

Vliv doby a teploty skladování na viskozitu trvanlivého mléka

Bc. Michaela Petreňová

Diplomová práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michaela Petreňová**
Osobní číslo: **T15757**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vliv doby a teploty skladování na viskozitu trvanlivého mléka**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Stručně charakterizujte složení a vlastnosti mléka.
2. Popište technologii UHT zpracování mléka.
3. Zabývejte se faktory ovlivňujícími viskozitu mléka.

II. Praktická část

1. Založte skladovací pokus při třech teplotách zahrnující mléka o různé tučnosti.
2. Vyhodnoťte viskozitu mléka v závislosti na teplotě a době skladování.
3. Formulujte závěry práce.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] DATA, N. a H.C. HILTON. Diagnosing the cause of proteolysis in UHT milk. LWT – Food Science and Technology. 2003, 36(2), 137–182. ISSN 0023–6438. Dostupné z:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643802002141>

[2] GAUCHER, I., D. MOLLÉ, V. GAGNAIRE a F. GAUCHERON. Effects of storage temperature on physico-chemical characteristics of semi-skimmed UHT milk. Food Hydrocolloids. Trondheim, Norway, 2006, 22(1), 130–143. ISSN 0268–005X. Dostupné z:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X07001014>

[3] TOPCU, A. a I. SALDAMLI. Proteolysis and storage stability of UHT milk produced in Turkey. International Dairy Journal [online]. 2006, 16(6), 633 – 638. ISSN 0958–6946.

Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694605002682>

[4] DATTA, N. a H.C. DEETH. Age Gelation of UHT Milk A Review. Food and Bioproducts Processing [online]. 2006, 79(4), 197–210 . DOI: 10.1205/096030801753252261. ISSN 0960–3085. Dostupné z:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960308501702672>

[5] MILLER, G. D., J. K. JARVIS a Lois D MCBEAN. Handbook of dairy foods and nutrition. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2007, 407 s. ISBN 0849328284

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

3. února 2017

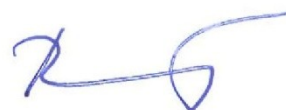
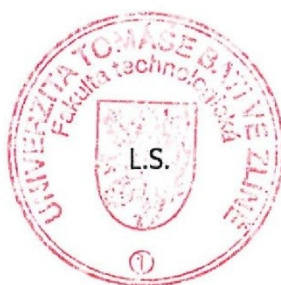
Termín odevzdání diplomové práce:

28. dubna 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: PETREŇOVÁ MICHAELA

Obor: 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 5.5.2017

Petreňová Michaela

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 nevdělečně 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 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

Předkládaná diplomová práce se zabývá změnou viskozity mléka v závislosti na podmínkách skladování. Teoretická část popisuje složení mléka a jeho viskozitu, dále je vysvětlená technologie UHT zpracování a popsány vlivy, které má UHT ošetření a skladování na sensorickou jakost mléka.

V praktické části byly sledovány změny viskozity v modelových vzorcích mléka. Závěrem celé práce je vyhodnocení závislosti teploty a doby skladování na sensorickou jakost mlék ošetřených UHT technologií. Vzorky mléka byly skladovány po dobu 188 dnů při teplotě 5 °C, 20 °C a 40 °C. Při 20 °C došlo během celého pokusu k nejpříjemnějším změnám viskozity, bez toho aby bylo mléko negativně ovlivněno Maillardovou reakcí.

Klíčová slova: mléko, UHT, viskozita, skladování

ABSTRACT

This diploma thesis deals with a change viscosity of milk depending on the storage conditions. The theoretical part describes the composition of milk and its viscosity, further explains the UHT technology and describes the effects that UHT treatment and storage have on the sensory quality of the milk.

In the practical part were observed changes in viscosity in milk samples. The conclusion of the whole diploma thesis is the evaluation of temperature and storage dependence on the sensory quality of milk treated by the UHT technology. Milk samples were stored for 188 days at 5 °C, 20 °C and 40 °C. At 20 °C, the most acceptable changes in viscosity throughout the whole experiment happened, without the milk being adversely affected by the Maillard reaction.

Keywords: milk, UHT, viscosity, storage

Chtěla bych poděkovat hlavně vedoucímu mé diplomové práce, doc. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D., za jeho trpělivost, ochotu a také cenné rady, připomínky a věnovaný čas. Dále mé poděkování patří rodině a blízkým, kteří mne po celou dobu studia podporovali a motivovali.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 CHARAKTERISTIKA A SLOŽENÍ KRAVSKÉHO MLÉKA.....	12
1.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ KRAVSKÉHO MLÉKA	12
1.1.1 Proteiny	12
1.1.2 Tuky	13
1.1.3 Sacharidy.....	13
1.1.4 Minerální látky	14
1.1.5 Vitaminy.....	14
1.1.6 Enzymy	14
2 TECHNOLOGIE UHT.....	15
2.1 PRINCIP UHT	15
2.2 UHT OŠETŘENÍ MLÉKA.....	16
2.2.1 Nepřímý ohřev	17
2.2.2 Přímý ohřev	18
2.3 HOMOGENIZACE MLÉKA.....	19
2.4 BALENÍ A SKLADOVÁNÍ UHT OPRACOVANÉHO MLÉKA	20
3 VISKOZITA MLÉKA	21
3.1 ČASOVĚ NEZÁVISLÉ NENEWTONSKÉ KAPALINY.....	22
3.2 ČASOVĚ ZÁVISLÉ NENEWTONSKÉ KAPALINY	23
3.3 REOLOGICKÉ CHOVÁNÍ MLÉKA.....	24
4 VLIV TEPELNÉHO ZÁHŘEVU A DOBY SKLADOVÁNÍ NA SENZORICKOU JAKOST MLÉKA.....	26
4.1 ZMĚNA VISKOZITY	26
4.1.1 Způsob a rozsah tepelného záhřevu	26
4.1.2 Proteolysa.....	27
4.1.3 Skladovací teplota	28
4.2 ZMĚNA BARVY, CHUTI A AROMA	28
4.3 PROJEVY NESTABILITY EMULZE	31
4.3.1 Sedimentace	31
4.3.2 Vystávání tuku	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
5 CÍL PRÁCE	33
6 METODIKA PRÁCE.....	34
6.1 POPIS EXPERIMENTU.....	34
6.2 VLASTNÍ MĚŘENÍ.....	35
6.2.1 Příprava vzorku	35
6.2.2 Naplnění geometrie a samotné měření vzorku.....	35

6.2.3	Metoda vyhodnocení výsledků	36
7	VÝSLEDKY A DISKUZE	37
7.1	ZÁVISLOST HODNOT REGRESNÍCH KOEFICIENTŮ A VSKOZITY NA TEPLITĚ A DOBĚ SKLADOVÁNÍ ODTUČNĚNÉHO MLÉKA	37
7.2	ZÁVISLOST ZMĚNY REGRESNÍCH KOEFICIENTŮ A VSKOZITY NA TEPLITĚ A DOBĚ SKLADOVÁNÍ VZORKŮ POLOTUČNÉHO MLÉKA	43
7.3	ZÁVISLOST ZMĚNY REGRESNÍCH KOEFICIENTŮ A VSKOZITY NA TEPLITĚ A DOBĚ SKLADOVÁNÍ VZORKŮ PLNOTUČNÉHO MLÉKA	49
7.4	SOUHRNNÁ DISKUZE	55
	ZÁVĚR	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	63
	SEZNAM OBRÁZKŮ	64
	SEZNAM TABULEK	66
	SEZNAM PŘÍLOH	67

ÚVOD

Jako trvanlivé mléko se označuje mléko ošetřené UHT záhřevem popřípadě i sterilací v obalu, které má výrobcem určenou dobu minimální trvanlivosti 3 až 6 měsíců. V mléce, které podstoupí UHT záhřev, jsou inaktivované mikroorganismy, které by mohly mít za následek jeho znehodnocení, a také jejich termoodolné spory. Trvanlivost výrobku může být obecně definována jako doba, po kterou může být výrobek skladován, aniž by jeho kvalita klesla pod přijatelnou úroveň. Základní podmínky pro určení doby trvanlivosti jsou kvalita surovin, podmínky zpracování, balení a distribuce. Trvanlivost mléka však do značné míry souvisí právě i s vnímáním „minimální přijatelné kvality“. Doba minimální trvanlivosti mléka není (při správném provedení UHT záhřevu a dodržení aseptických podmínek balení) určena činností mikroorganismů, ale důvodem je postupná změna jeho organoleptických vlastností, jako je zhoršení vůně, barvy, chutě a také změna fyzikálních a chemických vlastností, která se projevuje gelovatěním, zvýšením viskozity, sedimentací vloček bílkovin a vyvstáváním tuku [13].

K rozvoji zmíněných změn mléka dochází převážně během jeho skladování, což je předmětem zkoumání praktické části této práce, která se zabývá vlivem doby a teploty skladování na viskozitu trvanlivých mlék o různém obsahu tuku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA A SLOŽENÍ KRAVSKÉHO MLÉKA

Mléko je produkt savců, primárně určený pro výživu narozených mláďat. Pro své výživové vlastnosti bylo zařazeno do jídelníčku člověka a je využíváno jako výrobní surovina mnoha dalších produktů. Největší produkce pro lidskou spotřebu v České republice se týká mléka kravského. V roce 2015 činila průměrná spotřeba kravského mléka na jednoho obyvatele 58,6 l, a to včetně mléka využitého pro výrobu mléčných produktů [1;2].

Ke zpracování se používá zralé mléko od zdravých dojníc. Nezralé mléko produkované po porodu mláďete, jež se nazývá kolostrum, má odlišné složení než zralé mléko a je nezbytné pro výživu čerstvě narozeného mláďete [1].

1.1 Chemické složení kravského mléka

Kravské mléko je tekutina skládající se z vody, tuku, bílkovin, sacharidů a kvantitativně málo zastoupených látek – vitaminů, enzymů a minerálních látek, které se vyznačují svou biologickou aktivitou[3]. Přibližně 87-88 % mléka je tvořeno vodou a zbylých 12-13 % tvoří sušinu, ve které je možné identifikovat více než 100 různých komponent [1]. Složení mléka není stále stejné, záleží na zdravotním stavu dojnice, výživových faktorech, vnějších vlivech prostředí a stádiu laktace [4].

1.1.1 Proteiny

Kravské mléko obsahuje přibližně 3,2-3,5 % bílkovin. Z celkového množství proteinů je přibližně 78-85 % tvořeno kaseiny a zbylých 15-22 % syrovátkovými bílkoviny [1;3].

Kaseinové bílkoviny

Kaseinové bílkoviny se dělí na α_{s1} , α_{s2} , β a κ - kasein. Všechny čtyři druhy mají podobné složení, jsou bohaté na kyselinu glutamovou, leucin, serin, lysin a prolin. Všechny jsou fosfoproteiny tvořené 150-200 aminokyselinami a liší se od sebe počtem fosfoserinových skupin, přítomností cysteinu, sacharidů a obsahu některých aminokyselin.

Kaseiny, které netvoří sekundární struktury, jsou uspořádány do takzvaných micel prostřednictvím vodíkových vazeb, hydrofobních interakcí, disulfidických vazeb, elektrostatických sil a některých solí (vápenaté, fosforečné, hořečnaté, citrátové).

Na povrchu micely se nachází κ -kasein, který tvoří vazby s fosforečnanem vápenatým, čímž chrání ostatní frakce, které při styku s vápenatými ionty tvoří nerozpustnou sůl [3].

Charakteristickou vlastností kaseinových micel je jejich srážení při dosažení izoelektrického bodu, což nastává při pH 4,6. Tento proces se nazývá kyselé srážení a využívá se při výrobě jogurtů, tvarohů a tvarohových sýrů [1].

Syrovátkové bílkoviny

Mezi syrovátkové bílkoviny se řadí α -laktalbumin, β -laktoglobulin, laktoferin, sérum albumin, imunoglobuliny a proteoso-peptony. Jedná se o globulární proteiny, které tvoří složitější struktury a díky velkému obsahu lysinu, tryptofanu a cysteinu mají vysokou výživovou hodnotu. V porovnání s kaseiny obsahují méně prolinu a jsou více citlivé na teplo. Tepelné zpracování způsobuje jejich denaturaci, agregaci a tvorbu nerozpustných částic. Rychlost denaturace a tvorby nerozpustných částic závisí na druhu proteinu a fyzikálně-chemických podmínkách prostředí, přičemž nejnáchylnější je β -laktoglobulin. Přibližně 51 % syrovátkových bílkovin je tvořeno β -laktoglobulinem, ten má schopnost na sebe vázat malé hydrofobní molekuly, jako je například retinol. Okolo 22 % syrovátkových bílkovin tvoří α -laktalbumin, jenž se podílí na syntéze laktosy [3].

1.1.2 Tuky

Mléčný tuk udává mléku a mléčných výrobkům jedinečné vlastnosti a výrazně ovlivňuje vzhled, texturu a chuť. Zároveň je zdrojem esenciálních mastných kyselin a vitaminů rozpustných v tucích [1].

Tuk je ve mléce přítomen ve formě tukových kuliček a tvoří suspenzi ve vodné fázi. Mléčný tuk se skládá převážně z triacylglycerolů a některých diacylglycerolů, komplexních lipidů a nezmýdelnitelných lipofilních sloučenin. Tukové kuličky jsou obklopeny nativní biologickou membránou složenou z fosfolipidů, bílkovin, enzymů, cholesterolu, glykoproteinů a vitaminů. Nasycené mastné kyseliny představují 60-70 % (m/m) a nenasycené 30-35 % (m/m) z celkového množství mastných kyselin [3].

1.1.3 Sacharidy

Nejvýznamnější sacharid v mléce je laktosa, která tvoří 4,4-5,2 % celkového množství mléka. Označuje se jako mléčný cukr a z chemického hlediska se jedná o β -D-galaktopyranoyl- α -D-glukopyranosu. Udává mléku nasládlou chuť a představuje hlavní energetickou složku mléka.

V minoritním množství se v mléce vyskytují i produkty hydrolýzy laktosy, galaktosa a glukosa [1;5].

1.1.4 Minerální látky

V mléce je obsaženo 20 minerálních látek, které jsou pro člověka nutričně nezbytné. Dělí se na tři podskupiny: makroelementy (sodík, draslík, chlorid, vápník, hořčík a fosfor), mikroelementy (železo, měď, zinek, mangan, selen, jód, chrom, kobalt, molybden, fluorid) a minerály obsažené ve stopovém množství (arsen, nikl, křemík a bor) [6].

Obsah minerálních látek v mléce je ovlivněn řadou faktorů, jako je stupeň laktace, zdravotní stav zvířete, životní podmínky a genetické faktory. Důležitá je také forma, ve které se prvky v mléce vyskytují a která má značný vliv na stravitelnost a využitelnost látek organismem, tedy biologickou dostupnost [6]. Minerální látky se v mléce vyskytují ve formě anorganických a organických sloučenin, převážně jako soli kyseliny fosforečné, mléčné, uhličité popřípadě i sírové. Největší zastoupení tvoří soli draselné a vápenaté [7].

1.1.5 Vitaminy

V mléce jsou obsaženy prakticky všechny vitaminy. Vitaminy A, D, E a K jsou rozpuštěné v tukových komponentech mléka. Z vitaminů rozpustných ve vodě jsou zastoupeny vitaminy skupiny B a v malém množství také vitamin C [1].

1.1.6 Enzymy

Čerstvé mléko obsahuje okolo 70 nativních enzymů. Část enzymů se tvoří přímo v mléčné žláze, další přechází z krve dojnice, a některé enzymy jsou produkovány somatickými buňkami. Mléko obsahuje také enzymy produkované mikroorganismy. Díky analýze enzymů je možné například diagnostikovat zdravotní stav dojnice, odhalit přítomnost nežádoucích mikroorganismů nebo ověřit dostatečnost tepelného ošetření [8;9;10].

2 TECHNOLOGIE UHT

Mléko je látka, která poskytuje výborné živné podmínky pro řadu mikroorganismů, které by jí mohly znehodnotit pro další použití ve výrobě a lidské spotřebě. Proto byly vyvinuty postupy pro prodloužení jeho trvanlivosti a podmínky následného skladování. Nejčastějším způsobem prodloužení trvanlivosti je tepelný záhřev. Na trhu jsou v současné době nabízená mléka lišící se od sebe způsobem úpravy a dobou trvanlivosti [1;11].

Syrové mléko, které je dostupné přímo od farmářů nebo v mléčných automatech, není nijak tepelně ošetřeno a je u něj doporučena tepelná úprava před konzumací. Dle Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č.853/2004 Sb. je „syrové mléko“ definované jako mléko produkované sekrecí mléčné žlázy hospodářských zvířat, které nebylo podrobeno záhřevu nad 40 °C nebo jinému ošetření s rovnocenným účinkem [12]. Trvanlivost tohoto mléka se prodlužuje pouze skladováním při teplotě 4-8 °C a je vhodné jej spotřebovat do 3 dnů ode dne odběru [13].

Čerstvé mléko je ošetřeno vysokou pasterací. Dle platné vyhlášky č. 397/2016 Sb. stanovující požadavky na mléko a mléčné výrobky, lze jako „čerstvé“ označit tekuté mléko, které nebylo ošetřeno teplotou vyšší než 125 °C. Čerstvé mléko je nutné uchovávat při teplotě 2-8 °C a jeho trvanlivost je při správném skladování obvykle 5-10 dní [11;13;14].

Trvanlivé mléko má trvanlivost od 3 do 6 měsíců, a to i v případě, kdy je skladované při pokojové teplotě. Dle vyhlášky č. 397/2016 Sb., se jako „trvanlivé mléko“ označí pouze tekuté mléko, u kterého bylo dosaženo prodloužení doby trvanlivosti vysoko tepelným ošetřením nebo sterilací. V nynější době tvoří trvanlivé mléko největší podíl v prodeji tekutého mléka [14;15].

2.1 Princip UHT

UHT (Ultra high temperature) ošetření je proces, který vede k výrobě obchodně sterilního produktu. Obchodně sterilní produkt je výrobek, ve kterém za doporučených podmínek skladování nedochází k nežádoucím projevům mikroorganismů a neobsahuje mikroorganismy, jež by mohly ohrozit zdraví osob [13;16;17]. Dle Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 853/2004 Sb., je definované, že ošetření velmi vysokou teplotou (UHT) se dosáhne ošetřením zahrnujícím souvislý průtok tepla za vysoké teploty po krátkou dobu (nejméně 135 °C v kombinaci s přiměřenou dobou zdržení), aby v ošetřeném

výrobku nebyly žádné živé mikroorganismy ani spory schopné růstu v prostředí asepticky uzavřené nádoby při pokojové teplotě [12].

Nejčastější surovina, která se ošetřuje UHT, je mléko, tato metoda se však může uplatňovat například i u ovocných šťáv, smetany, jogurtů, sojového mléka, vína a polévek [17].

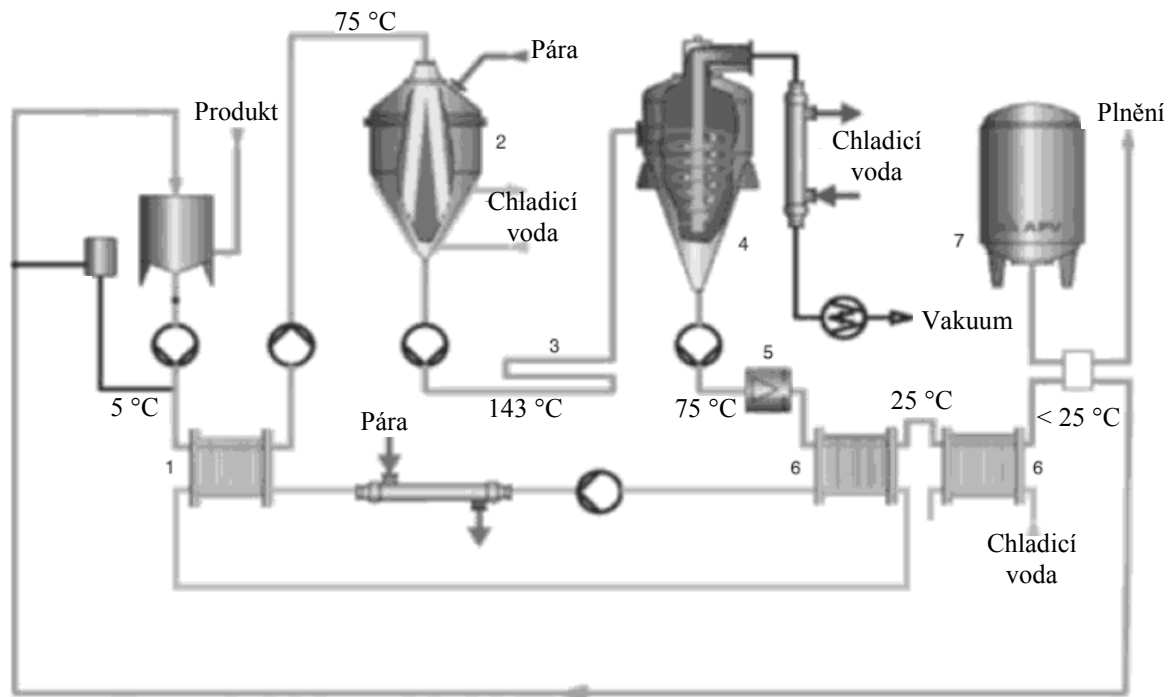
Proces UHT zahrnuje zahřátí mléka na extrémně krátkou dobu 1–10 s (většinou 3–5 s) na teploty vyšší než 135 °C (obvykle 138–145 °C), což je teplota potřebná k usmrcení bakteriálních spor v mléce [16;17]. Minimální kombinace času a teploty je diktována potřebou zničit mikroorganismy a bakteriální spory. Kombinaci času a teploty je nutné volit tak, aby nebylo překročeno maximální přijatelné množství chemických změn, jež se obvykle stanovuje destrukcí vitamínu B (na 3 %). V praxi je spodní hranice teploty určena schopností zničit bakteriální spory za přiměřenou dobu (cca 135 °C) a horní hranice je dána možnostmi zařízení (cca 150 °C) [16].

Výhodou UHT ošetření mléka je, kromě delší trvanlivosti produktu také to, že během něj dochází k menším chemickým změnám suroviny, než při zahřívání na sice nižší teplotu, ale po delší dobu, čehož se využívá u sterilace v obalu. Sterilace je nepřímé zahřátí hermeticky uzavřeného produktu. Zahřívání mléka v obale probíhá delší dobu při nižší teplotě než při UHT ošetření, v důsledku čehož má větší tendenci k Maillardovu hnědnutí a může u něj dojít ke vzniku „vařivé“ chuti [16;18].

2.2 UHT ošetření mléka

V ohřívacím kroku zpracování mléka se při UHT ošetření využívá jako topné médium přehřátá pára nebo voda. Používané teploty jsou vyšší, než teplota varu vody, a proto se musí zpracování provádět pod tlakem 0,3 - 0,4 MPa. Při přímém ohřevu se pára přímo mísí se surovinou, při nepřímém ohřevu je surovina zahřívána prostřednictvím trubek nebo desek z nerezavějící oceli podobně jako při pasteraci [13;16;18].

