

Viskozita likérů

Bc. Anna Menšíková

Diplomová práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav analýzy a chemie potravin
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Anna Menšíková**
Osobní číslo: **T140187**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Viskozita likérů**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Technologie výroby likérů
2. Faktory ovlivňující konzistenční vlastnosti likérů
3. Metody pro měření viskozity

II. Praktická část

1. Získejte vzorky vybraných likérů
2. Založte se vzorky likérů skladovací pokus při různých teplotách v délce nejméně 3 měsíců
3. Stanovte viskozitu skladovaných likérů
4. Výsledky vyhodnoťte a diskutujte

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] SCHRAMM, L. L.. Emulsions, foams, and suspensions: fundamentals and applications. Weinheim: Wiley-VCH, 2005, 448 s. ISBN 3-527-30743-5.
- [2] ESPINOSA, G.P. a M.G. SCANLON. Characterization of alcohol-containing dairy emulsions: Pseudo-ternary phase diagrams of sodium caseinate solution-oil-ethanol systems. Food Research International [online]. 2013, (53): 49-55 [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.03.006>.
- [3] BOURNE, M. C. Food texture and viscosity: concept and measurement. Vyd. 2. San Diego: Academic Press, 2002, 427s. ISBN 01-211-9062-5.
- [4] BARTOVSKÁ, L. a ŠÍŠKOVÁ M. Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav. Vyd. 5. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005, 244 s. ISBN 80-708-0579-X.
- [5] SINEAD P. HEFFERNAN, ALAN L. KELLY a DANIEL M. MULVIHILL. High-pressure-homogenised cream liqueurs: Emulsification and stabilization efficiency. Journal of Food Engineering [online]. 2009, 95(3): 525-531 [cit. 2015-10-20]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.06.018.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

20. ledna 2016

Termín odevzdání diplomové práce:

29. dubna 2016

Ve Zlíně dne 20. ledna 2016

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



Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: MENŠÍKOVÁ ANNAObor: TP

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 ¹⁾;
- 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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;

- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně ...3.5.2016.....

..........

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

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

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

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

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

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, 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 vzdělávacího zařízení (školní dílo).

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

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

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

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výtěžku 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 výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Teoretická část této diplomové práce je zaměřena především na technologii výroby likérů, faktory mající vliv na konzistenční vlastnosti likérů a metody měření viskozity. V rámci vlastního experimentu byla sledována změna viskozity vybraných druhů likérů v průběhu dvou skladovacích pokusů. První skladovací pokus proběhl při 5 ± 2 °C v době trvání tří měsíců. V rámci druhého skladovacího pokusu byly likéry skladovány po dobu čtyř měsíců při teplotách 5 ± 2 , 22 ± 2 a 37 ± 2 °C. Teplota 5 a 22 °C neměla v průběhu skladování výrazný vliv na viskozitu likérů, zato teplota 37 °C měla za následek zvýšení viskozity, zejména po měsíci skladování.

Klíčová slova: viskozita, likéry, skladovací pokus

ABSTRACT

The theoretical part of the thesis is focused on production technology of liqueurs, factors which influence the consistency of liqueurs and methods of viscosity measurement. During the experiment was monitored the viscosity change of two chosen liqueurs during the storage. The first storage experiment took place for three months at 5 ± 2 °C. The second experiment show us, how the liqueurs were stored for 4 months at 5 ± 2 , 22 ± 2 and 37 ± 2 °C. Temperature 5 and 22 °C had no effect on the viscosity of the stored liqueurs, on the other hand a temperature of 37 °C resulted in an increase in viscosity-especially after one month storage.

Keywords: viscosity, liqueurs, storage

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce doc. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. za odborné vedení, rady, připomínky a trpělivost.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za jejich podporu po celou dobu mého studia.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 TECHNOLOGIE VÝROBY LIKÉRŮ	12
1.1 LIHOVINY VYRÁBĚNÉ PŘÍMO (KVASNÝM POCHODEM).....	13
1.2 LIHOVINY VYRÁBĚNÉ SMÍSENÍM S JEDNOU NEBO VÍCE SLOŽKAMI	14
1.2.1 Suroviny pro výrobu likérů	14
1.2.2 Výrobní proces	15
2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KONZISTENČNÍ VLASTNOSTI EMULZNÍCH LIKÉRŮ	19
2.1 PROJEVY NESTABILITY EMULZNÍCH LIKÉRŮ A NĚKTERÉ FAKTORY, KTERÉ JI OVLIVŇUJÍ	19
2.1.1 Velikost částic	20
2.1.2 Obsah etanolu	20
2.1.3 Teplota skladování	21
2.1.4 Emulgátory a stabilizátory	22
3 VIZKOZITA A METODY JEJÍHO MĚŘENÍ.....	24
3.1 ČASOVĚ NEZÁVISLÉ NENEWTONSKÉ TEKUTINY	25
3.2 ČASOVĚ ZÁVISLÉ NENEWTONSKÉ TEKUTINY	27
3.3 METODY MĚŘENÍ VIZKOZITY	28
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
4 CÍL PRÁCE	32
5 MATERIÁL A METODIKA	33
5.1 POPIS EXPERIMENTU	33
5.2 VLASTNÍ MĚŘENÍ.....	36
6 VÝSLEDKY A DISKUZE	39
6.1 EXPERIMENT I	39
6.2 EXPERIMENT II.....	54
6.3 SOUHRNNÁ DISKUZE	61
ZÁVĚR	64
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	65
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	69
SEZNAM OBRÁZKŮ	70
SEZNAM TABULEK.....	71
SEZNAM PŘÍLOH.....	72

ÚVOD

Slovo likér pochází z latinského slova *liquefacio* („změnit se“ a „rozpustit“). Přesný časový údaj výroby likérů není doposud znám. Odhaduje se, že první likéry byly vyrobeny na začátku 13. století v Evropě, kdy italští mniši vyráběli bylinné extrakty s blahodárnými účinky, zejména na srdce (*cor – cordis* v Latině). To byl pravděpodobně důvod, proč se některé speciální likéry, hlavně ve Velké Británii a Austrálii, nazývaly „cordials“. Tento termín je dnes však považován za zastaralý a nedoporučuje se používat. Od 18. století až po současnost se výroba likérů řídí především požadavky spotřebitelů, takže vedle tradičních likérů se na trhu objevují neustále nové receptury, jejichž cílem je splnit očekávání a preference zákazníků [1].

Jednotlivých druhů likérů je celá řada, avšak praktická část této diplomové práce byla zaměřena zejména na likéry emulzní, u kterých je z technologického a jakostního hlediska důležitá zejména jejich stabilita. Faktorů ovlivňujících stabilitu je celá řada. Jedním z mnoha faktorů je například i teplota a doba skladování a jejich vliv na viskozitu likérů [2], která byla právě v této práci předmětem zkoumání.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VÝROBY LIKÉRŮ

Lihoviny jsou, dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 110/2008 ze dne 15. ledna 2008 o definici, popisu, obchodní úpravě, označování a ochraně zeměpisných označení lihovin a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 1576/89, definovány jako alkoholický nápoj určený k lidské spotřebě, mající určité organoleptické vlastnosti, o minimálním obsahu etanolu 15 % objemových, vyrobených:

- přímo – destilací zkvašených surovin s přidanými látkami určenými k aromatizaci nebo bez nich, macerací nebo podobným zpracováním částí rostlin v lihu zemědělského původu nebo v destilátech zemědělského původu nebo v lihovinách, nebo přidáním látek určených k aromatizaci, cukrů a jiných sladidel uvedených nařízením (dříve označované jako lihoviny vyráběné kvasným pochodem)
- smísením lihoviny s jednou nebo více uvedenými složkami – s jinými lihovinami, s lihem zemědělského původu, nebo s destiláty zemědělského původu, nebo s jinými alkoholickými nápoji, nebo s nápoji (dříve označované jako lihoviny vyráběné studenou cestou) [3].

Dále jsou lihoviny dle výše uvedeného nařízení děleny na samostatné kategorie např. Rum, Whisky/Whiskey, Obilná pálenka, Vinný destilát, Brandy nebo Weinbrand, Matolinová pálenka nebo matolinovice, Matolinovice ovocná, Korintská pálenka, Ovocný destilát, Aromatizovaná vodka, Likér aj.

Pro potřeby této diplomové práce je vhodné definovat pojmy vaječný likér a likér s přídavkem vajec.

Vaječný likér nebo *advocaat* nebo *avocat* nebo *advokat* je aromatizovaná nebo nearomatizovaná lihovina získaná z lihu zemědělského původu, destilátu nebo pálenky, jejichž složkami jsou jakostní vaječný žloutek, vaječný bílek a cukr nebo med. Obsah cukru nebo medu musí být nejméně 150 g na litr, vyjádřeno v invertním cukru. Obsah čistého vaječného žloutku musí být nejméně 140 g na litr konečného výrobku. Minimální obsah etanolu je 14 % objemových.

Likér s přídavkem vajec je lihovina aromatizovaná nebo nearomatizovaná, získaná z lihu zemědělského původu, destilátu nebo pálenky, přičemž charakteristickými složkami této lihoviny jsou jakostní vaječný žloutek, vaječný bílek a cukr nebo med. Obsah cukru nebo medu musí být nejméně 150 g na litr, vyjádřeno v invertním cukru. Obsah žloutku musí být nejméně 70 gramů na litr konečného výrobku. Minimální obsah etanolu je 15 % objemových [3].

1.1 Lihoviny vyráběné přímo (kvasným pochodem)

Jak již bylo uvedeno výše, do této skupiny lihovin patří destiláty a pálenky. Tyto lihoviny jsou vyráběny v procesu označovaném jako lihové kvašení. Lihové kvašení je složitý biologický proces, při kterém dochází k postupnému rozkladu substrátu (zkrasitelných sacharidů) prostřednictvím mikrobiálních enzymů a uvolnění energie. Tento proces je možné popsat Guy-Lussacovou rovnicí:



Producenty etanolu jsou zejména kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*, které se vyznačují vysokou rychlostí tvorby etanolu, vysokou tolerancí k etanolu a nízkou produkcí vedlejších metabolitů. Dalšími producenty jsou například bakterie *Zymomonas mobilis*, které mají oproti kvasinkám rychlejší metabolismus, nižší nutriční nároky a fermentace může probíhat za vyšších teplot [4].

Samotná výroba destilátů začíná přípravou kvasů (rmutů). Kvalita rmutu přímo ovlivňuje kvalitu budoucího destilátu, proto je žádoucí, aby k jeho přípravě byla použita kvalitní surovina v závislosti na druhu vyráběného destilátu. Jedná se tedy například o ovoce, škrobnaté suroviny, jako jsou obiloviny a z nich připravené slady a ostatní suroviny, mezi které jsou řazeny například jalovčinky, cukrová třtina, cukrová melasa atd. [1].

Vlastní kvašení probíhá většinou v kvasných nádobách opatřených kvasným uzávěrem. Cílem fermentace je vedle produkce etanolu i tvorba sensoricky významných látek typických pro výsledný produkt. Průmyslová výroba využívá zejména takzvané řízené kvašení, tedy použití inokula čisté kvasinkové kultury [4].

Destilace je separační pochod, při kterém se ze zahřátého kvasu odpařují těkavé látky (etanol a další sensoricky významné látky) a odděleně kondenzují. Po první destilaci je získán tzv. lutr, surový destilát, který obsahuje 20 – 30 % obj. etanolu. Lutr je rektifikován (2. destilace) v zařízení podobném k destilaci kvasu. Při rektifikaci je destilát dělen na 3 části – úkap, jádro, dokap. Úkap a dokap jsou od jádra odstraňovány, protože obsahují vedlejší produkty kvašení – vyšší alkoholy, těkavé mastné kyseliny, estery, aldehydy, metanol apod., které zhoršují kvalitu destilátu nebo v případě metanolu i život a zdraví konzumenta. Jádro představuje chuťově a aromaticky sladěný destilát [5].

1.2 Lihoviny vyráběné smísením s jednou nebo více složkami

Mezi lihoviny vyráběné tzv. „studenou cestou“ patří zejména likéry. Obecně lze říci, že likéry jsou vyráběny ze společného seznamu složek, a to z alkoholu, cukru nebo sladidel, vody a ochucujících složek. Kromě toho mohou některé speciální likéry obsahovat další složky, jako je smetana, vejce, ovocné šťávy apod. V tomto případě je použití některých aditiv, zejména emulgátorů, nezbytné. Při výrobě je nutno volit jen emulgátory legislativně schválené v zemi, do které budou likéry prodávány [1].

1.2.1 Suroviny pro výrobu likérů

Lih – k výrobě lihovin studenou cestou se používá lih kvasný (jemný, či velejemný) rafinovaný. Mezi nejkvalitnější patří lih obilný, bramborový a melasový [6]. Jakost jednotlivých druhů lihu a podmínky jejich výroby podléhají legislativnímu předpisu, konkrétně zákonu o lihu č. 61/1997 Sb [7].

Cukr a sladidla – nejpoužívanějším cukrem je sacharóza z cukrové třtiny nebo cukrové řepy, protože tato konečnému výrobku, kromě chuti sladké, nepředává žádnou jinou výraznou chuť. Nicméně existují i jiné sladké látky, které mohou být použity, jako je například glukózový sirup, med, kukuřičný sirup s vysokým obsahem fruktózy, sirup z Rohovníka obecného (karobový sirup), polyalkoholy, syntetická sladidla apod., přičemž poslední dvě zmíněná sladidla jsou přidávána hlavně za účelem získat likér s nižší kalorickou hodnotou, ale také pro výrobu nápojů pro specifické skupiny obyvatel, především diabetiky. Použití konkrétního sladidla je tedy závislé na jeho dostupnosti, ceně, legislativě a na konečných požadovaných vlastnostech likérů [8].

Nejlépeším způsobem, jak přidávat cukry, nezávisle na jejich zdroji, je ve formě roztoku (krystalická, či pevná sladidla, se obvykle nepoužívají).

Aromatické materiály – aromatické složky používané k výrobě likérů mají přírodní původ. Pocházejí z rostlin (ze všech jejich částí: kořeny, listy, semena, květy atd.), ovoce, koření, ale také ze surovin živočišného původu, jako jsou vejce, smetana nebo jiné mléčné produkty. Tyto suroviny mohou likérům poskytnout barvu, chuť, či aroma, což závisí zejména na metodickém postupu použitém při výrobě. Např. jestliže jsou aromatické materiály v přímém kontaktu s extrakčním činidlem (obvykle alkohol) získají se aromatické i barevné složky. Je-li však aromatizace prováděna přidáním čištěných rostlinných extraktů, jsou obvykle získány produkty bezbarvé. Nevýhodou extrahovaných přírodních pigmentů je

jejich náchylnost k degradaci, proto je vhodné použití některých syntetických barviv pro zachování atraktivního vzhledu likérů [9]. Nicméně, použití syntetických barviv, je možné pouze tam, kde to dovolí právní předpisy, v rámci Evropské Unie tedy Nařízení Evropského Parlamentu a Rady č. 1334/2008 o látkách určených k aromatizaci a některých složkách potravin vyznačujících se aromatem pro použití v potravinách nebo na jejich povrchu [10].

Suroviny živočišného původu – do této skupiny je řazena především smetana, ostatní mléčné produkty a vejce.

Vaječné žloutky nejen, že dávají chuť likéru, ale také jsou zdrojem proteinů, fosfolipidů (emulgátory), vitaminů a minerálů. Jestliže jsou k výrobě likérů použita čerstvá vejce, musí být vhodně ošetřena. Prvním krokem je oddělení bílků a žloutky jsou šlehány do pěny, která je následně filtrována, čímž dojde k odstranění blán žloutků, či zbytků bílku. Dalším krokem je přidavek cukerného roztoku a směs je důkladně promíchána. Tato směs je pozvolna smíchávána s alkoholem tak, aby bylo zabráněno jejímu sražení [1].

Smetana je používána pro svou chuť a dává likéru jemnou konzistenci. Nejpoužívanější je smetana získaná z kravského mléka. Na smetanu nejsou stanoveny žádné zvláštní požadavky, musí být pouze čerstvá a v tekuté fázi. Většinou je nejprve smíchána s cukrem a poté je pomalu dávkována [1].

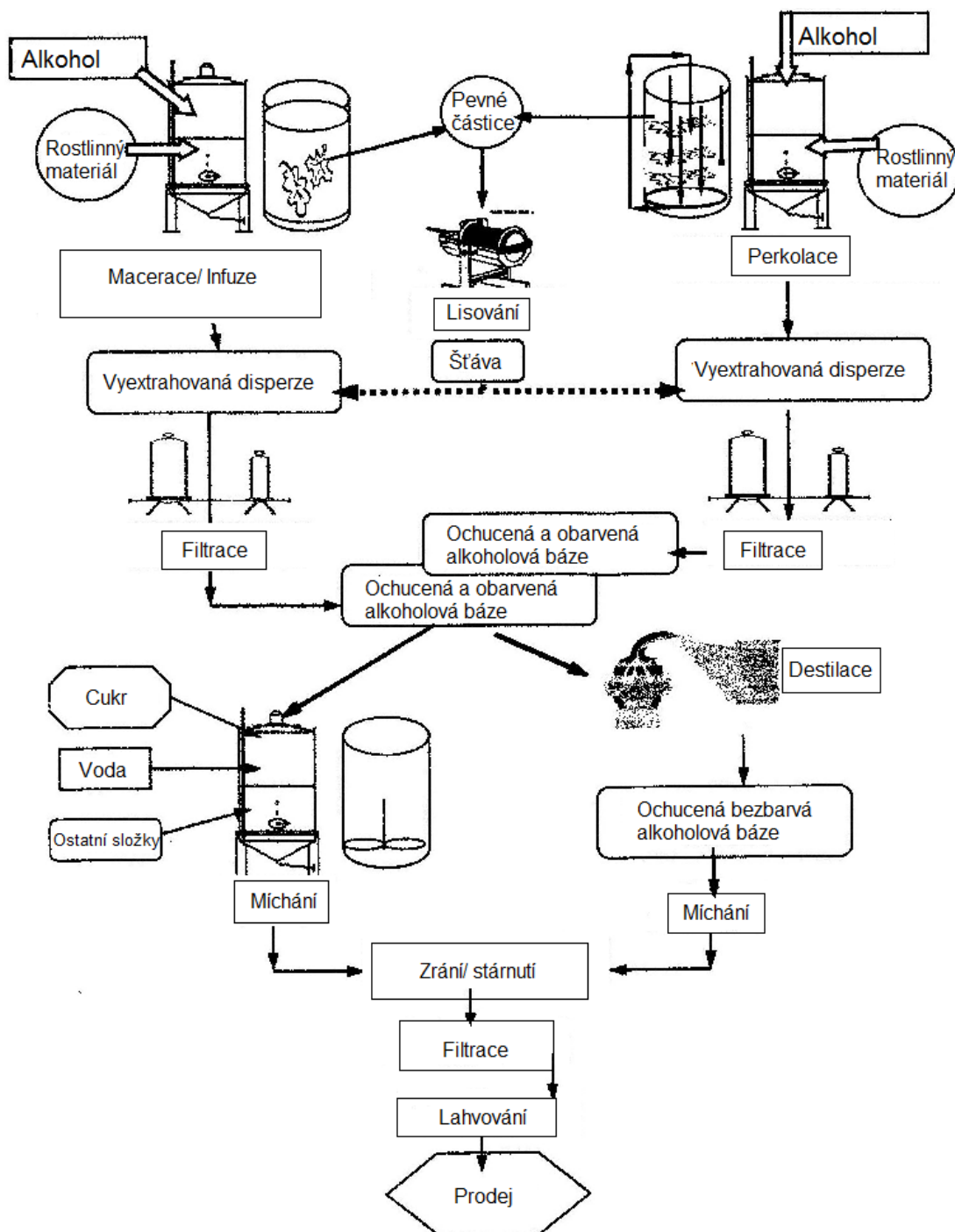
V některých recepturách jsou používány i ostatní mléčné výrobky jako je sušené mléko nebo mléčné proteiny. Tyto jsou zpravidla používány k úpravě konzistence, či viskozity, nikoli chuti [1].

Voda – při výrobě likérů je zapotřebí použití vysoce čisté vody, aby se předešlo problémům s jejich stabilitou způsobenou přítomností anorganických iontů. Je nutné kontrolovat především obsah vápenatých iontů, které mohou produkovat sraženiny. Tyto sraženiny mohou negativně ovlivnit zejména barvu a chuť likéru. Doporučená hladina vápenatých iontů je pod 2,0 mg/l a hořečnatých iontů 3,0 mg/l. Obecným pravidlem je použití vody měkké [11], s koncentrací všech vícemocných kationtů alkalických zemin (vápníku a hořčíku) pod 1,3 mmol/l [12].

