



Reologické vlastnosti kravského, kozího a ovčího mléka
Diplomová práce

Vedoucí práce:
Ing. Vojtěch Kumbár, Ph.D.

Vypracovala:
Bc. Veronika Písaříková

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci Reologické vlastnosti kravského, kozího a ovčího mléka vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s §47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
Veronika Písaříková

Poděkování

Chtěla bych poděkovat všem, kteří mi při tvorbě a zpracování této diplomové práce byli nápomocni. V první řadě mé největší poděkování patří panu Ing. Vojtěchu Kumbárovi, Ph.D., vedoucímu diplomové práce, za odborné rady, užitečné připomínky, trpělivost a ochotu. Dále bych ráda poděkovala Ing. Romanu Pytlovi, který mi byl nápomocen při laboratorních stanoveních.

V neposlední řadě bych také chtěla poděkovat mé rodině a to především svým rodičům za to, že mi umožnili tuto vysokou školu studovat.

Abstrakt

Jméno: Bc. Veronika Písaříková

Název diplomové práce: Reologické vlastnosti kravského, kozího a ovčího mléka

Tato diplomová práce je zaměřena na reologické vlastnosti kravského, kozího a ovčího mléka. V první části práce jsou tyto druhy mlék detailně popsány a je zde porovnáno jejich složení. Kromě toho jsou v práci uvedeny fyzikální veličiny, které mléko charakterizují a technologie přepravy mléka. Dále je pozornost věnována legislativě. Jsou zde popsány požadavky a kritéria pro syrové mléko, požadavky na prostory a vybavení, kde je mléko skladováno a také legislativní nařízení týkající se tepelného ošetření mléka. Další část práce se zabývá analytickým stanovením mléka (sušina, obsah bílkovin, tuku, laktózy, kyselost mléka, jeho elektrická vodivost a hustota). V poslední části práce jsou sledovány reologické vlastnosti těchto tří druhů mlék. U vybraných vzorků je měřeno smykové napětí v závislosti na rychlosti deformace, což je pro nás klíčové stanovení, protože nám říká, o jaký druh kapaliny se jedná. Dále je sledována závislost dynamické viskozity na smykovém napětí a průběh změn dynamické viskozity při zahřevu. Tato stanovení dokazují, že mléko vykazuje znaky chování newtonské kapaliny. K vyhodnocení výsledků byl použit Newtonův zákon viskozity a Ostwald – de Waele (mocninový) model.

Klíčová slova: Mléko, fyzikální vlastnosti, reologické vlastnosti, viskozita, smykové napětí, smyková rychlost

Abstract

Name: Bc. Veronika Písaříková
Title of work: Rheological properties of cow, goat and sheep milk

This thesis is focused on the rheological properties of cow, goat and sheep milk. These kinds of milk are described and compared in the first part. The thesis describes physical properties and technology of milk transport. Next part deals with legislation about milk in the European Union and in the Czech Republic. Special attention is given to the requirements of warehouse equipment and heat treatment of milk. Another part deals with analytical properties of milk (dry matter, protein, fat, lactose, acidity of the milk, electrical conductivity and density). In the last part are monitored rheological properties of these three types of milk. Selected samples are measured with shear stress depending on the strain rate. It is important because it helps us to determine what type of fluid is milk. Then, there is monitored dependence of the dynamic viscosity at the shear stress and effect of temperature on viscosity. These experiments demonstrated that milk belongs to liquids with Newtonian behavior. To evaluation the results was used Newton's law of viscosity and Ostwald – de Waele model.

Keywords: Milk, physical properties, rheological properties, viscosity, shear stress, shear rate

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	CÍL PRÁCE.....	11
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	12
3.1	Základní charakteristika mléka	12
3.1.1	Kravske mléko	12
3.1.2	Kozí mléko.....	13
3.1.3	Ovčí mléko.....	13
3.2	Chemické složení mléka	14
3.2.1	Sacharidy	14
3.2.2	Bílkoviny	15
3.2.3	Mléčný tuk	16
3.2.4	Minerální látky.....	17
3.2.5	Vitaminy	18
3.2.6	Enzymy	18
3.3	Technologie přepravy mléka.....	19
3.4	Legislativa týkající se mléka.....	20
3.4.1	Kritéria pro syrové mléko	20
3.4.2	Požadavky na prostory a vybavení	22
3.4.3	Požadavky na tepelné ošetření	23
3.4.4	Definice způsobů tepelného ošetření mléka a mléčných výrobků dle legislativy.....	24
3.4.5	Požadavky na přepravu a uskladnění mléka	25
3.5	Fyzikální vlastnosti mléka.....	26
3.5.1	Kyselost mléka.....	26
3.5.2	Osmotický tlak	27
3.5.3	Viskozita mléka	27

3.5.4	Měrná hmotnost	28
3.5.5	Elektrická vodivost mléka	28
3.5.6	Bod mrznutí mléka (BMM)	29
3.5.7	Povrchové napětí.....	29
3.6	Reologické vlastnosti	30
3.6.1	Reologie kapalin	31
3.6.2	Newtonské kapaliny.....	32
3.6.3	Ne-newtonovské kapaliny.....	33
3.6.4	Reologické vlastnosti mléka	35
4	MATERIÁL A METODIKA.....	37
4.1	Vzorky a jejich odběr	37
4.1.1	Holštýnský skot.....	37
4.1.2	Koza hnědá krátkosrstá	37
4.1.3	Ovce východofrišká	38
4.2	Laboratorní metody	38
4.2.1	Stanovení sušiny mléka	38
4.2.2	Stanovení titrační kyselosti	38
4.2.3	Stanovení aktivní kyselosti	39
4.2.4	Acidobutyrometrické stanovení tuku.....	39
4.2.5	Stanovení laktózy.....	39
4.2.6	Stanovení bílkovin	40
4.2.7	Konduktometrické stanovení vodivosti	40
4.2.8	N–test.....	41
4.3	Použité přístroje	42
4.3.1	Rotační viskozimetr	42
4.3.2	Digitální hustoměr	43
4.4	Použitý software.....	44

5	VÝSLEDKY A DISKUZE	45
5.1	Stanovení sušiny mléka.....	45
5.2	Stanovení titrační kyselosti	46
5.3	Stanovení aktivní kyselosti	46
5.4	Stanovení tuku.....	46
5.5	Stanovení laktózy	47
5.6	Stanovení bílkovin	48
5.7	Konduktometrické stanovení vodivosti.....	49
5.8	N – test	49
5.9	Hustota mléka.....	50
5.10	Tokové vlastnosti mléka.....	51
5.10.1	Vliv smykové rychlosti na smykové napětí	51
5.10.2	Vliv smykové rychlosti na viskozitu mléka.....	54
5.10.3	Průběh dynamické viskozity mléka při záhřevu	57
6	ZÁVĚR	59
7	ZDROJE.....	61
8	SEZNAM TABULEK	66
9	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	66

1 ÚVOD

Mléko a mléčné výrobky jsou nedílnou součástí lidského jídelníčku odnepaměti. Je to hojně využívaná surovina pro výrobu velkého množství potravin, mezi které patří jogurty, kefir, sýry nebo smetana. Mléčný tuk, máslo, si mažeme denně na chleba. Mléko také můžeme pít samotné, případně ochucené medem či kakaem.

Všeobecně známá definice mléka je ta, že se jedná o sekret mléčné žlázy savců, který primárně slouží pro výživu mláďat. V prvních dnech kojení je z mléčné žlázy vylučován sekret odlišného složení, než je klasické mléko. Jedná se o mlezivo, pro které je typický zvýšený obsah některých látek. Z těchto látek je možné jmenovat imunoglobuliny, které přispívají k lepší imunitě mláďat, minerální látky a vitaminy.

Mezi nejvíce konzumovaná mléka na světě patří mléko kravské, kozí, ovčí, buvolí, velbloudí nebo kobydí. Právě na první tři jmenované je tahle práce zaměřená.

Ovčí a kozí mléko se postupně stává trendem moderní výživy, a to zejména díky nemalé škále produktů, které se z ovčího a kozího mléka vyrábí. Většina těchto výrobků je k dostání na farmářských trzích v bio kvalitě. Ve srovnání s kravským mlékem, ovčí mléko obsahuje až 3x více sušiny než mléko kravské. Jedná se především o zvýšený obsah tuku, bílkovin, vitaminů a minerálních látek. Kozí mléko je zase díky odlišnému složení bílkovin vhodnější pro osoby s trávicími problémy. Také tukové kapénky v kozím mléce jsou menší, což může být další příčinou, proč je kozí mléko snášeno lépe než kravské.

Reologie, které je věnována poslední část práce, je vědecká disciplína zabývající se stavy proudění a deformací složek materiálu a vliv těchto faktorů na chování materiálu v přechodovém stavu mezi pevným a kapalným skupenstvím. Kromě toho reologie také popisuje vztah mezi napětím v dané látce a vzniklou deformací.

Informace o reologii tekutin jsou hojně využívány především v potravinářském inženýrství, kde jsou nezbytné pro správné využití potrubí a čerpadel, sloužících k dopravě mléka.

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo zpracování literární rešerše pojednávající o složení a fyzikálních vlastnostech kravského, kozího a ovčího mléka, zaměřit se na technologii přepravy a legislativní nařízení týkající se konzervace a uskladnění mléka.

Praktická část je potom věnována analýze mléka, konkrétně byl stanoven obsah sušiny, bílkovin, tuku a laktózy. Také byla stanovena kyselost, hustota, měrná vodivost a zkouška N-testem. Hlavním cílem však bylo zaměřit se na reologické vlastnosti mléka a výsledky získané měřením graficky zpracovat a vyhodnotit.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Základní charakteristika mléka

Mléko je biologická tekutina, která je vylučována mléčnými žlázami savců. Primární funkcí mléka je výživa mláďat (FERNANDES, 2009).

Rozeznáváme dva druhy mlék, a to mléka kaseinová a mléka albuminová. Mléka kaseinová jsou taková, která produkují přežvýkavci a obsah kaseinu překračuje 75 % z celkového obsahu bílkovin. Mléka albuminová jsou častější, ale na rozdíl od mlék kaseinových nemají tak široké využití v mlékárenském průmyslu. Jedná se o mléka produkovaná masožravci, všežravci a býložravci s jednoduchým žaludkem.

Kromě tohoto rozdělení můžeme mléko rozdělit ještě na zralé, produkované v dalším období laktace a nezralé (GAJDŮŠEK, 2003).

Mléko, které je produkováno ihned po porodu po dobu několika dní, se nazývá mlezivo. Mlezivo obsahuje vysoké procento bílkovin a je bohaté také na imunoglobulin a další protilátky. Ve většině zemí není dovoleno mlezivo potravinářsky zpracovávat (FERNANDES, 2009).

3.1.1 Kravské mléko

Právě mléko kravské se pro lidskou potřebu nejvíce využívá. Jeho přibližné složení je: 87 % voda, 3,7 – 3,9 % tuku, 3,2 – 3,5 % bílkovin, 4,8 – 4,9 % sacharidů (nejčastěji zastoupeným sacharidem je laktóza) a 0,7 % popelovin. Tyhle hodnoty jsou ale ovlivnitelné jedincem, plemenem, sezónou, krmivem a fází laktace (FERNANDES, 2009).

Chuť čerstvého kravského mléka je poměrně nevýrazná. Laktóza zajišťuje mírnou nasládllost a tukové kuličky obsažené v mléce jsou zodpovědné za krémovitost. Protože je mléko určeno jako kompletní krmivo pro mladé tele, může i člověku poskytnout významné množství živin důležitých z nutričního hlediska.

Kravské mléko se zpracovává, což způsobuje změny ve složení. Tyto změny mohou být velmi výrazné, což může vyvolávat otázku, zda je vhodné výsledný produkt stále nazývat jako mléko (WALSTRA a kol., 2006).

3.1.2 Kozí mléko

Kozí mléko je složením velmi podobné mléku kravskému. Obsah bílkovin je přibližně stejný, ale jejich složení je rozdílné, což může být důvodem, proč je kozí mléko obecně snášeno lépe než kravské. Mezi hlavní bílkoviny kozího mléka patří: α -laktalbumin, β -laktoglobulin, β -kasein, κ -kasein a alfa s_1 kasein. U kozího mléka je vyšší obsah esenciálních mastných kyselin, což poukazuje na vyšší nutriční hodnotu kozího mléka. Typické pro kozí mléko je vyšší obsah kyseliny kaprylové a hlavně kaprinové, což dodává kozímu mléku charakteristickou vůni a chuť (FANTOVÁ a kol., 2000).

Kromě příznivého složení bílkovin má kozí mléko ještě další přednosti. Kapénky tuku kozího mléka jsou menší než v kravském mléce, což je další příčinou, proč je kozí mléko tráveno lépe než kravské. Dále je zde vyšší obsah mastných kyselin se středně dlouhým řetězcem. Tyto kyseliny mají pozitivní účinek na lidské zdraví, protože mají schopnost rozpouštět cholesterol (KONDYLI a kol., 2007). Kozí mléko bývá doporučováno lékaři zejména pro lidi, kteří trpí problémy jako je překyselení organismu, protože je od přírody zásadité, dále pro lidi trpící ekzémy, astmatem, migrénami, žaludečními vředy, jaterními a žlučnickovými onemocněními. Také bývá doporučováno lidem, u kterých se projevují stresové symptomy, například nespavost nebo neurotické poruchy trávení. (JANDAL, 1996).

Co se týká minerálních látek a vitaminů, v kozím mléce je zvýšený obsah vápníku, draslíku, hořčíku, fosforu, chloru, vitamínu A a niacinu oproti mléku kravskému. Díky tomu je kozí mléko doporučováno pro výživu kojenců, je však vhodné ho obohatit o vitamin D kvůli lepšímu vstřebávání vápníku (FANTOVÁ a kol., 2000).

3.1.3 Ovčí mléko

Ovčí mléko je nažloutlé barvy s typicky nahořklou a natrpklou příchutí. Charakteristická vůně ovčího mléka je způsobena kaprylovou a kaprinovou mastnou kyselinou. Ovčí mléko má vysoký podíl vitamínu B₁₂, vitamínu A a vitamínu C. Z makro a mikroprvků ovčí mléko obsahuje vyšší hodnotu fosforu a vápníku (ZADRAŽIL, 2002).

Ovčí mléko obsahuje téměř dvojnásobné množství živin než mléko kravské. V případě, že je tučnost 7 %, kolísá obsah tukuprosté sušiny od 11 % do 12 %. Obsah tuku v sušině nabývá hodnot kolem 37 % (ŠEBELA a kol., 1964).

Mléčný tuk je v ovčím mléce přítomen ve velkých kapénkách o velikosti 2,5 μm - 5 μm . Největší zastoupení zde mají kyseliny palmitová, myristová, olejová a linolová (ZADRAŽIL, 2002). Máslo vyrobené z ovčího mléka bývá měkké, mazlavé s nepříjemnou chutí. Kvůli obtížnému kysání ovčího mléka se při výrobě sýrů musí používat větších dávek syřidla. Obsah vitaminů v ovčím mléce je oproti kravskému téměř trojnásobný. Také obsah železa je vyšší. Díky vyššímu obsahu bílkovin se kyselost mléka pohybuje kolem 11 °SH.

Složení mléka je velmi závislé na plemeni ovce. Ovce šlechtěné ve vysokohorských oblastech mají téměř dvojnásobně vyšší obsah tuku než ovce nížinných plemen.

Ovčí mléko je významná potravina, většinou se ale konzumuje v podobě sýrů. Nejznámější z nich jsou: brynza, oštěpek, parenica a měkké zrající sýry. Oblíbený je také syrovátkový nápoj žinčica (ŠEBELA a kol., 1964).

Tabulka 1: Porovnání hlavních obsahových složek mléka (JANDAL, 1996)

	Kozí mléko	Ovčí mléko	Kravné mléko	Mateřské mléko
Tuk (%)	3,80	7,62	3,67	3,67-4,70
Laktóza (%)	4,08	3,70	4,78	6,92
Bílkoviny (%)	2,90	6,21	3,23	1,10
Kasein (%)	2,47	5,16	2,63	0,40
Obsah popela (%)	0,79	0,90	0,73	0,31

3.2 Chemické složení mléka

3.2.1 Sacharidy

V mléce převažuje disacharid laktóza, což je redukující cukr, složený z jednotky glukózy a galaktózy. Ta je syntetizována v mléčné žláze téměř všech savců za přítomnosti bílkoviny α -laktalbumin (PARK a kol., 2007).

