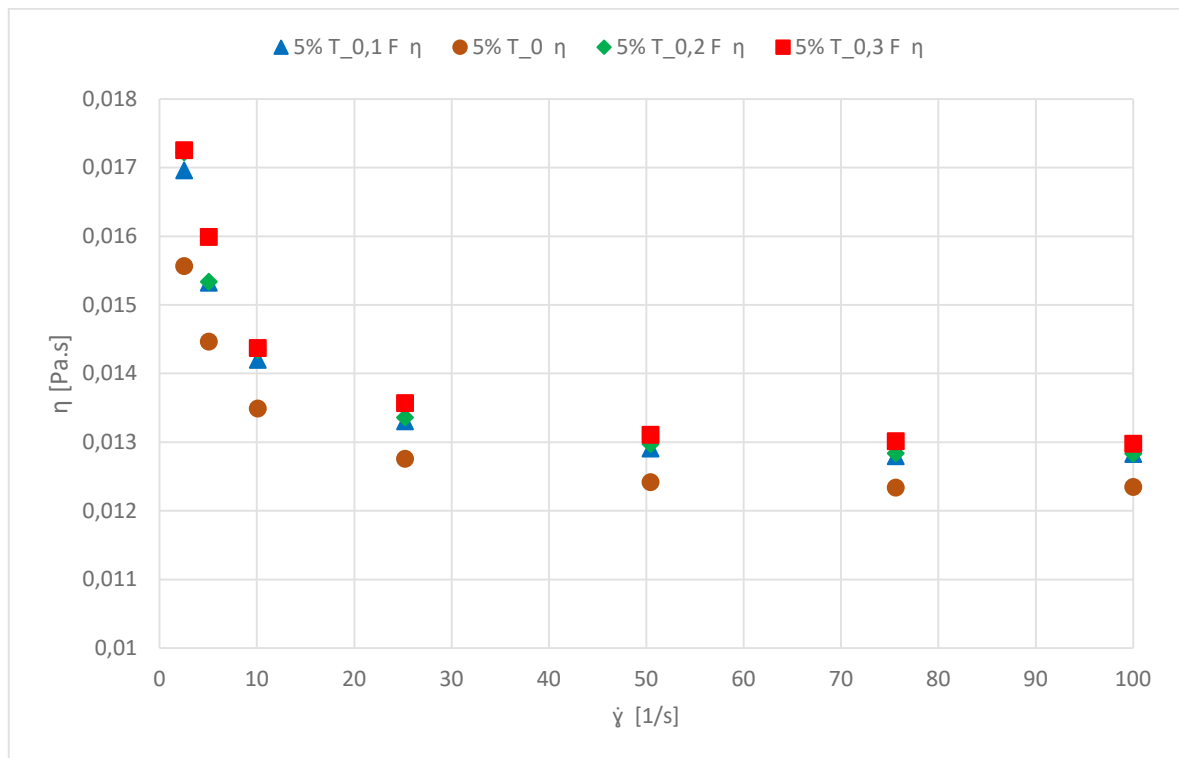
Také vliv furcellaranu na zvýšení viskozity je nejvýrazněji pozorovatelný u modelových vzorků o tučnosti 2,5 %. Z Obrázku 21 je patrné, že přidání furcellaranu zvyšuje také významně viskozitu modelového vzorku zmrzlinové směsi. Přidáním furcellaranu o koncentraci 0,1 % a 0,2 % se vždy zvýšila viskozita dvojnásobně, avšak další zvýšení koncentrace na 0,3 % již nepřineslo očekávané zvýšení viskozity. Ze zjištěných výsledků lze konstatovat, že koncentrace 0,2 % furcellaranu je limitní pro použití tohoto stabilizátoru, pro danou tučnost modelového vzorku (v rámci sledovaného rozsahu přídavků furcellaranu).



Obrázek 21 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 2,5 % tuku a přísadkou furcelleranu



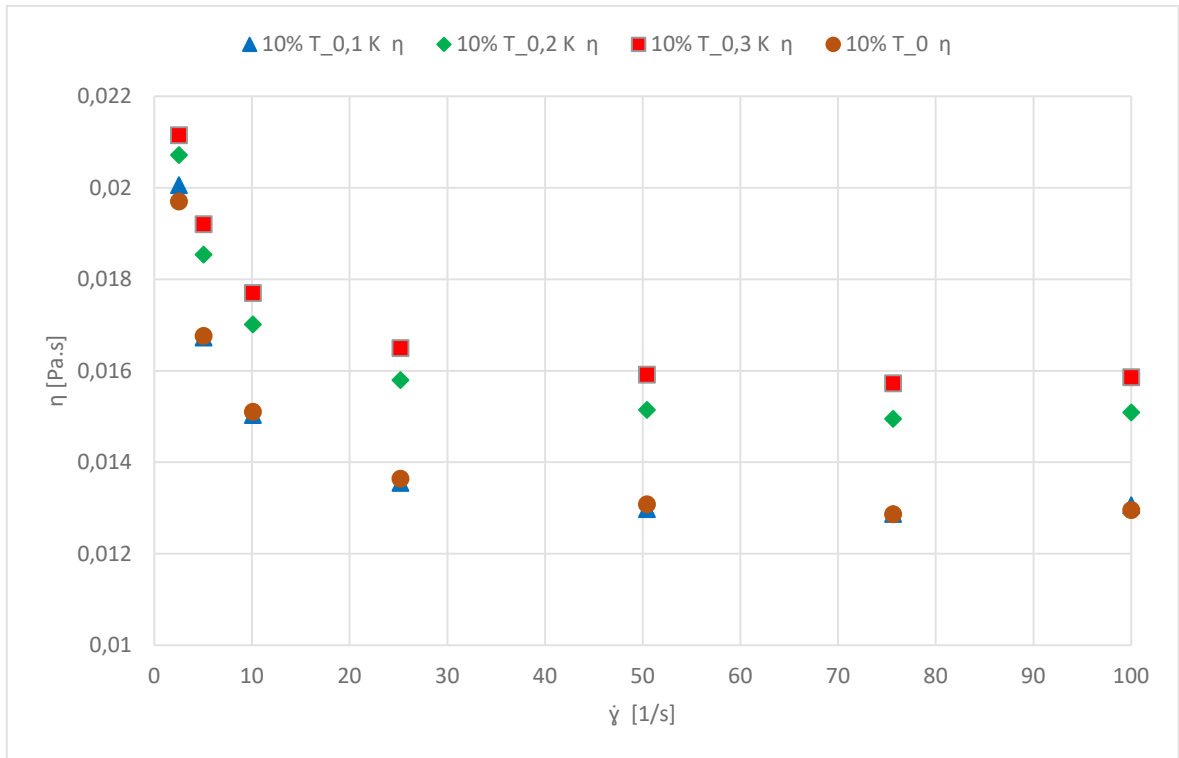
Obrázek 22 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 5 % tuku a přísadkou κ-karagenanu



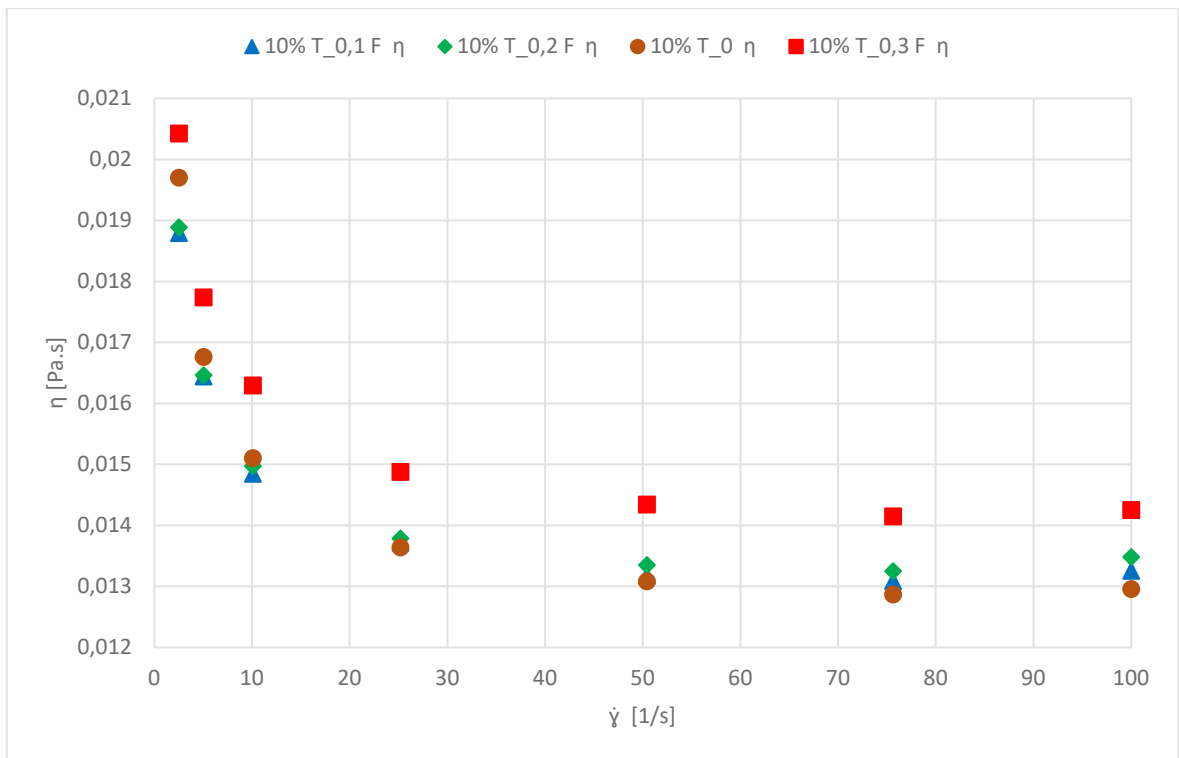
Obrázek 23 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 5 % tuku a přísadkou furcellaranu

Z modelových vzorků o tučnosti 5 % (Obrázek 22 a Obrázek 23) je patrné, že přidáním κ -karagenanu a furcellaranu se nepatrně zvýšila viskozita, ale koncentrace hydrokoloidů již nemá tak významný vliv na zvýšení viskozity, jako v případě modelových směsí o tučnosti 2,5 %. Dále je možno z výše uvedených grafů vyvodit, že viskozita je téměř shodná pro všechny koncentrace hydrokoloidů bez ohledu na použitý druh.

Se zvyšující se tučností modelových vzorků došlo k ovlivnění účinku přísadky hydrokoloidu na viskozitu zmrzlinové směsi. Na Obrázku 24 je vidět, že přidání κ -karagenanu o koncentraci 0,1 % nemá na viskozitu vzorku s 10% tučností prakticky žádný vliv. Viskozita se zvyšovala až při koncentraci 0,2 %, respektive 0,3 % κ -karagenanu, kde již bylo pozorováno výraznější zvýšení viskozity zmrzlinové směsi.

