

# **Tokové charakteristiky mléčných produktů**

Klára Nešporová

---

Bakalářská práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin  
akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Klára Nešporová**  
Osobní číslo: **T13221**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Tokové charakteristiky mléčných produktů**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Mléčné výrobky a jejich dietetické vlastnosti (mléko, máslo sýry, jogurty, tvaroh a termix).
2. Technologie výroby mléčných produktů.
3. Tokové vlastnosti kapalin, požadavky na konzistenci mléčných produktů.

### II. Praktická část

1. Tokové křivky mléčných produktů.
2. Výsledné hodnocení reologických vlastností vybraných mléčných produktů.
3. Diskuze výsledků a závěr.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH. Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin. Ostrava: Key Publishing, 2010, ISBN 978-80-7418-051-4.

[2] KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH. Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin. Ostrava: Key Publishing, 2012, ISBN 978-80-7418-145-0.

[3] TAMIME, A a R ROBINSON. Tamime and Robinson's yoghurt: science and technology. Third edition. Boca Raton: CRC Press, 2007, ISBN 978-1-4200-4453-9.

[4] LAW, Barry A a A TAMIME. Technology of cheesemaking. Chichester: Wiley-Blackwell, 2010, ISBN 978-1-4051-8298-0.

[5] TAMIME, A. Structure of dairy products. Oxford, UK: Blackwell, 2007, ISBN 978-1-4051-2975-6.

[6] WEIN, Ondřej. Úvod do reologie. Brno: Malé centrum, 1996, ISBN 80-238-0928-8.

[7] HOLUBOVÁ, Renata. Základy reologie a reometrie kapalin. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, ISBN 978-80-244-4178-8.

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Mgr. Barbora Lapčíková, Ph.D.**

Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

**3. února 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**5. května 2017**

Ve Zlíně dne 3. února 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



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

Příjmení a jméno: KLARA NEČEKOVÁ.....

Obor: ITP.....

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby<sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3<sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60<sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60<sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu 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, považuji 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 10.5.2019.....

Klára Nečeková.....

---

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

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

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

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

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě 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).

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

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## ABSTRAKT

V bakalářské práci jsou prezentovány výsledky sledovaných tokových křivek deseti mléčných produktů a jednoho roztíratelného rostlinného tuku. Měřeny byly tyto výrobky: plnotučné mléko, smetana ke šlehání, zakysaná smetana, bílý jogurt, jogurtový nápoj, tvaroh, přibináček, máslo, rostlinný roztíratelný tuk, termix a tavený sýr. Naměřené výsledky dynamické viskozity mléčných produktů byly vyhodnoceny ve formě tokových křivek. U měřených produktů bylo určeno, jaké reologické chování produkt vykazuje. Newtonské chování vykazovalo mléko, mezi pseudoplastické můžeme zařadit smetanu ke šlehání, zakysanou smetanu, bílý jogurt, jogurtový nápoj, tvaroh a přibináček. Máslo, rostlinný roztíratelný tuk, termix a tavený sýr vykazují viskoelastické chování.

Klíčová slova: reologie, dynamická viskozita, newtonské a ne-newtonské kapaliny, smyková rychlost, smykové napětí, elastický modul, viskózní modul, tažný modul.

## ABSTRACT

The bachelor thesis presents results by the monitored flow curves of ten milk products and one spreadable vegetable fat. These following products were measured: full-fat milk, whipping cream, sour cream, white yogurt, yogurt drink, cottage cheese, Pribinacek, butter, spreadable vegetable fat, Termix and processed cheese. The measured results by the dynamic viscosity of the milk products were evaluated in a form of flow curves. For measured products were determine, what kind of rheological behavior of product, is evinced. Newton's behaviour was milk, among the pseudoplastics we can include whipped cream, sour cream, white yoghurt, yoghurt drink, cottage cheese and juniper. Butter, vegetable spreadable fat, termix and processed cheese exhibit viscoelastic behaviour.

Keywords: Rheology, dynamic viscosity, Newtonian and non-Newtonian fluids, shear rate, shear stress, elastic modulus, viscous module, pull module.

Zde bych chtěla poděkovat mé vedoucí bakalářské práce Doc. Mgr. Barboře Lapčíkové, Ph.D. za její ochotu, cenné rady a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Tomáši Valentovi za pomoc při měření.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 MLÉČNÉ VÝROBKY A JEJICH DIETETICKÉ VLASTNOSTI (MLÉKO, MÁSLA, SÝRY, JOGURTY, TVAROH A TERMIX)</b> .....	<b>12</b>
1.1 DIETETICKÉ VLASTNOSTI MLÉKA .....	12
1.1.1 Bílkoviny .....	12
1.1.2 Laktóza .....	12
1.1.3 Mléčný tuk .....	12
1.1.4 Minerální látky .....	13
1.1.5 Vitamíny.....	13
1.2 DIETETICKÉ VLASTNOSTI MÁSLA.....	13
1.3 DIETETICKÉ VLASTNOSTI SÝRŮ A TVAROHŮ .....	13
1.3.1 Minerální látky .....	14
1.3.2 Vitamíny.....	14
1.3.3 Sacharidy.....	14
1.3.4 Mléčný tuk .....	14
1.4 DIETETICKÉ VLASTNOSTI KYSANÝCH MLÉČNÝCH VÝROBKŮ (FERMENTOVANÝCH).....	15
1.4.1 Bílkoviny .....	15
1.4.2 Laktóza a sacharidy.....	15
1.4.3 Mléčný tuk .....	15
1.4.4 Minerální látky .....	16
1.4.5 Vitamíny.....	16
1.4.6 Kyselina mléčná .....	16
1.4.7 Probiotika, prebiotika a symbiotika .....	16
1.5 DIETETICKÉ VLASTNOSTI TERMIXU .....	17
<b>2 TECHNOLOGIE VÝROBY MLÉČNÝCH PRODUKTŮ</b> .....	<b>18</b>
2.1 TECHNOLOGIE VÝROBY MLÉKA.....	18
2.1.1 Pasterace mléka a smetany – pasterační stanice .....	18
2.1.2 Sterilizace vysokotepelem – UHT.....	19
2.2 TECHNOLOGIE VÝROBY MÁSLA .....	20
2.2.1 Výroba másla zpěňovacím způsobem.....	20
2.3 TECHNOLOGIE VÝROBY SÝRŮ.....	21
2.3.1 Výroba sladkých sýrů.....	22
2.3.2 Výroba kyselých sýrů.....	23
2.3.3 Výroba tavených sýrů .....	25
2.4 TECHNOLOGIE VÝROBY KYSANÝCH MLÉČNÝCH VÝROBKŮ (FERMENTOVANÝCH).....	25
<b>3 TOKOVÉ VLASTNOSTI KAPALIN</b> .....	<b>28</b>



3.1	REOLOGIE .....	28
3.2	ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI TEKUTIN .....	28
3.3	ZÁKLADNÍ REOLOGICKÉ VELIČINY A POJMY .....	28
3.3.1	Proudění reálné kapaliny .....	28
3.3.2	Normálové a tečné napětí, viskozita .....	28
3.4	DĚLENÍ KAPALIN .....	30
3.4.1	Newtonské kapaliny .....	30
3.4.2	Ne-newtonovské kapaliny .....	31
3.5	MĚŘENÍ VISKOZITY .....	33
3.5.1	Průtokové viskozimetry .....	33
3.5.2	Pádové viskozimetry .....	34
3.5.3	Rotační viskozimetry .....	34
3.6	VISKOELASTICKÉ MĚŘENÍ .....	35
3.7	POŽADAVKY NA KONZISTENCI MLÉČNÝCH PRODUKTŮ .....	37
3.7.1	Mléko a smetana ke šlehání .....	37
3.7.2	Máslo .....	37
3.7.3	Sýry a tvarohy .....	37
3.7.4	Kysané mléčné výrobky .....	38
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>CÍL PRÁCE .....</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>MATERIÁL A MĚŘÍCÍ METODIKA .....</b>	<b>41</b>
5.1	MĚŘENÉ PRODUKTY .....	41
5.2	MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ .....	46
5.2.1	Měřicí přístroje .....	46
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>49</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>71</b>

## ÚVOD

Mléko a mléčné produkty představují v našich podmínkách již od nepaměti základní potravinu. Mléčné produkty obsahují lehce stravitelné bílkoviny, tuky a celé spektrum vitaminů s výjimkou vitamínu C. Mléko je důležitým zdrojem dobře vstřebatelného vápníku a dalších minerálních látek.

Při výrobě mléčných výrobků se používá řada technologií k výrobě jednotlivých druhů výrobků. Nejčastějším krokem je ochrana primárního produktu před případným kažením tepelným záhřevem. Produkt lze expedovat v této podobě nebo až po další úpravě. Mezi mléčné výrobky patří řada produktů, smetany ke šlehání, kysané a zakysané smetany, máslo, sýry, tvarohy, jogurty, jogurtové nápoje, aj.

Reologické chování tekutých materiálů hraje důležitou roli v řadě technologických operací. Znalost základních reologických veličin, viskozity, smykové rychlosti, smykového napětí a modulů pružnosti, je potřebná nejen k charakterizování surovin (produktů), ale i k řešení mnoha technických úloh a inženýrských výpočtů při navrhování a kontrole různých výrobních zařízení.

Reometry a reologická měření se staly nezbytnými nástroji v laboratořích. V současné době ve výzkumu a výrobě pracovníci spoléhají při vývoji konkurence schopných výrobků na reologická měření. Nezbytnou podmínkou pro úspěch na současném trhu je spolehlivý vědecký reometr a důkladné porozumění reologickým měřením.

Matematickým vyjádřením tokových vlastností kapalin jsou reologické stavové rovnice, které vyjadřují vztah mezi deformačním smykovým (tečným) napětím  $\tau$  a deformací kapaliny. Jejich grafickou podobou jsou tokové křivky.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 MLÉČNÉ VÝROBKY A JEJICH DIETETICKÉ VLASTNOSTI (MLÉKO, MÁSLA, SÝRY, JOGURTY, TVAROH A TERMIX)

## 1.1 Dietetické vlastnosti mléka

Mléko je komplexní biologickou tekutinou, která je tvořena vodou, tukem, bílkovinami (kaseiny a syrovátkové bílkoviny), sacharidy (laktóza) a kvantitativně malým množstvím, i když biologicky aktivních složek: minerální látky, vitamíny a enzymy. Kravské mléko je výživnou potravinou týkající se lidského zdraví. Mléčné bílkoviny jsou plnohodnotnou bílkovinou, jsou to kaseiny a syrovátkové (sérové) bílkoviny [1,2].

### 1.1.1 Bílkoviny

Kasein je majoritní bílkovinou v mléce přežvýkavců, kde se vyznačuje komplikovanou kvartérní strukturou. Jejich obsah se pohybuje v rozmezí od 2,6% - 2,8%, což představuje přibližně 79% proteinů z celkového množství mléka. Z hlediska zastoupení aminokyselin (AMK) je plnohodnotnou bílkovinou (má dostatek esenciálních aminokyselin, hlavně lysiinu), má však nižší biologickou hodnotu než syrovátkové bílkoviny, protože má nedostatek syrných AMK (cysteinu a metioninu). Syrovátkové proteiny představují přibližně 0,6% ze složení mléka, mají však vyšší biologickou hodnotu než kasein, který má pozitivní vliv na lidské tělo. Vysoký obsah cysteinu je limitující pro syntézu glutationu, jehož hlavní role spočívá v působení proti toxickým a mutagenním onemocněním [1,2].

### 1.1.2 Laktóza

Laktóza je redukující disacharid a za optimálních podmínek vstupuje do Mailardových reakcí. Vzniklé melanoidiny sensoricky ovlivňují chuť, vůni a barvu mléka. Je růstovým faktorem pro bifidobakterie a řadí se tedy mezi probiotika. Laktóza je nekalorickým sacharidem díky enzymorezistentní  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) glykosidické vazbě ve své molekule. Část obyvatelstva může trpět alergiemi a tzv. intolerancí laktózy. Toto onemocnění způsobuje nedostatečné množství enzymu laktázy v tenkém střevě a má za následek bolesti břicha, nadýmání a průjem [3].

### 1.1.3 Mléčný tuk

Mléčný tuk je významným zdrojem esenciálních mastných kyselin, lipofilních vitamínů a aromatických látek. Potraviny živočišného původu i mléko jsou zdrojem cholesterolu.

Vysoká nasycenost mléčného tuku, z hlediska dětské populace je metabolicky výhodná, pro dospělou populaci znamená riziko negativního ovlivnění LDL-cholesterolu. Naopak bylo zjištěno, že nižší pH a mastné kyseliny s krátkým řetězcem a vitamínem D snižují bujení kolonocytů v tlustém střevě, tím se podílí na prevenci karcinomu tlustého střeva [4].

#### **1.1.4 Minerální látky**

Mléko je významným zdrojem vápníku, hořčíku, fosforu, draslíku a zinku. Vápník je v mléce přítomen relativně ve velkém množství. Vápník má v lidském organizmu, kromě tvorby a obnovy kostí a zubů, ještě řadu dalších fyziologických funkcí. Přispívá i k snižování krevního tlaku a obsahu cholesterolu v krvi a podle některých studií snižuje i riziko rakoviny tlustého střeva. [5,6].

#### **1.1.5 Vitamíny**

Kravske mléko je dobrým potravinovým zdrojem vitamínů rozpustných ve vodě i v tucích, které jsou nezbytné pro člověka. Vitamíny rozpustné v tucích mají řadu důležitých biologických funkcí v těle, včetně regulace buněk, růstu tkání a diferenciací (vit. A). Absorpce vápníku a fosforu a kostí mineralizace (vit. D) a srážecí faktor krve (vit. K). Vitaminy A a E nemůžou být syntetizovány v našem těle [7].

### **1.2 Dietetické vlastnosti másla**

Máslo je potravina s vysokou energetickou hodnotou, která je také porovnávána s jinými tuky (margaríny). Máselný tuk je tvořen nasycenými mastnými kyselinami, z nichž kyseliny palmitová, myristová a laurová se dávají do souvislosti se zvyšováním nežádoucího cholesterolu (LDL) v krvi. Nasycená kyselina stearová, která nezvyšuje hladinu triglyceridů a celkový a LDL-cholesterol v séru. Mononenasycené MK jsou zastoupeny 26 – 42 % a polynenasycené MK 2 – 6 %. Zvláštní složkou mléčného tuku je trans-mastné kyseliny, a sice konjugovaná kyselina linolová, která je z výživového hlediska pozitivní. Příznivý je vysoký obsah vitamínů rozpustných v tucích (A, D, E). Máslo nelze zatracovat, ale na místě je střídavá konzumace, protože podíl tuků ve výživě nemá přesahovat 30 % energetické hodnoty a podíl nasycených MK 10 % [8].

### **1.3 Dietetické vlastnosti sýrů a tvarohů**

Sýry patří k nejstarším mléčným výrobkům, jsou zdrojem řady důležitých živin. Především jsou významným zdrojem dobře stravitelných kvalitních bílkovin a peptidů obsahující

esenciální AMK. Jejich obsah v sýrech se, v závislosti na obsahu sušiny a tuku, pohybuje mezi cca 6 - 30 %. Mléčné bílkoviny řadíme mezi bílkoviny plnohodnotné. Bílkoviny sýrů (kasein i bílkoviny syrovátky) se považují vedle vápníku, fosforu a mléčných lipidů za ochrannou látku proti zubnímu kazu [8,9].

### 1.3.1 Minerální látky

Další důležitou živinou, kterou sýry obsahují, je vápník. Sýry obsahují po máku ze všech potravin nejvíce vápníku. Obsah vápníku v sýrech závisí zejména na obsahu sušiny, do určité míry i na použité technologii. Vedle vápníku obsahují sýry další minerální látky, především hořčík a jód. Vyšší konzumace sýrů vyrobené s použitím soli obohacené o jód by mohla přispět k řešení jodového nedostatku našeho obyvatelstva [9].

### 1.3.2 Vitamíny

Sýry jsou také dobrým zdrojem vitamínů, především rozpustných v tucích tj. A, D, E, dále vitamínů rozpustných ve vodě a to zejména skupiny B [8,9].

### 1.3.3 Sacharidy

Laktóza je v sýrech obsažena v minimálním množství 0,5 až 3 %, a proto jsou často tolerovány i nemocnými s laktózovou intolerancí. Kyselina mléčná, vzniklá metabolismem laktózy, brzdí rozvoj nežádoucí mikroflóry v trávicím ústrojí, zejména v tlustém střevě, a zvyšuje využitelnost vápníku [8,9].

### 1.3.4 Mléčný tuk

Velmi diskutovanou živinou sýru je mléčný tuk, který je v sýrech obsažen v různém množství. Mléčný tuk obsahuje více mastných kyselin. V triacylglycerolech obsahuje mléčný tuk vyšší množství nasycených mastných kyselin, které zvyšují hladinu krevních lipidů. Vzhledem k vyššímu obsahu mastných kyselin s krátkým uhlíkovým řetězcem je poměrně dobře stravitelný. Mléčný tuk také příznivě přispívá k sensorické jakosti sýrů (vůni, chuti barvě, ale také i textuře). Stejně jako ostatní potraviny, sýry obsahují cholesterol. Z hlediska rizika může způsobit obezitu, kardiovaskulární a nádorové onemocnění. Žádoucí, je tedy preferovat spíše sýry s nižším obsahem tuku [8,9,10].

## 1.4 Dietetické vlastnosti kysaných mléčných výrobků (fermentovaných)

### 1.4.1 Bílkoviny

Bílkoviny ve FMV jsou zastoupeny především mléčnými bílkovinami (kaseiny a syrovátkovými bílkovinami). Fyziologická a nutriční hodnota bílkovin je dána obsahem AMK esenciálních pro člověka, jejich stravitelností a využitelností v lidském organismu. Obecně je nutriční a fyziologická hodnota bílkovin dána obsahem aminokyselin esenciálních pro člověka, jejich stravitelností a využitelností v lidském organismu. Mléčné bílkoviny se v přítomnosti kyseliny mléčné srážejí ve formě jemných vloček, které jsou lépe přístupné enzymům v trávicím traktu a lépe stravitelné [4].

### 1.4.2 Laktóza a sacharidy

FMV obsahují kromě laktózy i další sacharidy např. sacharidy z ovocné složky (fruktóza, glukóza, kyselina pektinová, vláknina), stabilizátory na bázi polysacharidů (agar, pektin, karagenany), invertní cukr (směs glukózy, fruktózy a dextriny po částečné hydrolyze škrobu). Sacharidy jsou zdrojem energie. Mléčný cukr laktóza stimuluje gastro-intestinální aktivitu. Při výrobě FMV je hlavním substrátem pro vznik kyseliny mléčné a octové při fermentaci, zvyšuje utilizaci fosforu a vápníku. Při výrobě FMV se pouze část laktózy (20-30 %) přemění na kyselinu mléčnou. Částečná fermentace laktózy umožňuje konzumaci FMV lidem trpícím nedostatkem laktózy. Trávení laktózy je podpořeno i mikrobiální laktázou, která se uvolňuje z lyzovaných buněk BMK v trávicím traktu. Galaktóza naopak zvyšuje kapacitu utilizace tuků. Polysacharidy působí jako růstové faktory pro bifidobakterie v tlustém střevě [4].

### 1.4.3 Mléčný tuk

Obsah mléčného tuku se ve FMV pohybuje kolem 0,1-3,5 %, u některých výrobků může být obsah tuku vyšší, např. u zakysané smetany. Z technologického procesu má vliv na mléčný tuk homogenizace, kdy tukové kuličky jsou více přístupné lipázám produkovaným BMK i trávicím enzymům. Důležitý je pozitivní vliv cholinu na rovnováhu koncentrace cholesterolu v organismu a vysoká využitelnost lipidů v těle v přítomnosti laktózy a bílkovin. Cholin např. pomáhá zabraňovat rozvoji aterosklerózy (ucpání cév tuky) a s tím souvisejícímu vzniku srdečně-cévních onemocnění (srdeční infarkt, mozková mrtvice apod.) [11,12].