Laktóza má v mléce hned několik funkcí – poskytuje mláděti energii (cca 17 kJ/g) a dává mléku nasládlou chuť. Laktóza nemůže být přijata rovnou do krve, nejprve musí hydrolyzovat na glukózu a galaktózu, což je reakce, ke které dochází pomalu. To znamená, že při požití velkého množství mléka nedojde k rychlému zvýšení hladiny glukózy v krvi. Hydrolýza probíhá pomocí enzymu galaktosidáza, ale odhaduje se, že po 4. roce věku se jeho aktivita výrazně snižuje.

K reakcím laktózy dochází nejčastěji při zahřevu. Jednou z reakcí například je izomerace laktózy na laktulózu. Množství laktulózy tedy může být použito jako

indikátor intenzity tepelného zpracování. Mezi další reakce laktózy můžeme zařadit karamelizaci a Maillardovy reakce, které spolu do určité míry souvisí. K Maillardově reakci dochází za přítomnosti aminoskupin a vznikají hnědé pigmenty a aromatické sloučeniny (WALSTRA a kol., 2006).

Laktóza je důležitým prvkem také při výrobě kysaných mléčných výrobků. Bakterie mléčného kvašení ji využívají jako substrát během fermentace. Množství kyseliny mléčné vyrobené těmito bakterií se odvíjí od použité kultury, ale také od toho, jaké množství laktózy mají bakterie k dispozici (ZENG, 1995).

Sladkost laktózy je přibližně 0,3 krát vyšší než u sacharózy. Laktóza se může oddělit buď z mléka, nebo ze syrovátky tak, že se nechá vykrystalizovat. Krystalická laktóza se používá k výrobě léčiv. Téměř všechny pilulky ji obsahují jako výplňový materiál (WALSTRA a kol., 2006).

3.2.2 Bílkoviny

Mléčné výrobky jsou dobrým zdrojem kvalitních bílkovin, které mají vyvážený obsah aminokyselin. Hlavní bílkovinou mléka přežvýkavců je kasein. Obsah kaseinu se může lišit mezi druhy zvířat, ale také i v závislosti na fázi laktace. Surovátkové proteiny mohou zhoršit výtěžnost sýra, ale složení aminokyselin (tryptofan, lysin) u těchto proteinů je velice příznivé pro výživu člověka. Podle obsahu celkových proteinů se v mnoha zemích určuje peněžní hodnota mléka (RAYNAL-LJUTOVAC a kol., 2008).

Jednotlivé složky ze směsi bílkovin se extrahují velmi složitě. I přesto je složení mléčných bílkovin dobře známé.

Kasein můžeme definovat jako bílkovinu, která se sráží v blízkosti pH 4,6. Kasein je frakcí několika fosfoproteinů. Podle struktury můžeme rozlišit α_{S1} -, α_{S2} -, β -, κ -kasein, ale každý z nich se v mléce vyskytuje v několika variantách (WALSTRA a kol., 2006).

Kaseiny v mléce jsou agregovány do kaseinových komplexů a micel. Micelu však tvoří pouze kasein. Kromě kaseinu, který je obsažen z 93 % v micelě najdeme asi 3 % vápenatých iontů, 5 % volného a vázaného fosfátu, 0,4 % citrátu a 0,5 % sodných, draselných a hořečnatých iontů (SAMKOVÁ a kol., 2012).

Surovátkové bílkoviny jsou přítomny v rozpuštěné formě, tedy séru. Jedná se zejména o α -laktalbumin a β -laktoglobulin (WALSTRA a kol., 2006). Tyto bílkoviny

jsou hojně využívány v potravinářství pro svou vysokou nutriční hodnotu. Složení aminokyselin u syrovátkových bílkovin je pro člověka velmi příznivé.

Zajímavostí je, že kaseinové micely kravského mléka měří mezi 80 – 300 nm, zatímco u kozího mléka je to pouze 30 – 60 nm. Navíc je v kozím mléce výrazně méně zastoupená kaseinová frakce α_{s1} , doba koagulace syřidlem je kratší, sýřenina z kozího mléka má nižší pevnost a uvolňuje velké množství syrovátky (GAJDŮŠEK, 2002).

Ovčí mléko obsahuje v průměru 4,5 % kaseinu a pouze kolem 1 % syrovátkových bílkovin (BYLUND, 2003).

3.2.3 Mléčný tuk

Lipidy jsou estery vyšších mastných kyselin a glycerolu. Jsou rozpustné v nepolárních organických rozpouštědlech a nerozpustné ve vodě. Tuk se v mléce vyskytuje ve formě tukových kapének. Mléčné výrobky s vysokým obsahem tuku, jako je smetana nebo máslo, mají zvláštní, ale často požadovanou chuť a texturu.

Vlastnosti tuku, jako je například nutriční hodnota, teplota tání a chemická aktivita, závisí na obsahu a složení různých mastných kyselin. Vlastnosti dané mastné kyseliny ovlivňují: délka řetězu, počet a umístění dvojných vazeb (ovlivňuje chemickou aktivitu a náchylnost k autooxidaci), konfigurace dvojných vazeb (cis, trans), větvení, keto nebo hydroxyskupina.

Z hlediska funkcí tuk slouží v první řadě jako zdroj energie (asi 37 kJ/gram). Také slouží jako rozpouštědlo pro vitaminy A, D a E.

Dvojně vazby nebo zbytky mastných kyselin mohou oxidovat a tím ovlivňovat senzorickou kvalitu mléka. Oxidované kyseliny mohou způsobit lojovou, rybí, kovovou příchut', nebo také příchut' lepenky (WALSTRA a kol., 2006).

Tuky v ovčím a kozím mléce obsahují více kaprylových a kaprinových mastných kyselin než kravské mléko, což dodává charakteristickou vůni a chuť mléka a výrobkům z něj (BYLUND, 2003). V kozím mléce se tuk nachází v mnohem menších tukových kapénkách než v mléce kravském, proto pomaleji vyvstává a je lépe stravitelný (GAJDŮŠEK, 2002).

3.2.4 Minerální látky

Minerální látky se v mléce vyskytují buď v mléčném séru v roztoku nebo koloidní formě, nebo mohou být vázány na organické součásti mléka. Jednotlivé minerální látky jsou potom obsaženy v mléce ve vzájemných rovnováhách jak mezi sebou, tak k ostatním složkám mléka.

Například obsah rozpustných solí K a Na jsou ovlivněny obsahem laktózy (udržují v rovnováze osmotický tlak), velikost, stav a vlastnosti kaseinových micel ovlivňují stav Ca, Mg, P a citrátů v rozpustné, koloidní i vázané formě. Také pH má vliv na disociaci kaseinových micel a uvolňování některých solí do roztoku.

Stanovení jednotlivých minerálních látek je velice obtížné, tak je jejich obsah stanovován jako obsah veškerých popelovin. Ale ani tohle stanovení nemusí být zcela přesné, protože dochází k rozkladu organických kyselin, případně vytěkání některých sloučenin jako jsou halogeny, Na, K, P, S, Zn (GAJDŮŠEK, 2003).

Nejvýznamnějšími minerály v mléce je vápník, fosfor, hořčík, draslík, a zinek (JANŠTOVÁ, 2012). Vápník a fosfor jsou obsaženy v roztoku asi z 30 % z celkového obsahu, dále ve formě kalcium-fosfátu, nebo jsou vázány na kaseinový komplex. Zastoupení jednotlivých složek je ale závislé na mnoha faktorech, mezi které řadíme zdravotní stav dojnic, stadium laktace, zastoupení ostatních minerálních látek a podobně.

Mléko také obsahuje velké množství stopových prvků, které jsou obvykle vázány na nějakou organickou sloučeninu. Například Cu, Zn, Mg a Fe jsou vázány na membrány tukových kuliček, I a Cu jsou asociovány s mléčnými proteiny, část I a Zn se nacházejí v anorganické formě (GAJDŮŠEK, 2003). Z pohledu výživy jeden litr mléka pokryje denní doporučenou dávku zinku ze 40 % a jodu z 25 %. Potřeba hořčíku je při vypití jednoho litru mléka pokryta z jedné třetiny (JANŠTOVÁ, 2012). Obsah Co kolísá v závislosti na obsahu vitamínu B₁₂ a Se se vyskytuje v mléce jako volný iont.

Na množství popelovin v mléce má vliv řada faktorů, mezi které řadíme jedince, obsah bílkovin a v neposlední řadě také stadium laktace. Mlezivo obsahuje podstatně více popelovin než mléko zralé (GAJDŮŠEK, 2003).

3.2.5 Vitaminy

Mlezyvo, které je prvním zdrojem potravy sajícího mláděte, obsahuje veškeré vitaminy. Některé však pouze v minimálním množství. Největší roli na množství vitaminů hraje roční doba v souvislosti s výživou dojníc (GAJDŮŠEK, 2003).

Kravné mléko je uznáváno jako důležitý zdroj vitaminů rozpustných v tucích. Jejich obsah v mléce je ovlivněn mnoha faktory, z nichž můžeme jmenovat výživu, sezónu, stupeň laktace nebo genetiku (KALÁČ, 2011).

V mléčném tuku je obsaženo významné množství vitaminu A – 1 litr mléka pokryje 50 % doporučené denní dávky (JANŠTOVÁ, 2012). Vitamin A se v potravě vyskytuje ve formě dvou prekurzorů, a to retinolu a β -karotenu (VELÍŠEK a HAJŠLOVÁ, 2009). Je dokázáno, že obsah karotenů v kravném mléce je nejvyšší při zkrmování čerstvé píce. Nejnižší je naopak při zkrmování sena (KALÁČ, 2011). V kozím a ovčím mléce β -karoten zcela chybí, protože je převeden na retinol (RAYNAL-LJUTOVAC a kol., 2008).

Dále se v mléce, ale v menším množství, nachází také vitaminy D, E a K. Obsah vitaminu D je v mléce velmi nízký, proto je v některých regionech světa zavedena povinnost mléko fortifikovat.

Z vitaminů rozpustných ve vodě patří mezi nejvýznamnější vitaminy B, C a H. Mléko je považováno za bohatý zdroj riboflavinu (B_2), jeden litr mléka pokryje celou doporučenou denní dávku. Dále je mléko významným zdrojem biotinu, doporučenou denní dávku pokryje jeden litr mléka ze 60 % (JANŠTOVÁ, 2012).

3.2.6 Enzymy

Mléko obsahuje širokou škálu enzymů. Jako nativní enzymy jsou označovány ty, které se do mléka dostanou přímo v mléčné žláze. Enzymy dělíme podle funkce na antibakteriální enzymy, fosfatázy, lipolytické enzymy a proteázy.

Hlavním zástupcem antibakteriálních enzymů je laktoperoxidáza a lysozym. Tyto enzymy mají za úkol inhibovat mikroorganismy, a to i u teplého mléka po dobu několika hodin (WALSTRA a kol., 2006). Další funkcí peroxidázy je přenos kyslíku z peroxidu vodíku na jiné, snadno oxidovatelné látky. Tento enzym je inaktivován při zahřevu vyšším než 80 °C (BYLUND, 2003). Lysozymová aktivita je v kravném mléce velmi slabá – například v mléce mateřském je o dost silnější (WALSTRA a kol., 2006).

Enzym fosfatáza slouží k hydrolyze esterově vázané kyseliny fosforečné z různých substrátů (GAJDŮŠEK, 2003). K jejímu zničení dochází při dosažení běžných pasteračních teplot (72 °C po dobu 15 – 20 sekund), takže se používá jako indikátor tepelného ošetření (BYLUND, 2003). Součástí mléka je alkalická a kyselá fosfatáza (GAJDŮŠEK, 2003).

Lipázy jsou enzymy hydrolyzující acylglyceroly na glycerol a volné mastné kyseliny. Přebytek volných mastných kyselin způsobuje žluklou chuť. Vyšší aktivita lipáz se předpokládá ke konci laktačního období. Lipázy mohou být částečně inaktivovány pasterací (BYLUND, 2003).

Proteázy tvoří další přirozenou součást mléka. Kromě přirozených proteáz mohou být v mléce přítomny i proteázy mikrobiálního původu z kontaminující mikroflóry. Mezi přirozené proteázy patří plasmin, který je při normálním pH mléka asociován s kaseinovou micelou. Pokud dojde k poklesu pH, disociuje kaseinové micely na menší komplexy (GAJDŮŠEK, 2003).

3.3 Technologie přepravy mléka

Prvním technologickým krokem prováděným mlékárnou je svoz mléka. Na rychlosti svozu závisí jak kvalita samotného mléka, tak kvalita mlékárenských produktů (GAJDŮŠEK, 2002).

Přejímka mléka je prováděna podle předem sjednaného svozového plánu, který je buď denní nebo obdenní. Řidič přejímající mléko musí být proškolený, protože vždy musí kontrolovat teplotu mléka, smyslové vlastnosti a kyselost (ŠUSTOVÁ a SÝKORA, 2013).

Podle Nařízení Komise (ES) č. 1662/2006 ze dne 6. listopadu 2006, kterým se mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES), č. 853/2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu, musí být mléko, které je sváženo každý den, ihned zchlazeno na teplotu nejvýše 8 °C. V případě, že se svoz neprovádí denně, musí být mléko zchlazeno na teplotu nejvýše 6 °C.

Dále Nařízení Komise (ES) č. 1662/2006 uvádí, že během přepravy musí být zachován chladicí řetězec a při dodání do cílového zařízení nesmí teplota mléka, případně mleziva, přesáhnout 10 °C.

Výjimku tvoří situace, kdy je mléko zpracováno do 2 hodin od nadojení nebo pokud je z technologických důvodů souvisejících s výrobou některých mléčných

výrobků nezbytná vyšší teplota a příslušný orgán ji povolí (NAŘÍZENÍ KOMISE 1662/2006).

V současné době se mléko sváží v různých typech cisteren o přepravním objemu 2 000 – 24 000 l. Používají se snímatelné cisterny, cisternové automobily, nebo cisternové návěsy či přívěsy. Nejnovější typy cisteren jsou vybaveny také průtokoměry, zařízeními na polo nebo zcela automatické odběry vzorků a podobně. Svoz pomocí cisteren je ekonomicky výhodnější než dřívější svozy mléka v konvích. Snižují se tak náklady na přepravu a pohonné hmoty. Výhodou cisternového svozu mléka je jednak odstranění namáhavé ruční práce, jednak i lepší mikrobiologická jakost mléka. Riziko kontaminace mléka z povrchu přepravních nádrží je vzhledem k objemu mléka nižší, než při přepravě v konvích (GAJDŮŠEK, 2002).

Cisterny jsou buď jednokomorové, nebo jsou pomocí přepážek rozděleny do několika samostatných komor. Uvnitř se nacházejí vlnolamy, které slouží k zabránění pohybu a mechanickému namáhání mléka při jízdě. Cisterna je také vybavena jedním nebo dvěma samonasávacími čerpadly. Vypuštění mléka z cisterny je zajištěno samospádem nebo pomocí čerpadla (JANŠTOVÁ, 2012).

3.4 Legislativa týkající se mléka

3.4.1 Kritéria pro syrové mléko

Podle Nařízení Komise (ES) č. 1662/2006 ze dne 6. listopadu 2006, kterým se mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES), č. 853/2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu, musí syrové mléko pocházet od zvířat:

- která nevykazují žádný příznak nakažlivé choroby přenosné mlékem a mlezivem na člověka;
- která jsou celkově v dobrém zdravotním stavu, nevykazují známky nákazy, která by mohla mít za následek kontaminaci mléka a mleziva, a zejména netrpí žádnou infekcí pohlavního ústrojí doprovázenou výtokem, ani enteritidou s průjmem, doprovázenou horečkou, nebo viditelným zánětem vemene;
- která nevykazují žádné zranění vemene, jež by mohlo mít vliv na mléko a mlezivo;

- kterým nebyly podány nepovolené látky či přípravky a která nebyla protiprávně ošetřena ve smyslu směrnice 96/23/ES; L 320/4 CS Úřední věstník Evropské unie 18.11.2006
- u nichž byla v případě podání povolených přípravků či látek dodržena ochranná lhůta stanovená pro tyto přípravky a látky.

Provozovatelé potravinářských podniků musí zavést postupy s cílem zajistit, aby syrové kravské mléko splňovalo následující kritéria:

- obsah mikroorganismů při teplotě 30 °C nižší nebo roven 100 000 na ml. (*)
- obsah somatických buněk nižší nebo roven 400 000 na ml. (**)

(*) Klouzavý geometrický průměr za dvouměsíční období, alespoň dva vzorky za měsíc.

(**) Klouzavý geometrický průměr za tříměsíční období, alespoň jeden vzorek za měsíc, pokud příslušný orgán neurčí jinou metodiku s cílem zohlednit sezónní variace v úrovni výroby.

Pro syrové mléko jiných druhů platí tyto kritéria:

- obsah mikroorganismů při 30 °C musí být nižší nebo roven hodnotě 1 500 000 na ml. (*)

(*) Klouzavý geometrický průměr za dvouměsíční období, alespoň dva vzorky za měsíc.

