

Mražené krémy a jejich reologické vlastnosti

Nela Vybíhalová

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Nela Vybíhalová**
Osobní číslo: **T11367**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Mražené krémy a jejich reologické vlastnosti**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Historie mražených krémů
2. Výroba mražených krémů
3. Členění mražených krémů
4. Základní reologické parametry
5. Rotační viskozimetry

II. Praktická část

1. Metodika stanovení reologických parametrů mražených krémů
 2. Vyhodnocení reologických a teplotních závislostí mražených krémů
 3. Diskuse získaných výsledků a formulace závěrů práce
-

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] HRUBÝ, J., Technologie a technika výroby zmrazených potravin. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1986, 358 s.

[2] VELÍŠEK, J., Chemie potravin 1. Tábor: OSSIS, 1999, 342 s. ISBN 80-902391-5-3

[3] BRUMER, R.: Rheology Essentials of Cosmetic and Food Emulsions, 1st ed., Springer-Verlag, Berlin, 2006, ISBN-10: 3-540-25553-2.

[4] VELEZRUIZ, J.F., CANOVAS, G.V.B., Rheological properties of selected dairy products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 1997, vol. 37, no. 4, p. 311-359.

[5] Web of Science. [online]. [cit. 2014-09-01]. Dostupné z: <http://apps.isiknowledge.com>

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Michal Sedlačík, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

2. února 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

4. května 2015

Ve Zlíně dne 2. února 2015


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: KYBIHALOVA NELA

Obor: CHTP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 10.4.2015



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Hlavním tématem bakalářské práce jsou reologické vlastnosti mražených krémů. Znalost reologických vlastností je jedním ze základních předpokladů pro posouzení jejich kvality. Při nízkých teplotách by totiž měl mít mražený krém nízkou tuhost z důvodu jeho snadného nabírání. Naopak při vyšších teplotách by měl být mražený krém krémovitý s pomalým táním, což se projeví zlepšenými organoleptickými vlastnostmi.

Rešeršní část bakalářské práce se bude zabývat historií, výrobou a vlastnostmi různých typů mražených krémů. V experimentální části bude prováděna sada měření reologických vlastností několika druhů mražených krémů za různých teplot za účelem posouzení jejich celkové kvality.

Klíčová slova: Mražené krémy, reologie, elastické a viskózní vlastnosti

ABSTRACT

The fundamental subject of the presented bachelor thesis is rheological properties of frozen creams. Knowledge thereof is one of the basic assumptions for their quality assessment, since at low temperatures the frozen cream should have low solidity for the sake of easy scooping. On the other hand at higher temperatures it should be creamy with slow melting which is reflected in improved organoleptic properties.

Literature part of the thesis is going to deal with history, manufacturing and properties of various types of frozen creams. Experimental part will comprise rheological measurements of several frozen creams at different temperatures in order to assess their overall quality.

Keywords: frozen creams, rheology, elastic and viscous properties

Upřímně bych chtěla poděkovat Ing. Michalu Sedláčkovi Ph.D. za jeho obrovskou trpělivost, vhodné připomínky, cenné rady a čas, který mi obětoval po celou dobu měření a zpracovávání bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 HISTORIE	12
1.1 PŘEDCHŮDCE MRAŽENÝCH KRÉMŮ	12
1.2 MRAŽENÉ KRÉMY.....	12
2 VÝROBA MRAŽENÝCH KRÉMŮ	14
2.1.1 Voda	14
2.1.2 Mléko a mléčné výrobky a jejich náhražky	14
2.1.2.1 Čerstvé mléko	14
2.1.2.2 Sušené mléko	15
2.1.2.3 Sušená syrovátka.....	15
2.1.2.4 Rostlinné tuky	15
2.1.3 Sacharidy	16
2.1.3.1 Sacharóza	16
2.1.3.2 Glukózový sirup.....	16
2.1.4 Chuťové a vonné látky	17
2.1.5 Barviva	17
2.1.6 Emulgátory a stabilizátory	18
2.1.6.1 Nejvýznamnější stabilizátory přidávané do mražených krémů	18
2.2 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY.....	19
2.2.1 Mixování	19
2.2.2 Homogenizace.....	19
2.2.3 Pasterace.....	19
2.2.4 Chlazení a zrání.....	20
2.2.5 Zmrazení	20
2.2.6 Formování	20
2.2.7 Tvrzení	20
2.2.8 Balení	20
3 ČLENĚNÍ MRAŽENÝCH KRÉMŮ	22
3.1 TUKUPROSTÁ SUŠINA	22
3.2 TUK.....	22
4 ZÁKLADNÍ REOLOGICKÉ PARAMETRY	23
4.1 ZÁKLADNÍ REOLOGICKÉ VELIČINY	23
4.1.1 Smykové napětí	23
4.1.2 Smyková deformace.....	23
Rychlost smykové deformace	24
4.1.3 Dynamická viskozita.....	24
4.1.4 Kinematická viskozita.....	24
4.2 TYPY KAPALIN	24
4.2.1 Newtonská.....	24
4.2.2 Ne-Newtonská.....	24
5 ROTAČNÍ VISKOZIMETRY	26

5.1	DESKA-DESKA.....	26
5.2	KUŽEL-DESKA.....	26
5.3	VÁLEC-VÁLEC.....	26
II PRAKTICKÁ ČÁST		28
6	METODIKA STANOVENÍ REOLOGICKÝCH PARAMETRŮ MRAŽENÝCH KRÉMŮ	29
7	VYHODNOCOVÁNÍ REOLOGICKÝCH A TEPLTNÍCH ZÁVISLOSTÍ MRAŽENÝCH KRÉMŮ.....	30
7.1	MATERIÁL.....	30
7.1.1	Mrož.....	30
7.1.2	Ruská zmrzlina.....	30
7.1.3	Vanilkový dort	31
7.2	ZAŘÍZENÍ.....	31
7.3	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	32
7.3.1	Závislost smykového napětí a dynamické viskozity na rychlosti smykové deformace	33
7.3.2	Závislost viskoelastických modulů a komplexní viskozity na frekvenci.....	36
7.3.3	Závislost viskoelastických modulů na teplotě.....	39
8	SOUHRNNÁ DISKUZE	40
ZÁVĚR		41
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		42
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		44
SEZNAM OBRÁZKŮ		45
SEZNAM TABULEK.....		47

ÚVOD

Mražené krémy byly známy již před více než 3000 lety. Postupem času docházelo k obměně surovin, ze kterých se vyráběly, a tím pádem i k jejich zlepšování. Tehdy známé pouze vodové mražené krémy, respektive zmrzlá voda ochucená čerstvou ovocnou šťávou, se nahradily na chuť lahodnějšími surovinami, kdy základní složkou bylo mléko či smetana a sacharidy. Dnes se i smetana a sacharóza nahrazují, a to levnějšími rostlinnými tuky a umělými sladidly. Pro zvýšení doby trvanlivosti, stabilitu, zlepšení textury, dodání chuti, barvy a aroma se přidávají různé zlepšující prostředky jako: barviva, emulgační činidla, stabilizátory, vonné a chuťové látky. A právě tyto suroviny jsou jedním ze zásadních ukazatelů, které ovlivňují jejich reologické vlastnosti.

Každá látka vykazuje reologické vlastnosti jiné. Stejně tak i různé druhy mražených krémů. Zkoumané tři vzorky mražených krémů, lišící se obsahem surovin, pomocí rotačního viskozimetru vykazují různé fyzikální vlastnosti. Měřením viskozity, meze toku a viskozitních a elastických modulů lze zjistit jejich nabíratelnost kopečků, nanášení, která bude mít větší pocit chladnosti či krémovější vjem. Složením systému jsou pak reologické vlastnosti ovlivněny teplotou, rychlostí smykové deformace a frekvencí oscilací.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE

1.1 Předchůdce mražených krémů

Mražené krémy nejsou vynálezem dnešní doby, již před více než 3000 lety si v Číně pochutnávali na sněhu či ledu, který byl přelitý ovocnou šťávou [1], avšak konkrétní datum a ani objevitel mražených krémů nejsou dodnes přesně známi. [2]

Pravděpodobně jako první na předchůdce dnešních mražených krémů přišli Peršané, kteří s oblibou konzumovali led ochucený šafránem či fialkami. Zjistili, že na sněhovou pochoutku mají chuť hlavně v létě ve velkých vedrech. [3] Proto začali uchovávat led ve velkých přirozeně chlazených prostorech, kde po celý rok udržovali teplotu na bodě mrazu. [2]

Později Hippokratés, antický zakladatel lékařské vědy, přišel na to, že led oživuje tělesné tekutiny, a proto tedy jeho olizování doporučoval svým pacientům. Nicméně asi k nejznámějším milovníkům ochuceného ledu patřili Alexandr Veliký a římský císař Nero. Makedonský král si nechával sníh ochucovat především medem, ale také různými nektary. [1] Nero Claudius Caesar si dokonce nechal otroky dovážet sníh, který poté dochucoval hroznovou šťávou, až z Apeninských hor. [2]

První přístroj na výrobu mražených krémů byl vynalezen v Číně. Tento přístroj ani v nejmenším nepřipomínal současné stroje na výrobu mražených krémů. Pochoutku vytvářel pomocí sněhu, ledku, který dokázal sníh zmrazovat, a ochucoval, mezi které nejčasněji patřila ovocná šťáva. Suroviny jako cukr a mléko se do mražených krémů začaly přidávat až v 10. století arabskými kuchaři, kteří takto zpracovanou pochutinu rozšířili do arabských velkoměst. Přidatnou látkou, která doplňovala chuť, nebylo pouze ovoce, ale například jogurt nebo ořechy. [3]