#### 1.4.4 Minerální látky

FMV jsou důležitým zdrojem minerálních látek Ca, P, Fe a dalších minerálních látek. Během fermentace se obsah minerálních látek významně nemění. Využitelnost některých prvků ovlivňuje přítomnost kyseliny mléčné. Obsah minerálních látek ve výrobku závisí na obsahu tuku prosté sušiny [11].

#### 1.4.5 Vitamíny

Obsah vitamínů je ovlivněn technologickým zpracováním suroviny. FMV představující zdroj vitamínů B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, vitamínu B<sub>12</sub>, kyseliny pantothenové a vitamínu A. Množství obsažených vitamínů ovlivňuje pasterace, fermentace a skladování výrobků. Během tepelného ošetření mléka dochází ke snížení obsahu vitamínů C, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> a kyseliny folové. Fermentací se obsah některých vitamínů snižuje, naopak obsah vitamínu A a B se zvyšuje [11].

#### 1.4.6 Kyselina mléčná

Finálním produktem metabolismu laktózy během fermentace je kyselina mléčná. FMV obsahují asi 0,7 – 1,5% obsahu kyseliny mléčné, v závislosti na použité kultuře vznikají její isomery. Levotočivá kyselina mléčná přechází do tlustého střeva, kde okyseluje prostředí a inhibuje růst nežádoucí mikroflóry. Pravotočivá kyselina je plně využita v syntéze glukózy a glykogenu. V některých tělních orgánech je zdrojem energie pro jejich pochody např. podporuje sekreci žaludečních šťáv, také je prekursorem pro tvorbu glukózy a glykogenu a stimuluje sekreci zažívacích šťáv. Kyselina mléčná příznivě ovlivňuje senzorycké vlastnosti FMV a prodlužuje jejich trvanlivost [4,11].

#### 1.4.7 Probiotika, prebiotika a symbiotika

##### **Probiotika**

Musí odolávat trávicím šťávám a enzymům žaludku a tenkého střeva, nesmí být závadná lidskému zdraví. Potraviny obsahující probiotika mají pro konzumenta pozitivnější zdravotní dopad, protože ve střevě snižují pH a tím potlačují růst negativních bakterií, zvyšují imunitu střev a celého organismu [12].



**Prebiotika**

Je potravina, která není vstřebána trávicím traktem, ale pouze jím prochází a tím přináší pozitivní účinky na trávicí systém. Stimulují střevní mikroflóru a hlavně podporují růst pozitivním MO ve střevech. Pozitivní účinek mají především na BMK a bifidobakterie, pro které prebiotika slouží jako výživový substrát [12].

**Symbiotika**

Tímto označením se rozumí současný přídavek probiotik a prebiotik do jednoho produktu [12].

**1.5 Dietetické vlastnosti termixu**

Termix je produkt vyrobený z tvarohu, másla nebo smetany, ochucující složky a stabilizátorů. Dietetické vlastnosti se tedy odvíjí od použité suroviny viz kapitola sýry, máslo a mléko [13].

## 2 TECHNOLOGIE VÝROBY MLÉČNÝCH PRODUKTŮ

### 2.1 Technologie výroby mléka

Mléko zpracovávané v mlékárenské výrobě musí být tepelně ošetřené, aby byla zajištěna jeho zdravotní nezávadnost a trvanlivost. Ošetření mléka se provádí na pasterační stanici, nebo sterilací pomocí vysokotepebného záhřevu (UHT) [4,12].

#### 2.1.1 Pasterace mléka a smetany – pasterační stanice

Pasterizace je relativně mírné tepelné ošetření, kde se potraviny zahřívají pod 100 °C. Používá se pro minimalizaci nežádoucích mikroorganismů, napomáhá zajištění zdravotní nezávadnosti a prodlužování trvanlivosti mléka [12].

Pasteraci mléka můžeme rozdělit do pěti skupin:

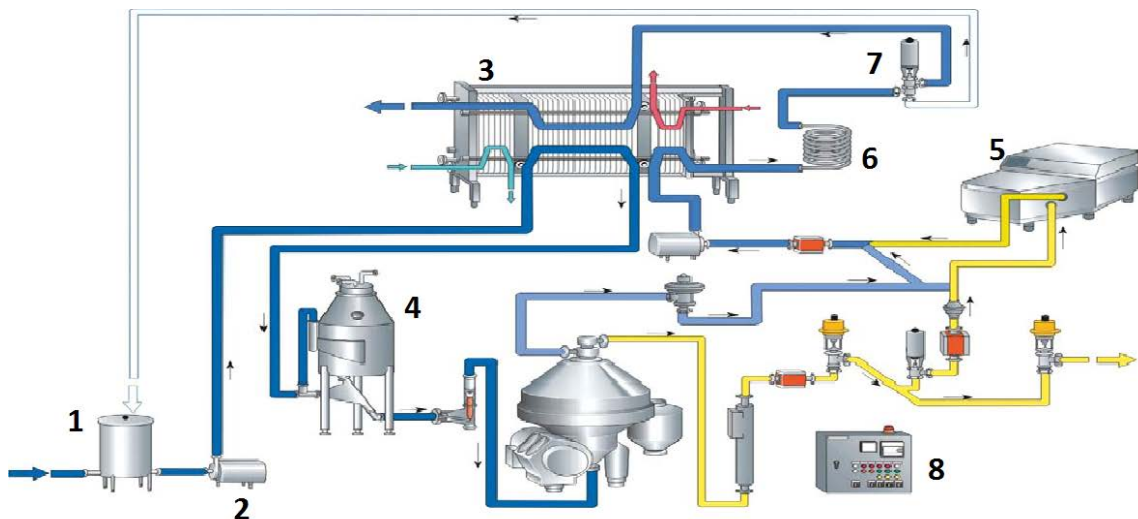
- Dlouhodobá pasterace: 63 °C po dobu 30 min.
- Krátkodobá pasterace: 72 °C po dobu 15 – 20 sekund,
- Vysoká pasterace: 85 °C s výdrží několika sekund,
- Pasterace smetany: 90 °C s výdrží několika sekund,
- Ultra pasterace: 125 – 145 °C po dobu 0,5 – 4 sekundy.

Pasteraci mléka můžeme provádět ve třech typech zařízení:

- Diskontinuální pastéry (minimální využití),
- Deskové pasterační zařízení (nejvyužívanější),
- Trubkové pasterační zařízení [12].

Chladné syrové mléko se čerpá ze zásobníku do první regenerační sekce, kde se předeřeje na teplotu kolem 40 - 50 °C. Ohřívacím médiem je zde již pasterované mléko, které má vyšší teplotu a tak předá část svého tepla studenému mléku. Mezistěnou mléko odchází do samoodkalovací odstředivky, kde dochází k oddělení smetany a odstředěného mléka. Za odstředivkou dochází ke standardizaci mléka, což je úprava mléka na požadovaný obsah tuku. Mléko se pasteruje standardizované nebo je smetana pasterovaná na smetanovém pastéru či smetanové sekci pastéru, případně je také homogenizována a ke standardizaci dojde po pasteraci. Dále se mléko vrací mezistěnou do druhé regenerační stanice, kde se předeřeje na 60 °C. Ohřívacím médiem, je zde pasterované mléko, které vychází z výdržníku. Z druhé regenerační sekce mléko vstupuje mezistěnou do termosekce, kde se mléko ohřeje na pasterační teplotu, ohřívacím médiem je již horká voda. Zahřáté mléko

vstupuje do výdržníku, který je umístěn mimo pasterační stanici. Mléko z výdržníku proudí přes zpětný ventil (umožní navrácení nedostatečně zahřátého mléka zpět do procesu pasterace) do druhé regenerační sekce, kde předává část svého tepla mléku, které je vedeno do termosekce. Z druhé regenerační sekce je pasterované mléko vedeno do první regenerační sekce, kde předehřeje mléko čerpané ze zásobníku. Pasterované mléko, které vystupuje z výdržníku se v druhé a první regenerační sekci ochladí na cca 10 °C [ 12,14,15].



Obr. 1 Schéma deskového pasteru 1 - vyrovnávací zásobník, 2 - dopravní čerpadlo, 3 - deskový tepelný výměník, 4 - odstředivka, 5 - homogenizátor, 6 - výdržník, 7 - zpětný ventil, 8 - ovládací panel [15].

### 2.1.2 Sterilizace vysokotepeelným záhřevem – UHT

Principem sterilace mléka je vysoké tepelné ošetření, které inaktivuje přítomné mikroorganismy včetně jejich spor. Tento sterilizační záhřev se provádí při 135 – 150 °C po dobu několika sekund. UHT ošetření se provádí přímým nebo nepřímým záhřevem [16].

#### Nepřímý UHT záhřev

Nepřímý UHT záhřev využívá desková nebo trubková zařízení podobná pasteračním zařízením. Vzhledem k tomu, že teploty používané pro UHT zpracování jsou vyšší než je teplota varu vody (a mléka), zpracování se musí provádět za zvýšeného tlaku 0,4 MPa, aby se zabránilo varu mléka [12].

### **Přímý UHT záhřev**

Přímý UHT záhřev je možné provádět dvěma způsoby a to vstřikem páry do mléka o přetlaku cca 1 MPa nebo vstřikem mléka do páry o přetlaku 0,5 MPa. U obou způsobů záhřevu nejdříve dochází k přehřátí mléka v deskovém výměníku na 80 - 100 °C. Přehřáté mléko následně vstupuje do parního injektoru (vstřik páry do mléka) nebo infuzoru (vstřik mléka do páry), kde dochází k mžikovému zvýšení teploty nad 140 °C. Současně pára zkondenzuje a dochází ke zvodnění mléka. Mléko se po krátké výdrži vstřikuje do expanzní komory se sníženým tlakem, kde dochází k ochlazení mléka a odparu vody. Podtlak i teplota v expanzní komoře musí být sledována a regulována tak, aby nedocházelo k velkému odpaření vody. V expanzní komoře díky podtlaku také dochází k odstranění nežádoucích pachů a plynů. Následuje homogenizační zařízení, které musí být aseptické, aby nedošlo k rekontaminaci tepelně ošetřeného mléka. Pokračuje chlazení mléka v deskovém výměníku, mléko se pak čerpá do aseptického tanku nebo se přímo balí na aseptickém balícím zařízení. Tato linka je také vybavena zpětným ventilem, který vrací nedostatečně tepelně ošetřené mléko zpět na začátek linky a zabraňuje mléku vstoupit do balícího zařízení [17,18,19].

## **2.2 Technologie výroby másla**

Máslo je emulze mléčné plazmy v mléčném tuku. Máslo musí obsahovat minimálně 82 % tuku a maximálně 16 % vody [12].

Máslo lze vyrábět třemi různými technologickými postupy:

- Zpěňovacím způsobem (nejvyužívanější způsob),
- Koncentračním
- Emulgačním způsobem [16].

### **2.2.1 Výroba másla zpěňovacím způsobem**

Máslo se vyrábí ze sladké smetany nebo zakysané smetany. Dnes se u nás výhradně využívá kontinuální způsob výroby másla ze sladké smetany. Výroba zahrnuje tyto operace: zrání smetany a výrobu másla (stloukání smetany, oddělení podmáslí a praní máselného zrna, hnětení a standardizace obsahu vody, popř. úprava chuti) [16,20].

### Zrání smetany

Při výrobě másla ze sladké smetany, která obsahuje 37 – 42 % tuku, probíhá pouze fyzikální zrání smetany. Smetana, po tepelném ošetření musí být zchlazena pod 8 °C a následně se čerpá do zracích tanků. Během fyzikálního zrání se zvyšuje viskozita smetany, rovněž také dochází ke křehnutí obalu tukových kuliček, tím pak snadněji vzniká pěna. Po fyzikálním zrání se smetana temperuje na stloukací teplotu 9 – 14 °. Biologické zrání smetany je možné provádět v případě, že vyrábíme máslo za zakysané smetany. Smetana se zaočkuje smetanovým zákyskem. Prokysávání probíhá několik hodin při teplotách 18-22 °C. [12,20].

### Vlastní výroba másla

Zmáselnění probíhá ve zmáselňovacím zařízení, které má tři části. Fyzikálně vyzrálá smetana se přivede do ochlazeného stloukacího válce s rotorem opatřeným lištami, které smetanu intenzivně našlehávají a roztírají. Nastává rychlá aglomerace tukových kuliček a tvorba máselného zrna. Proměnlivé otáčky válce jsou 500 – 3000 otáček/minutu. Ze stloukacího válce je máselné zrno odvedeno do odlučovací sekce, kde je umístěn odlučovací válec, což je rotační válcové síto, ve kterém se podmáslí rychle oddělí a máslo aglomeruje do větších celků. Poslední částí odlučovacího zařízení umožňuje zkrápění máselného zrna studenou vodou (praní). Zrno dále postupuje do hnětací sekce, která je vybavena systémem dvou párů šneků zařazených za sebe doplněných perforovanými překážkami. Dochází ke spojení máselného zrna do kompaktní hmoty. V první části se z mezer mezi máselnými zrny vytlačí zbytky podmáslí, pak se do másla dává voda (voda se rovnoměrně rozptýlí) pro standardizaci másla, může se dávkovat i nasycený roztok NaCl, smetanový zákys apod. Střední část je udržována pod vakuem. Vakuovým hnětením se sníží obsah přítomného vzduchu z cca 7 % na cca 1 %. Prohnětené máslo pokračuje do sila nebo se rovnou vede na formovací a balící linku. [16,20,21].

## 2.3 Technologie výroby sýrů

Dále se uplatňuje kyselé srážení mléka, jsou to hlavně tvarohy a sýry vyrobené z tvarohu. Při srážení mléka se také uplatňuje kombinace sladkého a kyselého srážení. Do této skupiny patří především měkké sýry a tvarohy [22,23].

### 2.3.1 Výroba sladkých sýrů

Do této skupiny řadíme tvrdé a polotvrdé sýry. Jako syřidla se používají proteolytické enzymy (chymozin) a pepsinová syřidla. Výroba sýrů vyžaduje dodržování následných procesů – pasterace a příprava mléka na srážení, srážení bílkovin mléka, zpracování sýřeniny, formování, solení, ošetření a zrání sýru [22].

#### Příprava mléka před zpracováním na sýry

Mléko je pro výrobu sýrů pasterováno šetrnou pasterací. Každý druh sýru má předepsaný obsah sušiny, tuku, respektive tuku v sušině, proto se množství obsahu tuku upravuje přidáním smetany nebo odstředěného mléka. Mléko pro výrobu sýrů se nehomogenizuje, protože homogenizací se roztříští nejen tukové kuličky ale i kaseinové micely. Do mléka se přidává roztok vápenatých solí ( $\text{CaCl}_2$ ) pro obnovení sýřitelnosti. Tento krok je nutný z důvodu, že během tepelného ošetření se změní forma vápenatých solí z rozpustné formy na nerozpustnou. Přídavkem roztoku vápenatých solí se zvyšuje množství rozpustné formy. Dusičnan draselný se přidává do mléka, aby chránil zrající sýry před duřením. Před vlastním sýřením se do mléka přidává zákys s ČMK, které zajišťují správný průběh při výrobě sýrů včetně jeho zrání [23,24].

#### Sýření mléka

Mléko se sýří v sýrařských kotlích nebo vanách. Za stálého míchání se přidá syřidlo, mléko se důkladně promíchá a nechá v klidu stát. Konec sýření poznáme tak, že sýřenina tvoří trojrozměrnou hmotu (gel). Sýření trvá od 30 – 120 minut [12].

#### Zpracování sýřeniny

Účelem zpracování sýřeniny je rozkrájení sýřeniny, vytvoření sýrařského zrna a umožnění odtoku syrovátky. Krájení probíhá pomocí vodorovných a svislých nožů a strun (tzv. sýrařské harfy). Sýřenina se zpracovává na různou velikost zrna (vlašský, lískový ořech, hrách, obilka). U některých druhů sýru se sýřenina dohřívá z důvodu vyloučení dalšího podílu vody ze sýřeniny. U nízkodohříváných sýrů se volí teplota 36 – 38 °C (Eidam) u sýrů s vysokodohřívánou sýřeninou až na teploty 53 – 56 °C (Ementál, Parmezán). Dosoušení je míchání sýřeniny v syrovátce pro dosažení konečné teploty, za účelem dosažení požadované sušiny zrna a také ovlivnění probíhajícího prokysávání, které rovněž upravuje konzistenci a jakost vyráběných sýrů [16,22,24].

### **Formování sýrů**

Sýřenina se vypouští se syrovátkou do speciálních tvořítek, které sýru dávají potřebný tvar. U měkkých sýrů se využívá samovolné odkapávání syrovátky – konečný tvar získají sýry tlakem své hmotnosti. Sýry se opakovaně obracejí pro zabezpečení rovnoměrného odvodu syrovátky. Pro rychlejší zbavení syrovátky se provádí lisování sýrů. Počáteční tlak se volí nižší pro zamezení tvorby silné kůry bránící dalšímu odtoku syrovátky. Používá se zejména pro polotvrdé a tvrdé sýry [23,24].

### **Solení sýrů**

Má sýrům dodat slanou chuť, zlepšit konzistenci, umožnit další odchod syrovátky, zpevnit povrch sýru, zastavit nebo zbrzdit mléčné kvašení, ovlivnit další průběh zrání, potlačuje se také činnost nežádoucí mikroflóry. Sýry se mohou solit následujícími způsoby:

- 1) Solení do těsta – sůl se dávkuje do sýrového zrna ještě před formováním,
- 2) Solení na sucho – sůl se vtírá do pokožky vytvarovaného sýru, solení se může opakovat po vstřebání předchozí dávky,
- 3) Solení v solné lázni – koncentrace solné lázně je 18- 22 %, její pH je 4,8 – 5,4. teplota solné lázně je obvykle kolem 10 – 14 °C, uvedené parametry se volí podle druhu sýru. Doba solení je rovněž typická pro vyráběný druh sýru od desítek minut, několika hodin až 5 dní. Po vysolení se sýry nechají 1 – 2 dny oschnout a balí se do expedičních obalů nebo do obalů, ve kterých zrají, případně se bez obalu dopravují do zrácích komor [24,25].

### **Zrání sýrů**

Probíhá v tzv. zrácích sklepích nebo zrácích komorách, sklepích, kde jsou podle druhu sýru vytvořeny optimální podmínky teploty a relativní vlhkosti. Sýry se ukládají na policích nebo zrají přímo v přepravních paletách. Během zrání se sýry omývají, obracejí, kartáčují, propichují apod. Doba zrání sýrů se pohybuje od 24 hodin (čerstvé sýry), několik dní (Hermelín), několik týdnů (Niva), několik měsíců (Eidamská cihla), několik let (Parmezán) Zrání sýrů ovlivňuje vzhled, aroma a konzistenci [16,24].

#### **2.3.2 Výroba kyselých sýrů**

Kyselé sýry (tvarohy) jsou nezrající sýry získané kyselým srážením, které převažuje nad srážením syřidlovým. Tvaroh je sraženina z plnotučného, částečně odstředěného nebo odstředěného mléka, zbavená velké části syrovátky. [22].

### **Výroba tvarohu tradičním způsobem**

Mléko se pasteruje při 85 °C po dobu 15 – 20 sekund. K pasterizovanému a standardizovanému mléku se přidá smetanový zákys a malé množství syřidla. Mléko se nechá prokysat, poté se sraženina pokrájí a nechá dále kysat. Sraženina se vypouští do tvarožníků a jejich překládáním se dosáhne požadované sušiny 25 %. Syrovátka se odstraňuje samovolným odfiltrováním přes tkaninu [23,24].

