

Stanovení vybraných fyzikálně chemických vlastností másla a roztíratelných tuků

Bc. Tereza Kučerová

Diplomová práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Tereza Kučerová**
Osobní číslo: **T17526**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Stanovení vybraných fyzikálně chemických vlastností másla a roztíratelných tuků**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Máslo a roztíratelné tuky, složení a význam pro lidskou výživu.
2. Výroba másla a roztíratelných tuků.
3. Reologie tuků.
4. Možnosti stanovení kvality tuků.

II Praktická část

1. Vybrané metody analýzy tuků.
2. Reologická měření.
3. Vyhodnocení výsledků a diskuze.
4. Formulace závěrů práce.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] ROUESSAC, Francis a Annick ROUESSAC. Chemical analysis: modern instrumentation methods and techniques. 2nd ed. Chichester: Wiley, 2007, xxiii, 574 s. ISBN 978-0-470-85903-2.
- [2] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. Chemie potravin. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 2 sv. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [3] KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH. Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin. Ostrava: Key Publishing, 2012, 569 s. Monografie. ISBN 978-80-7418-145-0.
- [4] ČSN EN ISO 5943. Sýry a tavené sýrové výrobky: Stanovení obsahu chloridů – Potenciometrická titrační metoda. Český normalizační institut, 2007.
- [5] FOX, P. F, T. UNIACKE-LOWE, P. L. H MCSWEENEY a J. A O'MAHONY. Dairy chemistry and biochemistry. Second edition. Cham: Springer, 2015. ISBN 978-3-319-14891-5.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Mgr. Barbora Lapčíková, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

V diplomové práci bylo analyzováno celkem 5 druhů másel a 5 druhů roztíratelných tuků, které byly zakoupeny v běžné tržní síti. Cílem bylo stanovení vybraných fyzikálně chemických vlastností. Při měření texturních parametrů byly u vzorků másel a roztíratelných tuků vyhodnoceny velmi podobné výsledky. Pomocí diferenční skenovací kalorimetrie (DSC) byly u másel pozorovány píky tání odpovídající středně a vysoko tajícím frakcím a dále byly zaznamenány krystalizační píky. Ve vzorcích byl stanoven obsah volných mastných kyselin pomocí stanovení čísla kyselosti. Výsledky této analýzy byly statisticky vyhodnoceny analýzou rozptylu – ANOVA. Fluorescenční spektra másel a roztíratelných tuků byly naměřeny při excitačních vlnových délkách 220 – 360 nm a emisních vlnových délkách 300 – 800 nm. Z reologických vlastností bylo zjištěno, že másla mají oproti roztíratelným tukům řádově vyšší komplexní viskozitu a viskoelastické moduly, kde $G' > G''$, což souvisí s jejich tuhou strukturou. V případě dvou vzorků másel byl pozorován jiný průběh, kde u frekvence 9 Hz převládá viskózní modul.

Klíčová slova: mastné kyseliny, číslo kyselosti, bod tání, reologie, textura, máslo, směsné potravinářské roztíratelné tuky

ABSTRACT

In the diploma thesis, were analyzed a total of 5 types of butter and 5 types of spreadable fats, which were purchased in a common market network. The aim was to determine selected physicochemical properties. When measuring textural parameters, very similar results were evaluated for butter and spreadable fat samples. By using differential scanning calorimetry (DSC) melting peaks were observed in the butter corresponding to medium and high melting fractions and further crystallization peaks were recorded. In samples were determined free fatty acids content by determining the acid number. The results of this analysis were statistically evaluated by analysis of variance - ANOVA. Fluorescence spectra of butters and spreadable fats were measured at excitation wavelengths of 220 - 360 nm and emission wavelengths of 300 - 800 nm. From the rheological properties, it was found that butters have an order of magnitude higher complex viscosity and viscoelastic modules compared to spreadable fats, where $G' < G''$, which is related to their rigid structure. In the case of two butter samples, a different course was observed, where at a frequency of 9 Hz a viscous modulus predominates.

Keywords: fatty acids, acid number, melting-point, rheology, texture, butter, fat spread

Ráda bych poděkovala paní doc. Mgr. Barboře Lapčíkové, Ph.D., vedoucí diplomové práce, za veškeré konzultace, cenné a odborné rady a čas, který mi věnovala v celém průběhu tvorby této diplomové práce.

Dále děkuji panu Ing. Tomáši Valentovi, Ph.D. za pomoc a péči, kterou mi poskytnul při laboratorní činnosti a při zpracování výsledků.

Děkuji svému partnerovi Davidovi, za trpělivost, podporu a energii, kterou mi v celém průběhu mých studií poskytoval. Děkuji své rodině, která mi umožnila studovat a podporovala mě v každém mém kroku.

V neposlední řadě děkuju své přítelkyni Terce, protože bez sebe, by jsme nepřekonaly to, co nám život přináší.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 MÁSLO A ROZTÍRATELNÉ TUKY	11
1.1 SLOŽENÍ MÁSLA.....	11
1.1.1 Mléčný tuk.....	12
1.1.2 Voda	13
1.1.3 Netukové složky	13
1.2 SLOŽENÍ ROZTÍRATELNÝCH TUKŮ	14
1.3 VÝZNAM PRO LIDSKOU VÝŽIVU	14
1.4 CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI.....	16
2 VÝROBA MÁSLA	18
2.1 PŘÍPRAVA SMETANY	18
2.1.1 Fyzikální zrání smetany.....	19
2.1.2 Biologické zrání smetany	19
2.2 PŘEMĚNA SMETANY NA MÁSLO	20
2.2.1 Výroba másla, výrobní zařízení.....	20
2.3 PODMÁSLÍ.....	21
2.4 BEZVODÝ MLÉČNÝ TUK	21
2.5 DRUHY MÁSLA	22
2.6 VADY MÁSLA.....	23
3 VÝROBA ROZTÍRATELNÝCH TUKŮ	24
3.1 HYDROGENACE.....	24
3.2 TRANSESTERIFIKACE	24
3.3 FRAKCIONACE.....	25
3.4 DRUHY ROZTÍRATELNÝCH TUKŮ	25
4 MOŽNOSTI STANOVENÍ KVALITY TUKŮ	26
4.1 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA (TPA)	26
4.2 DIFERENČNÍ SKENOVACÍ KALORIMETRIE (DSC).....	28
4.3 ČÍSLO KYSELOSTI.....	29
4.4 OBSAH VOLNÝCH MASTNÝCH KYSELIN.....	29
4.5 FLUORESCENČNÍ SPEKTROMETRIE	30
4.6 INFRAČERVENÁ SPEKTROSKOPIE - FTIR.....	32
5 REOLOGIE TUKŮ	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
6 CÍL PRÁCE	36
7 MATERIÁL A METODIKA	37
7.1 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE.....	37
7.2 POUŽITÉ TRŽNÍ DRUHY MÁSLA A ROZTÍRATELNÝCH TUKŮ.....	37
7.3 POUŽITÉ MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ A POSTUPY MĚŘENÍ	42

7.3.1	Hodnocení texturní profilové analýzy másel a roztíratelných tuků.....	42
7.3.2	Stanovení čísla kyselosti a volných mastných kyselin.....	42
7.3.3	DSC.....	43
7.3.4	Fluorescenční spektrometrie.....	43
7.3.5	Reologie másla a roztíratelných tuků.....	44
8	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	45
8.1	HODNOCENÍ TEXTURY MÁSLA A ROZTÍRATELNÝCH TUKŮ.....	45
8.2	STANOVENÍ ČÍSLA KYSELOSTI A OBSAHU VOLNÝCH MK.....	48
8.2.1	Číslo kyselosti.....	48
8.2.2	Stanovení obsahu volných mastných kyselin.....	50
8.2.3	Statistické hodnocení čísla kyselosti.....	51
8.3	DIFERENČNÍ SKENOVACÍ KALORIMETRIE (DSC).....	51
8.4	VYHODNOCENÍ FLUORESCENČNÍ SPEKTROMETRIE.....	53
8.5	VÝSLEDKY REOLOGICKÝCH MĚŘENÍ.....	55
	ZÁVĚR.....	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	60
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	68
	SEZNAM TABULEK.....	69
	SEZNAM PŘÍLOH.....	70

ÚVOD

Máslo je běžnou potravinou každé domácnosti, která se mezi spotřebiteli těší velké oblibě. Nutriční tvrzení v posledních letech přimělo spotřebitele více konzumovat živočišné tuky, protože bylo prokázáno, že podíl nasycených mastných kyselin zejména v rostlinných tucích, které jsou podrobeny hydrogenaci, způsobují kardiovaskulární onemocnění, obezitu nebo diabetes II. typu, a to vlivem uvolňování TFA kyselin (trans fatty acids). Toto tvrzení ovšem nebylo dosud prokázáno a je ve fázi dalšího výzkumu.

Hnací silou pro vývoj nové technologie v mlékárenství je vysoká poptávka po nových mléčných výrobcích. Pochopení všech technologických a biochemických vlivů při zpracování na výrobek, se stává velmi důležitou prioritou každého výrobce, která ovlivňuje jak zkrácení doby výroby, tak samotnou ekonomiku provozu. Je proto velmi důležité znát fyzikálně chemické vlastnosti vyráběného produktu. Pro výrobu je důležitá kvalitní surovina, tedy smetana o vysoké tučnosti a správná hygienická praxe. Výroba másla je zachována tradičním diskontinuálním způsobem. Margaríny jsou vyráběny procesem hydrogenace, která se postupně nahazuje transesterifikací, pro potlačení obsahu TFA.

Teoretická část této práce popisuje základní charakteristiku másla a roztíratelných tuků, se zaměřením na jejich výrobu. Dále je popsáno chemické složení těchto výrobků a výživové vlastnosti na zdraví organismu. Závěrečnou částí jsou popsány metody ke stanovení kvality tuků. Praktická část práce se zabývá zhodnocením textury a reologických vlastností vybraných vzorků, obsahem volných mastných kyselin číslem kyselosti a diferenční skenovací kalorimetrií pro stanovení bodu tání a krystalizačních píků triacylglycerolů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MÁSLA A ROZTÍRATELNÉ TUKY

Máslo je mléčný výrobek získaný stloukáním vysokotučné smetany. Tato výrobní technologie je známa přes 2 000 let. Historicky bylo máslo využíváno především v kosmetice, až později v potravinářství. V dnešní době ho můžeme považovat za potravinu, která je u spotřebitelů velice oblíbená a spolu s ostatními mléčnými výrobky je ekonomicky důležitá pro mlékárenský průmysl. Z hlediska nutričního složení a funkčních vlastností má významný vliv v lidské výživě [8]. Máslo je nejdražší jedlý tuk a jeho cena v posledních letech dosáhla rekordního vzrůstu. Poptávka však zůstala stále vysoká. V roce 2019 byla produkce másla v EU 2,14 mil. tun. V České republice byla cena másla nejvyšší na přelomu roku 2017 a 2018 [61]. Pro vznik kvalitního másla je třeba vhodnou surovinu, tedy kvalitní mléko, které musí splňovat požadavky ve složení, zejména v obsahu tuku a jeho vlastností, aby pak mohla být získána kvalitní a velmi tučná smetana. Vysoký podíl tuku v mléce dává vyšší výtěžnosti másla. Záleží však na sezónnosti, výživě a zdraví zvířat nebo na laktační fázi dojnice, kde se s pokračující laktací zvyšuje obsah vyšších mastných kyselin, které navíc udávají výslednou konzistenci vyráběného másla [7].

V roce 2006 se produkce másla zvýšila, a to současně s vyšší produkcí konkurenčních výrobků na bázi rostlinných olejů – margarínů [8]. Máslo může být předmětem falšování potravin, a to z hlediska jeho vysoké ceny a nahrazení mléčného tuku rostlinnými tuky (např. palmovým), které mohou být až 10x levnější při výrobě [56].

Směsné tuky, máslo a margaríny jsou označovány jako roztíratelné tuky. Na spotřebitelském obalu musí být vždy vyznačeno datum použitelnosti, celkový obsah tuku v % a u směsných tuků i podíl jednotlivých tuků v něm obsažených (rostlinný či mléčný). Margaríny vznikly historicky z důvodu vysoké ceny másla již za císaře Napoleona III. Je to polydisperzní systém tuků, pevných a kapalných látek ve vodě nebo v mléku. Jedná se o emulzi typu voda v oleji, složené z dispergované vodné fáze a kontinuální tukové fáze. V průběhu let dosáhl margarín u spotřebitelů nižší oblíbenosti, a to z důvodu negativních účinků na zdraví [38].

1.1 Složení másla

Máslo je energeticky bohatý mléčný výrobek, který obsahuje mléčný tuk formou emulze vody v oleji. Je to polydisperzní systém krystalických triacylglycerolů, částec kaseinu, krystalických fosfatidů, podmásli a vody. Je jedním z velmi významných zdrojů nasycených tuků (až 63 %) a dalších jiných významných látek v lidské výživě [8, 65].