Pokud je však syrové mléko od jiných druhů než od krav určeno na produkci výrobků ze syrového mléka postupem, který nezahrnuje tepelnou úpravu, musí provozovatelé potravinářských podniků učinit opatření, jimiž zajistí, aby použité syrové mléko splňovalo následující kritérium:

- obsah mikroorganismů při teplotě 30 °C musí být nižší nebo roven 500 000 na ml. (*)

(*) Klouzavý geometrický průměr za dvouměsíční období, alespoň dva vzorky za měsíc.

Aniž je dotčena směrnice 96/23/ES, musí provozovatelé potravinářských podniků zavést postupy, jimiž zajistí, že syrové mléko nebude uvedeno na trh, pokud:

- obsahuje rezidua antibiotik v množství, které pro jakoukoli z látek uvedených v přílohách I a III nařízení (EHS) č. 2377/90 překračuje hodnoty povolené uvedeným nařízením nebo
- celkový obsah reziduí všech antibiotik překračuje jakoukoli z maximálních povolených hodnot.

Pokud syrové mléko nesplňuje stanovené požadavky, musí provozovatel potravinářského podniku informovat příslušný orgán a přijmout opatření k nápravě.

3.4.2 Požadavky na prostory a vybavení

Podle Nařízení Komise (ES) č. 1662/2006, jsou požadavky na prostory a vybavení zemědělských podniků vyrábějících mléko následující:

- zařízení k dojení a prostory pro skladování a chlazení mléka a mleziva a pro manipulaci s nimi musí být umístěny a konstruovány tak, aby se omezilo riziko kontaminace mléka a mleziva.
- prostory pro skladování mléka a mleziva musí být chráněny proti škůdcům, musí být dostatečně odděleny od prostor, kde jsou zvířata ustájena, a pokud je to nezbytné pro splnění požadavků stanovených v části B (hygiena během dojení, sběru a přepravy), musí mít vhodné chladičí zařízení.
- povrch zařízení, které má přijít do styku s mlékem a mlezivem (nástroje, nádoby, cisterny atd. určené k dojení, sběru nebo k přepravě), musí být snadno čistitelný a případně dezinfikovatelný a musí být udržován v řádném stavu. To vyžaduje použití hladkých, omyvatelných a netoxických materiálů.
- po použití musí být takové povrchy vyčištěny a případně vydezinfikovány. Nádoby a cisterny použité při přepravě mléka a mleziva musí být před dalším použitím vhodným způsobem vyčištěny a vydezinfikovány, a to po každé přepravě nebo sérii přeprav, jestliže mezi vykládkou a následnou nakládkou uplynula velmi krátká doba, v každém případě však minimálně jedenkrát za den.

3.4.3 Požadavky na tepelné ošetření

Podle Nařízení Komise (ES) č. 1662/2006 ze dne 6. listopadu 2006, kterým se mění Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES), č. 853/2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu, existují dva způsoby tepelného ošetření mléka.

Prvním ze způsobů tepelného ošetření je pasterizace. Pasterizace dosahujeme ošetřením:

- vysokou teplotou po krátkou dobu (nejméně 72 °C po dobu 15 sekund)
- nízkou teplotou po dlouhou dobu (nejméně 63 °C po dobu 30 minut), nebo
- jakoukoli jinou kombinací času a teploty vedoucí k rovnocennému účinku

tak, aby výrobky bezprostředně po tomto ošetření vykazovaly negativní reakci při testu na alkalickou fosfatázu v případech, kdy je test použitelný.

Druhým způsobem je ošetření velmi vysokou teplotou (UHT). UHT záhřevu dosahujeme ošetřením:

- zahrnujícím souvislý přítok 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 aseptické uzavřené nádoby při pokojové teplotě, a
- dostačujícím k tomu, aby výrobky zůstaly mikrobiologicky stabilní po patnáctidenní inkubaci při 30 °C v uzavřených nádobách nebo po sedmidenní inkubaci při 55 °C v uzavřených nádobách nebo po jakékoliv jiné metodě prokazující, že bylo použito vhodné tepelné ošetření.

Při zvažování, zda je nutné podrobit syrové mléko a mlezivo tepelnému ošetření, musí provozovatelé potravinářských podniků zohlednit postupy vyvinuté v souladu se zásadami HACCP podle nařízení (ES) č. 852/2004 a splnit požadavky, které může příslušný orgán v tomto ohledu stanovit při schvalování zařízení nebo provádění kontrol podle nařízení (ES) č. 854/2004.

3.4.4 Definice způsobů tepelného ošetření mléka a mléčných výrobků dle legislativy

Tepelné ošetření – technologický proces, podle zvláštního právního předpisu, při kterém se použitím rozdílných kombinací teploty a doby působení tepelného záhřevu, jež vykazují rovnocenný účinek, omezuje počet nežádoucích mikroorganismů a zajišťuje zdravotní nezávadnost a prodloužení trvanlivosti mléka a konečného mléčného výrobku.

Termizace – tepelné ošetření mléka odpovídající účinku při zahřátí na teplotu 57 °C až 68 °C po dobu nejméně 15 sekund, a mléčných výrobků po ukončení kysacího procesu a před balením k potlačení nebo zastavení aktivity přítomné mléčné mikroflóry až do teploty 80 °C.

Pasterace – tepelné ošetření mléka a mléčných výrobků zahřátím mléka na teplotu nejméně 71,7 °C po dobu nejméně 15 sekund nebo jinou kombinací času a teploty za účelem dosažení rovnocenného účinku.

Vysoká pasterace – tepelné ošetření mléka a mléčných výrobků zahřátím mléka na teplotu nejméně 85 °C s negativním výsledkem peroxidázového a fosfatázového testu.

Vysokotepelné ošetření (UHT) – tepelné ošetření mléka a mléčných výrobků krátkodobým zahřátím nepřerušovaného proudu mléka na vysokou teplotu, odpovídající účinku zahřátí na teplotu nejméně 135 °C po dobu nejméně 1 sekundy, s následným aseptickým balením do neprůsvitných obalů tak, aby chemické, fyzikální a smyslové změny byly sníženy na minimum.

Sterilizace mléka a mléčných výrobků – tepelné ošetření mléka a mléčných výrobků jejich nepřímým ohřevem v hermeticky uzavřených obalech na teplotu nad 100 °C po dobu zajišťující splnění požadavku na mikrobiologickou nezávadnost podle zvláštního právního předpisu bez porušení uzávěru (VYHLÁŠKA 77/2003).

3.4.5 Požadavky na přepravu a uskladnění mléka

Mléko se skladuje v chladicích nádržích. Jedná se o zařízení určené pro chlazení a skladování chlazeného čerstvého syrového mléka (ČSN ISO 5708, 1994). Nejvyšší teplota, při které se může pasterované mléko skladovat až do opuštění zpracovatelského podniku a během přepravy, nesmí přesáhnout 6 °C. Skladovací teplota se musí průběžně zaznamenávat.

Nádoby, které jsou používány k přepravě mléka, by měly vyhovovat veškerým hygienickým požadavkům, zejména těmto:

- všechny povrchy přicházející do styku s mlékem, by měly být vyrobeny z hladkého materiálu, který se snadno myje, čistí, dezinfikuje, odolává korozi a neuvolňuje do mléka jiné látky v množství, které by ohrožovalo zdraví lidí, měnilo složení nebo mělo škodlivý vliv na jeho senzorické vlastnosti.
- umožňují úplný odtok mléka a pokud jsou opatřeny výpustnými kohouty, měly by být tyto kohouty snadno rozebíratelné a dezinfikovatelné.
- měly by být umyty, vyčištěny a dezinfikovány bezprostředně po každém použití, po rychle po sobě následujících svozech nebo před každým dalším použitím. Vždy by měla být nádoba čištěna minimálně jednou za pracovní den.
- před přepravou i během přepravy by měla být nádoba hermeticky uzavřena pomocí vodotěsného uzávěru.

Vozidla používaná k přepravě konzumního mléka, které je tepelně ošetřené a přepravuje se v malých nádobách nebo konvích, by měla být v dobrém stavu a měla by být určena pouze k tomuto účelu. Jejich vnitřní povrchy by měly být hladké a snadno omyvatelné, čistitelné a dezinfikovatelné. Během přepravy by teplota mléka v cisternách i teplota mléka baleného do malých nádob a konví neměla přesáhnout 6 °C. Se souhlasem veterinární správy dozoru lze v určitých případech pasterované mléko přepravovat při teplotě do 8 °C (ČSN 56 9601, 2006).

3.5 Fyzikální vlastnosti mléka

Mléko je koloidní disperze obsahující tukové kuličky, kaseinové micely a syrovátkové bílkoviny ve vodném roztoku laktózy a dalších látek. Jeho fyzikální, ale i chemické vlastnosti jsou závislé na složení mléka a jeho strukturálních faktorech. Dále tyto vlastnosti ovlivňují také vnější faktory, jako je teplota a ošetření po nadojení. Měření fyzikálně – chemických vlastností se využívá k posouzení kvality mléka (MCCARTHY a SINGH, 2009).

3.5.1 Kyselost mléka

U mléka rozlišujeme dva druhy kyselosti – aktivní kyselost a titrační kyselost. Měření pH – aktivní kyselosti – využíváme v případech, kdy chceme diagnostikovat mastitidu nebo kvůli měření pro zpracování mléka v oborech jako je např. syrařství nebo zpracování fermentovaných výrobků.

Z hlediska technologického u čerstvého mléka je významnější stanovení titrační kyselosti. Mléko vykazuje pufrální schopnost, což znamená, že do určité míry dokáže vyrovnávat pH. Této schopnosti přispívají obsahové složky mléka jako jsou fosfáty, koloidní kalcium-fosfát, citráty, uhličitany, proteiny a soli kyseliny mléčné (NAVRÁTILOVÁ a kol., 2012). Pufrální schopnost je důležitá pro činnost mikroorganismů, které nesnášejí vysokou aktuální kyselost. Bez této schopnosti by většina mikroorganismů odumřela, což by znamenalo znemožnění výroby sýrů nebo fermentovaných mléčných výrobků.

Stanovení pH v čerstvě nadojeném mléce však není dobrým měřítkem hodnocení. Tlumivá schopnost mléka způsobuje, že po přidavku malého množství kyseliny nebo zásady se aktuální kyselost nezmění. To znamená, že množství kyseliny mléčné, které se vytvořilo v prvním stadiu fermentace laktózy, nemusíme zachytit jako změnu pH (GAJDŮŠEK, 2003).

3.5.1.1 Aktivní kyselost

pH syrového kravského mléka při teplotě 25 °C se pohybuje v rozmezí 6,5 – 6,7. Se zvyšující se teplotou vzrůstá hodnota pH. Hodnota pH se mění v průběhu laktace nebo při mastitidním onemocnění, kdy je hodnota pH vyšší.

Nejnižší hodnota pH bývá na začátku laktace, do 3. měsíce hodnota vzrůstá až do průměrných hodnot 6,71 a do 6. měsíce laktace se nemění. V 7. měsíci dochází

k mírnému poklesu, v 8. měsíci pH mírně vzrůstá a ke konci laktace dochází opět k poklesu (pH 6,66). Na začátku laktace, kdy je produkováno mlezivo, vykazuje pH hodnoty < 6 (NAVRÁTILOVÁ a kol., 2012).

3.5.1.2 Titrační kyselost

Princip měření titrační kyselosti je založen na přidavku hydroxidu sodného přesné koncentrace do určitého objemu mléka. Postupně se báze přidává tak dlouho, dokud se nedosáhne neutralizace, kterou zjistíme díky přidavku indikátoru fenolftaleinu. Ten mění zbarvení mléka na odstín růžové při dosáhnutí pH 8,4 (FABRO a kol., 2006).

Dříve se titrační kyselost uváděla v Soxhlet-Henkelových stupních ($^{\circ}\text{SH}$), podle soustavy SI by se měla uvádět v jednotkách mmol.l^{-1} , ale u nás se uvádí v $2,5 \text{ mmol.l}^{-1}$. To znamená, že je titrační kyselost dána počtem mililitrů roztoku hydroxidu sodného o koncentraci $0,25 \text{ mol.l}^{-1}$ spotřebovaného na titraci 100 ml mléka (GAJDŮŠEK, 2003).

3.5.2 Osmotický tlak

Osmotický tlak ovlivňuje přítomnost laktózy a solí, zejména chloridů, v mléce. Svou hodnotou se osmotický tlak mléka přibližuje hodnotě osmotického tlaku krve. Průměrná hodnota osmotického tlaku v kravském mléce s běžným obsahem složek je $0,645 \text{ MPa}$ (NAVRÁTILOVÁ a kol., 2012).

3.5.3 Viskozita mléka

Dynamická viskozita (η) je parametr, který se vztahuje k vnitřnímu tření kapaliny. Hodnota viskozity u mléka nabývá dvakrát vyšších hodnot než u vody. Je to z důvodu obsahu tuku v mléce. Viskozita v mléce je ovlivněna obsahem a koncentrací zejména tuku a bílkovin. Dále má na viskozitu vliv také teplota, pH a stáří mléka.

Ve většině případech se mléko chová jako newtonská kapalina. To znamená, že smykové napětí je úměrné smykové rychlosti (PARK, 2007). Měření změn viskozity se používá při měření koagulace mléka (LUCEY, 2002).

Při srovnání kravského, kozího a ovčího mléka, nejvyšší hodnoty viskozity vykazuje právě mléko ovčí (MAHMOOD a USMAN, 2010).

3.5.4 Měrná hmotnost

V České Republice se měrná hmotnost syrového směsného mléka pohybuje v rozpětí 1,028 až 1,032 g·cm⁻³. Tato hodnota se odvíjí od obsahu bílkovin, laktosy, tuku a minerálních látek v mléce. Vyšší obsah tuku výslednou hmotnost snižuje, naopak bílkoviny, laktosa a minerální látky hmotnost zvyšují. Odstředěné mléko má měrnou hmotnost převyšující hodnotu 1,032 g·cm⁻³. U mléka porušeného vodou klesá měrná hmotnost pod hodnotu 1,028 g·cm⁻³. Každých 10 % přidané vody snižuje měrnou hmotnost o 0,003 g·cm⁻³.

Změny měrné hmotnosti může způsobit i řada dalších faktorů, mezi které řadíme zhoršený zdravotní stav dojnice, metabolické poruchy, stadium laktace a podobně. Z tohoto důvodu je nutné posuzovat mléko od jedné dojnice (GAJDŮŠEK, 2003).

3.5.5 Elektrická vodivost mléka

V elektrickém poli má mléko vlastnost slabého elektrolytu a to především díky rozpuštěným a disociovaným solím, zejména NaCl, KCl a dalšími elektrolyty. Mezi kationty můžeme zařadit například vápník, hořčík nebo železo, z aniontů sem kromě chloridů patří také fosfáty, citráty a bikarbonáty. Definice elektrické vodivosti je, že se jedná o opačnou hodnotu odporu, na který narazí elektrický proud při průchodu roztokem.

Hodnota měrné vodivosti je výsledkem vzájemného působení široké škály faktorů. Největší vliv má však chemické složení mléka. Bylo zjištěno, že měrná vodivost závisí na obsahu a zastoupení mléčných bílkovin. Mléka dojnic s vyšším obsahem bílkovin, ale stejné koncentraci solí, vykazují nižší elektrickou vodivost než mléka s vyšším obsahem bílkovin.

Také zdravotní stav významně ovlivňuje měrnou vodivost mléka. Největší odchylky byly zjištěny při mastitidních onemocněních. Tyto změny souvisejí s nerovnováhou mezi množstvím rozpuštěných solí a laktózy v mléce. K dalším faktorům ovlivňujícím měrnou vodivost řadíme krmivo, fyziologický stav zvířete, období laktace a plemennou příslušnost. V praxi se měření elektrické vodivosti nejvíce využívá pro posouzení a diagnostice mastitid (NAVRÁTILOVÁ a kol., 2012).

3.5.6 Bod mrznutí mléka (BMM)

Bod mrznutí je důležitým fyzikálním ukazatelem kvality mléka a to především díky skutečnosti, že se mění v závislosti na množství přidané vody. Téhle vlastnosti se využívá především při testování porušování mléka vodou (SAMKOVÁ a kol., 2012).

Bod mrznutí úzce souvisí s osmotickým tlakem, který je stejný jako u krve. Tato deprese bodu mrznutí mléka je z 50 % udržována obsahem laktózy a zhruba ze 30 % rozpuštěnými solemi (chloridy, fosfáty, citráty) (GAJDŮŠEK, 2003).