1.2 Mražené krémy

Historici odhadují, že první recept, který připomínal dnešní mražený krém, přivezl do Itálie Marco Polo z Číny v 16. století. [2] Ve stejném století Kateřina Medicejská přivedla do Francie kuchaře, který znal recept na zmrazený ovocný sorbet. Tento recept se rozšířil nejen po celém francouzském dvoře, ale i do Evropy. [3]

V roce 1660 byla v Paříži otevřena první kavárna, která nabízela mražený krém vyrobený z másla, mléka, smetany a vajec. [2] První tištěný recept byl vydán až roku 1718 Angli-

čankou Marou Eales. Asi o půl století po ní vydali kuchařskou knihu plnou receptů ledových pochoutek ve Francii. V 19. století byl Američany vynalezen první mrazicí box k uchování zmrzliny, což vedlo ke zvýšené produkci mražených krémů a dalším technologickým inovacím, které vedly k mechanickému zmrazování mražených krémů, jejich homogenizaci a balení na balících strojích. [2,3] První stánek s mraženým krémem se nacházel v Londýně. [3]

2 VÝROBA MRAŽENÝCH KRÉMŮ

Mražené krémy jsou výrobky, které musí v žádaném poměru obsahovat mléčný tuk a mléčnou tukuprostou sušinu. Tento požadavek však platí pouze pro mražené krémy smetanové, mléčné a s rostlinným tukem. Dalšími hlavními složkami jsou sacharidy, látky chuťové a aromové a emulgátory a stabilizátory. [4]

Legislativa dle zákona č. 110/97 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích říká, že suroviny, které budou dále zpracovávány, musí být zdravotně nezávadné a mají jakostní požadavky. [5]

Všechny suroviny tedy musí mít před přijetím do skladu zkontrolovanou neporušenost obalu, dobu minimální trvanlivosti, deklaraci jakosti dodavatelem, hmotnost a sensorické znaky. Sklady musí být čisté, suché, oddělené od výrobků a obalů. Teplota musí vyhovovat dané surovině a relativní vlhkost je nastavena dle požadavků příslušných komoditních vyhlášek zákona o potravinách č.110/97Sb., ve znění pozdějších předpisů. Zpracovávány mohou být až po kontrole doby trvanlivosti a sensorických vlastností. [5] V následující části budou rozebrány základní suroviny pro přípravu mražených krémů.

2.1.1 Voda

Používaná voda na výrobu mražených krémů musí vyhovovat všem ukazatelům a limitům vody pitné, kterou určuje vyhláška MZd č. 376/2000 Sb. [2]

Za daných okolností může být pro výrobu použita i voda ze studny, to však za okolnosti, že fyzická nebo právnická osoba podniku, kde mražené krémy vyrábí, musí být výrobcem pitné vody. V tomto případě dochází ke zvýšené kontrole, kdy nejméně dvakrát ročně dochází k odebírání vzorků vody a následovně k jeho rozboru. [2]

2.1.2 Mléko a mléčné výrobky a jejich náhražky

Nejvíce používaná surovina pro výrobu mražených krémů je zdravotně nezávadné, tepelně ošetřené kravské mléko. Používá se jak čerstvé, tak v různé úpravě. [6] Někteří výrobci používají mléko či smetanu jen v nepatrném množství a nahrazují je rostlinnými oleji nebo sušenou syrovátkou. [1]

2.1.2.1 Čerstvé mléko

Mléko je polydisperzní systém, který obsahuje 87 – 88 % vody a 12 – 13 % sušiny. Je bohaté na živiny, obsahuje 3,2 – 3,6 % dusíkatých látek, 3,5 – 4,5 % tuku, 4 – 5 %

sacharidů a asi 0,7 % minerálních látek. Dále obsahuje vitamíny, enzymy, hormony a plyny. U mražených krémů je třeba se zaměřit na mléčný tuk, který ovlivňuje jejich senzoricke vlastnosti, jako je plnost a hladkost. [7]

Čerstvé mléko je dle vyhlášky č. 77/2003 sb. pro mléko a mléčné výrobky ošetřeno pasteurací. [8] Pasterace je proces odstranění mikroorganismů v potravinách, které mohou způsobovat různá onemocnění. Provádí se zahřáním mléka na teplotu 72 °C po dobu 45 sekund. [1] Pro výrobu mražených krémů by mělo být použito mléko plnotučné, tedy s obsahem tuku 3,5 %. [7]

2.1.2.2 Sušené mléko

Vyhláška ze dne 6. března 2003, kterou jsou stanoveny požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje uvádí, že sušeným mlékem nebo sušenou smetanou je mléčný výrobek v prášku získaný sušením mléka plnotučného, odtučněného, částečně odtučněného, smetany nebo jejich směsí, s obsahem vody nejvýše 5 hm. %. [8] Sušení je jeden ze způsobů konzervace, kdy obsah vody klesne na 5 %, čímž je výrazně snížen výskyt mikroorganismů a to i v mražených krémech, ve kterých je sušené mléko použito.

2.1.2.3 Sušená syrovátka

Z důvodů snížení nákladů se při výrobě mražených krémů může ušetřit především na mléce a to jak sušeném, tak také čerstvém. Nejčastější způsob náhrady je pomocí sušené syrovátky, která může ovšem mražený krém senzoricke znehodnotit. Může způsobit pískovitost z důvodu vykrytalizování laktózy nebo hořký vjem, který je naopak způsoben syrovátkovými bílkoviny. [9]

2.1.2.4 Rostlinné tuky

Nejpoužívanějším rostlinným tukem, který nahrazuje tuk mléčný při výrobě mražených krémů je kokosový neboli palmojádrový tuk. V kokosovém tuku převládají dvě mastné kyseliny a to laurová a myristová. [9]

Ze senzorickeho hlediska bylo zjištěno, že přidáním rostlinného tuku místo tuku mléčného, byla zlepšena textura mraženého krému, avšak byla zhoršena jeho chuť, jelikož více zvyšuje intenzitu chuti syrovátky a dané příchutě. [9]

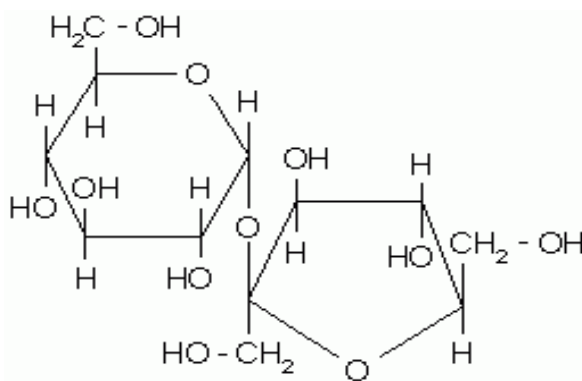
2.1.3 Sacharidy

V mražených krémech převládají nízkomolekulární sacharidy, které jsou rozpustné ve vodě a mají sladkou chuť. Můžeme zde najít buď, monosacharidy nebo disacharidy, mezi které patří např. sacharóza či maltóza. Uvedené sacharidy mají pro člověka velký význam, jelikož jsou hlavním zdrojem energie. [10]

Cukry jsou neodmyslitelnou součástí zřejmě všech cukrovinek, sladkého pečiva i mražených krémů, do kterých se ovšem nepřidává pouze kvůli sladivosti, která je od spotřebitelů vyžadována, ale má také význam při zmrazování, kdy snižuje bod tuhnutí celé směsi. Navíc jsou cukry dobrými konzervačními činidly. [6]

2.1.3.1 Sacharóza

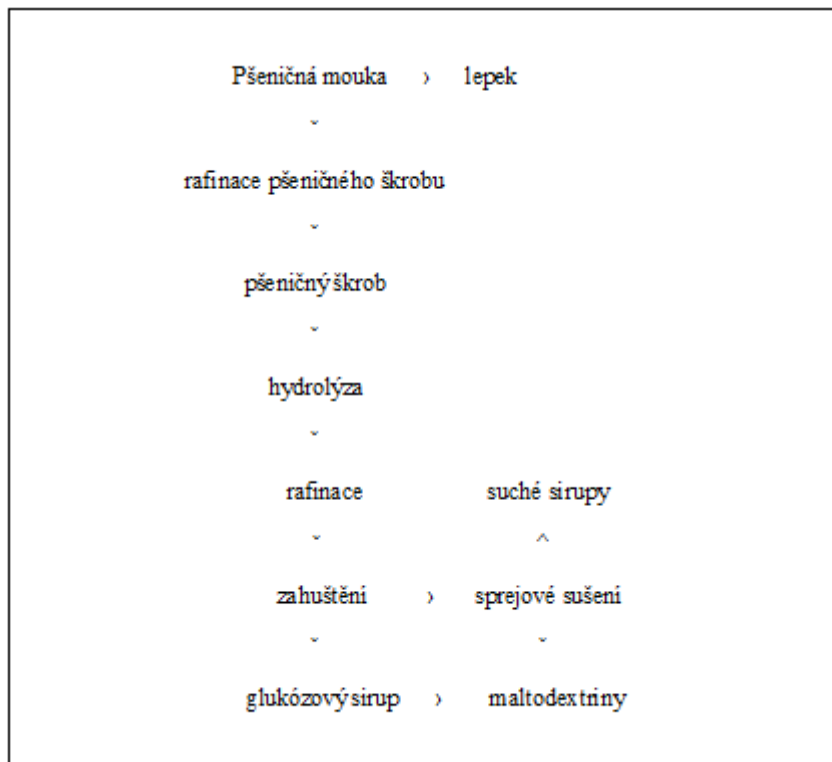
Nejčastějším a nejděčnějším sladidlem, které se používá nejen ke slazení mražených krémů, je sacharóza. Sacharóza je vyrobená z řepy nebo cukrové třtiny a její sladivost je téměř stoprocentní. Je složená z molekuly glukózy a molekuly fruktózy (Obr. 1). [10]