UHT ošetření zahrnuje následující fáze: přehřev mléka s regenerací mléka, udržování teploty přehřátí, zahřátí produktu na sterilační teplotu, držení sterilační teploty, zchlazení a aseptické zabalení. Schéma UHT zpracování mléka je znázorněné na obrázku (Obrázek 1). Dále je nutná také homogenizace, která se dle způsobu ohřevu zařazuje před nebo za zahřívací sekci. V praxi se pro přehřev mléka používá tepelný výměník, v němž jako topné médium proudí již zpracované mléko, které se při tom zároveň ochlazuje na požadovanou teplotu. Tímto způsobem dochází ke značné regeneraci tepla [18].



- | | | |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 1. Deskový výměník-záhřev | 4. Expanzní komora | 7. Aseptický tank |
| 2. Parní infuzní komora | 5. Aseptický homogenizátor | |
| 3. Výdržník tepla | 6. Deskový výměník-chlazení | |

Obrázek 1: Uspořádání zařízení pro přímé UHT ošetření mléka (Polarizace) [18]

2.2.1 Nepřímý ohřev

Pro nepřímý ohřev se využívá trubkových nebo deskových výměníků tepla vyrobených z nerezavějící oceli. Jako topné médium slouží horká voda nebo pára. Mléko je ohříváno prostřednictvím přenosu tepla přes ocelovou vrstvu a nepříjde tedy do styku s ohřívací vodou. K rychlejšímu přenosu tepla dochází v deskovém výměníku díky jeho velkým kontaktním plochám.

U obou topných systémů se využívá tepelné regenerace, což znamená, že teplé mléko po UHT záhřevu se využívá pro ohřev chladného mléka, které ještě neprošlo vysoko tepelnou sekcí. Tímto způsobem mohou nepřímé topné systémy dosáhnout 80-95 % energetického využití. Deskové systémy dosahují vyšší regenerační sazby než trubkové.

Mléko k ohřevu proudí v opačném směru než topné médium. Minimalizuje se tak teplotní rozdíl mezi těmito dvěma toky, což má za následek menší znečištění na povrchu výměníku a umožňuje delší provoz a dosažení vyšší kvality produktu.

Počáteční ohřev se provádí v části regenerace, kde se vstupující mléko ohřívá a vystupující mléko chladí. Systémy pro nepřímý ohřev často obsahují část předeřívacího držení, kde se mléko udržuje při 90 °C po dobu 30-60 s před hlavní zahřívací částí. Tento úsek se běžně označuje jako úsek „stabilizace proteinu“, protože tu dochází k rozsáhlé denaturaci syrovátkových bílkovin. Pokud β -laktoglobulin denaturuje při nižší teplotě než sterilační, zůstává stabilní a nemá tendenci se připalovat na vysoko tepelné části zařízení. Během denaturace se β -laktoglobulin vysráží na povrchu micel kaseinu. Důsledkem je výrazné snížení počtu povrchových reakčních míst na micelách, což má značný význam na trvanlivost UHT ošetřených mlék (viz kapitola 4). Následuje termosektor, kde se dosáhne teploty minimálně 135 °C. Mléko proudí do výdržníku a následně do chladicí sekce [16;19].

U nepřímého ohřevu není potřeba mít aseptický homogenizátor, protože mléko se může homogenizovat před tepelným záhřevem a nepoužívá se ani expanzní komora. Díky tomuto a velké tepelné regeneraci je provoz i počáteční investice do zařízení provozovny levnější než v případě přímého ohřevu [13;16;18].

2.2.2 Přímý ohřev

Hlavním rysem přímého ohřevu je vysoká rychlost ohřevu produktu. Teplota předeřívátého mléka (60-70 °C) se během doby kratší než 1s zvýší o dalších 60-70 °C. Toho je dosaženo využitím skupenského tepla z páry, v důsledku čehož část vody kondenzuje do mléka. Při zvýšení teploty o 60 °C, množství kondenzované vody tvoří asi 11 % objemu výrobku. Po ohřevu na požadovanou teplotu je produkt veden do vakuové expanzní komory, kde se tlak udržuje pomocí vakuové pumpy. Zde je v důsledku nižšího tlaku teplota mléka snížena na 70-80 °C a přebytečné teplo je využito na změnu vody v páru, čímž se odstraní přebytek vody, která kondenzovala při záhřevu párou. Zároveň dochází k deaeraci a dezodoraci produktu [13;16].

Přímý ohřev je spojen s vyššími náklady a větší složitostí systému. Voda používaná k výrobě páry musí být „kulinářské“ třídy a splňovat hygienické požadavky. Zařízení pro výrobu páry musí omezovat možnost strhávání vroucí vody do páry. Je nutné mít expanzní komoru, aseptický homogenizátor a navíc tepelná regenerace sekce s přímým ohřevem je pouze 40% [16;20]. Je nutné podotknout, že přímý ohřev se využívá jen při záhřevu párou, zbylé ohřívací a chladicí sekce využívají nepřímého systému.

Jelikož záhřev i chlazení je provedeno rychleji než u nepřímých topných systémů, je možno dosáhnout vyšší sterilizační teploty bez toho, aby došlo k výraznějším chemickým změnám produktu (například vařivé chuti) [16].

Znečištění topných ploch je u přímotopných systémů menší a není ani nutné udržovat mléko v předeřívací sekci kvůli denaturaci bílkovin. V infuzních systémech se kuželovitá spodní část nejčastěji chladí na teplotu 120 °C, což zabraňuje připalování. U parních vstřikovacích systémů se mléko může občas přichytit na horkou trysku, toto riziko je však sníženo na minimum [16]. Přímý ohřev se dělí na uperizaci a polarizaci.

Uperizace představuje vstřik páry do předeřátého mléka pomocí parního injektoru. Pára se přivádí do proudu mléka a je s ním smíchána v parní komoře se zvýšeným tlakem. Odtud se mléko odvádí do expanzní komory [16;21].

Během polarizace je předeřáté mléko vstříknuto do parní komory, kam se postupně přivádí nasycená pára. Po předeřátí je produkt čerpán do parního infuzoru, což je tlaková nádoba s kuželovým tvarem nahoře i dole. U vrcholu kužele je výrobek vstřikován několika tryskami a prochází parní atmosférou přiváděnou ze stran, aniž by se dotkl stěn nádoby, dokud nedosáhne spodního kužele. Ten je opatřen chladícím pláštěm udržujícím vnitřní stěnu pod teplotou produktu v infuzoru. Díky tomu se na povrchu vytváří kondenzační film, který zabraňuje připalování mléka. Produkt opouští infuzní komoru čerpadlem s expanzním ventilem, které je umístěno na spodní části kužele, a míří do expanzní komory. Celé schéma polarizace je zobrazeno na obrázku (Obrázek 1) [13].

2.3 Homogenizace mléka

Zpracování UHT mléka zahrnuje také homogenizaci [16]. Homogenizace je definovaná jako proces dělení relativně velkých polydisperzních tukových kuliček z hrubé emulze olej ve vodě do velkého počtu malých kuliček v úzkém rozsahu velikostí, aby se zabránilo jejich agregování a vyvstávání z emulze [3].

V první fázi se mléko stlačí (8-20 MPa) aby proniklo úzkou štěrbinou nebo tryskou, přičemž v důsledku smykového napětí a setrvačné síly dojde k razantnímu zmenšení velikosti tukových kuliček a jejich shlukování. Štěrbinou mléko přejde do druhé části, kde se vzniklé agregáty náhlým poklesem tlaku rozpadnou [3]. Střední hodnoty velikosti tukových kuliček se sníží z 3,0 mm na 0,5 mm a nové kuličky jsou pokryté membránou skládající se převážně z kaseinu [16].

V ideálním případě by u UHT mléka během skladování při pokojové teplotě nemělo dojít k vyvstávání tuku. V praxi však často dochází k vyvstávání tuku dříve [16]. Do jisté míry homogenizace také zabraňuje koalescenci, emulze mléka je tak stabilnější a je prodloužená trvanlivost produktu [3].

Homogenizace je prováděna za vysokého tlaku, což vede také k rozbití velkých kaseinových agregátů, které vznikají během procesu zahřívání, převážně při přímém ohřevu. Tyto agregáty by mohly mléku dodávat „křídový“ až „svíravý“ pocit v ústech. Mléko zpracovávané nepřímým ohřevem se může homogenizovat před záhřevem, čímž odpadá nutnost aseptického homogenizátoru a snižují se tím náklady [16].

2.4 Balení a skladování UHT opracovaného mléka

Aby se zachovala vysoká mikrobiální kvalita, je nutné, aby se UHT ošetřené produkty asepticky zabalily. Takový výrobek má i při skladování při pokojové teplotě trvanlivost několik měsíců.

Asepticky zpracované mléko se plní za aseptických podmínek do komerčně sterilních nádob, které jsou předem vyrobeny nebo jejich výroba je součástí balící linky. Po dokončení plnění jsou nádoby hermeticky uzavřeny. Sterilita se udržuje po celou dobu manipulace a distribuce produktu až do jeho otevření.

Obaly, do kterých se mléko balí, by měly být odolné proti vodě a chránit produkt proti slunečnímu záření, vzduchu a vstupu mikroorganismů. Zároveň systém uzavírání musí být navržen tak, aby bylo na první pohled viditelné, že byl neporušen. Tento způsob zpracování a balení umožňuje používat jako obalové materiály lepenku, plastové obaly nebo sáčky. Nejrozšířenější balení pro tekuté mléčné výrobky jsou vyrobeny převážně z papíru/kartónu. Nejznámější a nejrozšířenější je obal Tetra Pak [12;13;22].

Během distribuce a skladování trvanlivého mléka je doporučeno dodržovat doporučenou teplotu skladování, která je výrobcem stanovena obvykle pod 25 °C.

3 VISKOZITA MLÉKA

Reologie je věda zabývající se studiem deformací a toku hmoty vlivem působení sil, čehož se využívá v mnoha oborech průmyslu [23;24]. Znalost reologických vlastností jednotlivých surovin, meziproduktů a konečných produktů je důležitá ve všech fázích výroby pro správný výběr a nastavení používaných zařízení a postupů, neboť ovlivňují zejména kvalitu konečného produktu [25].

Viskozita kapalin se projevuje jako odpor proti pohybu částic kapaliny, podle toho můžeme kapaliny dělit na newtonské a neneutonské [26].

U newtonských kapalin se chování toku popisuje jednoduchým lineárním vztahem mezi smykovým napětím τ a gradientem rychlosti $\dot{\gamma}$. Tento vztah je vyjadřován pomocí Newtonova zákona viskozity dle Newtonovy rovnice:

$$\tau = \eta \cdot \frac{d_v}{d_y} = \eta \cdot \dot{\gamma} \quad (3.1)$$

kde τ je smykové napětí (Pa), $\dot{\gamma}$ je smyková rychlost (s^{-1}) a η je dynamická viskozita kapaliny (Pa·s), která je charakterizována jako na teple závislá konstanta [23;26]. Viskozita newtonských kapalin je závislá pouze na teplotě, což je zobrazené na obrázku (Obrázek 1), kde je vyjádřená závislost smykového napětí na smykové rychlosti. Se zvyšující se smykovou rychlostí se lineárně zvyšuje i smykové napětí. To znamená, že viskozita newtonských kapalin zůstane stejná bez ohledu na smykovou rychlost nebo smykové napětí [27;28].

Většina tekutin je však neneutonská a jejich viskozita je závislá na smykové rychlosti nebo historii deformace. Tyto kapaliny se vyznačují nelineárním vztahem mezi smykovým napětím a smykovou rychlostí [28]. Pro neneutonské tekutiny se využívá analogická rovnice jako pro newtonské:

$$\tau = \eta_a \cdot \frac{d_v}{d_y} = \eta_a \cdot \dot{\gamma} \quad (3.2)$$

kde η_a je zdánlivá viskozita, jež je proměnnou veličinou, která je závislá na smykovém napětí nebo rychlosti deformace. Proto nemůže přímo sloužit pro fyzikální hodnocení konzistence neneutonských tekutin. Aby bylo možné určit tokovou křivku tekutiny, je třeba znát závislost smykového napětí na gradientu rychlosti. K tomuto účelu se využívají

tzv. reologické modely, které slouží k popisu nelineárních průtokových křivek. Nejznámější a nejpoužívanější model je Ostwald- de Waeleho, který se vyjadřuje rovnicí:

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (3.3)$$

Dynamická viskozita následně může být vypočítána jako:

$$\eta = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1} \quad (3.4)$$

kde K ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$) značí koeficient konzistence a n index toku. Jedná se o regresivní koeficienty, které jsou charakteristické pro danou tekutinu a charakterizují její vlastnosti [23;24].

Pro $0 < n < 1$ platí, že se jedná o pseudoplastickou látku a při $n > 1$ se jedná o látku dilatantní [29]. Speciálním případem je, když $n=0$ a tedy $K=\mu$, tehdy se jedná o newtonskou kapalinu [24].

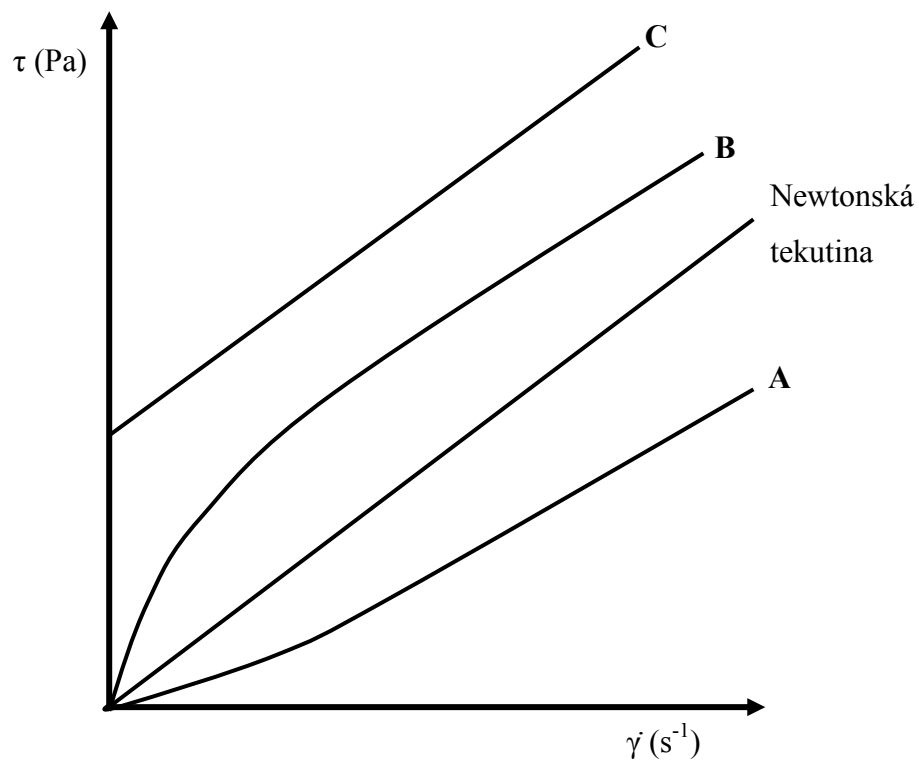
Nenewtonské kapaliny se dělí na časově závislé a na časově nezávislé.

3.1 Časově nezávislé nenewtonské kapaliny

Pseudoplastické tekutiny – Jedná se o látky, které se zvyšujícím se gradientem rychlosti vykazují nižší zdánlivou viskozitu. Do této skupiny spadá většina nenewtonských potravin. Na obrázku (Obrázek 2) je křivkou B znázorněn tvar průtokové křivky těchto tekutin. Pseudoplastické chování vykazuje například ovocné pyré, kondenzované mléko, kečup a další potraviny [24;30].

Dilatantní tekutiny – Chování těchto tekutin je opačné od pseudoplastických, se zvyšujícím se gradientem rychlosti jejich zdánlivá viskozita roste. Průběh křivky je znázorněn na obrázku (Obrázek 2) křivkou A. Z potravin sem patří například suspenze škrobu a med [24;30].

Binghamské tekutiny – Jinak označované jako plastické. Pro uvedení těchto tekutin do pohybu je nutné překonat tzv. mez toku, což znamená, že je nutné překonat počáteční smykové napětí. Po dosažení meze toku, což je spojeno s porušením původní trojrozměrné struktury, se kapalina dále chová jako newtonská kapalina. Binghamské chování vykazuje například čokoláda [24;30].



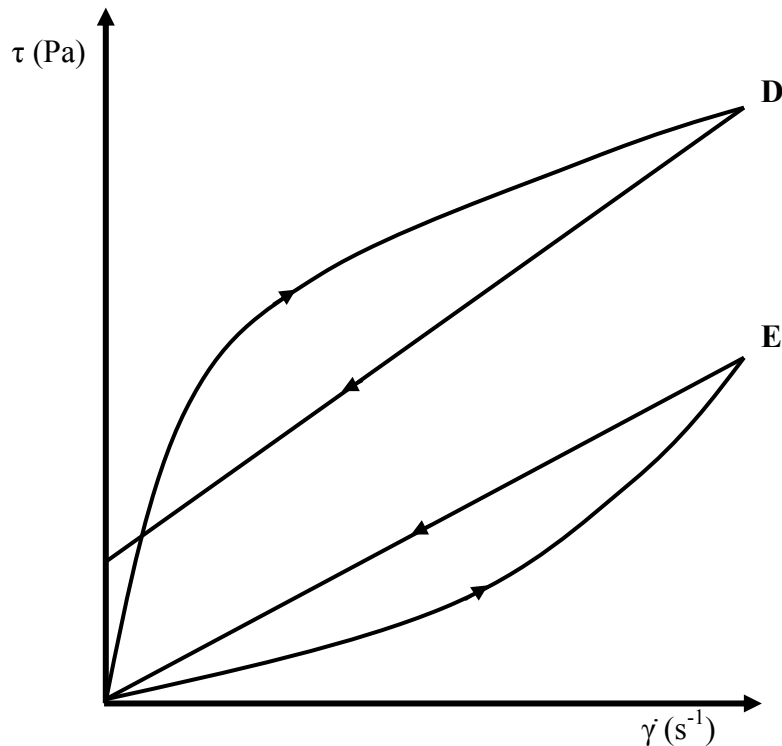
Obrázek 2: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro časově nezávislé tekutiny: A znázorňuje dilatantní tekutinu, B pseudoplastickou a C binghamskou [30]

3.2 Časově závislé neneutonské kapaliny

U časově závislých neneutonských kapalin viskozita závisí na době namáhání tekutiny. Rozlišují se na tixotropní a reopektické.

Tixotropní tekutiny – Jedná se o látky podléhající tixotropii, což je pokles zdánlivé viskozity s prodlužující se dobou působení smykového napětí nebo smykové rychlosti. Po ukončení namáhání látka postupně dosáhne své původní zdánlivé viskozity. Tyto vlastnosti vykazují látky pseudoplastické a plastické. Na tokové křivce tixotropních kapalin lze pozorovat smyčku, viz křivka D na obrázku (Obrázek 3), která značí rozdíl tokové křivky při rostoucím a klesajícím gradientu rychlosti. Hysterezní smyčka má vždy průběh po směru hodinových ručiček. Příkladem tixotropní potraviny je jogurt [23;30;31].

Reopektické tekutiny – Mají opačný charakter než tixotropní tekutiny. Při tečném napětí nebo smykové rychlosti dochází k nárůstu zdánlivé viskozity. Toková křivka reopektických tekutin je znázorněna křivkou E na obrázku (Obrázek 3) a také obsahuje hysterezní křivku, která však probíhá proti směru hodinových ručiček [30;31].



Obrázek 3: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro časově závislé tekutiny: hysterezní smyčka D znázorňuje tixotropní a smyčka E reopektické tekutiny [30]

3.3 Reologické chování mléka

Reologické chování mléka je v obecném smyslu typické pro „polozředěné“ emulze či suspenze. Nicméně komplexní složení a mikrostruktura poukazuje na složitější systém, který je zřetelnější, pokud se mléko podrobí například koncentraci, frakcionaci, homogenizaci, tepelnému záhřevu, sýření či okyselení. V závislosti na složení, teplotě měření, a předchozí úpravě může mléko vykazovat jak newtonské tak neneutronské chování [23].

Čerstvé odstředěné, polotučné i plnotučné mléko může být pro všechny praktické účely považováno za newtonskou kapalinu za podmínek, že obsahuje méně než 40% (w/w) tuku, má teplotu větší než 40 °C (veškerý tuk je v tekuté formě) a měření probíhá při středních až vysokých smykových rychlostech. V závislosti na dalším zpracování se toto nevztahuje na trvanlivé mléko [23].

Složení mléka ovlivňuje jeho reologické vlastnosti. Laktóza a syrovátkové bílkoviny mají na viskozitu relativně malý vliv. Oproti tomu vliv obsahu tuku je velký, protože se zvyšujícím se obsahem tuku viskozita roste. Obsah kaseinu má vzhledem ke své velikosti

a značnému množství možných interakcí mezi sebou nebo i s jinými složkami mléka na viskozitu vliv největší [23;32].

Viskozita a reologické vlastnosti mléka tedy do značné míry závisí na stavu a koncentraci tuku a kaseinu a současně i na faktorech, které na ně mají vliv, jako je tepelné ošetření mléka a teplota a doba skladování. Tyto vlivy jsou podrobněji rozepsány v kapitole 4 [23].

,

4 VLIV TEPELNÉHO ZÁHŘEVU A DOBY SKLADOVÁNÍ NA SENZORICKOU JAKOST MLÉKA

Atributy kvality a trvanlivosti mléka ošetřeného UHT jsou ovlivněny a určeny kombinací kvality použité suroviny, podmínkami tepelného záhřevu a způsobem a dobou skladování. Přestože hlavním cílem UHT záhřevu je zajištění obchodní sterility, významně ovlivňuje fyzikální a chemickou stabilitu a sensorickou jakost. Celková kvalita trvanlivého mléka je výrazně ovlivněná hlavně širokým spektrem fyzikálněchemických jevů a enzymatických reakcí, ke kterým dochází během skladování [22;33].

Vliv tepelného záhřevu a doby skladování spolu úzce souvisí. Tepelný záhřev prodlužuje dobu použitelnosti a tedy i skladování mléka, ale zároveň také započíná reakce, které během doby skladování způsobují snížení jakosti mléka [19].

Během skladování mléka je stále dodržena obchodní sterilita produktu, s časem skladování však dochází ke změnám, které ovlivňují přijatelnost a tedy i minimální trvanlivost mléka. Tyto změny zahrnují denaturaci syrovátkových bílkovin, interakce protein-protein, protein-laktosa, a tvorbu dalších sloučenin, které ovlivňují celkovou sensorickou jakost mléka. Všechny tyto reakce snižují kvalitu mléka a omezují jeho životnost prostřednictvím rozvoje pachutí, změnou barvy, separací tuku, zvýšením viskozity a sedimentací [19].