1.1.1 Mléčný tuk

Obsah tuku je závislý na druhu másla a pohybuje se v rozmezí 75 – 84 % [12]. Mléčný tuk o velikostech 0,5 – 20,0 μm , je nejbohatší energetickou složkou mléka a mléčných výrobků. Obsahuje značné množství doprovodných látek, jakými jsou fosfolipidy (zejména lecitin), fosfolipidy a vitaminy rozpustné v tucích (především A, E). Získává se z mléka odstředěním bohaté tukové frakce (smetana) a chudé tukové frakce (odstředěné mléko) [59]. Mléčný tuk je proti účinkům lipáz a vzdušného kyslíku chráněn fosfoproteinovými obaly, které primárně působí jako emulgační systém ke stabilizaci mléčné emulze. Tyto obaly chrání mléčný tuk před enzymy, které mohou rozkládat strukturu triacylglycerolů [8]. Mastné kyseliny jsou základní stavební složkou lipidů mléčných výrobků a ve výživě hrají velmi významnou roli pro vývoj organismu a celkového zdraví.

Přehledné rozdělení mastných kyselin, dle stupně nasycení:

- nasycené (SAFA - Saturated fatty acids)
- nenasycené
 - monoenové s jednou dvojnou vazbou (MUFA - Mono-unsaturated fatty acids)
 - polyenové s několika dvojnými vazbami (PUFA - Poly-unsaturated fatty acids)
 - Omega 3 (kyselina α - linolenová)
 - Omega 6 (kyselina linolová)
 - Trans mastné kyseliny (TFA – trans fatty acids)

Polyenové mastné kyseliny se dále dělí na esenciální a neesenciální. Esenciální mastné kyseliny jsou ty, které si organismus nedokáže sám vytvořit, a proto musí být dodávány v potravě, pro zajištění plnohodnotné výživy.

Nasycené mastné kyseliny jsou obsaženy převážně v produktech živočišného původu (tučné maso, sádlo, máslo), z rostlinných je to kokosový a palmojádrový tuk. Zástupci lipidů z této skupiny v potravinách jsou kyselina palmitová a stearová. Nenasycené mastné kyseliny jsou důležité pro lidský organismus. Jsou zastoupeny převážně v rostlinných olejích a v kvalitních potravinách z nich vyrobených (margaríny, listová zelenina, ryby). Zástupcem MUFA jsou kyselina olejová, palmitoolejová nebo elaidová. Zároveň se z chemického hlediska u nich určuje prostorová konfigurace, zda se jedná o cis- nebo trans - izomery. Podskupinou PUFA jsou esenciální mastné kyseliny – omega 3 a omega 6, které si lidský organismus nedokáže vytvořit a je třeba je dodávat z potravin. Jedná se o kyselinu linolovou, α -linolenovou, γ -linolenová. V mléčném tuku se nachází 53 – 72 % nasycených mastných kyselin, 26 – 42 % monoenových a 2 – 6 % polyenových mastných kyselin. Dále existují tzv. TFA (trans fatty acids) – což jsou trans-nenasycené mastné kyseliny, které přirozeně vznikají v žaludku

přežvýkavců. Při kulinární úpravě vznikají TFA během zahřívání olejů a tuků na vysokou teplotu a v potravinářství jsou produkovány při průmyslovém ztužování tuků (částečnou hydrogenací rostlinných olejů). Rozdíly jejich působení jsou v účincích na lidský organismus. V tuku másla se obsah těchto kyselin pohybuje od 2 – 4 % z celkového obsahu nenasycených mastných kyselin [36, 59].

Poměr mastných kyselin je dán převážně sezónními výkyvy, genetikou či výživou dojníc. Máslo je v zimních měsících hůře roztíratelné. Naopak v jarních a letních měsících obsahuje máslo vyšší podíl nenasycených mastných kyselin. Díky krátkým řetězcům mastných kyselin má výrazné chuťové vlastnosti a je lehce stravitelné. Máslo je dobře roztíratelné, ale tužší konzistence [7, 8].

1.1.2 Voda

Voda, která je obsažena v másle, pochází z plazmy smetany nebo z vody přidané při praní. Obsah vody v másle lze regulovat jednotlivými technologickými postupy. Nadnárodní i národní legislativa klade na obsah vody velké požadavky. Velikost kapének se pohybuje od 1 do 10 μm . Aromatické a chuťové látky jsou zakotveny ve vodné fázi a přímo ovlivňují trvanlivost másla. V másle je voda uzavřená v máselném zrnu, mezi zrny, rozpuštěná v tuku nebo v obalech tukových globulí. Obsah vody v másle závisí na tučnosti smetany, stloukací teploty, přítokem smetany do stloukacího válce a frekvence otáčení jeho rotoru. Se zvyšující se teplotou stloukání roste obsah vody v másle. Protože je voda původem v mléčné plazmě smetany, zvyšuje se i obsah netuků v másle. Voda je v másle velmi důležitá, protože je nositelem chuťových a aromatických vlastností. Aktivita vody (a_w) podporuje mikrobiologické a enzymatické procesy v másle [7, 17, 54].

1.1.3 Netukové složky

Netukové složky v másle pocházejí výhradně z mléka a jejich obsah se pohybuje do 2 %. Jedná se o lipofilní vitaminy, jakými jsou vitaminy A, D, E, K a dále vitamin rozpustný ve vodě - vitamin B₁₂. Máslo dále obsahuje značné množství konjugované kyseliny linolové (CLA), která se nachází jak v mléčném tuku, tak v mase. Při trávení másla v organismu je enzymy střevních bakterií uvolňována kyselina máselná a sůl kyseliny máselné (butyrát) z tukových molekul. Takto uvolněná kyselina je prospěšná proti zánětu střev a gastrointestinálního traktu [32, 65]. Z mléka dále přechází laktóza, karoteny, mléčné bílkoviny a minerální látky. Obsah vzduchu v másle se pohybuje od 0,5 do 10 ml ve 100 g [63].

1.2 SLOŽENÍ ROZTÍRATELNÝCH TUKŮ

Pro směsné tuky a margaríny se využívá tuková násada tvořena z 60 – 70 % rafinovaných tuků ztužených do 36 °C nebo z 80 % rafinovaných tuků ztužených do 42 °C. Rafinovanými tuky jsou: kokosová, palmový, palmojadrový, ztužených při 26 – 29 °C. Přesné složení tukové násady je ovlivněno požadavkem výsledného výrobku (fyzikální, chemické nebo smyslové vlastnosti). Tuková fáze se skládá z rostlinných olejů (palmový, palmojadrový, řepkový, sojový, slunečnicový, bavlníkový) nebo živočišných (rybí olej, lůj, sádlo). Přídavek mléčného tuku se může pohybovat mezi 10 až 80 %. Řada těchto tuků je podrobena ztužování nebo interesterifikaci. Součástí je dále řada přídatných látek rozpustných v tuku, jakými jsou emulgátory (monoacylglycerol, lecitin, cukroglyceridy), barviva (karoteny), vitaminy rozpustné v tucích (α – tokoferylacetát, ergokalciferol, retinolacetát), aromatické látky (diacetyl) nebo sůl. Ztužení probíhá proto, aby se zvýšila trvanlivost a získání lesklého máselného vzhledu. Do emulze tuku se přidává voda, zdravotně a mikrobiálně nezávadná. V konečném výrobku by neměla přesáhnout 18 %. Do emulze se dále přidává syrovátka, konzervační látky (kyselina mléčná, kyselina citronová) [54, 63].

1.3 VÝZNAM PRO LIDSKOU VÝŽIVU

Máslo, jako živočišný tuk, má tendenci vyvolávat ve spotřebitelích dojem špatného stravování, z hlediska vysokého procenta tuku. Mléčný tuk obsahuje nasycené mastné kyseliny z 50 – 70 %. Tento vysoký podíl je právě odborníky ve výživě často vytýkán, jako rizikový faktor. Není však tuk jako tuk. Pro správné fungování organismu je třeba správný poměr těchto jednotlivých tuků. Dle odborníků by měli spotřebitelé jíst jednu třetinu živočišných a dvě třetiny rostlinných tuků. Lecitin, vápník, kyselina linolová a konjugovaná kyselina linolová (CLA) jsou především antagonisté cholesterolu a zabraňují jeho ukládání v cévních stěnách, tedy tzv. ateroskleróze (kornatění tepen) [47].

Význam másla v lidské výživě je často diskutované téma. V roce 2015 bylo doporučeno nahradit živočišné tuky včetně másla rostlinnými oleji s vysokým obsahem nenasycených tuků s relativně nízkým obsahem mastných kyselin. Toto doporučení se opíralo o uvedené tvrzení, že nasycené tuky (SAFA) způsobují obezitu a kardiovaskulární onemocnění. Přesto se dospělo k názoru, že je zapotřebí dalšího výzkumu nasycených tuků z různých potravinových zdrojů, neboť různé potraviny obsahují různé profily mastných kyselin a další látky, které mohou mít odlišné metabolické účinky na organismus a nelze tedy toto tvrzení potvrdit [40].

Příliš vysoký příjem nasycených tuků z potravin je spojen s vyššími koncentracemi cholesterolu v krvi, což je prokazatelný rizikový faktor kardiovaskulárního onemocnění. Během 4 týdenní konzumace másla a kokosového oleje, tedy tuku s odlišnými účinky, byl prokázán vliv nasycených tuků

na vznik srdečních chorob. Z tohoto tvrzení taktéž vyplývají potřeby dalšího výzkumu a objasnění vztahů mezi tuky a zdravím [28].

V másle je obsaženo 240 mg/100g cholesterolu, což odpovídá při konzumaci mléčných výrobků a másla cca 80 mg denního příjmu [12]. Vysoký příjem másla vede ke zvýšení celkového cholesterolu a HDL cholesterolu ve srovnání s obvyklou stravou. Při smažení může docházet k oxidaci cholesterolu. Lidé trpící hypercholesterolémií by měli udržovat spotřebu másla na minimu, zatímco mírný příjem másla u zdravých jedinců může být považován za běžnou součást stravy. Tuky s obsahem esenciálních mastných kyselin (omega 3, omega 6) snižují hladinu cholesterolu v krvi a zabraňují tvorbě krevních sraženin [13].

Studie nepodporují přímo hypotézu, že mléčné tuky nebo výrobky s vysokým obsahem nasycených tuků přispívají k obezitě nebo kardiovaskulárnímu onemocnění ale naznačuje, že konzumace tohoto tuku v typických stravovacích návycích je nepřímo spojena s rizikem obezity. Nemělo by se však zapomínat konzumovat i jiné zdravější tuky, jakými jsou polynenasycené tuky (PUFA) a mononenasycené tuky (MUFA) [29].

Denní příjem nasycených tuků by se měl maximálně do 10 % z celkového denního kalorického příjmu. Doporučuje se konzumovat máslo spolu se zdravými tuky, kterými mohou být kokosový olej, olivový olej nebo avokádo [13]. I přes důležitou úlohu ve výživě lidí se spotřeba mléka snížila, protože odborníci doporučují omezit spotřebu SFA, které jsou do značné míry obsaženy v mléce a mléčných výrobcích. [37]. Vysoký obsah SFA způsobují vysoký cholesterol v krvi, aterosklerózu a srdeční choroby. Poslední analýza ovšem ukazuje, že vyšší spotřeba mléka a mléčných výrobků může vést ve skutečnosti ku prospěchu zdraví, zejména může působit proti kardiovaskulárním onemocněním, diabetu 2. typu nebo mrtvici [35].

Butyrát, který je v másle obsažen, produkují bakterie střevního traktu a epitelové buňky tlustého střeva jej využívají jako zdroj energie. Napomáhá v léčbě syndromu dráždivého tračníku, který se projevuje gastrointestinálními potížemi. Konjugovaná kyselina linolová má výrazné účinky k posílení imunitního systému organismu. Její obsah kolísá od 1 do 6 mg.

Nedostatečný příjem vitamínu z tuků může způsobovat ztrátu vlasů nebo porušení tvorby některých hormonů. Jsou důležité pro správný růst a reprodukci. Vitamin E plní ochrannou funkci buněk před volnými radikály (zejména alfa - tokoferol) [65].

1.4 CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI

Na fyzikálně - chemické vlastnosti másla mají vliv nenasycené mastné kyseliny, které za přítomnosti vzdušného kyslíku oxidují, dochází tak k oxidační lipolýze mléčného tuku. Čím vyšší je obsah mastných kyselin, tím je máslo tužší. Fyzikálně – chemické vlastnosti jsou rozhodující pro řízení procesu technologie výroby másla a mají zásadní vliv na rentabilitu výroby [8].