1.2.2 Výrobní proces

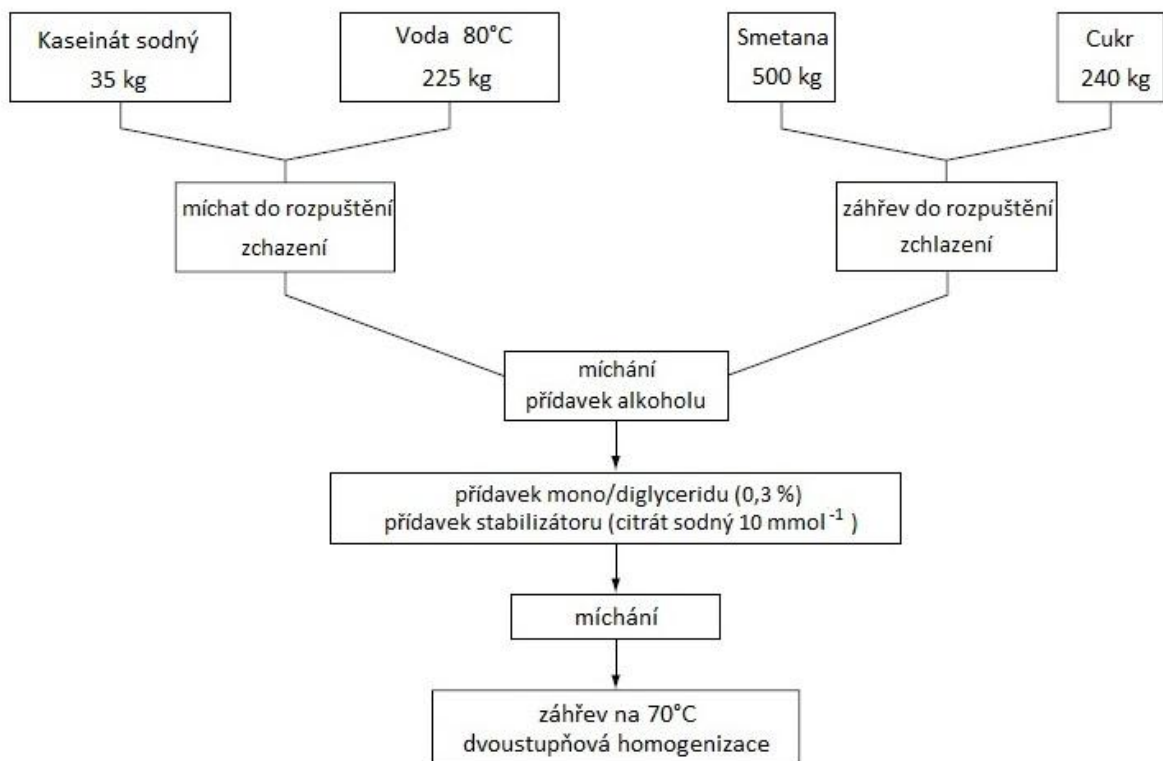
Obecný postup výroby likérů je velmi jednoduchý – ochucovadlo je na určitou dobu ponořeno do alkoholové fáze. Následnou filtrací dochází k odstranění případných pevných částic a je přidán cukr či sladidla. Tato směs je různou dobu přechovávána (probíhá takzvané

stárnutí) a nakonec je výrobek opět filtrován a balen. Jedná se o základní postup výroby většiny likérů. Existují však i určité rozdíly ve výrobě jednotlivých produktů. Nejdůležitějším krokem je pravděpodobně aromatizace, jejímž cílem je dodat likéru požadované aroma v co nejkratším čase. Podle způsobu aromatizace lze likéry rozdělit na 2 významné kategorie, a sice macerované a destilované likéry [13]. Schematické znázornění postupu jejich výroby udává obrázek 1.



Obrázek 1: Schematické znázornění výroby likérů [1].

Pro výrobu likérů vyráběných pouhým smícháním surovin jsou používány nejmodernější zařízení, které jsou složeny z míchací (směšovací) nádrže z nerezové oceli, připojené k dalším nádržím, které obsahují jednotlivé složky likéru, jako je voda, sirupy, barevné přírodní extrakty, povolené přídatné látky apod. Automatizované systémy ventilů dávkují do směšovací nádrže jednotlivé komponenty v požadovaném množství a pořadí. Na každé připojené nádrži existují takzvané inline řídicí systémy pro kontrolu, které umožňují případnou korekci zjištěné odchylky. Po promíchání je odebrán alikvotní podíl produktu, který je poslán na skupinu analytických přístrojů pro kvantifikaci některých parametrů, jako je barva, pH, hustota atd. Na základě této analýzy je možné určit, zda výrobek splňuje požadovaná specifika. Senzorickou analýzu produktu provádí „master liqueur maker“, a po jejím schválení následuje lahvování. Jestliže produkt vykazuje větší než tolerovanou odchylku některého z parametrů, tak řídicí systém odešle informace umožňující korelaci přidáním odpovídajících složek. Tento postup smíchávání je obvykle používán pro výrobu likérů obsahujících ovocnou šťávu a pro likéry obsahující vejce, či smetanu. V těchto případech je nezbytné správné a důkladné promíchání všech surovin, zejména těch s vysokým obsahem tuku. Aby bylo zabráněno nechtěné separaci jednotlivých fází, používá se zpravidla dvojitá (double-head) vysokotlaká homogenizace. Schéma pro výrobu typického smetanového likéru znázorňuje obrázek 2 [1], avšak konkrétní receptury jsou zpravidla obchodním tajemstvím dle Zákona č. 89/2012 Sb., občanského zákoníku [14].



Obrázek 2: Diagram výrobního procesu typického smetanového likéru [15]

2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KONZISTENČNÍ VLASTNOSTI EMULZNÍCH LIKÉRŮ

Emulze jsou koloidní disperze, ve kterých je jeden druh kapaliny (disperzní podíl) dispergován v jiné kapalné fázi (disperzní prostředí) ve formě více nebo méně jemných částic. Vedle koloidních disperzí existují i hrubé a analytické disperze, ovšem v potravinářství se setkáváme nejčastěji právě s disperzemi koloidními, jejichž velikost částic disperzního podílu se pohybuje v rozmezí 10^{-9} m až 10^{-6} m. Podle druhu disperzního podílu a disperzního prostředí rozlišujeme emulze typu voda v oleji (V/O), kdy disperzním podílem je voda rozptýlená v oleji jakožto disperzním prostředím. Z potravin se jedná například o máslo, margaríny, majonézy a některé salátové dresinky apod. Dalším základním typem je emulze typu olej ve vodě (O/V) ve kterých je disperzním podílem olej rozptýlený ve vodě. Příkladem takovéto emulze může být mléko, smetana, emulzní likéry aj. [16]. Kromě základních typů emulzí V/O a O/V existují také různé typy složených emulzí tzv. multiple emulze V/O/V, jež představují dispergované částice vody ve větších částicích oleje, které jsou samy dispergovány v kontinuální vodné fázi nebo O/V/O emulze, představující dispergované částice oleje ve větších částicích vody, které jsou samy dispergovány v kontinuální olejové fázi [17].

Emulzní likéry je v podstatě možné označit jako mléčné emulze s obsahem etanolu od cca 14 % obj. až po 25 % obj. v závislosti na složení konkrétního výrobku. Z technologického hlediska je u těchto potravinářských emulzí důležitá zejména jejich stabilita [18] jak při samotné výrobě, tak do uplynutí doby jejich trvanlivosti [17].

2.1 Projevy nestability emulzních likérů a některé faktory, které ji ovlivňují

Mezi nejčastější projevy nestability emulzních likérů patří především nežádoucí tvorba agregátů, separace jednotlivých fází, houstnutí/gelovatění, krémování, sedimentace, či flokulace [2].

Krémování představuje pohyb složek emulgované fáze směrem nahoru v důsledku její nižší hustoty. Naproti tomu sedimentace představuje pohyb složek směrem dolů v důsledku jejich vyšší hustoty, za současného působení gravitační síly [2]. S těmito procesy úzce souvisí pojem Ostwaldovo zrání, který je možné popsat jako přenos látky z drobnějších částic na částice větších rozměrů, probíhající v důsledku vyššího tlaku páry nebo větší roz-

pustnosti menších částic. Vznikající větší částice pak mají za následek rychlejší sedimentaci či krémování [19].

Flokulace představuje spojování kapiček emulze, bez toho aniž by stabilizující vrstva kapičky praskla a naopak koalescence je spojování dvou či více kapiček do jedné velké. Při obou procesech tedy dochází k agregaci kapek [16].

Houstnutí je proces, při kterém dochází ke zvýšení viskozity emulze. Ke zvýšení viskozity dochází i při gelovatění, u kterého je v důsledku synereze pozorována separace vodné fáze [20].

Faktorů ovlivňujících stabilitu emulzí je celá řada a je velmi obtížné rozeznat vliv jedné složky v různé koncentraci na chování složek ostatních [2].

2.1.1 Velikost částic

Velikost částic je jednou z nejdůležitějších vlastností, které mají vliv na stabilitu emulzí. Emulze obsahující flokulované částice mají vyšší viskozitu, než emulze obsahující stejnou koncentraci částic neflokulovaných. Z tohoto důvodu je homogenizace důležitým krokem při výrobě emulzních likérů. Jejím cílem je vytvoření jemně dispergované emulze pro zajištění dlouhodobé stability, přičemž použití vysokotlakých homogenizátorů (150 – 350 MPa) je efektivnější (dochází k vytvoření částic o menším průměru) než homogenizace za nižšího tlaku. Toto ve své studii potvrdil i Hefferman a kol. [21], jež srovnávali konvenční (běžně používaný v průmyslové výrobě) a vysokotlaký homogenizátor. Na druhou stranu je použití vysokotlakého homogenizátoru spojeno s řadou problémů, jako je nežádoucí nárůst teploty produktu či vysoké provozní náklady [21]. V praxi je proto zpravidla používána dvoustupňová homogenizace. K lepšímu rozptýlení tuku dochází, jestliže je prováděna až po přidání alkoholové fáze [20].

Homogenizace je tedy způsob, jak lze zabránit nežádoucímu krémování. Cílem je získání kapiček mléčného tuku s průměrem menším než 0,8 μm , což jsou částice menší než u homogenizovaného mléka [2].

2.1.2 Obsah etanolu

Kaseinové micely lze charakterizovat jako elipsoidní částice, na jejichž povrchu je především κ -kasein. Ten svým hydrofilním segmentem vytváří tzv. „vlající“ či „vláskovou“ strukturu (v anglické literatuře „hairy structure“). κ -kasein se na rozdíl od kaseinových frakcí vyskytujících se ve vnitřní části kaseinové micely (α_{s1} -kasein, α_{s2} -kasein, β -kasein)

nesráží v přítomnosti vápenatých iontů a je tak důležitým parametrem pro stabilizaci kaseinové micely. Tato stabilizační vrstva může být porušena například působením etanolu, který způsobí slehnutí hydratačního obalu, nebo změnou pH prostředí k izoelektrickému bodu kaseinu ($\text{pH} \approx 4,6$), nebo může být hydrofilní segment κ -kaseinu odstraněn působením syřidla, čehož se využívá zejména v mlékárenské technologii při sladkém srážení. Destabilizace kaseinových micel vede často k jejich koagulaci [22].

Z odstavce výše tedy vyplývá, že stabilita mléčné emulze je přímo závislá na koncentraci etanolu v kontinuální fázi. Dickinson a Golding [23] uvádí, že množství 30 – 40 % hmotnostních etanolu vede k agregaci mléčného proteinu, protože etanol narušuje hydrataci hydrofilního segmentu κ -kaseinu na kaseinové micely. Naproti tomu koncentrace etanolu menší než 20 % hmot. zvyšuje stabilitu emulze, protože snižuje mezipovrchové napětí mezi tukovou a vodnou fází, čímž je zpomaleno vystávání tuku v emulzi [23].

V rámci studie provedené Espinosou a Scanlonem [24] byly vytvořeny modelové podmínky pro sledování fyzikálních vlastností a stability emulze obsahující alkohol, olej a kaseinát sodný. Pro vytvoření emulze byly použity dva druhy olejů (řepkový a kokosový) v rozmezí 10 – 53 hmot. %, alkohol v množství od 8 do 32 hmot. % a obsah kaseinátu sodného byl 32 – 68 hmot. %. Z výsledků této studie vyplývá, že druh oleje má pouze malý dopad na stabilitu emulze, avšak stabilita emulze je citlivá na obsah etanolu a na poměr kasein/olej. Emulze vykazovaly zpravidla newtonské chování, avšak mírné tixotropní chování bylo patrné u emulzí z kokosového oleje při nízké koncentraci etanolu [24].

2.1.3 Teplota skladování

Ve studii provedené Banksem a Muirem [25] byly emulzní likéry inkubovány při 45 °C po dobu dvou měsíců. Cílem této práce byla snaha předvídat stabilitu těchto výrobků. Autoři uvádí, že u stabilních vzorků by nemělo dojít k oddělování fází, nadměrnému zahuštění, ani gelovatění. V literatuře je dále uvedeno, že za přijatelné je považováno přibližně dvojnásobné zvýšení viskozity během měsíce skladování [25]. V rámci skladovacího pokusu provedeném v disertační práci Powera [26] byla sledována mimo jiné i viskozita komerčních emulzních likérů (Baileys, Emmets, Carolans). Likéry byly skladovány při pokojové teplotě a při teplotě 45 °C. Z výsledků těchto studií vyplývá, že teplota skladování 45 °C má vliv na viskozitu emulzních likérů v podobě jejího zvýšení – menšího, či většího v závislosti na složení konkrétního výrobku [26].

2.1.4 Emulgátory a stabilizátory

Emulgátory jsou povrchově aktivní látky, které svou absorpcí na fázové rozhraní dvou nemísitelných kapalin umožňují vznik emulzí. Stabilizátory jsou látky, které zajišťují dlouhodobou stabilitu fyzikálních vlastností emulzí [27].

Většina povrchově aktivních látek určená ke stabilizaci potravinových emulzí a pěny spadá do dvou kategorií:

- Nízkomolekulární emulgátory – lipidy, fosfolipidy, mono- a diacylglyceroly
- Vysoce molekulární emulgátory – proteiny a polysacharidy

Hydrofobní část u nízkomolekulárních emulgátorů je zpravidla tvořena mastnými kyselinami s dlouhým řetězcem a hydrofilní část je glycerol nebo fosfoglycerol. U vysoce molekulárních emulgátorů, složených minimálně ze dvou frakcí (polysacharidová a bílkovinná frakce) je hydrofilní část tvořena sacharidem a hydrofobní polypeptidem. Emulgátory mohou být dále rozlišeny na základě jejich tzv. HLB hodnoty (hydrofilně-lipofilní rovnováha) [28]. Tato hodnota udává poměr hydrofilní a hydrofobní části molekuly emulgátoru. Vysoká hodnota HLB (HLB = 8 – 18) značí vysoký podíl hydrofilních skupin ku skupinám lipofilním, takže tyto emulgátory stabilizují emulze typu o/v. Naproti tomu emulgátory s nízkou hodnotou HLB (HLB = 4 – 6) jsou lipofilní a stabilizují emulze typu v/o. Vedle těchto existují i emulgátory se střední hodnotou HLB (HLB = 6 – 8), ty však nemají žádnou zvláštní přednost pro olej nebo vodu [16].

Lecitin je povrchově aktivní látka, která patří mezi nejpoužívanější emulgátory v potravinářském průmyslu [29]. Termín lecitin je používán pro fosfatidylcholin, ale i pro směs přírodních fosfolipidů. Významným zdrojem je surový sojový olej. Samotný lecitin je pak získáván při rafinaci tohoto oleje [27]. Dalším přírodním zdrojem fosfolipidů je vaječný žloutek, či membrána tukových kuliček mléka, která obsahuje vysoký podíl materiálu fosfolipidového typu (až 33 %) [26].

Mnoho potravin, jež existují ve formě koloidních disperzí, je stabilizováno prostřednictvím bílkovin mléka nebo vajec [2]. Například již zmíněná majonéza, která je emulzí typu olej ve vodě, je stabilizována především proteiny vaječného žloutku, které jsou směsí lipidů (včetně lecitinu), proteinů a lipoproteinů [30]. Z této znalosti lze usoudit, že i vaječné likéry, či likéry s přídavkem vajec jsou do jisté míry stabilizovány složkami vaječného žlout-

ku, který je obsažen v množství minimálně 140 g/ l (vaječný likér) a 70 g/ l (likér s přídavkem vajec).

Kaseináty jsou v potravinářském průmyslu jedny z nejpoužívanějších emulgátorů [2]. Na druhou stranu nejsou, dle Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, považovány za potravinářské přídatné látky [31]. V různých potravinářských výrobcích jsou kaseináty používány jako látky vázající vodu, emulgátory či pěnotvorné látky, nebo látky obohacující výrobek o bílkovinu [2] a byly v řadě studií použity jako emulgátory při výrobě emulzních likérů [23, 32]. Jejich přídavek během procesu výroby vede ke zvýšení obsahu proteinů, kterých je pak dostatek k vytvoření ochranného povlaku tukových kapiček. Na druhou stranu jsou kaseináty citlivé na obsah vápenatých iontů přítomných v mléce a proto je vhodný současný přídavek malého množství citrátu sodného, který reguluje dostupnost vápenatých iontů pro reakce vedoucí ke vzniku nežádoucích agregátů [2].

Na nežádoucí krémování emulzních likérů má také vliv viskozita vodní fáze. Řešením je tedy její zvýšení například přídavkem hydrokoloidů [2], které představují skupinu polysacharidů a proteinů, z nichž některé jsou schopny za určitých podmínek vytvářet trojrozměrné matrice – gely [33]. Jako příklad hydrokoloidů lze jmenovat arabskou a xantanovou gumu, které se uplatňují, mimo jiné, i při výrobě alkoholických nápojů.

Arabská guma je přírodní guma získávaná z akácií rodu *Acacia*. Jedná se o vysoce větvený polysacharid arabinogalaktan obsahující i bílkovinnou frakci [26], který netvoří gely, tvoří pouze viskózní roztoky [27]. Používá se jako zahušťovadlo, stabilizátor a emulgátor. V potravinách je označována jako E 414 [34] a je používána například v pekárenství, dále při výrobě cukrovinek, vína atd. [16].

Xantanová guma je exocelulárníheteropolysacharid vyráběný pomocí aerobní fermentace sacharidů kulturou bakterie *Xanthomonas campestris*. Vlastní proces výroby spočívá v přípravě sterilního média, do kterého je kultura inokulována. Následuje fermentace (3 dny při 30 °C), pasterace, vysrážení xantanové gumy alkoholem, centrifugace, sušení, mletí a balení [35]. V potravinách je xantanová guma uvedena pod kódem E 415 [34] a je používána například k zahuštění a stabilizování mléčných výrobků, dressingů, omáček, sirupů, emulzních likérů apod. [36].

3 VISKOZITA A METODY JEJÍHO MĚŘENÍ

Reologie je vědní obor zabývající se studiem deformace a toku hmoty a může být aplikována na prakticky jakýkoliv produkt [37]. Reologie potravin tedy studuje deformaci a tok surovin, meziproductů a konečných productů potravinářského průmyslu [38]. Řada potravinářských operací je ve značné míře závislá na reologických vlastnostech daného productu ve všech fázích výroby, protože tyto vlastnosti mají vliv zejména na kvalitu finálního výrobku [37].

Viskozitu je možné definovat jako vnitřní tření tekutiny nebo jako její tendenci vzdorovat toku. Podle tokového chování rozlišujeme newtonské a neneutronské tekutiny. Mezi faktory ovlivňující viskozitu patří zejména teplota, koncentrace rozpuštěné a dispergované látky, molekulová hmotnost rozpuštěné látky, tlak a obsah nerozpuštěných látek [37].

Newtonské tekutiny jsou takové, pro které platí, že smykové napětí τ je úměrné dynamické viskozitě η a gradientu rychlosti j , který je dán $\frac{dv}{dy}$, kde v je rychlost pohybu jedné roviny vzhledem ke druhé rovině a y je souřadnice kolmá k těmto rovinám. Dynamická viskozita je tedy pro danou teplotu konstantou. Tento vztah popisuje Newtonova rovnice a představuje Newtonův zákon viskozity [39].

$$\tau = \eta \cdot \frac{dv}{dy} = \eta \cdot j \quad (3.1)$$

Newtonské chování vykazuje například voda, cukerné roztoky a některé rostlinné oleje [40].

Pro neneutronské tekutiny platí analogická rovnice jako pro newtonské tekutiny

$$\tau = \eta_a \cdot \frac{dv}{dy} = \eta_a \cdot j \quad (3.2)$$

kde η_a je zdánlivá viskozita, která je veličinou proměnnou a závisí na smykovém napětí nebo rychlosti deformace, tudíž nemůže přímo sloužit pro fyzikální hodnocení konzistence neneutronských tekutin [41]. K určení tokové křivky neneutronské tekutiny je nutná znalost závislosti smykového napětí na gradientu rychlosti. Tuto závislost popisují tzv. reologické modely. Mezi nejpoužívanější časově nezávislé reologické modely patří například Newtonův model, Ostwald – de Waeleův, Binghamův, Eyringův, Ellisův model aj. [39]. Vzorce vybraných druhů reologických modelů uvádí tabulka 1.

Tabulka 1: Vybrané druhy reologických modelů [39]

Model	Vzorec	Poznámka
Newton	$\tau = \eta \cdot \frac{d_v}{d_y} = \eta \cdot j$	η – dynamická viskozita
Ostwald – de Waele	$\tau = K \cdot \left(\frac{d_v}{d_y}\right)^n = K \cdot j^n$	K – koeficient konzistence n – index toku
Bingham	$\tau = \tau_y + \mu_B j$	τ_y – počáteční smykové napětí μ_B – Binghamova viskozita

Newtonův model je reologický model, který se řídí newtonovým zákonem viskozity (3.1) a slouží pro popis chování newtonských tekutin. Jak již bylo uvedeno výše, newtonské tekutiny jsou takové, pro které platí, že smykové napětí τ je úměrné dynamické viskozitě η a gradientu rychlosti j [39].