4.1 Změna viskozity

Růst viskozity mléka je nevratný děj, který nastává při skladování mléka. Rychlost růstu viskozity však závisí na mnoha faktorech a není vždy stejná. Rychlost je ovlivněná mikrobiologickou kvalitou syrového mléka, faktory během získávání mléka, způsobem a rozsahem tepelného záhřevu, proteolýzou, skladovací teplotou, obsahem toku a případným přidáním aditivních látek. V extrémních případech může z důvodu extrémně dlouhého skladování dojít až k synerezi [22;34].

4.1.1 Způsob a rozsah tepelného záhřevu

Před zpracováním mléka UHT záhřevem je mléko běžně předeřhříváno na teplotu 80-90 °C s výdrží 30-60 s a dochází k takzvané stabilizaci proteinů. Účelem je denarovat syrovátkový protein β -laktoglobulin před vysoko tepelným ohřevem, ten se stabilizuje a nemá tendenci se ve vysoko tepelné sekci připalovat a znečišťovat tak zařízení [34;35].

Denaturace syrovátkových bílkovin má výrazný vliv na rychlost zvyšování viskozity skladovaného trvanlivého mléka. Tepelným zpracováním se dimerní nativní protein disociuje, částečně rozvíjí, denaturuje a agreguje. Denaturované syrovátkové bílkoviny mohou reagovat s kaseinovými micelami za tvorby komplexů, jedná se o takzvanou interakci protein-protein. Mezi κ -kaseiny na povrchu micel, dochází ke specifickým interakcím s denaturovaným β -laktoglobulinem za pomoci disulfidických vazeb, iontových i hydrofobních interakcí. Micely mají poté sníženy počet vazebných míst na povrchu, což dočasně snižuje možnost dalších reakcí [34;35].

UHT ošetření s nepřímým ohřevem vždy zahrnuje i fázi stabilizace proteinů, proto mléko ošetřené nepřímým ohřevem déle odolává růstu viskozity. Podobných vlastností lze dosáhnout i u přímého ohřevu, pokud se zvýší sterilační teplota nebo se prodlouží doba působení této teploty. Během delšího tepelného záhřevu nebo záhřevu vyšší teplotou však může být kvalita mléka snížena Maillardovou reakcí, je proto nutné volit variantu doby a teploty záhřevu, při které denaturuje dostatečné množství sérových bílkovin, ale zároveň jsou zachovány charakteristické sensorické vlastnosti mléka [34;35].

4.1.2 Proteolysa

Růst viskozity mléka je z velké části ovlivněn také proteolýzou, ta může způsobovat i rozvoj hořké chuti mléka, tvorbu sedimentu a rozsáhlou tvorbu gelu. Enzymy odpovědné za proteolýzu jsou nativní alkalické proteinasy (plasmin) a tepelně stabilní extracelulární bakteriální proteinázy produkované psychrotrofními bakteriemi [36;37;38].

Plasmin je hlavní nativní proteináza v mléce, která má optimální aktivitu při teplotě 37 °C a pH 7,5. V mléce získávaném a uchovávaném za vhodných podmínek od zdravé dojnice se jedná o primární prostředek proteolýzy. Plasmin je součástí micel a membrán mléčného tuku, stejně jako enzymaticky neaktivní prekurzorová forma plasminogen. Aktivita plasminu v mléce je regulovaná přítomnými enzymovými aktivátory a inhibitory. Těsná blízkost enzymu a jeho substrátu zajišťuje účinnou proteolýzu [19;34;39].

Plasminogen je tepelně stabilnější než plasmin. Vzhledem k vyšší tepelné intenzitě při nepřímém ohřevu jsou proteinasy v mléce ošetřeném přímým ohřevem z velké části inaktivovány a v mléce je obsaženo jen malé množství plasminogenu. Při přímém ohřevu v mléce zůstane aktivní značná část plasminu i plasminogenu. Během skladování pak množství plasminogenu díky aktivátorům klesá a naopak množství plasminu roste [34;40].

Teplem a homogenizací jsou inaktivovány inhibitory plasminu a jen malá část aktivátorů [19;41].

Úprava mléka vyšší teplotou, jako například u UHT zpracování, vede k řadě změn proteolytické aktivity v mléce. V první řadě je výrazně snížena aktivita plasminu v důsledku thiol-disulfidových interakcí mezi syrovátkovým β -laktoglobulinem a enzymem během ošetření mléka vysokou teplotou [38;42].

Plasmin nejčastěji štěpí β -kasein a α_{s2} -kasein, v menší míře také α_{s1} -kasein. Přednostně jsou štěpeny polypeptidové řetězce po lysinu, v menší míře po argininu [19;39].

Tepelně stabilní proteinasy produkované psychrotrofními bakteriemi před tepelným ošetřením jsou také schopné způsobit růst viskozity UHT mléka. Hlavní bakterie, které se podílejí na produkci termostabilních enzymů v mléce, jsou z rodu *Bacillus* a *Pseudomonas*. Tyto enzymy mají vyšší tepelnou stabilitu než proteináza a vedou ke tvorbě tvrdších gelů. Bakteriální proteinázy mohou způsobit rozpad κ -kaseinu na para- κ -kasein s následnou hydrolysou, jež má podobné následky jako použití syřidla [19;34;41].

Stačí, aby v mléce bylo obsažené stopové množství proteas, a trvanlivost UHT mléka se sníží klidně i na méně než 3 měsíce. Nativní proteinázy vedou ke vzniku měkkého gelu než bakteriální proteinázy [19].

4.1.3 Skladovací teplota

Zvyšování viskozity obecně probíhá rychleji při teplotě 20-25 °C než při nízké teplotě 5 °C nebo při vysoké teplotě 30-40 °C. Pravý důvod nižší rychlosti zvyšování viskozity mléka skladovaného při vyšších teplotách není znám. Jedna z možných příčin je vysoký stupeň rozpadu proteinů při vysokých teplotách, které nejsou schopny vytvořit stabilní gelovou strukturu nebo je možnost interakcí mezi kaseiny (protein-protein) blokována reakcemi s laktosou (protein-laktosa), viz další kapitola [34].

4.2 Změna barvy, chuti a aroma

Maillardovy reakce jsou charakterizovány jako neenzymatické reakce vedoucí ke vzniku hnědého zbarvení, jinak také nazývané jak neenzymatická glykace. Mnoha tepelně opracovaných výrobcům (např. pekařským) dodají produkty maillardových reakcí charakteristické zbarvení, vůni a chuť. U řady výrobců jsou však tyto reakce nežádoucí, jako právě u mléka. Tyto reakce představují chemické, tepelně indukované kondenzační

reakce mezi aldehydovými skupinami redukujících cukrů a volnými aminokyselinami. V případě mléka se jedná většinou o reakci lysinových zbytků (v menší míře guanidinová skupina argininu, indolová skupina tryptofanu nebo imidazolová skupina histidinu) z mléčných bílkovin (kaseinové reaktivnější než sérové) a redukujícího disacharidu, laktosu [36;43;44].

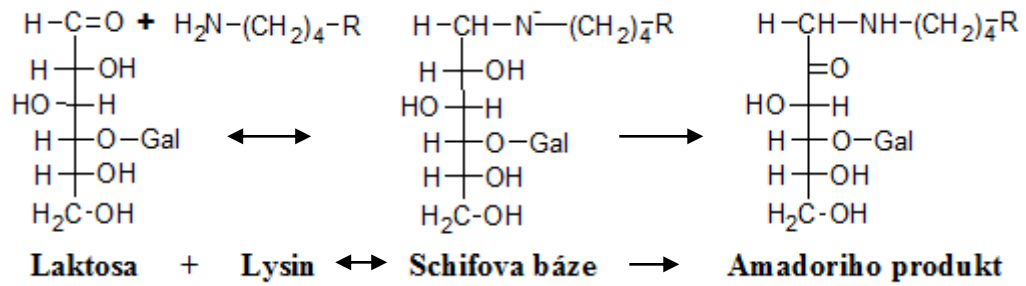
Maillardovy reakce jde klasifikovat do tří fází a to na iniciaci, propagaci a terminaci. Schéma reakcí je znázorněno na obrázku (Obrázek 4).

- 1) **Iniciace:** Časná Maillardova reakce je iniciována neenzymovou kondenzací redukujícího cukru s aminoskupinou a vede ke vzniku nestabilní Schiffovy báze. Ta podléhá Amadoriho přesmyku za vzniku tzv. Amadoriho produkt.
- 2) **Propagace:** Pokročilá Maillardova reakce je založená na štěpení Amadoriho produktu do četných štěpných produktů amino-cukrů. Dojde k rozkladu na původní aminokyselinu a 1-, 3- nebo 4-deoxyglukoson. Vznikající produkty se liší v závislosti na pH mléka a redukujícím cukru. Laktosa, jako disacharid, tvoří převážně 4-deoxyglukoson. Deoxyglukosony jsou velmi reaktivní produkty, které opět reagují svobodnými aminokyselinami a tím propagují Maillardovu reakci a způsobují nevratné molekulární změny proteinů.
- 3) **Terminace:** Různé reakce deoxyglukosonů s aminy a dalšími složkami mléka vedou ke vzniku hnědě zbarvených produktů, jako jsou pyraziny a melanoidiny, polymerovaných molekul, jako je lactoloselysin a fructoselysin, a malých molekul kyselin (př. Kyselina mravenčí). Tyto koncové produkty jsou termostabilní a tím terminují Maillardovu reakci [43;45].

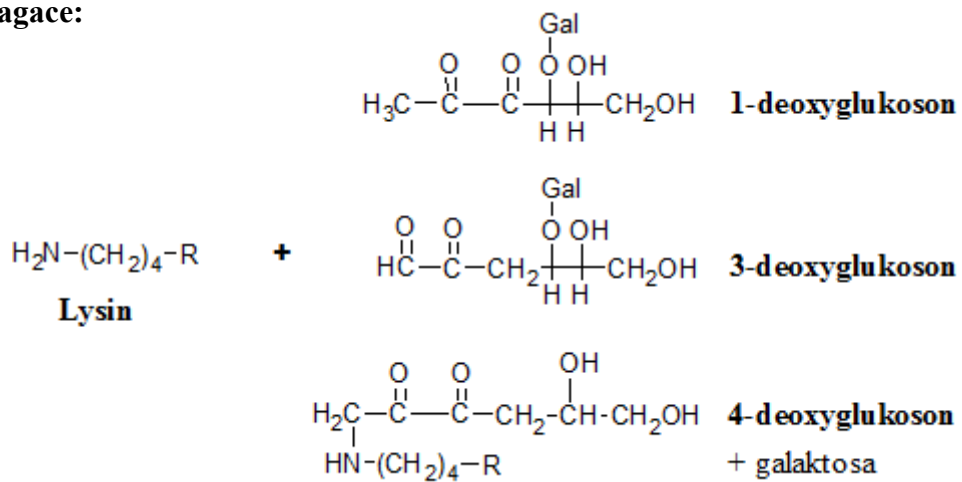
Maillardovy reakce započínají během tepelného opracování mléka a během skladování reakce pokračují. Rychlost tvorby konečných produktů je přímo závislá na teplotě skladování [36].

V textech týkajících se reakcí v mléce se o Maillardové reakci často mluví jako o reakci protein-laktosa. Počáteční fáze těchto reakcí mají na trvanlivé mléko příznivé účinky. Laktosa navázaná na protein zabírá vazebné místo micely a brání tak tvorbě trojrozměrné struktury mezi proteiny a tím i zvyšování viskozity mléka. Konečné produkty Maillardovy reakce naopak trvanlivé mléko znehodnocují. Hlavně při vyšších teplotách skladování se u mléka projeví hnědé zbarvení, charakteristická chuť i vůně [33;34;36].

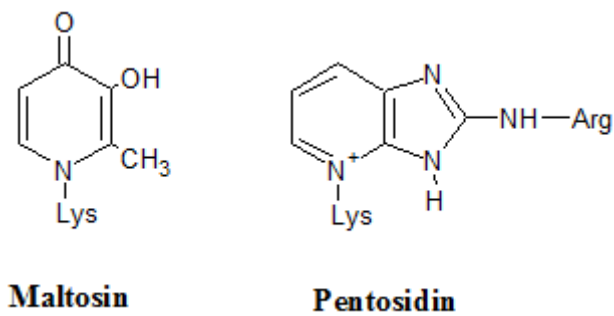
Iniciace:



Propagace:



Terminace:



Obrázek 4: Průběh Maillardovy reakce a vzorce některých jejích produktů [43]

4.3 Projevy nestability emulze

Během skladování UHT mléka dochází k řadě fyzikálně-chemických změn, které mohou vést k řadě změn, například k agregaci nebo sedimentaci některých částí mléka [46].

4.3.1 Sedimentace

Sedimentace je proces, který zkracuje životnost UHT mléka prostřednictvím uložené vrstvy bílkovinného materiálu. Sedimentace je zahájena již během tepelného ošetření mléka a je ovlivněná rozsahem a povahou záhřevu, ale i vlastnostmi použité suroviny. Jedná se o fyzický děj, který je projevem destabilizace kaseinových micel, jež se postupně usazují na dně nádoby. Rychlost sedimentace roste se zvyšující se teplotou skladování, také je rychlejší u tepelně zpracovaného mléka kvůli vyšší hmotnosti micel [47;48].

Projev sedimentace lze minimalizovat správným nastavením jednotlivých operací, převážně pak homogenizací, která u přímého záhřevu slouží k rozbití vzniklých agregátů bílkovin. Mléko zpracované přímým UHT záhřevem má za následek tvorbu většího množství sedimentu než při nepřímém ohřevu [22].

4.3.2 Vystávání tuku

I přes to, že součástí tepelného opracování je součástí homogenizátor, může příležitostně dojít k separaci mléčného tuku. U přímého ohřevu je menší pravděpodobnost vystávání tuku než v případě nepřímého ohřevu. Špatná homogenizace, k níž může dojít při poškození homogenizačních ventilů, může zapříčinit, že některé tukové kuličky neabsolvují homogenizaci. I při malém množství velkých tukových kuliček může dojít během skladování k viditelnému vystávání tuku. Během skladování dochází ke spojování kuliček (koalescenci) a jejich pomalému vzlínání. Během doby minimální trvanlivosti by však tyto změny neměly být viditelné [22;49].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo sledování změn viskozity UHT mléka v závislosti na délce a teplotě skladování v modelových vzorcích mléka. Práce je rozdělená na dvě související části, část teoretickou a praktickou.

Cílem teoretické části bylo:

- charakterizovat složení a vlastnosti kravského mléka,
- popsat technologii UHT ošetření mléka,
- charakterizovat faktory, jež ovlivňují viskozitu mléka.

Cílem praktické části bylo:

- provést skladovací pokus při třech teplotách zahrnující mléka o různé tučnosti,
- vyhodnocení viskozity mléka v závislosti na teplotě a době skladování,
- formulování závěrů práce.

6 METODIKA PRÁCE

6.1 Popis experimentu

Cílem experimentu bylo sledovat změnu viskozity u mlék různých tučností ošetřených UHT zpracováním, skladovaných po dobu 188 dnů a zjistit vliv teploty skladování na rychlost a rozsah změn.

Pro skladovací pokus byly jako modelové vzorky použity UHT ošetřená mléka o různých stupních tučnosti (Tabulka 1), u nichž bylo od výrobce doporučené skladování při teplotě do 24 °C. Vzorky byly v originálních obalech skladovány při třech různých teplotách. Jedna sada vzorku byla uchovávána v chladnici při teplotě cca 5 °C, druhá při pokojové teplotě cca 20 °C a třetí v termostatu při 40 °C.

Tabulka 1: Charakteristika UHT mlék použitých k experimentu

Název	Obsah tuku	Označení při měření
Trvanlivé odtučněné mléko	max. 0,5%	O
Trvanlivé polotučné mléko	min. 1,5%	P
Trvanlivé plnotučné mléko	min. 3,5%	T

První měření probíhalo v den 0 značeno (0), kdy byly měřeny vlastnosti referenčních vzorků po jejich zakoupení z distribuční sítě. U každé tučnosti mléka bylo provedeno měření u čtyř spotřebitelských balení vždy ve dvou opakováních. Poté se spotřebitelská balení o všech tučnostech uskladnila při teplotách zvolených pro skladovací pokus.

První měření během skladovacího pokusu označené jako (I) probíhalo v 23. den, druhé měření značeno (II) proběhlo 164. den a poslední měření označené (III) proběhlo 188. den skladování. Měření každého vzorku bylo provedeno ve třech opakováních, dvě měření z jednoho spotřebitelského balení a jedno měření z druhého balení. Značení vzorků pro skladovací pokus je znázorněno v tabulce (Tabulka 2).

Tabulka 2: Značení vzorků pro skladovací pokus s proměnným dnem měření (I-III)

Den měření ▼	První měření před skladovacím pokusem		
Měření 0	O_(0)	P_(0)	T_(0)
Teplota skladování ►	5 °C	20 °C	40 °C
Měření (I-III)	O_5_(I-III)	O_20_(I-III)	O_40_(I-III)
	P_5_(I-III)	P_20_(I-III)	P_40_(I-III)
	T_5_(I-III)	T_22_(I-III)	T_40_(I-III)

6.2 Vlastní měření

6.2.1 Příprava vzorku

Vzorky mléka ve spotřebitelském balení byly před analýzou temperovány na teplotu 40 °C ve vodní lázni. Temperace probíhala za účelem rozpuštění krystalů triacylglycerolů, aby bylo umožněno řádné promíchání vzorků.

Po temperaci následovalo promíchání ve spotřebitelském balení a následné odlití 100 ml vzorku, které bylo po dobu 15 minut promícháváno míchadlem rychlostí 100 ot/min za současné temperance ve vodní lázni na 40 °C.

6.2.2 Naplnění geometrie a samotné měření vzorku

Pro měření viskozity byl použit reometr HAAKE RheoStress1 (Thermo Scientific, USA) za použití geometrie válec ve válci. Pro samotné měření bylo vždy odváženo 40 g vzorku mléka. Vzorek byl během měření chlazený pomocí vodní lázně na teplotu 20 °C. Naměřené hodnoty byly zaznamenávány pomocí softwaru RheoWin. Cyklus měření byl složený z 5 fází:

1. fáze = promíchání vzorku po dobu 120 s
2. fáze = měření při zvyšujícím se gradientu rychlosti: 0-110 s⁻¹
3. fáze = měření při snižujícím se gradientu rychlosti: 110-0 s⁻¹
4. fáze = dosažení ustáleného gradientu rychlosti 40 s⁻¹
5. fáze = měření zdánlivé viskozity při konstantním gradientu rychlosti 40 s⁻¹ po dobu 120 s

6.2.3 Metoda vyhodnocení výsledků

Data získaná při rostoucím a klesajícím gradientu rychlosti v rozmezí $0 - 110 \text{ s}^{-1}$, tedy ve 2. a 3. fázi měření, byla zpracována v programu Excel pomocí nelineární regrese s využitím nástroje Řešitel. Základní úlohou nelineární regrese je vyjádřit závislost dvou proměnných veličin, v tomto případě smykového napětí τ a gradientu rychlosti $\dot{\gamma}$, v grafu pomocí křivky. Pomocí časově nezávislého Ostwald-de Waeleho modelu byla sestavena křivka znázorňující hodnoty smykového napětí pro jednotlivé vzorky. Ostwald-de Waeleho rovnice (3.3) se často používá k popsání reologických vlastností kapalin, viz kapitola 3.

Hodnoty koeficientu konzistence K a index toku n byly získány pomocí nástroje Řešitel. Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky byly vypočítány pomocí Excelu.

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

Skladovací pokus sloužil ke sledování vlivu délky doby a teploty skladování na regresní koeficienty K , n a na viskozitu vybraných vzorků mléka. V následujícím textu budou vyhodnoceny jednotlivé závislosti v rámci jednotlivých tučností a následně celkové výsledky a zjištění.

7.1 Závislost hodnot regresních koeficientů a viskozity na teplotě a době skladování odtučněného mléka

U vzorků odtučněného mléka O_0 měřeného na počátku skladovacího pokusu byla hodnota koeficientu konzistence K při rostoucím gradientu rychlosti $1,047 \pm 0,083$. Tato hodnota s dobou skladování při teplotě $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ postupně rostla, na konci skladovacího pokusu dosahovala hodnot $1,510 \pm 0,035$. Naopak indexy toku se snížily z $1,131 \pm 0,015$ na $1,079 \pm 0,004$. Totéž bylo pozorováno při klesajícím gradientu rychlosti, kde koeficient konzistence vzrostl z $0,650 \pm 0,097$ na začátku pokusu na $1,426 \pm 0,040$ na konci. Během skladování došlo ke zvýšení zdánlivé viskozity z $1,88 \pm 0,08\text{ mPa}\cdot\text{s}$ na $2,09 \pm 0,01\text{ mPa}\cdot\text{s}$.

Hodnoty viskozity mléka skladovaného při $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, měřené v poslední den skladovacího pokusu, lze s přihlédnutím ke směrodatným odchylkám považovat za obdobné viskozitě naměřené u vzorku O_0, měřeného před začátkem skladovacího pokusu. Hodnoty koeficientu konzistence K při rostoucím gradientu poměrně kolísaly. U prvního měření došlo k mírnému nárůstu hodnot, u druhého k poklesu a při posledním k opětovnému nárůstu jak u vzorků skladovaných při $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, tak při $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hodnoty indexu toku n se pohybovaly přesně opačně. Hodnoty koeficientu konzistence K při klesajícím gradientu byly při první měření nižší a poté rostly. Hodnoty indexu toku n se opět pohybovaly opačně.