Legislativně byl bod mrznutí mléka poprvé ošetřen v roce 1985 ve směrnici EU č. 397. Limitní hodnota byla stanovena na $-0,520$ °C. Nová směrnice EU č. 46 z roku 1992 však nepředepisuje pro syrové mléko žádnou hraniční hodnotu, ale říká: „Syrové mléko musí být pravidelně vyšetřováno a nesmí obsahovat žádnou cizí vodu“. Hodnota $-0,520$ °C byla tedy zavedena pro pasterizované mléko.

Bod mrznutí mléka může ovlivňovat mnoho faktorů:

- přidání vody do mléka, ať už úmyslné nebo ne,
- vyšší užitkovost dojnic,
- plemenná příslušnost dojnic,
- výživa,
- sezónnost a region,
- stádium a pořadí laktace,
- zdravotní stav dojnic,
- způsob dojení,
- metabolické poruchy u dojnic (SAMKOVÁ a kol., 2012).

3.5.7 Povrchové napětí

Povrchové napětí mléka je nižší, než povrchové napětí vody. Příčinou rozdílu je přítomnost povrchově aktivních látek v mléce. Jedná se o bílkoviny a fosfolipidy. Povrchové napětí se mění v závislosti na chemickém složení mléka, jeho teplotě, době uchovávání a na technologii jeho zpracování. Mléko proniká do různých otvorů a trhlin snadněji než voda, takže je důležité používat při sanitaci takové prostředky, které povrchové napětí snižují. S nízkým povrchovým napětím a s přítomností bílkovin v mléce souvisí také pění mléka (NAVRÁTILOVÁ a kol., 2012).

3.6 Reologické vlastnosti

Reologie je věda zabývající se vztahy mezi napětím a deformací látek. Obecná reologie se zabývá fyzikálním a matematickým popisem chování látek jak v průběhu deformování – podmínky dynamické, tak změny stavu po deformaci – podmínky statické. Jsou zde sledovány tři veličiny: napětí, kterému je daný materiál vystaven, konečná velikost deformace a čas (KADLEC a kol., 2013).

Reologie se zabývá vlastnostmi jak pevných, tak kapalných potravin, u kterých textura souvisí s pevnými potravinami a viskozita s tekutými potravinami. Existují tři kategorie měření texturních vlastností pevných potravin: empirické, napodobující a elementární měření (PARK, 2007). Elementární testy jsou založeny na známých konceptech a fyzikálních vztazích. Empirické metody jsou vhodné v případech, kdy je složení měřené látky příliš různorodé nebo geometrie příliš složitá na to, aby mohly být využity znalosti o základních silách a deformacích (SEVERA, 2008).

V potravinářství mají reologické znalosti využití zejména v těchto oblastech:

- procesní inženýrství – výpočty potřebné pro funkčnost zařízení, jako jsou například potrubí, čerpadla, extrudéry, mixéry, tepelné výměníky, zařízení pro homogenizaci a viskozimetry
- určení funkčnosti složky při vývoji nových výrobků
- průběžná nebo finální kontrola kvality výrobků
- testování skladovatelnosti
- vliv textury potraviny na sensorické vnímání
- analýza reologických stavových rovnic nebo konstitutivních rovnic (WALTERS a kol., 1989).

Reologické vlastnosti může ovlivňovat řada faktorů: teplota, smyková rychlost, podmínky při měření, čas, tlak, složení vzorku a další (DEBOWALE, 2011).

Reologie nachází široké uplatnění při zkoumání kvality, zpracování a manipulaci s potravinami. Potraviny však představují reologicky velmi složité materiály, nezdá se totiž skládají ze směsi pevných a tekutých složek (SEVERA, 2008).

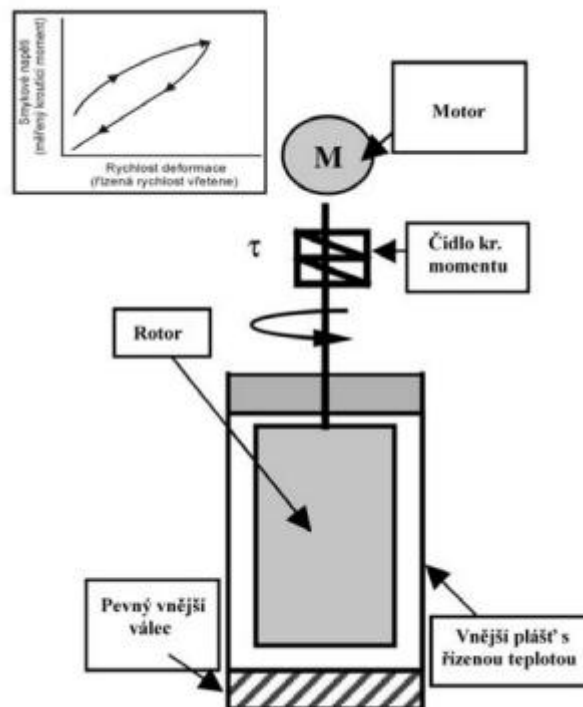
3.6.1 Reologie kapalin

Veličiny, jako je například viskozita nebo parametry reologických modelů, lze změřit pouze pomocí přístrojů, které využívají tzv. viskometrické toky. Jedná se o geometrické měření proudění kapalin, které umožňují stanovit smykové napětí (τ) a deformační (smyková) rychlost D [s^{-1}]. Stanovením obou proměnných ve vztahu:

$$\tau = \eta \cdot D,$$

kde η je koeficient dynamické viskozity, můžeme vynést jednotlivé body tokové křivky a stanovit charakter dané kapaliny a parametry odpovídajícího reologického modelu. Přístroje určené pro tohle měření se nazývají reometry a podle uspořádání je můžeme rozdělit na rotační, kapilární a tělískové.

V dnešní době většina moderních rotačních přístrojů umožňuje tzv. oscilační režim měření. Jedná se o to, že pohyblivá část přístroje vykonává oscilační pohyb s řízenou amplitudou a frekvencí oscilací. Následně přístroj vyhodnocuje odpovídající odezvu materiálu a časový posun vůči budící deformaci. Z těchto údajů přístroj vypočítá elastickou a viskózní část modulu pružnosti, reálnou a imaginární složku komplexní viskozity. Tyto veličiny po vnesení do závislosti charakterizují daný materiál (KADLEC a kol., 2013).



Obrázek 1: Schematické znázornění mechanismu měření rotačním viskozimetrem (SEVERA, 2008)

Kapaliny, pro které platí lineární závislost mezi smykovým napětím a smykovou rychlostí, označujeme jako newtonovské. Charakterizujeme je dynamickou viskozitou, která má rozměr $\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1} = \text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ (SEVERA a NEDOMOVÁ, 2011).

Z praktického hlediska byla zavedena také tzv. kinematická viskozita, která je definována výrazem:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}.$$

Rozměrem kinematické viskozity ν je m^2/s . Oba druhy viskozity tekutin se určují pomocí viskozimetrů (JANALÍK, 2010).

Znalost viskozity tekutin je pro potravinářství významná, protože nám mimo jiné pomáhá popsat charakter proudění tekutin, a to pomocí tzv. Reynoldsova čísla (Re), které je definováno vztahem:

$$Re = \frac{v\rho R}{\eta},$$

kde v znamená rychlost proudění, R je rozměr potrubí a ρ je hustota tekutiny.

Z výsledků měření pomocí viskozimetru získáme závislosti smykového napětí na rychlosti deformace. Proložení těchto závislostí získáme tokovou křivku. Obecně rozeznáváme více druhů těchto křivek, například: Ostwald – de Waele model neboli mocninový zákon, Herschel – Bulkley, Casson, Heinz – Casson, Vocadlo, Carreau nebo Power – Eyring.

Nejčastěji používanou rovnicí toku je formulace Ostwalda a de Waelea:

$$\tau = K\dot{\gamma}^n,$$

kde n značí index toku a K koeficient konzistence. Pro zdánlivou viskozitu potom platí výraz:

$$\mu_a = K\dot{\gamma}^{(n-1)}.$$

Pokud $n = 1$, tak tento model popisuje model chování newtonské tekutiny (SEVERA a NEDOMOVÁ, 2011).

3.6.2 Newtonské kapaliny

Viskozita newtonských kapalin nezávisí na rychlosti deformace. To znamená, že při různých rychlostech zatěžování je viskozita stejná. Na viskozitu má vliv pouze teplota kapaliny. Rozdíl 1 °C může vyvolat změnu viskozity až o 10 % (SEVERA, 2008).

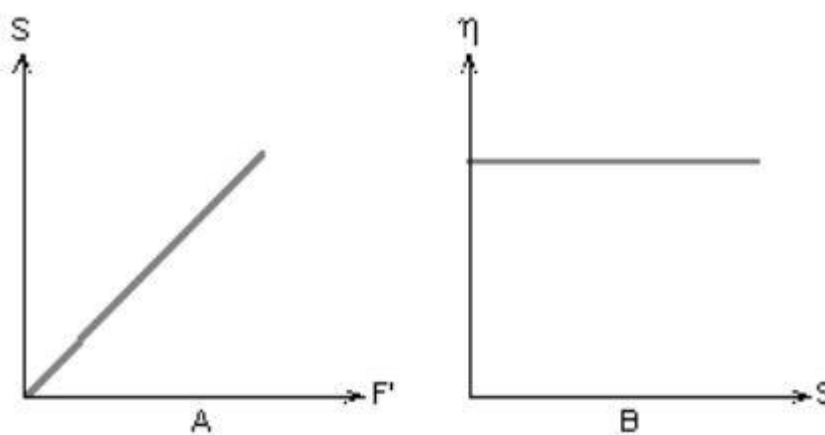
Newtonské kapaliny jsou takové, pro které platí lineární závislost mezi smykovým napětím a rychlostí deformace. Pro takové látky je materiálovou charakteristikou dynamická viskozita (η) (SEVERA a NEDOMOVÁ, 2011).

Pro případ ideálního viskózního materiálu platí pro tečné napětí Newtonův zákon:

$$\tau = \eta \cdot \frac{du}{dx} = \eta \cdot D,$$

kde součinitel η značí dynamickou viskozitu, která charakterizuje vnitřní tření newtonské kapaliny, du je vzájemná rychlost pohybu vzdálených rovin o dx a D je gradient rychlosti, který charakterizuje tvarové změny v proudící kapalině (PIRKL, 2011).

Newtonské kapaliny mají tu vlastnost, že při určité teplotě viskozita zůstává konstantní bez ohledu na typ viskozimetru, velikost vřetena nebo jeho rychlosti při měření (DEBOWALE, 2011).



Obrázek 2: Grafické znázornění Newtonských kapalin (A – smykové napětí/ smyková rychlost; B – viskozita/smyková rychlost) (DEBOWALE, 2011)

3.6.3 Ne-newtonovské kapaliny

Nenewtonovské tekutiny jsou většinou emulze – směsi pevných látek s kapalinami. Přesto se jedná o látky, které tečou. Nenewtonovské tekutiny se považují za tekutiny s proměnlivou viskozitou. Abychom je mohli popsat, vycházíme z grafické závislosti mezi tečným napětím a gradientem smykové rychlosti (GRODA a VÍTĚZ, 2009). Pro takové tekutiny platí analogicky s Newtonovým zákonem rovnice:

$$\tau = \eta \cdot D,$$

kde η je zdánlivá viskozita, která ale není látkovou konstantou, nýbrž závisí na rychlosti deformace a tečném napětí.

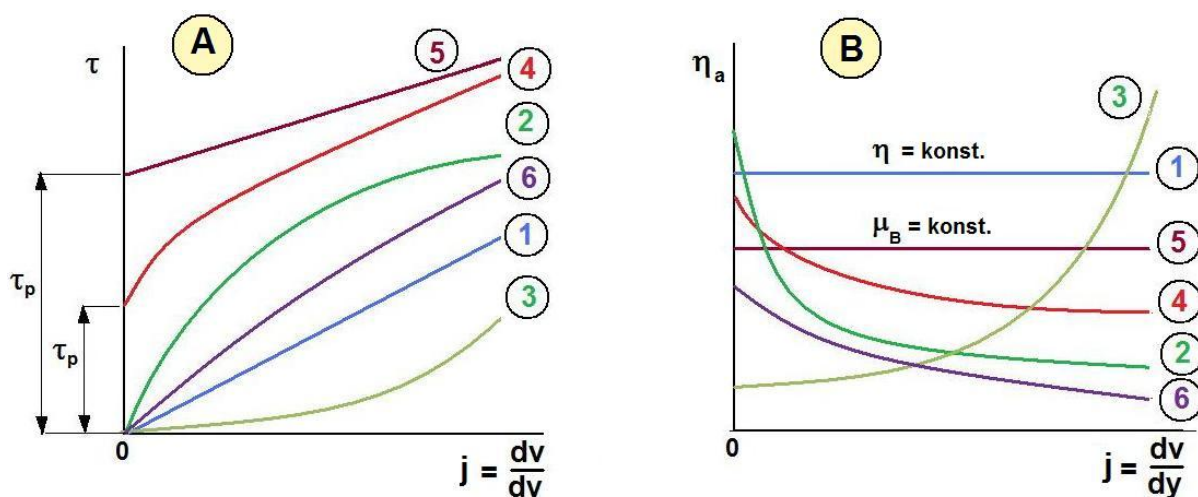
Základní typy neneutronovských kapalin:

- **Pseudoplastické kapaliny** – jejich zdánlivá viskozita se s rostoucím gradientem rychlosti snižuje. Podle průběhu tokové křivky je můžeme rozdělit na dvě podskupiny: pravé pseudoplastické tekutiny strukturně viskozitní kapaliny (PIRKL, 2011). Příkladem takových kapalin může být jablečné nebo banánové pyré nebo pomerančový džus z koncentrátu (STEFFE, 1996).
- **Dilatantní kapaliny** – tyto kapaliny při malých napětích připomínají kapaliny newtonské, gradient rychlosti roste úměrně s napětím a zdánlivá viskozita je konstantní. Při větší síle však nastává náhlý vzrůst zdánlivé viskozity a gradient rychlosti zůstává při dalším navyšování prakticky konstantní (JANALÍK, 2010). Mezi dilatantní kapaliny řadíme některé druhy medu nebo 40 % roztok kukuřičného škrobu (STEFFE, 1996).
- **Binghamské kapaliny** – jsou to kapaliny s plastickou složkou deformace, u nichž dochází k toku až po překročení určitého smykového napětí, které nazýváme jako mez toku (PIRKL, 2011). Pokud je smykové napětí menší než je mez toku dané kapaliny, je smyková rychlost nulová a tekutina se chová jako pevné těleso. Při překročení tohoto prahu se binghamská tekutina chová jako newtonská tekutina (GRODA a VÍTĚZ, 2009). Patří sem například zubní nebo rajčatová pasta (STEFFE, 1996).

Tyto tři typy neneutronovských kapalin se vyznačují tím, že jejich reologické vlastnosti jsou časově nezávislé. Další skupinou jsou tekutiny s časově závislými reologickými vlastnostmi, kam řadíme dva druhy kapalin:

- **Tixotropní kapaliny** – u těchto látek zdánlivá viskozita klesá s prodlužující se dobou působení napětí. Tento typ chování je výhodný např. pro nátěrové hmoty. Znalost tixotropního chování látek je důležitá např. pro stanovení spouštěcího příkonu míchadel.
- **Reopektické kapaliny** – jejich zdánlivá viskozita během smykového namáhání roste s časem. Setkáváme se s nimi jen zřídka.

(HOLUBOVÁ, 2014). Jako reopektická kapaliny se chová například sádra smíšená s vodou. Pokud je v klidu, zůstává dlouho vláčná. Pokud se však s touto směsí pohybuje, tečné napětí roste a sádra rychleji tuhne (GRODA a VÍTEŽ, 2009).



Obrázek 3: Reogramy a zdánlivá viskozita vybraných ne-newtonských kapalin. A – reogram; B – zdánlivá viskozita. 1. newtonská kapalina; 2. pseudoplastická kapalina; 3. dilatantní kapalina; 4. skutečná plastická kapalina; 5. Binghamova – ideálně plastická kapalina; 6. Eyringův model (JANALÍK, 2010)

3.6.4 Reologické vlastnosti mléka

Mléko je pravděpodobně jednou z nejvíce zpracovávaných potravin ve světě. Široká škála produktů, které se z něj vyrábí, prochází během zpracování mnoha technologickými procesy jako jsou čerpání, tepelné zpracování nebo chlazení (ALCANTARA a kol., 2012).

Mléko je často dopravováno potrubím, v konvích nebo tancích a proto je důležité znát jeho fyzikální vlastnosti, a to především vlastnosti tokové. Mezi tyto parametry jsou mimo jiné řazeny i hustota, dynamická a kinematická viskozita. Informace o těchto vlastnostech můžou pomáhat k zefektivnění transportu mléka (KUMBÁR a NEDOMOVÁ, 2013).