### **Výroba tvarohu odstředivkovým způsobem**

Mléko se pasteruje na teplotu 74 – 75 °C po dobu 20 – 40 sekund. Mléko se ochladí na požadovanou teplotu a po přidavku  $\text{CaCl}_2$  se zaočkuje smetanovým zákysem. Po předkysání se přidá syřidlo, mléko se nechá inkubovat. Po prokysání se vzniklá sraženina promíchá a odstřeďuje na speciálních tvarohářských odstředivkách. Takto vyrobený tvaroh získává sušinu kolem 20 %, pro dosažení vyšší sušiny musí být tvaroh ještě dolisován. Vyšší sušiny lze dosáhnout, pokud před odstředěním sraženinu předehejeme na teplotu 40 – 42 °C s výdrží 30 minut a následně se odstřeďuje [22,25].

### **Výroba tvrdého tvarohu**

Pasterované mléko se ochladí na teplotu fermentace 22 – 30 °C a zakysá se smetanovým zákysem. Prokysání probíhá v koagulačních tancích, kde se sraženina pokrájí, míchá a dohřívá se na teplotu 38 – 42 °C. Následuje přepouštění do tvarožníků nebo lisovacích van vyložených perforovanými tvořítky a lisuje se. Sušina těchto tvarohů je 32 %, a proto tento druh tvarohů je určen ke strouhání [12,22,24].

### **Výroba termotvarohu**

Mléko se pasteruje při teplotách 82 – 92 °C po dobu 5 – 6 minut. Vyšší pasterační teplotou se dosáhne 50 % denaturace sérových bílkovin, které zůstávají ve sraženině. Pasterované mléko se zaočkuje smetanovým zákysem, probíhá předzrání, následně se přidá syřidlo a proběhne vysrážení. Před odstřeďováním se sraženina terminuje při 60 – 64 °C po dobu 4 – 6 minut. Sušina termotvarohu je nižší kolem 17 % [22,24].

### **Výrobky z tvarohu**

K tvarohu se přidává smetana, cukr, želatina, ochucující složky, škroby a další suroviny. Hmotu můžeme ošetřit terminací a tím prodloužíme výrobku trvanlivost (záhřev na teplotu kolem 70 °C). Mezi tyto výrobky řadíme smetanové krémy a tvarohové dezerty např. Pribináček a termixy [22].



### 2.3.3 Výroba tavených sýrů

Hlavní surovinou jsou přírodní sýry, tavicí soli, smetana, máslo, rostlinné tuky, sušené mléko a podmásli, nátavek (utavený sýr z předešlého tavení) a ochucující složky (zelenina, uzeniny, koření) [16].

Přírodní sýry se pečlivě třídí, mechanicky očišťují a případná poškozená místa sýra se odstraňují. Připravené bloky sýrů se krájí na menší kusy a melou na mlecích soupravách (válnocové mlýny, kutry). Podle receptury se do tavicího zařízení (tavičky) naváží určené množství pomletého sýru, přidají se ostatní suroviny. Tavicí kotel se uzavře víkem opatřeným míchadlem a směs se zahřívá za pomalého míchání a podtlaku 0,04 – 0,05 MPa. Teplota tavení se volí podle druhu sýru v rozmezí 80 – 90 °C, celková doba tavení a míchání od počátku ohřívání až do doby vylévání je cca 10 – 15 minut. Horká tavenina se nalévá do formovacích a balících strojů. Teplota taveniny před balením by neměla klesnout pod 75 °C, aby nebyla poškozena konzistence sýrů [22,26].

## 2.4 Technologie výroby kysaných mléčných výrobků (fermentovaných)

Dle vyhlášky 397/2016 Sb. se rozumí kysaným nebo zakysaným mléčným výrobkem mléčný výrobek získaný kysáním mléka, smetany, podmásli, syrovátky nebo jejich směsí za použití mikroorganismů. Do této kategorie výrobků zařazujeme: jogurty, jogurtové mléko, kefirové mléko, kysané mléko nebo smetanový zákys, kysaná nebo zakysaná smetana, kysané podmásli a kysaný mléčný výrobek s bifido kulturou. Základní surovinou pro výrobu je mléko plnotučné, částečně nebo zcela odtučněné, zahuštěné nebo rekonstituované ze sušeného mléka. Do výrobku se mohou přidávat ochucující složky [22,27].

### Požadavky na mléko

Mléko musí být od zdravých, dobře krmených dojnic, musí mít dobrou kysací schopnost, nesmí obsahovat rezidua inhibičních látek, nízký výskyt počtu kontaminujících MO, mléko musí mít dobrou mikrobiologickou jakost [22].

### Úprava mléka

Mléko se nejprve odstředuje a poté standardizuje na obsah tuku, tukuprosté sušiny a obsahu tuku ve výrobku. K nejvyžívanějším způsobům standardizace tuku se využívá:

- Odpařování na odparkách,

- Přídavek sušeného mléka o různé tučnosti, případně jiné sušené produkty na bázi mléka (podmáslí, syrovátka),
- Přídavek koncentrátů (kaseinátů),
- Přídavek hydrokoloidů (želatina, pektin, Modifikované škroby) [22].

Po úpravě mléka se mléko dearuje a homogenizuje. Následuje pasteurace mléka při 90 – 95 °C po dobu 5 minut, dochází k denaturaci sérových bílkovin, devitalizaci mikroflóry a inaktivaci enzymů, snižuje se vylučování syrovátky, zvyšuje se viskozita gelu. Mléko se ochladí na teplotu fermentace 35 – 45 °C podle použitého typu výrobního procesu. Zkysání se provádí podle typu použité zakysové kultury přečerpáním provozního zákysu do fermentačního tanku z provozního zákysníku nebo se naočkovává přímo do fermentačního tanku. Přidané MO z provozního zákysu je nutné důkladně promíchat. Fermentace mléčné směsi probíhá třemi způsoby:

- 1) Klasická výroba /Set Type – fermentovaný výrobek s nerozmíchaným koagulátem. Mléko se zočkuje zákysovou kulturou, přidají se přísady (ochucující složka, aroma) a takto upravená směs se plní do spotřebitelských obalů, které se skupinově přemisťují do zracích skříní, tunelů nebo zracích místností, kde je udržovaná požadovaná teplota. Fermentace probíhá přímo v obalech. Chlazení se provádí přemístěním výrobků do chladících komor.
- 2) Tanková metoda/Stirred Type – výrobek s rozmíchaným koagulátem. Koagulát vzniká ve fermentačním tanku a struktura vzniklého gelu je rozrušena před nebo během procesu chlazení a balení. Chlazení koagulátu lze provádět ve víceúčelovém tanku cirkulací vody v meziplášti zabudovaném ve zracím tanku nebo ve výměnících tepla, kam se koagulát přečerpává. Čerpání a chlazení koagulátu má nepříznivý vliv na reologické vlastnosti výrobku, použití trubkových chladičů je šetrnější. Mechanickými operacemi se naruší konzistence vytvořeného koagulátu, který zřídne, konzistence se během 24 hodin zlepší, nedosáhne však původní kvality. Tento problém se řeší přídavky stabilizátorů. Pokud se přídavek ochucující složky a aromat přidává až po vychlazení koagulátu, jsou tyto přídavky přidávány do proudu koagulátu při čerpání ze zásobního tanku do plnicího zařízení.
- 3) Jogurtový nápoj/Drink Type – výrobek s nízkou konzistencí určený k pití. Fermentace opět probíhá ve fermentačním tanku. Následující operace zahrnují podle typu výrobku tepelné ošetření (pastrací, UHT záhřevem), homogenizaci výrobku. Dochází k rozrušení struktury vzniklého koagulátu. Výrobky po fermentaci ošetřené

tepelným záhřevem a asepticky zabalené mohou být skladovány při pokojové teplotě na rozdíl od ostatních typů výrobků [22,25,28,29].

### 3 TOKOVÉ VLASTNOSTI KAPALIN

#### 3.1 Reologie

Je vědní obor, který se zabývá studiem vnitřní reakce látek (pevných i tekutých) na působení vnějších sil – jejich neformovatelností a tokovými vlastnostmi. Reologické chování tekutých materiálů hraje důležitou roli v některých technologických operacích [30].

#### 3.2 Základní vlastnosti tekutin

Kapaliny a plyny, které jsou nazývány tekutinami, se liší od látek pevného skupenství pohyblivostí částic, z nichž jsou vytvořeny. Zpravidla to bývají molekuly, které nejsou vázány na neproměnné rovnovážné polohy. Tekutiny z tohoto důvodu kladou velmi malý odpor při změně tvaru, ale brání se změnám objemu [31].

Tekutiny dělíme na kapaliny a plyny, podle jejich stlačitelnosti a rozpínivosti. Malou stlačitelností, vyznačujeme kapaliny, které nejsou rozpínatelné podle svého objemu a nevyplňují celý prostor nádoby. Tvoří volný povrch, jehož normála má v klidu směr tíhového zrychlení. Kapaliny nemění svůj objem a tvarově jsou nestálé [31].

Odpor tekutiny proti změně tvaru nazýváme viskozitou. Tento jev nastává, jen když není tekutina v rovnovážném stavu. Pokud proběhne tvarová deformace kapaliny pozvolna, můžeme předpokládat, že se tekutina nachází v rovnovážném stavu. [32]

#### 3.3 Základní reologické veličiny a pojmy

##### 3.3.1 Proudění reálné kapaliny

Laminární – částice se pohybují ve vrstvách, které jsou vzájemně rovnoběžné, přičemž nedochází k přemísťování částic kolmo ke směru pohybu [33].

Turbulentní – částice mají kromě postupné rychlosti také turbulentní rychlost, pomocí které se přemísťují po průřezu [33].

##### 3.3.2 Normálové a tečné napětí, viskozita

Předpokládejme, že na elementární plochu uvnitř kapaliny  $dS$  působí síla  $dF$ , kterou můžeme rozložit na normálovou složku  $dF_n$  (působí kolmo na uzavřenou plochu) a tečnou složku  $dF_t$  (vyvolává v kapalině posun částic) [33].

### Normálové napětí

je dáno jako podíl normálové elementární síly a velikosti dané plochy:

$$p = \frac{dF_n}{ds} \quad (1)$$

Normálové napětí je tlak, jednotkou je pascal (Pa). Tahové napětí nelze v kapalině vyvolat, proto tlak měříme jako kladný. Tzv. absolutní tlak měříme od nuly, proto je výhodné měřit tlak od atmosférického tlaku. Tlakové diference nad nebo pod tímto tlakem nazýváme pře-tlak respektive podtlak [33].

### Tečné napětí (třecí, smykové)

Je dáno jako podíl tečné elementární síly a velikosti dané plochy:

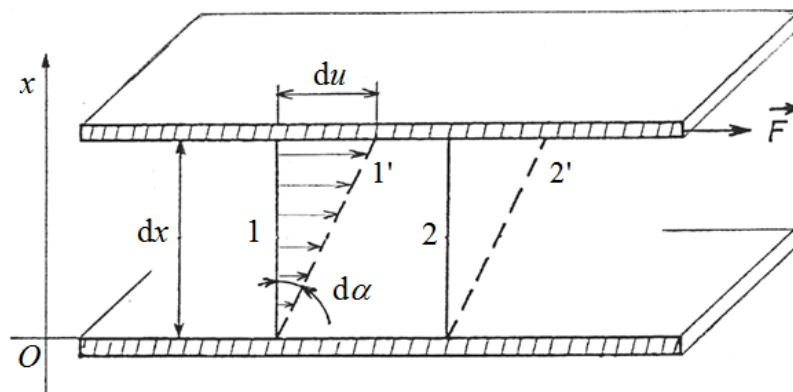
$$\tau = \frac{dF_T}{dS} \quad (2)$$

Tečné napětí vyvolá v kapalině posun částic. Pro elementární hranol o výšce  $dy$ , jehož spodní stěna se pohybuje rychlostí  $v$  a horní stěna rychlostí  $v + dv$ , pak Isaac Newton odvodil vztah:

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy} = \eta \times D \quad (3)$$

kde  $\eta$  je dynamická viskozita kapaliny a  $\frac{dv}{dy}$  je rychlostní spád  $D$  (tzv. smyková rychlost), který charakterizuje tvarové změny v proudící tekutině (obr. 2). Tečné napětí je tedy úměrné rychlostnímu spádu a konstantou úměrnosti je dynamická viskozita, jejíž rozměr je:

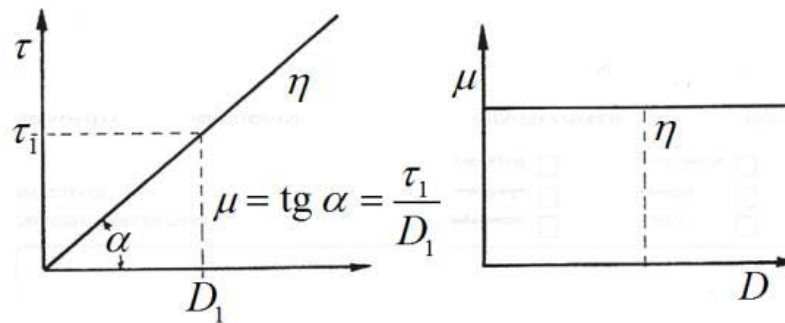
$$\eta = \left( \frac{\tau}{\frac{dv}{dy}} \right) = Pa \times s = kg \times [m^{-1} \times s^{-1}] \quad (4)$$



Obr. 2 Rychlostní profil toku v kapalině mezi nepohyblivou a pohybující se deskou [30].

### Viskozita (dynamická, kinematičká)

Dynamická viskozita kapalin je obecně závislá na teplotě (s rostoucí teplotou klesá) a na tlaku (závislost je zanedbatelná). U newtonovských kapalin se dynamická viskozita nemění v závislosti na tečném napětí. V případě ne-newtonovských kapalin je dynamická viskozita závislá na tečném napětí a rychlostním spádu [33].



Obr. 3 Toková a viskozitní křivka newtonovských kapalin [33].

Kromě dynamické viskozity zavádíme, také veličinu kinematičká viskozita, která je definována vztahem:

$$v = \frac{\eta}{\rho} \quad (5)$$

kde  $\rho$  je hustota kapaliny. Jednotka kinematičké viskozity:

$$v = \left(\frac{\eta}{\rho}\right) = \text{kg} \times \text{m}^{-1} \times \text{s}^{-1} \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^3 = [\text{m}^2 \times \text{s}^{-1}] \quad (6)$$

Viskozitu kapalin můžeme definovat za předpokladu laminárního proudění kapalin. Projevuje se jako odpor proti pohybu částic kapaliny. Viskozita je závislá na druhu kapaliny [34].

## 3.4 Dělení kapalin

### 3.4.1 Newtonské kapaliny

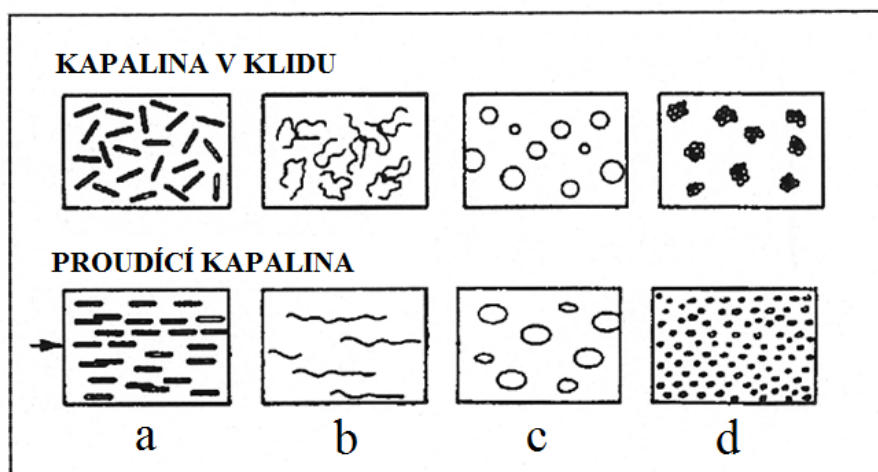
Viskozita závisí jen na teplotě, je splněna přímá úměrnost mezi smykovým napětím a gradientem rychlosti – Newtonův zákon viskozity (např. voda, mléko, roztok cukru, minerální oleje) [33,35].

### 3.4.2 Ne-newtonovské kapaliny

Jsou to složitější kapaliny, které se neřídí Newtonovým zákonem. Platí pro ně analogicky s Newtonovým zákonem rovnice:

$$\tau = \eta \times D \quad (7)$$

kde  $\eta$  je tzv. zdánlivá viskozita, která není látkovou konstantou, ale závisí na rychlosti deformace nebo tečném napětí. Některé příčiny jsou schematicky znázorněny na obr. 2.



Obr. 4 Vliv toku na uspořádání částic v neneutronské kapalině: orientace, b) napřímení, c) deformace, d) rozmělnění [34].

K charakterizaci toku neneutronských kapalin je proto nutno znát průběh závislosti  $\tau = \eta \times (D)$  v širším intervalu  $D$

#### Základní typy Ne-newtonských kapalin:

Ne-newtonovské kapaliny časově závislé – viskozita závisí na čase. Rozlišujeme tyto kapaliny:

- Tixotropní (s časem řídnu, viskozita s časem klesá) – používají se v chemii, potravinářství (jogurt), pokud jsou tyto látky vystaveny smykovému namáhání, je jejich zdánlivá viskozita zpočátku vysoká, ale s rostoucím časem klesá, můžeme je označit jako látky řidnouce.
- Reopetické (s časem houstnou, viskozita s časem roste) – nevyskytují se tak často, příkladem je sádra.

Ne-newtonovské kapaliny časově nezávislé, ale závislé na teplotě. Rozlišujeme tyto kapaliny:

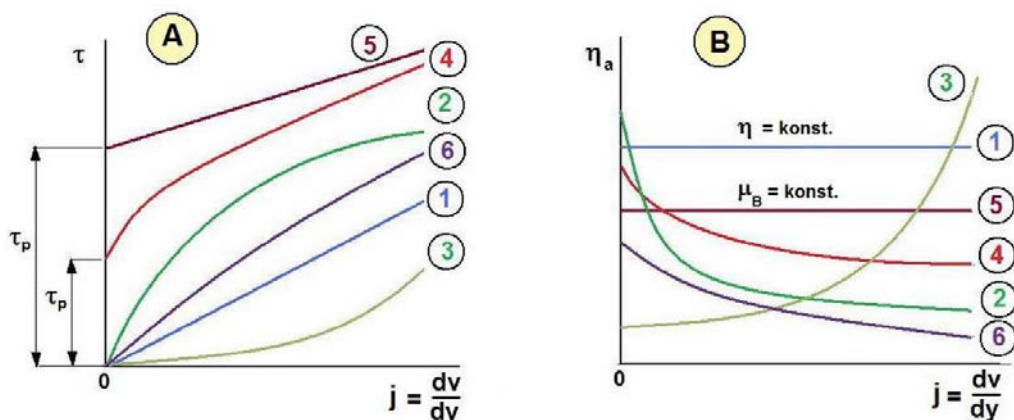
- Pseudoplastické (řidnoucí) – viskozita klesá se zvyšujícím se smykovým napětím (šampón, koncentráty džusu, kečup). Podle průběhu tokové křivky se mohou rozlišovat dvě podskupiny a to na pravé pseudoplastické kapaliny a strukturální viskózní kapaliny, u kterých lze stanovit dvě limitní hodnoty zdánlivé viskozity.
- Dilatantní (houstnoucí) – viskozita roste se zvyšujícím se tečným napětím (mokrý písek, koncentrované suspenze škrobu). Toto chování je poměrně řídké a bylo pozorováno v některých vysoce koncentrovaných suspenzích (PVC). Tyto látky zpravidla komplikují technologické procesy, je žádoucí dilataci pokud možno snížit změnou složení. K vyjádření průběhu tokových křivek se využívají empirické rovnice nebo poloempirické povahy:

$$D = K \times \tau^n \quad (8)$$

kde  $K$ ,  $n$  jsou empirické látkové parametry charakterizující vlastnosti toku ne-newtonovské kapaliny a závisí pouze na teplotě. Parametr  $K$  se nazývá součinitel konzistence a parametr  $n$  je index toku ( $n > 1$  pro pseudoplasticitu,  $n < 1$  pro dilataci).