Z fyzikálních vlastností tuků a mastných kyselin mají největší význam teplota varu, tuhnutí a tání. Dále viskozita, hustota, rozpustnost a povrchová aktivita. Tuky a oleje jsou dobře rozpustné v chloroformu, diethyleteru nebo acetonu. Smetana se chová jako newtonovská kapalina do obsahu tuku 40 %. Pokud je obsah tuku vyšší chová se jako pseudoplastická kapalina. Newtonovskou kapalinou je i samotné máslo nad teplotou jeho tání, kde viskozita závisí na teplotě [49].

Bod tání mastných kyselin ovlivňuje stupeň nasycení a délka uhlovodíkového řetězce mastné kyseliny. Pokud je bod tání vyšší než 20, hodnota se již příliš nemění. Nasycené mastné kyseliny mají vyšší bod tání, než nenasycené. Vyšší bod tání má stabilní β – modifikace, do které přechází v průběhu skladování metastabilní β' - modifikace. Teploty nad bodem tání zabraňují znehodnocení tukových globulí. Nízkoteplotní procesy se komerčně používají k získání frakcí mléčného tuku s různými vlastnostmi tání, pro zachování přirozené chuti a nutričních vlastností. Bezvodý mléčný tuk se zahřeje na teplotu vyšší než +40 °C tak, aby byl zcela roztaven, poté se ochladí, aby vykrytalizovaly triacylglyceroly s vysokou teplotou tání. Ty se poté oddělí, čímž se získá tvrdá frakce (stearin) a měkká frakce (olein), za vzniku řady frakcí mléčného tuku s velmi odlišnými vlastnostmi tání. Takto získané frakce lze smíchat pro výrobu speciálních máselných produktů. Margarín má bod tání v rozmezí od 28 do 37 °C, z důvodu přítomností nasycených mastných kyselin [7, 8].

Tab. 1: Body tání mastných kyselin [6].

Matná kyselina	Počet atomů uhlíků	Iso-mer	Skupina	Bod tání °C
másečná	4		nasyčené	-7,9
kapronová	6		nasyčené	-3,4
kaprylová	8		nasyčené	16,7
kaprinová	10		nasyčené	31,6
laurová	12		nasyčené	44,2
myristová	14		nasyčené	54,1
palmitová	16		nasyčené	62,7
stearová	18		nasyčené	69,6
olejová	18	cis	mononenasyčené ω 9	16
elaidová	18	trans	transmastné	43,7
linolová	18	cis	polynenasycené ω 6	-5
alfa - linolenová	18	cis	polynenasycené ω 3	-10,6

Z hlediska chemického složení není máslo optimálním prostředím pro mikroorganismy, ale přesto může obsahovat různé druhy mikroorganismů, které díky enzymatické činnosti způsobují jeho rychlé kažení. Proto je potřeba smetanu při výrobě nejdříve pasterovat [21]. Chemie mléčného tuku zahrnuje široký rozsah krystalizace triacylglycerolů a také těkavých aromatických složek, které jsou v mléku přítomny ve stopovém množství. Použitá výrobní technologie může způsobovat chemické změny chuti, kterým je potřeba předcházet kontrolou funkcí mléčného tuku v konečných výrobcích [8].

Bylo prokázáno, že vyšší přídavek olejnatých semen, například extrudovaný len do krmiva dojnícím, zapříčiňuje celkové snížení obsahu SAFA tuku v mléce a následně v mléčných výrobcích. U másla se zlepšují funkční vlastnosti a to zejména roztíratelnost a tání v ústech [37].

Roztíratelnost másla je ovlivněna teplotou při fyzikálním zrání smetany, stloukací teplotou, intenzitou hnětení a podmínkami skladování [7].

2 VÝROBA MÁSLA

2.1 Příprava smetany

Hlavní surovinou másla je smetana. Ta se získává z kvalitního mléka odstředěním v odstředivce při teplotě 40 – 45 °C, neboť i malé množství nekvalitní suroviny může zapříčinit značné ekonomické ztráty. Buben odstředivky je vyvážený a obsah přitékajícího mléka nesmí překročit kapacitu odstředivky [12]. K výrobě se využívá smetana s vysokým obsahem tuku, který je pro výrobu másla požadován od 37 do 42 %. Vysokotučná smetana se po získání z mléka musí ihned **pasterovat** při teplotě 90 – 110 °C. Důvodem použití takto vysokých teplot je potlačení vysoké koncentrace patogenních a dalších mikroorganismů ve smetaně, horší prostupnost tepla, snižuje se její kyselost odparem CO₂ a probíhá rozsáhlejší denaturace zejména sérových bílkovin (β – laktoglobulinu), které hrají velmi významnou roli při tvorbě pěny [7]. Zdrojem mikroorganismů v másle může být syrové mléko, smetanová kultura, smetana, obalové materiály nebo přímo výrobní zařízení [21]. Dále pasterace ovlivňuje celkové fyzikální, chemické a senzorické vlastnosti výsledného másla. Antioxidační vlastnosti másla se zlepšují uvolněním SH – skupin z bílkovinné frakce lipoproteinových obalů tukových globulí [7, 12]. Vysoké teploty působí na shlukování tukových globulí, a tím se zmenšují ztráty přechodem tuku do podmásle při zmáseľňování. Z pasterované smetany se musí odstranit dispergovaný a rozpuštěný vzduch **odvětráním - dezodoraci**, tedy odpaření nadbytečné části vody, pomocí varu, který se dosáhne za sníženého tlaku – 20 kPa a teploty 95 °C. Spolu s vodou odchází i těkavé látky, které jsou nositeli pachu. Var odstraňuje i žádoucí aromatické látky ze smetany. Existuje však kombinované ošetření smetany (jak pasterace, tak odvětrání), které pracuje na principu vakuovo – parního injektoru.

Po dezodoraci dochází k **chlazení** smetany na teplotu 4 – 8 °C, kdy vykryštalizuje 30 – 50 % podílu tuku a dochází ke zvýšení viskozity. Viskózní smetana je rychleji stloukatelná. Kryštalizace udává výtěžnost a konzistenci másla. Pokud chlazení probíhá rychle, vznikají malé krystaly glycerolu a výsledné máslo je tuhé. Při pomalém chlazení vznikají velké krystaly glycerolu a máslo je měkké.

Následuje poslední proces přípravy smetany a tou je **zrání** ve zracích tancích, kde je smetana po chlazení odčerpána. Zráním se smetana stane stloukatelnou. Existují dva typy zrání.

Při technologickém procesu se smetana zbarvuje přírodním barvivem, získaným z rostliny *Bixa orellana* nebo karoteny [7, 12, 25].

2.1.1 Fyzikální zrání smetany

Fyzikální zrání je proces, který ovlivňuje konzistenci másla a vzniká při něm kontinuální tuková síť vlivem krystalizace triacylglycerolů. Ty krystalizují od nestabilní α – modifikace, přecházející v metastabilní β' - modifikaci a skladováním se mění na stabilní β – modifikaci. V jádru tukových globulí se nacházejí triacylglyceroly obsahující nižšími mastnými kyselinami. Obalové vrstvy globulí obsahují vyšší mastné kyseliny. Krystalizace probíhá od obalových vrstev po jádro, kdy se uvolňuje krystalizační teplo, a tím stoupne teplota systému až o 2 – 3 °C. Během dvou hodin vykrytalizuje až 30 % triacylglycerolů. Při technologickém zpracování se krystalizace provádí déle a vykrytalizuje až 40 – 45 %. Při tvorbě shluků tukových globulí se zvýší viskozita smetany, dojde ke křehnutí obalů, a tím se lépe tvoří pěna prioritní pro tvorbu máselného zrna. Celistvost obalů musí zůstat zachována až do tvorby pěny. Zrání má výsledný vliv na trvanlivost mléčných výrobků. Bylo prokázáno, že pokud se teplota zrání pohybuje okolo 5 °C, výsledný mléčný výrobek má frakci se střední teplotou tání [7, 30]. Z fyzikálně vyzralou smetanou se musí zacházet velmi opatrně, a to všech následujících technologických procesech. Aby se smetana stala po zrání stloukatelnou, je třeba celý systém ohřát. K tomu se využívá deskový výměník tepla, kde proudí teplá voda a aby nedošlo k porušení vzniklých krystalů teplem, neměla by přesáhnout teplotu 27 – 30 °C. Také by mohlo dojít ke vzniku hůře zpracovatelného a měkkého máselného zrna. Naopak při nízkých teplotách může dojít ke ztrátě tuku do podmáslí [7, 27].

2.1.2 Biologické zrání smetany

Principem biologického zrání smetany je mléčná fermentace. Nejprve se smetana zahřeje na teplotu zakysání, zaočkuje se smetanovým zákysem s kyselinotvornými koky (*Lactococcus Laris* subsp. *laris* a *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* aj.) a aromatizující kulturou (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* var. *diacetyllactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* a *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*). Tento postup probíhá několik hodin až k dosažení optimálního pH plazmy v hodnotách 5,2 – 5,0. Současně s biologickým zráním probíhá i zrání fyzikální. U takto vyzralé smetany dochází ke zvýšení viskozity, výraznějším sensorickým vlastnostem, zejména chuti a k částečnému narušení tukových globulí. Současným biologickým i fyzikálním zráním je smetana lépe stloukatelná. Technologicky se biologické zrání smetany již nevyužívá. V tržní síti lze najít máslo se zakysanou smetanou nebo máslo se smetanovým zákysem [7, 25].

2.2 Přeměna smetany na máslo

Zpěňovací (pěnový) způsob

Jedná se o složitý koloidně – chemický a nejrozšířenější technologický princip, kdy máselné zrno vzniká pomocí mechanického namáhání smetany, při kterém přechází z emulze typu olej ve vodě do emulze typu voda v oleji. Podle flotační teorie při dotyku tukové globule se vzduchovou bublinou přechází její obal do hydrofobního charakteru a hromadí se na povrchu vzduchových bublin pěny [12].

Emulgační způsob

Principem tohoto způsobu je smísení máselných koncentrátů s odstředěným mlékem pomocí votátorů, za vzniku modifikovaných emulgovaných tuků. Máslo vyrobeno tímto způsobem může být ve výsledku drobné s rozsáhlým vrstvením.

Koncentrační způsob

Smetana, která obsahuje 30 – 40 % tuku, se znovu odstřeďuje na tučnost 80 – 82 %. Poté je zchlazena a podrobena standardizaci obsahu tuku, mechanicky namáhána v transluminátoru a na chlazených pláštích dojde k obrácení fází (emulze olej ve vodě, přechází do emulze voda v oleji). Jelikož jsou při tomto použitém způsobu zachovány tukové globule, máslo má jiné složení a vlastnosti [27].

2.2.1 Výroba másla, výrobní zařízení

Historicky se máslo vyrábělo v dřevěných máselnicích. Ty byly poté nahrazeny kovovými, kuželovitého tvaru. Nejdůležitějším parametrem při výrobě másla je stloukací teplota a správné fyzikální zrání smetany. Při zmáslňování dochází ke vzniku máselného zrna. V technologii se uplatňuje zpěňovací způsob tzv. zpěňovací teorie, která je stále předmětem řady studií. Předpokladem pro správnou výrobu másla je řádný průběh fyzikálního zrání smetany.

Diskontinuální výroba

Tento typ výroby se uplatňuje při farmové nebo domácí výrobě másla, za využití flotačního principu. Stloukání smetany o tučnosti 35 – 40 % probíhá v máselnicích, což jsou rotující válcové dvoukuželové nádrže, s objemem až do 15 000 litrů. V máselnicích je smetana mechanicky namáhá otáčením a přepadáváním na její stěnu. Tím dojde k rozpadu tukových globulí a máselný tuk se slepuje. Vzniklé podmásli se vypouští a máselné zrno se propírá vodou. Zbytky vody se odstraní hnětením, do požadovaného množství vody, aby výsledné máslo mělo správnou strukturu a došlo k řádnému spojení jednotlivých máselných zrn.

Kontinuální výroba

Tento postup výroby vyznačuje vyrovnanou a vysokou jakost másla, hygienické zpracování podmáslí, vysokou výkonnost a výtěžnost a energetickou úspornost. Principem je standardizace smetany na obsah tuku 40 – 48 %. Kontinuální zmáselňovač se skládá ze stloukacího válce, odlučovacího válce a hnětače.

Smetana se přehřívá na teplotu stloukání, která je 10 – 15 °C. Radiálně postupuje do stloukacího válce, kde se díky otáčivému pohybu rotoru dostává na jeho stěnu a je lištami statoru za účinku chlazení zpracována na máselné zrno a podmáslí. Oba tyto produkty odtékají do odlučovací sekce, která je umístěna pod stloukacím válcem a dochází k regulaci velikosti máselných zrn, pomocí sít, a tím se oddělují od podmáslí. Závěrem se v hnětači upraví obsah vody jejím přidáním, dále zákysu nebo soli pro výraznější chuť. V hnětači dochází k tvorbě homogenní hmoty, ve které je voda rovnoměrně rozptýlená. Zároveň dochází k odstranění vzduchu pomocí vakua.