V mléce je viskozita ovlivněna koncentrací tuků, bílkovin, teplotou, pH a stářím mléka. Průměrná viskozita pro kozí mléko byla stanovena na 2,12 mPA·s, pro ovčí 2,48 mPA·s a pro kravské 1,7 mPA·s.

Ohřev mléka snižuje dynamickou viskozitu, zároveň však mléko začíná koagulovat. Kozí a ovčí mléko má stejné proteiny, ale liší se jejich proporce, což způsobuje různé variace reologického měření.

Struktura kaseinové micely je stejná u všech tří druhů mlék, ale liší se ve složení a velikosti. Ovčí mléko má kaseiny bohatší na vápník než kravské mléko a je také citlivější na působení syřidel z důvodu vyššího poměru β/α_s kaseinu.

Reologické vlastnosti jsou důležité ukazatele pro kontrolu kvality v oblasti zpracování mléka a mléčných výrobků a ve vědeckém výzkumu (PARK, 2007).

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Vzorky a jejich odběr

Vzorky všech druhů mlék byly získány na konci října. Po odebrání vzorku bylo vždy mléko ochlazené na teplotu 6 °C.

Pro účely zpracování diplomové práce byly použity vzorky:

1. Kravské směsné mléko plemene holštýnský skot určené pro prodej v mléčném automatu
2. Kozí směsné mléko pocházející od plemene hnědá krátkosrstá koza
3. Ovčí směsné mléko ovce východofrišké.

4.1.1 Holštýnský skot

Holštýnský skot je nejrozšířenějším plemenem na světě. Byl speciálně vyšlechtěn na mléčnou produkci, ve které nemá mezi ostatními plemeny konkurenci.

Plemeno se vyznačuje velkým tělesným rámcem krav s vyvinutým středotrupím, které zajišťuje předpoklad konzumace velkého množství krmiva. Krávy dosahují výšky 147 cm v kohoutku a živé hmotnosti 680 kg.

Množství mléka za laktaci se pohybuje na úrovni 25 – 30 tisíc kg. Nejvyšší denní produkce mléka se na vrcholu laktace pohybuje u prvotelek 30 – 50 kg, u krav na dalších laktacích tato hodnota dosahuje 80 a více kg (BOUŠKA a kol., 2006).

4.1.2 Koza hnědá krátkosrstá

Kozy tohoto plemene patří k českým domácím plemenům. Plemeno vzniklo křížením původních hnědých a strakatých koz s kozly harckého plemene. Nejvíce chovů se nachází v pohraničních oblastech.

Hnědá krátkosrstá koza se vyjímá menším tělesným rámcem a hmotností kozy okolo 50 kg, kozel váží až 80 kg. Zbarvení srsti je hnědé s černým pruhem podél hřbetu.

Průměrná doživost je 1050 kg mléka o tučnosti 3,55 % za laktaci (FANTOVÁ a kol., 2000).

4.1.3 Ovce východofríská

Jedná se o polojemnovlnné, rané plemeno, u kterého je dominantní mléčná užitkovost. Bylo vyšlechtěno v Německu.

Ovce má velký tělesný rámec, delší nohy, a u beranů mírně klabonosou hlavu. Obě pohlaví jsou bez výjimky bezrohá. Živá hmotnost bahnic se pohybuje v rozmezí 65 – 75 kg, u beranů je to 85 – 110 kg. Produkce mléka za laktaci je 300 – 400 l (HORÁK a kol., 2004).

4.2 Laboratorní metody

Zde je stručně popsán postup vybraných metod, které byly použity v laboratořích Mendelovy univerzity.

Všechny vzorky pro stanovení analytických vlastností mléka popsáných v bodech 4.2.1. – 4.2.8. byly před začátkem měření vytemperovány ve vodní lázni na teplotu asi 38 °C.

4.2.1 Stanovení sušiny mléka

Stanovení sušiny mléka probíhalo dle ČSN ISO 6731:2010.

Postup: Do vysoušečky se naváží mléko s přesností na 4 desetinná místa a vloží se do sušárny, kde se vzorky mléka vysouší při teplotě 102 ± 2 °C do konstantní váhy.

4.2.2 Stanovení titrační kyselosti

Stanovení titrační kyselosti bylo provedeno metodou podle Soxhleta-Henkela (ČSN 57 0530, 1974).

Titrační kyselost mléka se vyjadřuje jako počet mililitrů roztoku NaOH spotřebovaných při titraci 100 ml mléka za přídavku indikátoru fenolftaleinu. Tato kyselost se dříve vyjadřovala v jednotkách °SH (stupně Soxhlet – Henkelovy), což je při číselném vyjádření stejná hodnota.

Postup: Do titrační baňky se odpipetuje 50 ml mléka a po přídavku 2 ml fenolftaleinu se za stálého míchání titruje do trvalého, slabě růžového zbarvení.

Titrační kyselost (x) se poté vypočítá podle vzorce: $x = 2 \cdot a \cdot f$, kde a je spotřeba roztoku NaOH a f je faktor NaOH (ŠUSTOVÁ, 2005).

4.2.3 Stanovení aktivní kyselosti

Stanovení proběhlo metodou podle ČSN 0530:1974.

Aktivní kyselost je dána koncentrací vodíkových iontů v mléce. Měříme ji pH metrem a vyjadřuje se v hodnotách pH. Zkalibrovaná elektroda se ponoří do mléka a odečte se hodnota pH.

4.2.4 Acidobutyrometrické stanovení tuku

Stanovení obsahu tuku bylo provedeno dle metody dle Gerbera (ČSN ISO 2446, 2008).

Obsah tuku v mléce je podíl tuku, který se oddělí v butyrometru po rozpuštění fosfolipidického obalu tukových kuliček díky působení kyseliny sírové.

Postup: Do butyrometru se odměří 10 ml kyseliny sírové a mléčnou pipetou se po stěně opatrně přidá 11 ml mléka tak, aby se kapaliny nemísily. Po přidavku 1 ml amylalkoholu se butyrometr uzavře pryžovou zátkou a jeho obsah se protřepe. Tím dosáhneme rozpuštění bílkovin. Po protřepání je butyrometr zátkou dolů vložen do odstředivky, kde se jeho obsah odstředí při 1100 ot/min. Během celého měření nesmí teplota mléka klesnout pod 65 °C. Nakonec se na stupnici butyrometru odečte podíl tuku (ŠUSTOVÁ, 2005).

4.2.5 Stanovení laktózy

Stanovení laktózy proběhlo dle ČSN 57 0530:1974. Obsah mléčného cukru byl stanoven polarimetricky z filtrátu. Vyjadřuje se jako množství monohydrátu laktózy v g na 100 g mléka.

Postup: V odměrném válci se odměří 50 ml mléka a převede se do odměrné baňky na 100 ml. Navážka mléka se zapíše s přesností 0,005 g. Dále se do odměrné baňky přidá 5 ml roztoku ferrokyanidu draselného, obsah se promíchá a poté se přidá ještě 5 ml roztoku síranu zinečnatého a opět promíchá. Odměrnou baňku doplníme vodou o teplotě 20 °C po značku. Obsah se promíchá a zfiltruje přes suchý skládaný filtr do suché baňky. První podíl filtrátu se vylévá, další podíl se již použije pro měření na polarimetru. Čirým filtrátem se naplní polarimetrická trubice o délce 200 mm.

Z odečtených hodnot se vypočítá % monohydrátu laktózy (ŠUSTOVÁ, 2005).

4.2.6 Stanovení bílkovin

Stanovení obsahu celkového dusíku a přepočet na obsah bílkovin byl proveden dle metody dle Kjeldahla (ČSN EN ISO 8968-1, 2001).

Celkový obsah dusíku v mléce je množství dusíku bílkovinné i nebílkovinné povahy, vyjádřené v g/100 g mléka. Stanovení probíhá tak, že se ve vzorku mineralizovaném za varu s kyselinou sírovou převedou na amoniak. Ten se potom vytěsňuje přidávkou louhu a po předestilování se pohltí v kyselině. Titrací zjistíme množství amoniaku, které se může přepočítat na obsah „hrubých bílkovin“ v %.

Postup: Do Kjeldahlovy baňky se odváží asi 10 g mléka s přesností na 0,0002 g. Po přidávku 25 ml koncentrované H₂SO₄ a 5 g katalyzátoru se obsah baňky promíchá. Poté se baňka zahřívá až do chvíle, kdy se spálí organické látky a kapalina v baňce se vyjasní. Po vyjasnění zahříváme ještě asi 1 hodinu. Až se baňka vychladí na pokojovou teplotu, její obsah se mírně zředí a kvantitativně převede do destilačního přístroje pro stanovení amoniaku, kde se přidá ještě 100 ml roztoku NaOH. Konec chladiče je ponořen do titrační baňky s 50 ml kyseliny borité a destiluje se 35 minut od objevení první kapky v chladiči. Poté se konec chladiče vytáhne tak, aby nebyl ponořen do kyseliny a destiluje se ještě asi 5 minut. Konec trubice se opláchne destilovanou vodou do předlohy a poté se titruje roztokem HCl za přidávku indikátoru do zeleného zabarvení. Výpočet se provádí dle vzorce:

$$x = \frac{0,0014100(b-c)}{a},$$

kde a je hmotnost mléka v g,

b počet ml HCl při titraci vzorku

c počet ml HCl při titraci slepého pokusu (ŠUSTOVÁ, 2005).

4.2.7 Konduktometrické stanovení vodivosti

Vodivost byla měřena na Greisingerově konduktometru GLF100 se zabudovaným teplotním čidlem. Odečtené hodnoty jsou vyjádřeny v jednotkách S·m⁻¹.

4.2.8 N–test

Smísením reagens s mlékem se zvýšeným počtem buněčných elementů dochází k tvorbě různě viskózního gelu. N–test je určen pro směsné mléko, u kterého se rozdíly v hodnotách pH zakrývají a proto se jedná pouze o roztok saponátu s vyšší koncentrací účinné látky. N-testem zjišťujeme pouze změny ve viskozitě gelu.

Postup: Na Petriho misce se smísí 2 ml mléka a 2 ml reagens, nakláněním misky se obě složky promísí a posuzujeme konzistenci. Pozitivní reakce se projeví tvorbou vloček, vláken až gelu. Pokud je reakce silně pozitivní, gel se stahuje do středu misky. Dále posuzujeme dle následující tabulky:

Tabulka 2: Vyhodnocení N-testu (ŠUSTOVÁ, 2005)

N - test	Popis reakcí N-testu
0 (negativní)	V šikmo dopadajícím světle se netvoří ulpívající film se zvlněným povrchem. V kolmém pohledu nepozorujeme tvorbu závoje na dně misky. Při krouživých pohybech se směs s nezměněnou konzistencí rozprostírá po obvodu misky.
+ (1)	V šikmo dopadajícím světle, při střídavém naklánění misky pozorujeme na dně ulpívající a opožděně stékající film se zvlněným povrchem. Tento stav má tendenci během 60 s vymizet. V kolmém pohledu nepozorujeme tvorbu závoje na dně misky. Při krouživých pohybech se směs stejnoměrně rozprostírá po obvodu misky.
++ (2)	V šikmo dopadajícím světle pozorujeme při naklánění misky výrazněji odlišitelný, na dně ulpívající a opožděně stékající film se zvlněným povrchem. V kolmém pohledu pozorujeme tvorbu závoje na dně misky. Při krouživých pohybech se směs stejnoměrně rozprostírá po obvodu misky. Uvedené příznaky přetrvávají déle než 1 min. s výraznou tendencí k úbytku intenzity.
+++ (3)	V šikmo dopadajícím světle pozorujeme při naklánění misky velmi výraznou tvorbu na dně ulpívajícího, opožděně stékajícího filmu se zvlněným povrchem. V kolmém pohledu pozorujeme výrazný závoj. Při krouživých pohybech se směs stejnoměrně rozprostírá po obvodu misky. Uvedené příznaky nejeví tendenci ke snížení výraznosti intenzity.
++++ (4)	V šikmo dopadajícím světle pozorujeme při naklánění misky velmi výraznou tvorbu na dně ulpívajícího, opožděně stékajícího filmu se zvlněným povrchem. V kolmém pohledu pozorujeme na dně misky tvorbu velmi výrazného závoje. při krouživých pohybech se silně viskózní směs shlukuje uprostřed misky.

4.3 Použité přístroje

4.3.1 Rotační viskozimetr

Měření tokových a reologických vlastností mléka bylo provedeno na digitálním rotačním viskozimetru řady DV2T, Brookfield. Přístroj má tyto parametry:

- zobrazuje viskozitu, teplotu, smykovou rychlost, smykové napětí, rychlost otáčení, % torze a vřeteno
- 5 palcový barevný dotykový displej
- nové uživatelské rozhraní, podpora více jazyků
- zvýšená bezpečnost – přístup chráněný heslem
- zabudovaná RTD teplotní sonda
- přesnost měření: $\pm 1,0\%$
- opakovatelnost: $\pm 0,2\%$
- měřicí geometrie válec – válec nebo kužel – deska
- modely LV, RV, HA a HB pro různé rozsahy viskozit
- rozhraní USB pro připojení k PC
- PG Flash Software - umožňuje vytvářet opakovatelné vlastní testy na vašem PC (až 25 kroků) a prostřednictvím USB je nahrát do viskozimetru
- volitelný řídicí program RheocalcT (VERKON, 2016).



Obrázek 4: Rotační viskozimetr řady DV2T, Brookfield (VERKON, 2016)

Pro měření viskozity mléka bylo použito standardizované vřeteno s označením 18 dle Brookfielda. Měření probíhalo v místnosti o teplotě 20 °C. Smyková rychlost pro měření závislosti viskozity na teplotě byla 200 1/s a bylo použito teplotní čidlo Pt 1000. Pro měření závislosti smykového napětí a dynamické viskozity na smykové rychlosti bylo použito rozmezí 1 – 264 1/s.

4.3.2 Digitální hustoměr

K měření hustoty byl použit přenosný digitální hustoměr Densito 30 PX od výrobce Mettler Toledo. Obsluha tohoto přístroje je velmi jednoduchá, stačí ponořit testovací hadičku, která nasává vzorek, stisknout tlačítko a naměřenou hodnotu můžeme odečíst během několika sekund přímo z digitálního displeje ve zvolených jednotkách. Výhodou také je, že hustoměr dokáže zároveň změřit i teplotu vzorku.

Měření probíhá tak, že se vzorkovací hadička ponoří do vzorku a po nasátí se automaticky spustí měření. Hustoměr je vybaven pumpou s regulovatelnou rychlostí nasávání a speciálním otvorem pro možný vstřík vzorku externí stříkačkou (pro velmi viskózní vzorky). Kalibrace přístroje se provádí na vzduch nebo na vodu.

Tento přístroj je vybaven pamětí pro 1100 vzorků a to včetně jejich identifikace, teploty, jednotky měření a dalších parametrů. Tyto informace potom dokáže přenést do počítače pomocí infračerveného rozhraní. Hustoměr Densito 30 PX se dodává v kufříku s kompletním vybavením viz Obrázek 5.

Digitální hustoměr má tyto parametry:

- měřicí rozsah hustoty 0 – 2 g·cm⁻³
- měřicí rozsah teploty 0 až +60 °C
- rozlišení: 0,0001 g·cm⁻³
- přesnost: 0,001 g·cm⁻³
- jednotky měření: hustota, specifická hmotnost, API, kyselina sírová, koncentrace, Brix%, alkohol, °Baumé, °Plato
- identifikace vzorku: datum, čas a identifikace přístroje (MERCİ, 2013)



Obrázek 5: Hustoměr Densito 30 PX (MERCİ, 2013)

4.4 Použitý software

Naměřená data byla zpracována a vyhodnocena jak graficky, tak statisticky v následujících počítačových programech:

- Microsoft Excel 2007
- Statistica 12 (pro statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílu mezi jednotlivými druhy mlék byl použit Wilcoxonův párový test)

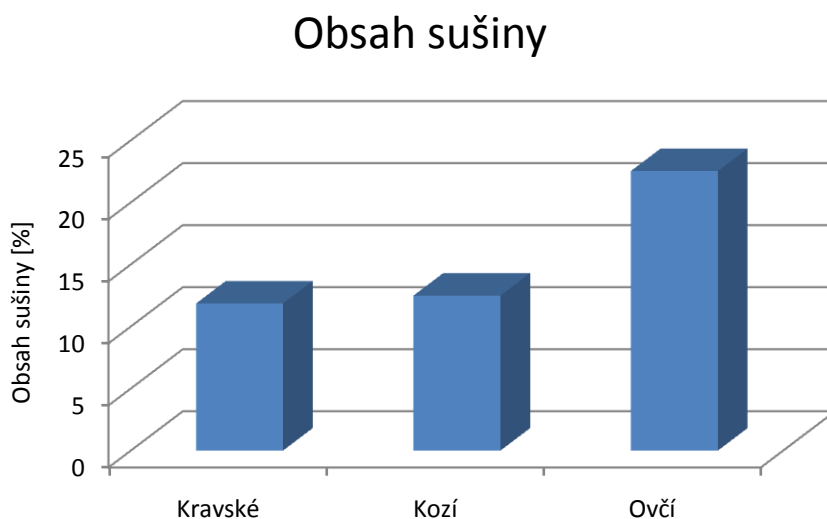
U proložení v jednotlivých grafech byl zjišťován koeficient determinace R^2 .