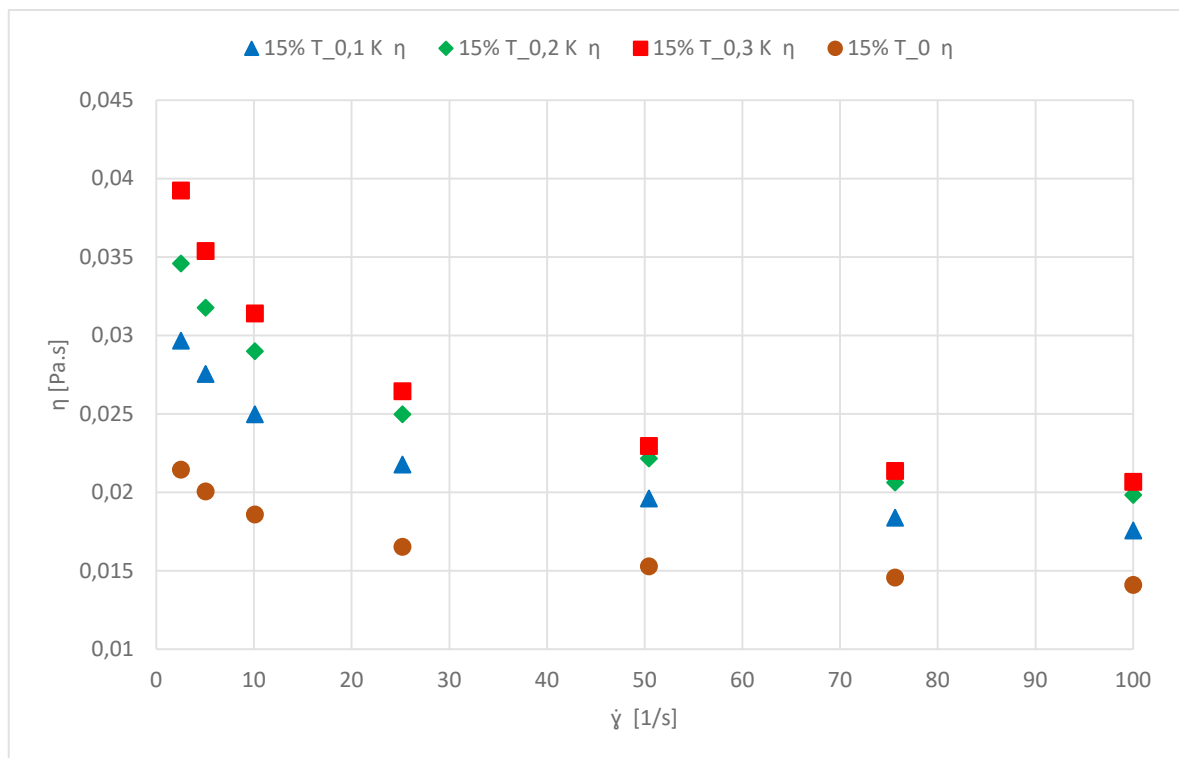


Obrázek 24 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 10 % tuku a přísadkou κ -karagenanu



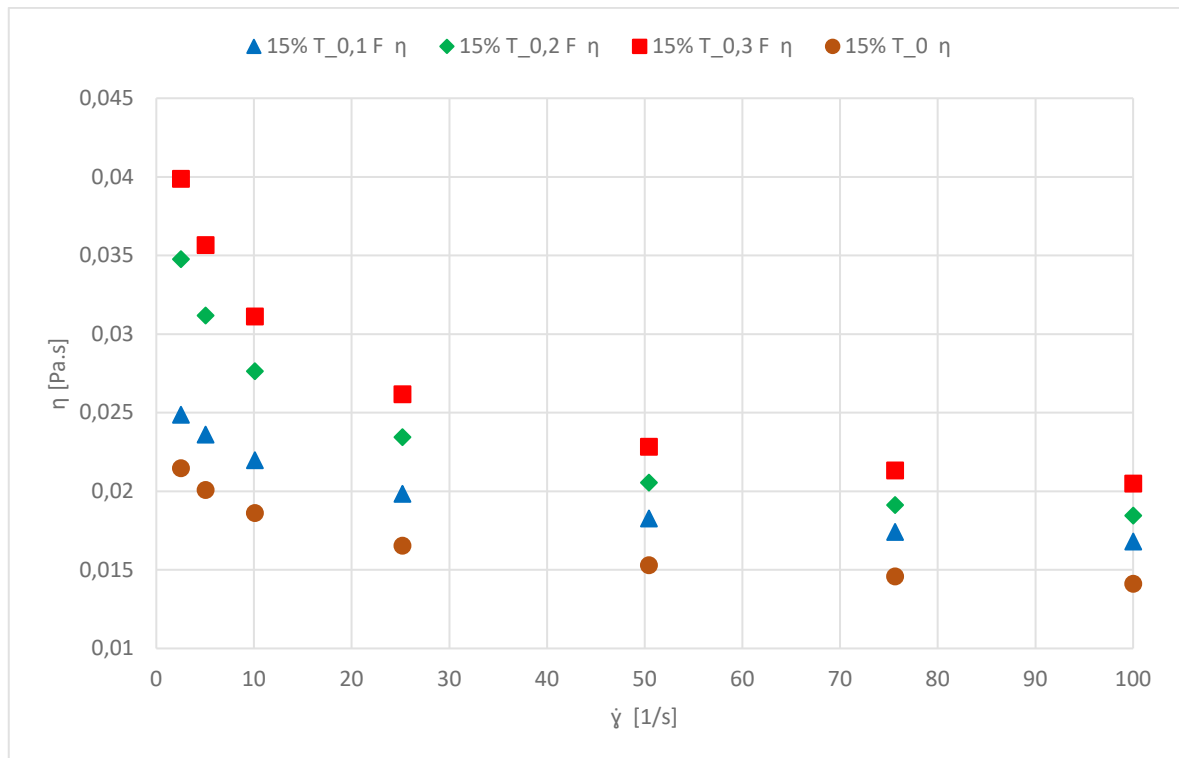
Obrázek 25 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 10 % tuku a přísadkou furcellaranu

Na Obrázku 25 je možné pozorovat ještě významnější dopad obsahu tuku ve zmrzlinové směsi na účinek furcellaranu v nižších koncentracích. Pro zvýšení viskozity modelové zmrzlinové směsi bylo nutné zvýšit koncentraci stabilizátoru. Přídavek furcellaranu o koncentraci 0,1 a 0,2 % v modelové směsi o tučnosti 10 %, viskozitu téměř nezměnil. Zvýšení viskozity je patrné až při koncentraci 0,3 % furcellaranu.



Obrázek 26 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 15 % tuku a přídavkem κ -karagenanu

Při tučnosti modelového vzorku 15 % je možno pozorovat změnu trendu ve zvyšování viskozity po přidání stabilizátoru (Obrázek 26). Zvýšení viskozity je možno pozorovat i při nižších koncentracích stabilizátoru. Přídavkem κ -karagenanu dojde ke zvýšení viskozity. Při nižších rychlostech smykové deformace roste viskozita úměrně ke koncentraci stabilizátoru. Při porovnání s chováním modelových směsí o tučnosti 5 % a 10 % je zde jasně rozlišitelný vliv stabilizátoru. Na druhou stranu se zvyšující se rychlostí smykové deformace není rozdíl mezi 0,2 a 0,3% přídavkem κ -karagenanu téměř pozorovatelný.



Obrázek 27 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 15 % tuku a přídavkem furcellaranu

Z Obrázku 27 plyne, že přidáním stabilizátoru furcellaranu dojde ke zvýšení viskozity již při nejnižší koncentraci, avšak při nižších rychlostech smykové deformace nedošlo ke zvýšení viskozity přímo úměrné koncentraci hydrokoloidu. Při vyšších rychlostech smykové deformace bylo zvýšení viskozity přímo úměrné koncentraci hydrokoloidu (viskozita se zvyšovala o stejnou hodnotu při každém zvýšení koncentrace).

Z výše uvedených Obrázků 20 až 27 vyplývá, že viskozita klesá exponenciálně s rostoucí rychlostí smykové deformace, což poukazuje na pseudoplastické chování zmrzlinové směsi. Pseudoplastické chování se vyznačuje snižováním viskozity se zvyšující se smykovou rychlostí. Tento jev lze vysvětlit pomocí propojených struktur, které však nejsou spojitě, tyto struktury neustále vznikají a zanikají. Jelikož se vzrůstající smykovou rychlostí se tyto struktury rozbíjejí, zmenšuje se počet přechodných asociačních spojů, a proto viskozita systému klesá [62].

Z výsledků dále vyplývá, že použití jednotlivých stabilizátorů zvyšuje viskozitu modelového vzorku, přitom κ -karagenan zvyšuje viskozitu ve větší míře než furcellaran. Nicméně rozdíly v chování obou hydrokoloidů nejsou příliš významné. S rostoucí tučností modelových vzorků stoupá absolutní hodnota viskozity.

Vliv obsahu tuku v mléce je velký, protože se zvyšujícím se obsahem tuku viskozita roste. Obsah kaseinu má vzhledem ke své velikosti a značnému množství možných interakcí mezi sebou nebo s jinými složkami mléka na viskozitu vliv největší. Viskozita a reologické vlastnosti mléka tedy do značné míry závisí na stavu a koncentraci tuku a kaseinu a současně i na faktorech, které na ně mají vliv, jako je tepelné ošetření mléka, teplota a doba skladování [63] [64]. Nejvyšší hodnoty dosahuje viskozita zmrzlinové směsi při tučnosti 15 %.

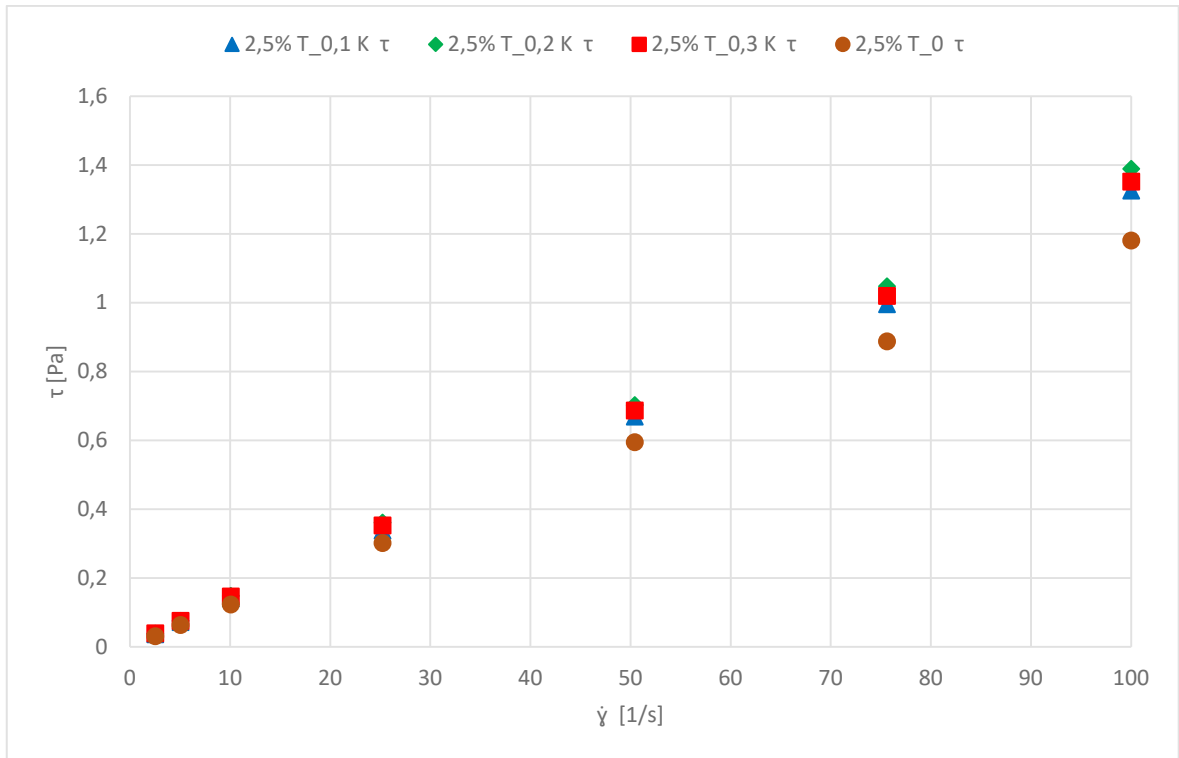
Nejvýznamnější vliv hydrokoloidů lze pozorovat při tučnosti směsi 2,5 %, kde viskozita významně rostla s koncentrací stabilizátoru, a to i při nejnižším přídávku 0,1 %. Vliv nižšího přídávku hydrokoloidu však není v případě tučností 5 % a 10 % jasně pozorovatelný.