Ze zmáselňovače se máslo tlačí přímo do obalu nebo se čerpá hermetickým systémem do balících automatů. Obaly musí chránit výrobek před nepříznivými aromatickými látkami, vodu, plyny a ultrafialovým zářením [7, 12, 27].

2.3 Podmáslí

Vedlejším produktem při výrobě másla je podmáslí, obsahující 0,3 – 0,7 % mléčného tuku s významnými funkčními vlastnostmi (tvorba pěny). Při zpěňovacím způsobu výroby se získá až 70 % mléčné plazmy ve formě podmáslí. Podmáslí obsahuje, dále fosfolipidy, které mají oproti triacylglycerolům mléčného tuku zvýšený obsah esenciálních mastných kyselin. Dále obsahuje monoacylglyceroly, diacylglyceroly, volné mastné kyseliny, lipoproteiny a fosfolipoproteiny. Podmáslí se využívá jako zakysaný mléčný výrobek a sušený mléčný výrobek, kde se projevují jeho výhodné stabilizační a emulgační účinky, např. jako složka mražených smetanových krémů [12]. Sušené podmáslí se využívá zejména v pekařství, díky výraznému obsahu povrchově aktivních látek a také jako přísada do krmných směsí pro hospodářská zvířata [35].

2.4 Bezvodý mléčný tuk

Národní legislativa rozlišuje dva typy koncentrátů mléčného tuku. Prvním je máselný koncentrát, který má podíl mléčného tuku vyšší než 90 % a musí být získán ze smetany, mléka nebo másla. Druhým je máselný tuk, který je charakterizován jako bezvodý mléčný tuk získaný z mléka, smetany nebo másla s obsahem mléčného tuku vyšší než 99,3 %. Tyto koncentráty mají delší trvanlivost. V České republice se máselným koncentrátem rozumí tzv. pročištěné přepuštěné máslo.

V současné literatuře se uvádí jako tzv. ghí, které zaujalo přední pozice v kuchařkách, zabývající se zdravou vyváženou stravou. Díky vysokému obsahu CLA má antioxidační, antikarcinogenní a anti-diabetické účinky. Používá se místo rostlinných olejů na smažení. Nadnárodní legislativa rozlišuje navíc bezvodý máselný olej a máselný olej [7, 17].

Bezvodý mléčný tuk je klíčovou složkou v celé řadě rekombinovaných mléčných výrobků, včetně plnotučného mléka, sýrů, pomazánek, zmrzlin aj. Může být součástí i nemlékárenských výrobků. V zemích, které nemohou podporovat mlékárenský průmysl je proto nezbytnou součástí výroby. Surovinami pro výrobu bezvodého mléčného tuku je smetana nebo máslo, které bylo vyrobeno ze sladké smetany. Jejich vstupní kvalita ovlivňuje jakost finálního výrobku [8].

2.5 Druhy másla

Nařízení Rady (ES) č. 1308/2013 (v platném znění) definuje máslo jako *produkt, který je vyroben z pasterizované smetany a má minimální obsah tuku 80 % (hmotnostních), avšak méně než 90 % (hmotnostních), s obsahem vody maximálně 16 % (hmotnostních) a s obsahem mléčných netuků v sušině nejvýše 2 %* [15].

Vyhláška č. 397/2016 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, definuje následující pojmy:

- *máslo – mléčný výrobek obsahující výhradně mléčný tuk ve formě emulze vody a tuku;*
- *čerstvé máslo – máslo do 20 dnů od data výroby;*
- *stolní máslo – máslo skladované nejdéle 24 měsíců od data výroby při teplotách minus 18 °C a nižších;*
- *máselný koncentrát – mléčný výrobek s celkovým obsahem mléčného tuku vyšším než 90 % hmotnostních získaný z mléka, smetany nebo másla;*
- *máselný tuk – bezvodý mléčný tuk získaný z mléka, smetany nebo másla obsahující více než 99,3 % hmotnostních mléčného tuku* [60].

2.6 Vady másla

Vady másla mohou být mikrobiologického, enzymatického i chemického původu. Vysoký počet lipolytických mikroorganismů ve smetaně, nedostatečná sanitace zmáselňovače nebo kontaminovaná voda, zapříčiňují vady mikrobiologického původu. Chemické reakce jsou způsobeny přítomností světla, enzymů, kyslíku nebo katalyzátoru, které se projevují autooxidací nebo částečnou hydrolyzou. Nedostatečná pasterace může zapříčinit enzymatické vady másla, vlivem nativních lipáz mikrobiologického původu [21].

Tab. 2: Vybrané vady másla [7, 21].

	Vady	Příčina vady
Vady chuti	Karamelová	Použití příliš vysoké teploty při pasteraci důsledkem krystalizace laktózy
	Kyselá	Netypická fermentace polokyselé a kyselé smetany, nedostatečná pasterace, nekvalitní zákys
	Kvasničná	Kontaminace smetany kvasinkami
	Žluklá	Rozklad tuku lipolytickými mikroorganismy vlivem autooxidace triacylglycerolů
Vady vzhledu	Větší kapky vody na řezu	Nesprávné hnětení, vysoká teplota stloukání
Vady konzistence	Moučnaté máslo	Použití starší smetany v zimních měsících, která tuhne ve velkých krystalech
	Drobivé máslo	V zimních měsících, kdy jsou dojnice krmeny suchým krmivem – slámou
	Mramorované máslo	Nedostatečné mísení

3 VÝROBA ROZTÍRATELNÝCH TUKŮ

Základem roztíratelných tuků je tuková fáze, neboli násada, kterou tvoří směs pevných a kapalných podílů triacylglycerolů s odlišnými body tání, pohybující se v rozmezí od 10 do 35 °C. Tuková násada se skládá z měkkého oleje (rafinovaného) a pevného tuhého tuku (tzv. strukturní tuk), tím se získají požadované konzistenční vlastnosti. K dosažení těchto vlastností se docílí procesem hydrogenace, frakcionace nebo interesterifikace. Základními fázemi výroby je příprava tukové fáze, příprava vodné fáze, příprava emulze, chlazení, krystalizace, hnětení a kondicionování (zrání), za využití kontinuálních či diskontinuálních postupů, za použití rotátorů. Ty se od sebe liší v přípravě emulze [54].

3.1 Hydrogenace

Většina roztíratelných tuků je vyrobena procesem hydrogenace, což je proces, při kterém vlivem působení vodíku za přítomnosti katalyzátoru dojde k částečnému vysycení dvojných vazeb mastných kyselin. Účelem je redukce nenasycených tuků a tím zlepšení stability vůči oxidaci. Tento proces má velmi významný vliv na fyzikální vlastnosti, a to zejména na zvýšení bodu tání triacylglycerolů (32 – 36 °C) a dále dochází ke geometrické izomeraci, tedy konfiguraci dvojných vazeb trans, místo původní cis. Tato technologie byla dominantně využívána až do 80. let minulého století. V současnosti se využívá transesterifikace, v souvislosti s cílem omezit vznikající koncentrace trans – izomerů. Jako katalyzátor se u hydrogenace využívá nikl, který musí mít zaručenou selektivitu. Proces hydrogenace probíhá při vodíkovém tlaku 0,2 - 0,4 MPa, teplotách 160 – 190 °C za intenzivního míchání. Vytvořený tuk je rafinován po oddělení katalyzátoru [2, 26]. Z hlediska konverze dvojných vazeb mastných kyselin se rozlišuje parciální katalytická hydrogenace a totální hydrogenace, při které se získají plně ztužené tuky s vysokým bodem tání. Parciální hydrogenací jsou dvojných vazeb mastných kyselin promíchávány bublinkami vodíku a heterogenním niklovým katalyzátorem. Tím dochází k uplatnění geometrické a polohové izomerie dvojných vazeb [26].

3.2 Transesterifikace

Proces výměny mastných kyselin mezi molekulami nebo uvnitř molekul triacylglycerolů. Jako katalyzátor se využívá metoxid sodný při teplotě 100 °C. Vzniká tuk s bodem tání 30 – 40 °C, což je strukturní tuk. Finálním smísením rafinovaného rostlinného oleje se strukturním tukem, vzniká tuková násada požadovaných vlastností, neobsahující trans – izomery mastných kyselin [54].

3.3 Frakcionace

Frakcionací lze získat směs TAG požadované konzistence. Je to proces dělení směsi TAG (přírodních nebo získaných interesterifikací či hydrogenací) podle bodu tání jednotlivých složek za dané teploty nebo dle jejich rozpustnosti ve vhodném rozpouštědle (aceton, hexan). Krystaly pevné fáze se separují od kapalné a tím se získají dvě frakce: stearin (pro výrobu strukturních tuků) a olein [23, 63]. Winterizace je speciální postup frakcionace, kdy dochází ke zpracování parciálně ztužených olejů pro získání olejů s vyšší oxidační stabilitou [26].

3.4 Druhy roztíratelných tuků

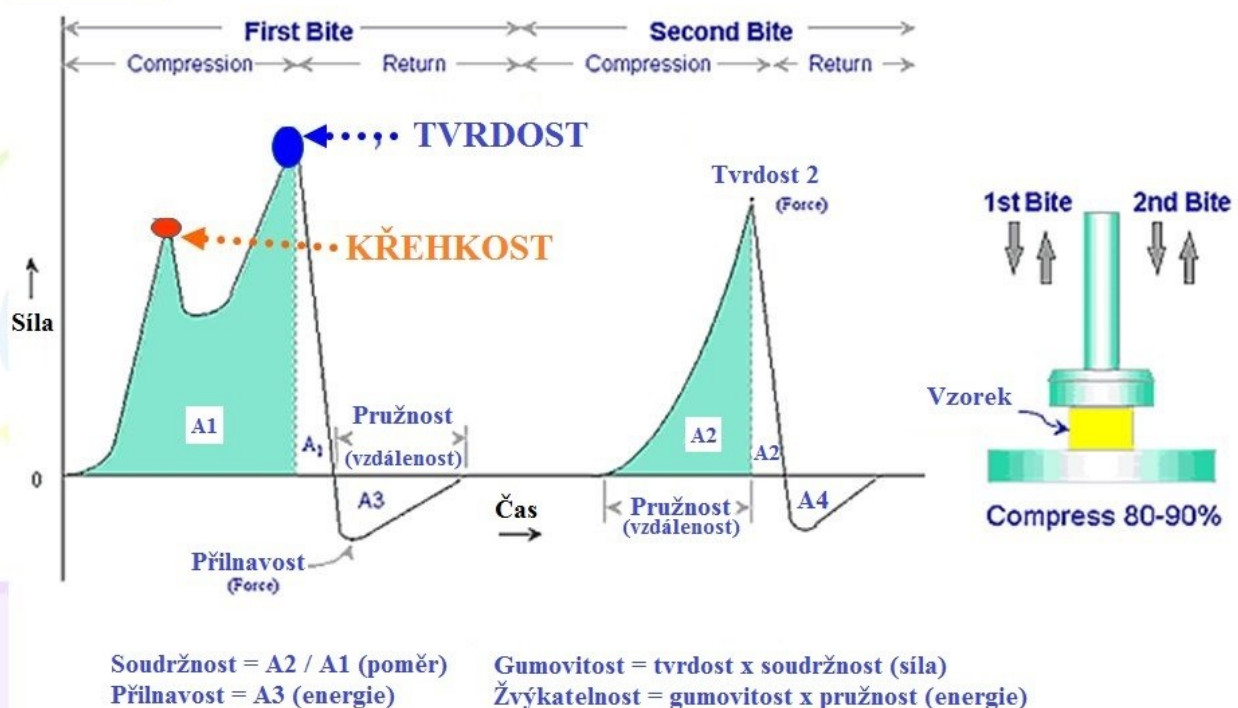
Margaríny se dle poměru tukové a vodné fáze dělí na kategorie výrobků:

- výrobky obsahující nejméně 80 % tuku, avšak méně než 90 % (margaríny, směsné tuky)
- výrobky obsahující 60 – 62 % tuku (třičtvrtě margaríny, třičtvrtětučné směsné tuky)
- výrobky obsahující 39 – 41 % tuku (polotučný margarín, polotučné směsné tuky)
- roztíratelný tuk/roztíratelný směsný tuk X % - Výrobek získaný z rostlinných nebo živočišných tuků s tímto obsahem:
 - méně než 39 %;
 - více než 41 %, avšak méně než 60 %;
 - více než 62 %, avšak méně než 80% [15].