Model Ostwald – de Waele, je nejčastěji používaná rovnice k popisu reologického chování tekutin, u kterých se nevyskytuje mez toku τ_y (v anglicky psané literatuře je užíváno slovní spojení „yield stress“), kde K je koeficient konzistence, n je index toku [40]. Oba tyto parametry jsou charakteristické pro danou kapalinu a charakterizují její materiálové vlastnosti. Jestliže je hodnota pro n menší než 1, vykazují tekutiny pseudoplastické chování, jestliže je n rovno 1, pak tekutiny vykazují newtonské chování a pro n větší než 1 dilatantní [40].

Pro popis reologického chování ideálně plastické tekutiny je užíván Binghamův model, který popisuje chování tzv. binghamských látek. Pro tyto látky je charakteristické, že jejich deformace (tok) je možná až po překonání tzv. „meze toku“ τ_y [42].

3.1 Časově nezávislé neneutonské tekutiny

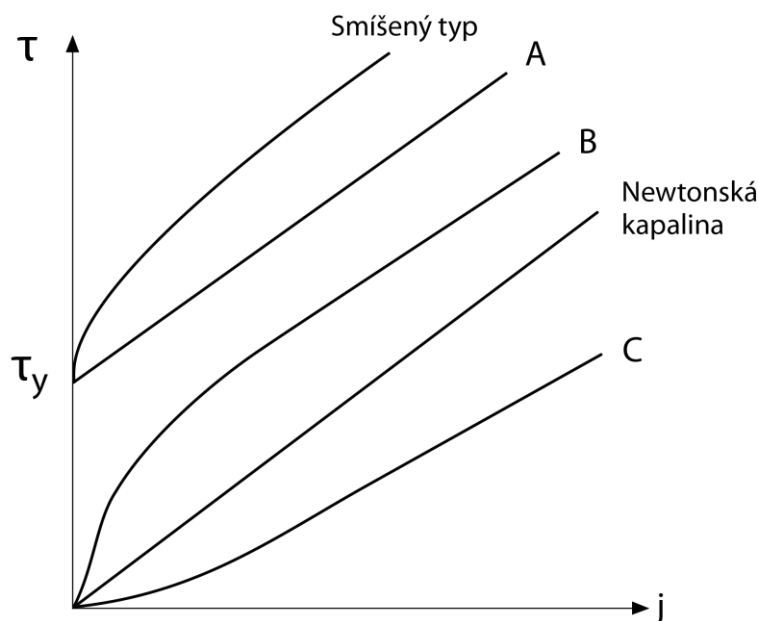
Neneutonské tekutiny je možné rozdělit na časově závislé a časově nezávislé, přičemž většina potravin patří právě mezi časově nezávislé. Tyto mohou být následovně klasifikovány na [40]:

Pseudoplastické (řidnouce tekutiny) – zahrnují většinu neneutonských potravin například ovocné pyré, kondenzované mléko, kečup a další smykově citlivé potraviny [40]. Pro pseudoplastické tekutiny je charakteristické, že s rostoucím gradientem rychlosti klesá je-

jich zdánlivá viskozita. V klidovém stavu jsou jejich částice náhodně promíchány, avšak v okamžiku působení rychlostního gradientu dochází v hlavní ose k orientaci částic. Jak již bylo uvedeno výše, zdánlivá viskozita klesá s rostoucím rychlostním gradientem a to až do doby, kdy další orientace částic není možná. Od této hodnoty je již vztah pro τ lineární [39].

Dilatantní (houstnoucí tekutiny) – jejich reologické chování je opačné k pseudoplastickým kapalinám, což znamená, že s rostoucím gradientem rychlosti roste jejich zdánlivá viskozita [40]. Z potravin jsou to škrobové mazy, med aj. [39].

Binghamské (ideálně plastické) – pro uvedení těchto kapalin do pohybu je nutné překonat minimální (počáteční) smykové napětí τ_y tzv. „mez toku“. Po dosažení tohoto napětí dochází k rozpadu jinak trojrozměrné struktury a látka se chová jako newtonovská tekutina [39]. Vedle čokoládové polevy vykazují binghamské chování toku [40] také řídké kaše, pasty apod. [37].

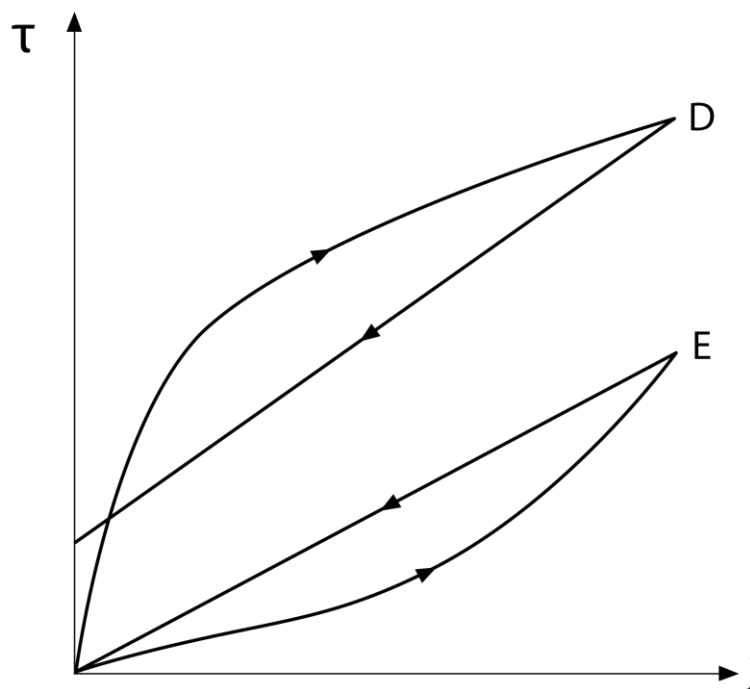


Obrázek 3: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro tekutiny časově nezávislé; kde A je Binghamská tekutina, B je pseudoplastická tekutina a C je dilatantní tekutina [40]

3.2 Časově závislé nenevtonské tekutiny

Tixotropní tekutiny – mezi tixotropní tekutiny patří pseudoplastické nebo plastické tekutiny, jejichž zdánlivá viskozita klesá s prodlužující se dobou působení tečného napětí [39]. Patří sem například kysané mléčné výrobky [43]. Na tokové křivce tixotropních kapalin jsou pozorovány hysterezní smyčky, což znamená, že průběh tokové křivky při zvyšování tečného napětí je rozdílný s průběhem tokové křivky při snižování tečného napětí. Hysterezní smyčka u tixotropních kapalin probíhá ve směru hodinových ručiček [41].

Reopektické tekutiny – opakem tixotropních tekutin jsou tekutiny reopektické, u kterých zdánlivá viskozita roste s prodlužující se dobou působení tečného napětí. Na tokové křivce je opět pozorována hysterezní smyčka, avšak tato probíhá proti směru hodinových ručiček [39]. Potraviny nevykazují toto chování [44].



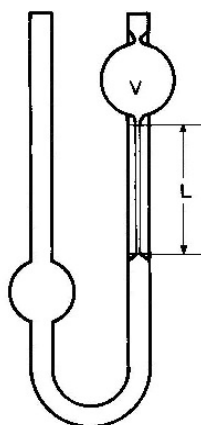
Obrázek 4: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro tekutiny časově závislé; kde D je hysterezní smyčka pro tixotropní tekutiny a E pro reopektické tekutiny [40]

3.3 Metody měření viskozity

Pro měření viskozity potravin se uplatňují především tři hlavní druhy viskozimetrů: kapilární, tělískové a rotační [40]. Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, pro neneutonské tekutiny není viskozita látkovým parametrem a proto je měřena celá toková křivka – reogram. Podmínkou správného měření je vždy laminárnost proudění v celém rozsahu měření a dobře definovaná geometrie toku (možnost určování gradientu rychlosti a tečného napětí). Měření viskozity je prakticky nemožné u suspenzí, u kterých dochází v krátké době k separaci fází [41].

Kapilární viskozimetr

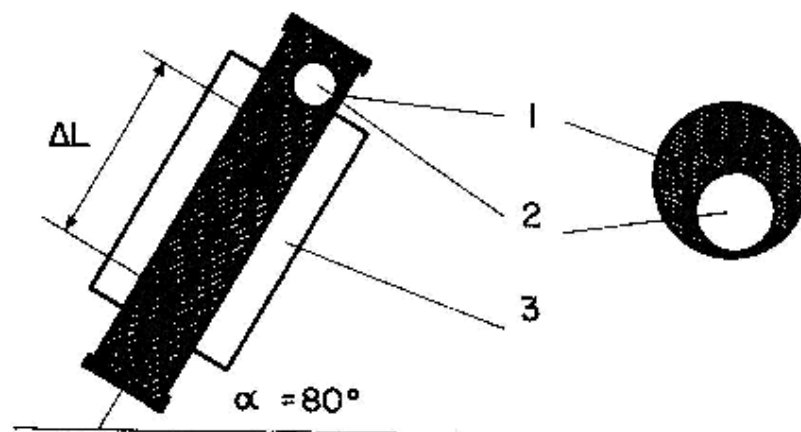
Obrázek 5 schematicky znázorňuje kapilární viskozimetr. Tekutina, u níž má být měřena viskozita je uložena v horní nádrži (V) odkud je v důsledku hnací síly vypuštěna kapilárou [40]. Hnacím tlakem je obvykle gravitační síla, která působí na sloupec kapaliny. Kromě toho je však možné i použití mechanické síly (tlaku plynu, tlaku pístu, či použití podtlaku na výstupu) [37]. Existují různé druhy kapilárních viskozimetrů v závislosti na jejich konstrukci např. Ostwaldův viskozimetr, Ubbelohdův viskozimetr, Viskozimetr Vogel – Ossag apod. [39]. Princip měření je však stejný a spočívá v měření času potřebného k projití standardního objemu tekutiny kapilárou (L). Kapilární viskozimetry jsou vhodné pro měření viskozity newtonských i neneutonských tekutých potravin v rozmezí $0,01 - 5 \times 10^6$ mPa, až do velmi vysokých hodnot smykového napětí; s dobrou až střední přesností měření [40].



Obrázek 5: Ostwaldův viskozimetr [19]

Tělískový viskozimetr

Principem je měření rychlosti pádu (pod vlivem gravitace) nejčastěji hladkého kulovitého tělíka ve zkoumané tekutině. Tělískový viskozimetr je schematicky znázorněn na obrázku 6. Kulovité těleso může být zhotoveno z různého materiálu, zejména pak ze skla (cca 2 g/cm^3), či z ocele (cca 8 g/cm^3). Tyto viskozimetry jsou použitelné pro měření viskozity u průhledných newtonských tekutin [40]. Stejně jako v předešlém případě i zde existují různé druhy tělískových viskozimetrů jako je například Stokessův viskozimetr, viskozimetr bublinkový, u kterého je těleso nahrazeno vzduchovou bublinou, nebo Höpplerův viskozimetr, u kterého je skleněná trubice nakloněna o 10° od vertikály [39]. Měřicí rozsah viskozity je od $20 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ do $85\,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$.

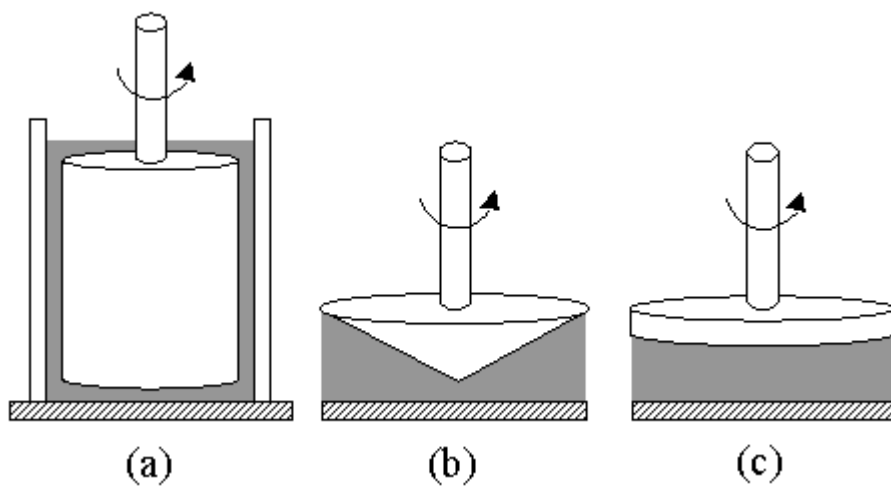


Obrázek 6: Tělískový viskozimetr, kde 1 je vertikální nebo nakloněná skleněná trubice, 2 je kulovité tělísko a ΔL je vzdálenost měření pádu tělesa [40]

Rotační viskozimetr

Princip měření spočívá v měření momentu síly, který musí překonat rotující těleso ponořené do měřené tekutiny. Rotace by měla probíhat pouze takovou rychlostí, aby nedoházelo k turbulentnímu proudění [45]. Existují 3 druhy rotačních viskozimetrů dle uspořádání geometrie (obrázek 7), a sice dva sousední válce (a), nebo kužel – deska (b), či dvě rotující desky (c) [39].

Rotační viskozimetry jsou vhodné k měření viskozity newtonských i neneutronských potraavin [40].



Obrázek 7: Druhy měřících geometrií rotačního viskozimetru [46]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části této diplomové práce bylo:

- popsat technologii výroby likérů
- popsat faktory ovlivňující konzistenční vlastnosti likérů a metody měření viskozity.

Cílem praktické části této diplomové práce bylo:

- získat vzorky vybraných likérů
- založit se získanými vzorky skladovací pokus při různých teplotách v délce nejméně 3 měsíců
- stanovit viskozitu skladovaných likérů.

5 MATERIÁL A METODIKA

5.1 Popis experimentu

Cílem této diplomové práce bylo sledovat změnu viskozity likérů skladovaných za různých teplot po dobu nejméně tří měsíců, přičemž vlastní experiment byl rozdělen do dvou částí.

V rámci Experimentu I byla měřena zdánlivá viskozita všech vzorků po jejich zakoupení z distribuční obchodní sítě. U těchto vzorků byly porovnávány hodnoty variačních koeficientů a reologických charakteristik, tedy koeficientu konzistence K a indexu toku n (získaných podle vztahu 6.1) získaných ze souboru dat při rostoucím a klesajícím gradientu rychlosti v rámci jednoho vzorku. Cílem bylo zjistit, zda jsou zvolené podmínky měření vhodně nastavené. Tyto vzorky byly následně použity do skladovacích pokusů v Experimentu II a jejich konkrétní složení uvádí tabulka 2.

Tabulka 2: Složení jednotlivých vzorků uvedené na etiketě

Vzorek	Složení	Obsah alkoholu
A	mléko, cukr, melasový líh, vaječný žloutek, aromata, barviva – konšelinová červeň A, tartrazin, E 110	15 % obj.
B	cukr, líh, vaječné žloutky, stabilizátor E 415, aromata, vaječné bílky, barviva: E102, E 110, E 124	15 % obj.
C	smetanový koncentrát (smetana, cukr, líh, maltodextrin, mléčná bílkovina), cukr, líh, aromata, stabilizátor: E 415, barvivo: karamel	16 % obj.
D	mléko, cukr, melasový líh, vaječný žloutek, aromata, barviva – konšelinová červeň A, tartrazin, E 110	15 % obj.
E	mléko plnotučné, cukr, vaječný žloutek 14 %, líh, pitná voda, aroma, vaječný bílek 0,01 %, barviva: E 102, E 110, E 124	17 % obj.
F	smetanový koncentrát (smetana, cukr, líh, maltodextrin, mléčná bílkovina), cukr, líh, aromata, stabilizátor: E 415, barvivo: karamel	16 % obj.
M „model“	Z vajec a rumu (více neuvedeno)	17 % obj.

Cílem Experimentu II bylo posoudit, jaký vliv má teplota skladování na zdánlivou viskozitu vybraných druhů likérů. Byly provedeny celkem dva skladovací pokusy v délce trvání tří a čtyř měsíců.

První skladovací pokus byl proveden se třemi vzorky likérů. Vzorky byly označeny pod kódy a sice A, B a C a byly uchovávány v chladničce při teplotě 5 °C. Měření proběhlo v den zakoupení (označení 0), a pak vždy po 1 měsíci skladování (označení I – III), vždy ve třech opakováních. Značení vzorků je uvedeno v tabulce 3 a jejich složení uvedené výrobcem uvádí tabulka 4

Tabulka 3: Značení vzorků pro skladovací pokus číslo 1

Vzorek	Odběr vzorků			
	Den zakoupení	1. měsíc	2. měsíc	3. měsíc
A	A(0)	A(I)	A(II)	A(III)
B	B(0)	B(I)	B(II)	B(III)
C	C(0)	C(I)	C(II)	C(III)

Tabulka 4: Složení vzorků pro skladovací pokus číslo 1

Vzorek	Složení	Obsah alkoholu
A	mléko, cukr, melasový líh, vaječný žloutek, aromata, barviva – konšelinová červeň A, tartrazin, E 110	15 % obj.
B	cukr, líh, vaječné žloutky, stabilizátor E 415, aromata, vaječné bílky, barviva: E102, E 110, E 124	15 % obj.
C	smetanový koncentrát (smetana, cukr, líh, maltodextrin, mléčná bílkovina), cukr, líh, aromata, stabilizátor: E 415, barvivo: karamel	16 % obj.

V rámci druhého skladovacího pokusu byly porovnávány opět tři druhy likérů. Likéry byly označeny pod kódy – D, E, F a byly uchovávány při třech různých teplotách skladování:

- v chladničce (5 °C),
- při pokojové teplotě (22 °C)
- v termostatu (37 °C).

Měření proběhlo v den zakoupení (označení 0), a pak vždy po 1 měsíci skladování (označení I až IV), přičemž měření každého vzorku proběhlo z časových důvodů vždy ve dvou opakováních. Značení vzorků je uvedeno v tabulce 5 a jejich konkrétní složení uvádí tabulka 6.

Tabulka 5: Značení vzorků pro skladovací pokus číslo 2

Vzorek	Teplota skladování likérů		
	5 °C	22 °C	37 °C
D	D_5(0 až IV)	D_22(0 až IV)	D_37(0 až IV)
E	E_5(0 až IV)	E_22(0 až IV)	E_37(0 až IV)
F	F_5(0 až IV)	F_22(0 až IV)	F_37(0 až IV)

Tabulka 6: Složení vzorků pro skladovací pokus číslo 2

Vzorek	Složení	Obsah alkoholu
D	mléko, cukr, melasový líh, vaječný žloutek, aromata, barviva – konšelinová červená A, tartrazin, E 110	15 % obj.
E	mléko plnotučné, cukr, vaječný žloutek 14 %, líh, pitná voda, aroma, vaječný bílek 0,01 %, barviva: E 102, E 110, E 124	17 % obj.
F	smetanový koncentrát (smetana, cukr, líh, maltodextrin, mléčná bílkovina), cukr, líh, aromata, stabilizátor: E 415, barvivo: karamel	16 % obj.

5.2 Vlastní měření

Viskozita byla měřena za použití rotačního viskozimetru HAAKE RheoStress1 (Thermo Scientific, USA) a naměřené hodnoty byly zaznamenány pomocí softwaru RheoWin. Cyklus měření se skládal z:

- 1. fáze – míchání vzorku při konstantním gradientu rychlosti 20 s^{-1}
- 2. fáze – měření při zvyšujícím se gradientu rychlosti z 0 s^{-1} na 60 s^{-1}
- 3. fáze – měření při snižujícím se gradientu rychlosti z 60 s^{-1} na 0 s^{-1}
- 4. fáze – měření při zvyšujícím se gradientu rychlosti z 0 s^{-1} na 40 s^{-1}
- 5. fáze – měření zdánlivé viskozity při konstantním gradientu rychlosti 40 s^{-1}

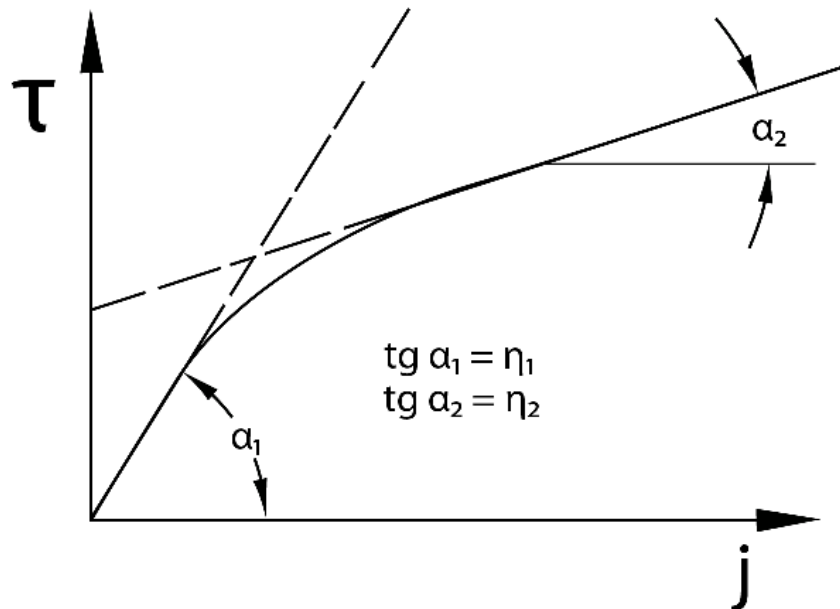
Před samotným měřením byly likéry ve spotřebitelském balení temperovány na $25 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 2 hodin ve vodní lázni (PolyScience, USA). Po temperaci a následném promíchání ve spotřebitelském obale bylo do kádinky odebráno 50 ml vzorku, které bylo po dobu 20 minut promícháváno pomocí míchačky rychlostí 100 ot/min (Kraintek, Česká republika) za současné temperance ve vodní lázni na 25°C . K samotnému měření bylo do geometrie odebráno vždy 40 g vzorku.