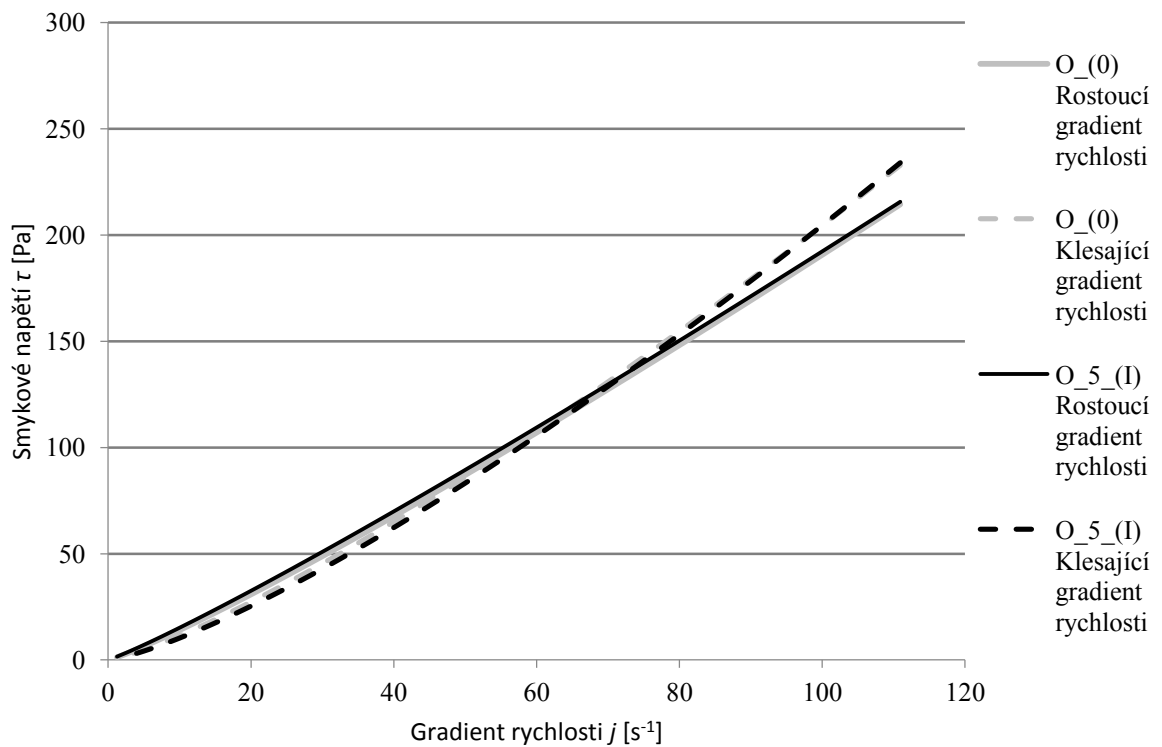
Vzhledem k tomu, že indexy toku n mají vyšší hodnotu než 1, můžeme říct, že se jedná o dilatantní tekutinu. Na všech grafech můžeme předpokládat vznik hysterezní smyčky, protože hodnoty koeficientu konzistence K i indexu toku n jsou rozdílné u rostoucího a klesajícího gradientu, a to u všech vzorků odtučněného mléka.

Konkrétní hodnoty získané během měření všech vzorků odtučněného mléka jsou uvedené v tabulce (Tabulka 3) a tokové křivky závislosti smykového napětí na gradientu rychlosti jsou vyobrazeny pro vzorky skladované při $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Obrázek 5-7), pro vzorky skladované při $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Obrázek 8-10) a při $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Obrázek 11-13). Samostatná křivka pro vzorek O_0 je

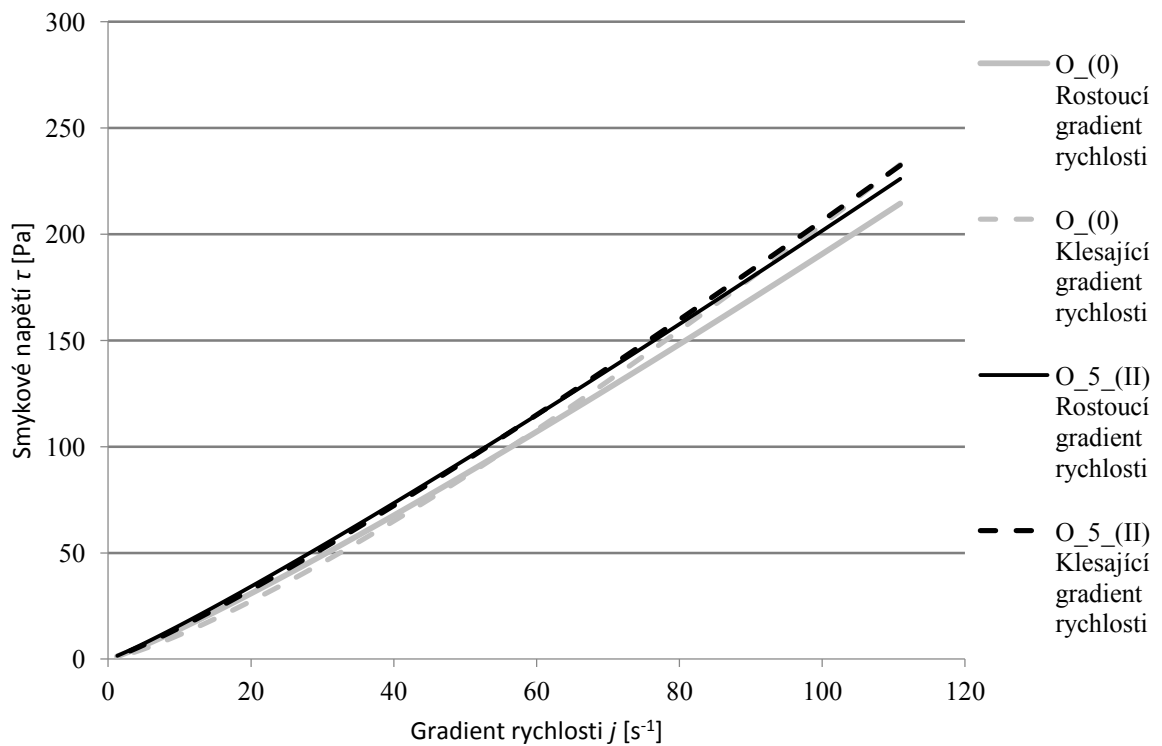
znázorněná v příloze (Příloha I) a je použita jako porovnávací křivka v každém grafu týkajícího se odtučněného mléka.

Tabulka 3: Hodnoty regresních koeficientů a viskozita vzorků odtučněného mléka

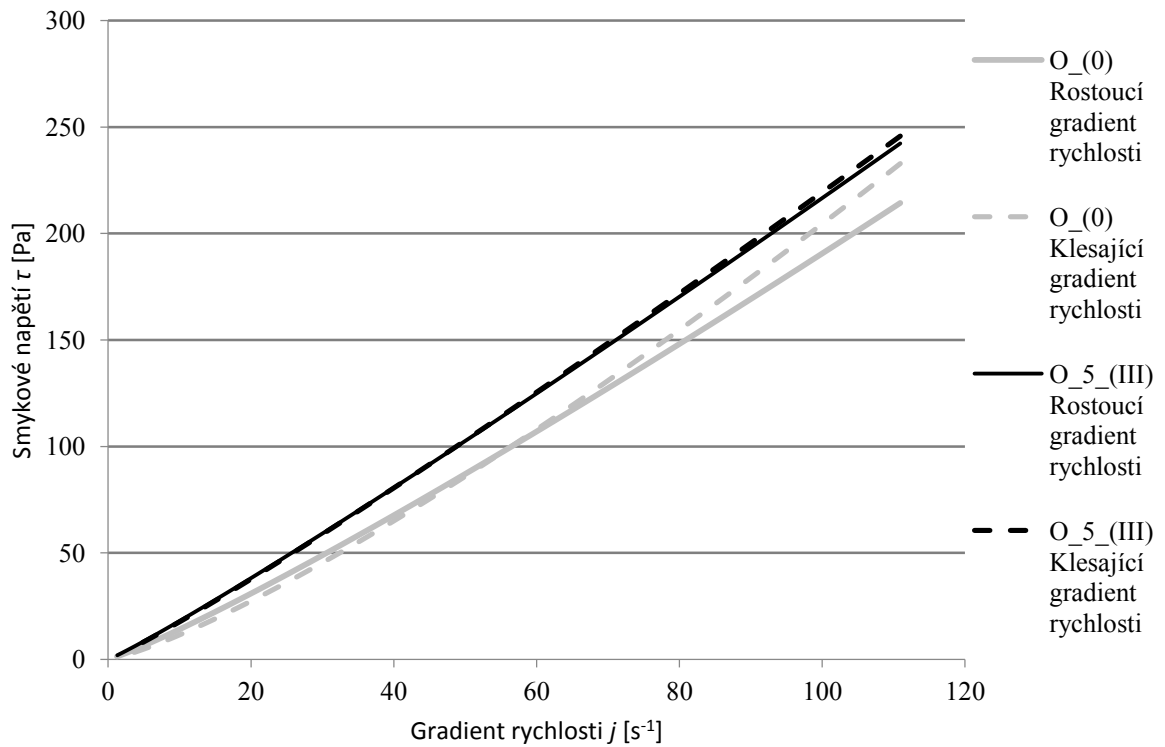
Vzorek	Rostoucí gradient rychlosti		Klesající gradient rychlosti		Zdánlivá viskozita při 40 s ⁻¹ [mPa·s]
	Koeficient konzistence	Index toku	Koeficient konzistence	Index toku	
O_(0)	1,047 ± 0,083	1,131 ± 0,015	0,650 ± 0,097	1,251 ± 0,030	1,88 ± 0,08
O_5_(I)	1,187 ± 0,021	1,105 ± 0,012	0,524 ± 0,087	1,298 ± 0,031	1,85 ± 0,05
O_5_(II)	1,261 ± 0,011	1,100 ± 0,004	1,055 ± 0,006	1,145 ± 0,026	1,91 ± 0,01
O_5_(III)	1,510 ± 0,038	1,079 ± 0,004	1,426 ± 0,040	1,094 ± 0,006	2,09 ± 0,01
O_20_(I)	1,240 ± 0,020	1,099 ± 0,003	0,557 ± 0,026	1,284 ± 0,010	1,87 ± 0,05
O_20_(II)	1,216 ± 0,028	1,101 ± 0,005	0,623 ± 0,016	1,254 ± 0,006	1,81 ± 0,02
O_20_(III)	1,310 ± 0,012	1,092 ± 0,001	0,865 ± 0,052	1,188 ± 0,013	1,91 ± 0,01
O_40_(I)	1,211 ± 0,050	1,100 ± 0,008	0,541 ± 0,032	1,289 ± 0,013	1,85 ± 0,05
O_40_(II)	1,186 ± 0,032	1,107 ± 0,003	0,639 ± 0,028	1,248 ± 0,008	1,83 ± 0,01
O_40_(III)	1,250 ± 0,073	1,096 ± 0,012	0,653 ± 0,020	1,244 ± 0,005	1,84 ± 0,02



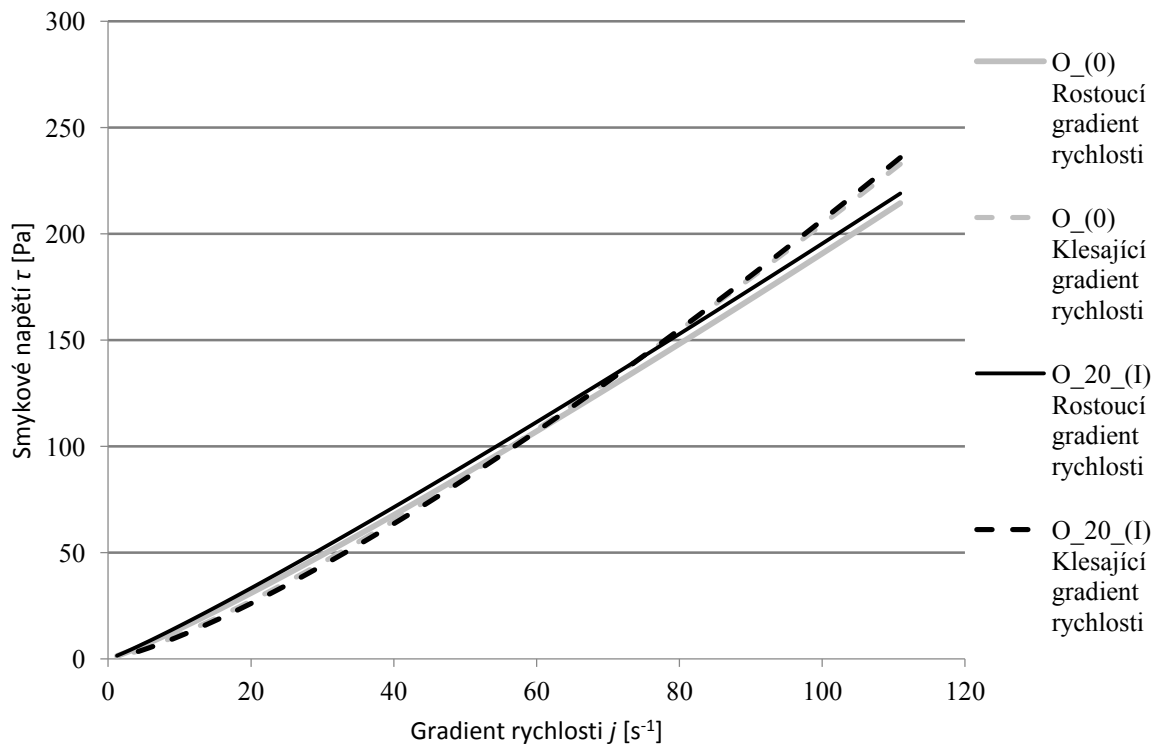
Obrázek 5: Toková křivka skladovaného vzorku $O_{5(I)}$ v porovnání se vzorkem $O_{(0)}$ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



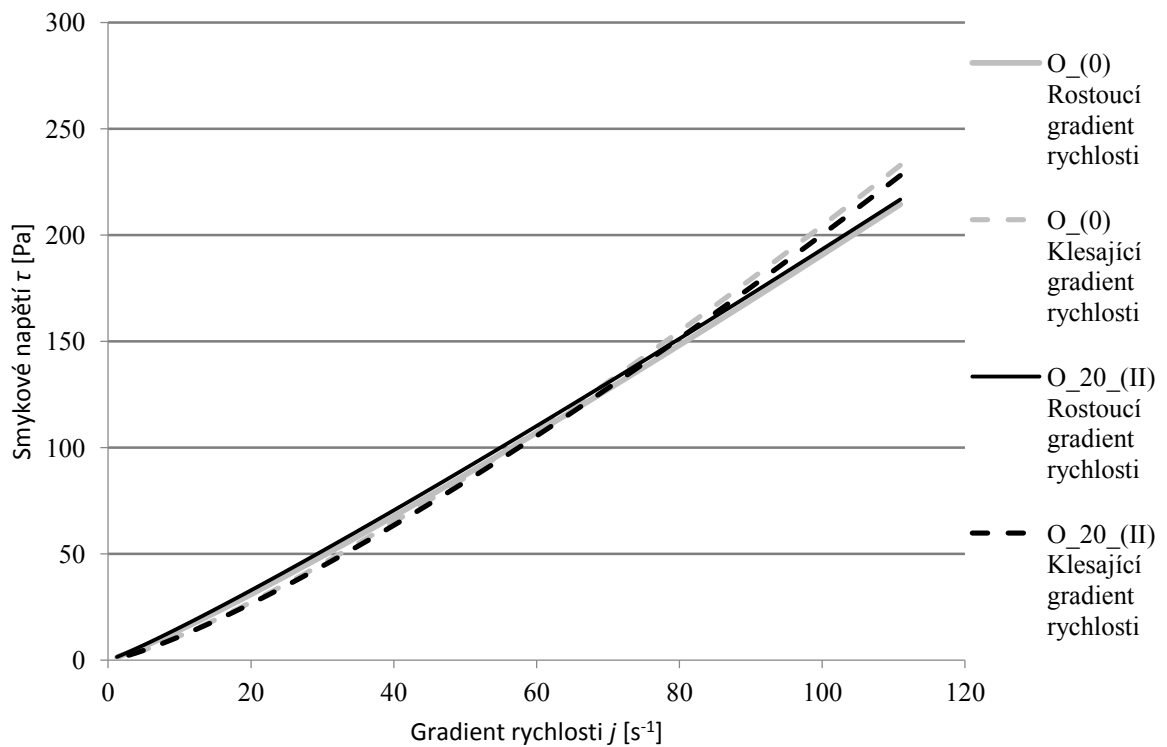
Obrázek 6: Toková křivka skladovaného vzorku $O_{5(II)}$ v porovnání se vzorkem $O_{(0)}$ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



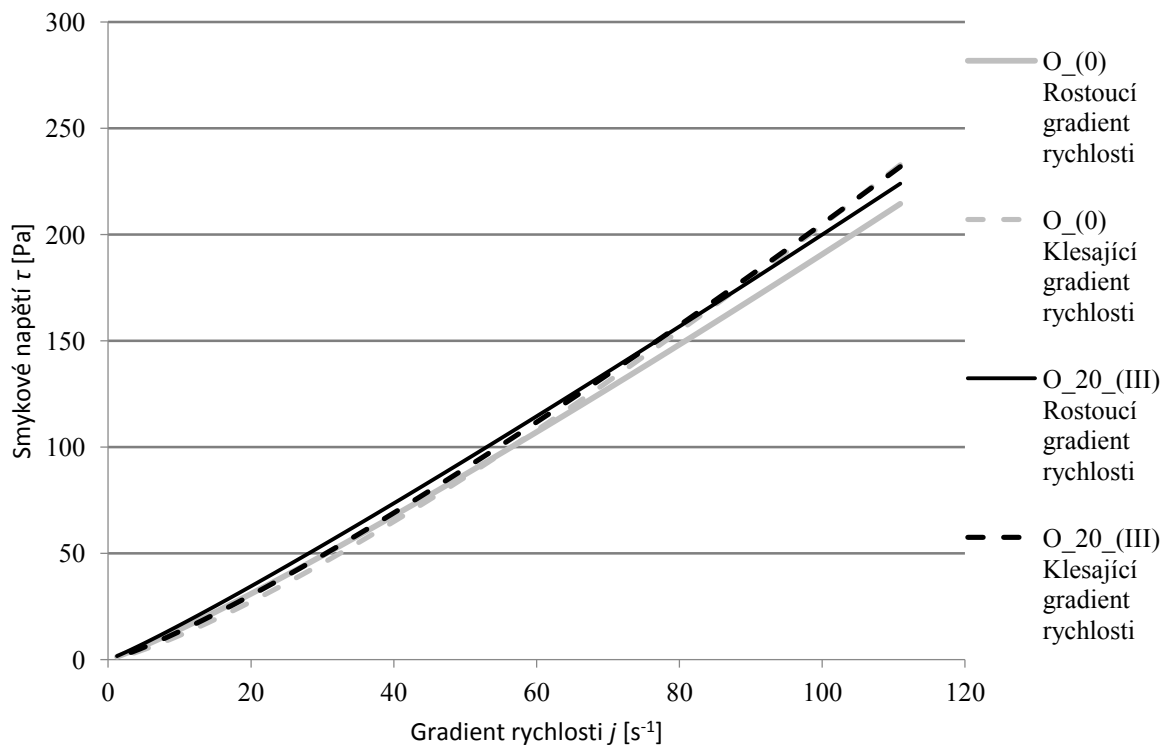
Obrázek 7: Toková křivka skladovaného vzorku O₅(III) v porovnání se vzorkem O₍₀₎ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



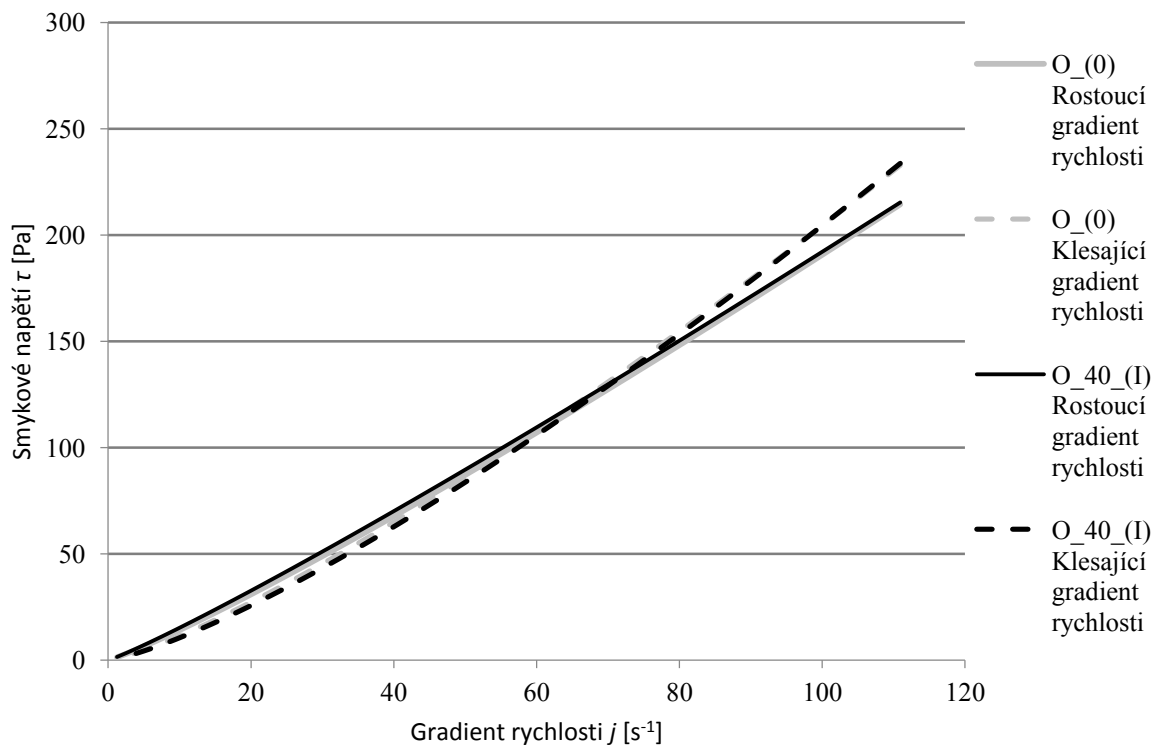
Obrázek 8: Toková křivka skladovaného vzorku O₂₀(I) v porovnání se vzorkem O₍₀₎ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



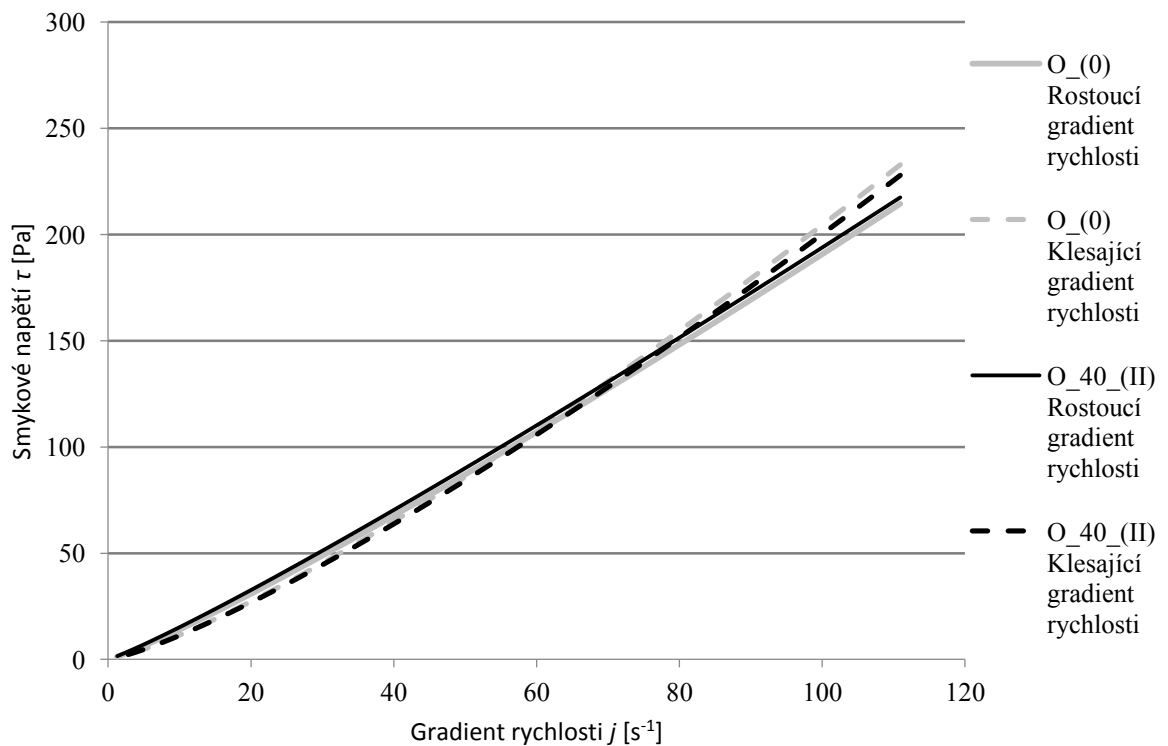
Obrázek 9: Toková křivka skladovaného vzorku O₂₀(II) v porovnání se vzorkem O₍₀₎ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