- Plastické (Binghamské) – mají mez poddajnosti (tvaroh, zubní pasta) [34,36].

Ukázky reogramů a závislostí zdánlivých viskozit na gradientu smykové rychlosti některých ne-newtonovských tekutin jsou zobrazeny na Obr. 3.



Obr. 5 Ukázky A) reologických křivek a B) závislostí zdánlivých viskozit tekutin na smykové rychlosti. Tekutina: 1 - newtonská, 2 - pseudoplastická, 3) dilatantní, 4) skutečná plastická, 5) Binghamova – ideálně plastická, 6) Eyringův model [36].



Pro ne-newtonovské kapaliny (které se v průmyslu vyskytují velmi často) nemá pojem viskozity jako látkové konstanty fyzikální význam a je nutno jej nahradit tokovou křivkou v potřebném rozsahu tečných napětí. Vzhledem k možnosti různých anomálií nelze přitom spoléhat na hodnoty získané extrapolací. Údaj zdánlivé viskozity změřený na jednoduchém viskozimetru bez udání tečného napětí nebo rychlostního gradientu může sloužit pouze pro orientační srovnání konzistence ne-newtonských kapalin stejného druhu měřené na stejných přístrojích za stejných podmínek [35,36].

### Závislost na teplotě

U některých materiálů dochází vlivem zvyšování teploty ke snižování viskozity. Vysoce viskózní materiály jsou obvykle méně závislé na viskozitě než materiály s nižší viskozitou. Teplotní závislost kapalin je možné popsat pomocí Arrheniovy rovnice:

$$\eta = A \times e^{\frac{E_a}{R \times T}} \quad (9)$$

Kde, A je preexponenciální faktor,  $E_a$  aktivační energie [ $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$ ], R univerzální plynová konstanta  $8.314 \text{ [J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}]$  a T teplota měření [K] [3].

Zlogaritmováním arrheniova vztahu dojde k linearizaci této rovnice. Aktivační energii daného procesu vypočítáme po odečtení směrnice, ke kterému dochází při zahřívání nebo ochlazení. Arrheniova rovnice neplatí v oblasti teploty tání, nebo tečení materiálu.

$$\ln \eta = \ln A + \frac{E_a}{R} \times \frac{1}{T} \quad (10)$$

Dále je to rovnice Williams-Landel-Ferry:

$$\log \frac{\eta}{\eta_0} = - \frac{C_1 \times (T - T_0)}{C_2 \times (T - T_0)} \quad (11)$$

Kde  $C_1$  a  $C_2$  jsou nastavitelné parametry, kdy jejich průměrné hodnoty „univerzální“ jsou  $C_1=17,4$  a  $C_2=52$ ,  $\eta_0$  je viskozita při dané teplotě  $T_0$ . Obvykle je touto teplotou teplota skelného přechodu materiálu  $T_g$ . T je teplota v rozmezí  $T_0 < T < T_0 + 100 \text{ K}$ .

## 3.5 Měření viskozity

K měření viskozity se využívají průtokové, pádové a rotační viskozimetry [33].

### 3.5.1 Průtokové viskozimetry

Měření těmito přístroji je založeno na Poiseuilově rovnici pro laminární výtok kapaliny z kolmé trubice kruhového průřezu vlastní hmotností:

$$\eta = \frac{\pi \times r \times h \times \rho \times g}{8 \times V \times t} \quad (12)$$

kde  $r$  je poloměr trubice,  $l$  je délka trubice,  $h$  je výška sloupce kapaliny,  $\rho$  je hustota kapaliny,  $g$  je tíhové zrychlení,  $t$  je doba toku,  $V$  je objem vyteklé kapaliny. Aby bylo proudění laminární je potřeba užívat při nízkých viskozitách využívat kapilární trubice. Absolutní měření se v praxi nevyužívá, ale relativní měření na základě srovnání s referenční kapalinou mající známou viskozitu  $v_0$  podle vztahu:

$$v = \frac{t}{t_0} \times v_0 \quad (13)$$

kde  $t$ ,  $t_0$  jsou doby výtoku zkoumané a referenční kapaliny. Nejznámějšími typy viskozimetrů jsou viskozimetry Englerův, Ostwaldův, Kohlův a Ubbelohdeův [33].

### 3.5.2 Pádové viskozimetry

Tyto viskozimetry se skládají z průhledné trubice, ve které je nalita měřená kapalina. Měření těmito přístroji je založeno na měření rychlosti pádu kuličky v kapalině, jejíž viskozitu určujeme. Je zde využit Stokesův zákon:

$$\eta = \frac{2}{9} \times \frac{(\rho_{kul} - \rho_{kap})}{v} \times g \times r^2 \quad (14)$$

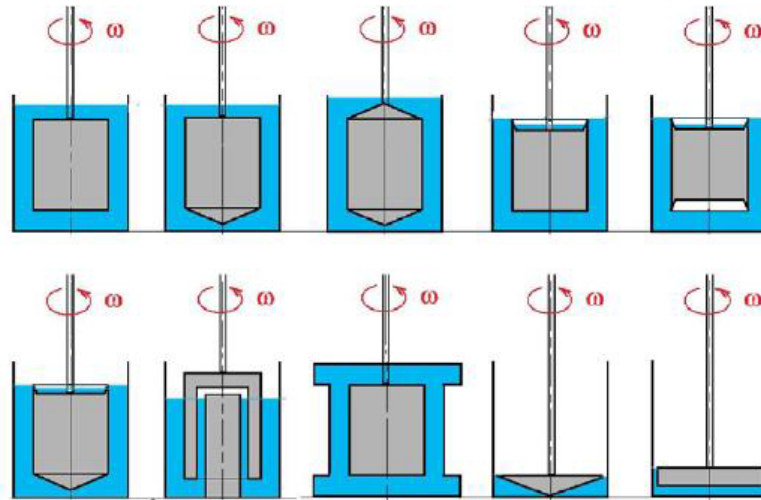
Kde  $\rho_{kul}$  je hustota kuličky a  $\rho_{kap}$  je kapaliny při teplotě měření,  $v$  je rychlost pádu kuličky,  $g$  je gravitační zrychlení ( $9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a  $r$  je poloměr kuličky [33].

### 3.5.3 Rotační viskozimetry

Všechna rotační zařízení se skládají z rotačního tělesa (rotoru) a nepohyblivého tělesa (statoru). Vzorek kapaliny se vždy umístí mezi rotor a stator, což způsobuje, že má vzorek pocit smyku během provozu přístroje. K dispozici je řada komerčních přístrojů nejrůznějšího provedení, rozsahů a přesností, z nichž je nutno vybírat vždy podle určitých požadavků, vyplývajících ze struktury a typu měřené kapaliny [35,36].

Vzorek je podrobován smyku mezi dvěma definovanými plochami, kdy jedna z nich vykonává otáčivý pohyb a vyhodnocuje brzdny účinek vzorku při různých rychlostech otáčení. Nejběžnější typ rotačního viskozimetru jsou dva sousední válce, mezi kterými je kapalina. Vnější válec se při měření uvede do rotačního pohybu stálou úhlovou rychlostí  $\omega$  a registruje se moment síly  $M$  působící na vnitřní válec. V tomto případě se měří stočení torzního vlákna, na kterém je zavěšen vnitřní válec metodou světelného paprsku, který se odrazí od zrcátka. Otáčivý moment se zpravidla měří elektricky, což umožňuje snadné zapisování.

Na obrázku 7 jsou znázorněny různé možnosti měřeného prostoru rotačních viskozimetrů [34,35].



Obr. 6 Různé úpravy měřeného prostoru rotačních viskozimetrů [36].

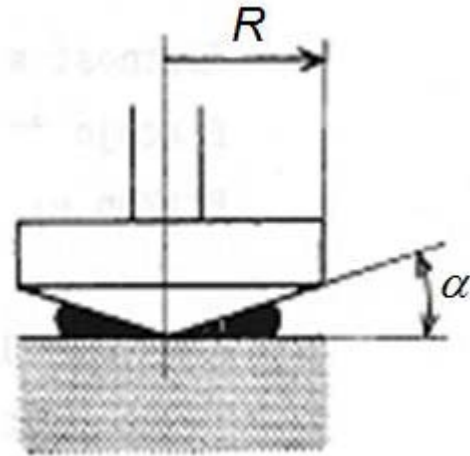
Viskozitu lze vypočítat pomocí vztahu:

$$\eta = \frac{M \times \left( \frac{1}{r_1^2 - r_2^2} \right)}{4 \times \pi \times h \times \omega} = A \times \frac{M}{\omega} \quad (15)$$

kde  $A$  je přístrojová konstanta,  $r_1$  a  $r_2$  jsou poloměry válců,  $h$  je výška smýkané kapaliny,  $\omega$  je úhlová rychlost a  $M$  je moment síly.

### 3.6 Viskoelastické měření

Viskoelastické vlastnosti se měří ve třech základních módech: v tahu, tlaku nebo smyku. Pro takovéto měření se využívá rotační viskozimetr s geometrií deska-deska, nebo kužel-deska, kdy spodní deska je zpravidla pevná a horní osciluje určitou amplitudou deformace a úhlovou frekvencí [35].



Obr. 7 Geometrie kužel-deska [33].

Pro tato měření se používají malé deformace. Základními vztahy pro výpočet jsou, časově proměnné deformace,  $\gamma(t)$ .

$$\gamma(t) = \gamma_0 \times \sin(\omega \times t) \quad (16)$$

Kde  $\gamma_0$  je amplituda deformace a  $\omega$  je úhlová frekvence ( $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Odezvou systému na vyvozenou deformaci je potom časově proměnné napětí,  $\sigma(t)$ .

$$\sigma(t) = \sigma_0 \times \sin(\omega \times t + \delta) \quad (17)$$

Kde  $\sigma_0$  je amplituda napětí,  $\omega$  je úhlová frekvence ( $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a  $\delta$  je fázový úhel. Pro ideálně elastický materiál je hodnota zpoždění rovna 0, tzn. že odezva na vyvozenou deformaci je okamžitá ( $0^\circ$ ). Naproti tomu zpoždění pro ideálně viskózní materiál je  $\pi/2$ , zde je odezva zpožděna ( $90^\circ$ ). V případě viskoelastických látek je hodnota zpoždění v intervalu 0 až  $\pi/2$  [35].

Dalšími veličinami, které charakterizují viskoelastické chování materiálů, jsou viskoelastické moduly. Podle znalostí frekvenční závislosti těchto modulů jsme schopni vyhodnotit, zda má měřený materiál spíše elastický či viskózní charakter. Lze jej vypočítat podle následujících rovnic:

$$\gamma' = \omega \times \gamma \quad (18)$$

$$G' = \omega \times \eta'' \quad (19)$$

$$G'' = \omega \times \eta' \quad (20)$$

Kde  $\dot{\gamma}$  je rychlost smykové deformace,  $\omega$  je úhlová frekvence ( $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ),  $\gamma$  je deformace (-),  $G'$  je elastický modul. Charakterizuje elastické chování, čili schopnost viskoelastického materiálu ukládat vratně energii. Naproti tomu  $G''$  je ztrátový modul a charakterizuje viskózní chování, čili nevratnou energii, která se během namáhání disipuje. Pro správné měření frekvenční závislosti viskoelastických modulů, je důležité stanovit oblast lineární viskoelasticity. V tomto případě se hledá taková oblast, kde materiálové funkce jsou nezávislé na hodnotě napětí, nebo deformace. Nad kritickou hodnotou deformace nebo napětí jsou pak tyto materiálové funkce již závislé. Ztrátový modul není ve fázi s aplikovanou deformací – viskózní kapalina. Vztah mezi moduly lze vyjádřit pomocí ztrátového úhlu  $\delta$ :

$$\tan \delta = \frac{G'}{G''} \quad (21)$$

Materiály se budou chovat jako viskózní (kapalné) při vysoké hodnotě ztrátového úhlu  $\delta$ . Na druhou stranu ztrátový úhel  $\delta$  menší než 1 je charakteristický pro elastické (pevné) materiály [35,36].

### 3.7 Požadavky na konzistenci mléčných produktů

#### 3.7.1 Mléko a smetana ke šlehání

Měli by být stejnorodou mléčnou tekutinou, bez usazenin, vloček a hrubých nečistot. Konzistenci mléka a smetany ovlivňuje obsah tuku ve výrobku, čím více tuku výrobek obsahuje tím je jeho konzistence vyšší [16].

#### 3.7.2 Máslo

Konzistence by měla být stejnorodá a na řezu mohou být malé kapénky vody nebo podmásli. Konzistenci ovlivňuje velikost tukových krystalů a průměr tukových kuliček. V zimním období má máslo tvrdší, krátkou a drobivou konzistenci, to je způsobeno při nízkých teplotách stloukání smetany a také při vysokém obsahu kyseliny palmitové. V létě je máslo měkčí a mazlavé, smetana nebyla před stloukáním dostatečně vychlazená a stloukala se při vysoké teplotě a při vyšším obsahu kyseliny olejové [22].

#### 3.7.3 Sýry a tvarohy

Sortiment vyráběných sýrů je tak velký a rozsáhlý, že se sýry pro přehlednost třídí do určitých skupin. Každá skupina má své určité požadavky na konzistenci sýrů. Zde si uvedeme

požadavky na konzistenci tavených sýrů, tvarohů. Těmto výrobkům se věnují dále ve své praktické části [16].

### **Tavený sýr**

Požadavky na konzistenci se liší podle druhu sýru a podle obsahu tuku v sušině. Konzistence tavených sýrů musí být hladká a uzavřená podle obsahu tuku, méně či více roztíratelná. S rostoucím obsahem tuku se roztíratelnost tuku tavených sýru zvyšuje. Vzniklé ojedinelé dutinky nebakteriálního původu jsou ve hmotě sýru povoleny [22].

### **Tvaroh a výrobky z něho**

Podle konzistence se tvarohy rozdělují na tvrdé a měkké tvarohy. Tvrdé tvarohy jsou určeny ke strouhání, konzistence by měla být stejnorodá, hrudkovitá a drobivá. Měkký tvaroh má velmi jemnou a roztíratelnou konzistenci [22].

#### **3.7.4 Kysané mléčné výrobky**

Konzistence kysaných mléčných produktů by měla být hladká, jednotná, bez hrudek nebo zrn. Mezi nejčastější vady fermentovaných mléčných výrobků patří tekutá konzistence, uvolňování syrovátky a hrudkovitá konzistence. Tekutou konzistenci způsobuje vyvstávání syrovátky, to je způsobeno vysokou inkubační teplotou, nadměrným množstvím syrovátkového proteinu ve vztahu ke kaseinu, nízký obsah sušiny a nevhodném zacházení s produktem během skladování a prodeje. Větší krémovitostí je dosaženo u produktů s vyšším obsahem tuku, použitím vysoké homogenizace a přidávkem stabilizátoru [16,22].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo vyhodnocení reologických vlastností mléčných výrobků. Nej důležitější sledovanou reologickou vlastností bude dynamická viskozita a následné popsání závislosti dynamické viskozity na rychlosti deformace, kterou charakterizují tokové křivky. Z tokových křivek vyhodnotit reologické chování mléčných výrobků.



## 5 MATERIÁL A MĚŘÍCÍ METODIKA

### 5.1 Měřené produkty

Reologické vlastnosti byly sledovány u deseti mléčných výrobků a jednoho rostlinného tuku k porovnání s máslem. Produkty byly vyrobeny různými výrobci České a slovenské republiky. Jednalo se o mléko plnotučné, smetanu ke šlehání, kysanou smetanu, bílý jogurt, jogurtový nápoj, tvaroh, přibináček, máslo, rostlinný roztíratelný tuk, termix a tavený sýr.

#### Jihočeské mléko lahodné plnotučné 3,5 %

Vysoko pasterované, homogenizované mléko s obsahem tuku min. 3,5 %. Sůl je obsažena v důsledku přirozeně se vyskytujícího sodíku.

Složení: mléko.

Výrobce: MADETA a.s.

Tab. 1. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.

Energetická hodnota	266 kJ / 64 kcal
Tuky	3,5 g
- z toho nasycené mastné kyseliny	2,3 g
Sacharidy	4,8 g
- z toho cukry	4,8 g
Bílkoviny	3,2 g
Sůl	0,1 g
Vápník	120 mg

#### Smetana ke šlehání 33 %

Složení: smetana, stabilizátor karagenan.

Výrobce: Olma a.s.

Tab. 2. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.

Energie kJ	1306 kJ
Energie kcal	312 kcal
Tuk	33,00 g
Nasycené mastné kyseliny	19,80 g

Sůl	0,07 g
Bílkoviny	2,20 g
Sacharidy	2,80 g
Cukry	2,80 g

### Zakysaná smetana pochoutková

Zakysaná smetana obsahuje nejméně 16 % tuku.

Složení: smetana, mléčná bílkovina, smetanová kultura.

Výrobce: Olma a.s.

*Tab. 3. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

Energetická hodnota	720 kJ/ 172 kcal
Tuky	16,3 g
-z toho nasycené mastné kyseliny	9,8 g
Sacharidy	3,8 g
-z toho cukry	3,8 g
Bílkoviny	3,1 g
Sůl	0,09 g

### Klasik bílý jogurt

Obsahuje nejméně 2,4 % tuku.

Složení: mléko, mléčná bílkovina, jogurtové kultury.

Výrobce: Olma a.s.

*Tab. 4. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

Energetická hodnota	260 kJ/62 kcal
Tuk	2,70 g
Nasycené mastné kyseliny	1,60 g
Sůl	0,13 g
Bílkoviny	4,90 g
Sacharidy	4,50 g
Cukry	4,50 g

**Activia jogurtový nápoj s bifidokulturou**

Obsahuje min. 0,6 % tuku.

Složení: mléko, smetana, sušené odstředěné léko, jogurtové kultura a Bifidus ActiRegularis CNCM I – 2494 v počtu min.  $4 \times 10^9/100$  g.

Výrobce: Danone a.s.

*Tab. 5. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

Energie kJ/kcal	155/37
Tuky	0,9 g
- z toho Nasycené kyseliny	0,7 g
Sacharidy	3,9 g
z toho Cukry	3,9 g
Vláknina	-
Bílkoviny	3 g
Sůl	0,05 g
Vápník (mg)	120 mg / 15 % RI

**Jihočeský tvaroh polotučný**

Obsahuje tuk v sušině 18 % a 18 % sušiny.

Složení: obsahuje pouze tvaroh.

Výrobce: MADETA a.s.

*Tab. 6. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

Energetická hodnota	397 kJ / 95 kcal
Tuky	4,4 g
- z toho nasycené mastné kyseliny	2,9 g
Sacharidy	3,6 g
- z toho cukry	3,6 g
Bílkoviny	10,2 g
Sůl	0,09 g

**Pribináček**

Smetanový krém s vanilkovou příchutí, terminovaný. Obsahuje 15,5 % tuku a 38 % sušiny.

Složení: tvaroh, smetana, cukr, vanilková složka, 2,4 % (cukr, glukózo – fruktózový sirup, vanilkové aroma) jedlá želatina, zahušřovadla: xanthan, škrob. Neobsahuje lepek.

Výrobce: Slovenicia Fromage & Dairy Czech Republic, a.s. Hodonín.

*Tab. 7. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

Energetická hodnota	998 kJ/327 kcal
Tuky	16 g
-z toho nasycené mastné kyseliny	11 g
Sacharidy	17 g
-z toho cukry	14 g
Bílkoviny	7,1 g
Sůl	0,07 g

**Jihočeské máslo**

Máslo obsahuje 82 % tuku.

Složení: máslo.

Výrobce: MADETA a.s.

*Tab. 8. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

Energetická hodnota	3061 kJ / 731 kcal
Tuky	82 g
- z toho nasycené mastné kyseliny	54 g
Sacharidy	0,8 g
- z toho cukry	0,8 g
Bílkoviny	0,8 g
Sůl	0,02 g

**Rostlinný roztíratelný tuk Flóra**

Rostlinný roztíratelný tuk se sníženým obsahem tuku 45 %.