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Stanovení sušiny mléka

Stanovení sušiny mléka probíhalo metodou popsanou v bodě 4.2.1. Sušina nabývala nejvyšší hodnoty u ovčího mléka a to 22,5 %. U kozího mléka byla sušina stanovena na 12,5 % a nejmenší hodnota byla u kravského mléka, 11,9 %. Grafické porovnání viz Obrázek 6.

Při srovnání s kravským mlékem má ovčí mléko výrazně vyšší obsah sušiny. Dle hodnot naměřených po celém světě byla zjištěna variabilita obsahu sušiny 13,6 – 27,2%. Toto široké rozmezí je způsobeno výrazným kolísáním obsahu tuku a bílkovin. Kozí mléko nabývá zhruba stejných hodnot sušiny jako kravské (GAJDŮŠEK, 2002).



Obrázek 6: Grafické znázornění procentuálního podílu sušiny všech tří druhů mlék

5.2 Stanovení titrační kyselosti

Titrační kyselost čerstvého kravského mléka od zdravých a dobře krmených dojnic se pohybuje kolem 7 °SH (GAJDŮŠEK, 2003). Rozmezí titrační kyselosti u ovčího mléka se pohybuje mezi 8 – 12,5 °SH, což je o něco vyšší než u kravského mléka. Příčinou je vyšší obsah bílkovin. U kozího mléka bývá titrační kyselost nepatrně nižší ve srovnání s kravským mlékem (GAJDŮŠEK, 2002).

Nejvyšší hodnota titrační kyselosti byla podle očekávání naměřena u ovčího mléka, její hodnota byla 9,81 °SH. Dle ČSN 57 0529 je kravské mléko s hodnotami titrační kyselosti v rozmezí 6,2 – 7,8 považováno za normální. Do tohoto rozmezí spadá i měřený vzorek s hodnotou 6,37 °SH. Nejnižší hodnota byla naměřena u kozího mléka, a to 4,17 °SH.

5.3 Stanovení aktivní kyselosti

Průměrná hodnota pH u kravského mléka se uvádí 6,6 (NAVRÁTILOVÁ a kol., 2012). Ovčí mléko vykazuje podobné hodnoty jako kravské, nejčastěji se uvádí rozmezí 6,3 – 6,8. Průměrné pH kozího mléka je mírně vyšší jak u kravského. Uvádí se rozmezí 6,57 – 7,16 (GAJDŮŠEK, 2002).

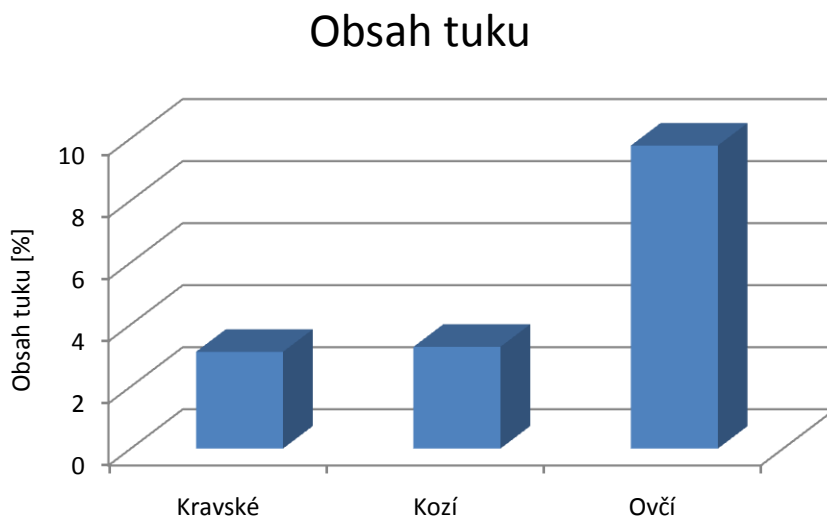
Kravské mléko s hodnotou pH 6,61 a ovčí mléko s hodnotou 6,64 vyšlo dle stanovených průměrů. Pouze u kozího mléka byla naměřena hodnota pH 7,54, což je mírně zvýšená hodnota.

5.4 Stanovení tuku

Mléčný tuk býval dříve kvalitativním ukazatelem mléka. V současné době mu už není přikládán z hlediska výživy člověka takový význam. Množství, složení a vlastnosti tuku jsou ovlivňovány řadou vlivů – řadíme mezi ně výživu (zejména přísun bílkovin a energetických živin), zdravotní stav, plemennou příslušnost, stadium laktace a podobně (GAJDŮŠEK, 2003).

Jak je vidět na Obrázek 7, největší obsah tuku byl stanoven u ovčího mléka s podílem 9,8 %. Kozí mléko obsahovalo 3,28 %, a kravské 3,12 %. FOX (2003) uvádí tyto hodnoty: pro kravské mléko podíl tuku 3,7 %, kozí 4,5 % a ovčí 7,4 %. Při porovnání našich hodnot s hodnotami z této publikace, je zřejmé, že je obsah tuku u

koziho a kravského mléka mírně nižší, ale u ovčího mléka byl obsah tuku vyšší o více než 2 %. Důvodem bude pravděpodobně to, že odběr vzorku proběhl ke konci laktace.



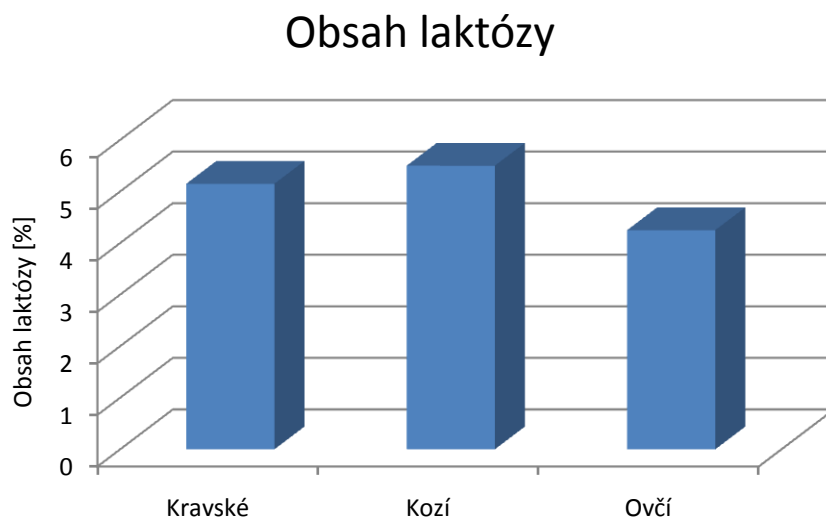
Obrázek 7: Grafické znázornění obsahu tuku

5.5 Stanovení laktózy

Fyziologické rozpětí obsahu laktózy v kravském mléce se pohybuje od 4,55 – 5,30 %, přičemž průměrná hodnota je 4,8 %. Obsah laktózy kolísá se stadiem a pořadím laktace, dojivostí a zdravotním stavem mléčné žlázy. Obsah laktózy nižší než 4,6 % by souvisel s mastitidním onemocněním (GAJDŮŠEK, 2003). Průměrný obsah laktózy u koziho mléka je 4,1 % a u ovčího 4,9 % (PARK a kol., 2007).

Stanovení laktózy probíhalo podle postupu popsáném v kapitole 4.2.5. Výsledky jsou: pro kravské mléko 5,15 %, pro ovčí mléko 4,25 % a pro kozí 5,5 %. Hodnota u ovčího mléka je nižší než průměr, což může být způsobeno koncovou fází laktace.

Grafické srovnání kravského, koziho a ovčího mléka viz Obrázek 8.



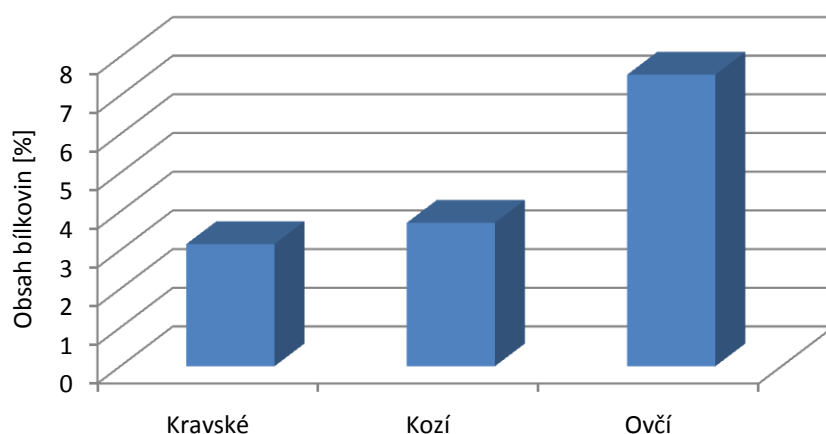
Obrázek 8: Grafické znázornění obsahu laktózy

5.6 Stanovení bílkovin

Obsah bílkovin bývá obvykle nižší během léta, avšak sezónní rozdíly se snižují s všeobecným přechodem na celoroční krmění objemnými konzervovanými krmivly. V průběhu laktace lze pozorovat nejnižší obsah bílkovin na vrcholu laktační křivky. Ke konci laktace se obsah bílkovin zvyšuje. Negativní vliv na obsah bílkovin má zvýšená produkce mléka (GAJDŮŠEK, 2003).

Průměrný obsah bílkovin je u kravského mléka 3,2 %, u kozího 3,4 % a u ovčího 6,2 % (PARK a kol., 2007). Obrázek 9 představuje grafické srovnání obsahu bílkovin u všech tří druhů sledovaných mlék. U kravského mléka bylo naměřeno nejnižší množství 3,16%, kozí mléko bylo na druhém místě s procentuální hodnotou 3,71 % a nejvyšší obsah byl naměřen v ovčím mléce 7,54 %.

Obsah bílkovin



Obrázek 9: Grafické znázornění obsahu bílkovin

5.7 Konduktometrické stanovení vodivosti

Hodnoty měrné vodivosti u kravského mléka se pohybují v rozmezí $0,38 - 0,45 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$. Měrná vodivost kozího mléka je obdobná jako u kravského mléka. Její rozmezí se pohybuje mezi $0,41 - 0,71 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$. U ovčího mléka je měrná vodivost nižší než $0,38 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$. Přídavek vody měrnou vodivost snižuje, s úbytkem laktózy se měrná vodivost zvyšuje (NAVRÁTILOVÁ a kol., 2012).

Hodnoty měrné vodivosti naměřené v laboratořích odpovídaly uvedeným hodnotám. U kravského mléka byla naměřena hodnota $0,399 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$, u kozího mléka $0,493 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$ a u ovčího mléka $0,151 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$.

5.8 N – test

Kravské a ovčí mléko vykazovalo v N-testu stejné hodnoty. U těchto mlék se film netvořil, konzistence se nezměnila a směs se rozprostírala po obvodu misky. U kozího mléka byla zjištěna hodnota 4. Při naklánění misky byla vidět vrstva opožděně stékajícího filmu se zvlněným povrchem. Při kolmém pohledu byla patrná vrstva výrazného závoje. Při krouživých pohybech se směs shlukovala uprostřed misky. Nejvyšší obsah somatických buněk byl tedy zjištěn u kozího mléka.

5.9 Hustota mléka

Hustota kapaliny ρ je definována jako hmotnost kapaliny m vztažená na objemovou jednotku V :

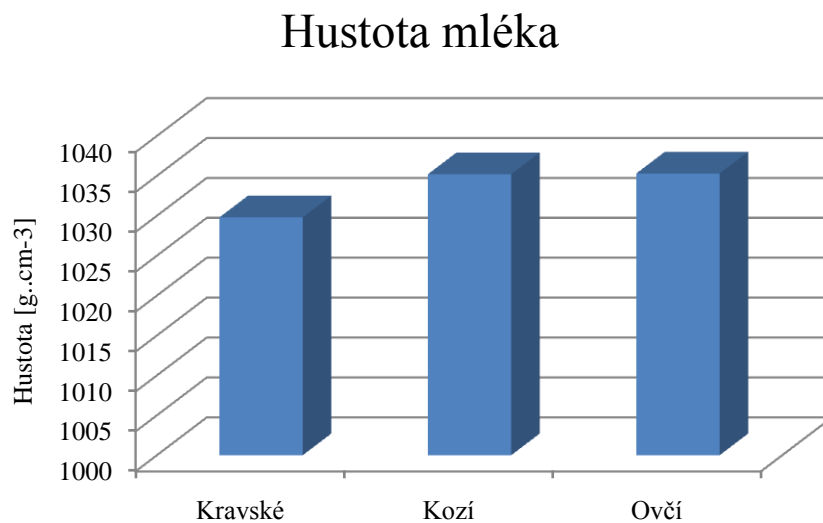
$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (DVOŘÁK, 2010).}$$

Její jednotkou je $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ nebo $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Hustota mléka závisí na jeho složení, teplotě, na bodu tání mléčného tuku a podobně. Hlavní složky mléka, jako jsou bílkoviny, laktóza a minerální látky, hustotu zvyšují. Naopak zvýšený obsah tuku hustotu mléka snižuje (NAVRÁTILOVÁ a kol., 2012).

Ke stanovení hustoty vzorků mlék byl použit hustoměr podrobně popsany v kapitole 4.3.2. Při teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ byly naměřeny tyto hodnoty:

- pro kravské mléko $1029,8\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
- pro kozí mléko $1035,2\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
- pro ovčí mléko $1035,3\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Jejich grafické srovnání viz Obrázek 10.



Obrázek 10: Grafické znázornění hustoty vzorků mléka

Park (2007) uvedl rozmezí hustoty pro kravské mléko $1023,1 - 1039,8\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, pro kozí $1029,0 - 1039,0\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ a pro ovčí $1034,7 - 1038,4\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Všechny tři naměřené hodnoty mezi tyto hranice spadají.

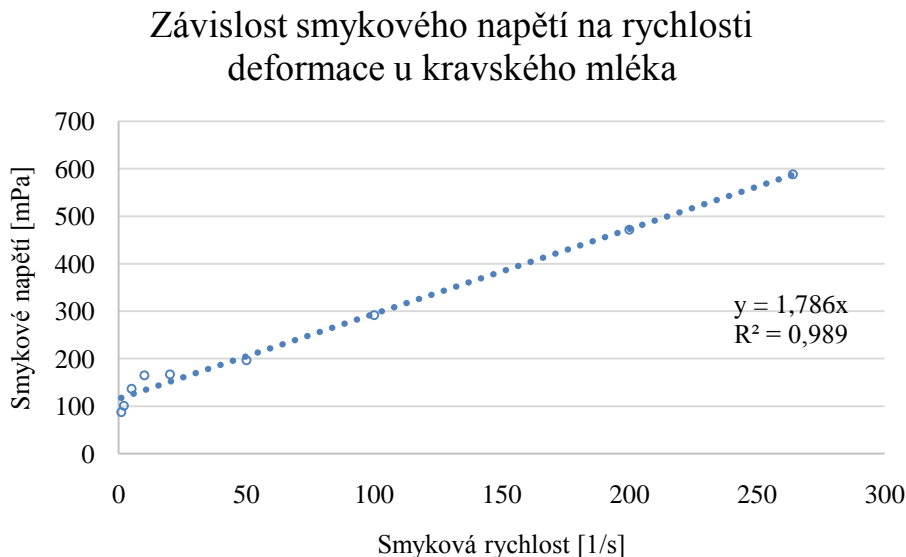
5.10 Tokové vlastnosti mléka

Pro měření tokových vlastností mléka byl připraven vzorek mléka o objemu asi 15 ml.

Měření proběhlo na rotačním viskozimetru řady DV2T, Brookfield, který byl podrobněji popsán v kapitole 4.3.1. Nejprve byl stanoven vliv smykové rychlosti (deformační rychlosti) $\dot{\gamma}$ na smykové napětí τ , což je pro nás nejdůležitější stanovení, protože nám říká, o jaký typ kapaliny se jedná. Dále byl zjišťován vliv smykové rychlosti na viskozitu mléka η a nakonec byl měřen průběh dynamické viskozity mléka při záhřevu.