Získaná data z 2. a 3. fáze měření, tedy při rostoucím a klesajícím gradientu rychlosti, byla zpracována pomocí nelineární regrese v Excelu s využitím Řešitele. Nelineární regrese je vztah, kdy závislost dvou proměnných, v tomto případě smykového napětí τ a gradientu rychlosti j , je v grafu vyjádřena křivkou. Pro výpočet hodnot smykového napětí „modelu“ (vzorek M) byl použit časově nezávislý reologický model Ostwald – de Waele, což je velmi často používaná rovnice k popisu reologického chování tekutin (viz kapitola 3)

$$\tau = K \cdot j^n \quad (6.1)$$

kde K je koeficient konzistence, n je index toku. Koeficienty konzistence a indexy toků byly získány pomocí nástroje Řešitel. Průměrné hodnoty, směrodatné odchylky i variační koeficienty byly rovněž počítány pomocí Excelu. Hodnoty koeficientu konzistence a indexu toku pro vzorek M, získané před zahájením experimentu udává tabulka 7 a grafické znázornění tokových křivek obrázek 9. Zdánlivá viskozita tohoto vzorku, získaná při konstantním gradientu rychlosti 40 s^{-1} , byla $0,334 \pm 0,002 \text{ Pa}\cdot\text{s}$.

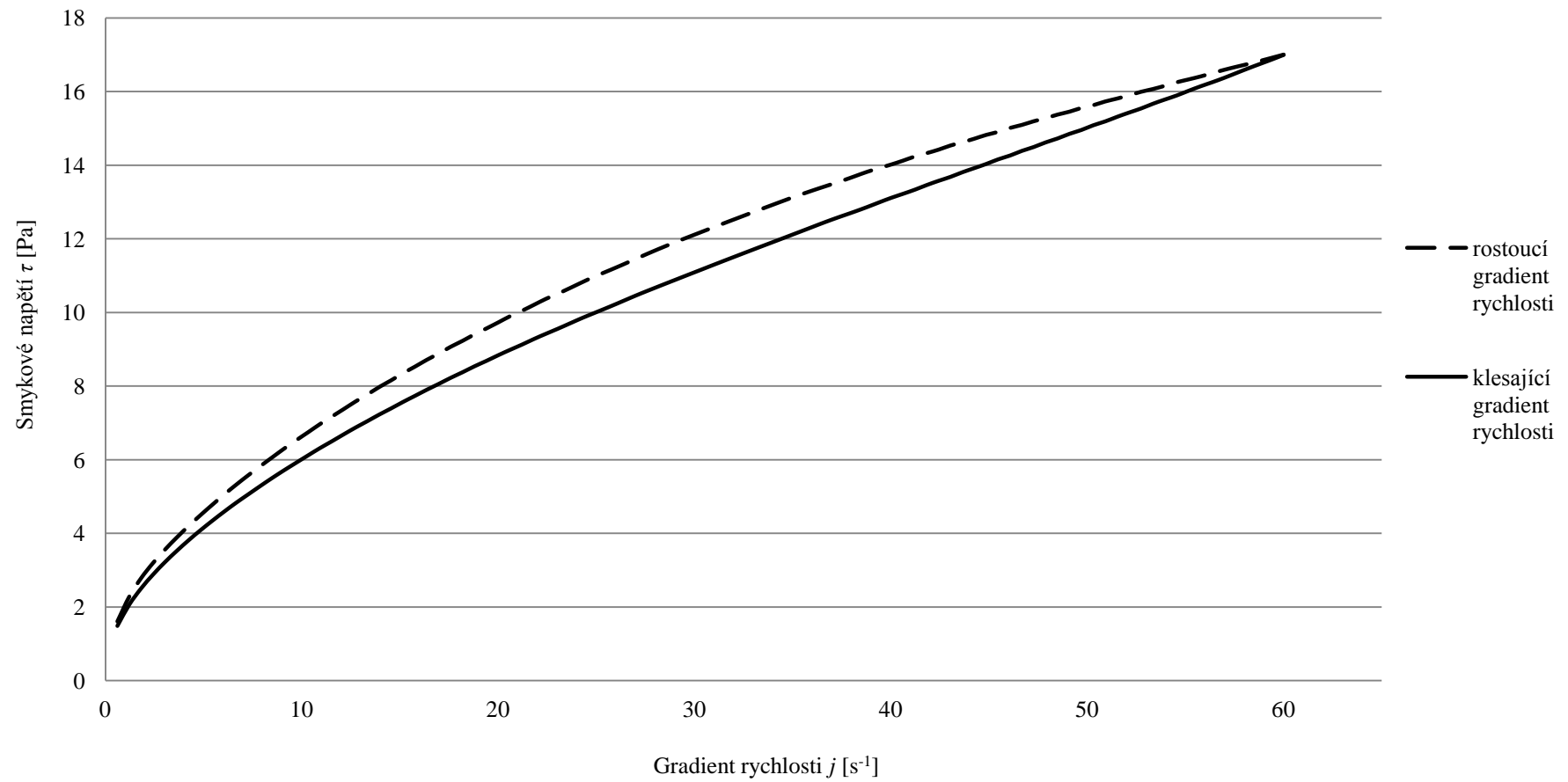
Z reogramu pseudoplastické tekutiny vyplývá, že maximální viskozity (η_1) je dosaženo při nulovém gradientu rychlosti a naopak od jisté velikosti gradientu rychlosti je viskozita konstantní a zároveň i minimální (η_2) – obrázek 8.



Obrázek 8: Toková křivka pseudoplastické tekutiny [3]

Tabulka 7: Získané hodnoty koeficientu konzistence a indexu toku pro vzorek M

Vzorek	Rostoucí gradient rychlosti		Klesající gradient rychlosti	
	Koeficient konzistence	Index toku	Koeficient konzistence	Index toku
M	$2,074 \pm 0,058$	$0,519 \pm 0,004$	$1,558 \pm 0,047$	$0,579 \pm 0,007$



Obrázek 9: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek M

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

6.1 Experiment I

Tento experiment se zabýval stabilitou a vhodností podmínek měření. Byly porovnávány hodnoty reologických charakteristik, tedy koeficientů konzistence K a indexů toků n získaných dle vztahu 6.1 pomocí nástroje Řešitel, z jednotlivých měření v rámci jednoho vzorku ihned po jejich zakoupení z obchodní distribuční sítě. Jak již bylo uvedeno výše, hodnoty K a n byly vypočítány ve výpočtovém souboru v Excelu pomocí nástroje Řešitel z dat naměřených při rostoucím gradientu rychlosti, tzn. z 0 s^{-1} na 60 s^{-1} a z dat naměřených při klesajícím gradientu rychlosti, tzn. z 60 s^{-1} na 0 s^{-1} . Pro Experiment I byly použity vzorky určené jak pro skladovací pokus číslo 1 – A, B, C, tak vzorky určené pro skladovací pokus číslo 2 – D, E, F.

V rámci jednotlivých vzorků byly pozorovány značné rozdíly mezi hodnotami koeficientů konzistence K a indexů toků n . U vzorku A byly zaznamenány nižší hodnoty koeficientu konzistence K , nabývající hodnot $0,153 \pm 0,029$ při rostoucím gradientu rychlosti a $0,138 \pm 0,025$ při klesajícím gradientu rychlosti. Vzorek měl současně vyšší hodnoty indexu toku n , a sice $0,600 \pm 0,056$ při rostoucím gradientu rychlosti a $0,626 \pm 0,047$ při klesajícím gradientu rychlosti. S ohledem na velikost směrodatných odchylek lze tyto indexy toku považovat za hodnoty si blízké, z čehož vyplývá, že se u tohoto vzorku nepředpokládá výskyt hysterezních smyček. Tuto skutečnost jen potvrzuje grafické znázornění tokových křivek na obrázku 10. Z hodnot indexů toků ($n < 1$) vyplývá, že vzorek A je pseudoplastická tekutina. Získané hodnoty koeficientů konzistence a indexu toků uvádí tabulka 8. Hodnoty variačních koeficientů tohoto vzorku se pohybovaly v rozmezí 7,56 – 9,30 %. U vzorků D byl zaznamenán obdobný vývoj hodnot, jako u vzorku A (jednalo se o stejný druh likéru lišící se pouze šarží). Konkrétní hodnoty koeficientů konzistence a indexu toků jsou uvedeny v tabulce 9 a tokové křivky znázorňuje obrázek 13, 14, 15. Získané hodnoty koeficientů konzistence a indexu toků při rostoucím a klesajícím gradientu rychlosti si byly v rámci jednotlivých vzorků B, C a F vždy velmi blízké (v případě C a F vzorku se jednalo o stejný druh likéru lišící se pouze šarží). Hodnoty indexu toků byly opět nižší než 1, z čehož vyplývá, že se jedná o pseudoplastické tekutiny. Podobnost hodnot indexů toků značí nepřítomnost hysterezních smyček, což je zřejmé i z grafického znázornění tokových křivek těchto vzorků – obrázek 11, 12, 19, 20 a 21 a konkrétní hodnoty koeficientů konzistence a indexu toků jsou uvedeny v tabulce 8 pro vzorek B, C a v tabulce

11 pro vzorek F. Také variační koeficienty těchto vzorků byly velmi nízké a pohybovaly se v rozmezí 0,22 – 1,69 %. U vzorku E byly pozorovány rozdíly mezi jednotlivými hodnotami koeficientů konzistence a indexu toků při rostoucím a klesajícím gradientu rychlosti. Např. u vzorku E_5 byla hodnota indexu toku při rostoucím gradientu rychlosti $0,538 \pm 0,013$ a při klesajícím gradientu rychlosti $0,569 \pm 0,002$. Z tohoto rozdílu hodnot lze předpokládat výskyt hysterezních smyček. Grafická znázornění tokových křivek jednotlivých vzorků E výskyt hysterezních smyček jen potvrzují – obrázky 16, 17, 18. Hysterezní smyčky probíhaly u všech vzorků ve směru hodinových ručiček, což je charakteristické pro tekutiny tixotropní. Konkrétní hodnoty koeficientů konzistence a indexů toků udává tabulka 10. Variační koeficienty E vzorků se pohybovaly v rozmezí 0,37 – 10,03 %.

Tabulka 8: Počáteční hodnoty koeficientů konzistence a indexu toků vzorků pro skladovací pokus č. 1

Vzorek	Rostoucí gradient rychlosti		Klesající gradient rychlosti	
	Koeficient konzistence	Index toku	Koeficient konzistence	Index toku
A(0)	$0,153 \pm 0,029$	$0,600 \pm 0,056$	$0,138 \pm 0,025$	$0,626 \pm 0,047$
B(0)	$0,673 \pm 0,011$	$0,416 \pm 0,003$	$0,661 \pm 0,007$	$0,421 \pm 0,006$
C(0)	$0,538 \pm 0,002$	$0,467 \pm 0,004$	$0,544 \pm 0,009$	$0,464 \pm 0,004$

Tabulka 9: Počáteční hodnoty koeficientů konzistence a indexu toků pro vzorek D

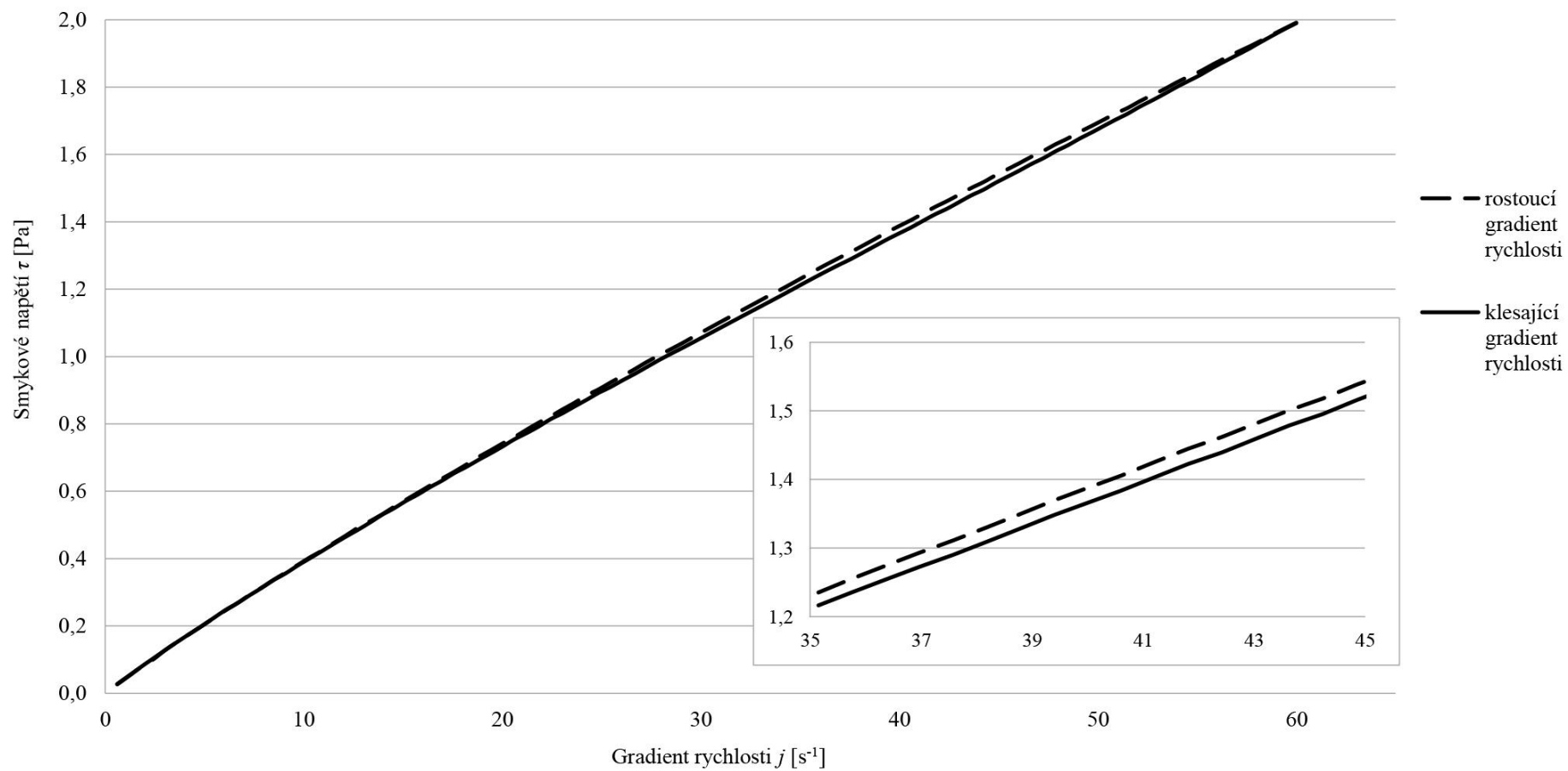
Vzorek	Rostoucí gradient rychlosti		Klesající gradient rychlosti	
	Koeficient konzistence	Index toku	Koeficient konzistence	Index toku
D_5(0)	$0,108 \pm 0,033$	$0,797 \pm 0,091$	$0,102 \pm 0,003$	$0,806 \pm 0,009$
D_22(0)	$0,094 \pm 0,008$	$0,829 \pm 0,025$	$0,115 \pm 0,023$	$0,775 \pm 0,066$
D_37(0)	$0,079 \pm 0,001$	$0,885 \pm 0,002$	$0,104 \pm 0,003$	$0,805 \pm 0,010$

Tabulka 10: Počáteční hodnoty koeficientů konzistence a indexu toků pro vzorek E

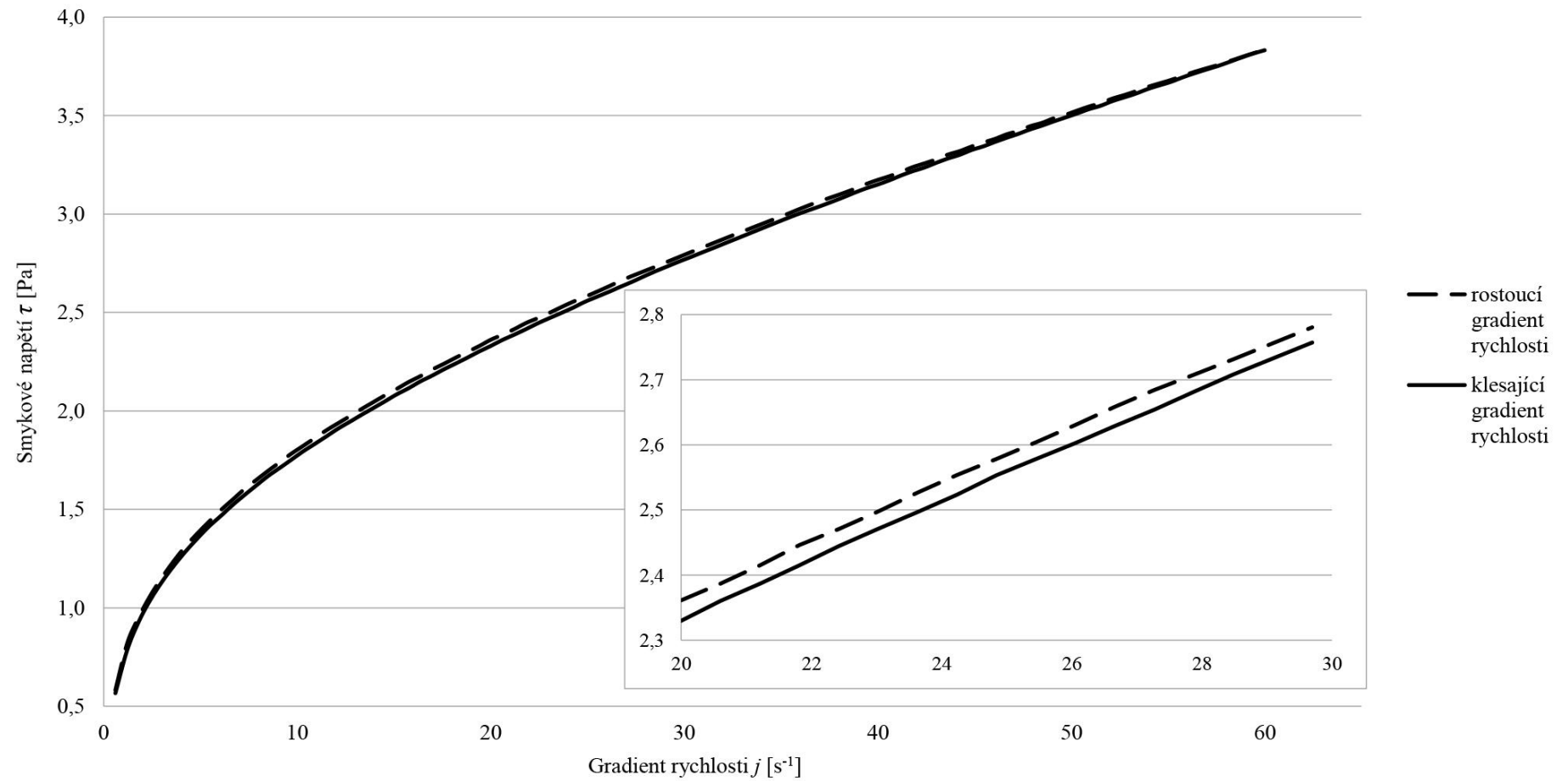
Vorek	Rostoucí gradient rychlosti		Klesající gradient rychlosti	
	Koeficient konzistence	Index toku	Koeficient konzistence	Index toku
E_5(0)	$0,498 \pm 0,021$	$0,538 \pm 0,013$	$0,425 \pm 0,003$	$0,569 \pm 0,002$
E_22(0)	$0,510 \pm 0,052$	$0,531 \pm 0,019$	$0,451 \pm 0,007$	$0,550 \pm 0,012$
E_37(0)	$0,473 \pm 0,066$	$0,551 \pm 0,032$	$0,419 \pm 0,042$	$0,572 \pm 0,023$