Významnější vliv přídávku hydrokoloidů lze pozorovat až při tučnosti směsi 15 %, kde je patrné, že viskozita roste s nižší koncentrací hydrokoloidů.

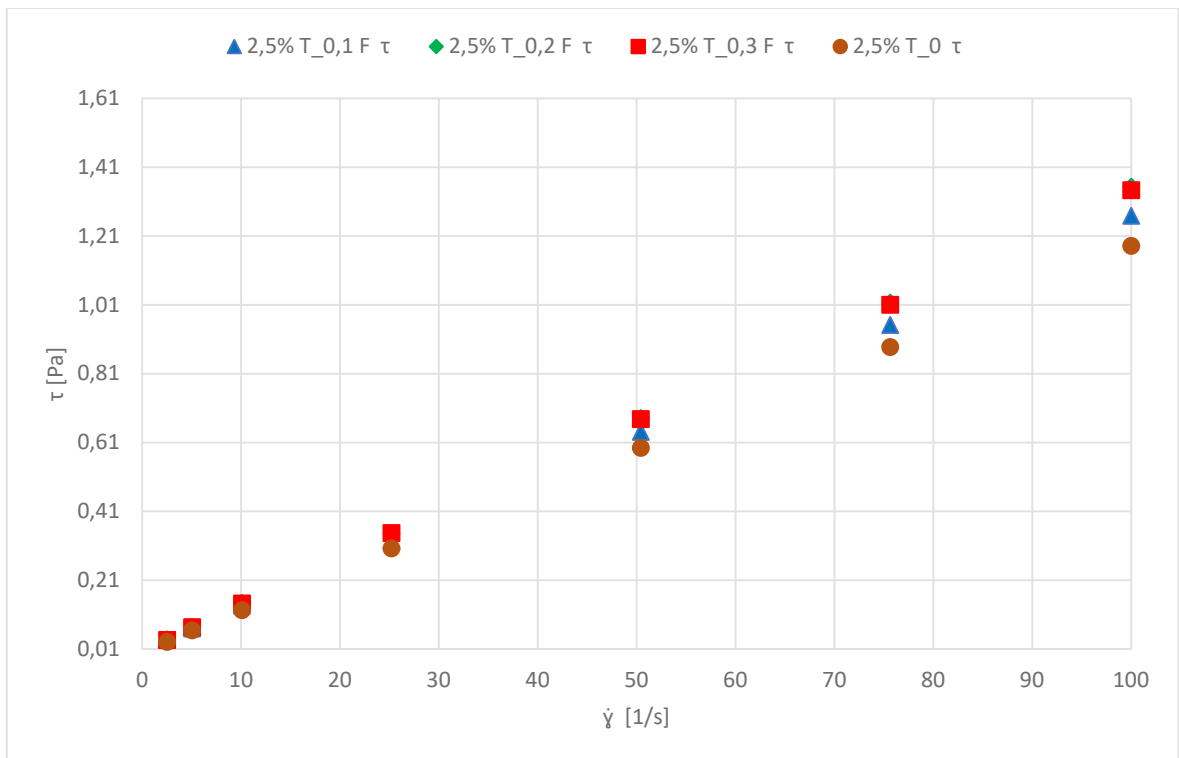
Pokud však přistoupíme k porovnání výsledků absolutní hodnoty viskozity s výsledky uvedenými v publikaci Cavendera a Kerra [65], kde byl použit hydrokoloid xanthan v koncentraci 0,2 %, nejsou zjištěné výsledky příliš kompatibilní. Hodnoty viskozity se shodují pouze u kontrolních vzorků, ale po přidání stabilizátoru (koncentrace 0,2 %) jsou v článku hodnoty řádově vyšší než v experimentu, který popisuje tato diplomová práce. Důvodem může být použití jiného hydrokoloidu, než které byly použity v diplomové práci, ale také použití mikrofluidizace, která v diplomové práci použita nebyla. Dle publikace Cavendera a Kerra [65] mikrofluidizace výrazně pomáhá zvyšovat viskozitu směsi.

7.1.2 Vyhodnocení smykového napětí

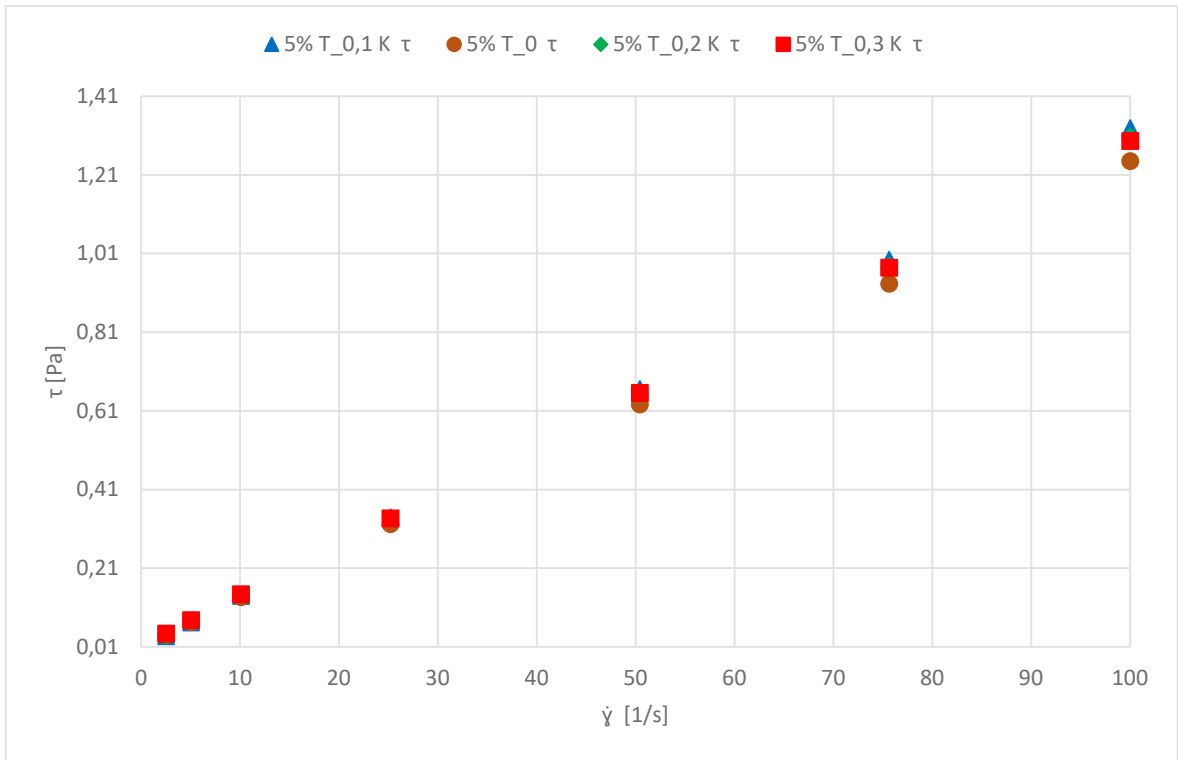
Z Obrázků 28, 29, 30 a 31 je patrné, že v případě modelových směsí o tučnosti 2,5 % a 5 % smykové napětí roste úměrně s rychlostí smykové deformace. Při nižších rychlostech, je vliv přídávku hydrokoloidu (jak κ -karagenanu, tak furcellaranu) téměř nezatelný. Až při vyšších rychlostech smykové deformace použitím hydrokoloidu došlo k zvýšení smykového napětí.



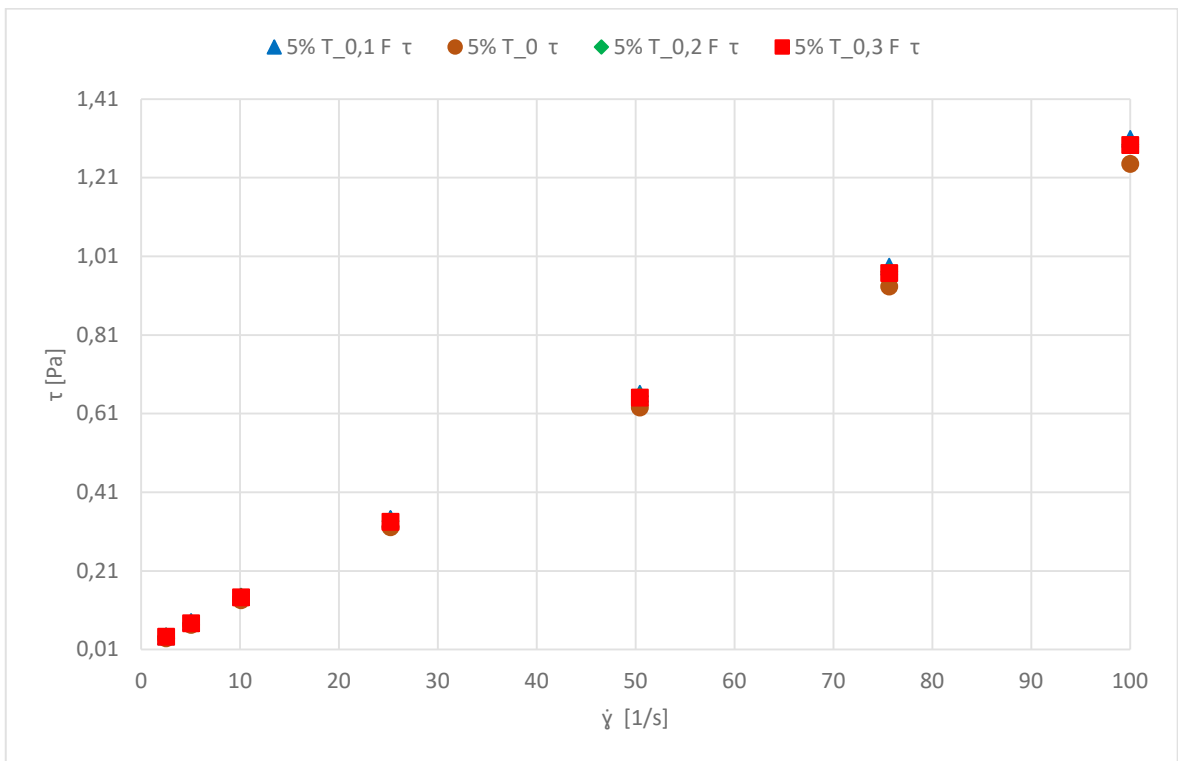
Obrázek 28 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 2,5 % tuku a přísadkou κ-karagenanu