4 MOŽNOSTI STANOVENÍ KVALITY TUKŮ

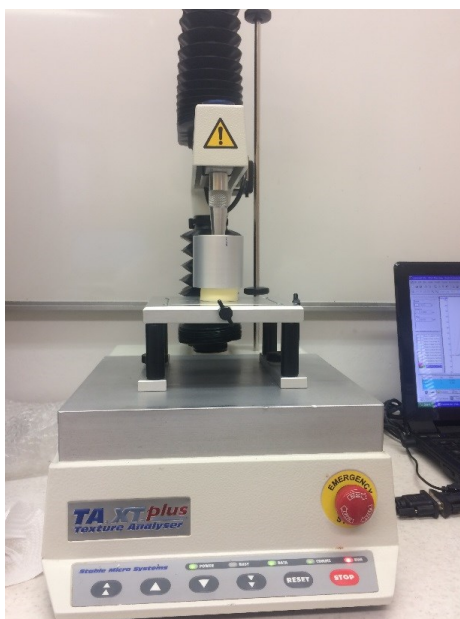
4.1 Texturní profilová analýza (TPA)

Texturu lze považovat za reologickou vlastnost potravin. Je důležitým atributem, který ovlivňuje zpracování, manipulaci a trvanlivost výrobků. Charakteristiku textury lze hodnotit smyslově nebo za použití instrumentálních metod a analýz, které jsou prováděny za definovaných podmínek. Výhoda použití instrumentálních metod je rychlost, objektivita a možnost opakovatelnosti měření. Nevýhodou je nutnost definice mezních hodnot přijatelnosti, kalibrace přístroje a neschopnost stanovit komplexní vlastnosti. Texturní profilová analýza je přístrojová metoda pro stanovení texturních parametrů stimulující žvýkání. Primárními parametry jsou přilnavost, tvrdost, křehkost a elasticita. Sekundárními parametry jsou žvýkatelnost a gumovitost. Vlastní stanovení parametrů je ovlivněno druhem výrobku, jeho složením (zejména obsah tuku v sušině), teplotou, hodnotou pH, použitou výrobní technologií, skladováním, změnami krystalické modifikace a posílení síťových vazeb triacylglycerolů. Při texturní analýze je materiál vystaven řízené síle, ze které je vyhodnocená deformační křivka jeho odezvy [43].



Obr. 1: Znárodnění parametrů texturní profilové analýzy (TPA) [62]

Texturní analyzátor má pohyblivé rameno s tenzometrem, který umožňuje deformaci materiálu v tlaku nebo v tahu, pomocí různých sond a nástavců. Měřicí sonda snímá použitou sílu, která je potřebná k penetraci a vytažení ze vzorku. Za konstantní rychlosti se měření provádí celkem dvakrát po sobě. Přístroj musí mít schopnost měřit určité vlastnosti s typem a intenzitou podobnou lidským smyslům. Pro vhodné texturní parametry jsou při technologii výroby másla emulgačním způsobem zařazeny kuličkové krystalizátory [5].



Obr. 2: Přístroj TA.XT. plus

Máslo je tuhé konzistence a struktury, především díky svému vysokému obsahu nasycených mastných kyselin a tradičnímu zpracování [47]. Textura másla je přímo ovlivněna kvalitou mléka, která závisí na druhu krmení a fázi laktace dojnice. Bylo prokázáno, že rozdílná výživa a krmné dávky dojnic ovlivňují složení mastných kyselin v mléčných výrobcích a mají vliv na jejich texturní, nutriční a tepelné vlastnosti. Ovlivňují i celkovou trvanlivost těchto výrobků. Rozdílný krmný systém má také celkový vliv na barevnost výsledných mléčných produktů, zejména pastevní krmení dává za vznik sytější bílou barvu s odstínem do žluté [35].

Chemické složení není jediným faktorem, ovlivňující texturu másla. Jednou zajímavou vlastností čistých triacylglycerolů je to, že mají více bodů tání, díky třem odlišným krystalickým formám (α , β' , β), tzv. polymorfismus. Tyto různé formy se vyskytují v mléčném tuku v různém rozsahu v závislosti na způsobu krystalizace [8].

4.2 Diferenční skenovací kalorimetrie (DSC)

Kalorimetrie je nejpoužívanější experimentální termická metoda, kterou lze sledovat fyzikální procesy v různých typech materiálů, včetně potravin. Diferenční skenovací kalorimetrie (DSC) je nazývána také jako diferenciální kompenzační kalorimetrie. Měří termické vlastnosti vzorků v závislosti na čase nebo teplotě v průběhu zvoleného teplotního programu. Z fyzikálních dějů lze pomocí DSC sledovat zejména tepelné vlastnosti, jako je teplota tání, krystalizace nebo oxidační stabilita během stárnutí výrobku či materiálu nebo stabilita při jejich skladování. Tato metoda spočívá v měření rozdílu teplot, které je třeba dodat nebo odebrat danému vzorku vlivem fyzikálních, chemických nebo biologických procesů, jež během zahřevu/chlazení ve vzorku probíhají, aby vzorek a reference měly stejnou teplotu. Zároveň může sloužit k dosažení cenných výsledků o strukturálních a chemických vlastnostech vzorku spojením s jinými analytickými metodami [20].



Obr. 3: Přístroj DSC 1 Star Systém

Ve studovaných materiálech dochází k různým fázovým změnám, které jsou doprovázeny exotermickou reakcí (uvolňováním tepla) nebo endotermickou reakcí (spotřebou tepla). Tento proces je označován jako fázová transformace I. typu a detekuje se pomocí píku. Fázová transformace II. typu není spojena s příjmem či odevzdáním tepla fázového přechodu, ale rapidně se mění tepelná kapacita výrobku, což v DSC odpovídá náhlé změně základní linie záznamu [10, 58].

Přístroj pro měření má teplotní rozsah -100 až 750 °C, v dusíkové atmosféře s konstantní rychlostí ohřívání či chlazení dvou stejných nádob pomocí řídicí jednotky. Navážka vzorku se pohybuje do desítek miligramů. Metodou DSC se rozumí třída kalorimetrů, vybavenými dvěma pozicemi měření. Pro měření se využívají nádoby tzv. pánvičky, které se liší velikostí, tvarem a způsobem uzavírání (s víčkem či bez víčka). U DSC je jedna pozice (nádobka) prázdná, označována jako referenční.

Druhá pozice (nádoba) obsahuje zkoumaný vzorek. Z důvodu složení vzorku a jeho probíhajících fázových změn se bude lišit tepelný tok obou nádob. Na termogramu je zaznamenáván rozdíl v tepelných tocích daných pánviček oproti teplotě nebo času.

Kalorimetrii lze rozdělit podle způsobu temperace, podle účelu použití nebo dle podmínek, za kterých byly měřené hodnoty získány. Kalorimetrie s adiabatickými podmínkami představuje spotřebu veškerého tepla k ohřátí či ochlazení kalorimetru. Měření spočívá ve změně jeho teploty. Izotermní podmínky v kalorimetru zajišťují, že veškeré spotřebované nebo uvolněné teplo je převáděno, za konstantní teploty, která se nemění. Existuje ještě celá řada kalorimetrů s kombinací výše uvedených podmínek [58].

4.3 ČÍSLO KYSELOSTI

Číslo kyselosti se vyjadřuje v miligramech, jako hmotnost hydroxidu draselného, který je potřeba k neutralizaci mastných kyselin obsažených v 1 g tuku.

Princip metody spočívá v odměrné analýze, založené na alkalimetrické metodě. Její postup udává norma ČSN EN ISO 660. Jde o časově nenáročnou a jednoduchou stanovení. Vzorek, který je před stanovením rozpuštěn v etanolu, je podroben titraci hydroxidem draselným. Jako indikátor se využívá fenolftalein. Hydrolytickým štěpením tuků dochází k odštěpování volných mastných kyselin z molekul triacylglycerolů. Uvolněné mastné kyseliny se hromadí a zvyšuje se číslo kyselosti [41].

4.4 OBSAH VOLNÝCH MASTNÝCH KYSELIN

V mléčném tuku se mastné kyseliny vyskytují ve formě triacylglycerolů (96 – 98 % z celkového obsahu). Volné mastné kyseliny (FFA - free fatty acids) jsou ve velmi malé koncentraci, ale přesto jsou jedním z parametrů používaných ke kontrole kvality a výrazně ovlivňují chuťové vlastnosti mléčných výrobků. FFA se měří v % a ukazuje procento zastoupení mastných kyselin, především olejové, mirisťové a palmitové. Země s velmi teplým klimatem jsou citlivé na hodnoty FFA, neboť malá chyba v logistice může znamenat velké ekonomické ztráty [39].

V průběhu technologických operací při výrobě másla přechází volné mastné kyseliny do podmásli. V průběhu rafinace rostlinných olejů jsou mezi separovanými látkami, a to buď konverzí na sodná mýdla v procesu alkalické rafinace, nebo destilačně v procesu fyzikální rafinace. Odstranění volných mastných kyselin a snížená kyselost udává zvýšení kvality výsledného výrobku během zpracování [17, 26].

Obsah volných mastných kyselin v másle přispívá jeho smetanové chuti. Nadměrná koncentrace těkavých FFA s krátkým řetězcem jsou považovány za příčinu hydrolytického žluknutí v mléčných výrobcích, způsobené nevhodným skladováním nebo použitou nevhodnou technologií [33].

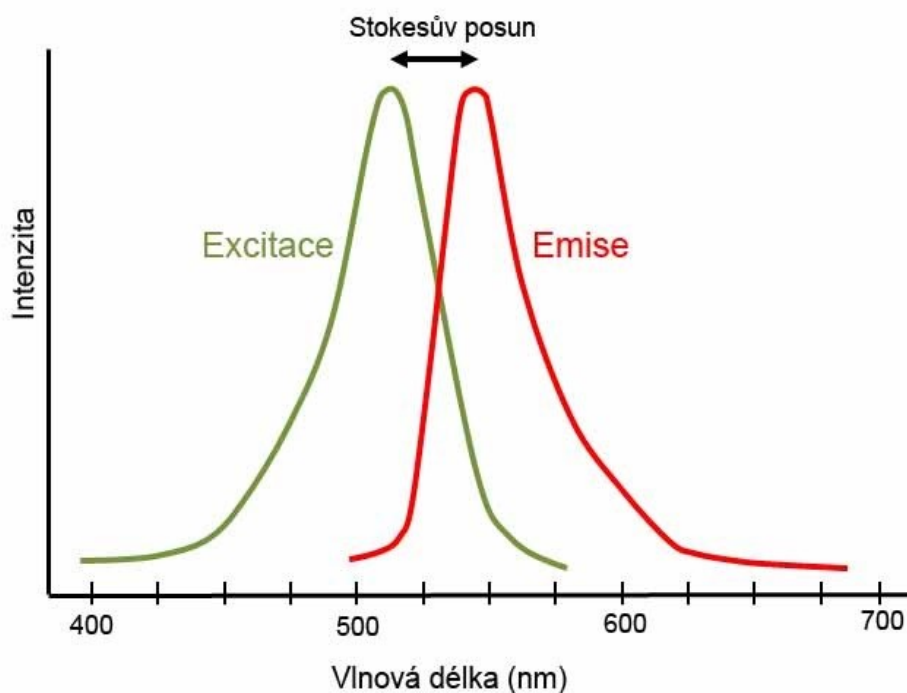
Obsah volných mastných kyselin se stanovuje pomocí ukazatele – čísla kyselosti. Mezi další ukazatele vlastností a kvality tuků patří obsah veškerých mastných kyselin, vyjádřeného pomocí čísla zmydlnění, obsah esterově vázaných mastných kyselin – esterovým číslem, obsah hydroxylových skupin – hydroxylovým číslem, obsah dvojných vazeb – jodovým číslem a obsah polyenových vazeb – Rho-danovým číslem [52].

Číslo kyselosti udává obsah volných mastných kyselin. Pro rostlinné oleje lisované za studena byl limit 4 mg KOH/g oleje. Pro rafinované oleje, průmyslově zpracované za vysoké teploty a tlaku je limit 0,6 mg KOH/g oleje. Margaríny max. 2,0 mg KOH/g tuku. Tyto limity udávala Vyhláška č. 90/2000 Sb., která byla novelizována Vyhláškou 397/2016 Sb. [60]. Jelikož evropská legislativa se tímto limitem již nezabývá, byla vyřazena i z národní legislativy. Limit čísla kyselosti a obsah volných mastných kyselin si může každý výrobce stanovit sám, ve své vnitřní normě.

Pro kvalitativní stanovení FFA se nejprve tyto kyseliny musí separovat či extrahovat od ostatních lipidických frakcí a následně se stanoví pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC), chromatografie s hmotnostním spektrometrem (GC – MS) nebo plynové chromatografie s plamenovým ionizačním detektorem (GC – FID) [57].