Tabulka 11: Počáteční hodnoty koeficientů konzistence a indexu toků pro vzorek F

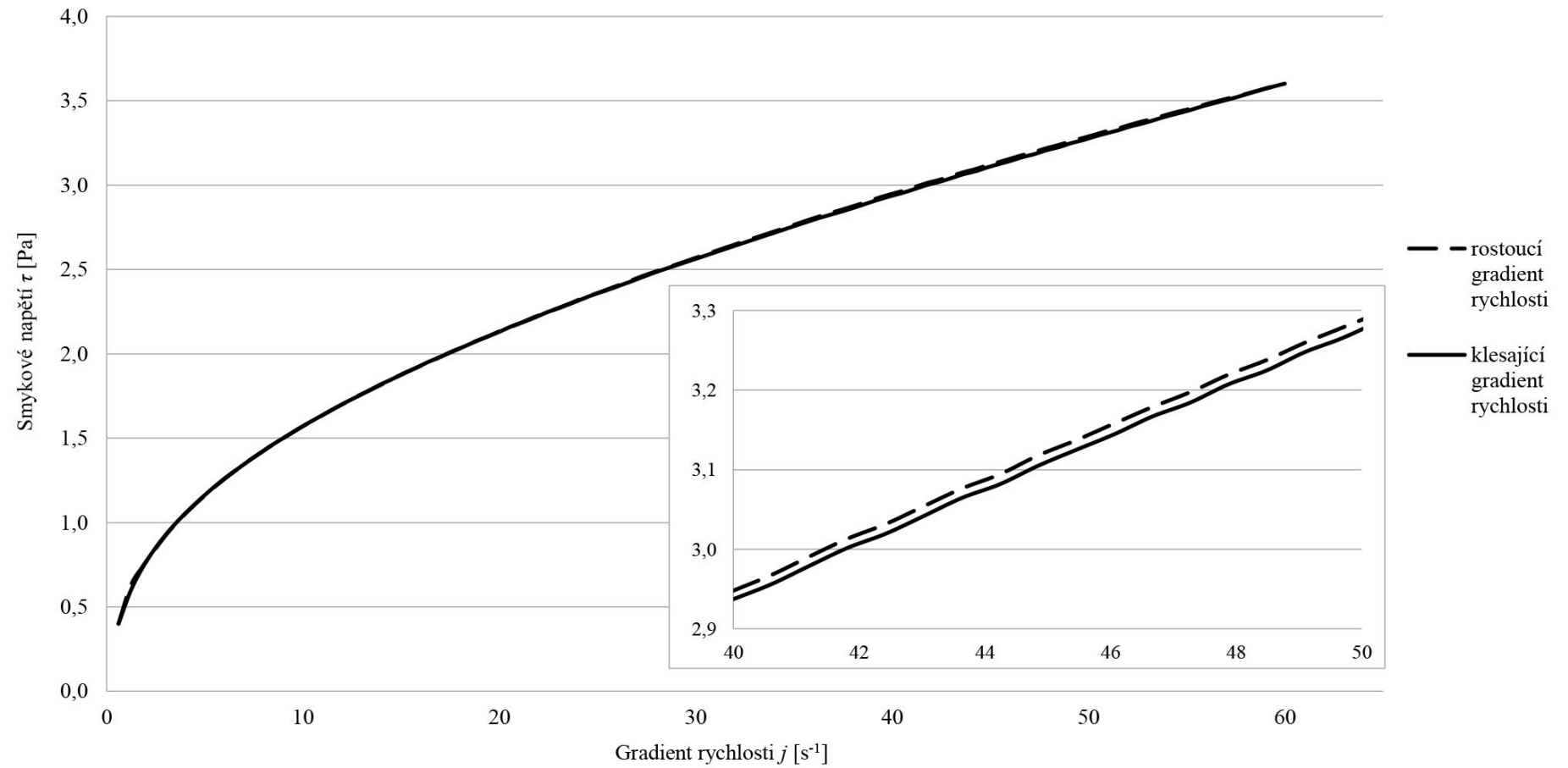
Vzorek	Rostoucí gradient rychlosti		Klesající gradient rychlosti	
	Koeficient konzistence	Index toku	Koeficient konzistence	Index toku
F_5(0)	$0,868 \pm 0,003$	$0,329 \pm 0,001$	$0,871 \pm 0,004$	$0,328 \pm 0,001$
F_22(0)	$0,872 \pm 0,004$	$0,330 \pm 0,002$	$0,874 \pm 0,002$	$0,329 \pm 0,002$
F_37(0)	$0,870 \pm 0,013$	$0,333 \pm 0,004$	$0,878 \pm 0,006$	$0,328 \pm 0,002$



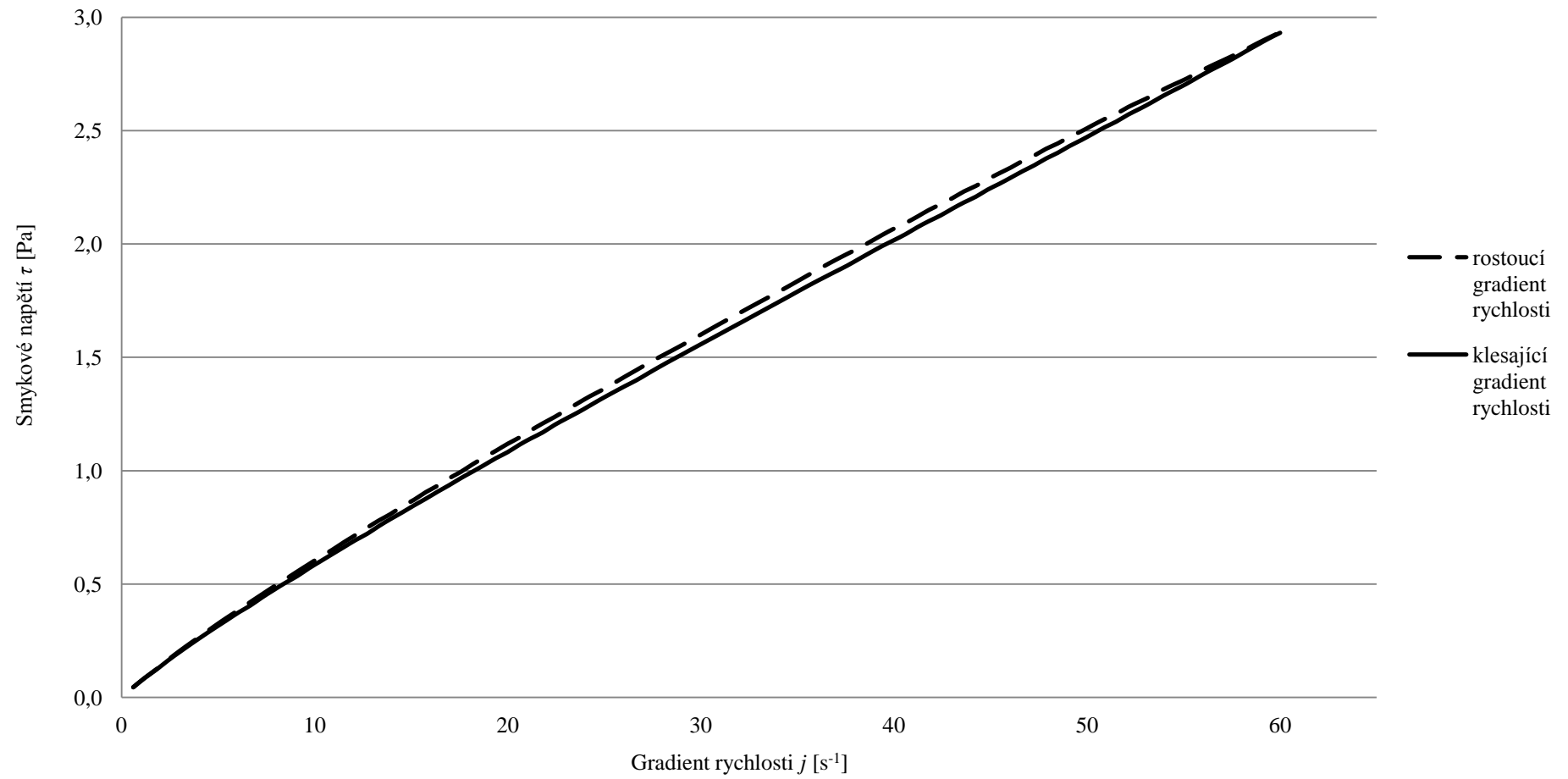
Obrázek 10: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek A(0)



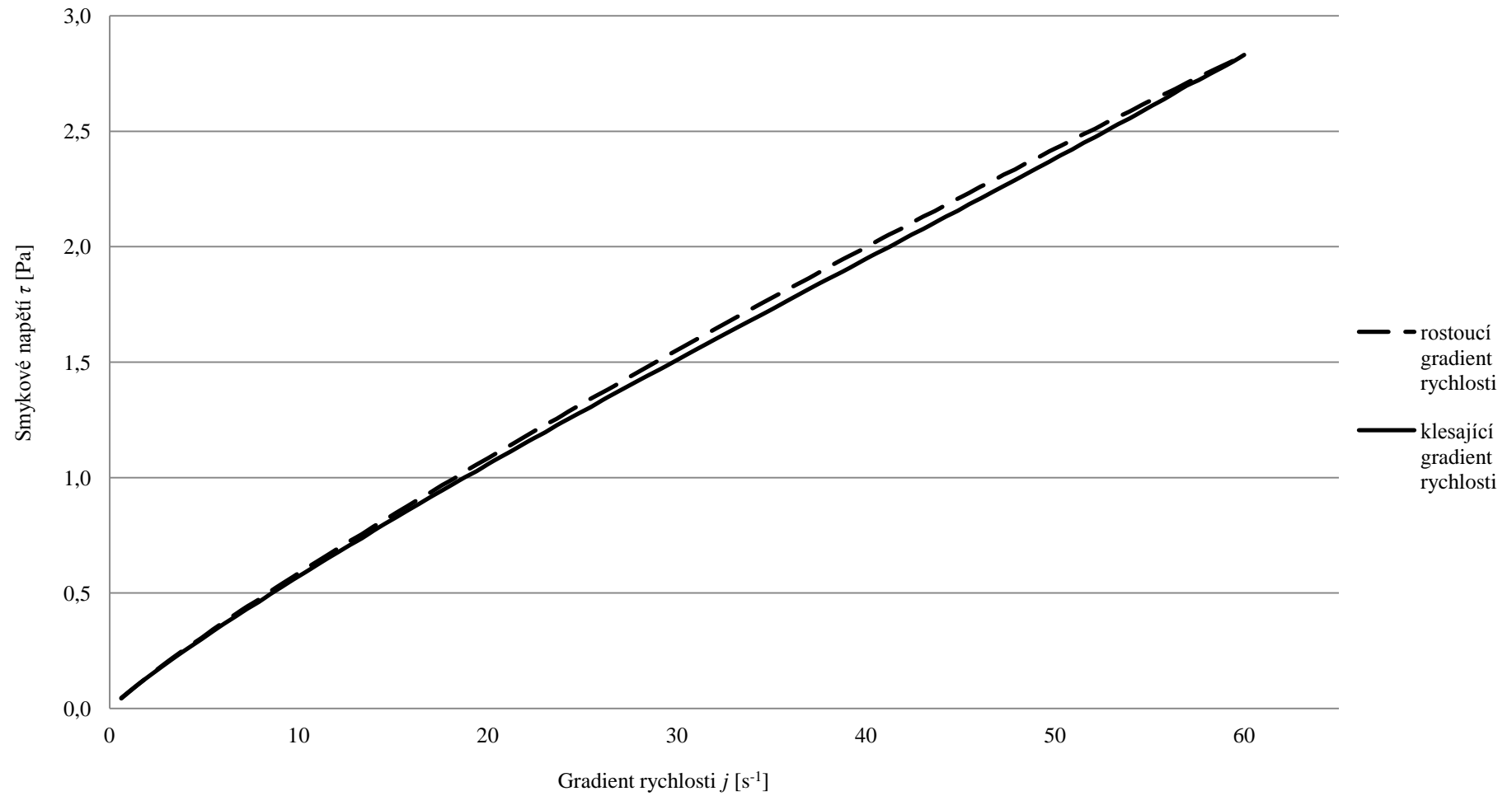
Obrázek 11: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek B(0)



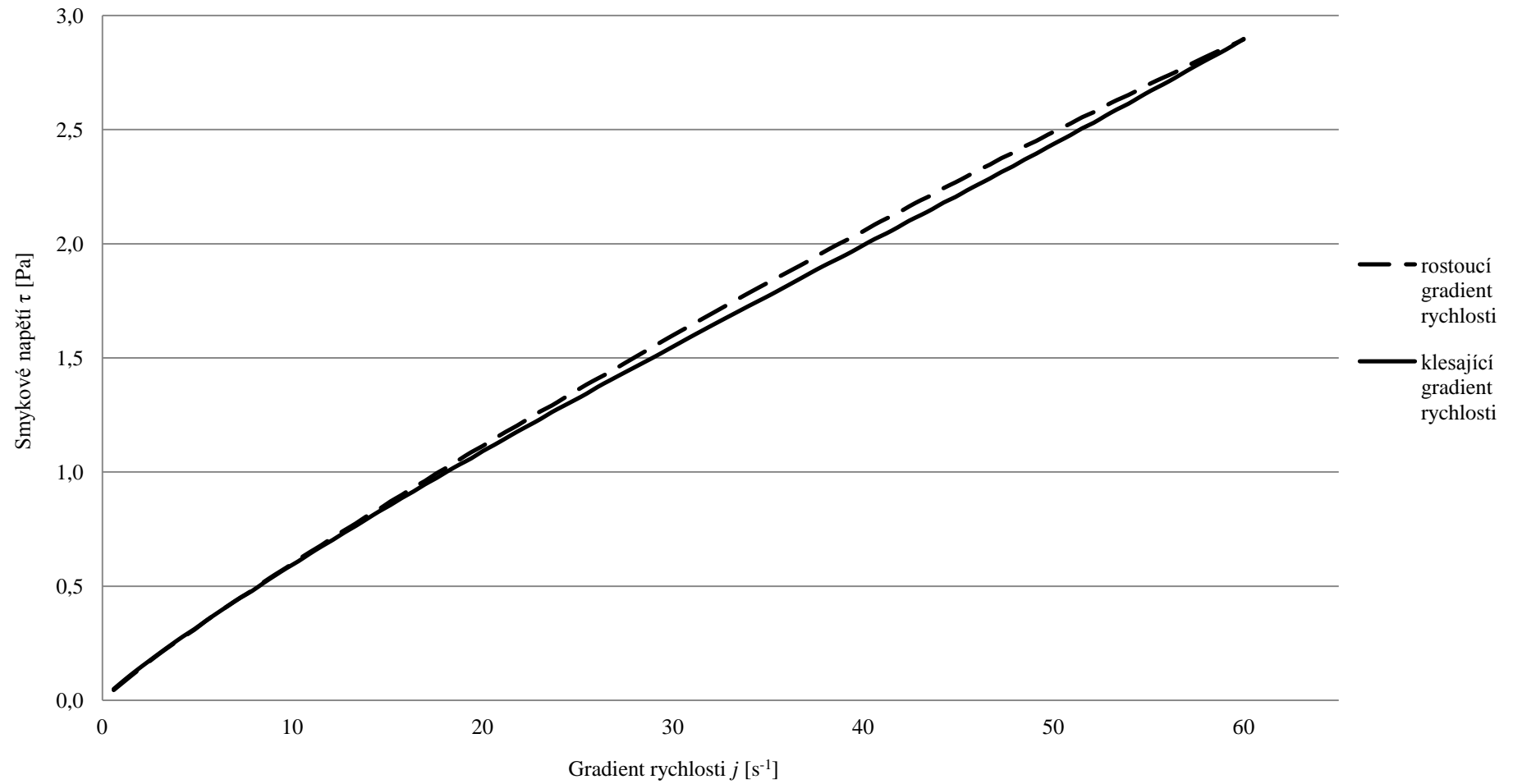
Obrázek 12: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek C(0)



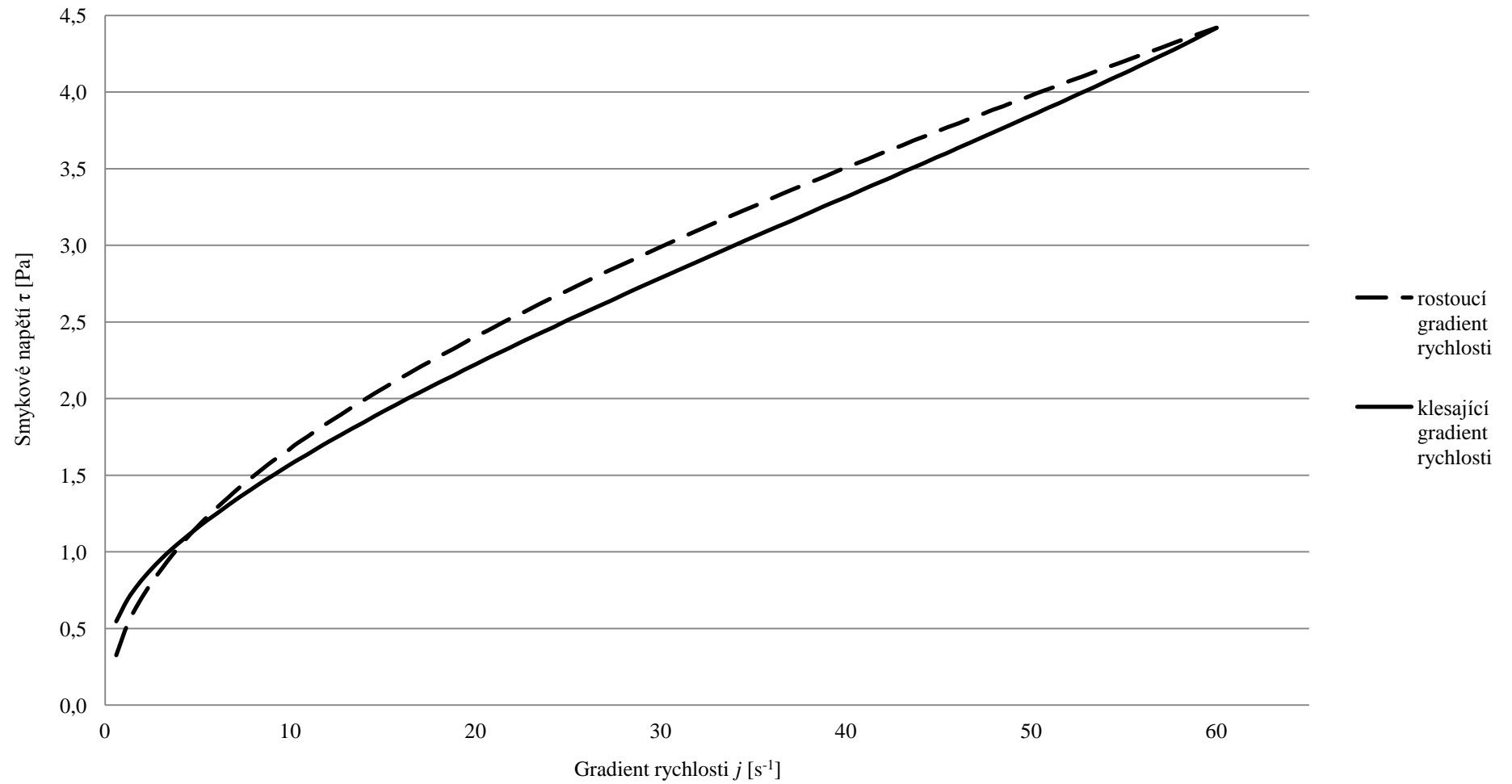
Obrázek 13: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek D_37(0)



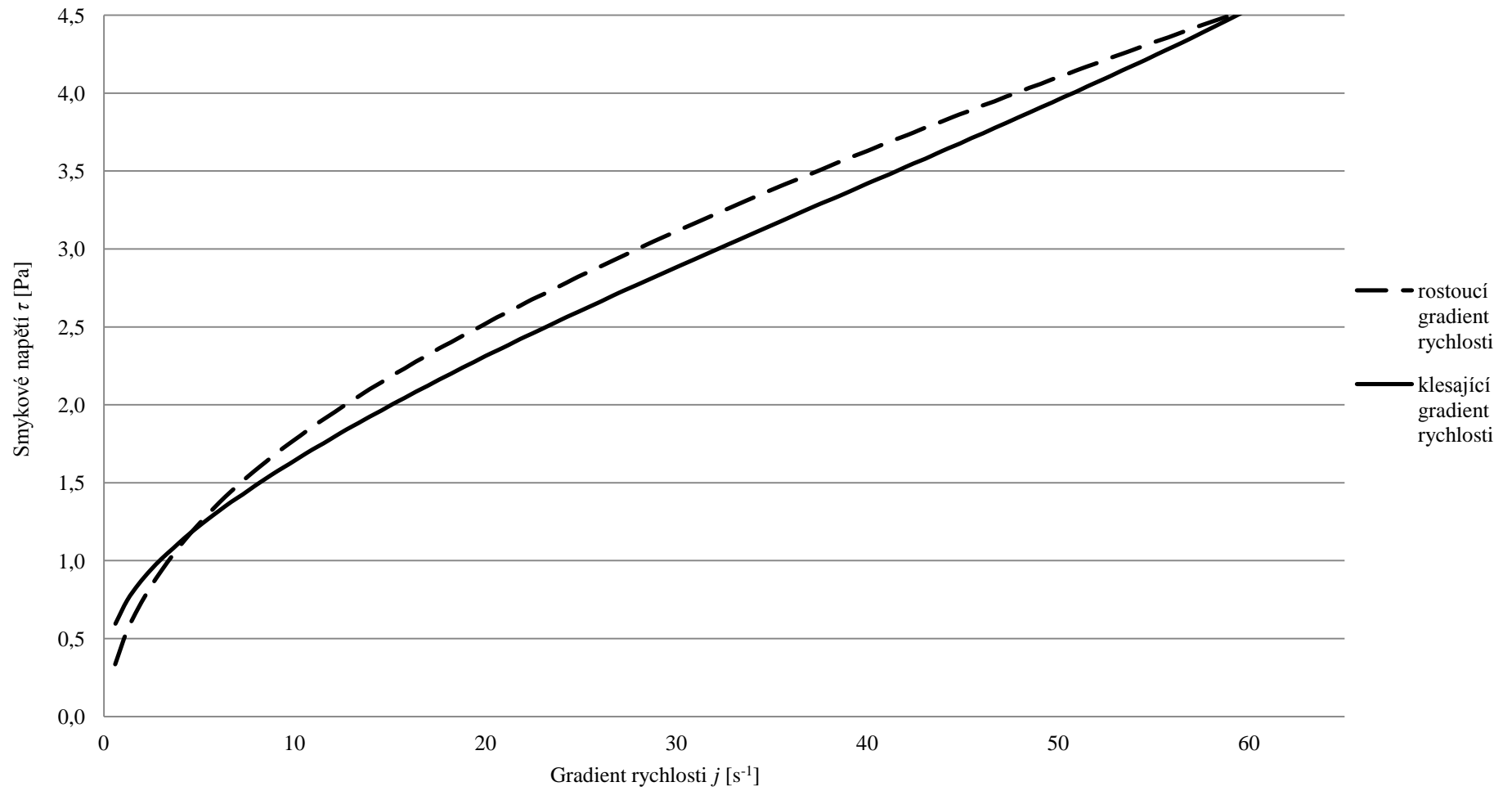
Obrázek 14: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek D_22(0)