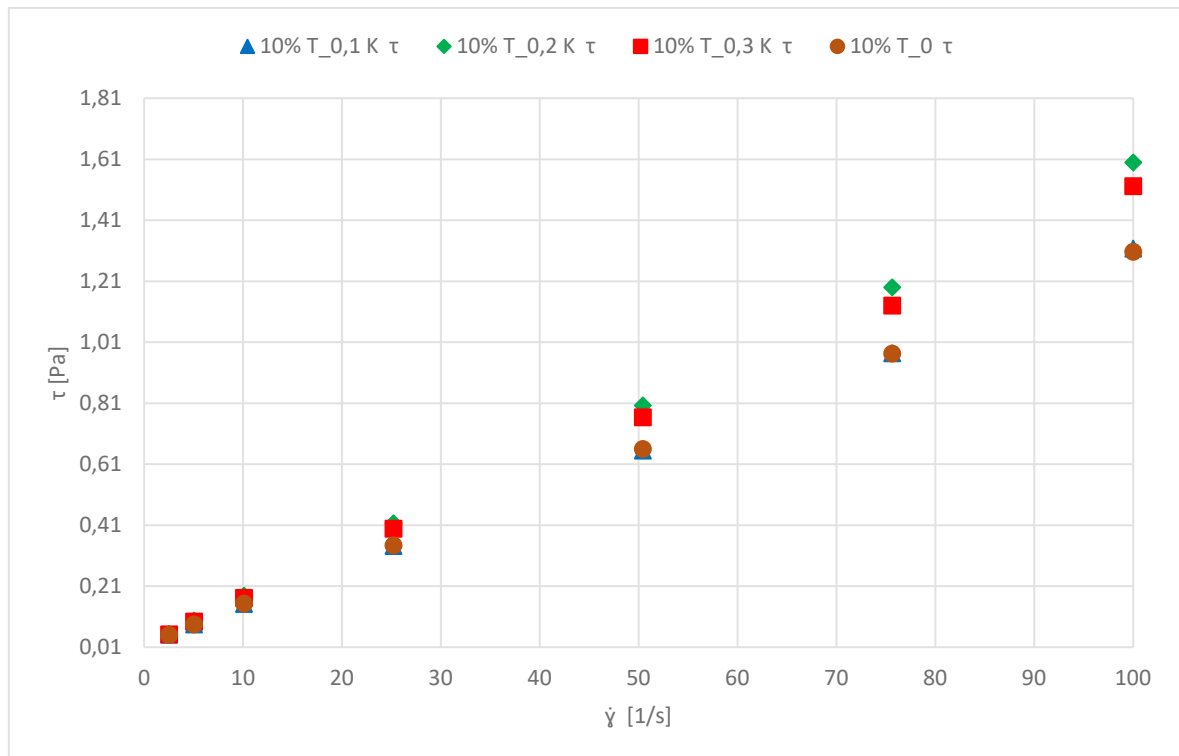
Obrázek 29 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 2,5 % tuku a přísadkou furcelleranu



Obrázek 30 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 5 % tuku a přísadkou κ -karagenanu



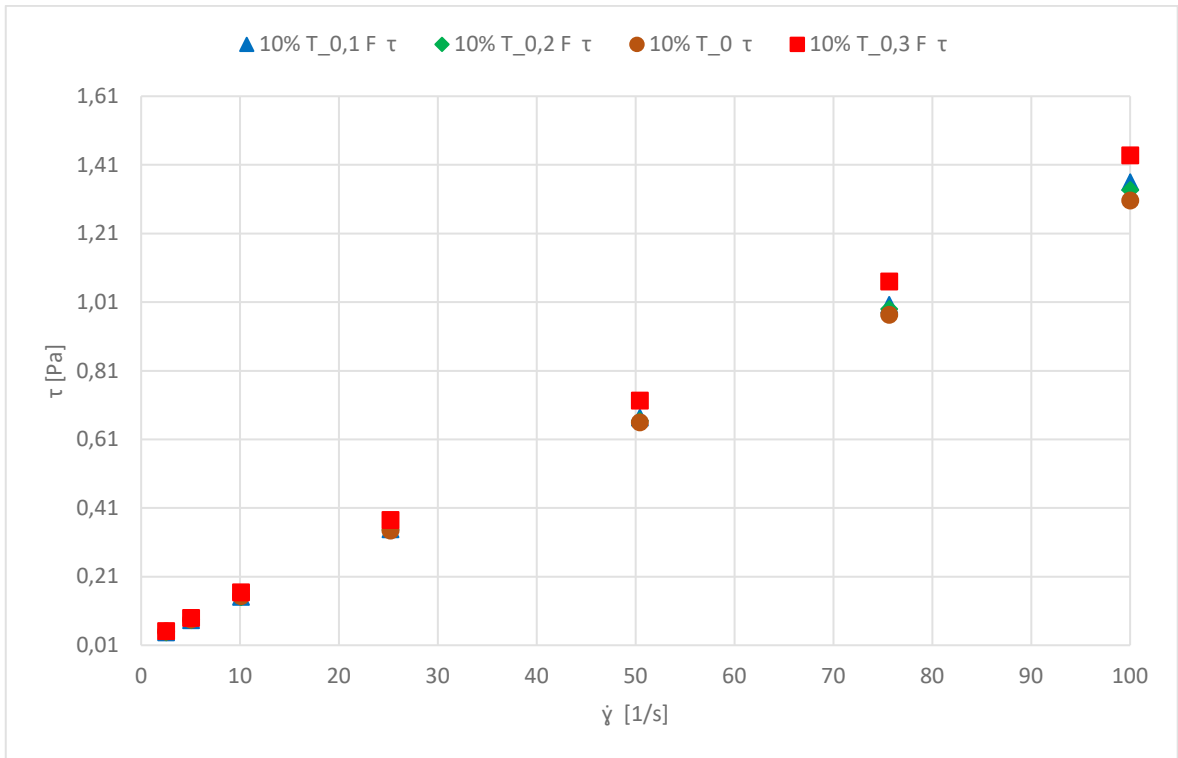
Obrázek 31 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 5 % tuku a přísadkou furcellaranu



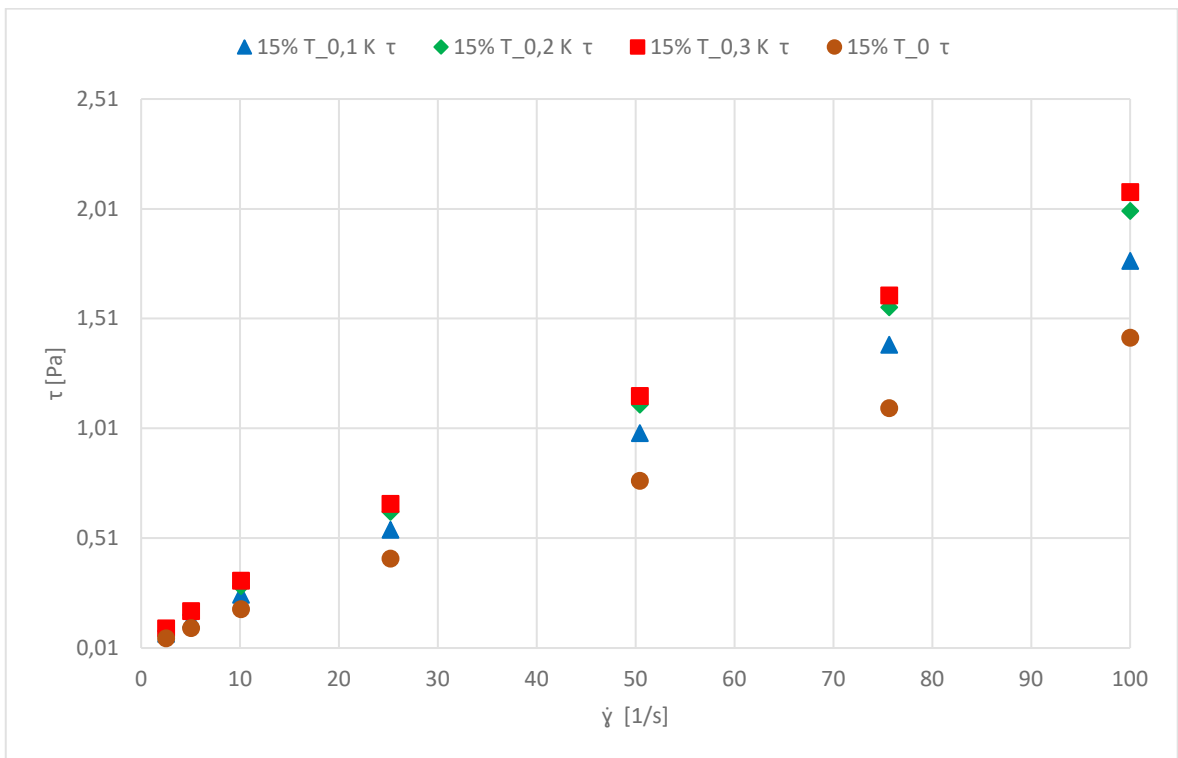
Obrázek 32 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 10 % tuku a přísadkou κ-karagenanu

Z Obrázku 32 je patrné, že i v případě zmrzlinové směsi o tučnosti 10 % smykové napětí roste úměrně s rychlostí smykové deformace. Koncentrace 0,1 % κ-karagenanu nemá vliv na zvýšení smykového napětí. Vyšší smykové napětí lze pozorovat po přidání κ-karagenanu o koncentraci 0,2 a 0,3 %, ale rozdíly mezi těmito koncentracemi lze pozorovat pouze při nejvyšších rychlostech smykové deformace.

Současně na Obrázku 33 je patrné obdobné chování - smykové napětí roste úměrně s rychlostí smykové deformace. Nicméně 0,1% a 0,2% přísadka furcellaranu nemá vliv na zvýšení smykového napětí. Vyšší smykové napětí bylo pozorováno až u koncentrace 0,3 % furcellaranu. Významnější zvýšení smykového napětí lze pozorovat při nejvyšší rychlosti smykové deformace.