4.5 FLUORESCENČNÍ SPEKTROMETRIE

Fluorimetrie obsahuje skupinu analytických metod, které jsou založeny na luminescenci záření. Tyto metody jsou založeny na schopnosti některých látek emitovat fluorescenční záření po předchozím převedení do excitovaného stavu ve viditelné či ultrafialové oblasti. Excitovaný stav se dosáhne absorpcí těchto uvedených záření. Luminescence jsou schopny velké rovinné molekuly s konjugovanými dvojnými vazbami a krystalické luminescenční materiály, nazývané jako luminofory. Fluorescenční spektrální zářivý tok závisí na vlnové délce excitačního záření a na emisní vlnové délce. Závislost intenzity fluorescence na vlnové délce při konstantní vlnové délce budícího záření je charakterizováno jako emisní spektrum. Závislost intenzity fluorescence na vlnové délce při konstantní vlnové délce emitovaného záření je charakterizováno jako excitační spektrum [16, 42, 51]. Rozdíl mezi emisní a excitační vlnovou délkou se nazývá Stokesův posun.



Obr. 4: Excitační a emisní spektrum [18]

Samotná metoda se zabývá vlastnostmi vzorku, pomocí určitého úseku spektra, který se měří při určitých vlnových délkách. Jedná se o selektivní, přesnou a rychlou metodu. Fluorescenční spektrometrie využívá přenosu elektronové excitační energie mezi fluoreskujícím akceptorem a donorem a závislostí emisních vlastností fluoroforu na prostředí. Faktory ovlivňující fluorescenci jsou vlnová délka excitace, pH, koncentrace látky, přítomnost iontů a teplota. Využívá se v biomedicině (vyobrazení buněčných složek, identifikace a dělení buněk) nebo při biochemickém či biofyzikálním výzkumu [42, 51].

Měření se provádí pomocí fluorimetrů, který zaznamenává excitační a emisní spektra měřených vzorků. Pokud přístroj dokáže změřit excitační i emisní spektra, nazývá se spektrofluorimetr, měřící střední signál celého vzorku umístěného v kyvetě nebo v jamce mikrodestičky. Stanovení probíhá u látek, které mají ve své struktuře fluorofory, které jsou schopny emitovat absorbované záření. Rozlišujeme dva druhy spekter. Nekorigovaná spektra jsou zkreslena charakteristikami přístroje a detektor je na různé vlnové délky odlišně citlivý. Korigovaná emisní spektra jsou přesná naměřená spektra, která jsou vynásobena korelačním faktorem pro každou vlnovou délku [42].

Jedlé tuky a oleje mohou dle jejich složení obsahovat různé fluorofory, v oblasti vlnových délek excitace 320 – 400 nm a emise 360 – 700 nm [64].



Obr. 5: Spektrofluoriemetr Shimadzu RF – 1501

4.6 Infračervená spektroskopie - FTIR

Pro stanovení identifikace a strukturní charakteristiky organických sloučenin a anorganických látek se využívá infračervená spektroskopie s Flurierovou transformací. Infračervená spektra lze měřit v pevném, kapalném i plynném stavu. Jedná se o metodu, založenou na absorpci či pohlcení infračerveného záření při průchodu materiálem o různé vlnové délce. Rozsah měřených oblastí je rozdělen na blízkou ($13000 - 4000 \text{ cm}^{-1}$), střední ($4000 - 200 \text{ cm}^{-1}$) a vzdálenou ($200 - 10 \text{ cm}^{-1}$). Při průchodu infračerveného záření vzorkem dochází k rotačně vibračním změnám energetického stavu molekuly. Tyto změny závisí na změnách dipólu molekuly [24].

FTIR spektrometry pracují na principu inference spektra. Pro klasický spektrální záznam vyžadují matematickou metodu Flurierovy transformace. Na polopropustný dělič paprsků přechází záření ze zdroje, který polovinu paprsků propustí k pohyblivému zrcadlu a druhá se odráží směrem k pevnému zrcadlu. K interferenci dochází, když se paprsky obou vzájemně kolmých zrcadel zpětně odčítají nebo sčítají. Měnicí opticky dráhový rozdíl obou paprsků dopadá na detektor vyhodnocující interferogram, obsahující všechny spektrální informace [19].

5 REOLOGIE TUKŮ

Jedná se o experimentální techniku, která určuje reologické vlastnosti materiálu nebo hmoty, což jsou vlastnosti, které mají vliv na tok látek a změnu tvaru (deformaci). Tyto parametry jsou v potravinářství důležité pro navrhování zařízení pro čerpání, hnětení, odstředování, skladování či přepravu v jednotlivých technologických krocích při výrobě potravin, dále pro hodnocení textury nebo pro měření konzistence. Zároveň jsou reologické vlastnosti potravin ovlivněny celkovým složením daného výrobku či materiálu [31, 49].

Pro měření se používají reometry. Popis materiálu pomocí tokových křivek se získá z naměřených hodnot reometru (závislost mezi smykovou rychlostí a smykovým napětím). Existují dva typy. Prvním je tzv. rotační reometr, který měří smykové deformace při nízkých rychlostech (10^{-2} - 10^2 s⁻¹). Hlavní část tohoto reometru tvoří rotor (pohyblivá část) a stator (statická část), mezi kterými je zkoušený materiál či hmota. Měřicí geometrie jsou koaxiální válce, kužel – deska, deska – deska. Výhodou rotačního reometru je, že umožňuje měřit i jiné reologické vlastnosti (viskoelastické moduly, komplexní viskozitu, smykové napětí, rychlost smykové deformace, prahové napětí). Druhým je kapilární reometr, který měří smykové deformace při středních až vysokých rychlostech (10 – 10^3 s⁻¹). Využívá se na měření vysoce polymerních tavenin nebo vysoce koncentrovaných roztoků. Při měření se hodnotí: tlakový pokles po délce kapiláry, teplota a objemový průtok [9, 34, 44]

Základní veličinou je viskozita, která určuje míru odporu proti toku. Rozlišení smykové nebo elongační viskozity je dáno druhem zatížení. Podle způsobu měření rozlišujeme dynamickou a kinematickou viskozitu. Dynamická viskozita je charakterizována jako viskozita kapaliny, která je vystavena smyku mezi dvěma rovnoběžnými deskami. Kinematická viskozita znamená podíl dynamické viskozity a hustoty měřené kapaliny. Dynamická viskozita je definována Newtonovou rovnicí:

$$\eta = \frac{\tau}{\gamma}$$

kde:

τ = smykové napětí [Pa];

η = dynamická viskozita [Pa s];

γ = smyková rychlost deformace [s⁻¹].

Velká většina potravinářských produktů vykazuje ne-Newtonské chování, které představuje nelineární tok. Dle tvaru a průběhu funkční závislosti smykového napětí na smykové rychlosti dělíme tyto látky s časově nezávislými reologickými parametry na pseudoplastické, viskoplastické a dilatantní. Pokud jsou látky časově závislé na reologických parametrech, rozlišujeme tixotropní a reopektické. Samostatnou skupinou jsou pak látky viskoelastické. Pseudoplastické nadmolekulární struktury může rozrušit konstantní smykové napětí, které má za příčinu snížení viskozity a času [3, 34, 44].

Deformace materiálu může probíhat pomocí elastické deformace, která je vratná, neboť po odeznění vnější síly působící na těleso deformace vymizí. Dále může probíhat pomocí viskózní deformace, která je vratná jen částečně, kdy po odstranění vnější síly nastává trvalá změna tvaru. Existují však látky viskoelastické a jejich deformace je částečně vratná [5].



Obr. 6: Přístroj HAAKE RheoStress 1 [44]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo stanovení vybraných fyzikálně chemických vlastností másla a roztíratelných tuků, pomocí těchto parametrů:

- stanovit texturní profilovou analýzu másla a roztíratelných tuků;
- číslo kyselosti a obsahu volných mastných kyselin ve vzorcích;
- krystalizační píky a body tání mléčného tuku pomocí diferenční skenovací kalorimetrie;
- excitační a emisní spektrum pomocí fluorescenční spektrometrie;
- analyzovat reologické vlastnosti másla a roztíratelných tuků;
- statisticky analyzovat výsledky provedených metod.

7 MATERIÁL A METODIKA

7.1 Použité chemikálie

- Cyklohexan (Sigma-Aldrich, Německo)
- Diethylether (Lachner, Neratovice)
- Etanol (Penta, Praha)
- Hydroxid draselný (Sigma-Aldrich, Německo)
- Fenolftalein (IPL, Uherský Brod)

7.2 Použité tržní druhy másla a roztíratelných tuků

V experimentální části práce bylo použito pět druhů másel a pět druhů roztíratelných tuků, které byly zakoupeny v tržní síti. Čtyři druhy másla byly vyrobeny v České republice, pouze první vzorek byl vyroben v Polsku. Roztíratelné tuky a margaríny byly vyrobeny v České republice. V průběhu měření byly másla a margaríny skladovány v chladicím zařízení, při teplotě 2 – 6 °C.

V tabulkách č. 3 a 4 jsou znázorněny názvy zakoupených výrobků (másel a roztíratelných tuků) včetně číselného označení, dále hmotnosti ve spotřebitelském balení, data spotřeby a výrobce. U másel je znázorněn celkový obsah mléčného tuku, u roztíratelných tuků je znázorněn obsah tuku. Čtyři vzorky roztíratelných tuků mají totožného výrobce, mohou se však lišit technologií výroby a složením.

Tab. 3: Popis testovaných másel

Název	Hmotnost	Obsah mléčného tuku	Spotřeba	Výrobce
(1) Polské máslo	250 g	82 % hm.	6. 12. 2018	MLECZARSKA "ROKITNIANKA", Polsko
(2) Olomoucké máslo	250 g	82 % hm.	24. 11. 2018	OLMA, a.s.
(3) Tatra máslo	200 g	84 % hm.	1. 12. 2018	Mlékárna Hlinsko, a.s.
(4) Česká chuť	250 g	82 % hm.	26. 11. 2018	OLMA, a.s.
(5) Dr. Halíř	250 g	82 % hm.	18. 12. 2018	Mlékárna Čejetičky, spol. s r.o.

Tab. 4: Popis testovaných roztíratelných tuků

Název	Hmotnost	Obsah tuku	Spotřeba	Výrobce
(6) Perla	500 g	39 %	24. 2. 2019	UNILEVER ČR, spol. s r.o.
(7) Rama	250 g	60 %	30. 12. 2018	UNILEVER ČR, spol. s r.o.
(8) Flora	400 g	60 %	10. 2. 2019	UNILEVER ČR, spol. s r.o.
(9) Hera	250 g	72 %	24. 3. 2019	UNILEVER ČR, spol. s r.o.
(10) Zlatá Haná	250 g	73 % (z toho 85% rostlinného a 15 % mléčného tuku)	22. 12. 2018	OLMA, a.s.

Tabulka č. 5 udává výživové údaje na 100 g výrobku, které uvádí výrobce na spotřebitelském obalu. U vzorku č. 2 a 4 jsou totožné hodnoty, neboť tyto výrobky mají stejného výrobce (OLMA, a.s.) a liší se pouze obalovým materiálem. Nejvyšší energetickou hodnotu a nejvyšší zastoupení obsahu mléčného tuku má vzorek č. 3 – Farmářské máslo, které se od ostatních liší jak v hmotnosti spotřebitelského balení, tak v obsahu soli. I když má farmářské máslo vysoký obsah nasycených mastných kyselin ještě o 2 g/100 g výrobku má víc máslo vyrobené v Polsku. Výrobci na etiketě dále uvádí bílkoviny a sacharidy s vyčleněním cukrů.

Tab. 5: Výživové hodnoty másla na 100 g výrobku

Výživové údaje na 100 g výrobku	Polské máslo (1)	Olomoucké máslo (2)	Farmářské máslo (3)	Česká chuť máslo (4)	Dr. Halíř máslo (5)
Energetická hodnota	3060/744 kJ/kcal	3095/739 kJ/kcal	3134/762 kJ/kcal	3095/739 kJ/kcal	3056/743 kJ/kcal
Bílkoviny	0,70 %	0,6 g	0,7 g	0,6 g	0,6 g
Sacharidy	0,60 %	0,8 g	0,8 g	0,8 g	0,7 g
z toho cukry	0,60 %	0,8 g	0,8 g	0,8 g	0,7 g
Tuky	82,11 %	83 g	84 g	83 g	82 g
z toho nasycené mastné kyseliny	57,4 g	51 g	55 g	51 g	52 g
Sůl	0,02g/100g	0,02g/100g	0,10 g	0,02g/100g	0,02g/100g

Tabulka č. 6 udává výživové údaje na 100 g výrobku u roztíratelných tuků, které byly taktéž získány ze spotřebitelského obalu. U těchto výrobků se navíc značí i obsah vitamínu A, D a E. Flora (8) obsahuje navíc i deklarované množství omega – 3 a omega – 6 mastných kyselin. Nejvyšší podíl soli a tuku má výrobek č. 10 (Zlatá Haná), naopak nejnižší obsah tuku má vzorek č. 6 (Perla). Zlatá Haná obsahuje taky nejvyšší podíl nasycených mastných kyselin, a to z důvodu obsahu mléčného tuku. S tím souvisí i její vysoká energetická hodnota.