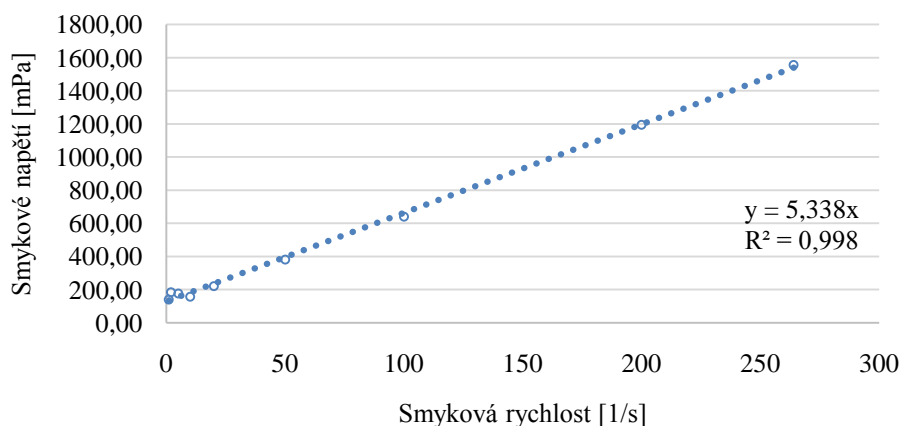
5.10.1 Vliv smykové rychlosti na smykové napětí

Na obrázcích 11 – 14 je graficky znázorněna závislost smykového napětí na smykové rychlosti. Jak je vidět, se stoupající smykovou rychlostí rostlo i smykové napětí.



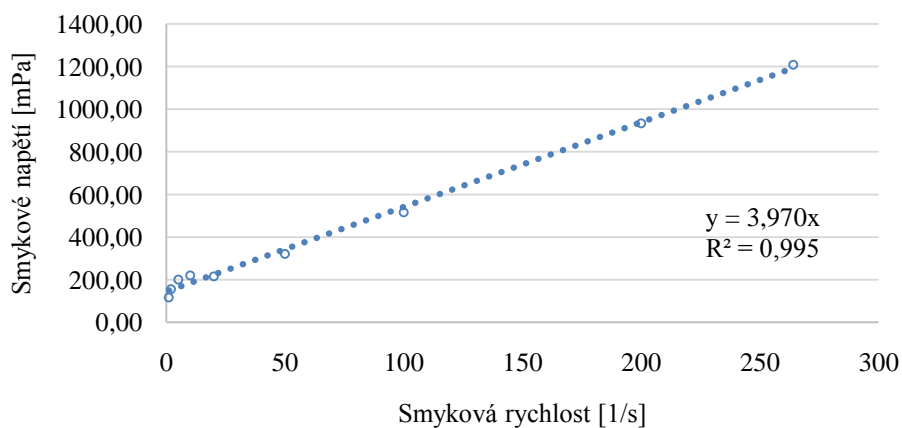
Obrázek 11: Grafické znázornění závislosti smykového napětí na smykové rychlosti u kravského mléka

Závislost smykového napětí na rychlosti deformace u kozího mléka



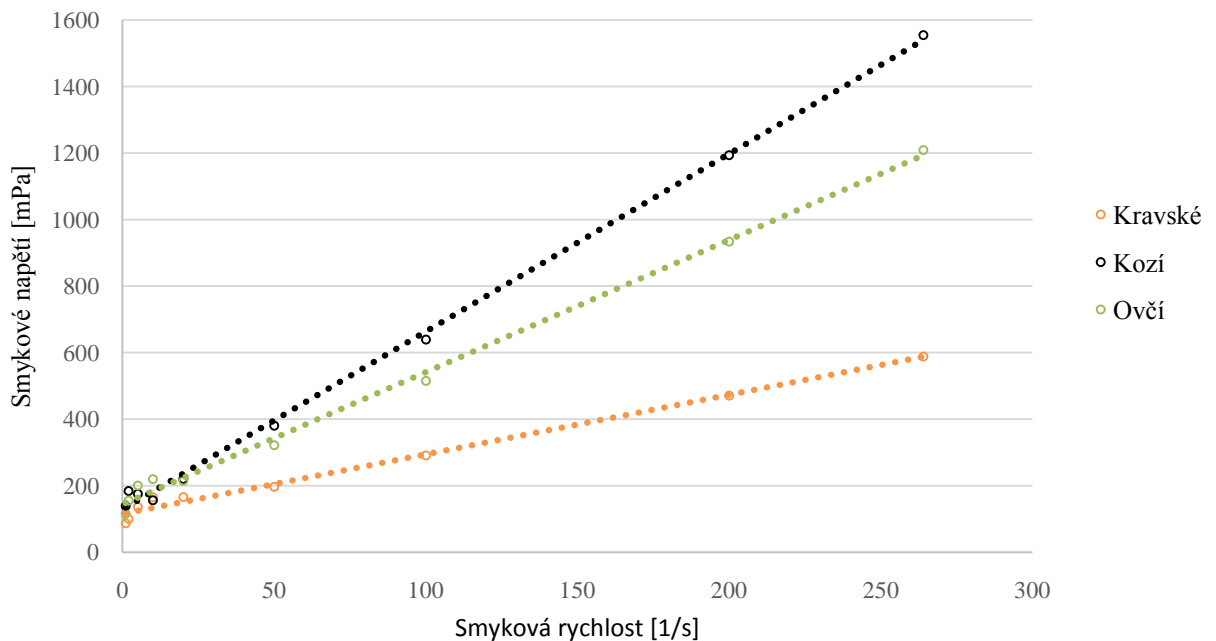
Obrázek 12: Grafické znázornění závislosti smykového napětí na smykové rychlosti u kozího mléka

Závislost smykového napětí na rychlosti deformace u ovčího mléka



Obrázek 13: Grafické znázornění závislosti smykového napětí na smykové rychlosti u ovčího mléka

Závislost smykového napětí na rychlosti deformace u všech tří druhů mlék



Obrázek 14: Grafické porovnání závislosti smykového napětí na smykové rychlosti zkoumaných vzorků mlék

Jak je vidět z obrázků výše, u všech tří měřených vzorků mlék smykové napětí roste se zvyšující se smykovou rychlostí. Díky hodnotám získaným ze vztahu popsaném v kapitole 3.6.2 je prokazatelné, že mléko patří mezi newtonovské kapaliny. Koeficient determinace R^2 se pohyboval v rozmezí 0,989 – 0,995 (viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). V tabulce 4 je uvedeno statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílu mezi jednotlivými druhy mlék. Vysoce průkazný rozdíl ($p < 0,01$) byl zjištěn mezi kravským a ovčím mlékem, průkazný rozdíl ($p < 0,05$) se vyskytl mezi kravským a ovčím mlékem. Mezi kozím a ovčím mlékem se rozdíl statisticky neprokázal.

Tabulka 3: Parametry mléka získané pomocí lineárního proložení získaných hodnot

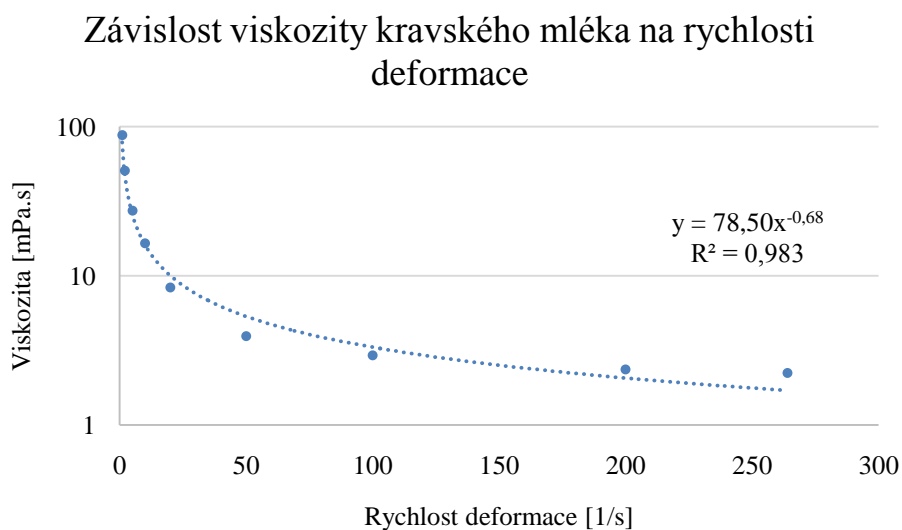
Druh mléka	Dynamická viskozita [mPa.s]	R^2
Kravské mléko	1,7869	0,989
Kozí mléko	5,3381	0,998
Ovčí mléko	3,9704	0,995

Tabulka 4: Statistická průkaznost rozdílu mezi jednotlivými druhy mlék

Porovnávané druhy mlék	p-hodnota
Kravské X kozí	0,010863
Kravské X ovčí	0,007686
Kozí X ovčí	0,109746

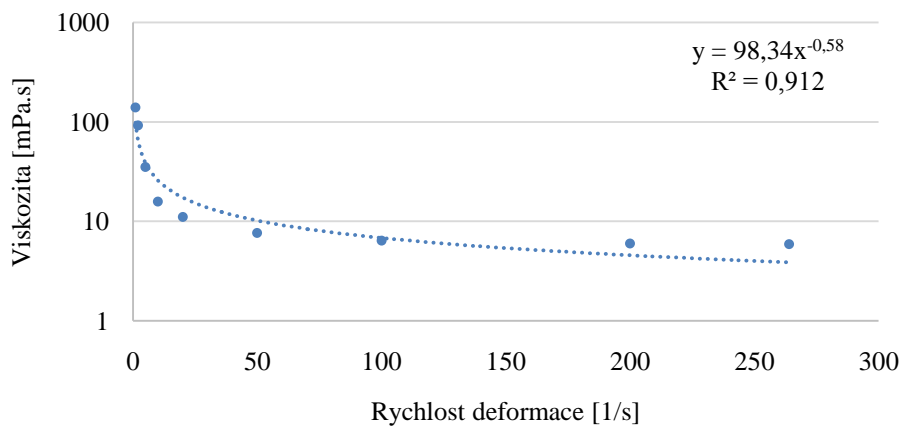
5.10.2 Vliv smykové rychlosti na viskozitu mléka

Měření viskozity probíhalo postupně při těchto smykových rychlostech: 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 264 1/s. Výsledkem je graf, který je proložen Ostwald-de Waele modelem, který je popsán v kapitole 3.6.1. Z obrázků 15 – 17 je zřejmé, že viskozita všech druhů mlék klesá se zvyšující se smykovou rychlostí.



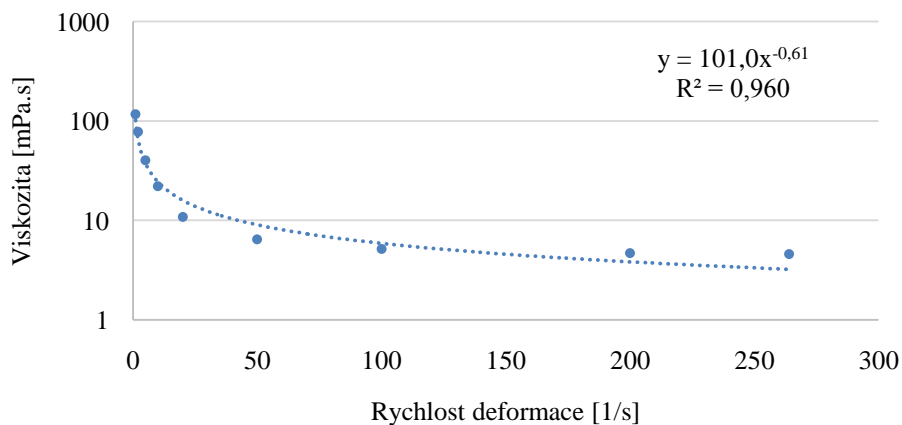
Obrázek 15: Grafické znázornění závislosti viskozity kravského mléka na deformační rychlosti

Závislost viskozity kozího mléka na rychlosti deformace



Obrázek 16: Grafické znázornění závislosti viskozity kozího mléka na deformační rychlosti

Závislost viskozity ovčího mléka na rychlosti deformace



Obrázek 17: Grafické znázornění závislosti viskozity ovčího mléka na deformační rychlosti

Tabulka 5: Hodnoty mocninové funkce u jednotlivých druhů mlék

Druh mléka	K [Pa·s ⁿ]	n (-)	R ²
Kravske	78,5	0,313	0,983
Kozí	98,3	0,420	0,912
Ovčí	101,0	0,382	0,960

Tabulka 6: Statistická průkaznost rozdílu mezi jednotlivými druhy mlék

Porovnávané druhy mlék	p-hodnota
Kravské X kozí	0,010863
Kravským X ovčí	0,007686
Kozí X ovčí	0,260394

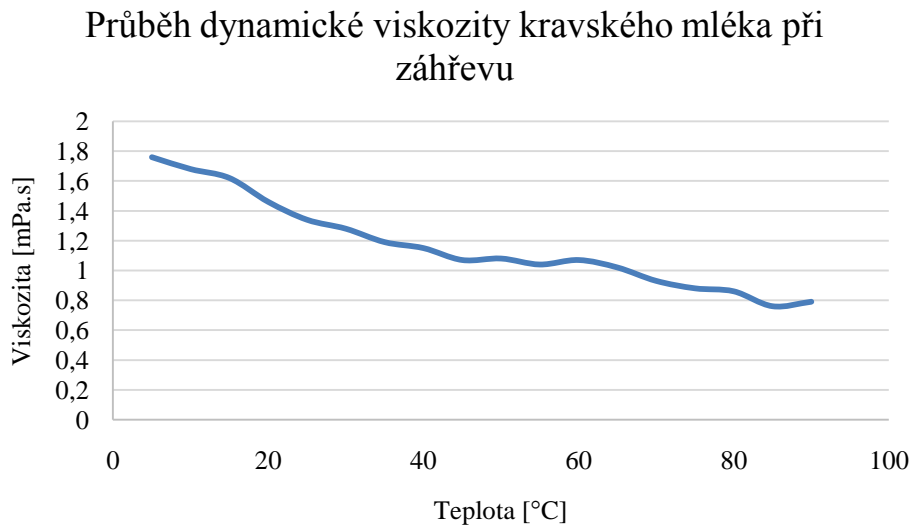
Závislost viskozity na smykové rychlosti vyšla uspokojivě, mléko se chovalo jako newtonská kapalina s dobrými hodnotami spolehlivosti ($R^2 > 0,91$) viz Tabulka 6. To znamená, že model Ostwald-de Waele model byl dobře zvolen.

Hodnota K značí koeficient konzistence. Pro kravské mléko $K = 78,5 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$, pro kozí $98,3 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ a pro ovčí $101,0 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$. Hodnota n značí index toku. Pro kravské mléko vyšla hodnota $n = 0,313$, pro kozí $n = 0,420$ a pro ovčí $0,382$. Čím je hodnota n větší, tím vyšších hodnot viskozity daný vzorek nabývá.

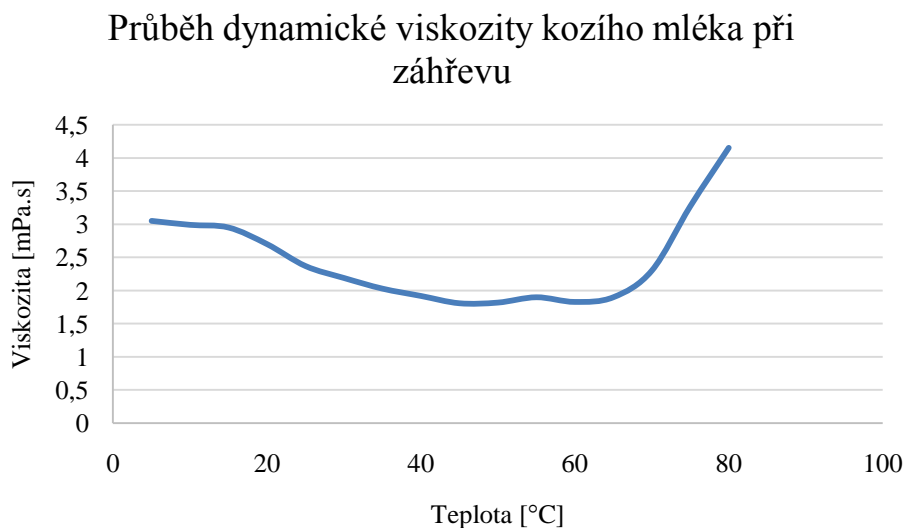
Dále byl, sledováno, zda se statisticky prokáže rozdíl mezi jednotlivými druhy mlék. Vysoce průkazný rozdíl ($p < 0,01$) byl zjištěn mezi kravským a ovčím mlékem, průkazný rozdíl ($p < 0,05$) se vyskytl mezi kravským a kozím mlékem. Mezi ovčím a kozím mlékem se rozdíl neprokázal viz Tabulka 6.