Složení: voda, rostlinné oleje (slunečnicový 24,2 %, lněný 10,4 %, palmový, řepkový 2 %) jedlá sůl, sušené podmásli, emulgátor (mono- a diglyceridy mastných kyselin, slunečnicový

lecitin), konzervant (sorban draselný), regulátor kyselosti (kyselina citronová) přírodní aroma (obsahuje mléko), vitamín (A, D), barvivo (karoteny).

Výrobce: UNILEVER ČR, spol. s.r.o.

*Tab. 9. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

Energetická hodnota	1700kJ/410 kcal
Tuky -z toho mastné kyseliny	45 g
- nasycené	10 g
- mononenasycené	11 g
- polynenasycené	23 g
Sacharidy	<0,5 g
-z toho cukry	<0,5 g
Bílkoviny	<0,5 g
Sůl	0,52 g
Vitamín A	800 µg
Vitamín D	7,5 µg
Vitamín E	14 mg
Omega 3 (ALA)	5,6 g
Omega 6	18 g

### **Termix**

Termizovaný tvarohovo – smetanový dezert s kakaovou příchutí.

Složení: tvaroh 48 %, voda, cukr, smetana 6 %, modifikovaný kukuřičný škrob, kakaový prášek 1,8 %, jedlá želatina, aroma.

Výrobce: Mlékárna Kunín.

*Tab. 10. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

Energetická hodnota	526 kJ/ 124 kcal
Tuky	2,0 g
-z toho nasycené mastné kyseliny	1,7 g
Sacharidy	19,9 g
z toho cukry	15,0 g
Bílkoviny	6,7 g
Sůl	0,1 g

## Tavený sýr

Apetito smetanové – tavený sýr. Obsahuje tuk v sušině 49 % a 33,5 % sušiny.

Složení: smetana (28 %), mléko obnovené odstředěné, sýry, máslo, mléčné bílkoviny, tavící soli (E 339, E 450, E 452), mléko sušené odstředěné, stabilizátory, modifikovaný kukuřičný škrob, karagenan), jedlá sůl, regulátor kyselosti kyselina citronová, smetanové aroma.

Výrobce: Savencia Fromage & Dairy Czech Republic, a.s.

Tab. 11. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.

Energetická hodnota	867 kJ/110 kcal
Sacharidy	5 g
-z toho cukry	2 g
Bílkoviny	10 g
Tuky	17 g

## 5.2 Měřicí zařízení

### 5.2.1 Měřicí přístroje

Pro měření dynamické viskozity jsem použila dva rotační viskozimetry:

**HAAKE ViscoTester 6 L** (Thermo Scientific, USA) s vyhodnocovacím softwarem RheoSoft. Viskozimetr funguje v podstatě na základě měření odporové síly rotujícího válce ponořeného do měrného vzorku. Viskozitu měří s přesností 1 % od zvoleného rozsahu. Pro temperaci vzorků jsem použila vodní lázeň Julabo MA - 4 (JULABO GmbH, Německo). Rotační viskozimetr má čtyři různé válce, označené popořadě od největší po nejmenší plochu L1, L2, L3, a L4.

Tab. 12. Technická specifikace HAAKE ViscoTester 6 L.

Rychlost otáček (1/s)	0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 0,6, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 20, 30, 50, 60, 100, 200
Počet vřeten	L 1-4
Rozsah teplot (° C)	Až 40
Opakovatelnost (±%)	0,2



Obr. 8 Rotační viskozimetr HAAKE ViscoTester 6 L.

#### Pracovní postup:

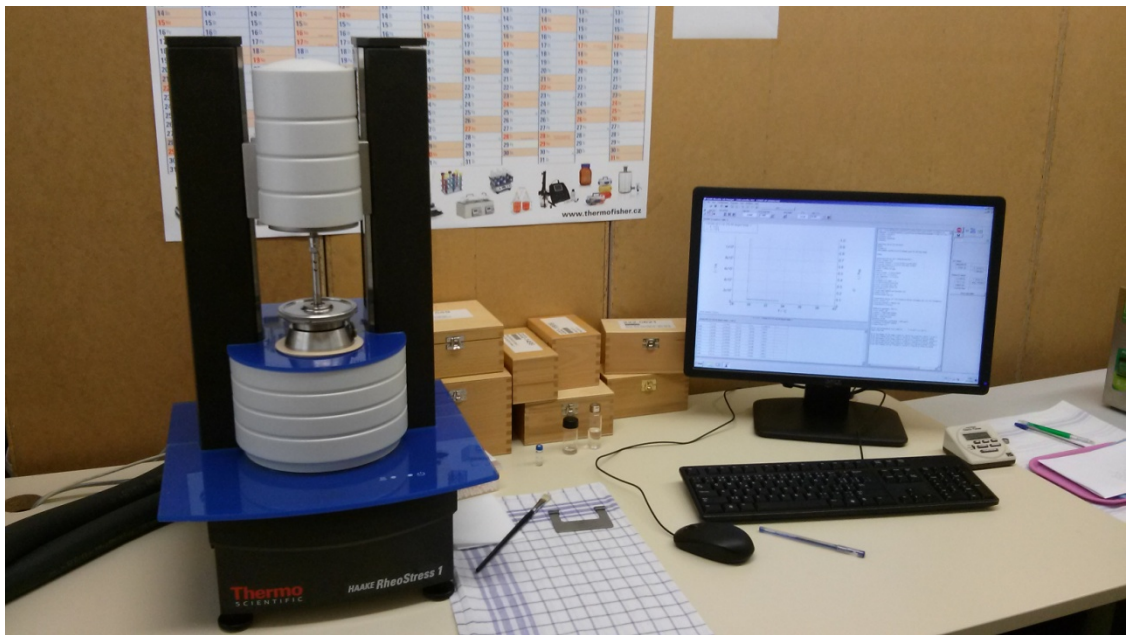
Na rotačním viskozimetru se nastaví požadovaná počáteční rychlost otáček cívky. Analyzovaný vzorek se dá do měřicí kádinky a nechá se temperovat ve vodní lázni na cca 25 °C. Po vytemperování vzorku se provede měření. Kádinka se umístí do měřicího prostoru rotačního viskozimetru, do ní se vloží měřicí válec a spustí se měření. Při každé změně rychlosti otáček se počká, dokud se hodnota viskozity neustálí. Po ustálení se přepne na vyšší stupeň rychlosti otáček. Měření bylo prováděno ve směru otáček klesajících a vzrůstajících. Mezi každým měřením byl válec umyt, aby nedošlo k nepřesnostem.

**HAAKE RheoStress 1** (Thermo Scientific, USA) s vyhodnocovacím softwarem RheoWin. Je to univerzální laboratorní reometr s možnostmi jeho využití pro výzkum. Díky 4. generaci vzduchového ložiska umožňuje měření pomocí CS, CR a CD-módu v rotaci i oscilaci. K reometru je připojena cirkulující vodní lázeň Thermostat HAAKE AC 200 (Thermo Scientific, USA).

#### Technická specifikace HAAKE RheoStress 1:

Tab. 13. Technická specifikace HAAKE RheoStress 1

Ložisko	Vzduchové
Min. torze v rotaci (CS,CR)	0,5 $\mu$ Nm
Max. točivý moment	100 mNm
Úhlová rychlost	$1,10^{-3}$ - 1200
Rozlišení úhlové rychlosti	300 rad
Frekvenční rozsah	$1,10^{-5}$ – 100 Hz
Rozsah teplot	- 40 – 300 °C



*Obr. 9 Rotační viskozimetr HAAKE RheoStress 1.*

Pracovní postup:

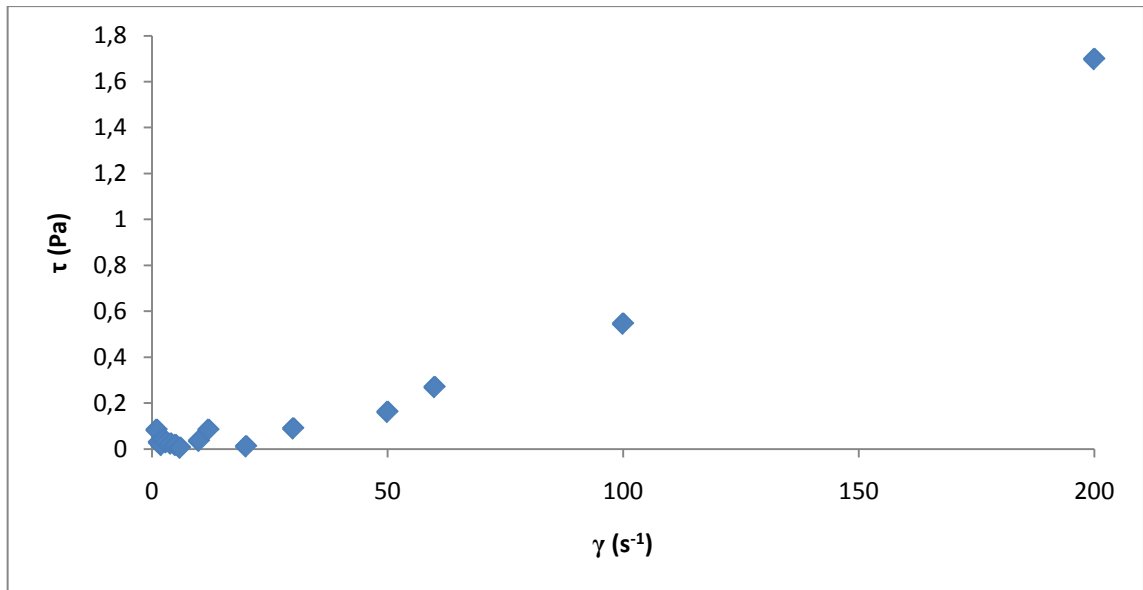
Po zapnutí viskozimetru a vodní lázně jsme nechali vodní lázeň vytemperovat na 20 °C. Pro měření byl sestaven model válec – válec. Produkt byl smýkán mezi dvěma plochami, z nichž se jedna pohybovala rovnoměrně zrychleným pohybem k té druhé. Při měření byly nastaveny tyto podmínky: objem vzorku 1 ml, tloušťka vzorku 1mm, počáteční hodnota frekvence 0,05 Hz a konečná hodnota frekvence 100 Hz.



## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

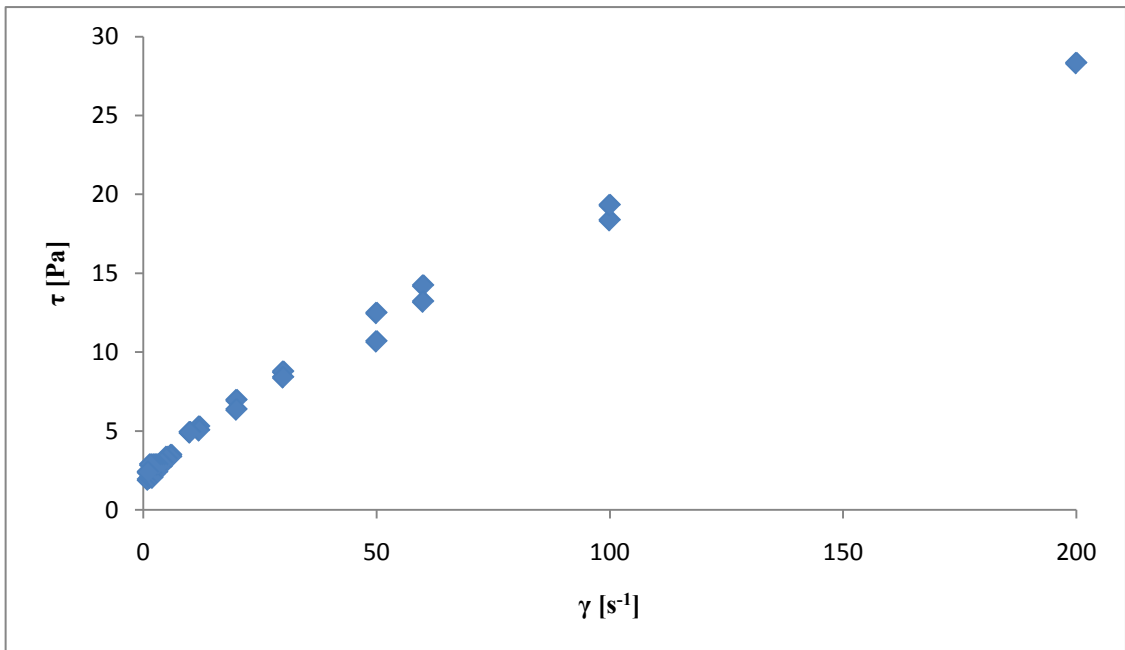
Naměřené výsledky dynamické viskozity mléčných produktů byly vyhodnoceny ve formě tokových křivek v závislosti smykového napětí na smykové rychlosti a v závislosti zdánlivé dynamické viskozity na smykové rychlosti.

### *Plnotučné mléko 3,3 %*

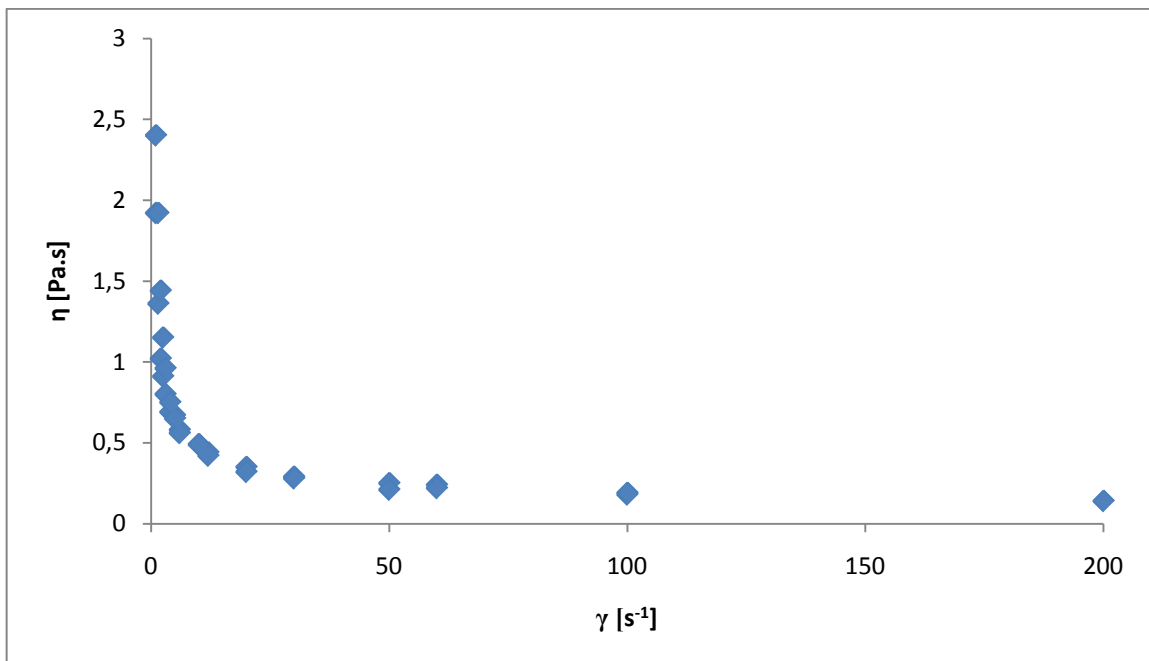


*Obr. 10 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti.*

Na Obr. 10 jsou vyhodnocená data pro plnotučné mléko 3,5 %. Ze závislosti je patrné, že při teplotě 25 °C se jedná o newtonskou kapalinu o viskozitě 2 mPa.s., je splněna přímá úměrnost mezi smykovým napětím a gradientem rychlosti. Mléko je stejnorodá tekutina [22,33].

*Smetana ke šlehání 33%*

Obr. 11 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti.

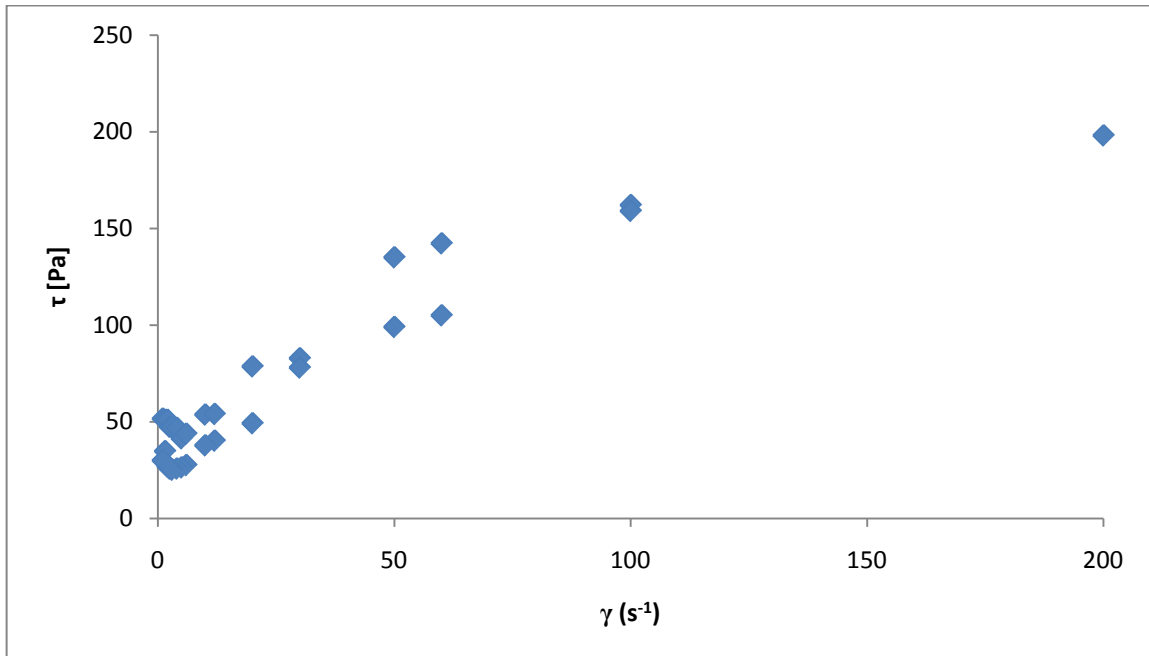


Obr. 12 Závislost zdánlivé dynamické viskozity na smykové rychlosti.