Tab. 6: Výživové hodnoty roztíratelných tuků na 100 g výrobku

Výživové údaje na 100 g	Perla (6)	Rama (7)	Flora (8)	Hera (9)	Zlatá Haná (10)
Energetická hodnota	1450 kJ/ 346 kcal	2241 kJ/ 535kcal	1673 kJ/ 405 kcal	2666 kJ/ 637 kcal	2762 kJ/ 659 kcal
Bílkoviny	0 g	<0,5 g	<0,5 g	<0,5 g	0,6 g
Sacharidy	0 g	0,5 g	<0,5 g	<0,5 g	0,8 g
z toho cukry	0 g	0,5 g	<0,5 g	<0,5 g	0,8 g
Tuky	39 g	60 g	45 g	72 g	74 g
z toho nasycené mastné kyseliny	10 g	24 g	10 g	34 g	35 g
Sůl	0,32 g	0,23 g	0,52 g	0,21 g	0,02 g
Vitamin A	800 µg (100 %*)	800 µg (100 %*)	800 µg (100 %*)	800 µg (100 %*)	-
Vitamin D	7,5 µg (150 %*)	7,5 µg (150 %*)	7,5 µg (150 %*)	7,5 µg (150 %*)	-
Vitamin E	18 mg (150 %*)	7,5 mg (60 %*)	14 mg (120 %*)	-	-
Omega 3	-	-	5,6 g	-	-
Omega 6	-	-	18 g	-	-
* % z referenční hodnoty příjmu u průměrné dospělé osoby (8400 kJ/2000kcal)					

V tabulce č. 7 jsou uvedeny názvy vzorků roztíratelných tuků, jejich označení, zařazení a celkové složení převzaté ze spotřebitelského obalu. Je zřejmé, že všichni výrobci udávají obsah rostlinných olejů, barviv a emulgátorů. Dále jsou přítomny konzervanty, regulátory kyselosti, sůl nebo aroma.

Tab. 7: Složení roztíratelných tuků

Vzorek	Označení	Složení
(6) Perla	margarín light s obsahem tuku (39 %)	voda, rostlinné oleje (řepkový, slunečnicový), palmový tuk, jedlá sůl (0,3 %), emulgátor (mono- a diglyceridy mastných kyselin), regulátor kyselosti (kyselina citronová), aroma, máslové aroma, vitamin (A, D, E), barvivo (karoteny)
(7) Rama	margarín se sníženým obsahem tuku (60 %)	voda, palmový tuk, řepkový olej (24 %), sušené podmásli, emulgátory (mono- a diglyceridy mastných kyselin, slunečnicový lecitin), jedlá sůl (0,2 %), konzervant (sorban draselný), regulátor kyselosti (kyselina mléčná), přírodní aroma, vitaminy (A, D, E), barvivo (karoteny)
(8) Flora	roztíratelný tuk se sníženým obsahem tuku (45 %)	voda, rostlinné oleje (slunečnicový 24%, lněný 10%, palmový, řepkový 2%), jedlá sůl (0,5%), sušené podmásli, emulgátor (mono- a diglyceridy mastných kyselin, slunečnicový lecitin), konzervant (sorban draselný), regulátor kyselosti (kyselina citronová), přírodní aroma, vitamin (A, D), barvivo (karoteny)
(9) Hera	rostlinný roztíratelný tuk (72 %) na pečení	rostlinné oleje (palmový, řepkový, slunečnicový, v různém poměru), voda, emulgátor (slunečnicový lecitin, mono- a diglyceridy mastných kyselin), sušená syrovátka, jedlá sůl (0,2%), aroma, regulátor kyselosti (kyselina citronová), vitamin (A, D), barvivo (karoteny)
(10) Zlatá Haná	roztíratelný směsný tuk 74 %	palmový, řepkový, bambucký, kokosový olej, mléčný tuk, mléčný zákys, emulgátor (E 471), barviva (beta - karoten)



Obr. 7: Tržní druhy másel.



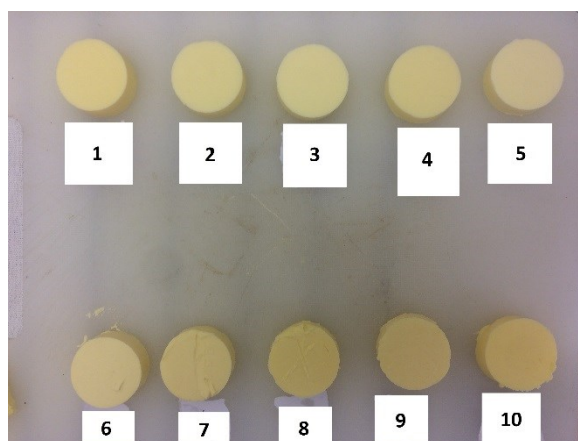
Obr. 8: Tržní druhy roztíratelných tuků

7.3 Použité měřicí zařízení a postupy měření

7.3.1 Hodnocení texturní profilové analýzy máseł a roztíratelných tuků

Texturní profilová analýza máseł a roztíratelných tuků byla provedena přístrojem TA.XT. plus, Texture Analysis, Výrobce: Stable Micro Systems, Velká Británie.

Vzorky o tloušťce 1,5 cm, byly vykrojeny pomocí válce, který měl průměr 3,5 cm. Rozměr vzorku byl 15 x 35 mm. Vzorek se umístil na vyznačené místo přístroje. Ke kompresi byla použita sonda SMS P/50 (průměr 50 mm). Režim měření spočíval v principu opakovaného stlačení ve dvou cyklech (1. stlačení, návrat sondy, prodleva, 2. stlačení vzorku, návrat sondy), při teplotě $15 \pm 0,5$ °C (teplota vzorků byla ověřené pomocí vpichového teploměru). Měření bylo provedeno pomocí metodiky - distance 5 mm a 10% deformace. Distance je hodnota penetrace, tj. vzdálenosti průniku sondy do vzorku měřená od povrchu daného vzorku. A druhý postup je měření napětí při 10% deformaci.



Obr. 9: Příprava vzorků

7.3.2 Stanovení čísla kyselosti a volných mastných kyselin

Pro toto stanovení jsme využili titrační metodu. Hmotnost vzorku se řídila podle očekávaného obsahu volných mastných kyselin, který byl 1 až 4 %, proto se zvolila navážka $10 \pm 0,5$ g vzorku, která probíhala na analytických vahách. Vzorky tuku se nejprve rozpustily při teplotě 30 – 40 °C na vařiči a následně zfiltrovaly přes filtrační papír. Filtrát se rozpustil v předem zneutralizované směsi diethyletheru a 95 % ethanolu (poměr 1:1). Takto vzniklý roztok se za současného míchání titroval alkoholickým roztokem hydroxidu draselného o koncentraci $c = 0,1$ mol/l. Jako indikátor byl použit fenoftalein. Do spotřeby odměrného roztoku při titraci vzorku bylo třeba odečíst spotřebu při titraci slepého vzorku. Titrace slepého vzorku bez naváženého tuku byla uskutečněna před vlastním měřením.

Titrací jsme získali vyjádření obsahu volných mastných kyselin ve hmotnostních procentech dle následujícího vztahu:

$$\frac{V \cdot c \cdot M}{10 \cdot m}$$

kde

V = spotřeba titračního roztoku hydroxidu draselného v ml;

c = přesná koncentrace roztoku hydroxidu draselného v mol/l;

M = molární hmotnost kyseliny olejové použité pro výpočet (= 282 g/mol);

m = hmotnost vzorku v g.

Číslo kyselosti je mírou obsahu volných mastných kyselin v tuku a vyjadřuje se jako hmotnost hydroxidu draselného (v mg) potřebného k neutralizaci kyselin obsažených v 1 g tuku. Vztah pro výpočet čísla kyselosti:

$$\frac{56,11 \cdot c_{KOH} \cdot V_{KOH}}{m_v} \quad [\text{mg/g}]$$

Výsledkem byl aritmetický průměr ze dvou měření pro každý vzorek.

7.3.3 DSC

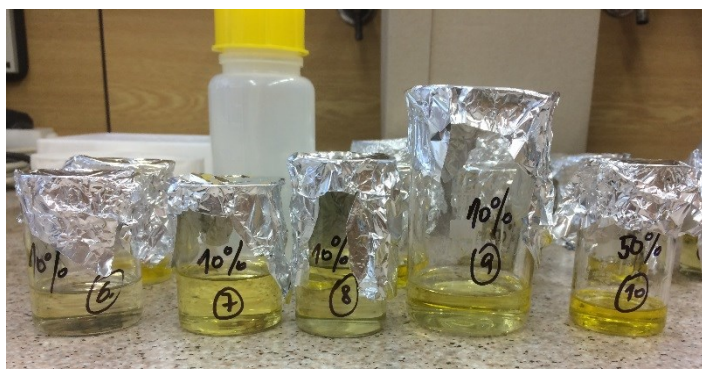
Diferenční skenovací kalorimetrie byla provedena na přístroji DSC 1 Star System, Výrobce: Mettler – Toledo, Švýcarsko. Navážka vzorku (15 ± 1 mg) byla rovnoměrně rozprostřena do aluminiových pánviček, které byly hermeticky uzavřeny. Prázdňá hermeticky uzavřená pánvička byla použita jako reference. Všechny vzorky byly měřeny v následujícím teplotním režimu. Nejprve došlo k zahřátí vzorku s dynamickým nárůstem teploty od $+25$ °C do $+70$ °C (10 °C/min.). Další krok probíhal při 70 °C/5 min. Následovalo chlazení od 70 °C do -40 °C (5 °C/min). Poté -40 °C po dobu 3 minut a posledním krokem byl ohřev od -40 °C do $+70$ °C (5 °C/min.). U všech DSC křivek byly vyhodnoceny teploty píků tání a krystalizace a jejich entalpie (J/g).

7.3.4 Fluorescenční spektrometrie

Fluorescenční spektrometrie másla a roztíratelných tuků byla provedena spektrofotometrem Shimadzu RF – 1501 (Shimadzu, Japonsko). Excitační vlnová délka byla $220 - 360$ nm, emisní vlnová délka byla $300 - 800$ nm. Dále probíhal automatický odečet intenzity fluorescenčního záření podle jednotlivých nanometrických jednotek (excitačně - emisní spektrum). Pro analýzu byly využity křemenné kvety vhodné pro UV-VIS oblast s optickou délkou 1 cm.

Příprava vzorků

Nejprve došlo k rozpuštění másla a roztíratelných tuků. Rozpuštěný vzorek byl zfiltrován při teplotě 30 až 40 °C a po přidání nepolárního rozpouštědla došlo k jeho homogenizaci. Kyveta byla naplněna získaným roztokem po rysku a bylo zahájeno měření na spektrofotometrickém přístroji v 1 cm kyvetě. Jako referenční roztok bylo použito rozpouštědlo cyklohexan 99,9 %. Pro másla byla zvolena koncentrace 1 % a 2 % (w/v, tj. 1 g/100 ml a 2 g/100 ml), v případě margarínů činila testovaná hmotnostní koncentrace 10 % a 50 %.