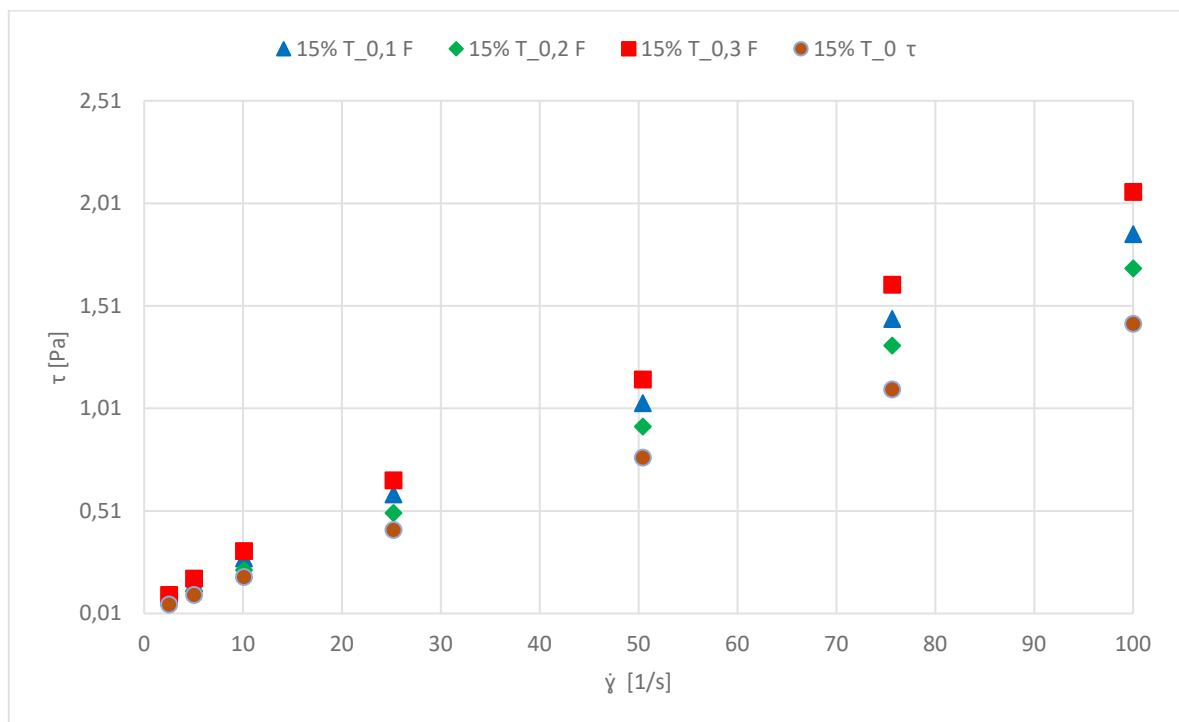


Obrázek 33 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 10 % tuku a přísadkou furcellaranu



Obrázek 34 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 15 % tuku a přísadkou κ -karagenanu

Při tučnosti 15 % modelových vzorků zmrzlinové směsi lze pozorovat (Obrázek 34), že přidáním stabilizátoru roste hodnota smykového napětí již při nižších rychlostech smykové deformace. Jasně pozorovatelný rozdíl ve srovnání s chováním kontrolního vzorku byl zaznamenán v hodnotách smykového napětí již u koncentrace 0,1 %. Ještě významnější rozdíly oproti kontrole byly pozorovány u přídatku 0,2 a 0,3 % κ -karagenanu. Na druhou stranu navýšením κ -karagenanu na 0,3 % došlo téměř k neznatelnému rozdílu v chování při porovnání s 0,2% přídatkem.



Obrázek 35 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 15 % tuku a přídatkem furcellaranu

Z Obrázku 35 lze pozorovat, že až u modelových směsí o tučnosti 15 % se přidáním furcellaranu zvyšuje hodnota smykového napětí úměrně ke koncentraci stabilizátoru, a to již u nižších koncentrací furcellaranu.

Z výše uvedených výsledků (Obrázky 28 až 35) vyplývá, že smykové napětí je přímo úměrné rychlosti smykové deformace. Tuto vlastnost lze s výhodou využít, pokud potřebujeme snížit zatížení zařízení při výrobě, stačí jednoduše snížit rychlost smykové deformace.

Z výsledků dále vyplývá, že vliv stabilizátorů na hodnotu smykového napětí je při tučnosti 2,5 – 10 % nevýznamný. Významnější vliv stabilizátorů na nárůst smykového napětí byl zaznamenán pouze u 15% tučnosti modelových vzorků, přitom výběr stabilizátoru neměl na tento nárůst významnější vliv, chování obou modelových vzorků s různými stabilizátory bylo velmi podobné.

7.1.3 Vyhodnocení reologických vlastností - „Power Law model“

Tabulka 6 – Reologické vlastnosti modelových vzorků zmrzlinových směsí

Modelová směs	K (mPa.s)	n	R ²	A _t (Pa/s)
2,5 kontrola	6,523	1,003	0,9990	0,582
2,5 F 0,1	6,797	1,007	0,9990	0,672
2,5 F 0,2	7,819	1,033	0,9998	0,689
2,5 F 0,3	8,564	0,999	0,9999	2,103
2,5 K 0,1	7,655	1,012	0,9990	0,561
2,5 K 0,2	9,197	0,992	0,9990	0,597
2,5 K 0,3	9,201	0,988	0,9990	0,868
5 kontrola	6,362	0,989	0,9990	0,614
5 F 0,1	6,800	0,995	0,9990	0,667
5 F 0,2	8,257	0,995	0,9999	0,894
5 F 0,3	8,405	1,021	0,9990	1,281
5 K 0,1	7,722	1,016	0,9990	1,786
5 K 0,2	7,932	1,016	0,9990	2,138
5 K 0,3	8,485	1,024	0,9990	2,456
10 kontrola	7,585	1,015	0,9999	1,377
10 F 0,1	7,748	1,021	0,9998	1,455
10 F 0,2	7,854	1,006	0,9990	1,505
10 F 0,3	8,475	0,999	0,9999	1,649
10 K 0,1	7,777	1,019	0,9990	1,552
10 K 0,2	9,679	1,004	0,9990	1,643
10 K 0,3	10,150	0,991	0,9999	2,269
15 kontrola	16,810	0,811	0,9998	1,830
15 F 0,1	20,700	0,813	0,9990	2,077
15 F 0,2	31,040	0,812	0,9990	4,906
15 F 0,3	32,810	0,871	0,9990	6,859
15 K 0,1	26,560	0,815	0,9998	4,035
15 K 0,2	32,310	0,834	0,9999	4,831
15 K 0,3	32,500	0,823	0,9998	6,232

Pro vyhodnocení reologických vlastností modelových vzorků byl použit Power Law model pro neneutonskou závislost. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 6. Index konzistence **K** vypovídá, jak „tuhý“ vzorek je a **n** je index toku. Pokud **n** je větší než 1, kapalina je dilatantní, a naopak pokud **n** je menší než 1, kapalina je pseudoplastická.

Hodnoty **n** jsou srovnatelné bez ohledu na typ použitého hydrokoloidu. Se zvyšující se koncentrací hydrokoloidu hodnoty **n** klesají. To znamená, že materiál se začíná chovat jako pseudoplastická kapalina (z původního pravděpodobně newtonského chování; $n=1$). Dále se zvyšujícím se obsahem tuku byl tento jev významnější.

Hodnoty K se se zvyšujícím se obsahem tuku zvyšují, je zde patrný vliv obsahu triacylglycerolů. To samé platí i pro koncentrace hydrokoloidu. Se zvyšující se koncentrací hydrokoloidů také rostl index konzistence, čímž bylo ověřeno chování zvolených hydrokoloidů ve směsi mražených krémů. Hydrokoloidy jsou vysokomolekulární látky, které zpravidla vykazují vysokou vaznost vody. Působí jako zahušťující prostředky zvyšující viskozitu systému anebo jako látky, které stabilizují texturu finálních výrobků a zabraňují uvolňování vody během skladování [66]. Vliv použitých hydrokoloidů byl podobný.

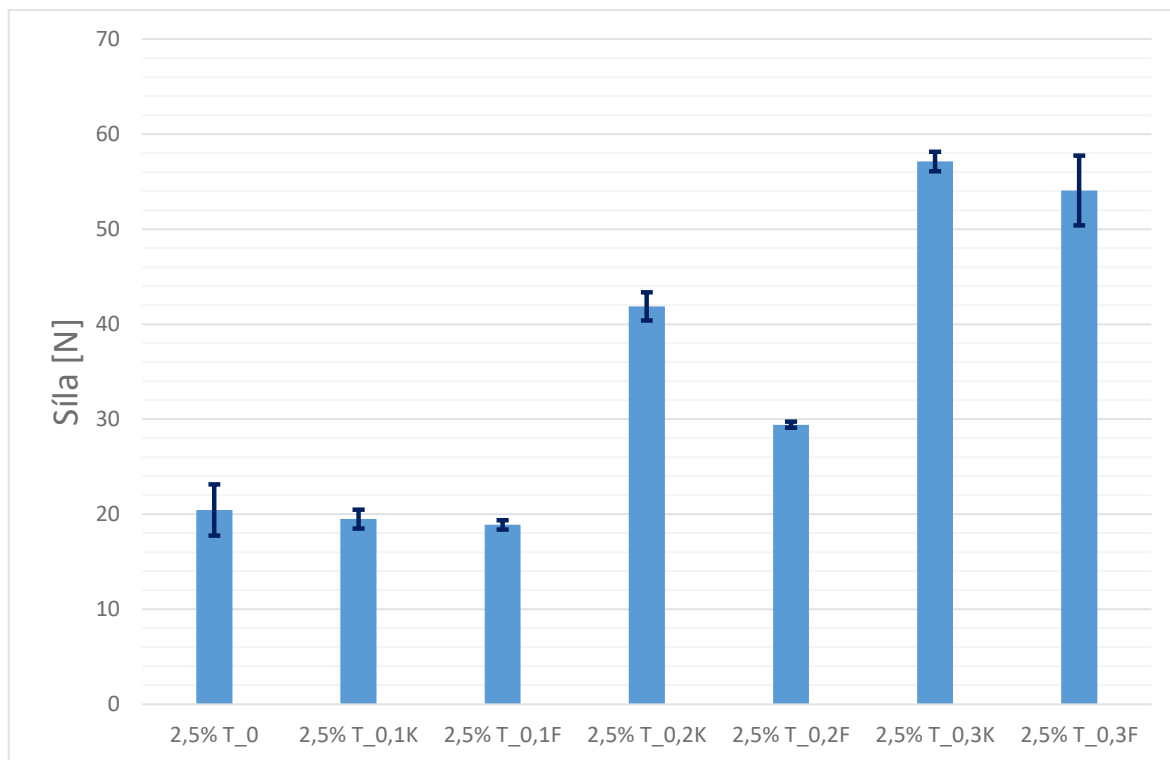
Z tabulky 6 je patrné, že hodnoty koeficientů korelace R^2 se limitně blíží k jedné, což znamená, že indexy konzistence a indexy toku jsou na sobě silně závislé.

Tixotropie (A_t) je kvalitativní srovnání, protože potřebná energie k destrukci struktury vzorku (maximální deformace) je proporcionální k ploše hystereze. Platí, že tixotropie je závislost na čase popsána jako řídnutí.

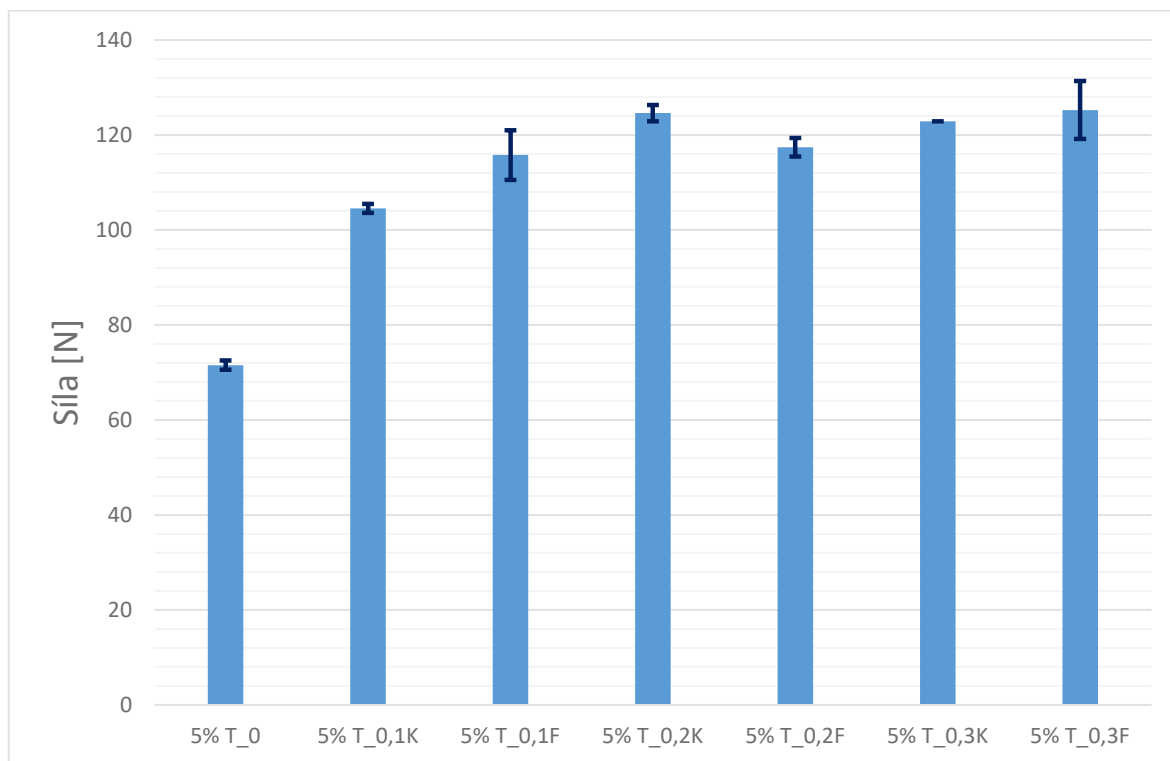
Tixotropie se zvyšovala s rostoucí tučností mraženého krému a také s rostoucí koncentrací použitých stabilizátorů, jak je možno vypořádat v Tabulce 6. Výsledky práce uvedených v Tabulce 6 vyplývá, že se zvyšující se viskozitou se zvyšovala tixotropie, jak bylo též uvedeno v publikaci Kurta [67].