Obrázek 1: Strukturální vzorec sacharózy

2.1.3.2 Glukózový sirup

U automatizované výroby mražených krémů se z důvodu úspory energie a jednoduššího dávkování používá cukerný sirup, který je tekutý a obsahuje 70 % cukru. [6] Cukerným sirupem je například sirup glukózový, který je vyroben z obilí, respektive z pšeničné mouky (Obr. 2). [11]



Obrázek 2: Technologický postup výroby glukózového sirupu [11]

2.1.4 Chuťové a vonné látky

Chuťové a vonné látky řadíme do skupiny aromatických látek, které jsou sensoricky aktivní. Tyto látky vnímáme smysly a to konkrétně čichem, chutí, zrakem a často také hmatem. Právě sensorická jakost je nejvýznamnějším psychickým faktorem ve výživě člověka, jelikož ovlivňuje druh a množství konzumované potravy. [12]

Chuťové látky působí na chuťové receptory a vyvolávají v ústní dutině pocit chuti. Základní chutě, které lze v ústech pociťovat, jsou sladká, slaná, kyselá, hořká a umami. Vonné látky vyvolávají po přivonění pocit vůně, tedy působí na receptory čichové. [12]

Mezi chuťové a vonné látky nejčastěji přidávané do mražených krémů se řadí kakao, káva, ovoce, ovocné sirupy a protlaky, různá koření, karamel a ořechy. Dále se mohou přidávat různé kyseliny, které zvýrazňují nebo dodávají chuť. [6]

2.1.5 Barviva

Barviva se používají v mražených krémech zejména z estetických důvodů, ale mohou být použita také z fyziologického hlediska. Barviva se dělí do 3 základních skupin. První jsou barviva přírodní, kde řadíme např. karamel nebo kulér, tj. barevné produkty získané z přírodních surovin různými technologickými procesy. Do druhé skupiny, která je tvořena

syntetickými barvivy identickými s přírodními, můžeme zařadit např. β – karoten, který se získává sice chemickou reakcí, ale strukturu má totožnou s přírodním analogem. Třetí skupinou jsou barviva plně syntetická. [12]

2.1.6 Emulgátory a stabilizátory

Emulgátory a stabilizátory jsou to látky, které v mražených krémech slouží jako modifikátory krystalizace tuků a jiných prospěšných vlastností. [12] Stabilizátory důležitou roli hrají především při skladování mraženého krému, kde může docházet k zvětšování ledových krystalků, nebo smršťování obsahu. Také při kolísání teplot, kdy zajišťují jednotnost hmoty, mají neodmyslitelný význam. [13] Dále umožňují vznik emulzí, kdy emulgátory obsahují zbytky mastných kyselin, které obsahují ve své struktuře lipofilní a polární část molekuly. Typickým příkladem takových látek mohou být estery glykolů, glycerolu a jiných. [12]

2.1.6.1 Nejvýznamnější stabilizátory přidávané do mražených krémů

Každý stabilizátor by měl splňovat určité podmínky. Musí být čistý, mít neutrální chuť, aby neovlivňoval typickou chuť mraženého krému a nekryl jeho příchut'. Správný stabilizátor není toxický, při promíchávání se dokáže snadno rozptýlit, neucpává síta ve filtru, poskytuje výrobku žádoucí viskozitu a je ekonomicky nenáročný. [13]

Želatina (E441)

První stabilizátor, který se přidával do mražených krémů, byla želatina. Účinnosti nabývá při koncentracích 0,3 – 0,5 %. Je však stabilizátorem, který není přijatelný pro určité náboženské a vegetariánské skupiny, jelikož se připravuje ze zvířat. Nevýhody tohoto stabilizátoru jsou, že je poměrně drahý a dlouho tuhne. [13]

Guma guar (E412)

Silný stabilizátor získaný ze semen tropického plodu *Cyamopsis tetragonoloba* je nejlevnější a nejúčinnější přídatná látka, která zamezuje tvorbě ledových krystalků při teplotním šoku. [13]

Karubin (E410)

Ideálním stabilizátorem mražených krémů byl označen karubin, získaný z bobů stromu *Ceratonia siliqua*. Používá se pouze 0,1 – 0,2 %, jelikož je silným stabilizátorem. Vytváří

ideální viskozitu mražených krémů, umožňuje snadné začlenění vzduchu do směsi, zvyšuje odolnost vůči teplotnímu šoku a neprodukuje žádné vedlejší chutě. [13]

Xanthan (E415)

Polysacharid s vysokou molekulovou hmotností, který se využívá jako stabilizační činidlo v potravinářském průmyslu, zejména pak pro zlepšení reologických a texturních vlastností mražených krémů. [14] Vyrábí se fermentací sacharidů pomocí kultury bakterie *Xanthomonas campestris*. [13]

2.2 Technologický postup výroby

Technologický postup výroby mražených krémů z velké části ovlivňuje vlastnosti, chuť i vzhled pochutiny. Zvolením správného postupu lze zušlechtit vybrané suroviny a učinit z výsledného mraženého krému vysoce kvalitní produkt. [1]

2.2.1 Mixování

Suroviny a jednotlivé přísady se ručně nebo pomocí automatického dávkovače přidávají do míchacího zařízení. Směs se z důvodu lepšího rozpuštění jednotlivých složek a zlepšení podmínek pro následnou homogenizaci mixuje při teplotě 60 °C. [6] Vzniklá hmota se poté z důvodů činnosti emulgátorů nechá několik minut odležet. [1]

2.2.2 Homogenizace

Homogenizace je prolisování směsi pod tlakem 14,5 – 17,7 MPa v homogenizátoru nejmenějšími tryskami. Zajišťuje rovnoměrné rozptýlení tuku do drobných tukových kuliček o velikosti asi 2 µm. Aby se tak uskutečnilo, je třeba tento děj zopakovat alespoň dvakrát. Tyto tukové kuličky spolu se stabilizátory tvoří kostru budoucí našlehané jemné konzistence finálního mraženého krému. [1,6]

2.2.3 Pasterace

Tepelné ošetření zhomogenizované směsi je nutné zejména k zahubení patogenních mikroorganismů a k denaturaci enzymů, které by v čase mohli v produktu způsobit chuťové změny. U mražených krémů se upřednostňuje vysoká pasterace, tj. zahřátí směsi na 85 °C po dobu 10 sekund. Pasteraci se především prodlužuje doba trvanlivosti mraženého krému a také se snižuje riziko šíření nemoci touto potravinou. [1,6]

2.2.4 Chlazení a zrání

Teplá směs, která již prošla pasterací, se rychle ochladí na 2 – 4 °C v deskovém chladícím zařízení. Přidají se aromatické látky a směs se nechá za stálého chlazení a šetrného promíchávání zrát. [6] Zrání je několikahodinový až denní proces, který kladně ovlivňuje strukturu mraženého krému. [1]

2.2.5 Zmrazení

Proces zmrazení je pro výrobu mražených krémů velmi důležitý. Ovlivňuje totiž jejich jakost, chuť a výtěžek. [13] Namrzající směs seškrabávají a našlehávají rotační válce, které způsobují začleňování vzduchu do směsi, čím dochází k navýšení měrného objemu nejméně o 100 %. Směs se udržuje při teplotě -4 až -15 °C. Teplota zmrazení závisí na druhu výrobku a také na použitém zařízení pro zmrazování. [6]

2.2.6 Formování

Proces formování je různorodý. Lze se u něj setkat s externí technologií, kdy plastická směs musí být rychle a hluboce zamrazena, aby mohla udržet definovaný tvar, a poté je do ní vnořeno dřevěné nebo plastové držátko. Dalším typem formování mražených krémů je odlévání do forem neboli kyvet určitého tvaru nebo plnění přímo do spotřebitelského balení, kdy tyto procesy jsou obvykle plně automatizovány. Mražené krémy je možné formovat také ručně, kdy se ovšem jedná o mistrovskou cukrářskou práci. [6]

2.2.7 Tvrzení

Proces tvrzení je důležitý pro samotnou konzistenci mraženého krému. V principu se jedná o zamezení tvorby nežádoucích ledových krystalků ve směsi. [6] Předem zmrazená pasta se při procesu tvrzení plní a následně rychle zmrazí na velmi nízkou teplotu, která činí až -40 °C. [1]

2.2.8 Balení

K balení výrobků jsou využívána velmi rozmanitá zařízení. Zmrazené kostky jsou pomocí speciálních úchytek baleny do papírů s plastovým povlakem umožňujícím tepelné svařování. V dřívější době bylo v České republice nejtypičtější briketové balení, tj. mezi dvěma oplatkami. To bylo posléze nahrazeno plněním do oplatkových kornoutů, které jsou přebaleny papírem a hliníkovou fólií. V současné době jsou velmi oblíbené výrobky v kelímcích, a to jak ve velikosti jedné porce, tak také v rodinných baleních. Posledním

typem balení mražených krémů je jejich plnění do termoobalů pro převoz do cukráren, kaváren a jiných podobných zařízení. [6]

3 ČLENĚNÍ MRAŽENÝCH KRÉMŮ

Mražené krémy se člení podle použitých surovin. Hodnoty celkové sušiny, tukuprosté mléčné sušiny, mléčného tuku a podíl ovocné složky a suchých skořápkových plodů jsou podle fyzikálně chemických požadavků udávány v hmotnostních %. [4] Hlavní skupiny mražených krémů jsou smetanový, mléčný, s rostlinným tukem, ovocný, vodový a sorbet. [7]

Tabulka 1: Typické složení některých druhů mražených krémů [7]

Mražený krém	Tuk % hm.	Mtps % hm.	Cukr % hm.	Stabilizátor % hm.	Voda % hm.	Nášleh % obj.
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

3.1 Tukuprostá sušina

Tukuprostá sušina dodává základní chuť mražených krémů. Mléčné bílkoviny mají na svědomí viskozitu mraženého krému a také stabilizaci pěny. [7]