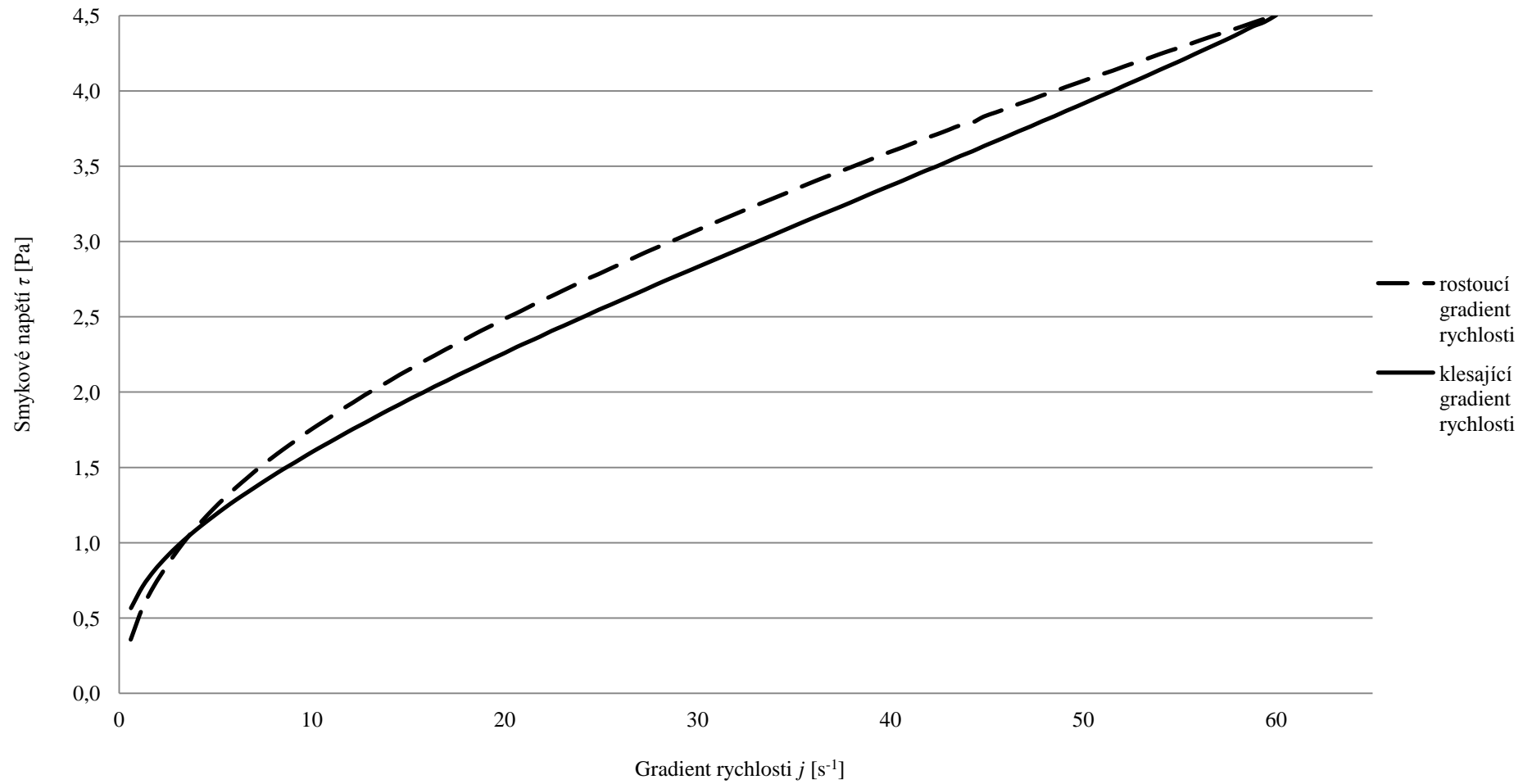
Obrázek 15: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek D_5(0)



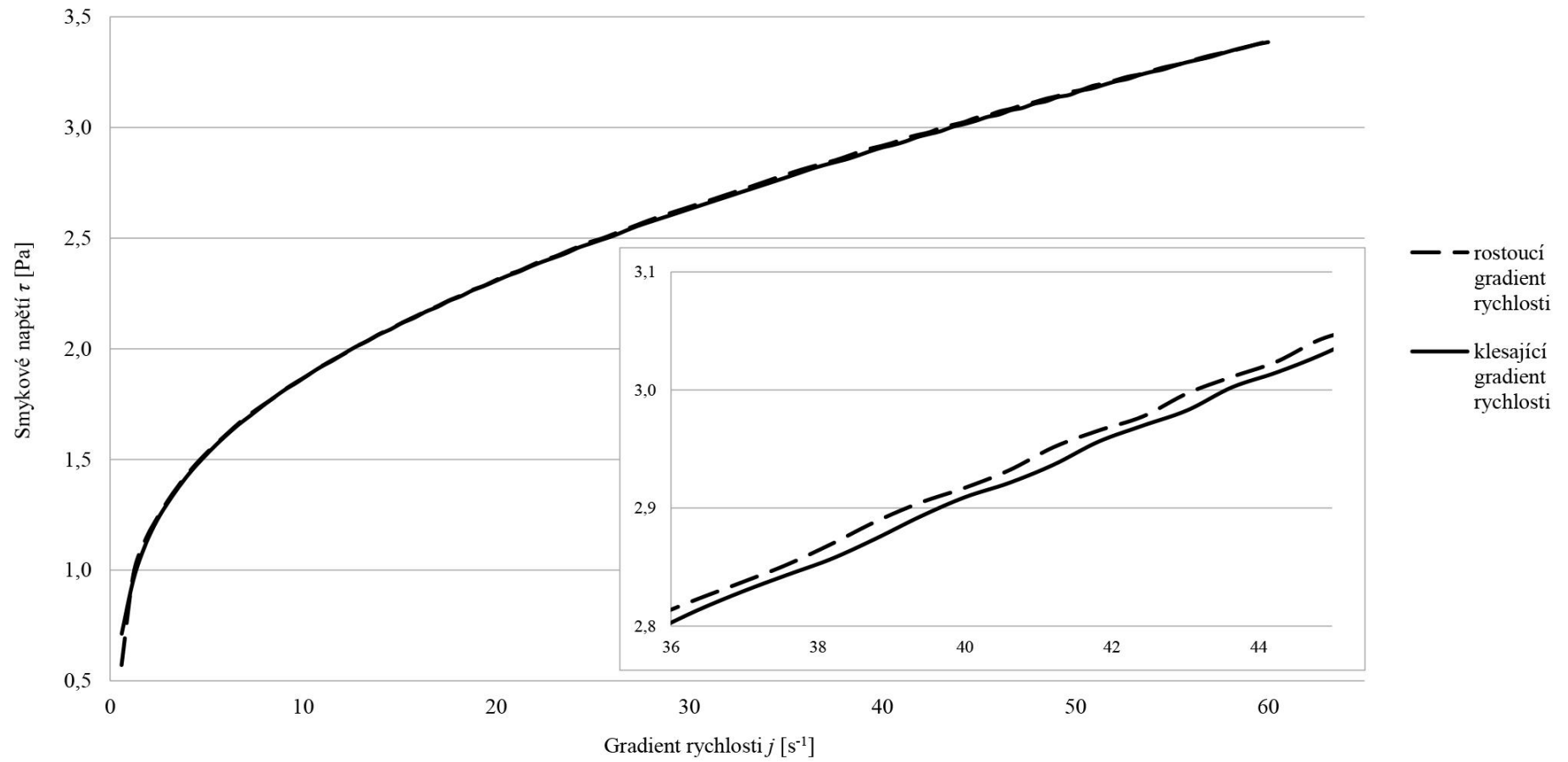
Obrázek 16: závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek E_22(0)



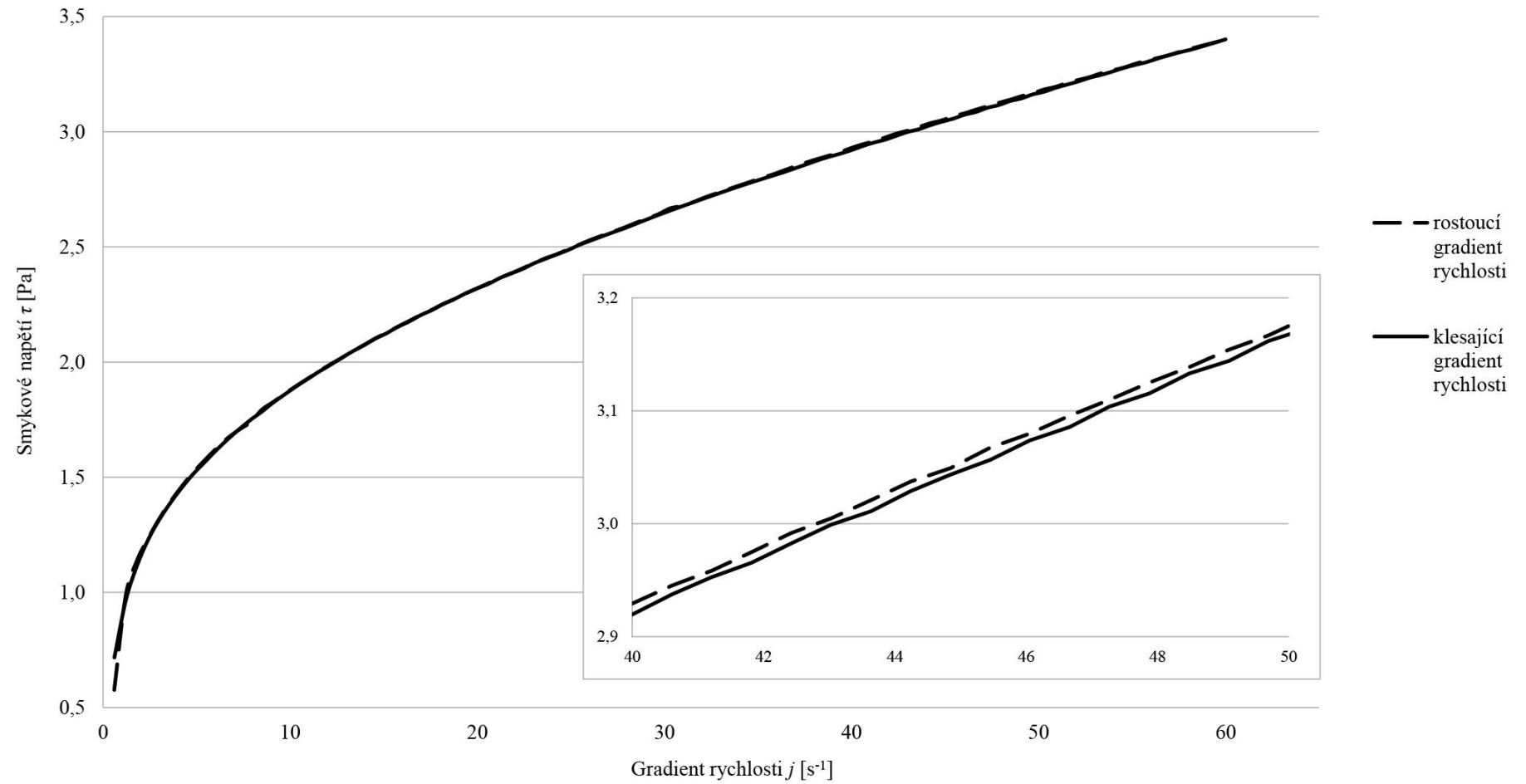
Obrázek 17: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek E_37(0)



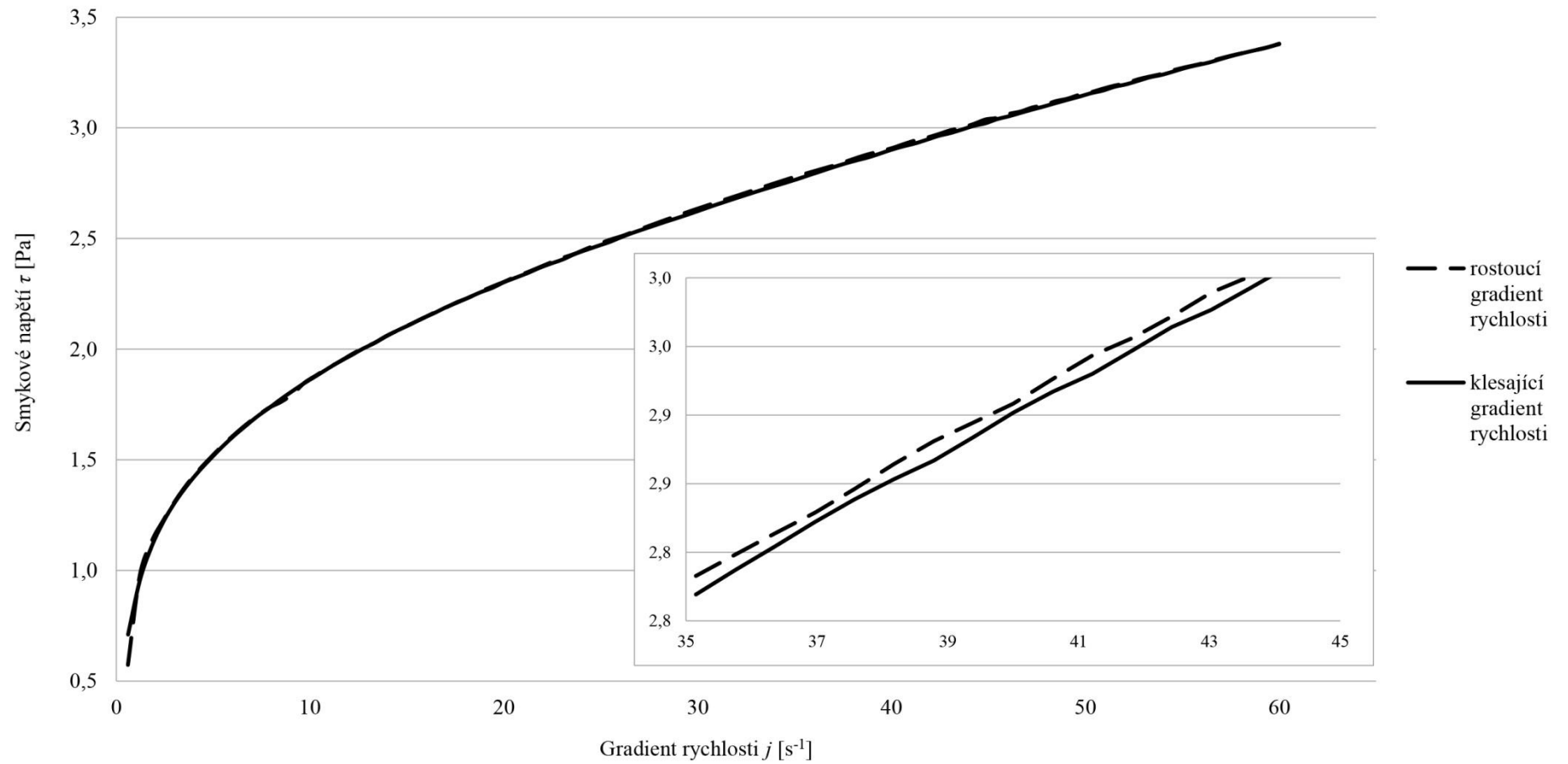
Obrázek 18: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek E_5(0)



Obrázek 19: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek F_22(0)



Obrázek 20: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek F_37(0)



Obrázek 21: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek F_5(0)

6.2 Experiment II

V rámci tohoto experimentu bylo zkoumáno, jaký vliv má teplota a délka skladování na reologické charakteristiky K , n (získané dle vztahu 6.1) a na viskozitu vybraných druhů likérů. Byly provedeny dva skladovací pokusy v době trvání tří a čtyř měsíců. Skladovací pokus číslo 1 proběhl v chladničce při teplotě 5 °C (vzorky A, B, C). Skladovací pokus číslo 2 proběhl za třech různých teplot skladování, a sice v chladničce při 5 °C, za pokojové teploty 22 °C a v termostatu při 37 °C (vzorky D, E, F).

U vzorku A byla na počátku skladovacího pokusu hodnota koeficientu konzistence K při rostoucím gradientu rychlosti (dále jen „fáze růstu“) $0,153 \pm 0,029$ a na konci skladovacího pokusu to byla hodnota $0,129 \pm 0,004$. S přihlédnutím ke směrodatným odchylkám lze tyto hodnoty považovat za hodnoty obdobné. Totéž bylo pozorováno pro koeficient konzistence K při klesajícím gradientu rychlosti (dále jen „fáze poklesu“). Taktéž hodnoty indexů toků si byly velmi podobné. Stejný trend byl zaznamenán i u vzorků B a C. V rámci tohoto tříměsíčního pokusu probíhajícího při teplotě 5 °C nebyla u jednotlivých vzorků zaznamenána ani výrazná změna viskozity. Konkrétní hodnoty koeficientů konzistence, indexů toků a zdánlivé viskozity uvádí tabulka 12.

V rámci čtyřměsíčního skladovacího pokusu probíhajícího při teplotě 5 °C byl u vzorku D_5 pozorován klesající trend hodnot koeficientu konzistence ve fázi růstu z $0,108 \pm 0,033$ na $0,066 \pm 0,003$ a ve fázi poklesu z hodnoty $0,102 \pm 0,003$ na $0,064 \pm 0,002$. Na druhou stranu byl zaznamenán rostoucí trend hodnot indexů toků n ve fázi poklesu z hodnoty $0,806 \pm 0,009$ na $0,893 \pm 0,004$. Ve fázi růstu vzhledem k velikosti směrodatné odchylky nebyl tento trend zaznamenán. Hodnota zdánlivé viskozity tohoto vzorku měřená při konstantním gradientu rychlosti 40 s^{-1} byla na počátku skladovacího pokusu $0,050 \pm 0,001 \text{ Pa.s}$ a na jeho konci $0,043 \pm 0,001 \text{ Pa.s}$. U stejného druhu likéru, avšak skladovaného při 22 °C (D_22) byl zaznamenán opět mírný klesající trend hodnot koeficientu konzistence a mírný rostoucí trend hodnot indexů toků. U vzorku D_22 nebyla zaznamenána výrazná změna hodnoty zdánlivé viskozity. Naproti tomu byl u vzorku D_37 v průběhu skladovacího pokusu zaznamenán výrazný rostoucí trend hodnot koeficientů konzistence, jak pro fázi růstu z hodnoty $0,079 \pm 0,001$ na $0,935 \pm 0,008$, tak pro fázi poklesu z hodnoty $0,104 \pm 0,004$ na $0,785 \pm 0,030$ a současně výrazný klesající trend hodnot indexu toku ve fázi růstu z hodnoty $0,885 \pm 0,002$ na $0,556 \pm 0,004$ a ve fázi poklesu z hodnoty $0,805 \pm 0,010$ na $0,593 \pm 0,013$. Rozdílné hodnoty indexu toku ve fázi růstu a fázi poklesu na konci čtyřmě-

síčního skladovacího pokusu nasvědčují přítomnost hysterezních smyček, které jsou pozorovatelné i z grafického znázornění tokových křivek tohoto vzorku (D_37(IV)) – obrázek 22, avšak na počátku skladovacího pokusu tento vzorek hysterezní smyčky nevykazoval – obrázek 13. Během skladování při 37 °C došlo ke zvýšení zdánlivé viskozity měřené při konstantním gradientu rychlosti 40 s⁻¹ z hodnoty 0,050 ± 0,001 Pa.s na 0,174 ± 0,001 Pa.s. Konkrétní hodnoty koeficientů konzistence, indexu toků a zdánlivé viskozity pro jednotlivé teploty skladování vzorku D jsou uvedeny v tabulce 13.