7.2 Vyhodnocení texturních vlastností modelových vzorků

U modelových vzorků mražených krémů o tučnosti 2,5 % lze pozorovat, že použití hydrokoloidu zjevně zvyšuje tvrdost výsledného mraženého krému, jak je patrné z Obrázku 36. Čím byla koncentrace hydrokoloidu vyšší, tím rostla tvrdost mraženého krému. Rozdíl mezi použitím karagenanu nebo furcellaranu byl zanedbatelný u stejné koncentrace hydrokoloidu. Výjimku tvořil přídavek furcellaranu v koncentraci 0,2 %, kdy furcellaran zvýšil tvrdost mraženého krému významně méně než κ -karagenan o stejné koncentraci.

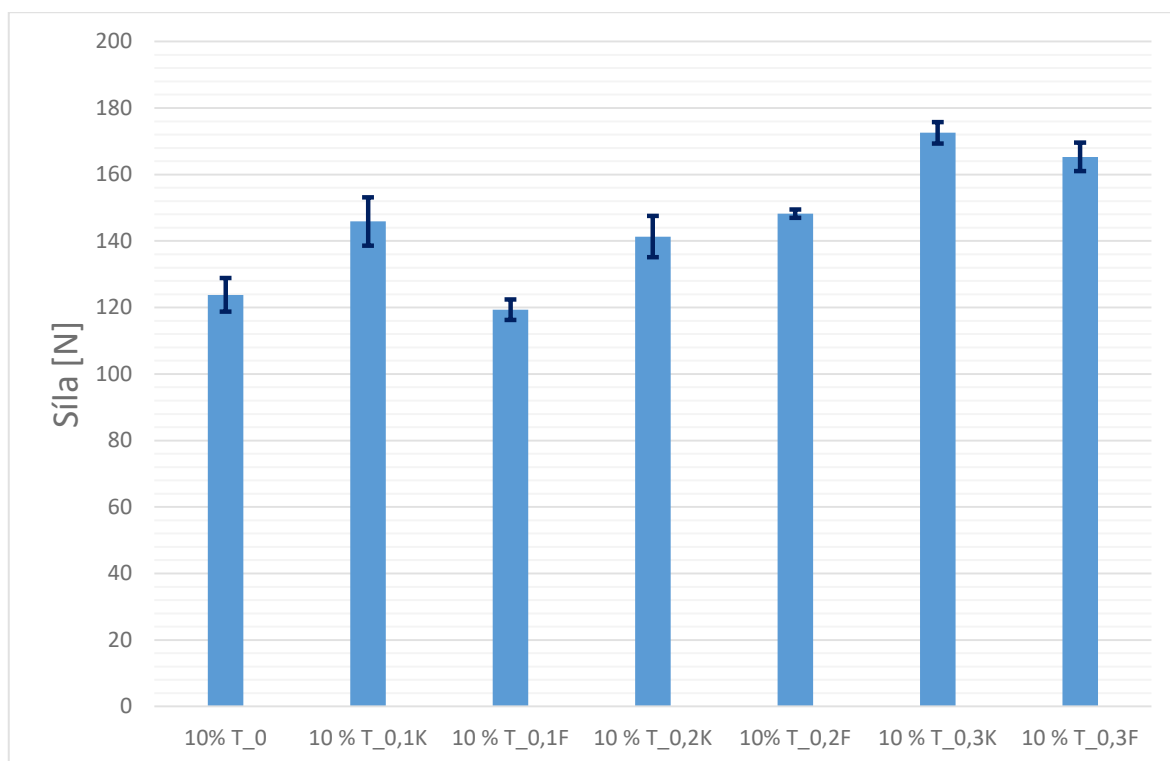


Obrázek 36 – Výsledky měření tvrdosti modelových vzorků mražených krémů o tučnosti 2,5 % s přidavkem κ -karagenanu a furcellaranu



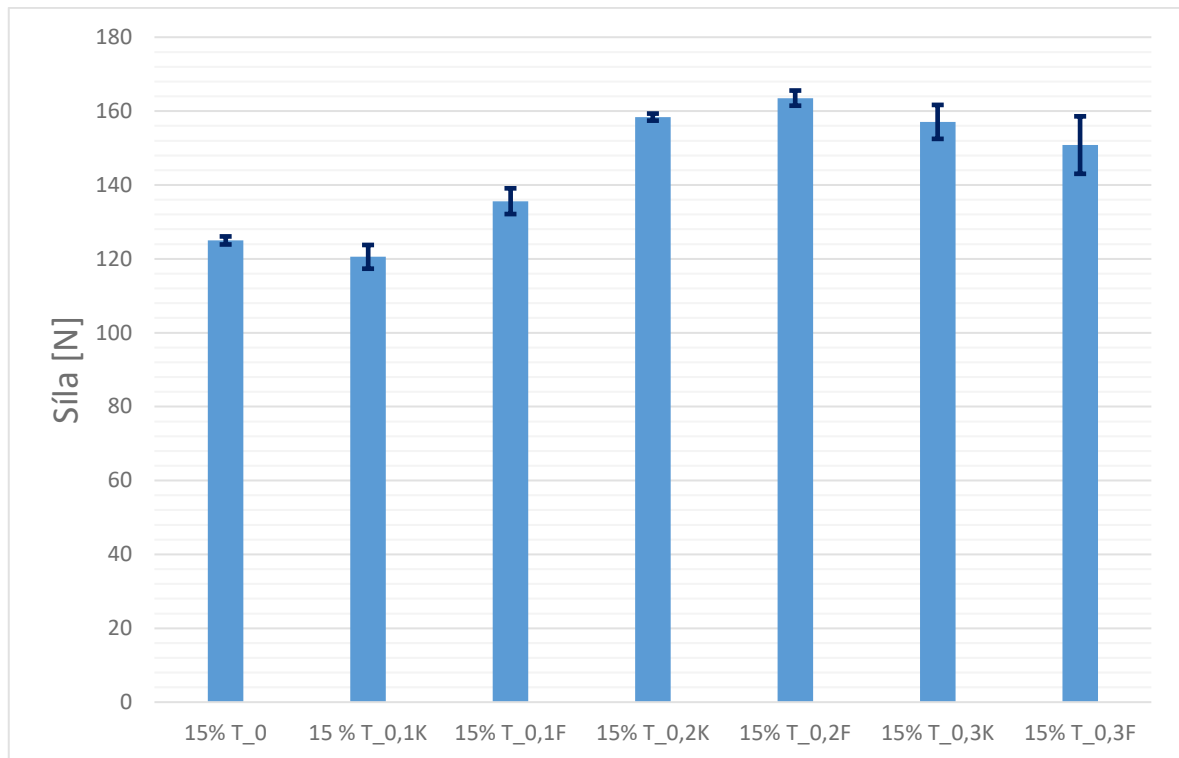
Obrázek 37 – Výsledky měření tvrdosti modelových vzorků mražených krémů o tučnosti 5 % s přidavkem κ -karagenanu a furcellaranu

U modelových vzorků mražených krémů s tučností 5 % (Obrázek 37) je patrné, že přidání hydrokoloidu zvyšuje tvrdost výsledného mraženého krému. Koncentrace hydrokoloidu však výrazný vliv na výslednou tvrdost neměla. Vliv mezi použitím karagenanu nebo furcellaranu stejné koncentrace hydrokoloidu je téměř stejný, při zahrnutí směrodatné odchylky do výsledku.



Obrázek 38 – Výsledky měření tvrdosti modelových vzorků mražených krémů o tučnosti 10 % s přídavkem κ -karagenanu a furcellaranu

U modelových vzorků o tučnosti 10 % (Obrázek 38) lze pozorovat, že použitím hydrokoloidu se zvyšuje tvrdost výsledného mraženého krému s výjimkou vzorku s obsahem 0,1 % furcellaranu, u kterého nedošlo k navýšení tvrdosti v porovnání s kontrolním vzorkem bez přídavku hydrokoloidu. Navýšení tvrdosti v důsledku přídavku hydrokoloidu však není tak významné v porovnání s modelovými vzorky mražených krémů o nižší tučnosti. Přídavek karagenanu a furcellaranu o stejné koncentraci v mražených krémech o tučnosti 10 % má obdobný vliv na tvrdost vzorků (s výjimkou 0,1 % přídavku furcellaranu, Obrázek 38).



Obrázek 39 – Výsledky měření tvrdosti modelových vzorků mražených krémů o tučnosti 15 % s přidavkem κ -karagenanu a furcellaranu

U modelových vzorků o tučnosti 15 % (Obrázek 39) lze také pozorovat, že použití hydrokoloidu zvyšuje tvrdost výsledného mraženého krému, vyjma vzorku s obsahem 0,1 % κ -karagenanu. Také v tomto případě však nedošlo k tak výraznému nárůstu tvrdosti ve srovnání se vzorky s nižší tučností. Vliv přidavku karagenanu a furcellaranu ve stejné koncentraci na tvrdost modelových vzorků o tučnosti 15 % je podobný, vyjma vzorku s 0,1 % přidavkem κ -karagenanu.