Obsah tukuprosté sušiny v kravském mléce nesmí klesnout pod 8,5 %. Avšak existují zákonité vztahy mezi určitými složkami mléka, které určují, že požadovaný obsah mléčné tukuprosté sušiny závisí na obsahu tuku ve směsi podle vztahu [4, 7]:

$$\%Mtps = 0,15 * [100 - (\% \text{ tuku} + \% \text{ cukru} + \% \text{ stabilizátorů})] \quad (1)$$

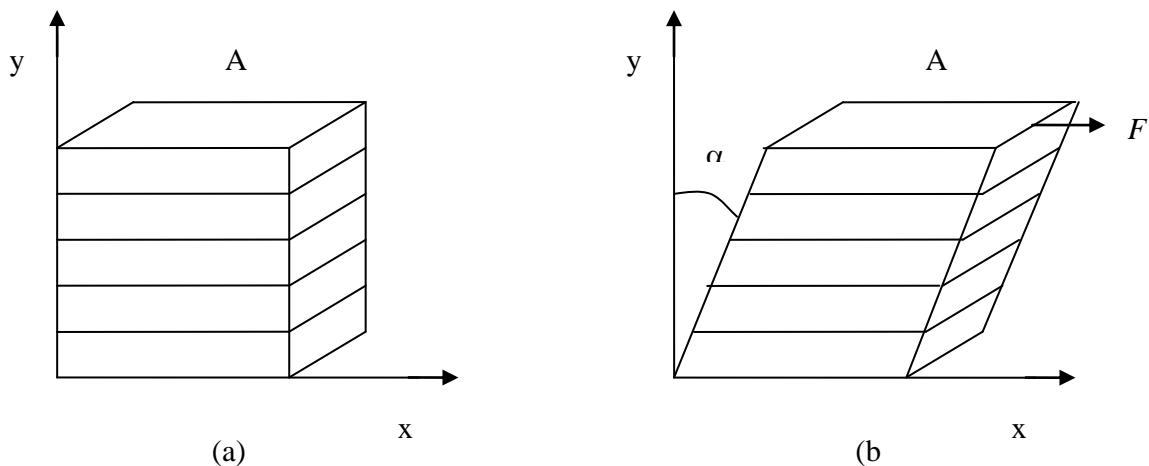
3.2 Tuk

U mražených krémů ovlivňuje tuk zejména chuť výrobku, konzistenci, vzhled a stabilitu při tání. Smetanové, mléčné a mražené krémy s rostlinným tukem mají díky vysokému % hm. tuku až zrnitou strukturu. Naopak nízkotučné mražené krémy, tedy ovocné, vodové a sorbety mají texturu měkkou až mazlavou. [7]

4 ZÁKLADNÍ REOLOGICKÉ PARAMETRY

Věda zabývající se tokovými vlastnostmi a deformací látek, jak tekutých, tak tuhých se nazývá reologie. Reologické vlastnosti ovlivňují i sensorické vlastnosti různých látek. [15]

4.1 Základní reologické veličiny



Obrázek 3: Element v klidu (a) a ve smykovém poli (b), kde u elementu na plochu A působí síla F . [16]

4.1.1 Smykové napětí

Smykové napětí definujeme jako poměr síly F , která ve směru x působí na plochu A [15]:

$$\tau = \frac{F}{A} \text{ [N/m}^2 \text{ = Pa]} \quad (2)$$

4.1.2 Smyková deformace

Smyková deformace je podílem změny tvaru elementu ve směru x , dx , podle y . [16] Nebo ji také můžeme definovat rovnicí [15]:

$$\gamma = x/h \text{ [-]} \quad (3)$$

Rychlost smykové deformace

Rychlost smykové deformace je dána změnou rychlosti dv podle y , [16] nebo podíl rychlosti v a tloušťky h [15]:

$$\dot{\gamma} = v/h \text{ [1/s]} \quad (4)$$

4.1.3 Dynamická viskozita

Odpor dané látky proti toku charakterizuje další důležitá veličina, dynamická viskozita. Pro ideálně viskózní kapaliny spočitatelná pomocí Newtonova zákona [15, 16]:

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \text{ [Pa} \cdot \text{s]} \quad (5)$$

Po odvození je dynamická nebo-li smyková viskozita definovatelná jako podíl smykového napětí a rychlosti smykové deformace:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \text{ [Pa} \cdot \text{s]} \quad (6)$$

4.1.4 Kinematická viskozita

Podílem dynamické viskozity, η , a hustoty, ρ , je viskozita kinematická [16]:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \text{ [m}^2 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (7)$$

4.2 Typy kapalin

4.2.1 Newtonská

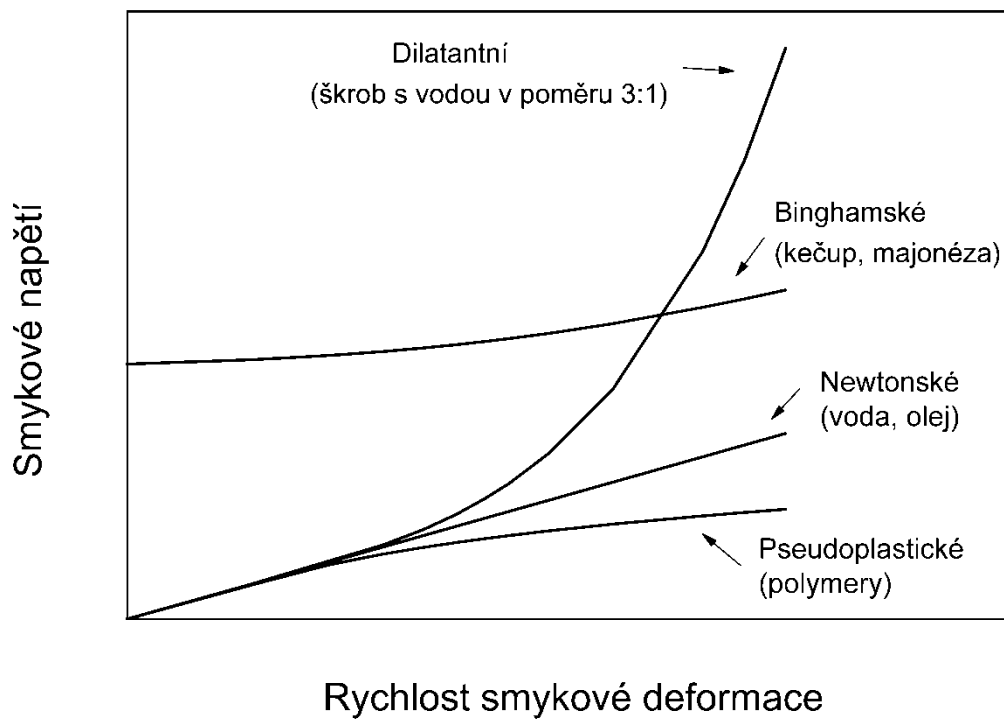
Jednoduché tekutiny, jejichž viskozita je nezávislá na intenzitě smykové deformace se nazývají podle Isaaca Newtona, který jako první formuloval matematický popis viskozity. [16, 17] Newtonské kapaliny mají konstantní viskozitu, která se mění společně se změnami teploty nebo tlaku, [18] ale nemění se s časem. [17]

4.2.2 Ne-Newtonská

Reologicky složitější kapaliny neřídící se Newtonovým zákonem se označují jako ne-Newtonské. Tyto kapaliny jsou rozděleny do pěti skupin, kdy každá skupina má odlišné charakteristické vlastnosti. [16, 18]

Tabulka 2: Rozdělení ne-Newtonských kapalin a jejich vlastnosti [15, 16, 18]

Typ chování	Popis	Příklad
Pseudoplastické	Viskozita klesá s rostoucí rychlostí smykové deformace	Polymery
Dilatantní	Viskozita vzrůstá s rostoucí rychlostí smykové deformace	Škrob ve vodě
Binghamské	Tečou až po překonání meze toku	Kečup
Thixotropní	Viskozita klesá s dobou působení smykového namáhání	Nátěrové hmoty
Rheopexní	Viskozita roste s dobou působení smykového namáhání	Susp. bentoitu



Obrázek 4: Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace pro různé druhy materiálů. [16]

5 ROTAČNÍ VISKOZIMETRY

Rotační viskozimetry jsou zařízení, používaná na hodnocení reologických vlastností kapalných a tuhých materiálů, založená na měření torzní síly, kterou působí vzorek vložený do měřicího systému. Základní typy měřících systémů jsou tři: deska-deska, kužel-deska, válec-válec. Vždy je jeden z elementů pevný a druhý se otáčí a je zavěšený na torzním vlákně o známé torzní tuhosti. Otáčením jednoho elementu dochází k přenosu krouticího momentu M [N·m]. Po ustavení rovnováhy se měří úhel pootočení elementu od původní polohy φ . [16] Důležitých parametr reologie je smykové napětí, τ , [Pa]. Smykové napětí lze v závislosti na typu měřicího systému vypočítat až po znalosti dalších veličin jako je např. poloměr krouticí desky, R_D , poloměr kuželu, R_K , poloměr vnitřního válce, R_V , výška vnitřního válce, L , apod. Vzorce pro výpočet jsou rozdílné kvůli rozdílným geometriím. [15, 16]

5.1 Deska-deska

Systém deska-deska je vhodný zejména pro měření materiálů citlivých na deformaci a předem připravených discích vzorků, což je užitečné zejména při práci s polymery. Snadno se plní, uzavírá a čistí. Spotřeba vzorku je relativně nízká. Není citlivý na nastavení mezery mezi deskami, právě z tohoto důvodu je ideální pro zkoušení pomocí teplotního gradiendu. Tento systém má však i řadu nevýhod jako je např. nekonstantní rychlost smykové deformace a krátkou sedimentační dráhu při měření suspenzí. [16, 19]