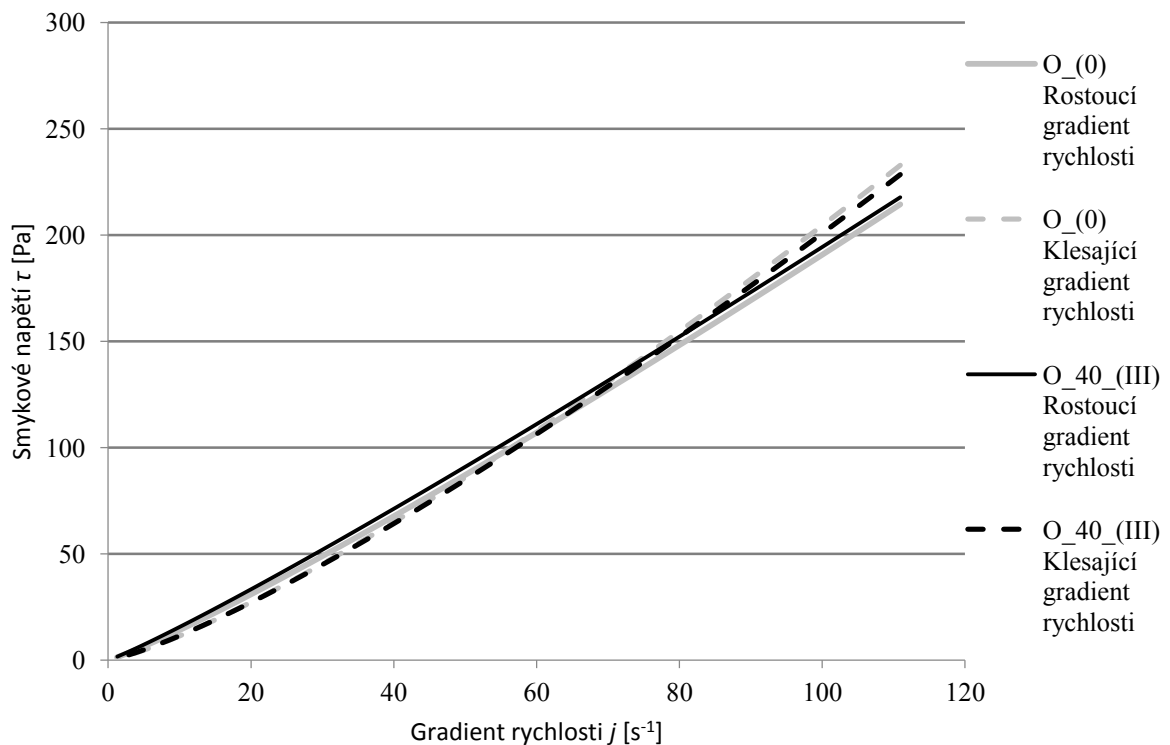
Obrázek 10: Toková křivka skladovaného vzorku O₂₀(III) v porovnání se vzorkem O₍₀₎ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



Obrázek 11: Toková křivka skladovaného vzorku O_40_(I) v porovnání se vzorkem O_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu



Obrázek 12: Toková křivka skladovaného vzorku O_40_(II) v porovnání se vzorkem O_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu



Obrázek 13: Toková křivka skladovaného vzorku O_40_(III) v porovnání se vzorkem O_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu

7.2 Závislost změny regresních koeficientů a viskozity na teplotě a době skladování vzorků polotučného mléka

U všech vzorků polotučného mléka v rámci skladovacího pokusu byl pozorován rostoucí trend hodnot koeficientu konzistence K v obou fázích měření a naopak klesající trend hodnot indexu toku n . Všechny získané hodnoty jsou uvedené v tabulce (Tabulka 4).

Nejvýraznější změny regresních koeficientů a viskozity nastaly u mléka skladovaného v ledničce a při pokojové teplotě. U mléka skladovaného při 5 °C hodnoty koeficientu konzistence během skladovacího pokusu vzrostly z $1,102 \pm 0,068$ na $1,526 \pm 0,016$ ve fázi růstu a z $0,828 \pm 0,093$ na $1,592 \pm 0,010$ ve fázi poklesu. Hodnoty indexu toku poklesly ve fázi růstu z $1,129 \pm 0,014$ na $1,083 \pm 0,002$ a ve fázi poklesu z $1,204 \pm 0,025$ na $1,076 \pm 0,002$. Viskozita vzrostla z $1,94 \pm 0,06$ mPa·s naměřených před skladovacím pokusem na $2,17 \pm 0,01$ mPa·s.

Během skladování při pokojové teplotě, koeficient konzistence K ve fázi růstu vzrostl na $1,540 \pm 0,005$ a ve fázi poklesu na $1,520 \pm 0,007$. Hodnota indexu toku ve fázi růstu klesla

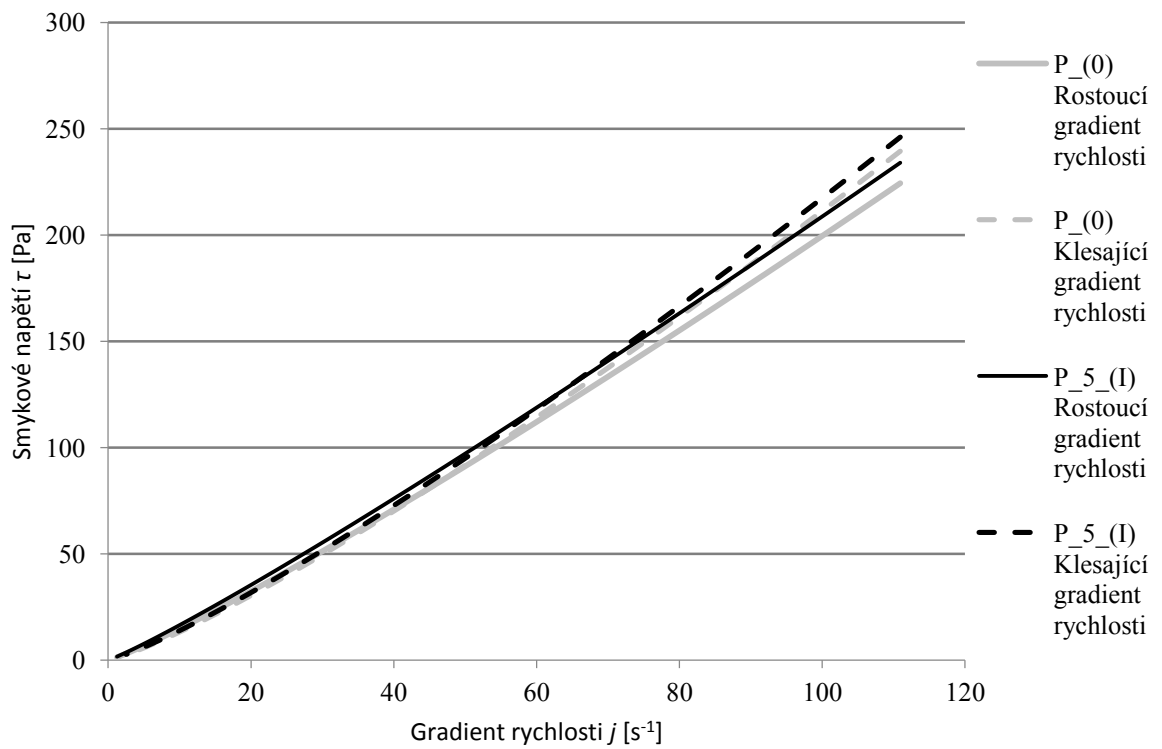
na $1,082 \pm 0,002$ a ve fázi poklesu na $1,087 \pm 0,002$. Viskozita během skladovacího pokusu vzrostla na stejnou hodnotu jako v případě skladování při $5\text{ }^\circ\text{C}$.

Během skladování vzorků při $40\text{ }^\circ\text{C}$ došlo k nejmenším změnám regresních koeficientů a viskozity. Během skladování vzrostla hodnota koeficientu konzistence K ve fázi růstu na $1,497 \pm 0,020$ a ve fázi poklesu na $1,442 \pm 0,020$. Hodnoty indexu toku se oproti tomu snížily na $1,082 \pm 0,003$ ve fázi růstu a na $1,092 \pm 0,003$ ve fázi poklesu. Viskozita měřená při rychlostním gradientu 40 s^{-1} vzrostla během skladování na hodnotu $2,10 \pm 0,01\text{ mPa}\cdot\text{s}$.

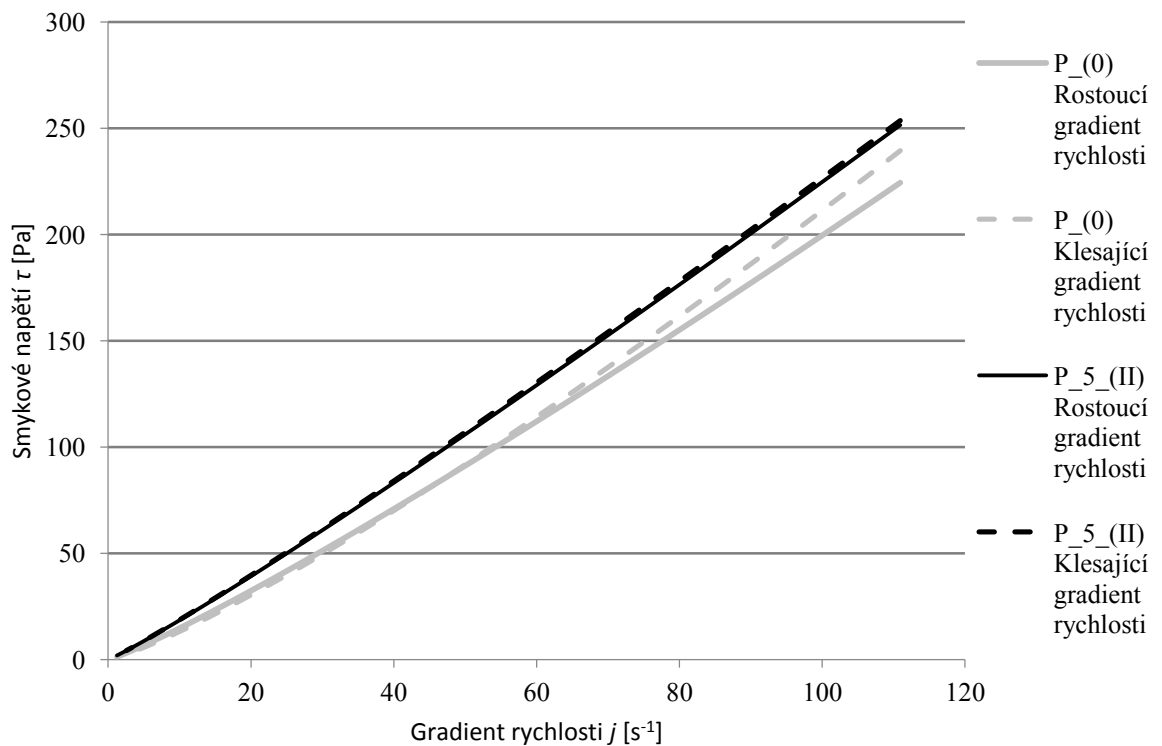
Hodnoty regresních koeficientů udávají tvar tokové křivky. V grafu vzorku P_0 je předpokládán vznik hysterezní smyčky, protože hodnoty koeficientu K a indexu toku n ve fázi růstu se výrazně liší od hodnot získaných ve fázi poklesu. U vzorků skladovaných celých 188 dní již není smyčka viditelná. Zároveň může být z hodnot indexu toku určeno, že se jedná o dilatantní tekutinu. Průběhy tokových křivek jsou znázorněny (Obrázek 14-16) pro vzorky P_5_(I-III), (Obrázek 17-19) pro vzorky P_20_(I-III) a (Obrázek 20-22) pro vzorky P_40_(I-III). Křivka vzorku P_0 je uvedena v příloze (Příloha II) a je použita jako porovnávací křivka ve všech grafech týkajících se polotučného mléka.

Tabulka 4: Hodnoty regresních koeficientů a viskozita vzorků polotučného mléka

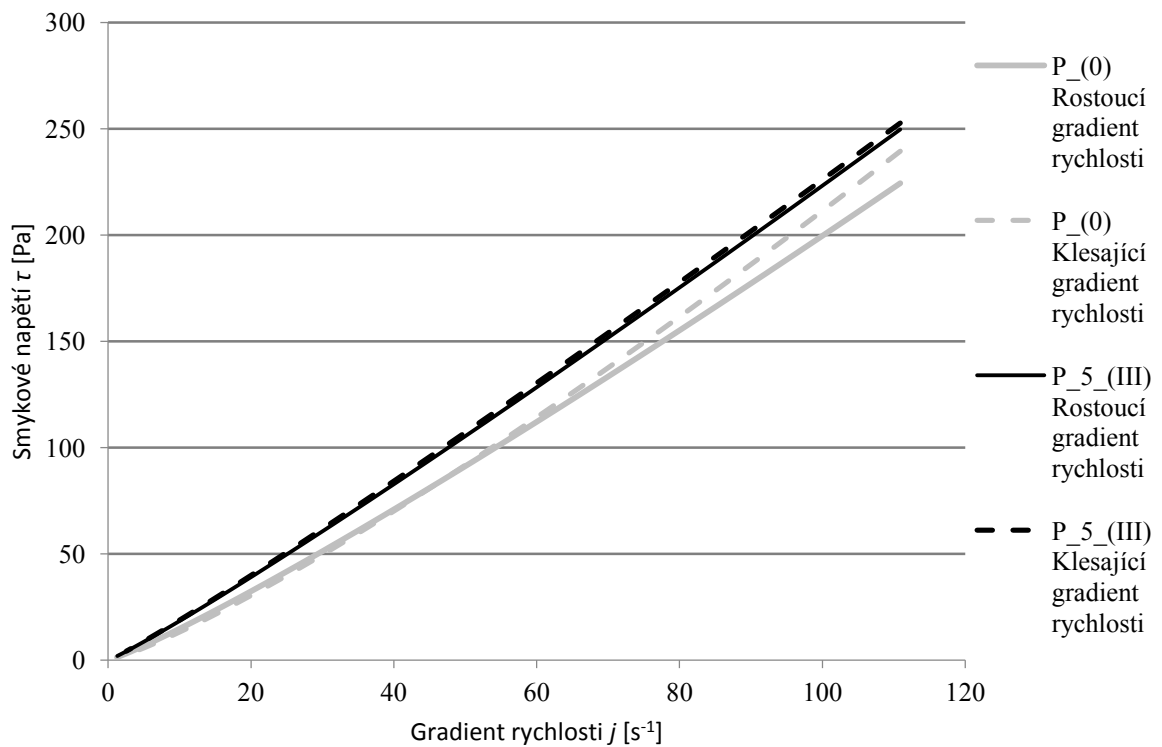
Vzorek	Rostoucí gradient rychlosti		Klesající gradient rychlosti		Zdánlivá viskozita při 40 s^{-1} [mPa·s]
	Koeficient konzistence	Index toku	Koeficient konzistence	Index toku	
P_(0)	$1,102 \pm 0,068$	$1,129 \pm 0,014$	$0,828 \pm 0,093$	$1,204 \pm 0,025$	$1,94 \pm 0,06$
P_5_(I)	$1,296 \pm 0,005$	$1,103 \pm 0,001$	$0,888 \pm 0,045$	$1,195 \pm 0,012$	$2,02 \pm 0,04$
P_5_(II)	$1,517 \pm 0,027$	$1,085 \pm 0,001$	$1,551 \pm 0,075$	$1,082 \pm 0,008$	$2,15 \pm 0,01$
P_5_(III)	$1,526 \pm 0,016$	$1,083 \pm 0,002$	$1,592 \pm 0,010$	$1,076 \pm 0,002$	$2,17 \pm 0,01$
P_20_(I)	$1,274 \pm 0,013$	$1,104 \pm 0,001$	$0,852 \pm 0,140$	$1,204 \pm 0,035$	$2,14 \pm 0,04$
P_20_(II)	$1,395 \pm 0,026$	$1,090 \pm 0,003$	$1,278 \pm 0,067$	$1,112 \pm 0,012$	$2,17 \pm 0,02$
P_20_(III)	$1,540 \pm 0,005$	$1,082 \pm 0,002$	$1,520 \pm 0,007$	$1,087 \pm 0,002$	$2,17 \pm 0,02$
P_40_(I)	$1,295 \pm 0,009$	$1,099 \pm 0,001$	$0,749 \pm 0,014$	$1,227 \pm 0,005$	$1,97 \pm 0,04$
P_40_(II)	$1,439 \pm 0,034$	$1,085 \pm 0,006$	$1,377 \pm 0,022$	$1,098 \pm 0,005$	$2,05 \pm 0,01$
P_40_(III)	$1,497 \pm 0,020$	$1,082 \pm 0,003$	$1,442 \pm 0,020$	$1,092 \pm 0,003$	$2,10 \pm 0,01$



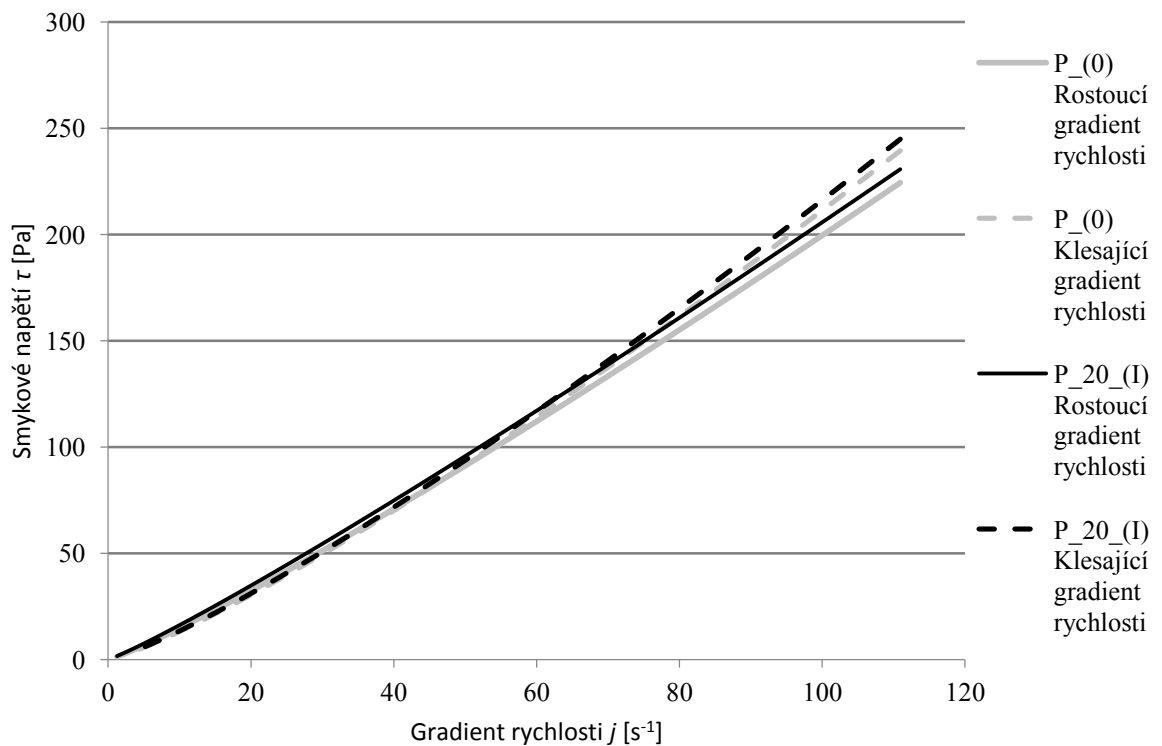
Obrázek 14: Toková křivka skladovaného vzorku P_5_(I) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu



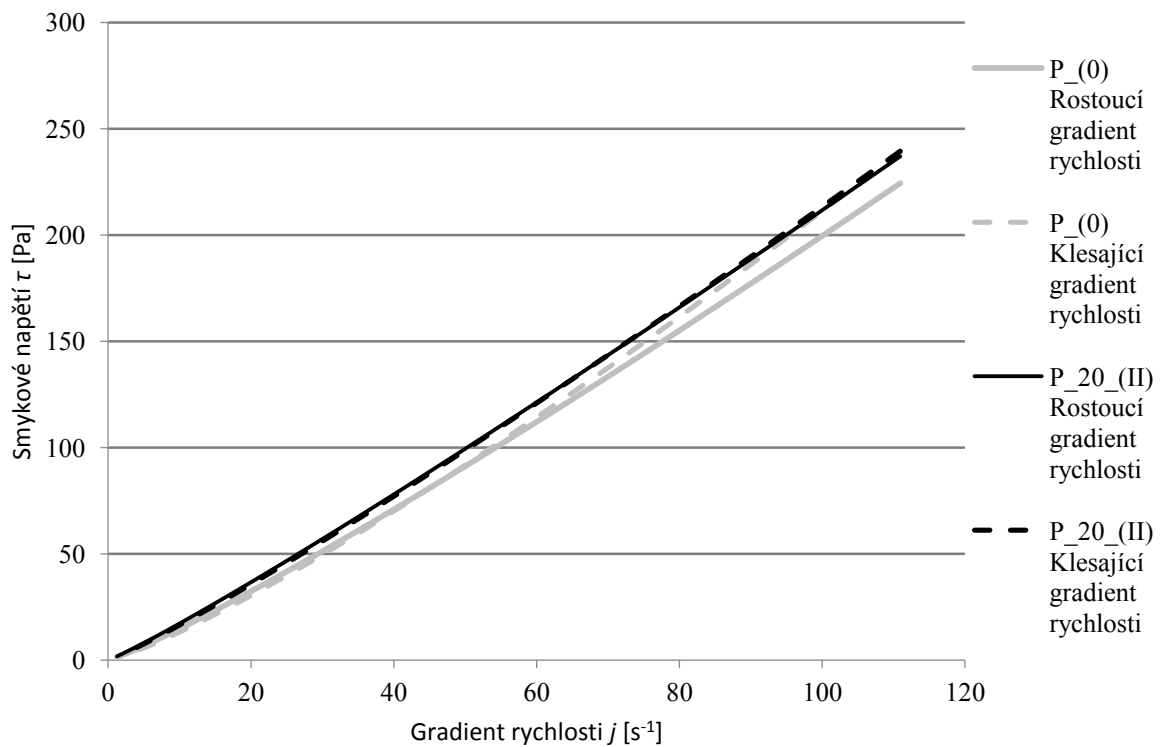
Obrázek 15: Toková křivka skladovaného vzorku P_5_(II) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu



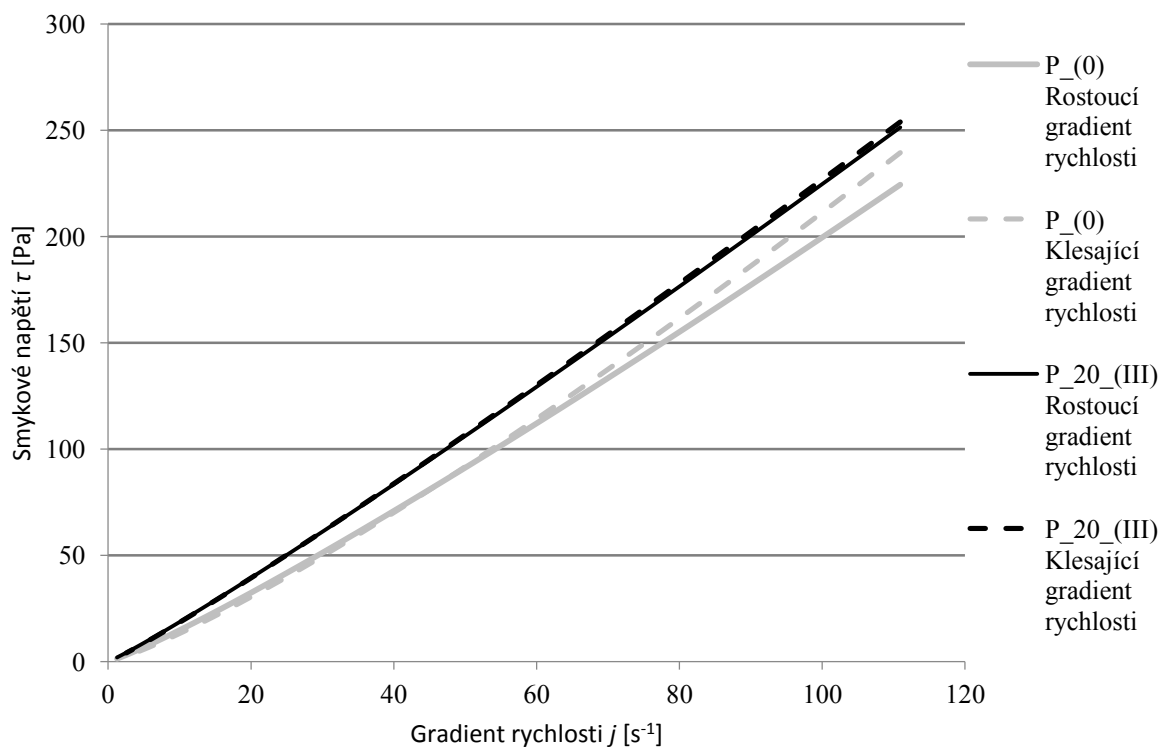
Obrázek 16: Toková křivka skladovaného vzorku P_5_(III) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu



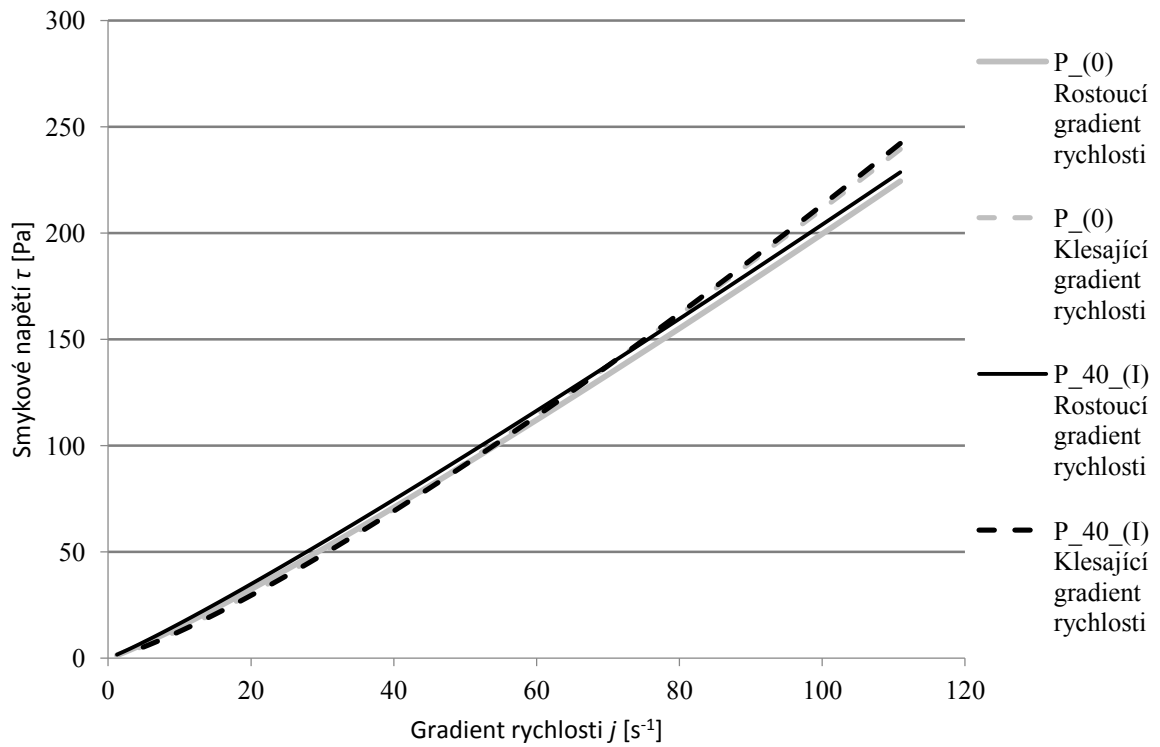
Obrázek 17: Toková křivka skladovaného vzorku P_20_(I) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu



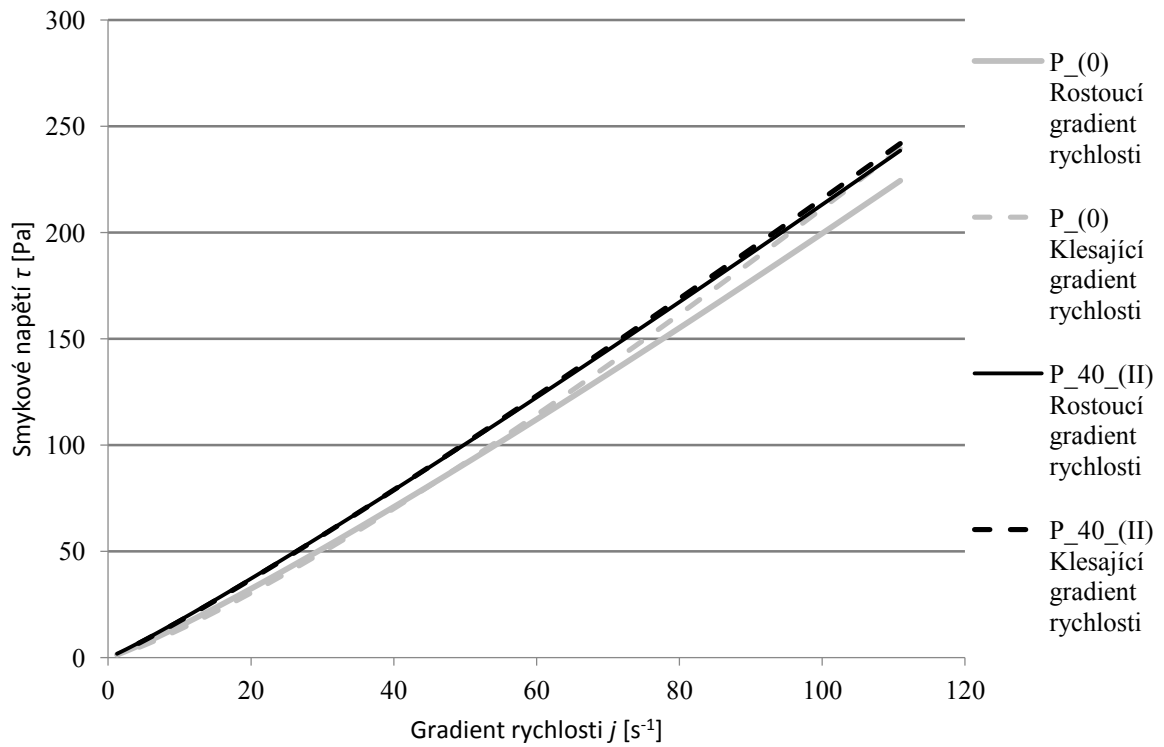
Obrázek 18: Toková křivka skladovaného vzorku P₂₀(II) v porovnání se vzorkem P₍₀₎ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



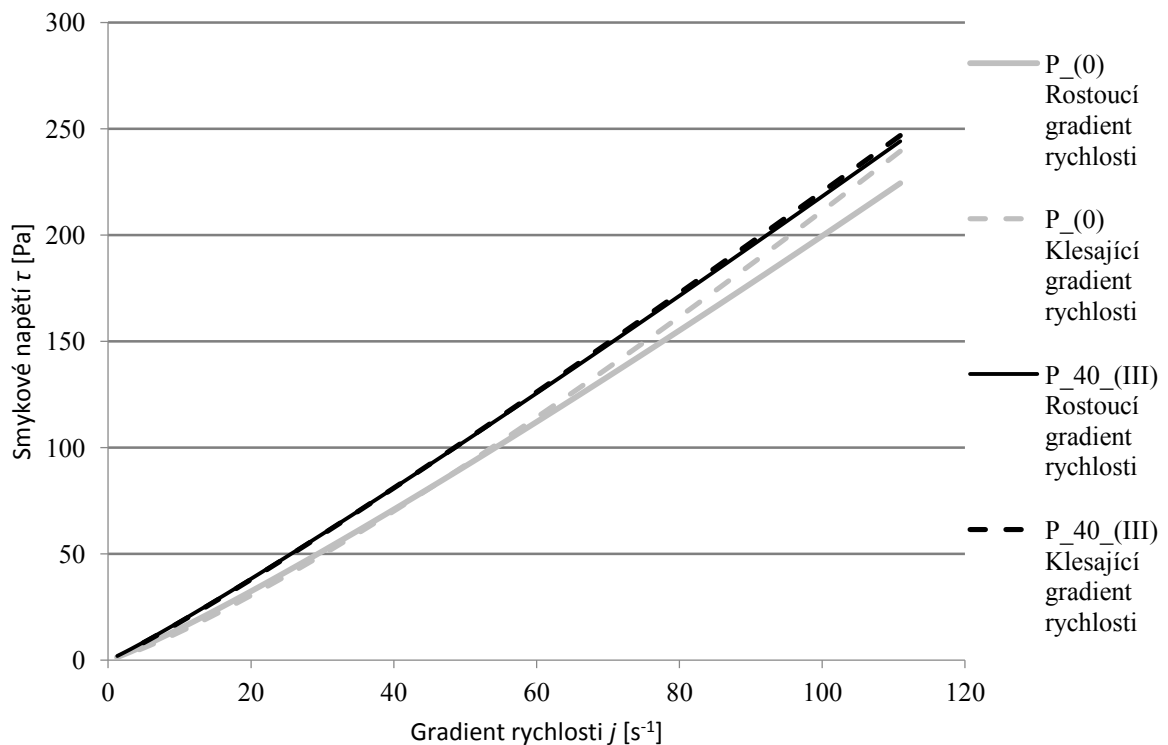
Obrázek 19: Toková křivka skladovaného vzorku P₂₀(III) v porovnání se vzorkem P₍₀₎ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



Obrázek 20: Toková křivka skladovaného vzorku P_40_(I) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu



Obrázek 21: Toková křivka skladovaného vzorku P_40_(II) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu



Obrázek 22: Toková křivka skladovaného vzorku P_40_(III) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu

7.3 Závislost změny regresních koeficientů a viskozity na teplotě a době skladování vzorků plnotučného mléka

V rámci skladovacího pokusu plnotučného mléka byl s dobou skladování u vzorků pozorován nárůst hodnot koeficientu konzistence a pokles hodnot indexu toku, ve viskozitě však k výraznější změně nedošlo ani u jedné teploty skladování. Konkrétní hodnoty všech parametrů jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 5).

Na začátku skladovacího pokusu plnotučného mléka byla hodnota koeficientu konzistence vzorku polotučného mléka T_0 ve fázi růstu $1,181 \pm 0,045$ a ve fázi poklesu $1,446 \pm 0,048$. Index toku ve fázi růstu dosahoval hodnot $1,133 \pm 0,006$ a ve fázi poklesu $1,098 \pm 0,008$. Zdánlivá viskozita vzorku měřená při gradientu rychlosti 40 s^{-1} byla $2,14 \pm 0,08 \text{ mPa}\cdot\text{s}$.

Během skladování při $5 \text{ }^\circ\text{C}$ vzrostla hodnota koeficientu konzistence K vzorku T_5_(III) ve fázi růstu na $1,506 \pm 0,036$ a ve fázi poklesu na $1,586 \pm 0,025$. Hodnoty indexu toku se snížily ve fázi růstu na $1,087 \pm 0,006$ a ve fázi poklesu na $1,079 \pm 0,006$. S přihlédnutím ke směrodatným odchylkám lze hodnoty koeficientu konzistence a indexu toku označit za obdobné. Průměrná hodnota zdánlivé viskozity při konstantním gradientu rychlosti 40 s^{-1}

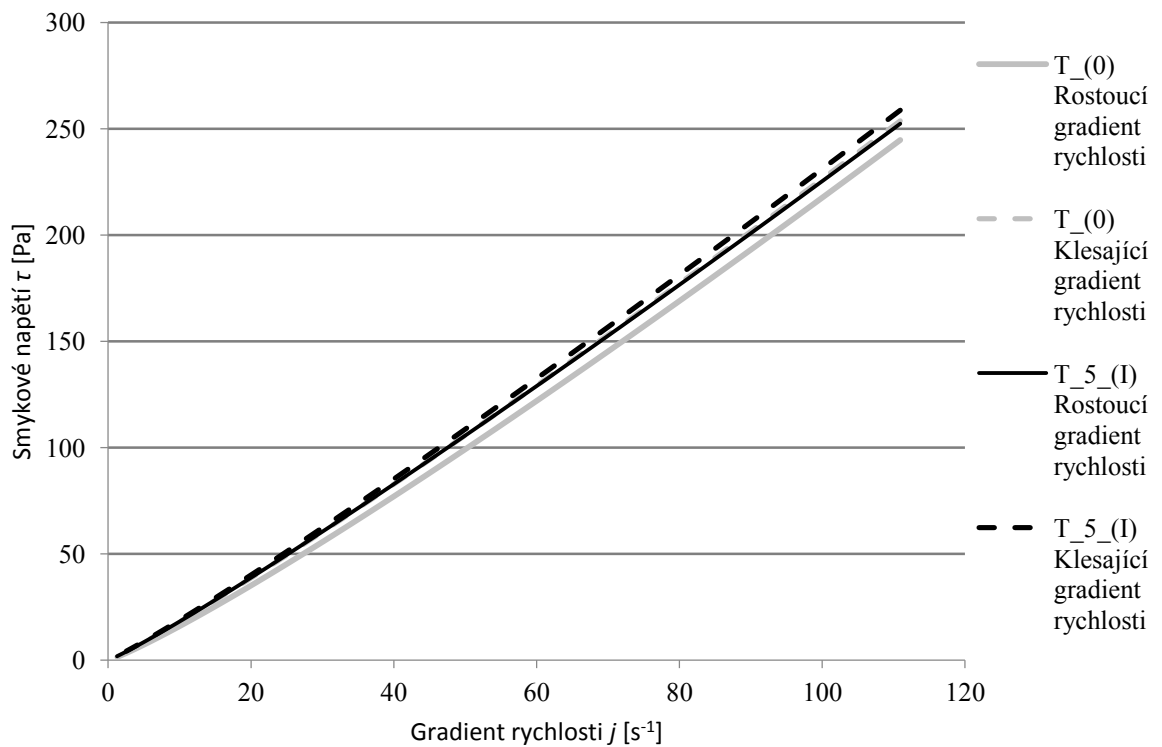
byla $2,18 \pm 0,02$ mPa·s. Při započtení směrodatné odchylky lze říci, že viskozita mléka se s dobou skladování nezměnila.

Obdobných výsledků se dosáhlo i u vzorků skladovaných při teplotě 20 °C a 40 °C. Během skladovacího pokusu nebyl ani u jedné teploty skladování pozorován nárůst viskozity.

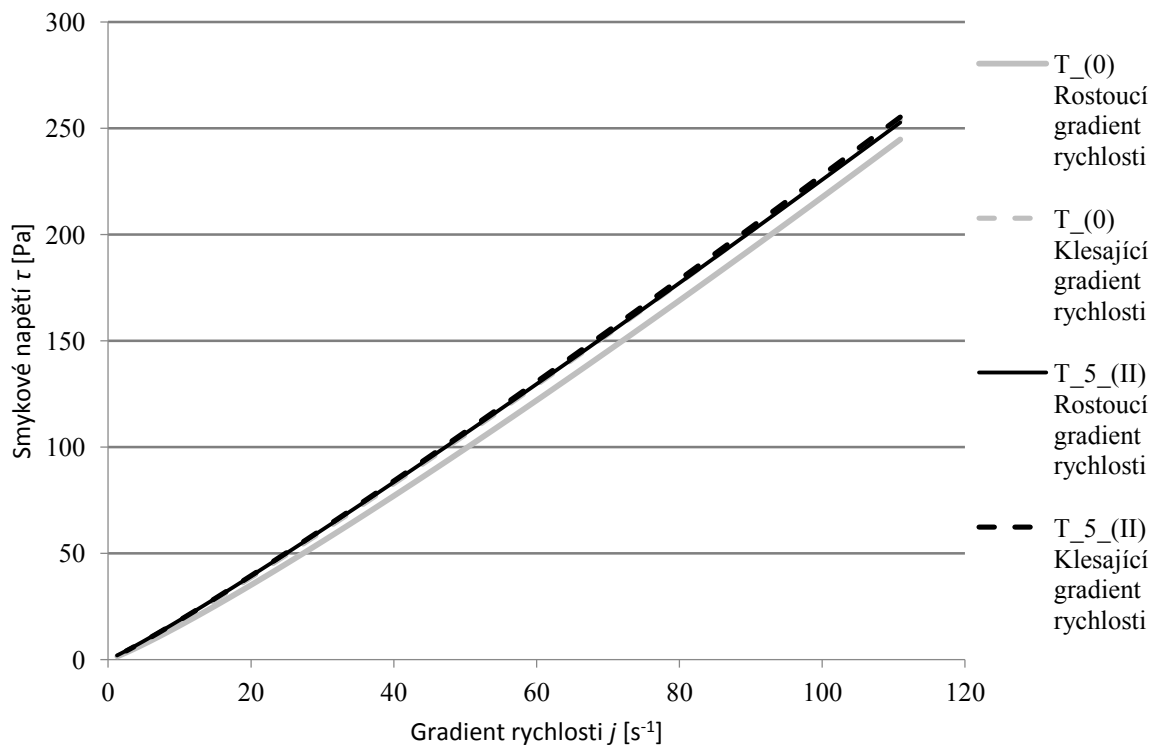
Vzhledem k podobným hodnotám regresních koeficientů ve fázi růstu i poklesu nevykazují tokové křivky vzorků měřených v poslední den skladovacího pokusu hysterezní křivku. Index toku n dosahoval vyšších hodnot než 1, můžeme tedy říct, že plnotučné mléko také vykazuje dilatantní chování. Tokové křivky plnotučného mléka skladovaného při 5 °C jsou zobrazené (Obrázek 23-25), při 20 °C, (Obrázek 26-28) a při 40 °C na obrázcích (Obrázek 29-31). V každém z grafů je toková křivka porovnávána vzhledem k průběhu křivky vzorku T_0, který byl měřen před skladovacím pokusem. Samostatná toková křivka vzorku T_0 je vyobrazená v příloze (Příloha III).