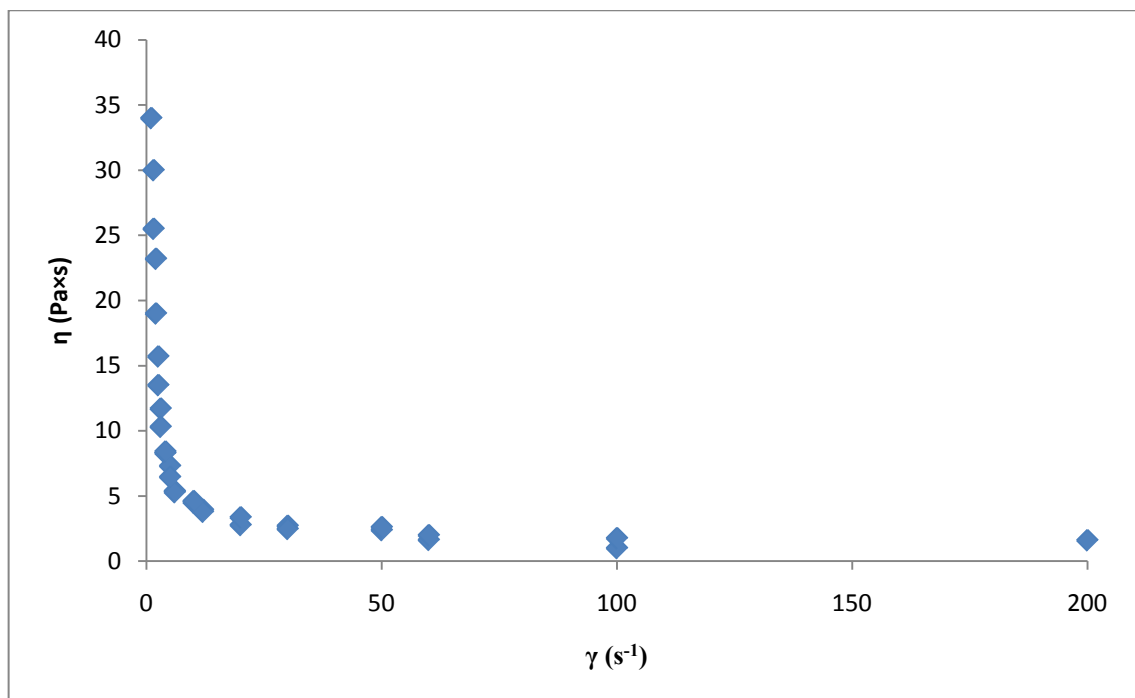
Na Obr. 12 a 13 jsou vyhodnocená data pro Smetanu 33 %. Ze závislostí je patrné, že při teplotě 25 °C se jedná o ne-newtonský, pseudoplastický systém. Hodnotu dynamické viskozity ovlivňuje obsah tuku ve výrobku, čím více tuku smetana obsahuje, tím je dynamická viskozita vyšší. Hodnota dynamické viskozity smetany ke šlehání je poměrně nízká, při

nejnižší smykové rychlosti je pouze 2,4 Pa.s. Podobné výsledky byly vysledovány i u Farahmandfar R. 2017 [38].

### Zakysaná smetana 16 %



Obr. 13 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti.

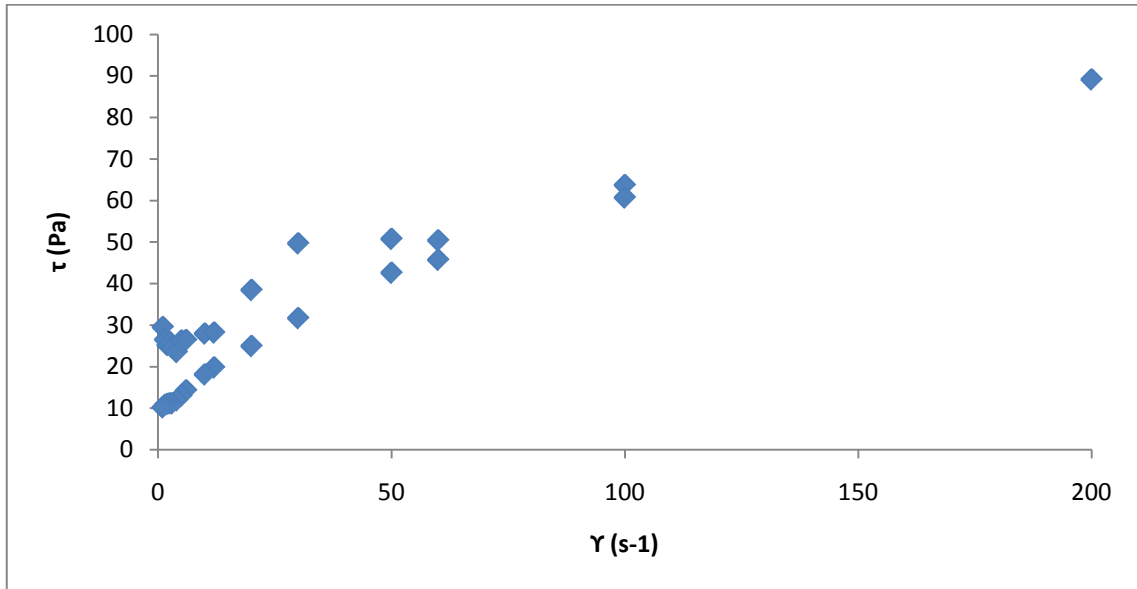


Obr. 14 Závislost zdánlivé dynamické viskozity na smykové rychlosti.

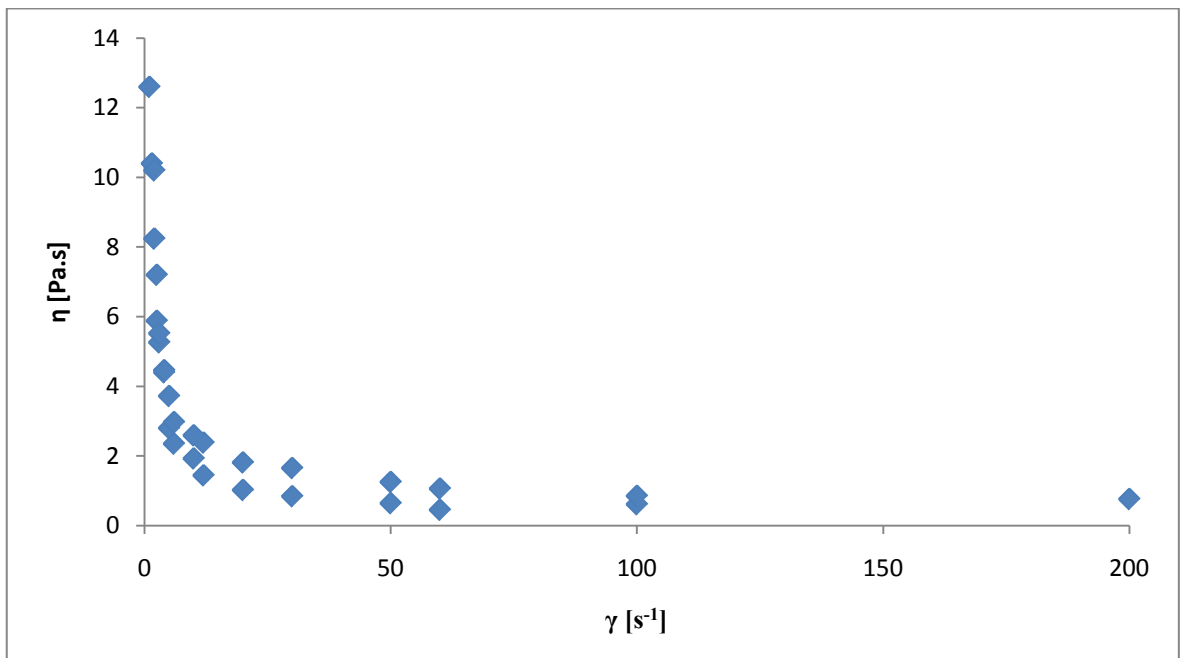
Na Obr. 14 a 15 jsou vyhodnocená data pro Zakysanou smetanu 16 %. Ze závislostí je patrné, že při teplotě 25 °C se jedná o ne-newtonský, pseudoplastický systém. Počáteční hod-

nota dynamické viskozity při smykové rychlosti  $1 \text{ s}^{-1}$  je  $34 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ . Při zvyšování rychlosti deformace dynamická viskozita klesá. Odborná literatura také uvádí, že zakysaná smetana vykazuje pseudoplastické chování [39].

### Jogurt bílý 2,4 %



Obr. 15 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti.

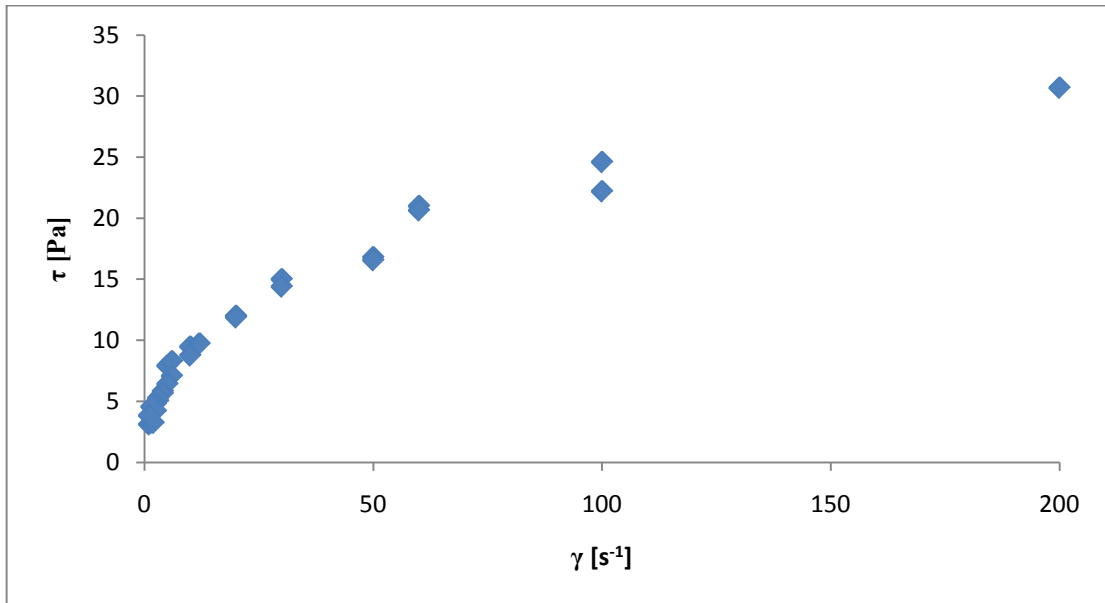


Obr. 16 Závislost zdánlivé dynamické viskozity na smykové rychlosti.

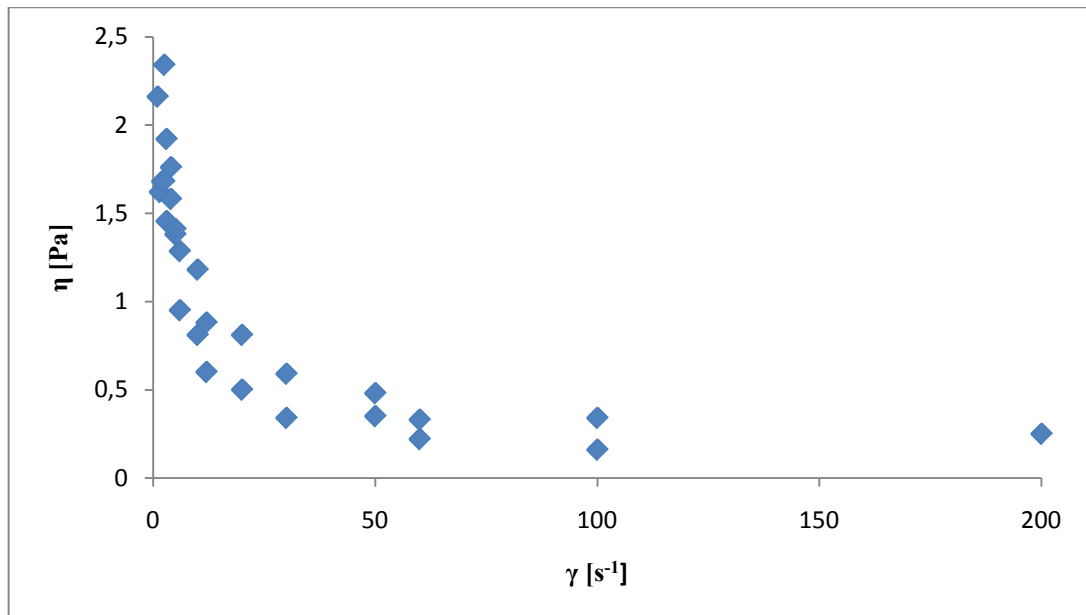
Na Obr. 16 a 17 jsou vyhodnocená data pro Jogurt bílý 2,4%. Ze závislostí je patrné, že při teplotě  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  se jedná o ne-newtonský, pseudoplastický systém, kde dynamická viskozita

z počáteční hodnoty 12,6 Pa.s, při smykové deformaci  $1 \text{ s}^{-1}$  klesá. Podobné výsledky zaznamenal Gonçalves B. J. 2017 [37].

### *Jogurtový nápoj s bifidokulturou*

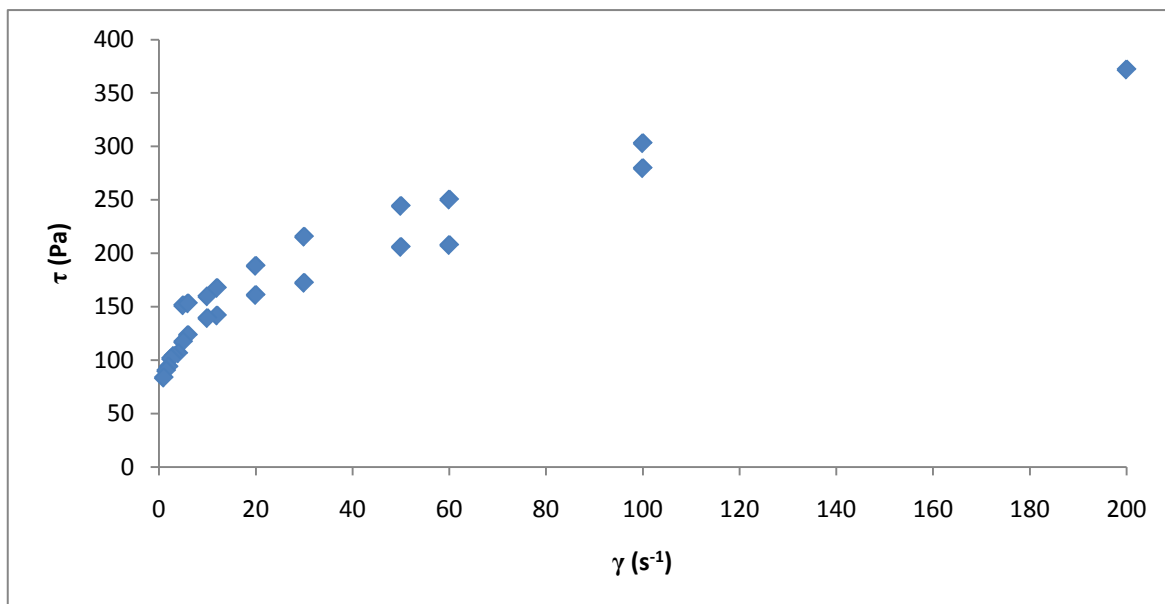


Obr. 17 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti.

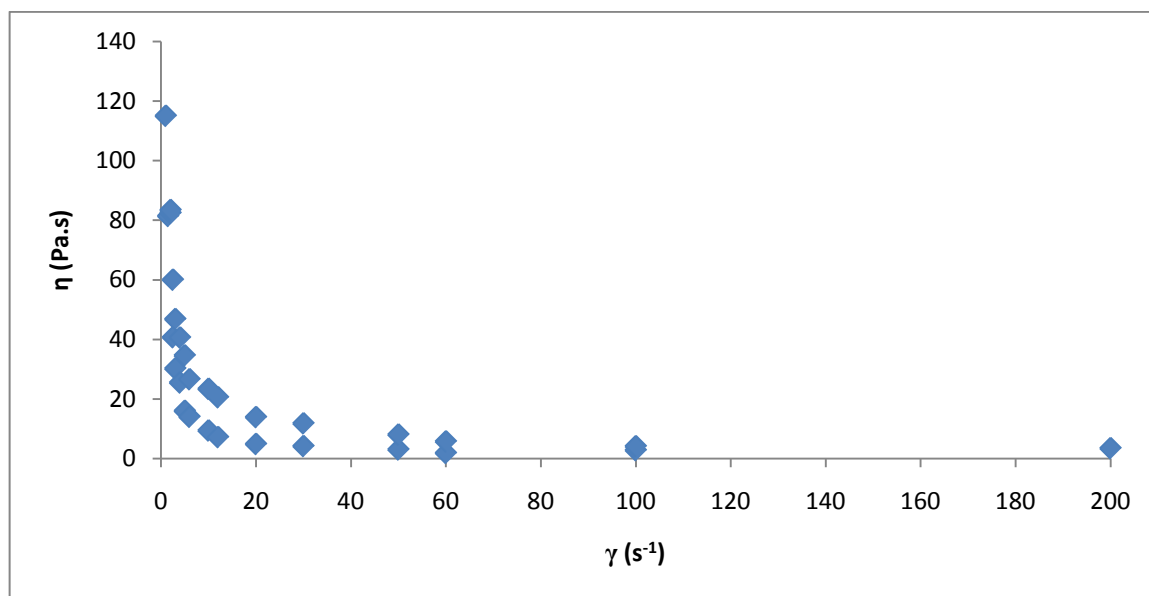


Obr. 18 Závislost zdánlivé dynamické viskozity na smykové rychlosti.

Na Obr. 18 a 19 jsou vyhodnocená data pro Jogurtový nápoj s bifidokulturou. Ze závislostí je patrné, že při teplotě  $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$  se jedná o ne-newtonský, pseudoplastický systém. Jogurtové nápoje jsou charakteristické svojí nízkou viskozitou, protože jsou určeny k pití [12].

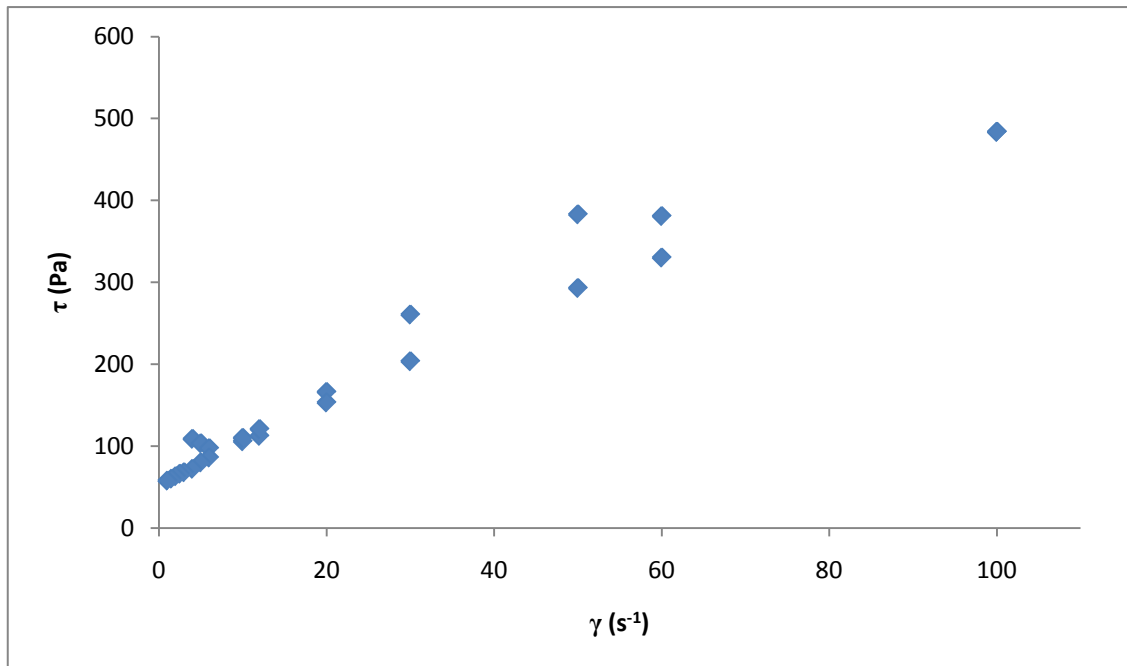
*Tvaroh polotučný*

Obr. 19 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti.