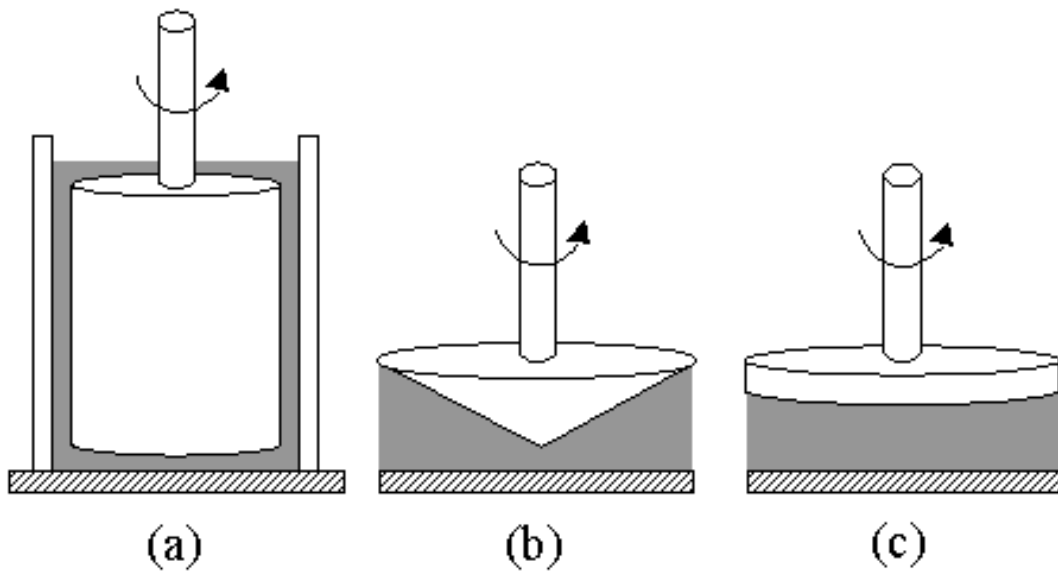
5.2 Kužel-deska

Systém kužel-deska má podobné výhody jako systém deska-deska. Opět má snadné plnění a uzavírání a relativně nízkou spotřebu vzorku. [16] Další výhodou je konstantní rychlost smykové deformace v jakémkoliv místě měřicího systému. Geometrie kužel-deska není vhodná pro měření materiálů citlivých na deformaci, plněných systémů o velké velikosti částic a nízkoviskózních látek a suspenzí, jelikož má opět krátkou sedimentační dráhu. [16, 20]

5.3 Válec-válec

Kvůli velkému povrchu rotoru a dlouhé sedimentační dráze je měřicí systém válec-válec vhodný pro měření nízkoviskózních kapalin a suspenzí. K měření je třeba vysoké množství vzorku, který by neměl být představován ne-Newtonskou kapalinou, které mohou vyšplhat

po rotujícím válci. U koaxiálních válců není problémem měření při vyšších rychlostech smykové deformace, která však není po celé délce prostoru mezi válci konstantní. Na rozdíl od předchozích geometrií je obtížné jej čistit. [16, 19, 20]



Obrázek 5: Typy měřících systémů rotačních viskozimetrů (a) válec-válec, (b) kužel-deska, (c) deska-deska. [16]



Obrázek 6: Rotační viskozimetr [21]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 METODIKA STANOVENÍ REOLOGICKÝCH PARAMETRŮ MRAŽENÝCH KRÉMŮ

Cílem bakalářské práce bylo zjištění reologických parametrů u třech průmyslově vyráběných běžně dostupných vzorků mražených krémů. Každý vzorek měl jiné složení a různé vlastnosti. Vzorky byly měřeny dvěma způsoby, pomocí oscilací a pomocí ustáleného smykového toku od $0,1 - 100 \text{ s}^{-1}$. Vzorky byly prověřovány v různých teplotách, které lineárně stoupaly vždy o $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Konkrétně ve čtyřech teplotách: $0 \text{ }^\circ\text{C}$, $10 \text{ }^\circ\text{C}$, $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Díky provedenému měření, byly vzorky mražených krémů vyhodnoceny, tedy bylo zjištěno, který má viskóznější charakter. Právě vzorky s vyšší viskozitou mají příjemný krémovejší vjem.

7 VYHODNOCOVÁNÍ REOLOGICKÝCH A TEPLŮTNÍCH ZÁVISLOSTÍ MRAŽENÝCH KRÉMŮ

7.1 Materiál

Pro provedení měření byly vybrány vzorky mražených krémů s odlišným složením: vodový mražený krém – Mrož jahodová dřev, smetanový – originální ruská zmrzlina a s rostlinným tukem – vanilkový dort.

Ke stanovení bylo od každého vzorku použito 5 g, které byly naváženy na vahách s přesností 0,01 mg.

7.1.1 Mrož

Výrobce: Bidvest Opava s.r.o.

Složení: jahody min. 55 %, cukr, voda, stabilizátor: guma guar, karboxymethylcelulóza, dextróza, regulátor kyselosti: kyselina citrónová.



Obrázek 7: Mrož [22]

7.1.2 Ruská zmrzlina

Výrobce: Neuvedeno – vyrobeno v Polsku, Prodávající: Jaromír Macháček J. A .D.

Složení: pitná voda, cukr, máslo 12 %, sušené mléko odstředěné, sušená syrovátka (z mléka), smetana 1 %, škrobový sirup, stabilizátory: E407, E410, E466, emulgátor E471, aroma smetanové.



Obrázek 8: Ruská zmrzlina [23]

7.1.3 Vanilkový dort

Výrobce: PINKO a.s.

Složení: pitná voda, cukr, kokosový olej, sušená syrovátka, glukózový sirup, sušené odtučněné mléko, emulgátor: E471, stabilizátory: E412, E410, aroma.



Obrázek 9: Vanilkový dort [24]

7.2 Zařízení

Pro měření tokových vlastností mražených krémů byl použit rotační viskozimetr Anton – Paar MCR 502 s geometrií typu deska – deska. Pro vyhodnocování výsledků byl nadále použit příslušný software Rheoplus.

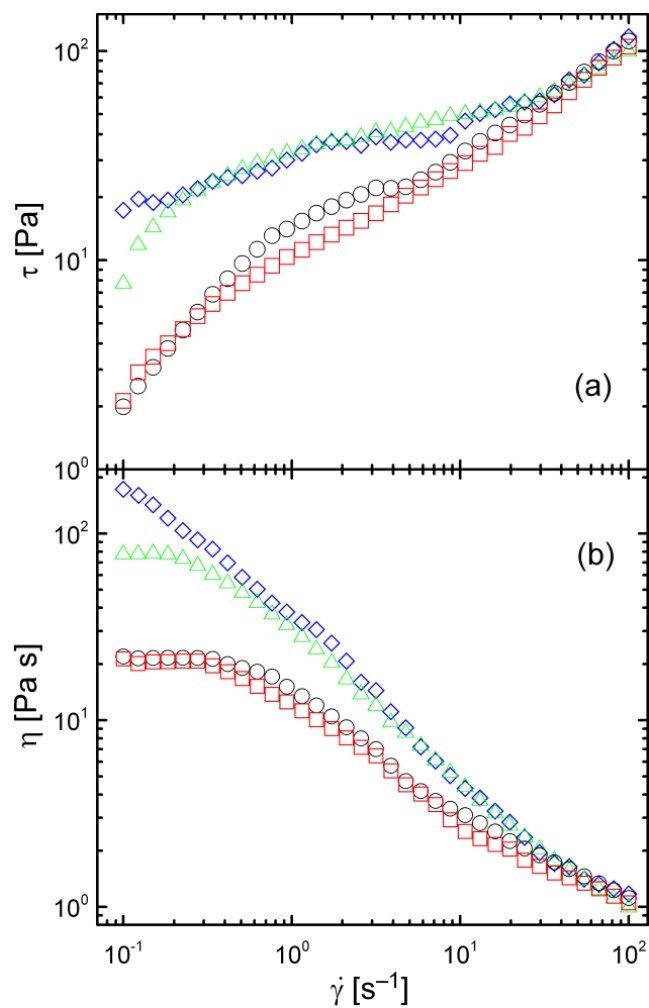


Obrázek 10: Anton – Paar MCR 502

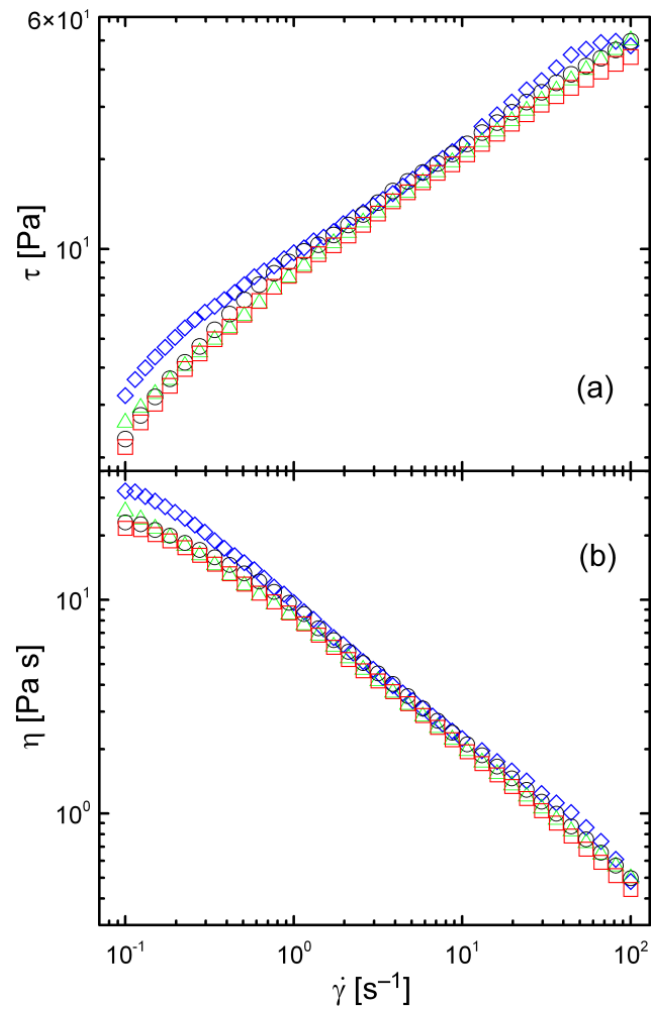
7.3 Výsledky a diskuze

Pro stanovení tokové křivky nebo viskozity je důležité nejprve zjistit hodnoty smykového napětí, τ , a rychlosti smykové deformace, $\dot{\gamma}$, pomocí měřícího systému s přesnou geometrií.