Tabulka 5: Hodnoty regresních koeficientů a viskozita vzorků plnotučného mléka

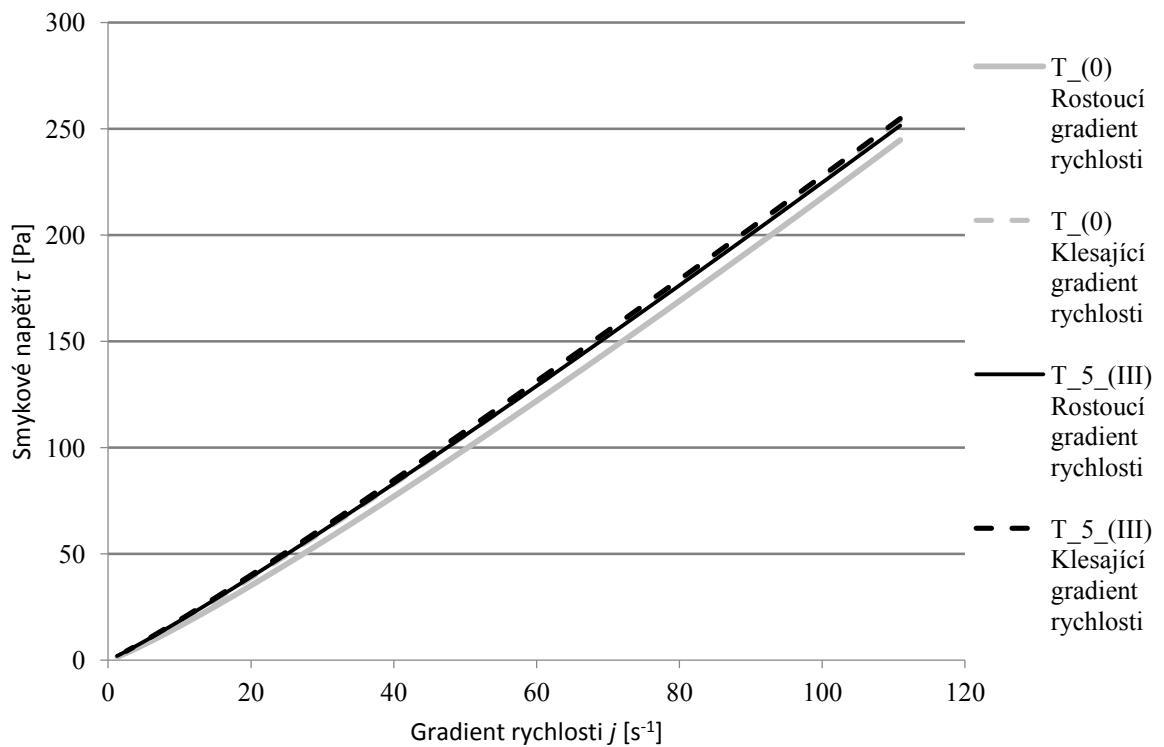
Vzorek	Rostoucí gradient rychlosti		Klesající gradient rychlosti		Zdánlivá viskozita při 40 s ⁻¹ [mPa·s]
	Koeficient konzistence	Index toku	Koeficient konzistence	Index toku	
T_(0)	1,181 ± 0,045	1,133 ± 0,006	1,446 ± 0,049	1,098 ± 0,008	2,14 ± 0,08
T_5_(I)	1,471 ± 0,014	1,093 ± 0,002	1,535 ± 0,024	1,089 ± 0,003	2,21 ± 0,05
T_5_(II)	1,516 ± 0,009	1,087 ± 0,003	1,519 ± 0,040	1,088 ± 0,007	2,16 ± 0,02
T_5_(III)	1,506 ± 0,036	1,087 ± 0,006	1,586 ± 0,025	1,079 ± 0,006	2,18 ± 0,02
T_20_(I)	1,381 ± 0,043	1,103 ± 0,008	1,487 ± 0,133	1,094 ± 0,018	2,17 ± 0,04
T_20_(II)	1,514 ± 0,019	1,086 ± 0,002	1,540 ± 0,008	1,085 ± 0,002	2,15 ± 0,01
T_20_(III)	1,511 ± 0,026	1,087 ± 0,006	1,528 ± 0,023	1,086 ± 0,006	2,16 ± 0,02
T_40_(I)	1,450 ± 0,004	1,091 ± 0,002	1,305 ± 0,022	1,119 ± 0,003	2,13 ± 0,04
T_40_(II)	1,440 ± 0,099	1,094 ± 0,011	1,457 ± 0,032	1,094 ± 0,002	2,11 ± 0,01
T_40_(III)	1,471 ± 0,043	1,088 ± 0,004	1,461 ± 0,033	1,091 ± 0,005	2,12 ± 0,02



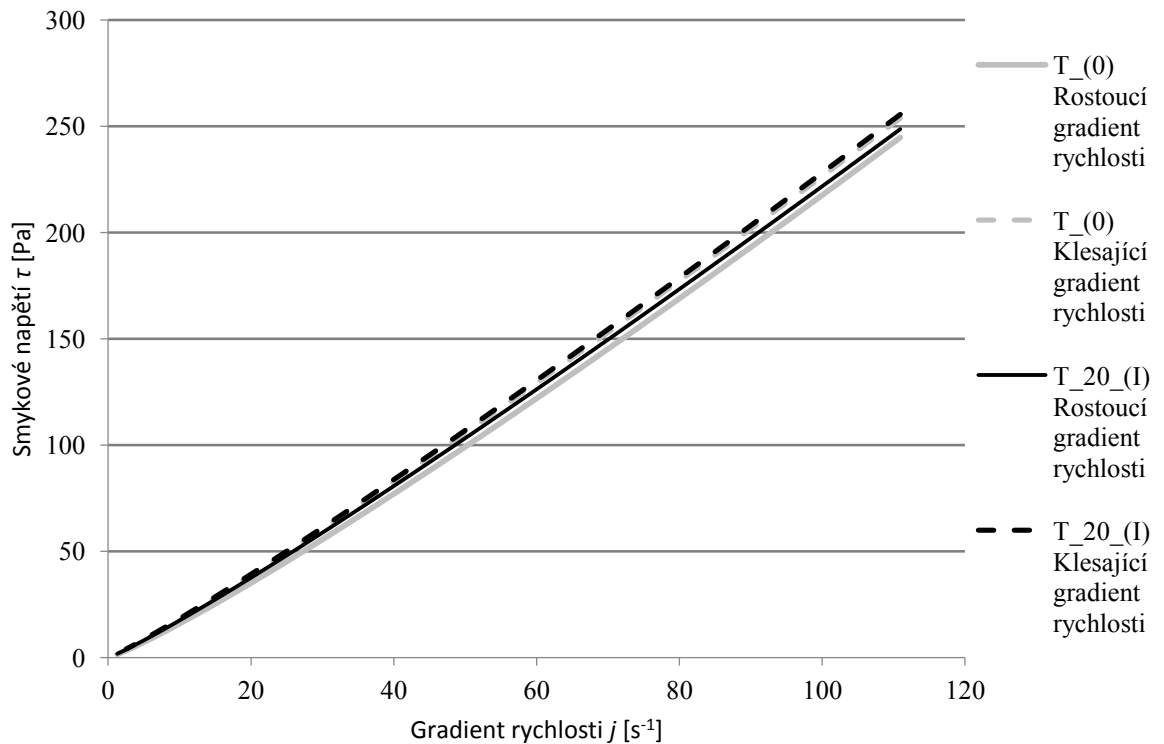
Obrázek 23: Toková křivka skladovaného vzorku T_{5(I)} v porovnání se vzorkem T₍₀₎ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



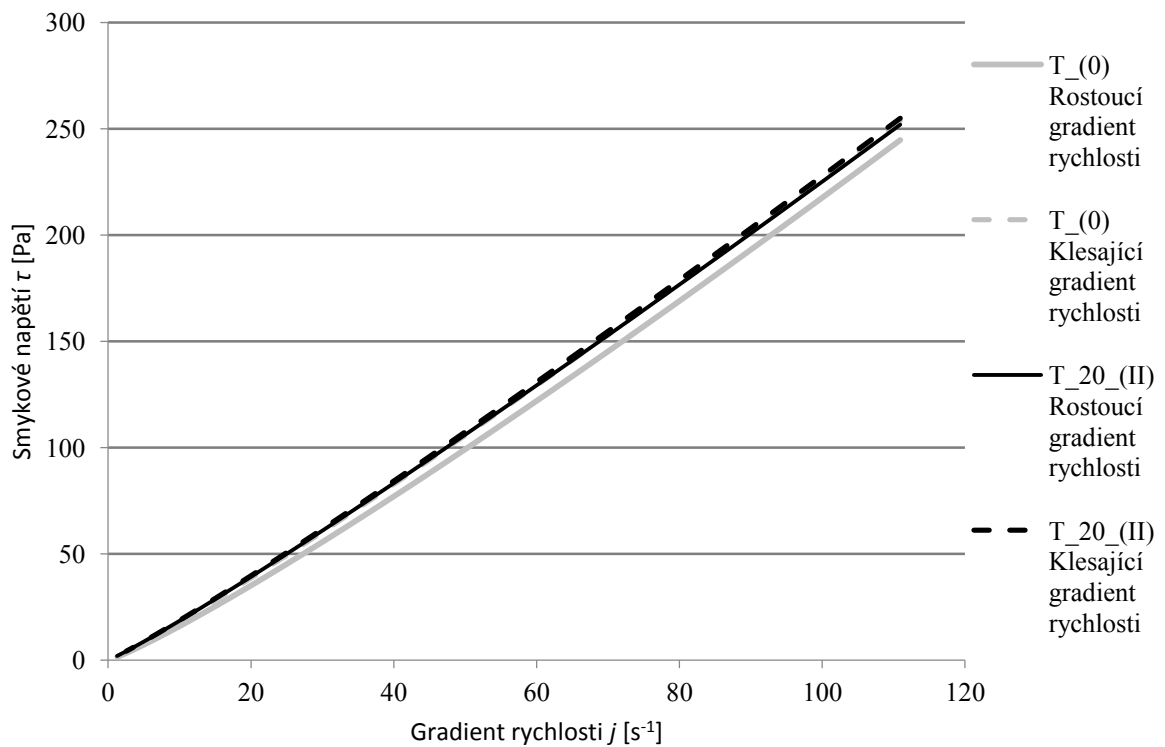
Obrázek 24: Toková křivka skladovaného vzorku T_{5(II)} v porovnání se vzorkem T₍₀₎ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



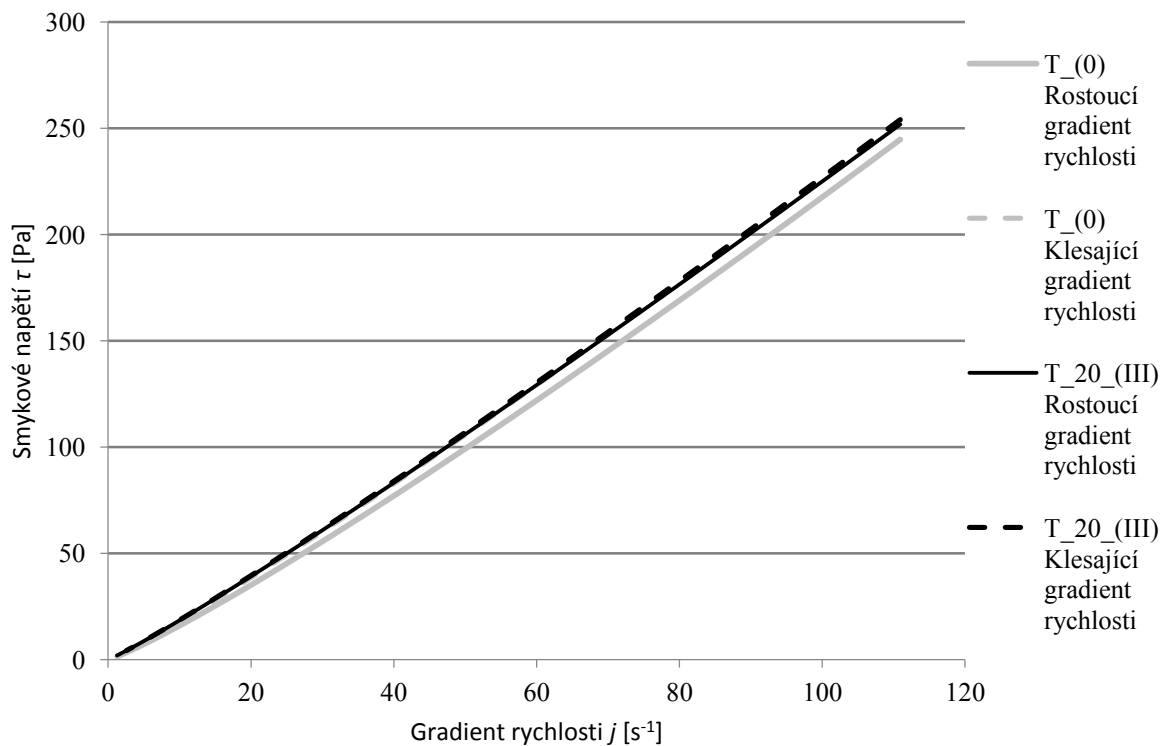
Obrázek 25: Toková křivka skladovaného vzorku T₅(III) v porovnání se vzorkem T₀ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



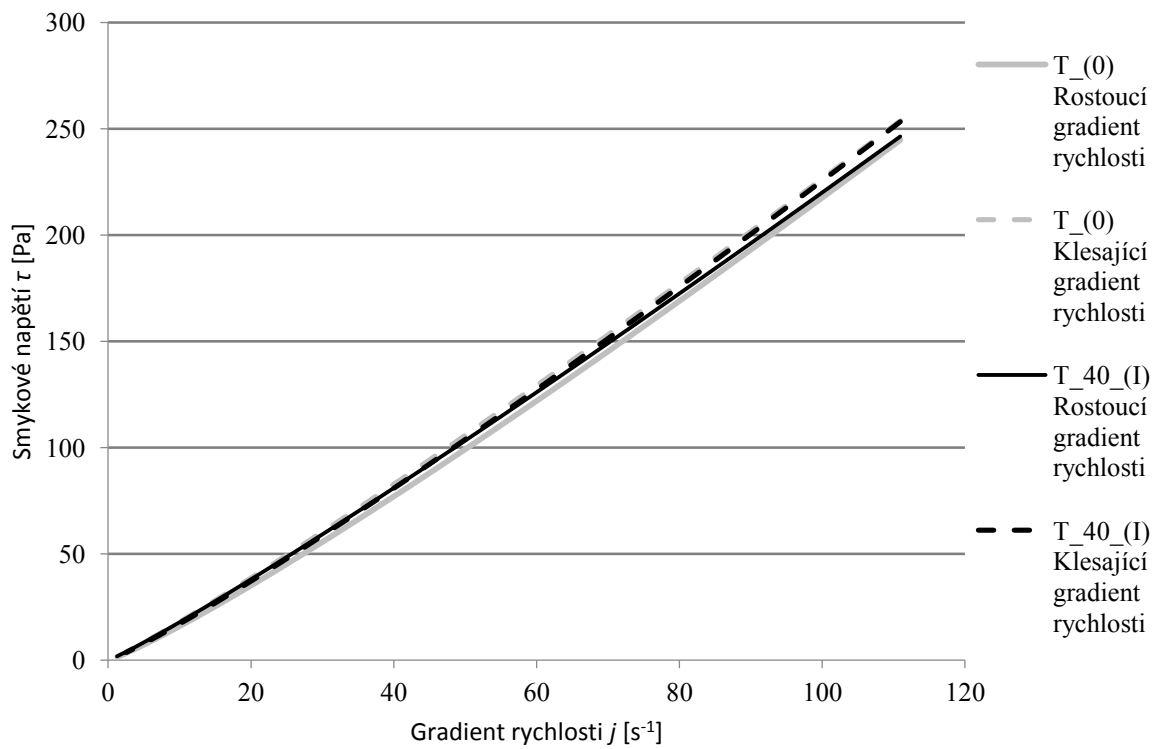
Obrázek 26: Toková křivka skladovaného vzorku T₂₀(I) v porovnání se vzorkem T₀ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



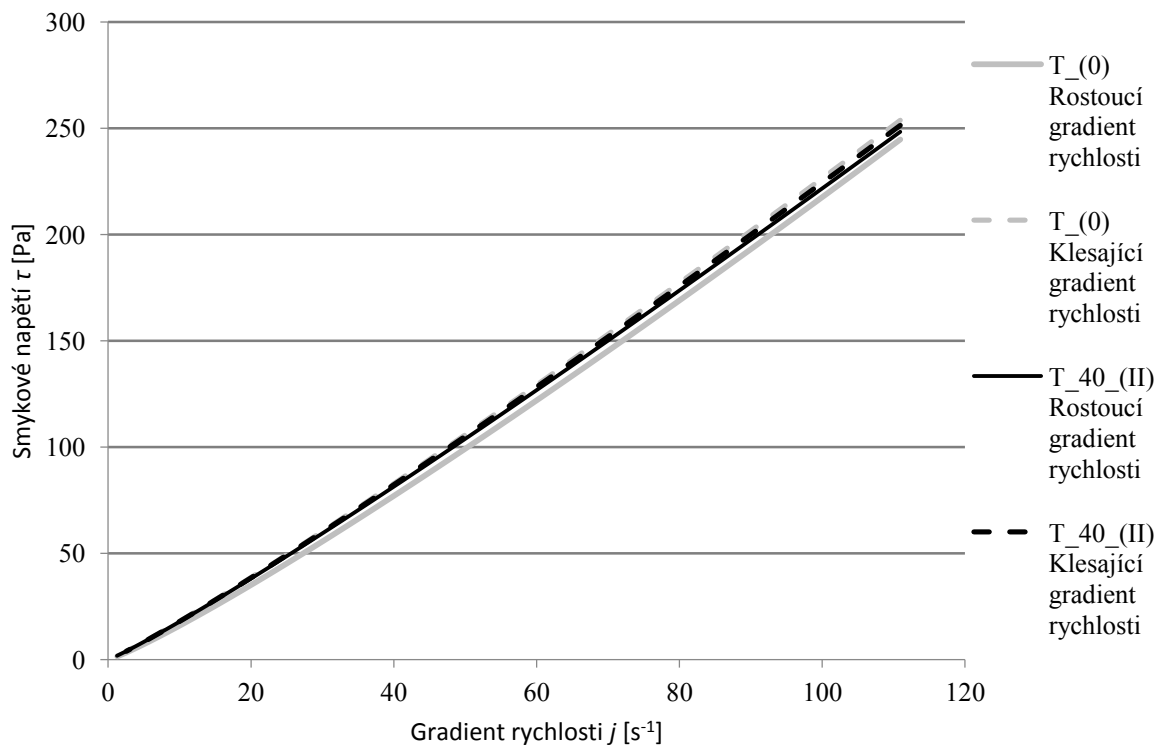
Obrázek 27: Toková křivka skladovaného vzorku T₂₀(II) v porovnání se vzorkem T₍₀₎ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



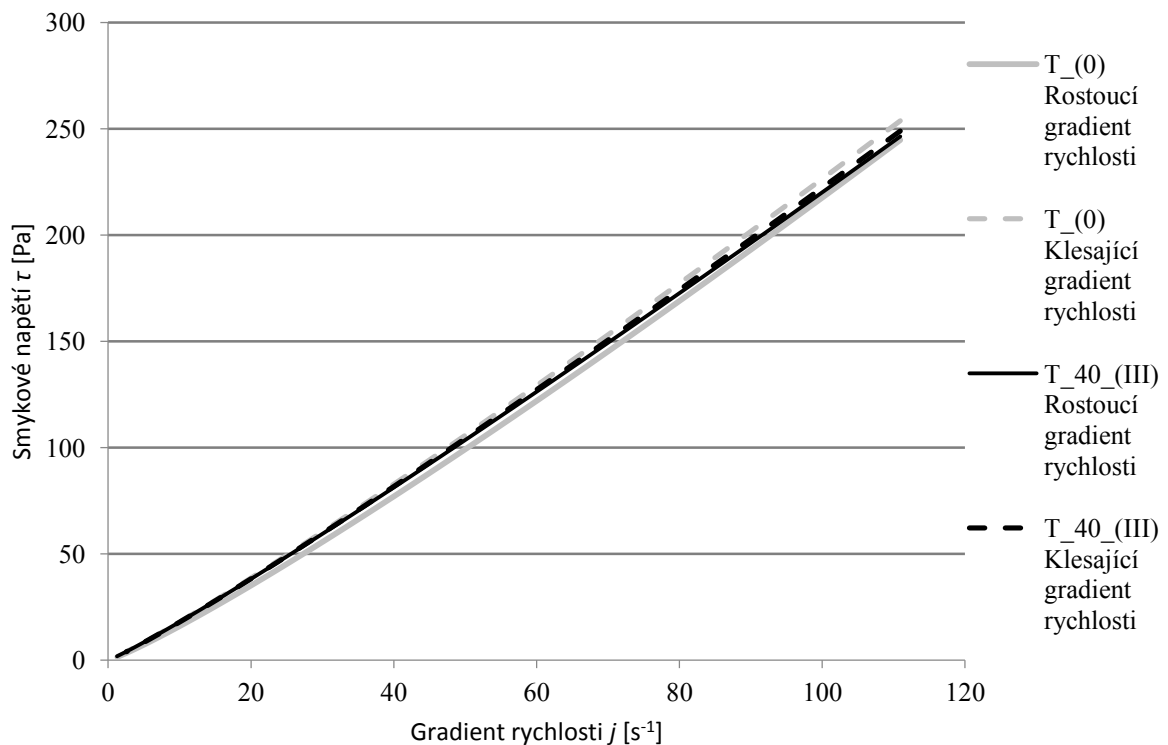
Obrázek 28: Toková křivka skladovaného vzorku T₂₀(III) v porovnání se vzorkem T₍₀₎ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



Obrázek 29: Toková křivka skladovaného vzorku T₄₀(I) v porovnání se vzorkem T₍₀₎ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



Obrázek 30: Toková křivka skladovaného vzorku T₄₀(II) v porovnání se vzorkem T₍₀₎ měřeným před zahájením skladovacího pokusu



Obrázek 31: Toková křivka skladovaného vzorku $T_{40(III)}$ v porovnání se vzorkem T_0 měřeným před zahájením skladovacího pokusu

7.4 Souhrnná diskuze

V rámci vlastního experimentu byla zkoumána mléka o třech různých tučnostech: odtučněné, polotučné a plnotučné. Jednotlivé vzorky se od sebe lišily hodnotami koeficientu konzistence K a indexu toku n , jak ve fázi rostoucího gradientu rychlosti, tak i ve fázi klesajícího gradientu rychlosti. Na základě vyhodnocení naměřených výsledků z reometru může být jednoznačně potvrzený předpoklad [23], že zdánlivá viskozita mléka při ustáleném gradientu rychlosti 40 s^{-1} se zvyšuje s množstvím obsaženého tuku.

Z teoretické znalosti této problematiky se lze opřít o informaci, že UHT ošetřené mléko vykazuje neneutonské dilatantní vlastnosti [30]. Tento fakt potvrzují získané hodnoty indexu toku všech vzorků, kde $n > 1$. U některých vzorků je na obrázku tokové křivky vidět menší i větší zakřivení křivky, převážně pak při klesajícím gradientu rychlosti.

U vzorků odtučněného a polotučného mléka jsou na obrázcích vidět hysterezní smyčky, což je známka toho, že hodnoty regresních koeficientů byly u jednotlivých vzorků různé při rostoucím a klesajícím gradientu rychlosti. Smyčky probíhaly ve směru hodinových ručiček, což je charakteristické pro časově závislé tixotropní tekutiny [31]. Během

skladování plnotučného mléka došlo při všech skladovacích teplotách k vyrovnání hodnot regresních koeficientů ve fázi růstu a poklesu a tudíž k vymizení hysterezní smyčky.

K nejvýraznějším změnám zdánlivé viskozity došlo u vzorků odtučněného mléka, které byly skladovány při teplotě 5 °C. Tento výsledek se pře s tvrzením uvedeným v práci Datta a Deetha [34] o tom, že rychlost zvyšování viskozity je nejvyšší při skladování trvanlivého mléka při teplotě 20-25 °C. To může být způsobeno ostatními vlivy, které ovlivňují viskozitu mléka, jako je přítomnost proteolytických enzymů, nebo vlastnosti použité suroviny. U vzorků polotučného mléka skladovaných při 5 °C a 20 °C byla hodnota zdánlivé viskozity při gradientu rychlosti 40 s⁻¹ stejná. U plnotučného mléka nebyl zaznamenán růst zdánlivé viskozity ani u jedné ze zvolených teplot skladování.

Viskozita všech tučností mlék je nejméně ovlivněná během skladování při 40 °C. Příčina je vysvětlena v kapitole 4.1.3. Tato teplota je však pro skladování mléka nevhodná z důvodu rychlejšího průběhu Maillardových reakcí, které již po měsíci skladování zapříčiní viditelné hnědé zbarvení mléka provázené karamelovým aroma. Ke stejnému výsledku došli ve svém výzkumu také Venkatachalam a spol. [50] u mléka skladovaného při teplotě 35 °C. Z toho důvodu můžeme usoudit, že pro skladování trvanlivého mléka po dlouhou dobu je nejvhodnější teplota okolo 20 °C.