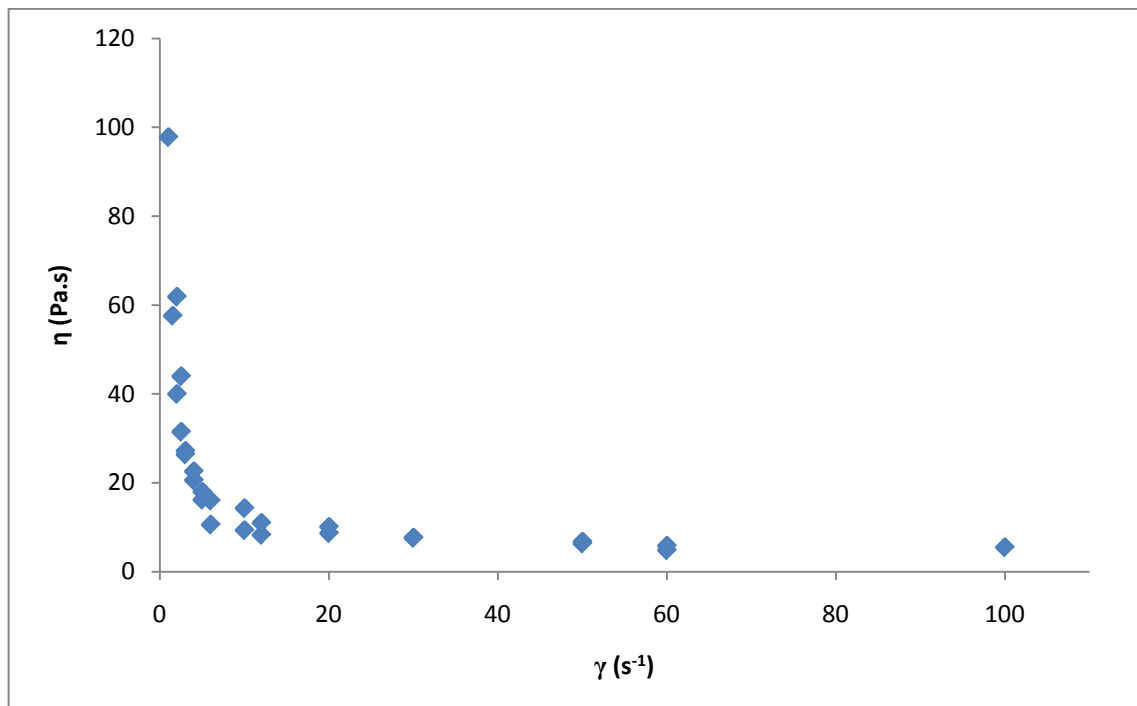


Obr. 20 Závislost zdánlivé dynamické viskozity na smykové rychlosti.

Na Obr. 20 a 21 jsou vyhodnocená data pro Tvaroh polotučný. Ze závislostí je patrné, že při teplotě 25 °C se jedná o ne-newtonský, pseudoplastický systém. U tvarohu byla naopak naměřena nejvyšší dynamická viskozita 115 Pa.s při nejnižší smykové rychlosti. Tvaroh měkký, polotučný má velmi jemnou roztíratelnou konzistenci, při skladování dochází k uvolňování syrovátky [12,22].

*Pribináček*

Obr. 21 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti.



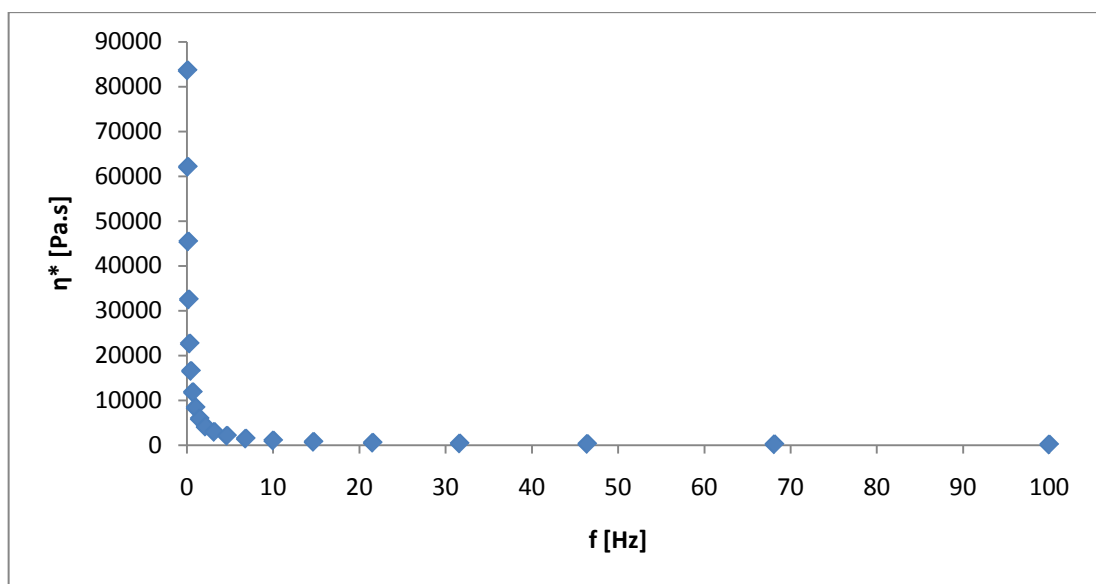
Obr. 22 Závislost zdánlivé dynamické viskozity na smykové rychlosti.

Na Obr. 22 a 23 jsou vyhodnocená data pro Pribináček. Ze závislostí je patrné, že při teplotě 25 °C se jedná o ne-newtonský, pseudoplastický systém. Při nejnižší smykové rychlosti

dynamická viskozita dosahuje 97,8 Pa.s. a poté klesá. Pribináček se vyrábí z tvarohu se zvláště jemnou konzistencí [41].

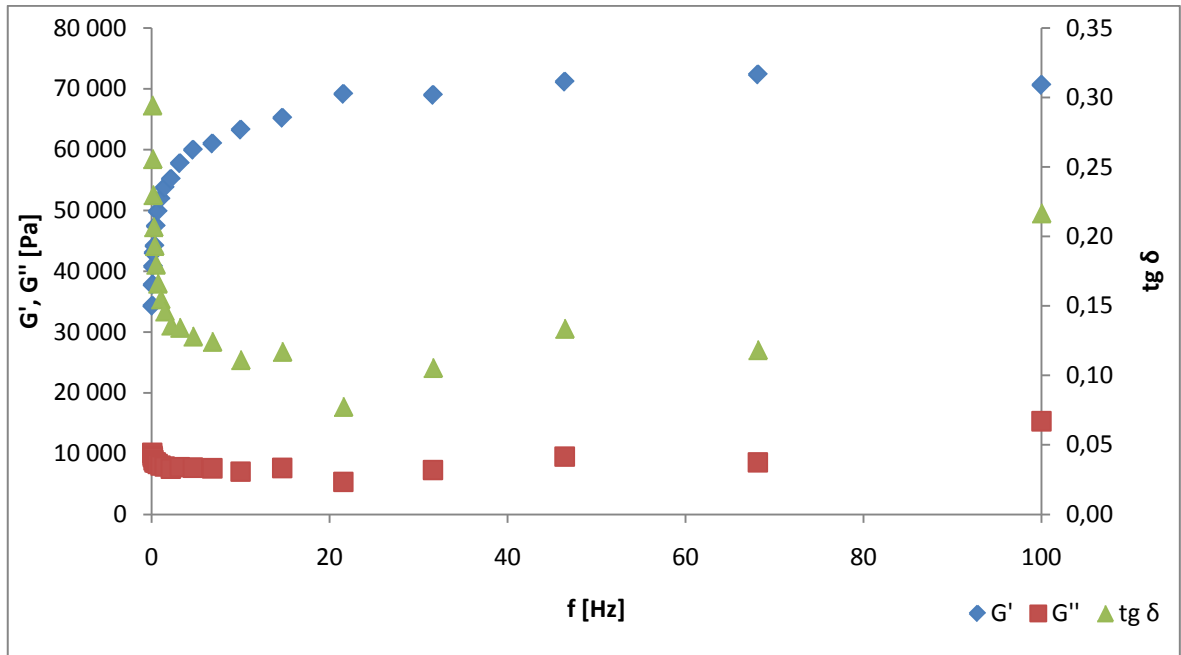
Tokové chování vzorků másla, roztíratelného tuku Flora, taveného sýru Apetito, a termixu bylo měřeno použitím geometrie deska-deska v oscilačním režimu, v rozsahu frekvencí 0,05 – 100 Hz. Z naměřených hodnot byly sestaveny tyto grafy: závislost komplexní dynamické viskozity na frekvenci, závislosti frekvence na elastickém a viskózním modulu a ztrátovém úhlu ( $\text{tg } \delta$ ). Vzorky byly měřeny při teplotě 20 °C.

### *Máslo Madeta*



*Obr. 23 Komplexní dynamické viskozity na frekvenci.*



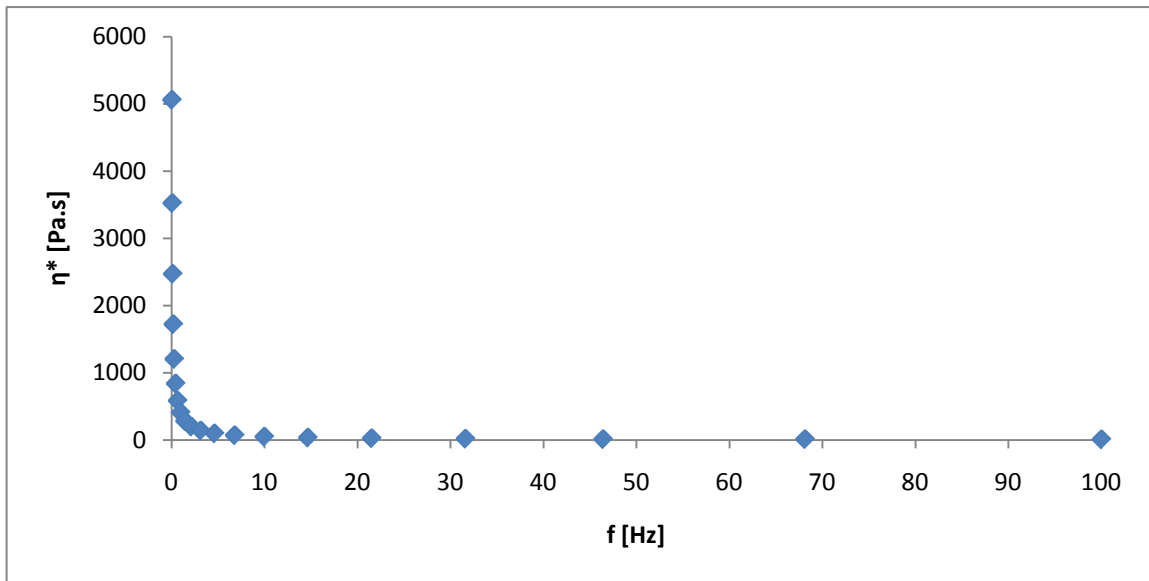


Obr. 24 Závislost elastického modulu na frekvenci, viskózního modulu na frekvenci a ztrátového modulu na frekvenci.

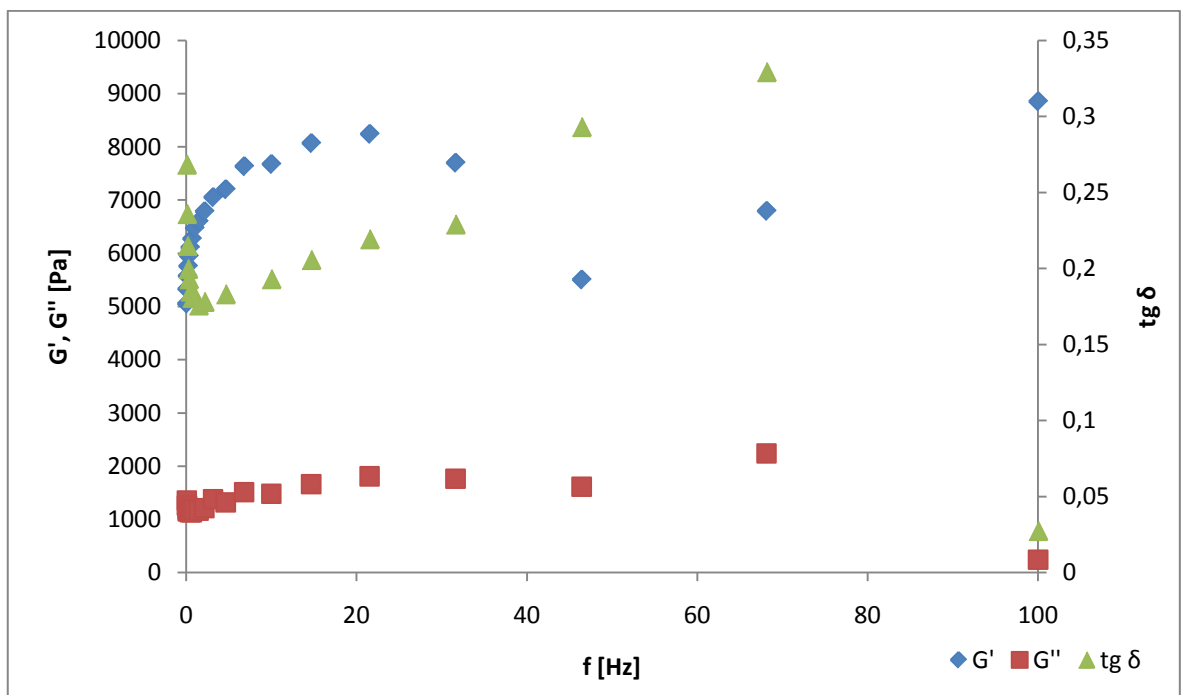
Závislost komplexní viskozity na frekvenci reprezentuje napěťovou odezvu viskoelastického materiálu na harmonické oscilace smykové rychlosti. Komplexní viskozita v oscilační reologii je poměr komplexního modulu a úhlové frekvence  $G^*/\omega$ . Se vzrůstající hodnotou frekvence hodnota komplexní viskozity klesá (Obr. 23).

Jedná se o viskoelastický materiál vysoce strukturovaný, s převládající složkou elastického chování  $G' > G''$  v celém rozsahu frekvencí, tzn., že materiál má schopnost ukládat vratně energii, což je patrné i ze závislosti ztrátového úhlu na frekvenci (Obr. 24). Při namáhání se vnitřní struktura natahuje a méně teče. Elastický modul je přibližně 10 krát vyšší než ztrátový modul. Toto chování je typické pro polotvrdé materiály [40].

*Rostlinný roztíratelný tuk Flóra*



*Obr. 25 Komplexní dynamické viskozity na frekvenci.*



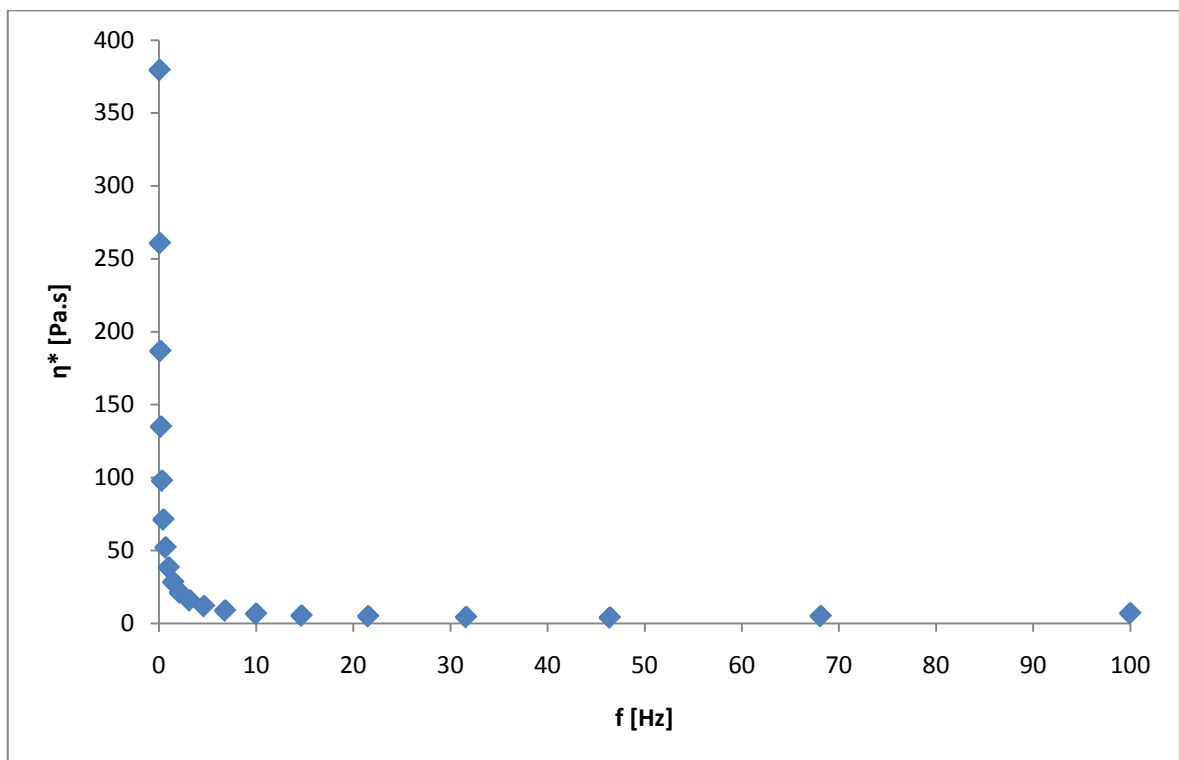
*Obr. 26 Závislost elastického modulu na frekvenci, viskózního modulu na frekvenci a tažného modulu na frekvenci.*

Závislost komplexní viskozity na frekvenci reprezentuje napěťovou odezvu viskoelastického materiálu na harmonické oscilace smykové rychlosti. Komplexní viskozita v oscilační reologii je poměr komplexního modulu a úhlové frekvence  $G^*/\omega$ . Se vzrůstající hodnotou frekvence hodnota komplexní viskozity klesá (Obr. 25).

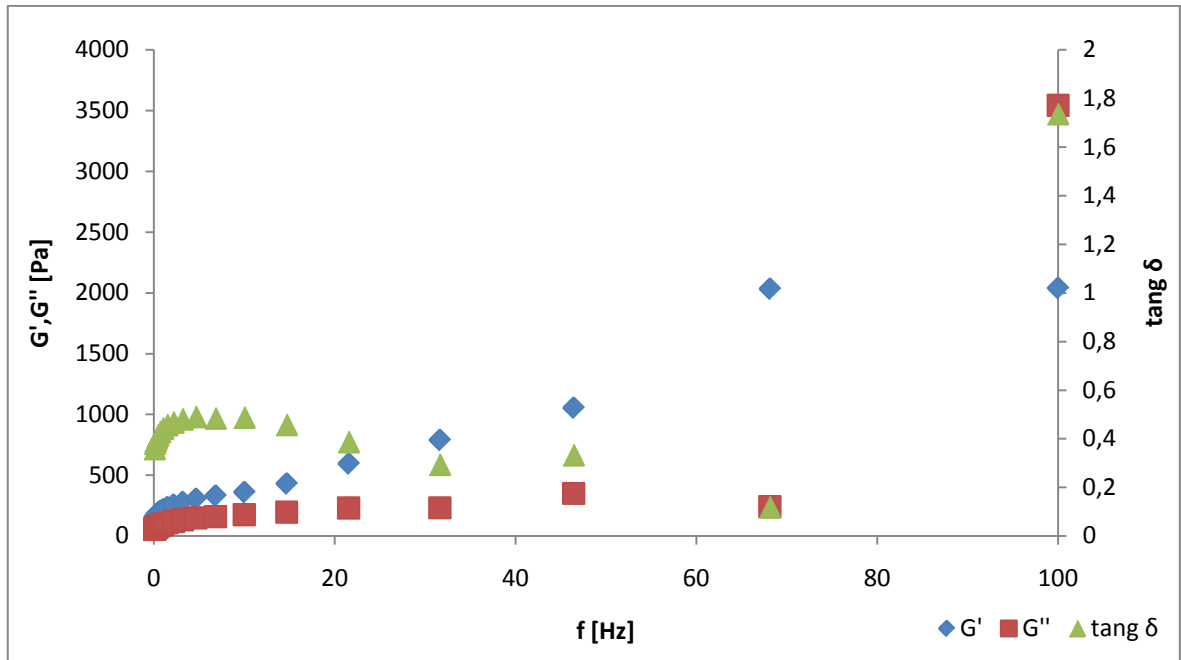
Rostlinný roztíratelný tuk, také můžeme zařadit do viskoelastického, strukturovaného materiálu. V celém rozsahu frekvencí převládá elastické chování nad viskózním chováním, z toho vyplývá, že materiál má schopnost ukládat vratně energii, což je patrné i ze závislosti ztrátového úhlu na frekvenci (Obr. 26). Namáháním se vnitřní struktura natahuje a méně teče. Se vzrůstající hodnotou frekvence se elastický modul protíná se ztrátovým modulem. Toto chování je typické pro polotvrdé materiály.