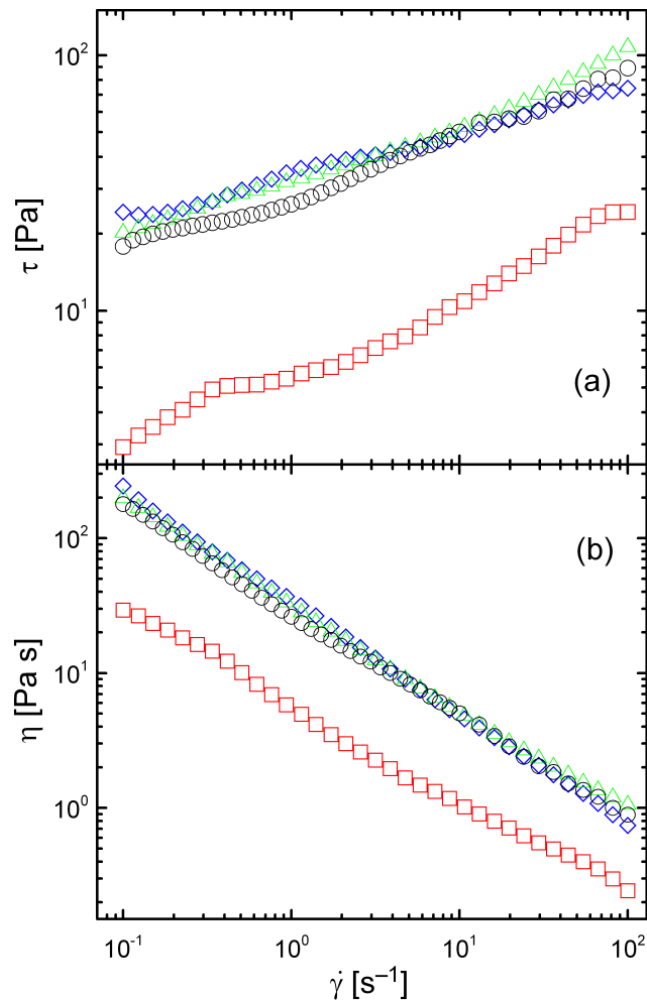
7.3.1 Závislost smykového napětí a dynamické viskozity na rychlosti smykové deformace



Obrázek 11: Závislost smykového napětí, τ , (a) a dynamické viskozity, η , (b) na rychlosti smykové deformace, $\dot{\gamma}$, pro mražený krém *Ruská zmrzlina* při teplotě 0 °C (\diamond), 10 °C (\triangle), 20 °C (\circ) a 30 °C (\square).



Obrázek 12: Závislost smykového napětí, τ , (a) a dynamické viskozity, η , (b) na rychlosti smykové deformace, $\dot{\gamma}$, pro mražený krém značky *Mrož* při teplotě 0°C (\diamond), 10°C (\triangle), 20°C (\circ) a 30°C (\square).



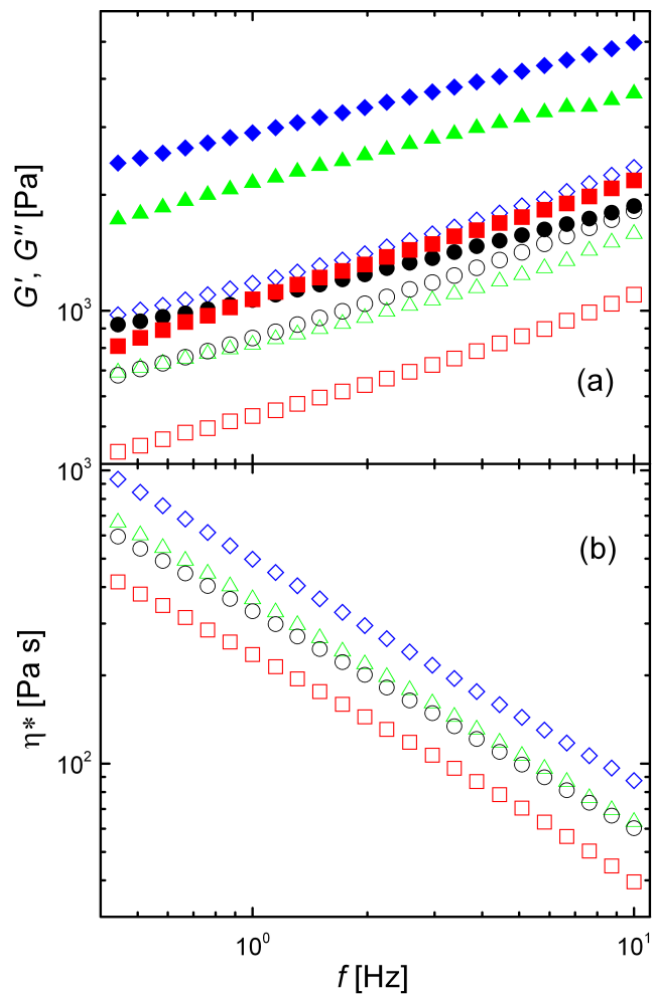
Obrázek 13: Závislost smykového napětí, τ , (a) a dynamické viskozity, η , (b) na rychlosti smykové deformace, $\dot{\gamma}$, pro mražený krém *Vanilkový dort* při teplotě 0 °C (\diamond), 10 °C (\triangle), 20 °C (\circ) a 30 °C (\square).

Vzorky všech tří mražených krémů se podle grafů, kdy dochází k poklesu zdánlivé viskozity při rostoucím smykovém napětí, jeví jako typické pseudoplastické kapaliny.

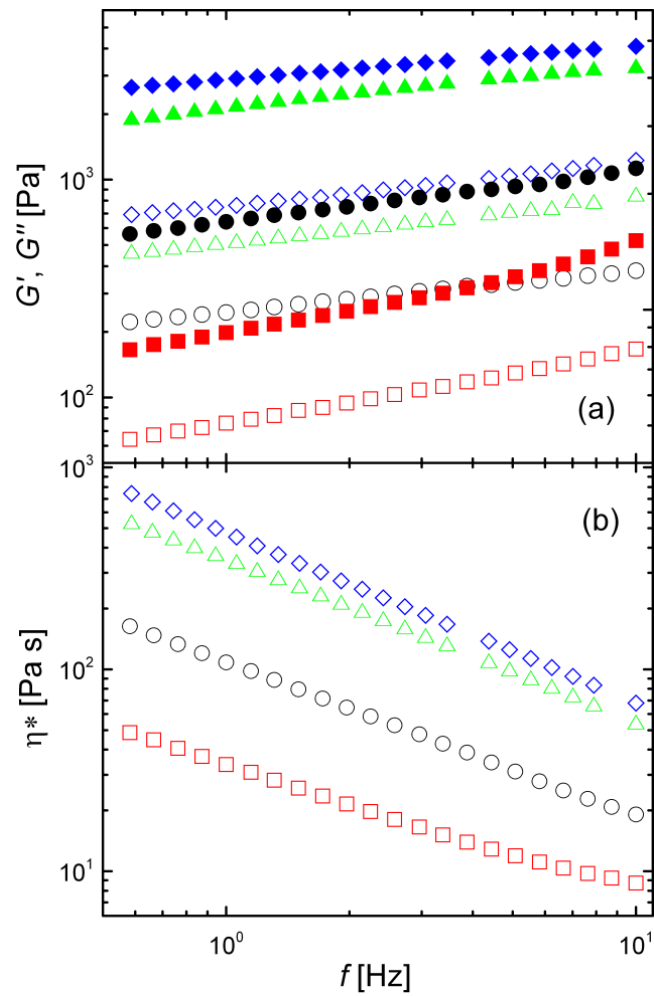
Největší rozdíly při měření různých mražených krémů v lineárně rostoucích teplotách byly pozorovány u smetanového mraženého krému – Ruské zmrzliny. Při 0 °C je nejviskóznější a začíná se postupně roztíkat, což pokračuje až do 20 °C, kde je téměř stejně viskózní jako ve 30 °C (Obrázek 11). Opakem je mražený krém vodový – Mrož. Viskozita je téměř totožná při každé měřené teplotě (Obrázek 12). Mražený krém s rostlinným tukem byl nejméně viskózní až při teplotě 30 °C. Při teplotách 0 °C, 10 °C, 20 °C byly naměřeny podobné hodnoty (Obrázek 13).