U vzorku E_5 byl v rámci čtyřměsíčního skladovacího pokusu pozorován klesající trend hodnot koeficientu konzistence K v obou fázích měření a naopak rostoucí trend hodnot indexu toků především ve fázi růstu. Teplota 5 °C neměla výrazný vliv na změnu zdánlivé viskozity. Průměrná hodnota zdánlivé viskozity získaná při konstantním gradientu rychlosti 40 s⁻¹ byla po celou dobu skladování 0,087 ± 0,001 Pa.s. U vzorku E_22 byl pozorován podobný vývojový trend hodnot reologických charakteristik, jako u E_5. Průměrná hodnota zdánlivé viskozity získaná při konstantním gradientu rychlosti 40 s⁻¹ byla po celou dobu skladování při 22 °C 0,086 ± 0,001 Pa.s. Stejně jako v případě D vzorku, došlo i u tohoto vzorku, skladovaném při 37 °C, k výraznému růstu hodnot koeficientu konzistence K ve fázi růstu, a sice z hodnoty 0,473 ± 0,066 na 1,672 ± 0,326 a ve fázi poklesu z hodnoty 0,447 ± 0,001 na 1,609 ± 0,022. U hodnot indexu toku byl opět pozorován klesající trend, a sice ve fázi růstu z hodnoty 0,551 ± 0,032 na 0,483 ± 0,032 a ve fázi poklesu z hodnoty 0,572 ± 0,023 na 0,487 ± 0,011. Hodnota zdánlivé viskozity získaná při konstantním gradientu rychlosti 40 s⁻¹ byla na počátku skladovacího pokusu 0,086 ± 0,001 Pa.s a na jeho konci 0,240 ± 0,006 Pa.s. Konkrétní hodnoty koeficientů konzistence, indexu toků a zdánlivé viskozity pro jednotlivé teploty skladování vzorku E jsou uvedeny v tabulce 14. Grafické znázornění tokových křivek vzorku E_37(IV) udává obrázek 23. Z tohoto obrázku je zřetelná přítomnost hysterezních smyček, stejně jako na počátku skladovacího pokusu – obrázek 17.

Teplota skladování 5 a 22 °C neměla výrazný vliv na hodnoty reologických charakteristik ani na hodnoty zdánlivé viskozity vzorku F. Teplota 37 °C měla na tento druh likéru nejmenší vliv ve srovnání se vzorky předchozími. Hodnoty indexu toku si byly i po čtyřměsíčním skladování velmi podobné. U hodnot koeficientů konzistence byl pozorován jen nepatrný rostoucí trend. Hodnota zdánlivé viskozity tohoto vzorku získaná při konstantním gradientu rychlosti 40 s⁻¹ byla na počátku skladovacího pokusu

$0,074 \pm 0,001$ Pa.s a na jeho konci $0,081 \pm 0,001$ Pa.s. Konkrétní hodnoty koeficientů konzistence, indexu toků a zdánlivé viskozity pro jednotlivé teploty skladování vzorku F jsou uvedeny v tabulce 15 a grafické znázornění tokových křivek udává obrázek 24.

Tabulka 12: Hodnoty koeficientů konzistence, indexu toků a zdánlivé viskozity pro vzorky z prvního skladovacího pokusu – A, B, C

Vzorek	Rostoucí gradient rychlosti		Klesající gradient rychlosti		Zdánlivá viskozita při 40 s^{-1} (Pa.s)
	Koeficient konzistence	Index toku	Koeficient konzistence	Index toku	
A(0)	$0,153 \pm 0,029$	$0,600 \pm 0,056$	$0,138 \pm 0,025$	$0,626 \pm 0,047$	$0,036 \pm 0,001$
A(III)	$0,129 \pm 0,004$	$0,628 \pm 0,006$	$0,131 \pm 0,004$	$0,625 \pm 0,007$	$0,033 \pm 0,001$
B(0)	$0,673 \pm 0,011$	$0,416 \pm 0,003$	$0,661 \pm 0,007$	$0,421 \pm 0,006$	$0,078 \pm 0,001$
B(III)	$0,641 \pm 0,022$	$0,423 \pm 0,001$	$0,653 \pm 0,024$	$0,423 \pm 0,005$	$0,076 \pm 0,001$
C(0)	$0,538 \pm 0,002$	$0,467 \pm 0,004$	$0,544 \pm 0,009$	$0,464 \pm 0,004$	$0,076 \pm 0,001$
C(III)	$0,541 \pm 0,013$	$0,469 \pm 0,006$	$0,546 \pm 0,003$	$0,466 \pm 0,001$	$0,077 \pm 0,001$

Tabulka 13: Hodnoty koeficientů konzistence, indexu toků a zdánlivé viskozity pro vzorek D

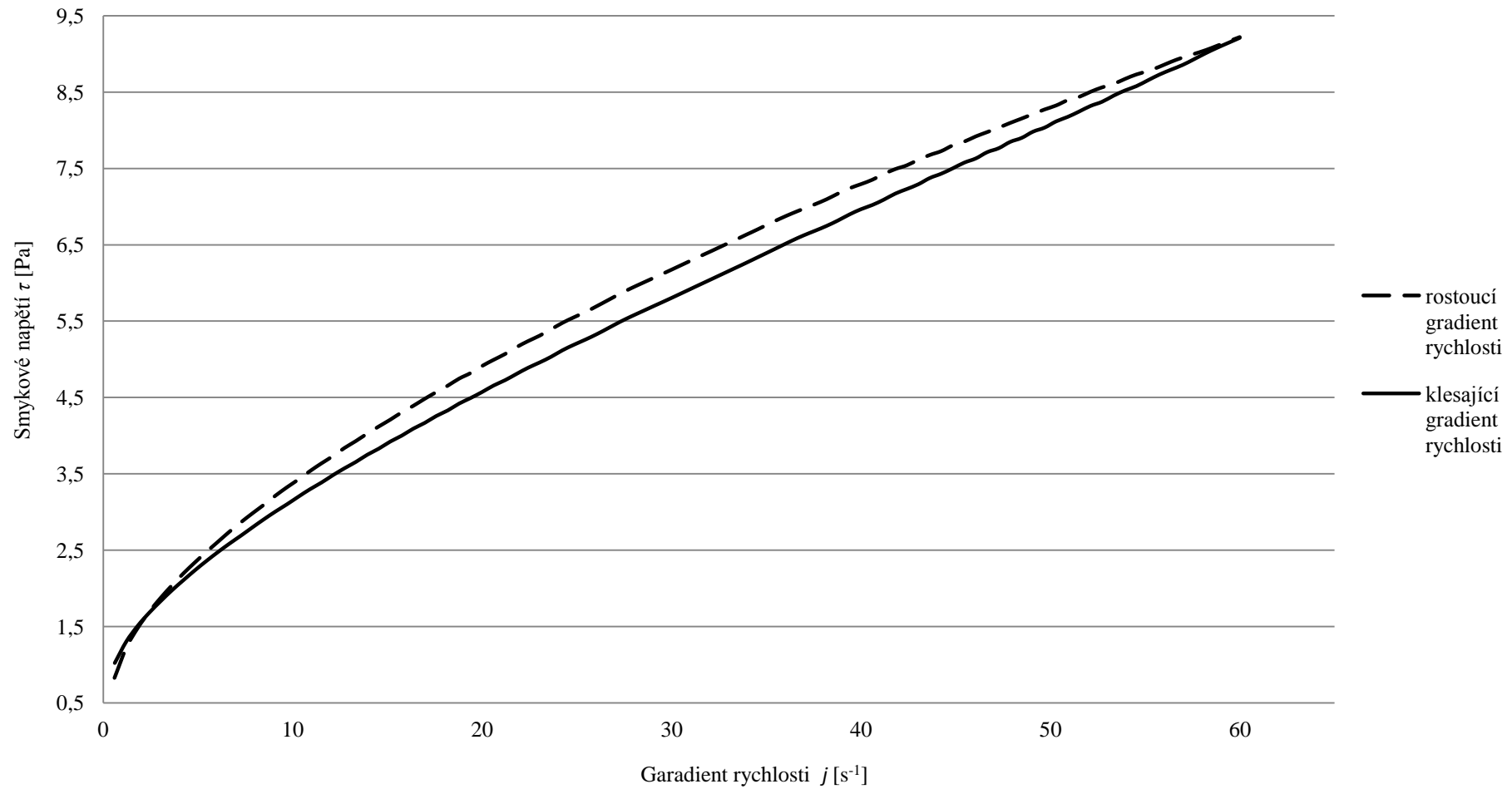
Vzorek	Rostoucí gradient rychlosti		Klesající gradient rychlosti		Zdánlivá viskozita při 40 s^{-1} (Pa.s)
	Koeficient konzistence	Index toku	Koeficient konzistence	Index toku	
D_5(0)	$0,108 \pm 0,033$	$0,797 \pm 0,091$	$0,102 \pm 0,003$	$0,806 \pm 0,009$	$0,051 \pm 0,001$
D_5(IV)	$0,066 \pm 0,003$	$0,881 \pm 0,004$	$0,064 \pm 0,002$	$0,893 \pm 0,004$	$0,044 \pm 0,001$
D_22(0)	$0,094 \pm 0,008$	$0,829 \pm 0,025$	$0,115 \pm 0,023$	$0,775 \pm 0,065$	$0,050 \pm 0,001$
D_22(IV)	$0,071 \pm 0,002$	$0,892 \pm 0,012$	$0,079 \pm 0,006$	$0,862 \pm 0,025$	$0,046 \pm 0,001$
D_37(0)	$0,870 \pm 0,013$	$0,333 \pm 0,004$	$0,878 \pm 0,006$	$0,328 \pm 0,002$	$0,050 \pm 0,001$
D_37(IV)	$0,918 \pm 0,038$	$0,340 \pm 0,004$	$0,959 \pm 0,021$	$0,330 \pm 0,001$	$0,174 \pm 0,001$

Tabulka 14: Hodnoty koeficientů konzistence, indexu toků a zdánlivé viskozity pro vzorek E

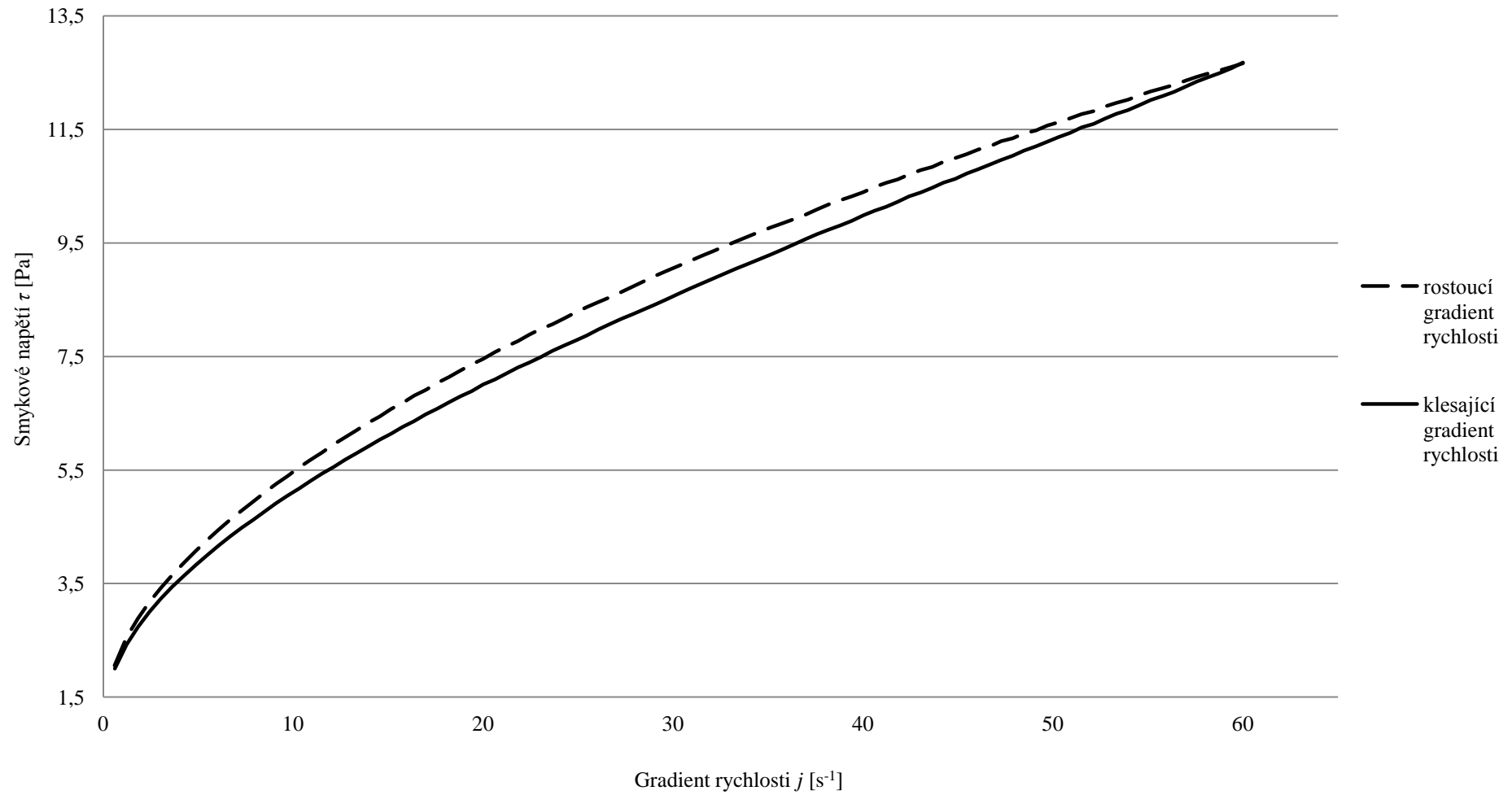
Vzorek	Rostoucí gradient rychlosti		Klesající gradient rychlosti		Zdánlivá viskozita při 40 s^{-1} (Pa.s)
	Koeficient konzistence	Index toku	Koeficient konzistence	Index toku	
E_5(0)	$0,498 \pm 0,002$	$0,538 \pm 0,001$	$0,425 \pm 0,003$	$0,569 \pm 0,002$	$0,087 \pm 0,001$
E_5(IV)	$0,388 \pm 0,001$	$0,568 \pm 0,003$	$0,371 \pm 0,004$	$0,574 \pm 0,001$	$0,087 \pm 0,001$
E_22(0)	$0,510 \pm 0,052$	$0,531 \pm 0,019$	$0,451 \pm 0,007$	$0,550 \pm 0,012$	$0,086 \pm 0,001$
E_22(IV)	$0,425 \pm 0,020$	$0,578 \pm 0,009$	$0,399 \pm 0,006$	$0,586 \pm 0,001$	$0,086 \pm 0,001$
E_37(0)	$0,473 \pm 0,066$	$0,551 \pm 0,032$	$0,447 \pm 0,001$	$0,572 \pm 0,023$	$0,086 \pm 0,001$
E_37(IV)	$1,672 \pm 0,326$	$0,483 \pm 0,032$	$1,609 \pm 0,022$	$0,487 \pm 0,011$	$0,240 \pm 0,008$

Tabulka 15: Hodnoty koeficientů konzistence, indexu toků a zdánlivé viskozity pro vzorek F

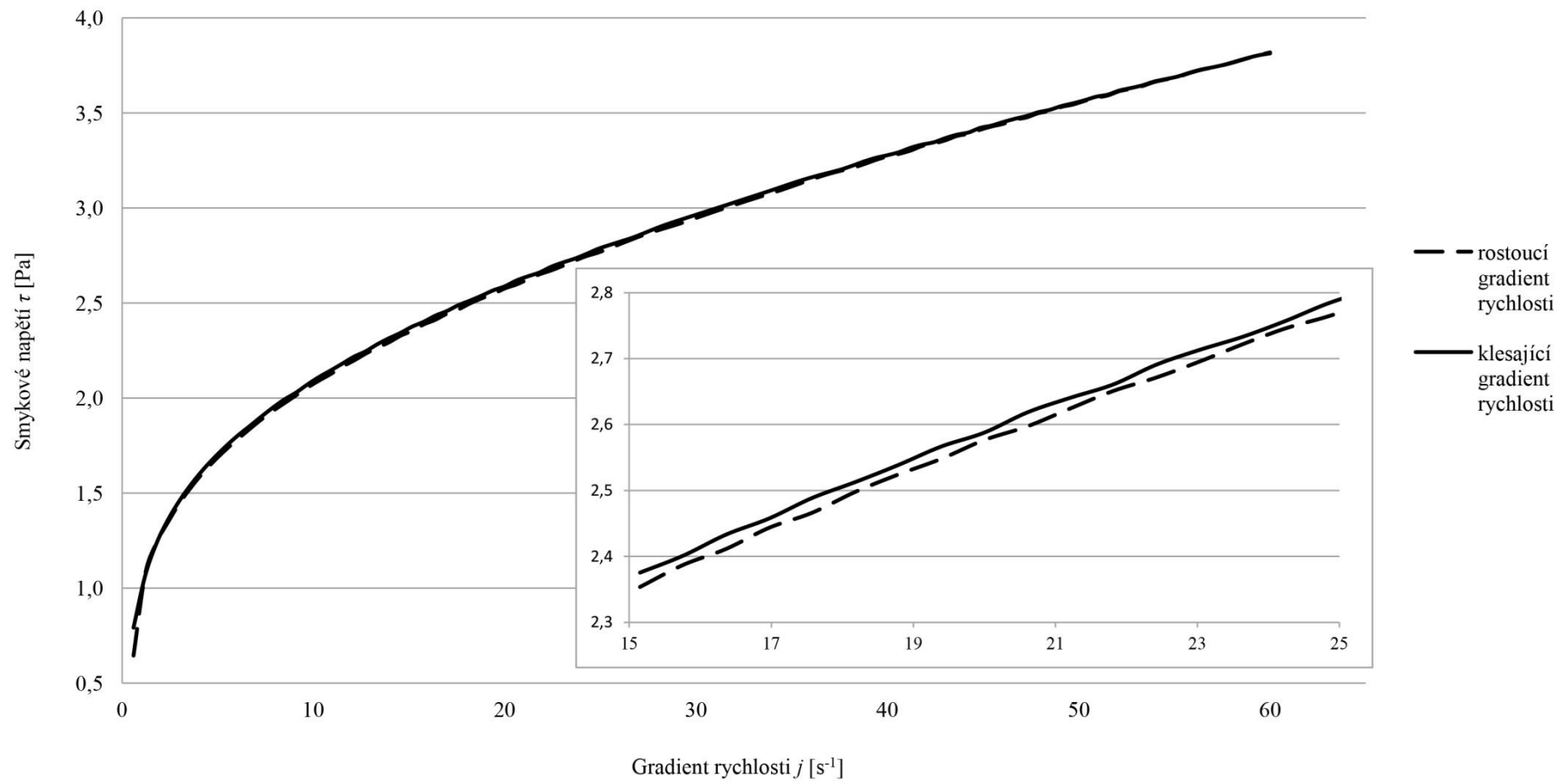
Vzorek	Rostoucí gradient rychlosti		Klesající gradient rychlosti		Zdánlivá viskozita při 40 s^{-1} (Pa.s)
	Koeficient konzistence	Index toku	Koeficient konzistence	Index toku	
F_5(0)	$0,868 \pm 0,002$	$0,329 \pm 0,002$	$0,870 \pm 0,004$	$0,328 \pm 0,001$	$0,073 \pm 0,002$
F_5(IV)	$0,872 \pm 0,045$	$0,331 \pm 0,002$	$0,885 \pm 0,016$	$0,327 \pm 0,001$	$0,073 \pm 0,002$
F_22(0)	$0,872 \pm 0,004$	$0,330 \pm 0,002$	$0,874 \pm 0,002$	$0,329 \pm 0,002$	$0,072 \pm 0,002$
F_22(IV)	$0,883 \pm 0,001$	$0,332 \pm 0,002$	$0,892 \pm 0,017$	$0,329 \pm 0,003$	$0,072 \pm 0,002$
F_37(0)	$0,870 \pm 0,013$	$0,333 \pm 0,004$	$0,878 \pm 0,006$	$0,328 \pm 0,002$	$0,074 \pm 0,001$
F_37(IV)	$0,918 \pm 0,038$	$0,340 \pm 0,004$	$0,959 \pm 0,021$	$0,330 \pm 0,001$	$0,081 \pm 0,001$



Obrázek 22: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek D_37(IV)



Obrázek 23: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek E_37(IV)



Obrázek 24: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek F_37(IV)

6.3 Souhrnná diskuze

Experiment I se zabýval stabilitou měření. V rámci jednotlivých měření byly porovnávány hodnoty reologických charakteristik, zejména koeficientů konzistence K a indexů toků n (získaných podle vztahu 6.1). Získané variační koeficienty byly nízké zejména u vzorku B a pohybovaly se v rozmezí 0,60 – 1,69 %. U vzorku C byly hodnoty variačních koeficientů v rozmezí 0,39 – 1,65 %. Také u vzorků E a F byly hodnoty variačních koeficientů nízké, dosahující maximální hodnoty 1,29 % konkrétně pro vzorek F_37 a 5,78 % pro vzorek E_37. U vzorku A byly hodnoty variačních koeficientů v rozmezí 7,56 – 9,30 %, což jsou hodnoty vyšší ve srovnání s předchozími vzorky, avšak stále se pohybující do 10 %, což lze považovat za přípustnou hodnotu variačního koeficientu pro zajištění stability tohoto typu měření. U vzorků D_5 a D_22 byly hodnoty variačních koeficientů rovněž vyšší, avšak stále do 10 %, naopak u vzorku D_37 byly hodnoty variačních koeficientů nízké v rozmezí 0,24 – 2,72 %.

V rámci vlastního experimentu byly zkoumány tři druhy likérů – vaječný likér (vzorek A, D, E), likér s přídavkem vajec (vzorek B) a emulzní likér s příchutí (vzorek C, F). Jednotlivé druhy likérů se lišily jak složením (tabulka 2), tak hodnotami koeficientů konzistence, indexu toků i hodnotami zdánlivé viskozity získané při konstantním gradientu rychlosti 40 s^{-1} . Nejnižší hodnoty zdánlivé viskozity měl vzorek A a D (jednalo se o stejnou obchodní značku likéru). Naopak nejvyšší hodnoty zdánlivé viskozity byly u vzorku E.