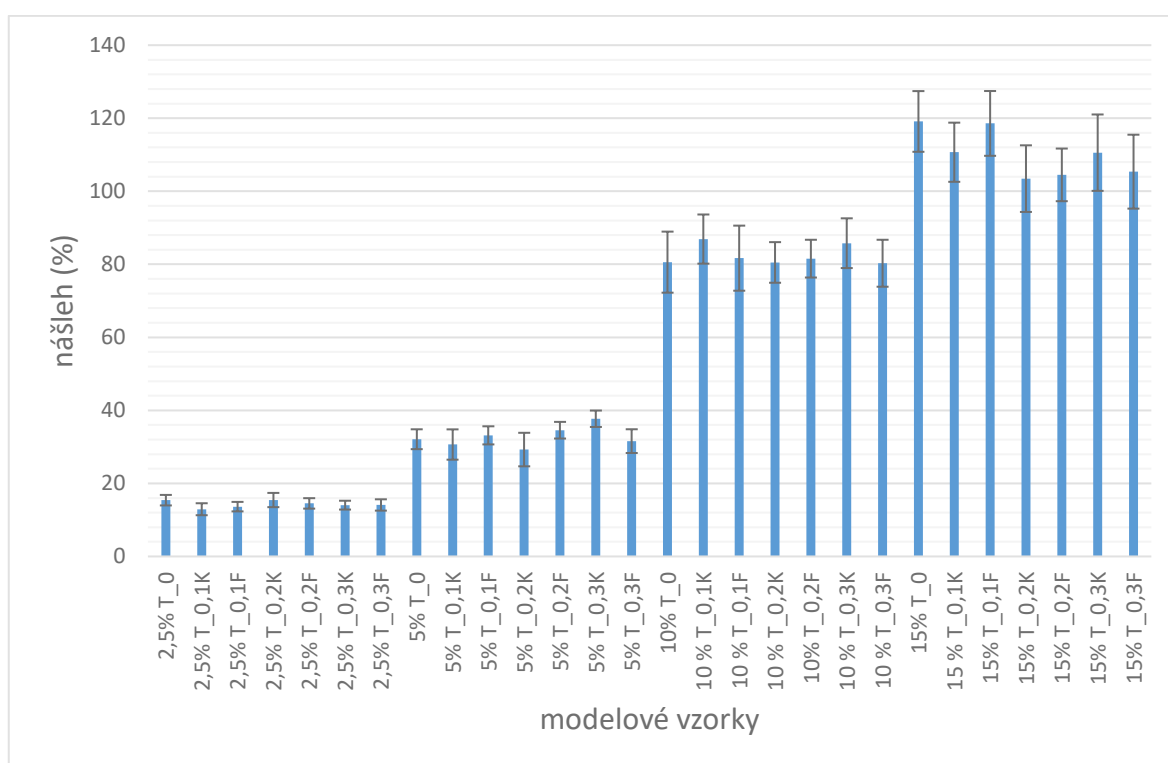
Obecně lze z výše uvedených výsledků konstatovat, že použití hydrokoloidu zvyšuje tvrdost výsledného mraženého krému. Tento vliv je významnější u nižší tučností. U tučností 10 a 15 % je mražený krém přirozeně tvrdší. Z naměřených dat lze konstatovat, že při výrobě vzorků s nižší tučností je vhodné do surovinové směsi zahrnout hydrokolidy pro dosažení tvrdší konzistence, která je žádoucí ze sensorického hlediska během konzumace.

Imeson [68] v publikaci uvádí, že bez přidavku hydrokoloidu jsou nízkotučné mražené krémy „vodnaté“ a nepůsobí příjemně vzhledově ani chuťově. Nízkotučné mražené krémy s přidavkem hydrokoloidu jsou sensoricky vnímány jako tučnější, než ve skutečnosti jsou. Podobně také Novák [69] ve své práci uvádí, že se vzrůstajícím přidavkem hydrokoloidu (agar, κ -karagenan a pektin) se také zvyšovala tvrdost mraženého krému. Vliv přidavku

furcellaranu byl pozorován v práci Švajdová [70] kde rovněž dospěli k závěru, že se zvyšujícím se přidavkem furcellaranu roste tvrdost mraženého krému.

Vzorky pro měření textury byly uskladněny ve dvou mrazících boxech, a to z důvodu nedostatečné skladovací kapacity, tak aby mohly být uskladněny pouze v jednom z nich. Toto rozhodnutí se později ukázalo jako problematické, z důvodu rozdílné chladicí kapacity obou zařízení. Takovýto postup nelze do budoucna doporučit, protože ztužení vzorků v rozdílných mrazících boxech může ovlivnit výsledky.

7.3 Vyhodnocení nášlehu modelových vzorků



Obrázek 40 – Nášleh modelových mražených krémů o různé tučnosti a přidavku κ -karagenanu a furcellaranu

Z výsledků zobrazených v Obrázku 40 je možno vyhodnotit, že přidavek stabilizátorů nemá vliv na nášleh modelových vzorků. Nášleh modelových vzorků se zvyšuje pouze s rostoucí tučností.

Publikace Simseka [71] popisuje účinky přidavku pryskyřice (mastic gum) o koncentraci 0,2 a 0,4 % (pryskyřice získaná z keře řečičku lentišku (*Pistacia lentiscus*)) do jogurtové zmrzliny. Tento článek poukazuje, že přidání stabilizátoru statisticky významně snižuje nášleh s rostoucí koncentrací.

Stejně tak v publikaci Aydiarti, Suryati a Oktavia [72] je uvedeno, že přidání želatiny o koncentraci 0,1 % do směsi zvýšilo nášleh na 30,63 %, avšak že přidání želatiny o koncentraci 0,5 % do směsi zvýšilo nášleh pouze na 15,33 %. Konstatovali tedy, že nejvyššího nášlehu dosáhli při nejnižší koncentraci želatiny, a naopak nejnižšího nášlehu dosáhli při nejvyšší koncentraci želatiny.

Z tohoto důvodu lze konstatovat, že oproti očekávání, výsledky prováděného experimentu neprokázali vliv přísad stabilizátorů na nášleh.

ZÁVĚR

V této diplomové práci byly řešeny reologické vlastnosti modelových směsí pro výrobu mražených krémů v závislosti na obsahu mléčného tuku a přídavku κ -karagenanu a furcellaranu a dále byla posouzena tvrdost vyrobených modelových vzorků mražených krémů v závislosti na rozdílné surovinové skladbě a přídavku hydrokoloidu. Z výsledků vyplývají následující poznatky:

- viskozita klesá exponenciálně s rostoucí rychlostí smykové deformace. Z výsledků dále vyplývá, že použití jednotlivých stabilizátorů zvyšuje viskozitu modelového vzorku, přitom κ -karagenan zvyšuje viskozitu více než furcellaran, ale rozdíly nejsou příliš významné. S rostoucí tučností modelových vzorků stoupá hodnota viskozity. Nejvyšší hodnoty dosahuje viskozita při tučnosti 15 %. Významnější vliv stabilizátoru lze pozorovat při nejnižší tučností zmrzlinové směsi a dále pak až při vyšší tučností směsi. U těchto modelových vzorků byla viskozita prokazatelně navýšena přídavkem hydrokoloidu. Tento vliv však nebyl jasně pozorovatelný u tučností 5 %,
- smykové napětí je přímo úměrné rychlosti smykové deformace. Z výsledků dále vyplývá, že vliv hydrokoloidů na hodnotu smykového napětí je při tučností 2,5 – 10 % nevýznamný. Významnější vliv hydrokoloidů na nárůst smykového napětí s rostoucí rychlostí smykové deformace byl zaznamenán pouze u 15% tučností modelového vzorku, přitom výběr hydrokoloidu neměl na tento nárůst významnější vliv. Chování obou modelových vzorků s různými hydrokoloidy bylo velmi podobné,
- tixotropie se zvyšovala s rostoucí tučností mraženého krému a také s rostoucí koncentrací použitých hydrokoloidů,
- použití hydrokoloidu zvyšuje tvrdost výsledného mraženého krému. Tento vliv je významnější u nižší tučností. U tučností 10 a 15 % je mražený krém významně přirozeně tvrdší (bez přídavku hydrokoloidu),
- přidání testovaných stabilizátorů nemá vliv na nášleh modelových vzorků. Nášleh modelových vzorků se zvyšuje pouze s rostoucí tučností.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Jurečka, *Vyhláška. 397/2016 o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje*, Sbírka zákonů, 2016.
- [2] P. Kadlec, *Technologie potravin 2*, Praha: VŠCHT, 2002.
- [3] P. Walstra, T. Geurts, A. Noomen, A. Jellema a M. Boekel, „Dairy Technology: Principles of Milk Properties and Processes,“ pp. 539-638, 1998.
- [4] K. Hamr, J. Stejskalova a F. Kadlec, *Receptury pro cukrářskou výrobu*, Praha: Idea, 1996.
- [5] J. Hrabě, *Technologie výroby potravin živočišného původu pro kombinované studium*, Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007.
- [6] J. Simeonová a I. Ingr, *Zpracování a zbožíznalství živočišných produktů*, Brno: MZLU, 2003.
- [7] H. Roginski a J. W. Fuquay, *Encyclopedia of dairy sciences*, London: Academic Press, 2003.
- [8] J. Velíšek, *Chemie potravin 2*, Tábor: Osis, 2009.
- [9] I. Hoza, *Potravinářská biochemie 1*, Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2011.
- [10] J. Blaha a F. Šrek, *Suroviny*, nakladatelství Informatorium, 2014.
- [11] J. Hrabě, O. Rop a I. Hoza, *Technologie výroby potravin rostlinného původu*, Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005.
- [12] „Bezlepková dieta.cz,“ 1 11 2020. [Online]. Available: <http://www.bezlepkovadieta.cz/obecne/936-3/glukozovy-sirup-nejen-sladi>.
- [13] E. Zimák, *Mliekarenska technológia: Pre 3. roč. stred. priem. šk. potrav. odb. sprac. mlieka, v dennom štúdiu i v štúdiu popri zamestnaní.*, Bratislava: Alfa, 1983.
- [14] F. Buňka a V. Pachlová, *Mlékárenská technologie I.*, Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013.
- [15] B. Janštová, L. Vorlová, P. Navrátilová a a spol., *Technologie mléka a mléčných výrobků*, Brno: VFU Brno, 2012.
- [16] „Mražené krémy,“ [Online]. Available: https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/publikace/mrazene_kremy_web.pdf. [Přístup získán 22 11 2020].
- [17] A. Pavelka, *Mléčné výrobky pro zdraví*, Brno: Litera, 1996.
- [18] B. Sties a M. Křivánek, *Abeceda mlékárenství*, Praha : SNTL, 1966.
- [19] H. D. Goff a R. W. Hartl, *Ice cream*, New York: Springer, 2013.
- [20] L. Forman a J. Strmiska, *Mlékárenství II pro 3. ročník středních odborných učilišť*, Praha: SNTL, 1984.
- [21] S. Clark, M. Costello, M. Drake a F. Bodyfelt, *The sensory evaluation of dairy products*, USA: Springer Science+Business Media, 2009.
- [22] J. Hrubý, *Technologie a technika výroby zmrazených potravin*, Praha: SNTL, 1986.
- [23] „EUR-LEX,“ [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32008R1333>. [Přístup získán 13 4 2021].
- [24] E. Dickinson, *Food colloids: Interactions, Microstructure and Processing*, Cambridge: Royal Society of Chemistry. Special publication: Royal Society of Chemistry (Great Britain), 2005.