5.10.3 Průběh dynamické viskozity mléka při záhřevu

Při měření teplotní závislosti dynamické viskozity byly vzorky mléka postupně zahřívány od počáteční teploty 5 °C do 90 °C.

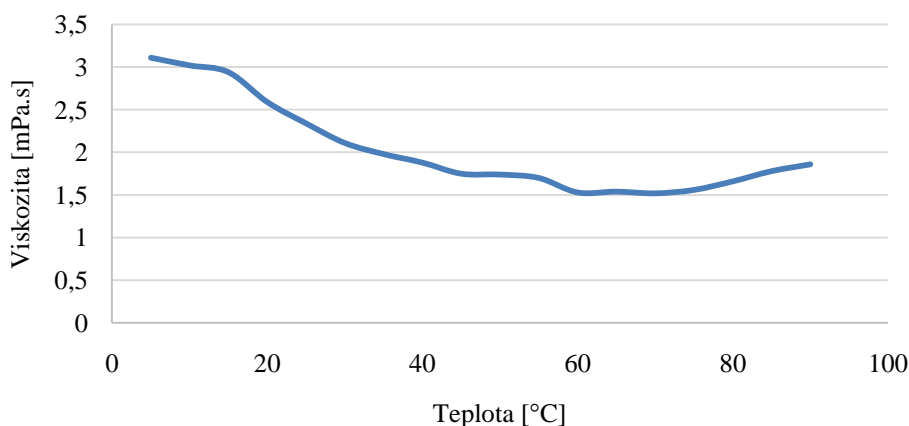


Obrázek 18: Grafické znázornění průběhu dynamické viskozity při záhřevu kravského mléka



Obrázek 19: Grafické znázornění průběhu dynamické viskozity při záhřevu koziho mléka

Průběh dynamické viskozity ovčího mléka při záhřevu



Obrázek 20: Grafické znázornění průběhu dynamické viskozity při záhřevu ovčího mléka

Jak je vidět z obrázků 11 – 13, ze začátku měření se zvyšující se teplotou klesala dynamická viskozita u všech vzorků. U kozího mléka po dosažení 60 °C začala viskozita prudce stoupat. Z toho důvodu byla viskozita kozího mléka měřena pouze do 80 °C. Ovčí mléko po dosažení stejné teploty také začalo vykazovat mírný nárůst dynamické viskozity. Pouze u kravského mléka po celou dobu záhřevu viskozita mírně klesala.

Hodnota dynamické viskozity η klesá se stoupající teplotou až do chvíle, kdy je dosažena teplota koagulace kaseinových micel. Při této teplotě se kaseinové micely rozpadají, což má za následek prudký nárůst viskozity. Tepelná stabilita kozího mléka je podstatně nižší než u mléka skotu. Důvodem je vysoký obsah iontového vápníku a malé množství micelárního roztoku (PARK, 2007).

6 ZÁVĚR

Tato diplomová práce je zaměřena na nejčastější tři druhy mléka, které se u nás konzumují. Jsou to mléko kravské, kozí a ovčí. Začátkem práce jsou tato mléka podrobněji popsána a je zde rozepsáno jejich chemické složení a rozdíly mezi jednotlivými druhy. Je zde uvedeno, že největší podíl sušiny má ovčí mléko, a to především díky zvýšenému obsahu tuku a bílkovin, v porovnání se zbylými druhy mléka. Kozí mléko je často vyhledáváno lidmi trpícími zažívacími obtížemi, protože složení bílkovin je pro ně příznivější než u kravského mléka. Ačkoliv je kravské mléko stále nejvíce konzumované mléko u nás, kozí a ovčí mléko se těší stále větší oblibě.

Další část práce je zaměřena na technologii přepravy mléka. Svoz mléka probíhá dle předem sjednaného svozového plánu. Řidič musí být řádně proškolený a během přepravy nesmí teplota mléka překročit 10 °C. Mléko je sváženo v cisternách o různě velkém objemu. Je to technicky i ekonomicky výhodnější než dříve prováděný svoz v konvích. Cisterny můžou být složeny z několika komor, uvnitř se nacházejí vlnolamy a také bývají vybaveny čerpadly. Přísným legislativním požadavkům podléhají všechny materiály, které přichází do styku s potravinami, a to jak v případě cisteren tak i v případě skladování. Nezbytná je také dostatečná sanitace a patřičná dokumentace.

Začátek praktické části je věnován analytickému stanovení mléka. U vzorků kravského, kozího a ovčího mléka jsou stanoveny tyto hodnoty: sušina, titrační a aktivní kyselost, obsah tuku, laktózy a bílkovin, konduktometrická vodivost a N- test.

Poslední část práce je zaměřena na reologické vlastnosti mléka, konkrétně na hustotu, závislost smykového napětí τ na smykové rychlosti $\dot{\gamma}$, závislost viskozity η na smykové rychlosti a na chování viskozity mléka při zahřevu. Reologické chování bylo znázorněno pomocí experimentálně stanovených tokových křivek. Při stanovení závislosti smykového napětí mléko vykazovalo známky newtonského chování, tzn. viskozita byla přímo úměrná smykové rychlosti. Při zvyšování smykové rychlosti narůstalo smykové napětí u všech druhů mlék. Nejvyšší viskozita byla naměřena u kozího mléka ($5,3381 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$). U ovčího mléka byla hodnota viskozity stanovena na $3,9704 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ a u kravského mléka byla hodnota nejnižší, $1,7869 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$. Koeficienty determinace (R^2) se pohybovaly v rozmezí 0,989-0,998. Toková křivka byla popsána pomocí Newtonova zákona viskozity. Dalším měřeným parametrem byl vliv rychlosti deformace na viskozitu. Se zvyšující se rychlostí deformace klesala viskozita u všech vzorků mlék. Na popsání tohoto jevu byl použit Ostwald-de Waele model. Hodnoty R^2

se pohybovaly v rozmezí 0,912 – 0,960. Nakonec bylo sledováno chování viskozity mléka při zahřevu. Zahřev proběhl od počáteční teploty 5 °C do koncové teploty 90 °C. U kravského mléka došlo vlivem narůstající teploty pouze k mírnému klesání viskozity. U kozího mléka měla viskozita zpočátku také klesající charakter, ale po dosažení teploty 60 °C začala prudce stoupat. Důvodem bude dosažení teploty koagulace kaseinových micel a jejich následné rozpadnutí, což vede ke zvýšení viskozity. U ovčího mléka bylo také zpočátku zaznamenáno klesání viskozity, při teplotě 60 °C však viskozita vykazovala pozvolný nárůst.

Na závěr je možno konstatovat, že znalosti o reologických vlastnostech kapalin jsou pro potravinářské inženýrství obzvlášť důležité. Své využití si najdou nejen při dopravě, čerpání a míchání ale i při dalších technologických krocích ve výrobě koncových produktů.

7 ZDROJE

ALCANTARA, L. A. P. a kol. 2012. Density and dynamic viscosity of bovine milk affect by temperature and composition. [Online] 2012. [Citace: 4. dubna 2016.] (https://www.researchgate.net/profile/Lizzy_Ayra_Verissimo/publication/270402723_Density_and_Dynamic_Viscosity_of_Bovine_Milk_Affect_by_Temperature_and_Composition/links/54b65cca0cf24eb34f6d104e.pdf).

BOUŠKA, J. a kol. 2006. *Chov dojeného skotu*. Praha, 2006.

BYLUND, G. 2003. *Dairy Processing Handbook*. Lund, Sweden : Tetra Pak Processing Systems AB, 2003.

ČSN 56 9601. 2006. *Pravidla správné hygienické a výrobní praxe - Mléko a mléčné výrobky*. 2006.

ČSN 57 0530. 1974. *Metody zkoušení mléka a tekutých mléčných výrobků*. 1974.

ČSN EN ISO 8968-1. 2001. *Stanovení obsahu dusíku - metoda dle Kjeldahla*. 2001.

ČSN ISO 2446. 2008. *Mléko - Stanovení obsahu tuku*. 2008.

ČSN ISO 5708. 1994. *Chladicí nádrže na mléko*. 1994.

ČSN ISO 6731. 2010. *Mléko, smetana a zahuštěné neslazené mléko - Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda)*. 2010.

DEBOWALE, A. A. 2011. *Food Rheology*. 2011.

DVOŘÁK, L. 2010. *Vlastnosti tekutin*. Ostrava : Vysoká škola báňská, 2010.

FABRO, M.A. a kol. 2006. Technical Note: Determination of Acidity in Whole Raw Milk: Comparison of Results Obtained by Two Different Analytical Methods. *Journal of Dairy Science*. 2006, Sv. Volume 89, Issue III, stránky Pages 859-861. Dostupné na: www.sciencedirect.com.

FANTOVÁ, M. a kol. 2000. *Chov koz*. Praha, 2000.

FERNANDES, R. 2009. *Microbiology Handbook: Dairy Products*. Letherhead Publishing, 2009.

FOX, P.F. 2003. *Milk introduction*. 2003. In ROGINSKI, H., FUQUAY, J.W., FOX, P.F. *Encyclopedia of Dairy Science*.

GAJDŮŠEK, S. 2003. *Laktologie*. Brno, 2003.

GAJDŮŠEK, S. 2002. *Mlékařství II*. 2002.

GRODA, B., VÍTĚZ, T. 2009. *Mechanika tekutin I*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009.

HOLUBOVÁ, R. 2014. *Základy reologie a reometrie kapalin*. [Online] 2014. [Citace: 31. března 2016.] (http://mofychem.upol.cz/KA6/Zaklady_reologie.pdf).

HORÁK, F. a kol. 2004. *Atlas plemen ovcí a koz chovaných v České Republice*. Brno : Svaz chovatelů ovcí a koz v ČR, 2004.

JANALÍK, J. 2010. *Viskozita tekutin a její měření*. 2010.

JANDAL, J.M. 1996. Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 1996, Volume 22, stránky 177-185.

JANŠTOVÁ, B. 2012. *Technologie mléka a mléčných výrobků*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012.

KADLEC, P. a kol. 2013. *Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích.* Ostrava : Key Publishing s.r.o., 2013.

KALAČ, P. 2011. The effect of silage feeding on some sensory and health attributes of cow's milk: A review. *Food Chemistry.* 2011, Sv. Issue 2, Volume 125. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610011477>).

KONDYLI, E. a kol. 2007. Variations of vitamin and mineral contents in raw goat milk of the indigeous Greek breed during lactation. [Online] 2007. [Citace: 26. 10 2015.] (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814605008344>).

KUMBÁR, V., NEDOMOVÁ, Š. 2013. Tokové a analytické vlastnosti kravského mléka. [autor knihy] M., NEDOMOVÁ, Š., SÝKORA, V., STRNKOVÁ, J. JŮZL. *Sborník příspěvků XXXIX. konference o jakosti potravin a potravinových surovin - Ingrový dny 2013.* , 2013.

LUCEY, J. A. 2002. *Formation and physical properties of milk protein gels.* ADSA Foundation Scholar Award, 2002.

MAHMOOD, A., USMAN, S. 2010. A Comparative Study on the Physicochemical Parameters of Milk Samples. *Pakistan Journal of Nutrition.* 2010.

MCCARTHY, O.J., SINGH, H. 2009. *Physico-chemical properties of milk.* 2009.

MERCI. 2013. Hustoměr densito 30 PX. [Online] 2013. [Citace: 1. dubna 2016.] (http://cs.mt.com/cz/cs/home/products/Laboratory_Analytics_Browse/Density_Family_Browse_main/Portable_density_meter_family_browse_main/Densito_30PX.html).

NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 1662/2006 ze dne 6. listopadu 2006, kterým se mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu.

NAVRÁTILOVÁ, P. a kol. 2012. *Hygiena produkce mléka.* 2012.

PARK, Y. W., a kol. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 2007, Sv. Issues 1-2, Volume 68, stránky 88-113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013>.
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921448806002549>).

PARK, Y.W. 2007. Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 2007, Volume 68. Dostupné na: www.sciencedirect.com.

PIRKL, S. 2011. Základy reologie a reometrie kapalin. [Online] 2011. [Citace: 31. března 2016.] (<http://kf.upce.cz/Reologie%20a%20reometrie%20kapalin.doc>).

RAYNAL-LJUTOVAC, K. a kol. 2008. Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Research*. 2008, Volume 79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.07.009>.
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921448808001375>).

SAMKOVÁ, E. a kol. 2012. *MLÉKO: Produkce a kvalita*. Vydavatel : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2012.

SEVERA, L. 2008. *Tixotropní chování vybraných druhů potravin*. 2008.

SEVERA, L., NEDOMOVÁ, Š. 2011. *Fyzikální a mechanické vlastnosti potravin*. Brno : Mendelova univerzita, 2011.

STEFFE, J. 1996. *Rheological methods in food process engineering*. 1996.

ŠEBELA, F. a kol. 1964. *Mlékařství*. 1. vyd. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1964.

ŠUSTOVÁ, K. 2005. *Laktologie (návodů do cvičení)*. Brno : Mendelova univerzita, 2005.

ŠUSTOVÁ, K., SÝKORA, V. 2013. *Mlékárenské technologie*. Brno : Mendelova univerzita, 2013.

VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ J. 2009. *Chemie potravin I.* 3.vyd. Tábor : OSSIS, 2009.

VERKON. 2016. Přístroje pro měření vzorků. [Online] 2016. [Citace: 7. Březen 2016.] (<http://www.verkon.cz/viskozimetry-digitalni-rada-dv2t-brookfield>).

VYHLÁŠKA č. 77/2003 ze dne 6. března 2003, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. *Sbírka zákonů*. Částka: 32. [cit.16.2.2016]. Dostupné na Portálu veřejné správy ČR.

WALSTRA, P. a kol. 2006. *Dairy science and technology.* 2. vyd. Boca Raton : CRC/Taylor & Francis, 2006.

WALTERS, K. a kol. 1989. *An Introduction to Rheology.* 1989.

ZADRAŽIL, K. 2002. *Mlékařství (přednášky).* Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze a ISV nakladatelství, 2002.

ZENG, S. S. 1995. Comparison of goat milk standards with cow milk standards for analyses of somatic cell count, fat and protein in goat milk. *Small Ruminant Research.* 1995.

8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Porovnání hlavních obsahových složek mléka (JANDAL, 1996).....	14
Tabulka 2: Vyhodnocení N-testu (ŠUSTOVÁ, 2005).....	41
Tabulka 3: Parametry mléka získané pomocí lineárního proložení získaných hodnot...	53
Tabulka 4: Statistická průkaznost rozdílu mezi jednotlivými druhy mlék	54
Tabulka 5: Hodnoty mocninové funkce u jednotlivých druhů mlék	55
Tabulka 6: Statistická průkaznost rozdílu mezi jednotlivými druhy mlék	56

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schematické znázornění mechanismu měření rotačním viskozimetrem (SEVERA, 2008)	31
Obrázek 2: Grafické znázornění Newtonských kapalin (DEBOWALE, 2011)	33
Obrázek 3: Reogramy a zdánlivá viskozita vybraných ne-newtonských kapalin (JANALÍK, 2010).....	35
Obrázek 4: Rotační viskozimetr řady DV2T, Brookfield (VERKON, 2016)	42
Obrázek 5: Hustoměr Densito 30 PX (MERCI, 2013)	44
Obrázek 6: Grafické znázornění procentuálního podílu sušiny všech tří druhů mlék....	45
Obrázek 7: Grafické znázornění obsahu tuku.....	47
Obrázek 8: Grafické znázornění obsahu laktózy	48
Obrázek 9: Grafické znázornění obsahu bílkovin.....	49
Obrázek 10: Grafické znázornění hustoty vzorků mléka.....	50
Obrázek 11: Grafické znázornění závislosti smykového napětí na smykové rychlosti u kravského mléka	51
Obrázek 12: Grafické znázornění závislosti smykového napětí na smykové rychlosti u koziho mléka.....	52
Obrázek 13: Grafické znázornění závislosti smykového napětí na smykové rychlosti u ovčího mléka.....	52
Obrázek 14: Grafické porovnání závislosti smykového napětí na smykové rychlosti zkoumaných vzorků mlék.....	53
Obrázek 15: Grafické znázornění závislosti viskozity kravského mléka na deformační rychlosti	54

Obrázek 16: Grafické znázornění závislosti viskozity koziho mléka na deformační rychlosti	55
Obrázek 17: Grafické znázornění závislosti viskozity ovčího mléka na deformační rychlosti	55
Obrázek 18: Grafické znázornění průběhu dynamické viskozity při záhřevu kravského mléka.....	57
Obrázek 19: Grafické znázornění průběhu dynamické viskozity při záhřevu koziho mléka.....	57
Obrázek 20: Grafické znázornění průběhu dynamické viskozity při záhřevu ovčího mléka.....	58