Roztíratelné tuky jsou vyrobeny na bázi vody v oleji. Obsahují poměrně vysoké množství rostlinných olejů nebo tuků. Důležitou součástí margarínů a rostlinných roztíratelných tuků je palmový olej, který ovlivňuje jeho konečnou strukturu a usnadňuje roztíratelnost [12]. Z obrázku 24 a 26 můžeme říci, že máslo a roztíratelný tuk mají podobné viskózní chování, elastický modul je skoro 10 krát větší u másla než u rostlinného tuku.

### *Termix*



Obr. 27 Komplexní dynamické viskozity na frekvenci.

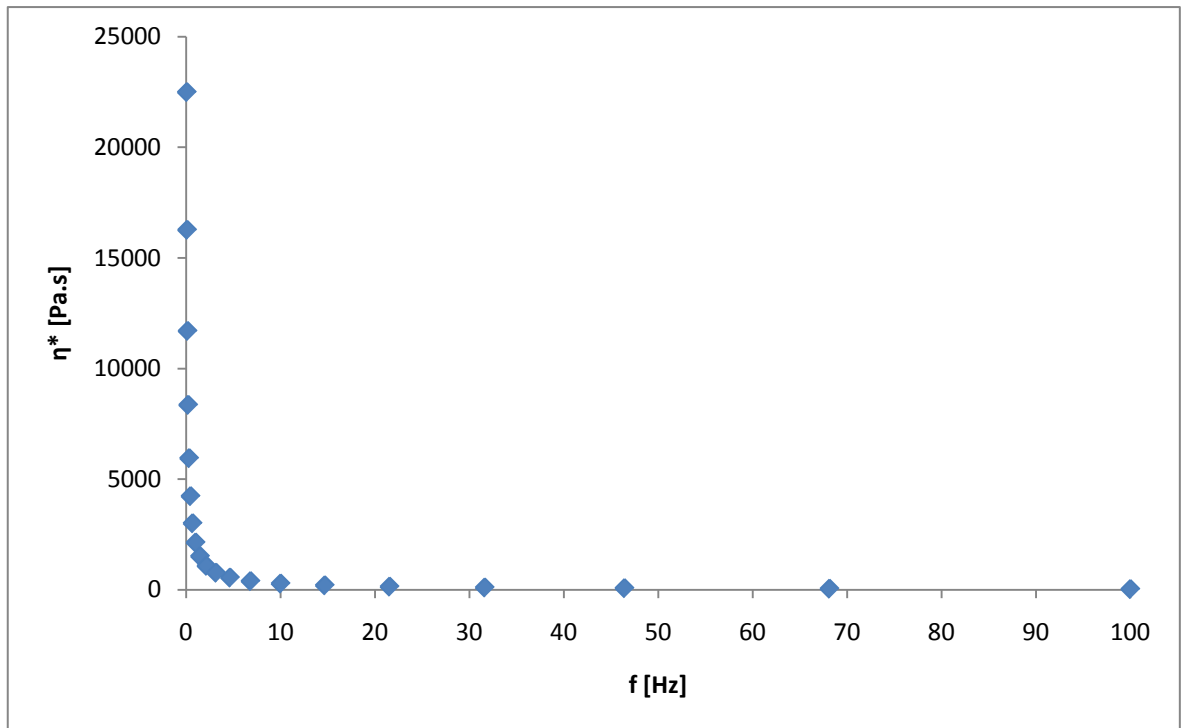


Obr. 28 Závislost elastického modulu na frekvenci, viskózního modulu na frekvenci a ztrátového modulu na frekvenci.

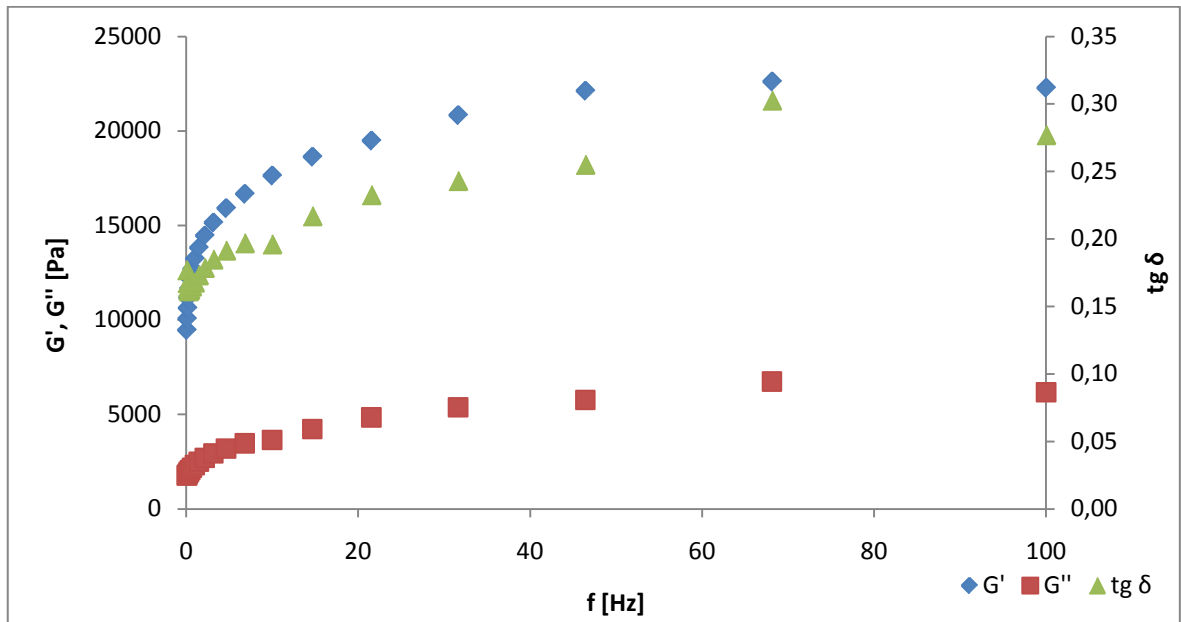
Závislost komplexní viskozity na frekvenci reprezentuje napěťovou odezvu viskoelastického materiálu na harmonické oscilace smykové rychlosti. Komplexní viskozita v oscilační reologii je poměr komplexního modulu a úhlové frekvence  $G^*/\omega$ . Se vzrůstající hodnotou frekvence hodnota komplexní viskozity klesá (Obr. 27).

Jedná se o viskoelastický materiál méně strukturovaný, Při nízkých frekvencích je elastický modul přibližně stejný jako viskózní. Při vyšších frekvencích, nad 20 Hz elastický modul začíná dominovat, tzn., že materiál má při vyšších frekvencích schopnost ukládat vratně energii, což je patrné i ze závislosti ztrátového úhlu na frekvenci (Obr. 28). Při zvyšující frekvenci se elastický modul protíná se ztrátovým modulem. Termixy jsou charakteristické hladkou roztíratelnou, krémovitou a jemnou konzistencí [22].

*Tavený sýr Apetito*



Obr. 29 Komplexní dynamické viskozity na frekvenci.



Obr. 30 Závislost elastického modulu na frekvenci, viskózního modulu na frekvenci a tažného modulu na frekvenci.

Závislost komplexní viskozity na frekvenci reprezentuje napěťovou odezvu viskoelastického materiálu na harmonické oscilace smykové rychlosti. Komplexní viskozita

v oscilační reologii je poměr komplexního modulu a úhlové frekvence  $G^*/\omega$ . Se vzrůstající hodnotou frekvence hodnota komplexní viskozity klesá (Obr. 29).

Jedná se o viskoelastický materiál vysoce strukturovaný, s převládající složkou elastického chování  $G' > G''$  v celém rozsahu frekvencí, tzn., že materiál má schopnost ukládat vratně energii, což je patrné i ze závislosti ztrátového úhlu na frekvenci (Obr. 30). Při namáhání, se vnitřní struktura natahuje a méně teče. Elastický modul je přibližně 5 krát vyšší než ztrátový modul. Konzistence tavených sýrů může být od pevné lomivé, přes snadno roztíratelnou, krémovitou až po hustou tekutou. Tavený sýr *Apetito* má pevnou, krémovitou konzistenci, hůře roztíratelnou [22].

## ZÁVĚR

Bakalářská práce je zaměřena na zjištění reologického chování mléčných výrobků. V této souvislosti jsou uvedeny jejich dietetické vlastnosti, technologie výroby mléčných produktů, tokové vlastnosti kapalin a požadavky na konzistenci mléčných výrobků.

V experimentální části jsou sestaveny tokové křivky jednotlivých mléčných produktů za účelem zjištění, jaké reologické chování produkty vykazují. Měření probíhalo na těchto rotačních viskozimetrech HAAKE ViscoTester 6 L a HAAKE RheoStress 1.

Newtonské chování vykazovalo pouze plnotučné mléko s obsahem 3,5 % tuku. Ne-newtonské, pseudoplastické chování vykazovaly tyto produkty: smetana ke šlehání s obsahem 33% tuku, zakysaná smetana s obsahem 16 % tuku, jogurt bílý s 2,4 % tuku, jogurtový nápoj s bifidokulturou, tvaroh polotučný a přibináček. Máslo, rostlinný roztíratelný tuk, termix a tavený sýr vykazují viskoelastické chování. Rostlinný roztíratelný tuk byl měřen pro porovnání s tokovými křivkami másla.

Znalost reologických vlastností mléčných produktů hraje významnou roli v oblasti skladování, zpracování, kontroly kvality a stability hotových výrobků. Proto jsou přesná a spolehlivá reologická data potřebná pro plánování a optimalizaci výrobních a dopravních zařízení, jako jsou tepelné výměníky, potrubí, čerpadla mixéry a filtry.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] MICHALSKI, M. C., JANUEL, C. Does homogenization affect the human health properties of cow's milk?, *Trends in Food Science & Technology*, 2006, 17.8: 423-437.
- [2] MICINSKI, J., et al. Characteristics of cow's milk proteins including allergenic properties and methods for its reduction. *Polish Annals of Medicine*, 2015, 145.2: 55-61.
- [3] KARLEN E. LUTHY et al. Differentiating Between Lactose Intolerance, Celiac Disease, and Irritable Bowel Syndrome-Diarrhea, *The Journal for Nurse Practitioners*, 2017, 13.3:181-240.
- [4] JANŠTOVÁ, B. *Technologie mléka a mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012. ISBN 978-80-7305-635-3.
- [5] CASHMAN, K. D. Milk minerals (including trace elements) and bone health, *International Dairy Journal*, 2006, 16.11:1389-1398.
- [6] CASHMAN, K. D. Macroelements, Nutritional Significance, *International Dairy Journal*, 2011, 1:925-932.
- [7] PLOZZA, T., et al. The simultaneous determination of vitamins A, E and  $\beta$ -carotene in bovine milk by high performance liquid chromatography–ion trap mass spectrometry (HPLC–MSn), *Food Chemistry*, 2012, 134.1:559-563.
- [8] *Bezpečnostpotravin* [online]. Praha, Tišnov [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92463.aspx>.
- [9] *Význam sýrů v lidské výživě* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.agris.cz/clanek/109128>.
- [10] THORNING, T., et al. Importance of the fat content within the cheese-matrix for blood lipid profile, faecal fat excretion, and gut microbiome in growing pigs, *International Dairy Journal*, 2016, 61.1:67-75.
- [11] *Cholin* [online]. 2011 [cit.2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.celostnimediceina.cz/cholin.htm>.
- [12] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2010, 536 s. Monografie. ISBN 978-80-7418-051-4.



- [13] *Mlékárna Kunín* [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <https://www.mlekarna-kunin.cz/vyroby/termix/termix-kakao/index.html>.
- [14] FELLOWS, P. J. *Food processing technology: principles and practice*. 3rd ed. Boca Raton, Fla: CRC Press, 2009. ISBN 9781845692162.
- [15] KELLY, A., L., a N., O'SHEA. Pasteurizers, Design and Operation, *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 4:193-199.
- [16] KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2012. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-145-0.
- [17] DEETH, H., C., a N., DATTA. Ultra-High Temperature Treatment (UHT): Heating Systems, *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2011, 2:699-707.
- [18] CLARE, D., A., et al. Comparison of Sensory, Microbiological, and Biochemical Parameters of Microwave Versus Indirect UHT Fluid Skim Milk During Storage, *Journal of Dairy Science*, 2005, 88.12: 4172-4182.
- [19] AMADOR-ESPEJO, GG, et al. Effect of moderate inlet temperatures in ultra-high-pressure homogenization treatments on physicochemical and sensory characteristics of milk, 2014, *Journal of Dairy Science*, 97.2: 659-671.
- [20] RICHARDS, E., a A., M., FEARON. BUTTER: The Product and its Manufacture, *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2011, 1.1: 492-499.
- [21] MORTENSEN, B., K. Butter and Other Milk Fat Products, 2011 *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 1:492-492.
- [22] ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA. *Mlékárenské technologie*. V Brně: Mendelova univerzita, 2013, 223 s. ISBN 978-80-7375-704-5.
- [23] SIMEONOVÁ, Jana, Stanislav GAJDŮŠEK a Ivo INGR. *Zpracování a zbožíživalství živočišných produktů*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003, 122 s. ISBN 80-7157-708-1.
- [24] LAW, Barry A. a A. Y. TAMIME. *Technology of cheesemaking*. 2nd ed. Malden, MA: Blackwell, 2010. ISBN 9781405182980.
- [25] KADLEC, Pavel. *Technologie potravin II*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. ISBN 80-7080-510-2.

- [26] TAMIME, A. Y. *Processed cheese and analogues*. Ames: Wiley-Blackwell, 2011, x, 350 s. Society of dairy technology. ISBN 978-1-4051-8642-1.
- [27] VYHLÁŠKA č. 397/2016 Sb. *Požadavky pro mléko, mléčné výrobky, mražené krémy, jedlé tuky, oleje*. Databáze online, [cit. 2011-3-23]. Dostupné na: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397#cast1>
- [28] TAMIME, A. Y. a R. K. ROBINSON. *Tamime and Robinson's yoghurt: science and technology*. Third edition. Boca Raton: CRC Press, 2007, xiv, 791. Woodhead Publishing in food science, technology and nutrition. ISBN 978-1-4200-4453-9.
- [29] BARRANTES, E., et al. The Manufacture of Set-type Natural Yoghurt Containing Different Oils - 1. Compositional Quality, Microbiological Evaluation and Sensory Properties. *International Dairy Journal*. 1996, 6.8: 811-826.
- [30] WEIN, Ondřej. *Úvod do reologie*. Brno: Malé centrum, 1996, 84 s. ISBN 80-238-0928-8.
- [31] VYBÍRAL, Bohumil. *Mechanika tekutin*. Vyd. 1. Hradec Králové: Gaudeamus, 1999, 93 s. ISBN 80-7041-315-8.
- [32] SYROVÝ, Antonín. *Fyzika IB: mechanika kontinua*. 2. dopl. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1970, 254 s.
- [33] HOLUBOVÁ, Renata. *Základy reologie a reometrie kapalin*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4178-8.
- [34] BARTOVSKÁ, Lidmila a Marie ŠIŠKOVÁ. *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav*. Vyd. 6., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010, 262 s. ISBN 978-80-7080-745-3.
- [35] ARANA, Ignacio J. *Physical properties of foods: novel measurement techniques and applications*. Boca Raton, FL: CRC Press, c2012, xiv, 406 s. Contemporary food engineering. ISBN 978-1-4398-3536-4.
- [36] JANALÍK, Jaroslav. *Viskozita tekutin a její měření* [online]. 2010 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/14903740-Viskozita-tekutin-a-jeji-mereni.html>.
- [37] GONÇALVES, B. J., et al. Thermal conductivity as influenced by the temperature and apparent viscosity of dairy products. *Journal of Dairy Science*, 2017, 100.5: 3513-3525.

- [38] FARAHMANDFAR, Reza. Effects of basil seed gum, Cress seed gum and Quince seed gum on the physical, textural and rheological properties of whipped cream. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2017, 98: 820-828.
- [39] TAMIME, A. Y. Structure of dairy products. Oxford, UK: Blackwell, 2007, xvi, 288 s. Society of Dairy Technology series. ISBN 978-1-4051-2975-6.
- [40] O'CALLAGHAN, Tom F. Quality characteristics, chemical composition, and sensory properties of butter from cows on pasture versus indoor feeding systems. 2016, 99,12: 9441-9460.
- [41] PAVELKA, Antonín. *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. Brno: Litera, 1996. ISBN 80-85763-09-5.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AMK Aminokyselina.

MK Mastná kyselina.

FMV Fermentovaný mléčný výrobek.

MO Mikroorganismus.

BMK Bakterie mléčného kvašení.

UHT Ultra-high temperature processing (vysokoteplotní úprava).

ČMK Čisté mlékařské kultury.

PVC Polyvinylchlorid.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1 Schéma deskového pasteru.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 2 Rychlostní profil toku v kapalině mezi nepohyblivou a pohybující se deskou.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 3 Toková a viskozitní křivka newtonovských kapalin.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 4 Vliv toku na uspořádání částic v ne-newtonské kapalině.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 5 Ukázky A) reologických křivek a B) závislostí zdánlivých viskozit tekutin na smykové rychlosti.....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 6 Různé úpravy měrného prostoru rotačních viskozimetrů.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 7 Geometrie kužel-deska.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 8 Rotační viskozimetr HAAKE ViscoTester 6 L.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 9 Rotační viskozimetr HAAKE RheoStress 1.....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 10 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti.....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 11 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti.....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 12 Závislost zdánlivé dynamické viskozity na smykové rychlosti.....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 13 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti.....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 14 Závislost zdánlivé dynamické viskozity na smykové rychlosti.....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 15 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 16 Závislost zdánlivé dynamické viskozity na smykové rychlosti.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 17 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti.....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 18 Závislost zdánlivé dynamické viskozity na smykové rychlosti.....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 19 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 20 Závislost zdánlivé dynamické viskozity na smykové rychlosti.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 21 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 22 Závislost zdánlivé dynamické viskozity na smykové rychlosti.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 23 Komplexní dynamické viskozity na frekvenci.....</i>	<i>57</i>

---

<i>Obr. 24 Závislost elastického modulu na frekvenci, viskózního modulu na frekvenci a tažného modulu na frekvenci.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 25 Komplexní dynamické viskozity na frekvenci.....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 26 Závislost elastického modulu na frekvenci, viskózního modulu na frekvenci a tažného modulu na frekvenci.....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 27 Komplexní dynamické viskozity na frekvenci.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 28 Závislost elastického modulu na frekvenci, viskózního modulu na frekvenci a tažného modulu na frekvenci.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 29 Komplexní dynamické viskozity na frekvenci.....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 30 Závislost elastického modulu na frekvenci, viskózního modulu na frekvenci a tažného modulu na frekvenci.....</i>	<i>62</i>

**SEZNAM TABULEK**

*Tab. 1. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

*Tab. 2. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

*Tab. 3. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

*Tab. 4. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

*Tab. 5. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

*Tab. 6. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

*Tab. 7. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

*Tab. 8. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

*Tab. 9. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

*Tab. 10. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

*Tab. 11. Průměrné výživové údaje ve 100 g výrobku.*