Z teoretické znalosti této problematiky se lze opřít o obecný trend, že emulzní likéry patří mezi pseudoplastické tekutiny. Tento fakt potvrzují zejména získané hodnoty indexu toků všech vzorků ($n < 1$), ale také tokové křivky vzorků A, B, C, D a F, u kterých je zřetelné menší, či větší zakřivení křivky ve srovnání s tokovou křivkou typické pseudoplastické tekutiny uvedené na obrázku 8. Tokové křivky všech vzorků byly porovnávány s tokovými křivkami vzorku M a odlišnost těchto křivek byla vyjádřena velikostí součtu čtverců. Součet čtverců představoval celkovou sumu diference, což je druhá mocnina rozdílu hodnot smykového napětí vzorku M a smykového napětí konkrétního vzorku získané při stejném gradientu rychlosti. U většiny vzorků byla velikost součtu čtverců zanedbatelná do hodnoty 0,1. Vyšší hodnoty byly zaznamenány pouze u vzorku A a D, u nichž se hodnota součtu čtverců pohybovala v rozmezí 0,2 – 2,8. Grafické znázornění tohoto rozdílu mezi vzorkem A a M je v příloze I. Jak již bylo uvedeno výše, v případě A a D vzorků se jednalo o stej-

nou obchodní značku lišící se pouze šarží a tyto vzorky měly zároveň nejnižší hodnoty zdánlivé viskozity, což je pravděpodobně důvod přítomnosti této odchylky od modelového chování. U vzorku E byly z grafického znázornění tokových křivek zřetelné hysterezní smyčky (obrázek 16, 17, 18), což znamená, že průběh tokové křivky při rostoucím gradientu rychlosti byl rozdílný s průběhem tokové křivky při klesajícím gradientu rychlosti. Tyto smyčky probíhaly ve směru hodinových ručiček, což je charakteristické pro časově závislé tixotropní tekutiny. O přítomnosti hysterezních smyček vypovídá i rozdílná hodnota indexu toku při rostoucím a klesajícím gradientu rychlosti (viz tabulka 10 a 14). Mírné tixotropní chování emulzních likérů prokázal i Banks a kol., zvláště při gradientu rychlosti nižší než 50 s^{-1} [25].

Z výsledků skladovacího pokusu č. 1, probíhajícího po dobu tří měsíců při teplotě 5°C , je zřejmé, že tato teplota neměla výrazný vliv na reologické charakteristiky vzorků A, B a C ani na hodnotu jejich zdánlivé viskozity. Stejných výsledků bylo dosaženo u skladovacího pokusu č. 2 probíhajícího po dobu čtyř měsíců taktéž při teplotě 5°C . U vzorku D byl zaznamenán mírný klesající trend hodnot koeficientů konzistence, avšak výrazná změna zdánlivé viskozity nebyla pozorována. Rovněž u vzorku F nebyla pozorována výrazná změna hodnot reologických charakteristik ani zdánlivé viskozity. Vzorek F byl stejné obchodní značky jako vzorek C a lišily se pouze šarží. Z obdobného chování těchto vzorků lze usoudit, že výrobce aplikuje postupy zajišťující standardnost produkce likérů. Stejně tak teplota 22°C neměla v průběhu čtyř měsíců výrazný vliv na zdánlivou viskozitu likérů. Stejného výsledku dosáhl i Power ve své disertační práci, ve které byl proveden, mimo jiné, i skladovací pokus při pokojové teplotě tří zakoupených emulzních likérů [26]. Během skladovacího pokusu při 37°C nedošlo u žádného ze vzorků k viditelným projevům nestability jako je například oddělení fází, tvorba agregátů, krémování apod. Na druhou stranu bylo u vzorku D_37 pozorováno 3,5 násobné zvýšení viskozity a u vzorku E_37 téměř trojnásobné, přičemž největší rozdíl hodnot viskozity byl po měsíci skladování. Z těchto výsledků je zřejmé, že během skladování při teplotě 37°C došlo u zkoumaných likérů k jejich zahuštění, což je jeden z projevů nestability [2]. Vedle zvýšení viskozity byl u těchto vzorků zároveň zaznamenán výrazný rostoucí trend hodnot koeficientu konzistence K , který proces zahuštění jen potvrzuje, stejně jako pokles hodnot indexu toků n . Zvýšení viskozity vzorku D_37 mělo taktéž za následek změnu tokového chování. Vzorek původně vykazoval časově nezávislé pseudoplastické chování – obrázek 13, avšak na konci

čtyřměsíčního skladovacího pokusu byly z tokových křivek tohoto vzorku pozorovatelné hysterezní smyčky charakterizující časově závislé tixotropní chování – obrázek 22. U vzorku 2F_37 došlo pouze k nepatrnému zvýšení viskozity z hodnoty $0,074 \pm 0,001$ Pa.s na $0,081 \pm 0,001$ Pa.s. Toto nepatrné zvýšení viskozity poukazuje na dobrou stabilitu likéru, na které se pravděpodobně podílí i jeho složení, zejména přítomnost xantanové gumy (E 415), která je schopna tvořit stabilní disperze i při zvýšené teplotě (až 80 °C) [47].

ZÁVĚR

V rámci diplomové práce byly založeny experimenty, jejichž cílem bylo posoudit, jaký vliv má doba a teplota skladování na viskozitu vybraných druhů likérů. Z výsledků praktické části vyplývá, že:

- na základě získaných tokových křivek a variačních koeficientů získaných ze souboru měření při rostoucím a klesajícím gradientu rychlosti je možné označit zvolenou metodu měření za použitelnou pro hodnocení viskozity likérů – hodnoty všech variačních koeficientů se pohybovaly do 10 %, většina variačních koeficientů byla do konce pod 3 %,
- teplota skladování 5 °C a 22 °C nemá výrazný vliv na viskozitu likérů a zároveň u některých vzorků dochází pouze k nepatrnému poklesu hodnot koeficientů konzistence K a mírnému růstu hodnot indexu toků n ; u vzorků obsahujících ve svém složení xantanovou gumu (B, C a F) nebyla zaznamenána žádná změna hodnot reologických charakteristik,
- teplota skladování 37 °C má vliv na viskozitu likérů, zejména v podobě jejího zvýšení, menšího, či většího v závislosti na konkrétním složení vzorků, stejně tak má vliv na zvýšení hodnot koeficientů konzistence a poklesu hodnot indexů toků, zejména po měsíci skladování.

Závěrem diplomové práce lze říci, že teplota skladování 37 °C má vliv na stabilitu emulzních likérů, avšak dalším významným faktorem podílejícím se na jejich stabilitě je pravděpodobně jejich složení. Výrobci D a E likérů nemusí být příliš znepokojeni z výsledků tohoto experimentu, protože teplota 37 °C je daleko za roční průměrnou teplotou vyskytující se na území České republiky. Na druhou stranu nejsou v posledních letech, zejména v letních měsících, takto vysoké teploty žádnou vzácností. Z tohoto důvodu je žádoucí zabezpečení vhodných podmínek skladování, či přepravy co se teploty týče. Ze strany výrobců by bylo například vhodné označit tyto výrobky doporučenou teplotou skladování.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BAMFORTH, CH., W a WARD R. E. *The Oxford handbook of food fermentations*. New York: Oxford University Press, 2014. ISBN 9780199742707.
- [2] SCHRAMM, L. L.. *Emulsions, foams, and suspensions: fundamentals and applications*. Weinheim: Wiley-VCH, 2005. ISBN 3-527-30743-5.
- [3] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 110/2008 ze dne 15. ledna 2008 o definici, popisu, obchodní úpravě, označování a ochraně zeměpisných označení lihovin a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 1576/89. In: *Úřední věstník Evropské unie*. 2008. Dostupný také z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R0110&rid=1>
- [4] KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2012. ISBN 978-80-7418-145-0.
- [5] ROP, O., HRABĚ, J. *Nealkoholické a alkoholické nápoje*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. ISBN 978-80-7318-748-4.
- [6] DOSTÁLOVÁ, J., KADLEC, P. *Potravinářské zbožíznalství: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2014. ISBN 978-80-7418-208-2
- [7] ČESKO. Zákon č. 61/1997 ze dne ze dne 6. března 1997 o lihu a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákona České národní rady č. 587/1992 Sb., o spotřebních daních, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů*. 1997, částka 21, s. 1610-1618. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/>
- [8] LODGE, A. LIQUEURS: Sugar and spice and all things nice. In: *The Drinks Business* [online]. London, 2010 [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://www.thedrinksbusiness.com/2010/01/liqueurs-sugar-and-spice-and-all-things-nice/4/>
- [9] BUGLASS, A. J. *Handbook of alcoholic beverages: technical, analytical and nutritional aspects*. Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons, 2011. ISBN 9780470512029
- [10] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1334/2008 ze dne 16. prosince 2008 o látkách určených k aromatizaci a některých složkách potravin

- vyznačujících se aromatem pro použití v potravinách nebo na jejich povrchu a o změně nařízení Rady (EHS) č. 1601/91, nařízení (ES) č. 2232/96 a č. 110/2008 a směrnice 2000/13/ES. In: *Úřední věstník Evropské unie*, 2008. Dostupný také z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:354:0034:0050:CS:PDF>
- [11] LEA, A. G. H, PIGGOTT, J. *Fermented beverage production*. 2 vyd. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003. ISBN 0306477068.
- [12] Jak tvrdá může být voda? In: *vodarenstvi.cz* [online]. Mauri, 25.3.2010 [cit. 2015-09-14]. Dostupné z: <http://www.vodarenstvi.cz/clanky/jak-tvrda-muze-byt-voda>
- [13] BAMFORTH, CH. W. *Food, fermentation, and micro-organisms*. Ames, Iowa: Blackwell Science, 2005. ISBN 978-0-632-05987-4
- [14] ČESKO. Zákon č. 89/2012 ze dne 3. února 2012 občanský zákoník. In: *Sbírka zákonů*. 2012, částka 33, s. 1026-1364. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/>
- [15] MACRAE, R, R ROBINSON a M SADLER. *Encyclopaedia of food science, food technology, and nutrition*. San Diego: Academic Press, 1993. ISBN 0122268504.
- [16] BUREŠOVÁ, I. *Stabilizátory a tuky v potravinách*. (přenášky) Zlín: UTB, říjen 2015
- [17] DALGLEISH, D. G. Food emulsions – their structures and structure-forming properties. *Food Hydrocolloids*, 2006, **20**(4), 415-422. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2005.10.009
- [18] BŘEZINA, P., KOMÁR, A., HRABĚ, J. *Technologie, zbožížnalství a hygiena potravin*. Vyškov: VVŠ PV, 2001. ISBN 80-7231-079-8.
- [19] BOTHOREL, P. *Surfactants in Solution*. New York: Plenum Press, 1984. ISBN 9780306433320
- [20] CABALLERO, B. a kol. *Encyclopedia of Food and Health*. San Diego: Academic Press, 2015. ISBN 9780123849472
- [21] HEFFERNAN S. P. a kol. High-pressure-homogenised cream liqueurs: Emulsification and stabilization efficiency. *Journal of Food Engineering*. 2009, **95**(3), 525-531. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.06.018
- [22] BUŇKA, F. a kol. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-254-1.

- [23] DICKINSON, E., GOLDING, M. Influence of alcohol on the stability of oil-in water emulsion containing sodium caseinate. *Journal of Colloid and Interface Science*. 1998, **197**, 133-141.
- [24] ESPINOSA, G.P. a M.G. SCANLON. Characterization of alcohol-containing dairy emulsions: Pseudo-ternary phase diagrams of sodium caseinate solution-oil-ethanol systems. *Food Research International*. 2013, **53**, 49-55. DOI: 10.1016/j.foodres.2013.03.006
- [25] BANKS, W. Extension of the shelf life of cream-based liqueurs at high ambient temperatures. *Journal of Food Technology*. 1981, **16**: 587-595.
- [26] POWER, P. C. *The formulation, testing and stability of 16% fat cream liqueurs*. PhD Thesis, 1996. University College Cork
- [27] VELÍŠEK, J. a HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin*. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [28] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G. a POKORNÝ, J. *Chemie potravin: učebnice pro vysoké školy chemicko-technologické*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1983.
- [29] TRAYNOR, M. P. a kol. Formation and stability of an oil in water emulsion containing lecithin, xanthan gum and sunflower oil. *International Food Research Journal*, 2013, **20**(5), 2173-2181
- [30] HEJLOVÁ, Š. *Hygiena a technologie vajec a vaječných výrobků*. Újezd u Brna: Ivan Straka, 2001. ISBN 8090277586.
- [31] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách. In: *Úřední věstník Evropské unie*, 2008. Dostupný také z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1333&rid=8>
- [32] MEDINA-TORRES, L. a kol. Stability of alcoholic emulsions containing different caseinates as a function of temperature and storage time. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2009, **352**, 38-46. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2009.09.046

- [33] NUSSINOVITCH, A., HIRASHIMA, M. *Cooking innovations: using hydrocolloids for thickening, gelling, and emulsification*. Boca Raton: Taylor & Francis/CRC Press, 2014. ISBN 9781439875889
- [34] KLESCHT, V., HRNČIŘÍKOVÁ, I., MANDELOVÁ, L. *Éčka v potravinách*. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 80-251-1292-6
- [35] BRAUN, David B a Meyer R ROSEN. *Rheology modifiers handbook: practical use and application*. Norwich, N.Y.: William Andrew, 2000. ISBN 0-8155-1441-7. Dostupné také z: <http://www.loc.gov/catdir/description/wap041/99032076.html>
- [36] Éčka v potravinách: E 415 – Xanthan. In: *Zdravá potravina.cz* [online]. Zdravá potravina, 2015 [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E415>
- [37] BOURNE, M. C. *Food texture and viscosity: concept and measurement*. 2 vyd. San Diego: Academic Press, 2002. ISBN 01-211-9062-5.
- [38] White, G. W. Rheology in food research. *J. Food Technol*, 1970, **5**, 1-32
- [39] JANALÍK, J. *Viskozita tekutin a její měření*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2010.
- [40] VALENTAS, K. J, ROTSTEIN, E a SINGH, R. *Handbook of food engineering practice*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 1997. ISBN 0849386942.
- [41] PIRKL, S. *Reologie a reometrie kapalin* [online]. 2005 [cit. 2015-09-27]. Dostupné z: kf.upce.cz/Reologie%20a%20reometrie%20kapalin.doc
- [42] DVOŘÁK, L. *Vlastnosti tekutin*. Skripta VŠB - TU Ostrava, 2011.
- [43] BARTOVÁ, Z. *Viskozita a kyselost vybraných druhů bílých jogurtů*. České Budějovice, 2015. Diplomová práce. JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH.
- [44] BRUMMER, R. *Rheology essentials of cosmetic and food emulsions*. New York: Springer, 2006. ISBN 3540255532
- [45] BARTOVSKÁ, L. a ŠIŠKOVÁ M. *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav*. 5. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005. ISBN 80-708-0579-X.
- [46] PAVLÍNEK, V. *Reologie potravin a kosmetických prostředků*. (přednášky) Zlín: UTB, září – prosinec 2015
- [47] PHILLIPS, G. O. *Handbook of hydrocolloids*. 2 vyd. Cambridge: Woodhead Pub, 2009. ISBN 9781845695873.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

E 414	arabská guma
E 415	xantanová guma
HLB	hydrofilně-lipofilní rovnováha
j	gradient rychlosti
K	koeficient konzistence
n	index toku
η	dynamická viskozita
η_a	zdánlivá viskozita
O/V	emulze typu olej ve vodě
τ	smykové napětí
τ_y	„mez toku“
V/O	emulze typu voda v oleji

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schematické znázornění výroby likérů [1].	16
Obrázek 2: Diagram výrobního procesu typického smetanového likéru [15]	18
Obrázek 3: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro tekutiny časově nezávislé; kde A je Binghamská tekutina, B je pseudoplastická tekutina a C je dilatantní tekutina [40]	26
Obrázek 4: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro tekutiny časově závislé; kde D je hysterezní smyčka pro tixotropní tekutiny a E pro reopektické tekutiny [40]	27
Obrázek 5: Ostwaldův viskozimetr [19]	28
Obrázek 6: Tělíkový viskozimetr, kde 1 je vertikální nebo nakloněná skleněná trubice, 2 je kulovité tělísko a ΔL je vzdálenost měření pádu tělesa [40]	29
Obrázek 7: Druhy měřících geometrií rotačního viskozimetru [46]	30
Obrázek 8: Toková křivka pseudoplastické tekutiny [3]	37
Obrázek 9: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek M	38
Obrázek 10: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek A(0)	42
Obrázek 11: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek B(0)	43
Obrázek 12: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek C(0)	44
Obrázek 13: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek D_37(0)	45
Obrázek 14: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek D_22(0)	46
Obrázek 15: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek D_5(0)	47
Obrázek 16: závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek E_22(0)	48
Obrázek 17: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek E_37(0)	49
Obrázek 18: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek E_5(0)	50
Obrázek 19: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek F_22(0)	51
Obrázek 20: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek F_37(0)	52
Obrázek 21: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek F_5(0)	53
Obrázek 22: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek D_37(IV)	58
Obrázek 23: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek E_37(IV)	59
Obrázek 24: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro vzorek F_37(IV)	60

SEZNAM TABULEK

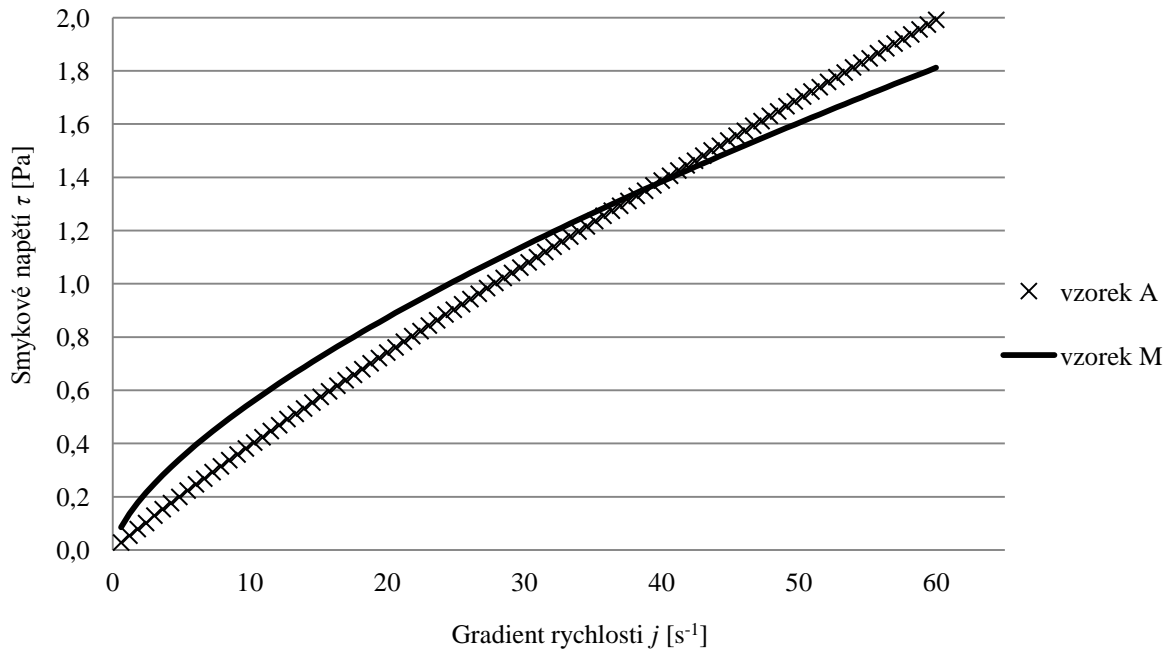
Tabulka 1: Vybrané druhy reologických modelů [39].....	25
Tabulka 2: Složení jednotlivých vzorků uvedené na etiketě	33
Tabulka 3: Značení vzorků pro skladovací pokus číslo 1.....	34
Tabulka 4: Složení vzorků pro skladovací pokus číslo 1.....	34
Tabulka 5: Značení vzorků pro skladovací pokus číslo 2.....	35
Tabulka 6: Složení vzorků pro skladovací pokus číslo 2.....	35
Tabulka 7: Získané hodnoty koeficientu konzistence a indexu toku pro vzorek M.....	37
Tabulka 8: Počáteční hodnoty koeficientů konzistence a indexu toků vzorků pro skladovací pokus č. 1.....	40
Tabulka 9: Počáteční hodnoty koeficientů konzistence a indexu toků pro vzorek D.....	40
Tabulka 10: Počáteční hodnoty koeficientů konzistence a indexu toků pro vzorek E.....	41
Tabulka 11: Počáteční hodnoty koeficientů konzistence a indexu toků pro vzorek F.....	41
Tabulka 12: Hodnoty koeficientů konzistence, indexu toků a zdánlivé viskozity pro vzorky z prvního skladovacího pokusu – A, B, C.....	56
Tabulka 13: Hodnoty koeficientů konzistence, indexu toků a zdánlivé viskozity pro vzorek D.....	56
Tabulka 14: Hodnoty koeficientů konzistence, indexu toků a zdánlivé viskozity pro vzorek E.....	57
Tabulka 15: Hodnoty koeficientů konzistence, indexu toků a zdánlivé viskozity pro vzorek F.....	57

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA I: Tokové křivky při rostoucím a klesajícím gradientu rychlosti pro
vzorek A a M..... 73

PŘÍLOHA I: Tokové křivky při rostoucím a klesajícím gradientu rychlosti pro vzorek A a M

Rostoucí gradient rychlosti



Klesající gradient rychlosti