7.3.2 Závislost viskoelastických modulů a komplexní viskozity na frekvenci

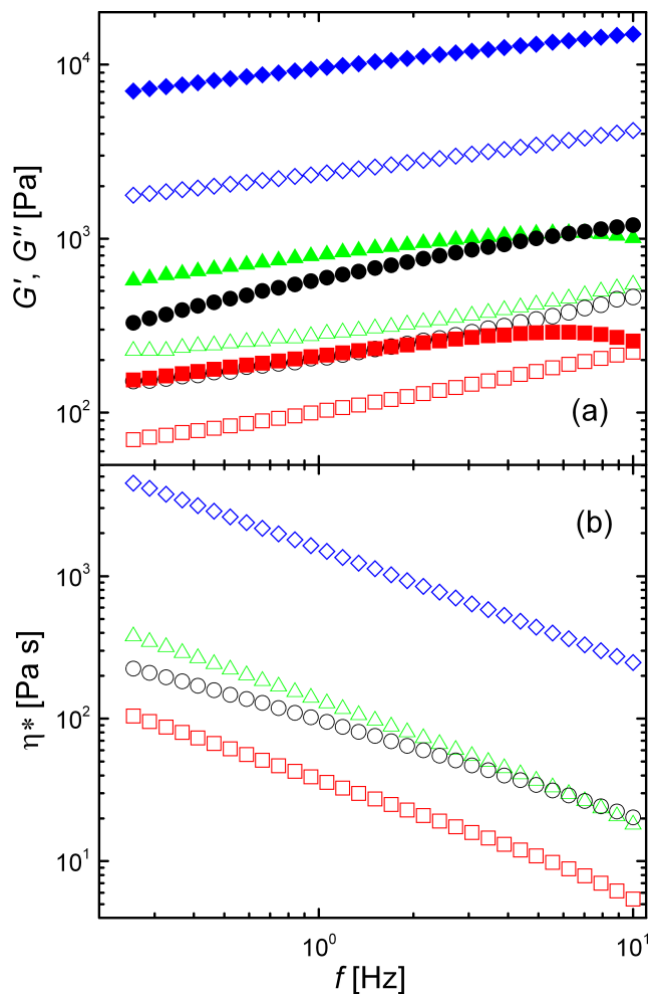
Při zjišťování závislosti lineární viskoelastivity na frekvenci nejprve musely být zjištěny konkrétní parametry, které teprve vedly ke zjištění viskózního a elastického modulu. Jinými slovy musela být vybrána hodnota deformace při oscilačním experimentu, při níž souřazový modul, G' , vyjadřující elastickou složku v systému, a ztrátový modul, G'' , vyjadřující viskózní složky uvnitř systému, jsou na této hodnotě deformace ještě nezávislé při dané teplotě. Grafické výsledky těchto experimentů v práci nejsou uvedeny z důvodu limitovaného rozsahu stran.



Obrázek 14: Závislost elastického, G' , (plné symboly) a viskózního, G'' , (prázdné symboly) modulu (a) a komplexní viskozity, η^* , (b) na frekvenci, f , pro mražený krém *Ruská zmrzlina* při teplotě 0 °C (\diamond, \blacklozenge), 10 °C ($\triangle, \blacktriangle$), 20 °C (\circ, \bullet) a 30 °C (\square, \blacksquare).



Obrázek 15: Závislost elastického, G' , (plné symboly) a viskózního, G'' , (prázdné symboly) modulu (a) a komplexní viskozity, η^* , (b) na frekvenci, f , pro mražený krém *Mroz* při teplotě 0 °C (\diamond, \blacklozenge), 10 °C ($\triangle, \blacktriangle$), 20 °C (\circ, \bullet) a 30 °C (\square, \blacksquare).

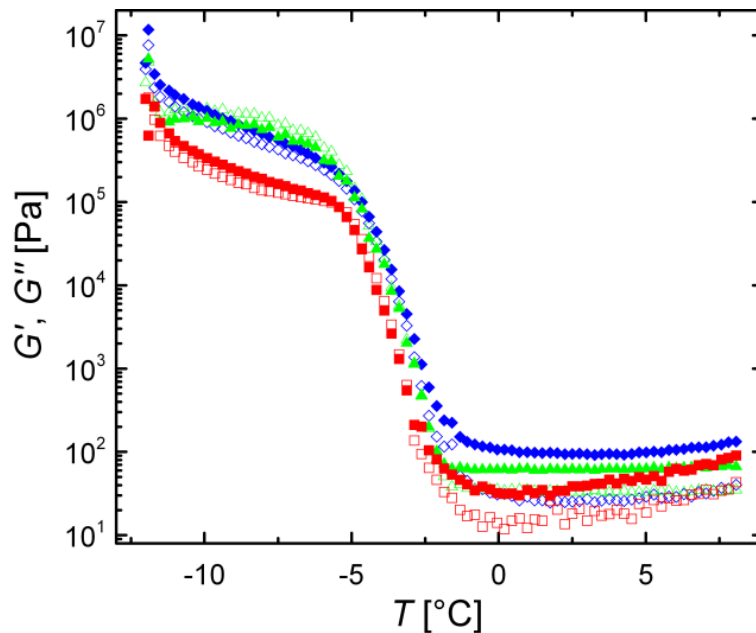


Obrázek 16: Závislost elastického, G' , (plné symboly) a viskózního, G'' , (prázdné symboly) modulu (a) a komplexní viskozity, η^* , (b) na frekvenci, f , pro mražený krém *Vanilkový dort* při teplotě 0 °C (\diamond, \blacklozenge), 10 °C ($\triangle, \blacktriangle$), 20 °C (\circ, \bullet) a 30 °C (\square, \blacksquare).

Měřením závislosti viskoelastických modulů na frekvenci byla zjištěna informace o chování materiálu. Ve vysokých frekvencích dochází ke snadnějšímu nanášení, tedy platí, že elastický modul musí být ve větších frekvencích vyšší než viskózní modul, nebo alespoň stejný.

U vzorků mražených krémů bylo pozorováno, že vždy elastický modul je větší než viskózní, tedy mražený krém se snadno nanáší. U všech tří vzorků schopnost nanášení klesá s teplotou. Jinými slovy lze říci, že při 0 °C je lépe roztíratelný než při 10 °C a při 10 °C než při 20 °C. U jediné Ruské zmrzliny se lépe tento mražený krém nanáší při 30 °C než při 20 °C.

7.3.3 Závislost viskoelastických modulů na teplotě



Obrázek 17: Závislost elastického, G' , (plné symboly) a viskózního, G'' , (prázdné symboly) modulu na teplotě, T , pro mražený krém *Ruská zmrzlina* (\diamond, \blacklozenge), *Mrož* ($\triangle, \blacktriangle$) a *Vanilkový dort* (\square, \blacksquare).

Hodnoty G' v intervalu od -12 °C až -8 °C vypovídají o nabíratelnosti mražených krémů. Nejlepší nabíratelnost má Vanilkový dort, který má ve sledovaném teplotním intervalu právě nejnižší hodnoty G' . Mražené krémy Mrož a Ruská zmrzlina mají podobné hodnoty, nicméně o trochu lepší elastické vlastnosti vykazuje mražený krém Mrož.

Ke klesání obou viskoelastických modulů dochází již od -8 °C až do 0 °C . Dochází k němu z důvodu zvýšené rychlosti tání v tomto teplotním rozmezí. Nejvýraznější pokles vykazuje mražený krém Mrož, který tedy projevuje největší pocit chladnosti. Naopak nejnižší rychlost tání vykazuje mražený krém vanilkový dort.

Viskózní modul G'' určuje v intervalu 0 °C až 8 °C krémovitost zmrzliny. Jako nejkrémovitější se jeví Ruská zmrzlina, jelikož se v tomto rozmezí G'' výrazně nemění. Nejnižší viskozitní složku má viditelně Vanilkový dort.

8 SOUHRNNÁ DISKUZE

Praktická část bakalářské práce spočívala v korelaci složení tří různých typů mražených krémů s jejich teplotně závislým reologickým chováním odpovídajícím praktickému využívání daných krémů. Provedením reologických experimentů na rotačním viskozimetru při různých teplotách odpovídajících teplotám při skladování a reálné spotřebě mraženého krému v ustáleném smykovém poli bylo zjištěno, že nejcitlivější chování na teplotní změny má smetanový mražený krém (Ruská zmrzlina) a to z důvodu právě nejvyššího obsahu tuku, který je pravděpodobně zodpovědný za strukturní změny v mraženém krému ve sledovaném teplotním rozsahu. U tohoto systému byl ve výsledku pozorován pokles hodnoty dynamické viskozity téměř o jeden řád mezi hodnotou při 0 °C a 30 °C. Naopak nejméně citlivý mražený krém na teplotní změny byl vodový mražený krém (Mrož), kdy logická změna v tání byla pozorována mezi 0 °C a 10 °C právě z důvodu skupenské přeměny vodové složky. Mražený krém s rostlinným tukem (Vanilkový dort) mající složení mezi dvěma výše popisovanými systémy (tuk vs. voda) při reologickém pozorování v ustáleném smykovém poli potvrzoval očekávanou skutečnost v parametrech (tání, teplotní změna viskozity, teplotní hodnoty viskozity) vyskytujících se mezi výše uváděnými hraničními hodnotami. Reologické experimenty prováděné v oscilačním smykovém poli bezvýhradně potvrdily výsledky získané v ustáleném smykovém poli.

Z pozorování vývoje a hodnot viskoelastických modulů při postupném zvyšování teploty bylo možné odvodit některé ze základních parametrů pro mražené krémy, a to konkrétně jejich nabíratelnost, navozovaný pocit chladnosti a krémovitost. Každá z těchto tří vlastností má z reologického pohledu své charakteristické rozmezí teplot, kdy ji lze stanovit. Potom jako mražený krém s nejlepší nabíratelností lze označit Vanilkový dort, jelikož tento má v interval od -12 °C až -8 °C nejnižší hodnotu elastického modulu a lze tedy dobře „kopečkovat“. Interval teplot od -8 °C až do 0 °C naopak vypovídá o pocitu chladnosti při požívání mraženého krému a ten byl pozorován u vodového mraženého krému (Mrož), kdy v tomto rozmezí teplot začíná hlavní složka systému měnit své skupenství. Ve výsledku jako nejkrémovitější ze sledovaných mražených krémů vyšel smetanový mražený krém (Ruská zmrzlina), u kterého se viskózní složka komplexního smykového modulu takřka neměnila ve sledovaném intervalu 0 °C až 8 °C a krémovitost byla tedy stabilní.