- [25] C. Clark, *The Science of Ice Cream* (2nd Edition). Royal Society of Chemistry, The Royal Society of Chemistry.
- [26] M. Rinaldi, C. Dall'Asta, M. Paciulli a et al., „Innovation in the Italian ice cream production: effect of different phospholipid emulsifiers,“ *Dairy Science & Technology*, EDP sciences/Springer 94., 2013.
- [27] M. Bahramparvar a M. M. Tehrani, „Application and Functions of Stabilizers in Ice Cream,“ *Food Reviews International*, 2011,27(4),389-407.
- [28] P. F. Fox a P. McSweeney, *Dairy Chemistry and Biochemistry*, New York: Blackie Academic & Professional: London, 1998.
- [29] J. L. Audic, B. Chaufer a G. Daufin, „Non-food application of milk components and dairy co-products: A review,“ *Lait*, č. 83, pp. 417-438, 2003.
- [30] „ResearchGate,“ 4 4 2021. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-kappa-carrageenan-KC-iota-carrageenan-IC-and-lambda_fig1_272090529.
- [31] G. Phillips a P. Williams, *Handbook of hydrocolloids*, Woodhead Publishing, 2000.
- [32] V. Venugopal, *Marine polysaccharides: food applications*, Boca Raton: CRS Press, 2011.
- [33] A. Nussinovitch a M. Harashima, *Cooking Innovation, Using hydrocolloids for Thickening, Gelling, and Emulsification*, CRC Press, 2013.
- [34] „ChemSrc,“ [Online]. Available: https://www.chemsrc.com/en/cas/9000-21-9_1465951.html. [Přístup získán 4 4 2021].
- [35] S. Gajdůšek, *Mlékařství II*, Brno: MZLU, 2002.
- [36] K. Šustová a V. Sýkora, *Mlékárenské technologie*, Brno: Mendlova univerzita, 2013.
- [37] „foodsci.wisc.edu,“ [Online]. Available: <https://foodsci.wisc.edu/frozendessertcenter/assets/Koefer.pdf>. [Přístup získán 14 4 2021].
- [38] „Bidfood,“ [Online]. Available: <https://www.bidfood.cz/vyroba/zmrzliny>. [Přístup získán 4 4 2021].
- [39] P. Štern a J. Hojerová, „Uplatnění reologie v průmyslu potravin a kosmetice,“ *Bulletin of Food Research*, č. 39, pp. 167-176, 2000.
- [40] S. Chan, W. S. Choo, D. J. Yong a X. J. Loh, „Pectin as a rheology modifier: Origin, structure, commercial production and rheology,“ *Science Direct*, 2016.
- [41] L. Bartovská a M. Šišková, *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav*, Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005.
- [42] P. Sherman, *Industrial rheology*, London: New York: Academic Press, 1970.
- [43] O. Wein, *Úvod do reologie*, Brno: Malé centrum, 1996.
- [44] P. A. Kvítek L., *Základy koloidní chemie*, Olomouc: Univerzita Palackého, 2007.
- [45] V. Pavlínek, M. Stěnička a M. Mrlík, *Reologie potravin a kosmetických prostředků*, Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2015.
- [46] „Polymer Properties Database,“ [Online]. Available: <http://polymerdatabase.com/polymer%20physics/Viscosity2.html>. [Přístup získán 4 4 2021].
- [47] „University of Bristol,“ [Online]. Available: <http://www.bristol.ac.uk/earthsciences/research/volcanology/facilities/>. [Přístup získán 4 4 2021].

- [48] F. Buňka, J. Hrabě a B. Vospěl, *Senzorická analýza potravin I.*, Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2008.
- [49] A. S. Szczesniak, „Texture is a sensory property,“ *Food Quality and Preference*, sv. 13, pp. 215-225, 15 6 2002.
- [50] B. Krkošková, *Textura potravin*, Bratislava: Alfa s SNTL, 1986.
- [51] M. Bourne, *Food Texture and Viscosity*, Elsevier Science Publishing Co Inc, 2002.
- [52] F. Ježek a A. Saláková, *Senzorická analýza potravin*, Brno: Veterinární a farmaceutická fakulta, 2012.
- [53] „Richmond Scientific,“ [Online]. Available: <https://richmondscientific.com/products/stable-micro-systems-ta-xt-plus-texture-analyser>. [Přístup získán 4 4 2021].
- [54] V. ú. mlékárenský, „Systém jištění kvality a bezpečnosti mlékárenských výrobků vhodnými metodami aplikovatelnými v praxi,“ [Online]. Available: https://www.vumlekarensky.cz/upload/soubory/pdf/navrh_qj1210300_ke_zverejneni.pdf. [Přístup získán 14 4 2021].
- [55] R. T. Marshall, H. D. Goff a R. W. Hartl, *Ice Cream*, New York: Springer USA, 2003.
- [56] „PREGO.cz,“ [Online]. Available: <https://www.prego.cz/nasleh-zmrzliny/>. [Přístup získán 14 4 2021].
- [57] „Slices Concession,“ [Online]. Available: <https://slicesconcession.com/blogs/frozen-dessert-industry-and-machine-articles/what-is-overrun-why-does-it-matter-when-making-soft-serve-ice-cream>. [Přístup získán 16 4 2021].
- [58] C. C. Fagan, C. Everarard, C. P. O'Donnell, G. Downey a E. M. Sheehan, „Prediction of processed cheese instrumental texture and meltability by mid-infrared spectroscopy coupled with chemometric tools,“ *Journal of Food Engineering*, č. 80, pp. 1068-1077, 2007.
- [59] „FRUJO,“ [Online]. Available: <https://www.frujo.cz/koncepty-a-aplikace/prumysl-zmrzlin-a-mrazenych-smetanovych-kremu>. [Přístup získán 14 4 2021].
- [60] „University of Guelph,“ [Online]. Available: <https://www.uoguelph.ca/foodscience/book-page/ice-cream-ebook>. [Přístup získán 16 4 2021].
- [61] L. Yan, R. Liu, Y. Jia, M. Zhang a T. Wu, „Microstructure and meltdown properties of low-fat ice cream: Effects of microparticulated soy protein hydrolysate/xanthan gum (MSPH/XG) ratio and freezing time,“ *Journal of Food Engineering*, č. 291, 24 4 2021.
- [62] R. Holubová, *Základy reologie a reometrie kapalin.*, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014.
- [63] O. J. McCarthy, „Rheology of Liquid and Semi-Solid Milk Products,“ *Encyclopedia of Dairy Sciences*, pp. 520-531, 2011.
- [64] A. Karlsson, R. Ipsen, K. Schrader a Y. Ardo, „Relationship Between Physical Properties of Casein Micelles and Rheology of Skim Milk Concentrate,“ *Journal of Dairy Science*, sv. 88, č. 11, pp. 3784-3797, 2005.
- [65] G. A. Cavender a W. L. Kerr, „Microfluidization of full-fat ice cream mixes: Effects on rheology and microstructure,“ *Journal of Food Process Engineering*, p. 43(2), 2019.
- [66] F. Buňka, L. Buňková a S. Kračmár, *Základní principy výroby tavených sýrů*, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009.

- [67] A. Kurt, A. Cengiz a T. Kahyaoglu, „The effect of gum tragacanth on the rheological properties of salep based ice cream mix,“ *Carbohydrate Polymers*, č. 143, pp. 116-123, 2016.
- [68] A. Imeson, „Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents, John Wiley and Sons, 2009.
- [69] P. Novák, Vliv koncentrace vybraných hydrokoloidů na texturní vlastnosti tavených sýrů, Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2013.
- [70] N. Švajdová, Vliv furcellaranu na vybrané vlastnosti v tavených sýrech, Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2018.
- [71] B. Sinsek, A. Aksoy, S. Kirhan a D. S. Topcu, „Effects of mastic gum (*Pistacia lentiscus*) on chemical, rheological, and microbiological properties of yogurt ice cream,“ *Journal of Food Processing and Preservation*, p. 43 (7), 2019.
- [72] D. L. Ayudiarti, Suryanti a D. A. Oktavia, „The Effect of Different Types and Gelatin Concentrations Ice Cream Quality,“ *E3S Web of Conferences*, č. 147, 2020.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

MTPS	Mléčná tukuprostá sušina
Rov.	Rovnice
DE	Dextrózový ekvivalent
Max.	Maximální
Např.	Například
CNS	Centrální nervová soustava

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Strukturní vzorec sacharózy [8]	15
Obrázek 2 – Technologický postup výroby glukozového sirupu [12].....	16
Obrázek 3 – κ -Karagenan [30].....	24
Obrázek 4 – Furcellaran [34].....	25
Obrázek 5 – Průmyslový freezer [37].....	29
Obrázek 6 – Formování a balení nanuků: (a) plnění forem zmrzlinovou směsí, (b) vkládání držátka v průběhu ztužování, (c) vyjmutí ztužené směsi z formy, (d) a (e) nanášení polevy, (f) balení výrobku [38].....	30
Obrázek 7 – Působení síly F na plochu A [45]	32
Obrázek 8 – Tokové a viskózní křivky [46]	32
Obrázek 9 – Typy reometrů [43]	33
Obrázek 10 – Rotační reometr geometrie válec-válec [47]	35
Obrázek 11 – Texturní analyzátor [53].....	37
Obrázek 12 – Schéma přípravy vzorků.....	43
Obrázek 13 – Furcellaran.....	44
Obrázek 14 – κ -karagenan	44
Obrázek 15 – Vzorek pro reologii	44
Obrázek 16 – Používaný freezer	45
Obrázek 17 – Vzorky mraženého krému	45
Obrázek 18 – Měření na reometru	47
Obrázek 19 – Měření na analyzátoru textury.....	47
Obrázek 20 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 2,5 % tuku a přísadkou κ -karagenanu	49
Obrázek 21 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 2,5 % tuku a přísadkou furcellaranu	50
Obrázek 22 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 5 % tuku a přísadkou κ -karagenanu	50
Obrázek 23 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 5 % tuku a přísadkou furcellaranu	51
Obrázek 24 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 10 % tuku a přísadkou κ -karagenanu	52
Obrázek 25 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 10 % tuku a přísadkou furcellaranu	52
Obrázek 26 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 15 % tuku a přísadkou κ -karagenanu	53
Obrázek 27 – Závislost viskozity na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 15 % tuku a přísadkou furcellaranu	54

Obrázek 28 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 2,5 % tuku a přídavkem κ -karagenanu	56
Obrázek 29 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 2,5 % tuku a přídavkem furcellaranu.....	56
Obrázek 30 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 5 % tuku a přídavkem κ -karagenanu	57
Obrázek 31 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 5 % tuku a přídavkem furcellaranu.....	57
Obrázek 32 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 10 % tuku a přídavkem κ -karagenanu	58
Obrázek 33 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 10 % tuku a přídavkem furcellaranu.....	59
Obrázek 34 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 15 % tuku a přídavkem κ -karagenanu	59
Obrázek 35 – Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace modelových vzorků zmrzlinové směsi s obsahem 15 % tuku a přídavkem furcellaranu.....	60
Obrázek 36 – Výsledky měření tvrdosti modelových vzorků mražených krémů o tučnosti 2,5 % s přídavkem κ -karagenanu a furcellaranu.....	63
Obrázek 37 – Výsledky měření tvrdosti modelových vzorků mražených krémů o tučnosti 5 % s přídavkem κ -karagenanu a furcellaranu.....	63
Obrázek 38 – Výsledky měření tvrdosti modelových vzorků mražených krémů o tučnosti 10 % s přídavkem κ -karagenanu a furcellaranu.....	64
Obrázek 39 – Výsledky měření tvrdosti modelových vzorků mražených krémů o tučnosti 15 % s přídavkem κ -karagenanu a furcellaranu.....	65
Obrázek 40 – Nášleh modelových mražených krémů o různé tučnosti a přídavku κ -karagenanu a furcellaranu	66

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Rozdělení mražených krémů dle přílohy č. 8 vyhlášky 397/2016 Sb [1].....	12
Tabulka 2 – Fyzikální a chemické požadavky na jakost mražených krémů dle přílohy č. 9 vyhlášky 397/2016 Sb.....	13
Tabulka 3 – Typické složení mražených krémů [6]	14
Tabulka 4 – Označení modelových vzorků	42
Tabulka 5 – Hmotnosti surovin	43
Tabulka 6 – Reologické vlastnosti modelových vzorků zmrzlinových směsí.....	61