ZÁVĚR

V rámci diplomové práce byl založený skladovací experiment, jehož cílem bylo posoudit, jaký vliv má teplota a doba skladování na viskozitu trvanlivých mlék o různé tučnosti. Z výsledků praktické části vyplývá, že

- na základě tokových křivek a hodnot regresních koeficientů, získaných měření vybraných vzorků reometrem a následným výpočtem, je možné označit zvolenou metodu za vhodnou pro hodnocení viskozity trvanlivého mléka,
- skladování mléka při 40 °C je nevhodné z důvodu snižování jakosti a přijatelnosti mléka v důvodu probíhající Maillardovy reakce. Mléko skladované při této teplotě již po jednom měsíci vykazuje hnědé zbarvení a karamelové aroma,
- skladování odtučněného mléka při teplotě 5 °C vede k výraznému růstu viskozity, což je pro dlouhodobější skladování nežádoucí.

V závěru lze dodat, že doporučená teplota skladování uváděná výrobcem na obalu produktu je nastavená správně. Mléko by tedy mělo být skladované při teplotě do 25 °C. U polotučného a plnotučného mléka je možné dlouhodobé skladování i v chladničce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MILLER, G. D., Judith K. JARVIS a Lois D. MCBEAN. *Handbook of dairy foods and nutrition*. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1999, 448 s. ISBN 978-084-9387-319.
- [2] *Spotřeba potravin-2015: Tab. 1 Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů (na obyvatele za rok)* [online]. Český statistický úřad, 2016 [cit. 2017-04-19].
- [3] MICHALSKI, M. C. a C. JANUEL. Does homogenization affect the human health properties of cow's milk? *Trends in Food Science and Technology*. 2006, **17**(8), 423-437. ISSN 0924-2244.
- [4] HADJIPANAYIOTOU, M. Composition of ewe, goat and cow milk and of colostrum of ewes and goats. *Small Ruminant Research*. 1995, **18**(3), 255-262. ISSN 0921-4488.
- [5] NOLLET, L. M. L. a F. TOLDRÁ. *Handbook of dairy foods analysis*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2010. ISBN 1420046314.
- [6] CASHMAN, K. D. Milk minerals (including trace elements) and bone health. *International Dairy Journal*. 2006, **16**(11), 1389-1398. ISSN 0958-6946.
- [7] SUKOVÁ, I. *Syrovátka v potravinářství*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2006. Potravinářské informace. ISBN 80-7271-173-3.
- [8] NAGODAWITHANA, T. W. a G. REED. *Enzymes in food processing*. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 1993. ISBN 01-251-3630-7.
- [9] TAMINE, A.Y. a R.K. ROBINSON. *Yoghurt: Science and Technology*. 2nd edition. CPC Press, 1999. ISBN 978-0849317859.
- [10] FOX, P. F. et al. *Advanced dairy chemistry: Volume 1A: Proteins: Basic Aspects*. 4th ed. New York: Elsevier Applied Science, 2013. ISBN 978-1-4614-4714-6.
- [11] *Open shelf-life dating of food*. Washington D.C.: OTA, 1979. ISBN 052-003-00694-4.
- [12] Evropský parlament. Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu. CELEX 32004R0853.

- [13] *Long Life Dairy, Food and Beverage Products*. SPX Corporation, 2013. 22000-06-01-2013-GB.
- [14] Česko. Vyhláška č. 397/2016 Sb. o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. *Sbírka zákonů České republiky*. Ročník 2016, částka 162, s. 6261. ISSN 1211-1244.
- [15] MALMGREN, B. et al. Changes in proteins, physical stability and structure in directly heated UHT milk during storage at different temperatures. *International Dairy Journal*. 2017, (17), 60-75. ISSN 0958-6946.
- [16] DEETH, H.C. a N. DATTA. Ultra-High Temperature Treatment (UHT): Heating Systems. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Elsevier, 2011, 699-707. DOI: 10.1016/B978-0-12-374407-4.00216-8. ISBN 9780123744074.
- [17] KUMBÁR, V. a Š. NEDOMOVÁ. Viscosity and Analytical Differences between Raw Milk and UHT Milk of Czech Cows. *Scientia Agriculturae Bohemica*. 2015, **46**(2), -. DOI: 10.1515/sab-2015-0020. ISSN 1211-3174.
- [18] TAMIME, A. Y. *Milk processing and quality management*. Malden, MA: Wiley-Blackwell Pub./Society of Dairy Technology, 2009. ISBN 1405145307.
- [19] DATTA, N. a H. C. DEETH. Diagnosing the cause of proteolysis in UHT milk. *LWT - Food Science and Technology*. 2013, **36**(2), 173-182. ISSN 0023-6438.
- [20] ROUX, S. at al. Comparative thermal impact of two UHT technologies, continuous ohmic heating and direct steam injection, on the nutritional properties of liquid infant formula. *Journal of Food Engineering*. 2016, **179**, 36-43. ISSN 0260-8774.
- [21] NEWSTEAD, D. F. et al. Plasmin activity in direct-steam-injection UHT-processed reconstituted milk: Effects of preheat treatment. *International Dairy Journal*. 2006, **16**(6), 573-579. ISSN 0958-6946.
- [22] ROBERTSON, G. L. Ultrahigh Temperature Treatment (UHT): Aseptic Packaging. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2nd edition. Academic Press, 2011, s. 708-713. ISBN 978-0-12-374407-4.

- [23] RHEOLOGY OF LIQUID AND SEMI-SOLID MILK PRODUCTS. MCCARTHY, O.J. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2nd. edition. 2011, s. 520-531. ISBN 978-0-08-100596-5.
- [24] CHO, Yong-Jin. *Emerging technologies for food quality and food safety evaluation*. Boca Raton: CRC Press, 2011. ISBN 9781439815243.
- [25] KYAZZE, G. a V. STAROV. Viscosity of Milk: Influence of Cluster Formation. *Colloid Journal*. 2004, **66**(3), 358-363. DOI: 10.1023/B:COLL.0000030842.70947.f0. ISSN 1608-3067 .
- [26] HOLUBOVÁ, R. *Základy reologie a reometrie kapalin*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 9788024441788.
- [27] BRUMMER, R. *Rheology essentials of cosmetic and food emulsions*. New York: Springer, c2006. Springer laboratory. ISBN 9783540255536.
- [28] Viscosity of Newtonian and non-Newtonian Fluids. In: *Rheosence* [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://www.rheosense.com/applications/viscosity/newtonian-non-newtonian>.
- [29] ASHGRIZ, N. a EDITOR. *Handbook of atomization and sprays theory and applications*. New York: Springer, 2010. ISBN 9781441972637.
- [30] VALENTAS, K. J., E. ROTSTEIN a R. P. SINGH. *Handbook of food engineering practice*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, c1997. ISBN 0849386942.
- [31] TROPEA, C., A. L. YARIN a F. FOSS. *Springer handbook of experimental fluid mechanics*. Berlin: Springer, c2007. ISBN 9783540251415.
- [32] KARLSSON, A.O. et al. Relationship Between Physical Properties of Casein Micelles and Rheology of Skim Milk Concentrate. *Journal of Dairy Science*. 2005, **88**(11), 3784-3797. ISSN 0022-0302.
- [33] Maillard Reaction in Milk - Effect of Heat Treatment. HURLEY, W. L. *Milk Protein*. InTech, 2012. ISBN 978-953-51-0743-9.
- [34] DATTA, N. a H. C. DEETH. Age Gelation of UHT Milk-A Review. *Food and Bioproducts Processing*. 2001, **79**(4), 197-210. ISSN 0960-3085.

- [35] CONSIDINE, T. et al. Interactions of milk proteins during heat and high hydrostatic pressure treatments — A Review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2007, **8**(1), 1-23. ISSN 1466-8564.
- [36] SINGH, R. R. B., A. P. RUHIL a A. A. PATEL. Prediction of sensory quality of UHT milk – A comparison of kinetic and neural network approaches. *Journal of Food Engineering*. 2009, **92**(2), 146-151. ISSN 0260-8774.
- [37] TOPÇU, A. Proteolysis and storage stability of UHT milk produced in Turkey. *International Dairy Journal*. 2005, **16**(6), 633-638. ISSN 0958-6946.
- [38] ENRIGHT, E., A. P. BLAND a E.C. NEEDS. Proteolysis and physicochemical changes in milk on storage as affected by UHT treatment, plasmin activity and KIO3 addition. *International Dairy Journal*. 1999, **9**(9), 581-591. ISSN 0958-6946.
- [39] CRUDDEN, A. a A. L. KELLY. Factors affecting the hydrolytic action of plasmin in milk. *International Dairy Journal*. 2005, **15**(4), 305-313. ISSN 0958-6946.
- [40] MANJI, B. et al. Effect of Storage Temperature on Age Gelation of Ultra-High Temperature Milk Processed by Direct and Indirect Heating Systems. *Journal of Dairy Science*. 1986, **69**(12), 2994-3001. ISSN 0022-0302.
- [41] MALMGREN, B. et al. Changes in proteins, physical stability and structure in directly heated UHT milk during storage at different temperatures. *International Dairy Journal*. 2017, **71**, 60-75. ISSN 0958-6946.
- [42] YÜKSEL, Z. at al. The influence of main milk components on the hydrophobic interactions of milk protein system in the course of heat treatment. *Journal of Food Engineering*. 2005, **63**(3), 301-308. ISSN 0260-8774.
- [43] VAN BOEKEL, M. A. J. S. Effect of heating on Maillard reactions in milk. *Food Chemistry*. 1998, **62**(4), 403-414. ISSN 0308-8146.
- [44] O'CONNELL J.E., P. F. FOX Heat stability of milk. *Encyclopedia of Dairy Science 2nd edition*, Elsevier Ltd.. 2011, (744-749). ISBN: 978-0-12-374402-9.
- [45] OBŠIL, T. a Z. PAVLÍČEK. Glykace proteinů a fosfolipidů: Maillardova reakce *In vivo*. *Chemické listy*. 1997, **91**(8), 558-569. ISSN 1213-7103.

- [46] GAUCHER, I., D. MOLLÉ a V. GAGNAIRE. Effects of storage temperature on physico-chemical characteristics of semi-skimmed UHT milk. *Food Hydrocolloids*. 2008, **22**(1), 130-143. ISSN 0268-005X.
- [47] MCSWEENEY, P. L. H. *Advanced dairy chemistry: Volume 1B: Proteins: Applied Aspects*. 2016. ISBN 9781493927999.
- [48] *Milk and milk products: technology, chemistry and microbiology*. S.l.: Springer, 2013. ISBN 9781461357322.
- [49] EDITED BY DA-WEN SUN. *Thermal food processing new technologies and quality issues*. 2nd ed. Hoboken: CRC Press, 2012. ISBN 9781439876794.
- [50] VENKATACHALAM, N. et al. Role of Protein and Lactose Interactions in the Age Gelation of Ultra-High Temperature Processed Concentrated Skim Milk. *Journal of Dairy Science*. 1993, **76**(7), 1882-1894.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

UHT Ultra-High Temperature

K koeficient konzistence

n index toku

η dynamická viskozita

η_a zdánlivá viskozita

τ smykové napětí

$\dot{\gamma}$ gradient rychlosti

Gal galaktosa

Lys lysin

Arg arginin

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Uspořádání zařízení pro přímé UHT ošetření mléka (Polarizace) [18].....	17
Obrázek 2: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro časově nezávislé tekutiny: A znázorňuje dilatantní tekutinu, B pseudoplastickou a C binghamskou [30].....	23
Obrázek 3: Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti pro časově závislé tekutiny: hysterezní smyčka D znázorňuje tixotropní a smyčka E reopektické tekutiny [30]	24
Obrázek 4: Průběh Maillardovy reakce a vzorce některých jejích produktů [43]	30
Obrázek 5: Toková křivka skladovaného vzorku O_5_(I) v porovnání se vzorkem O_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu	39
Obrázek 6: Toková křivka skladovaného vzorku O_5_(II) v porovnání se vzorkem O_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu	39
Obrázek 7: Toková křivka skladovaného vzorku O_5_(III) v porovnání se vzorkem O_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu	40
Obrázek 8: Toková křivka skladovaného vzorku O_20_(I) v porovnání se vzorkem O_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu	40
Obrázek 9: Toková křivka skladovaného vzorku O_20_(II) v porovnání se vzorkem O_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu	41
Obrázek 10: Toková křivka skladovaného vzorku O_20_(III) v porovnání se vzorkem O_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu	41
Obrázek 11: Toková křivka skladovaného vzorku O_40_(I) v porovnání se vzorkem O_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu	42
Obrázek 12: Toková křivka skladovaného vzorku O_40_(II) v porovnání se vzorkem O_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu	42
Obrázek 13: Toková křivka skladovaného vzorku O_40_(III) v porovnání se vzorkem O_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu	43
Obrázek 14: Toková křivka skladovaného vzorku P_5_(I) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	45
Obrázek 15: Toková křivka skladovaného vzorku P_5_(II) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	45
Obrázek 16: Toková křivka skladovaného vzorku P_5_(III) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	46

Obrázek 17: Toková křivka skladovaného vzorku P_20_(I) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	46
Obrázek 18: Toková křivka skladovaného vzorku P_20_(II) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	47
Obrázek 19: Toková křivka skladovaného vzorku P_20_(III) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	47
Obrázek 20: Toková křivka skladovaného vzorku P_40_(I) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	48
Obrázek 21: Toková křivka skladovaného vzorku P_40_(II) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	48
Obrázek 22: Toková křivka skladovaného vzorku P_40_(III) v porovnání se vzorkem P_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	49
Obrázek 23: Toková křivka skladovaného vzorku T_5_(I) v porovnání se vzorkem T_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	51
Obrázek 24: Toková křivka skladovaného vzorku T_5_(II) v porovnání se vzorkem T_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	51
Obrázek 25: Toková křivka skladovaného vzorku T_5_(III) v porovnání se vzorkem T_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	52
Obrázek 26: Toková křivka skladovaného vzorku T_20_(I) v porovnání se vzorkem T_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	52
Obrázek 27: Toková křivka skladovaného vzorku T_20_(II) v porovnání se vzorkem T_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	53
Obrázek 28: Toková křivka skladovaného vzorku T_20_(III) v porovnání se vzorkem T_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	53
Obrázek 29: Toková křivka skladovaného vzorku T_40_(I) v porovnání se vzorkem T_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	54
Obrázek 30: Toková křivka skladovaného vzorku T_40_(II) v porovnání se vzorkem T_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	54
Obrázek 31: Toková křivka skladovaného vzorku T_40_(III) v porovnání se vzorkem T_(0) měřeným před zahájením skladovacího pokusu.....	55

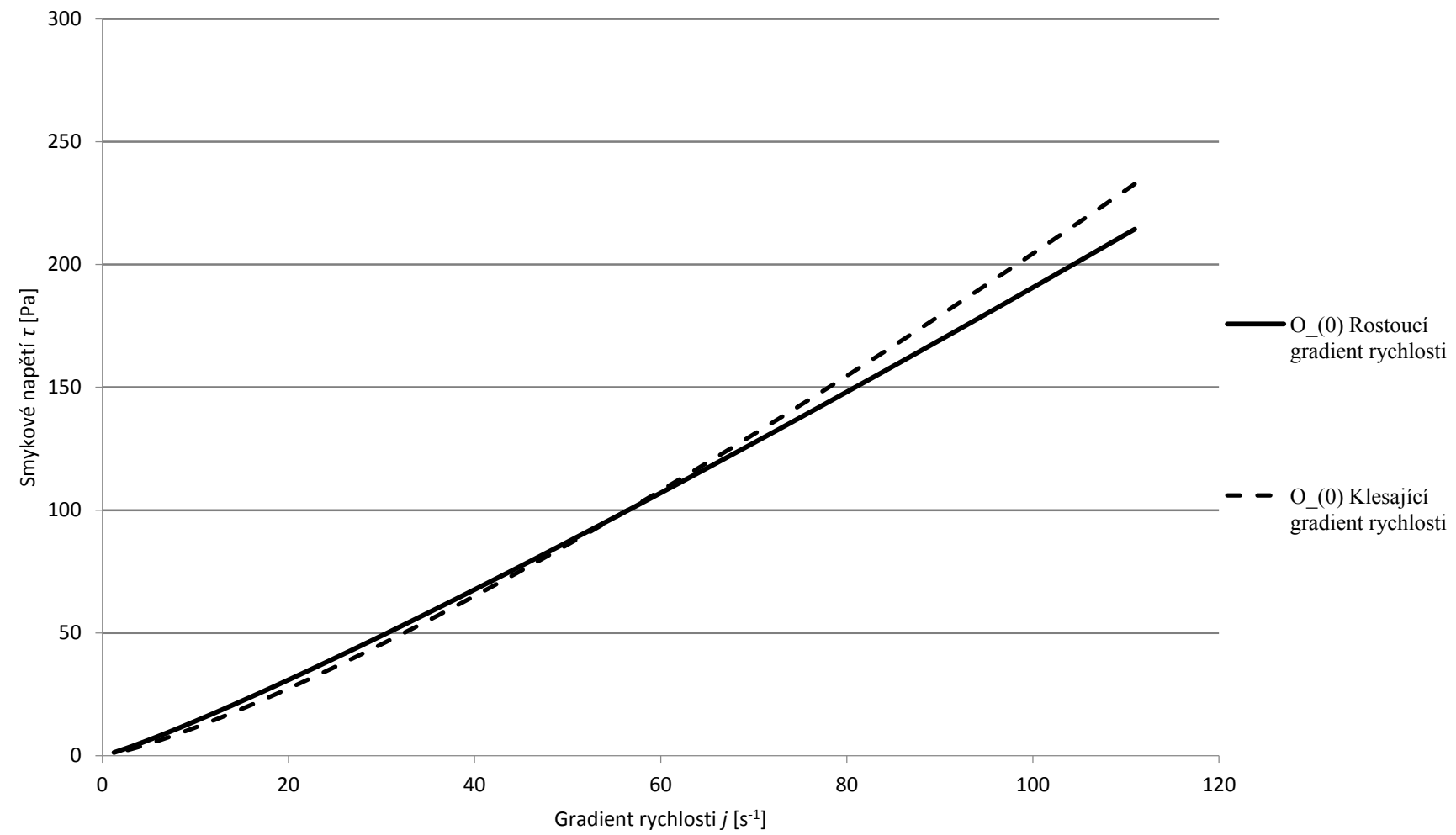
SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Charakteristika UHT mlék použitých k experimentu.....	34
Tabulka 2: Značení vzorků pro skladovací pokus s proměnným dnem měření (I-III)	35
Tabulka 3: Hodnoty regresních koeficientů a viskozita vzorků odtučněného mléka	38
Tabulka 4: Hodnoty regresních koeficientů a viskozita vzorků polotučného mléka.....	44
Tabulka 5: Hodnoty regresních koeficientů a viskozita vzorků plnotučného mléka.....	50

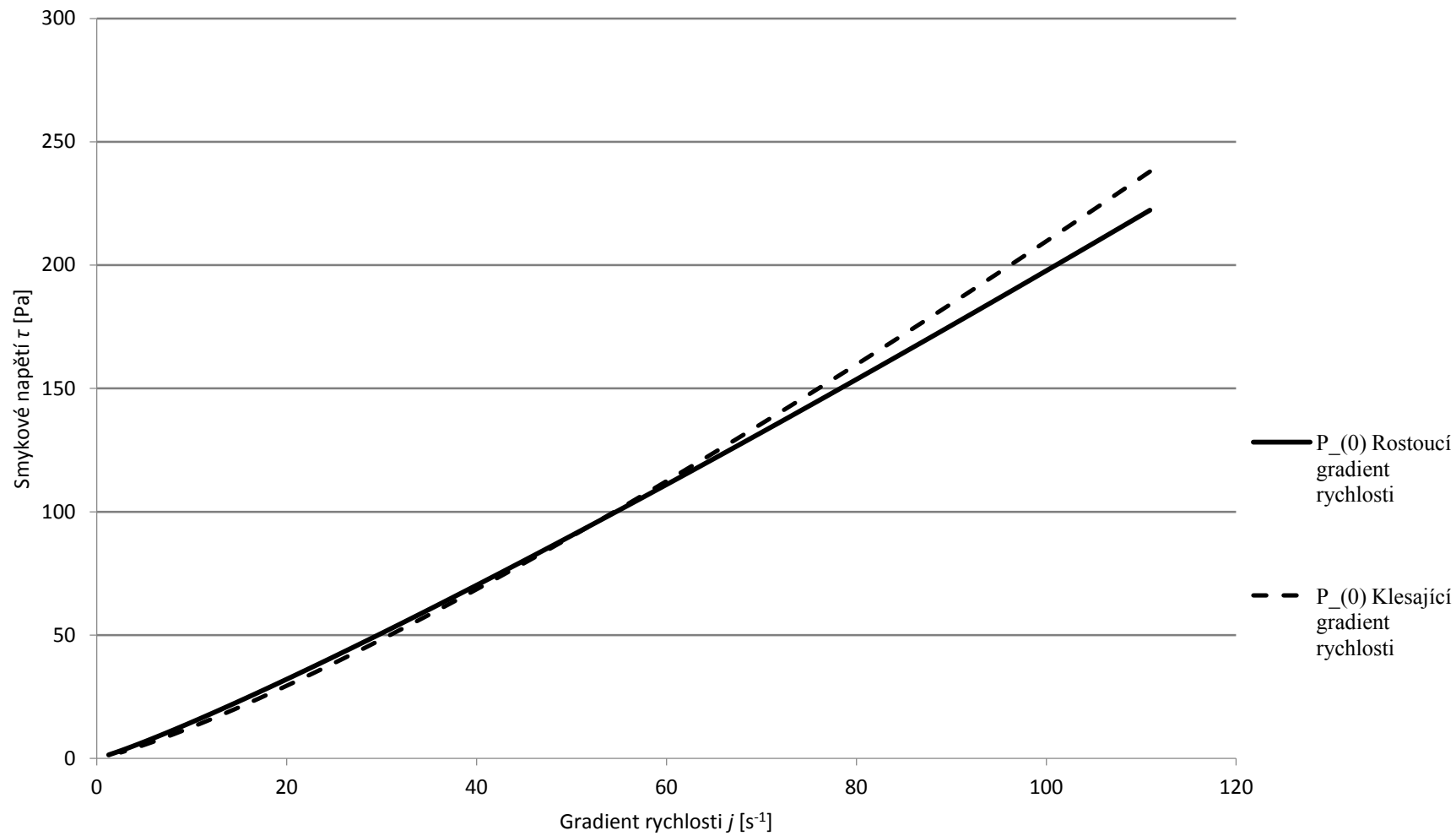
SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA I: Toková křivka vzorku O_0	68
PŘÍLOHA II: Toková křivka vzorku P_0.....	69
PŘÍLOHA III: Toková křivka vzorku T_0.....	70

PŘÍLOHA I: Toková křivka vzorku O_0



PŘÍLOHA II: Toková křivka vzorku P_0



PŘÍLOHA III: Toková křivka vzorku T_0