ZÁVĚR

Bakalářská práce v teoretické části podává informace o vzniku a postupnému vývoji mražených krémů. Dále o surovinách, které se pro výrobu používají a následně se podle nich člení do různých skupin a o jejich náhradách, které sice snižují náklady na výrobu, ale razantně ovlivňují senzorní a reologické vlastnosti mražených krémů.

Experimentální část se zabývá měřením a vyhodnocováním reologických vlastností třech skupin mražených krémů, u kterých byla použita jiná hlavní surovina, která je zodpovědná za jejich chování. Pomocí rotačního viskozimetru bylo provedeno měření smykového napětí a dynamické viskozity na rychlosti smykové deformace. Zde byla potvrzena skutečnost citlivosti mražených krémů na teplotních změnách, kdy bylo zjištěno, že čím mražený krém bude obsahovat více tuku, tím se bude i více roztékat. Naopak menší citlivost na teplotní změny se bude jevit u vodového mraženého krému. Zkoumáním viskoelastických modulů byly zjištěny další vlastnosti závislé na obsahu hlavní složky. Každý druh mraženého krému se může pyšnit jinou charakteristickou vlastností. Největší pocit chladnosti jeví vodový mražený krém. Vjem nejkrémovějšího bude charakteristický pro mražený krém s obsahem živočišného tuku, zajímco, vzorek s rostlinným tukem bude vykazovat nejlepší nabíratelnost kopečků.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] POLLMER, Udo a Brigitte SCHMELZER-SANDTNER. *Šokující pravda o výrobě potravin, aneb, Co byste měli vědět před nákupem potravin?: šílené krávy to není všechno--*. [1. vyd.]. Olomouc: Fontána, 2001, 256 s. ISBN 80-861-7960-5.
- [2] Historie zmrzliny. [online]. [cit. 2014-02-17]. Dostupné z: <http://www.frigomat.cz/novinky/historie-zmrzliny-pocatku/>
- [3] Evolution of Ice Cream. [online]. [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.idfa.org/news-views/media-kits/ice-cream/the-history-of-ice-cream>
- [4] HRABĚ, Jan. *Technologie výrovy potravin živočišného původu pro kombinované studium*. 1. Vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, 185 s. ISBN 978-80-7318-521-3.
- [5] Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů. [online]. [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1006039&docType=ART&nid=11307>
- [6] HRUBÝ, Jaroslav. *Technologie a technika výroby zmrazených potravin*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1986, 358s.
- [7] KADLEC, Pavel. *Technologie potravin II*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002, 236 s. ISBN 80-7080-510-2.
- [8] Potraviny. *Vyhláška č. 77/2003 Sb.* [online]. [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/legislativa/zakon-o-potravinach/provadeci-predpisy-mze/vyhlaska-2003-77-potraviny.html>
- [9] Mražené krémy - zmrzliny. [online]. [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: <http://www.annita.cz/clanek/mrazene-kremy-zmrzliny>
- [10] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 1*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999, 328 s. ISBN 80-902-3912-9.
- [11] Bezlepková dieta: Glukózový sirup nejen sladí. [online]. [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: <http://www.bezlepkovadieta.cz/obecne/936-3/glukozovy-sirup-nejen-sladi>
- [12] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 3*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999, 342 s. ISBN 80-902-3912-9

- [13] BAHRAMPARVAR, Maryam, Mostafa Mazaheri TEHRANI, W. S. ARBUCKLE, W. S. ARBUCKLE, Robert T. MARSHALL a W. S. ARBUCKLE. Application and Functions of Stabilizers in Ice Cream. *Food Reviews International*. 2011, vol. 27, issue 4, s. 389-407. DOI: 10.1007/978-1-4613-0477-7_6.
- [14] DOGAN, Mahmut, Ahmed KAYACIER, Ömer Said TOKER, Mustafa Tahsin YILMAZ a Safa KARAMAN. Steady, Dynamic, Creep, and Recovery Analysis of Ice Cream Mixes Added with Different Concentrations of Xanthan Gum. *Food and Bioprocess Technology*. 2012, vol. 6, issue 6, s. 1420-1433. DOI: 10.1007/s11947-012-0872-z.
- [15] BRUMER, R.: Rheology Essentials of Cosmetic and Food Emulsions, 1st ed., Springer-Verlag, Berlin, 2006, ISBN-10: 3-540-25553-2
- [16] PAVLÍNEK, Vladimír, STĚNIČKA a Miroslav MRLÍK. *Reologie potravin a kosmetických prostředků*. Zlín, 2015.
- [17] Newtonial fluid. [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/413267/Newtonian-fluid>
- [18] Non-Newtonial fluids. [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://sciencelearn.org.nz/Science-Stories/Strange-Liquids/Non-Newtonian-fluids>
- [19] Selecting Measuring Systems. [online]. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://rheosys.com/Help_system/selecting_measuring_systems.htm
- [20] Seminář reologie. *Pragolab* [online]. 2015 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://www.pragolab.cz/files/download/Seminar_reologie_2015.pdf
- [21] MCR Rheometer Series. [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.anton-paar.com/uk-en/products/details/mcr-rheometer-series/>
- [22] Mrož jahodová dřeň. [online]. [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://primazmrzlina.nen.cz/katalog-zmrzlin/kelimky/mroz-jahodova-dren/>
- [23] Originál ruská zmrzlina smetanová Plombir. [online]. [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.ruskazmrzlina.eu/?clanek=9>
- [24] Polárkový dort 615 ml. [online]. [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.pinko.cz/wp-content/uploads/2015/01/PD.jpg>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	Plocha [m^2]
ν	Kinematická viskozita [$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$]
F	Síla [N]
τ	Smykové napětí [Pa]
η	Dynamická viskozita [Pa·s]
φ	Úhel
ρ	Hustota [$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$]
η^*	Komplexní viskozita [Pa·s]
v	Rychlost
h	Tloušťka
M	Kroutící moment [N·m]
R_D	Poloměr kroutící desky [mm]
R_K	Poloměr kuželu [mm]
R_V	Poloměr válce [mm]
L	Výška vnitřního válce [mm]
G'	Elastický modul [Pa]
G''	Viskózní modul [Pa]
f	Frekvence [Hz]
T	Teplota [$^{\circ}\text{C}$]
γ	Smyková deformace [-]
$\dot{\gamma}$	Rychlost smykové deformace [1/s]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Strukturní vzorec sacharózy	16
Obrázek 2: Technologický postup výroby glukózového sirupu [11]	17
Obrázek 3: Element v klidu (a) a ve smykovém poli (b), kde u elementu na plochu A působí síla F . [16].....	23
Obrázek 4: Závislost smykového napětí na rychlosti smykové deformace pro různé druhy materiálů. [16].....	25
Obrázek 5: Typy měřících systémů rotačních viskozimetrů (a) válec-válec, (b) kužel-deska, (c) deska-deska. [16]	27
Obrázek 6: Rotační viskozimetr [21].....	27
Obrázek 7: Mrož [22]	30
Obrázek 8: Ruská zmrzlina [23]	31
Obrázek 9: Vanilkový dort [24].....	31
Obrázek 10: Anton – Paar MCR 502.....	32
Obrázek 11: Závislost smykového napětí, τ , (a) a dynamické viskozity, η , (b) na rychlosti smykové deformace, $\dot{\gamma}$, pro mražený krém <i>Ruská zmrzlina</i> při teplotě 0 °C (\diamond), 10 °C (Δ), 20 °C (\circ) a 30 °C (\square).....	33
Obrázek 12: Závislost smykového napětí, τ , (a) a dynamické viskozity, η , (b) na rychlosti smykové deformace, $\dot{\gamma}$, pro mražený krém značky <i>Mrož</i> při teplotě 0 °C (\diamond), 10 °C (Δ), 20 °C (\circ) a 30 °C (\square).....	34
Obrázek 13: Závislost smykového napětí, τ , (a) a dynamické viskozity, η , (b) na rychlosti smykové deformace, $\dot{\gamma}$, pro mražený krém <i>Vanilkový dort</i> při teplotě 0 °C (\diamond), 10 °C (Δ), 20 °C (\circ) a 30 °C (\square).....	35
Obrázek 14: Závislost elastického, G' , (plné symboly) a viskózního, G'' , (prázdné symboly) modulu (a) a komplexní viskozity, η^* , (b) na frekvenci, f , pro mražený krém <i>Ruská zmrzlina</i> při teplotě 0 °C (\diamond, \blacklozenge), 10 °C (Δ, \blacktriangle), 20 °C (\circ, \bullet) a 30 °C (\square, \blacksquare).	36
Obrázek 15: Závislost elastického, G' , (plné symboly) a viskózního, G'' , (prázdné symboly) modulu (a) a komplexní viskozity, η^* , (b) na frekvenci, f , pro mražený krém <i>Mrož</i> při teplotě 0 °C (\diamond, \blacklozenge), 10 °C (Δ, \blacktriangle), 20 °C (\circ, \bullet) a 30 °C (\square, \blacksquare).....	37

- Obrázek 16: Závislost elastického, G' , (plné symboly) a viskózního, G'' , (prázdné symboly) modulu (a) a komplexní viskozity, η^* , (b) na frekvenci, f , pro mražený krém *Vanilkový dort* při teplotě 0 °C (\diamond, \blacklozenge), 10 °C (Δ, \blacktriangle), 20 °C (\circ, \bullet) a 30 °C (\square, \blacksquare). 38
- Obrázek 17: Závislost elastického, G' , (plné symboly) a viskózního, G'' , (prázdné symboly) modulu na teplotě, T , pro mražený krém *Ruská zmrzlina* (\diamond, \blacklozenge), *Mrož* (Δ, \blacktriangle) a *Vanilkový dort* (\square, \blacksquare)..... 39

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Typické složení některých druhů mražených krémů [7]	22
Tabulka 2: Rozdělení ne-Newtonských kapalin a jejich vlastnosti [15, 16, 18]	25