Obr. 10: Připravené vzorky roztíratelných tuků pro fluorescenční spektrometrii

7.3.5 Reologie másla a roztíratelných tuků

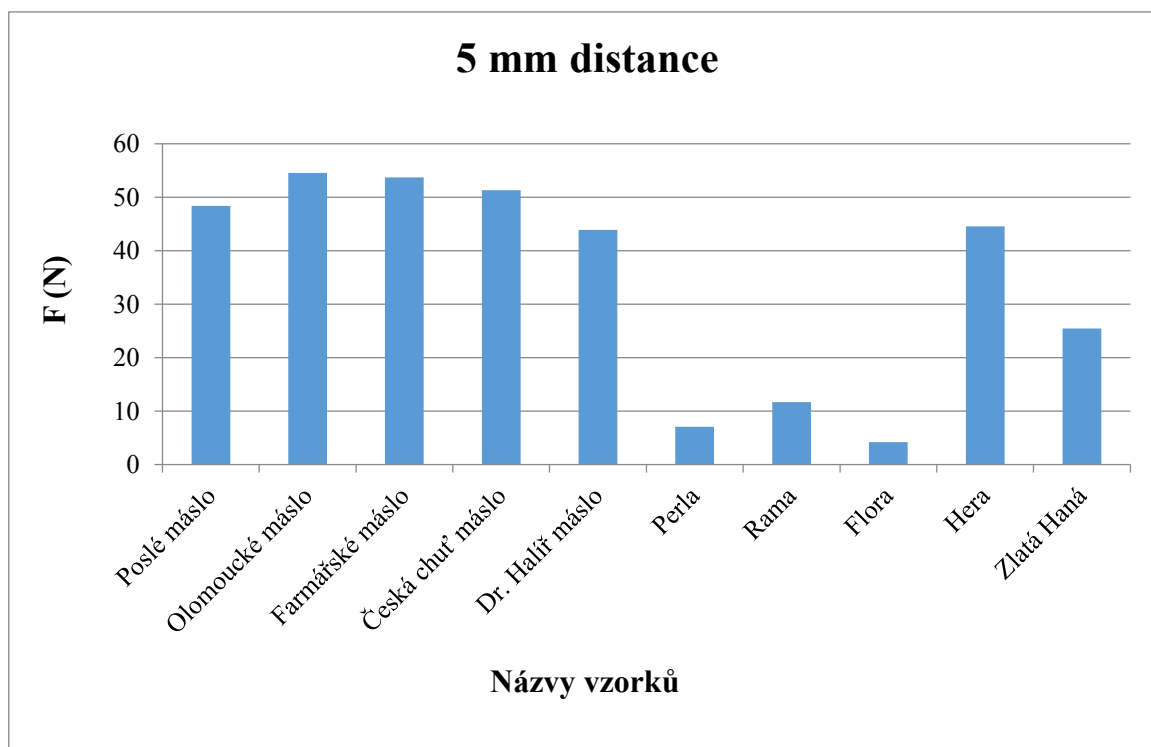
Reologická analýza byla provedena na přístroji HAAKE RheoStress 1, Výrobce: Thermo Fisher Scientific, USA. Jednotlivé vzorky byly postupně umístěny do geometrie deska (Platte P35TiL) – deska (Measuring plate cover MPC35). Vzdálenost mezi měřicími deskami byla 2 mm. Pomocí softwaru HAAKE RheoWin (Thermo Scientific, USA) byly stanoveny následující parametry: frekvence, elastický modul, ztrátový modul, komplexní viskozita a fázový posun/ztrátový úhel. Optimalizované parametry měření byly následující: frekvence (0,1 – 100 Hz), vzdálenost mezi měřicími deskami (2 mm), tlak 20 Pa, teplota měření $15 \pm 0,5$ °C zajištěná pomocí cirkulující vodní lázně Thermostat HAAKE AC 200 (Thermo Scientific, USA). Výsledkem měření byla závislost modulů a komplexní viskozity na frekvenci, z důvodu zjištění viskoelastických vlastností jednotlivých vzorků.

8 VÝSLEDKY A DISKUZE

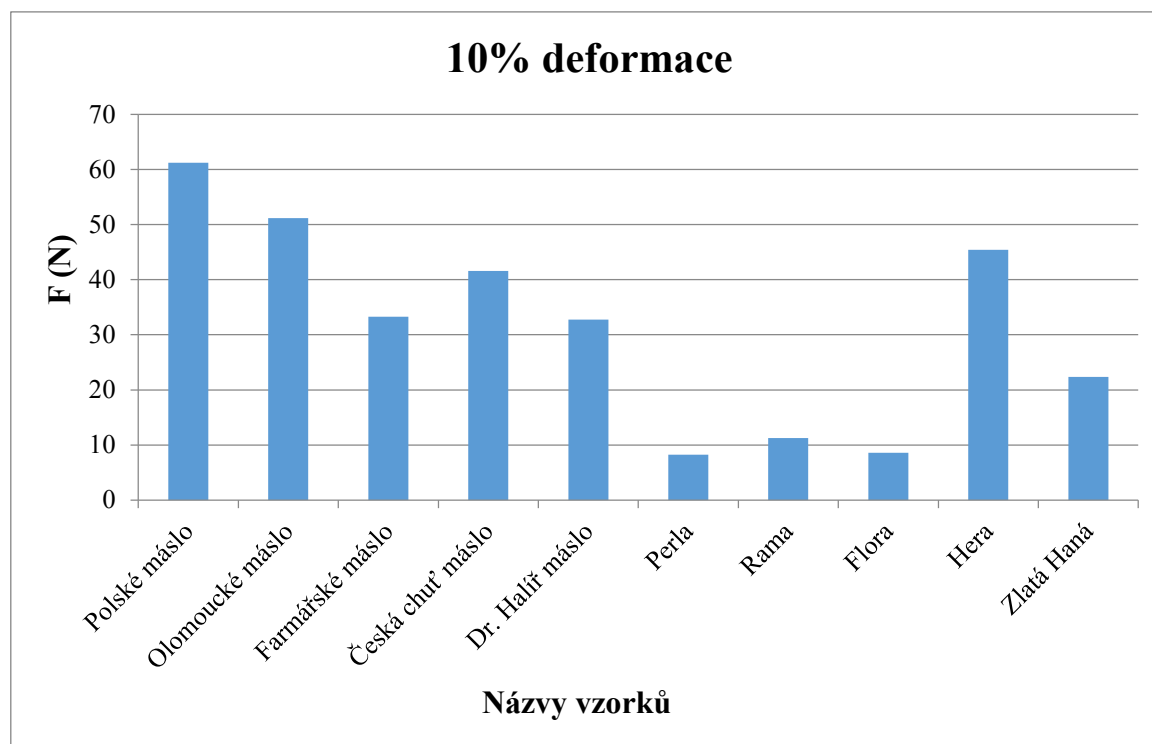
8.1 HODNOCENÍ TEXTURY MÁSLA A ROZTÍRATELNÝCH TUKŮ

Přístrojem TA.XT. plus byla vyhodnocena celková texturní profilová analýza. Hodnota F značí maximální sílu (tvrdość) vzorku, která je vyjádřena jako pík závislosti F na distanci a deformaci. 10% deformace znamená, že vzorek je doformován na 10 % celkové výšky vzorku a je měřeno napětí. Data z měření tvrdosti byly vyhodnoceny do následujících grafů (Obr. 11, 12). Hodnoty tvrdosti másla jsou nižší než u bezvodého mléčného tuku, naopak vyšší než u margarínů [14].

Při penetraci 5 mm dochází na křivce tvrdosti k fluktuaci hodnot, což má vliv na maximální tvrdost a vzdálenost píků, a tím i na texturní parametry (viz příloha PP I.). Odchyłka se většinou připisuje k heterogenitě vzorku, než chybě instrumentální přesnosti. Metody jsou citlivější než subjektivní smyslové ekvivalenty [43]. Pro obě použité metody (vynaloženého napětí 10% deformace a zvolené penetrace 5 mm distance) byly hodnoty texturních parametrů velmi podobné.



Obr. 11: Výsledky TAP pro 5 mm distance



Obr. 12: Výsledky TAP pro 10% deformace

Másla mají oproti margarínům vyšší tvrdost, elasticitu, gumovitost a žvýkatelnost. Krystalizační chování, podmínky skladování, stárnutí, teplota při zpracování mají významný vliv na formulaci a tvrdost výsledného másla. Maximální síla penetrace je při nižších teplotách. Příliš nízká teplota zpomaluje tvorbu máselného zrna [30]. Vlastní měření probíhalo při teplotě $15 \pm 0,5$ °C, pro zachování konzistence a správnosti měření. Stejná másla se však lišila v hodnotách gumovitosti a žvýkatelnosti.

Tab. 8: Vyhodnocení TAP I.a, I.b – tvrdost, elasticita

Texturní profilová analýza - I.a								
Vzorek	Tvrdost 1 [N]		Elasticita 1 [N/s]		Tvrdost 2 [N]		Elasticita 2 [N/s]	
Polské máslo	10%	61,19	10%	21,44	10%	47,68	10%	5,91
	5 mm	48,34	5 mm	23,21	5 mm	23,97	5 mm	3,56
Olomoucké máslo	10%	51,17	10%	7,25	10%	40,68	10%	3,07
	5 mm	54,54	5 mm	5,09	5 mm	31,40	5 mm	1,28
Farmářské máslo	10%	33,26	10%	2,49	10%	26,81	10%	2,77
	5 mm	53,71	5 mm	5,85	5 mm	33,17	5 mm	1,02
Česká chuť máslo	10%	41,59	10%	23,82	10%	32,03	10%	6,20
	5 mm	51,32	5 mm	11,25	5 mm	28,65	5 mm	1,70
Dr. Halíř máslo	10%	32,78	10%	27,76	10%	24,81	10%	8,28
	5 mm	43,90	5 mm	25,01	5 mm	25,51	5 mm	2,71

Texturní profilová analýza - I.b								
Vzorek	Tvrдость 1 [N]		Elasticita 1 [N/s]		Tvrдость 2 [N]		Elasticita 2 [N/s]	
Perla	10%	8,23	10%	0,21	10%	7,29	10%	0,29
	5 mm	7,10	5 mm	25,01	5 mm	5,48	5 mm	1,02
Rama	10%	11,29	10%	0,21	10%	9,91	10%	0,58
	5 mm	11,70	5 mm	0,47	5 mm	7,96	5 mm	0,59
Flora	10%	8,58	10%	4,55	10%	6,29	10%	2,90
	5 mm	4,23	5 mm	0,31	5 mm	3,09	5 mm	0,78
Hera	10%	45,44	10%	21,54	10%	36,33	10%	7,88
	5 mm	44,56	5 mm	0,28	5 mm	31,22	5 mm	8,24
Zlatá Haná	10%	22,36	10%	1,11	10%	17,64	10%	1,74
	5 mm	25,44	5 mm	17,19	5 mm	17,74	5 mm	1,27

Roztíratelné tuky Hera a Zlatá Haná se některými svými charakteristikami (vysokou hodnotou žvýkatelnosti, elasticity a tvrdosti) podobají spíše másům. Čím vyšší je obsah mastných kyselin ve vzorku, tím je máslo tužší [8]. To potvrzuje i deklarace výrobce na obalu o obsahu tuku. V případě Hery jde o 72 g/100 g výrobku a v případě výrobku Zlatá Haná jde o 74 g/100 g výrobku. Navíc Zlatá Haná obsahuje 15 % mléčného tuku a Hera sušenou syrovátku. Fyzikální vlastnosti (např. tvrdost) mléčného tuku a jeho produktů jsou silně ovlivněny tavicími vlastnostmi tryacylglycerolů, které jsou zase závislé na vlastnostech jejich esterifikovaných mastných kyselin [8]. Hera je ztužený pokrmový tuk, který se vyrábí procesem hydrogenace nenasycených vazeb mastných kyselin. Perla, Rama a Flora se oproti tomu chovají, jako klasické margaríny s nízkou gumovitostí a žvýkatelností. Důvodem může být i nízký celkový obsah tuku, který je 39, 60 a 45 g/100g výrobků nebo přítomnost emulgátoru, které ovlivňují strukturu krystalické sítě a emulzní stabilitu [14].

Tab. 9: Vyhodnocení TAP II.a, II.b – přilnavost, pružnost, gumovitost, žvýkatelnost

Texturní profilová analýza - II.a								
Vzorek	Přilnavost [N]		Pružnost [mm]		Gumovitost [N]		Žvýkatelnost [N]	
Polské máslo	10%	-16,79	10%	1,29	10%	31,81	10%	34,03
	5 mm	-11,82	5 mm	3,98	5 mm	28,35	5 mm	53,58
Olomoucké máslo	10%	-10,22	10%	1,15	10%	26,91	10%	24,58
	5 mm	-16,08	5 mm	2,81	5 mm	35,88	5 mm	59,27
Farmářské máslo	10%	-7,37	10%	1,15	10%	11,06	10%	10,57
	5 mm	-13,73	5 mm	3,32	5 mm	24,38	5 mm	29,75
Česká chuť máslo	10%	-13,78	10%	1,30	10%	21,53	10%	21,60
	5 mm	-12,28	5 mm	3,56	5 mm	27,92	5 mm	40,60
Dr. Halíř máslo	10%	-9,70	10%	1,25	10%	16,09	10%	15,60
	5 mm	-12,70	5 mm	3,15	5 mm	25,61	5 mm	38,69

Texturní profilová analýza - II.b								
Vzorek	Přilnavost [N]		Pružnost [mm]		Gumovitost [N]		Žvýkatelnost [N]	
Perla	10%	-1,59	10%	0,95	10%	5,04	10%	3,38
	5 mm	-3,16	5 mm	2,47	5 mm	2,24	5 mm	1,10
Rama	10%	-2,40	10%	0,68	10%	6,28	10%	3,03
	5 mm	-4,88	5 mm	3,40	5 mm	3,82	5 mm	2,59
Flora	10%	-3,10	10%	1,20	10%	6,09	10%	7,04
	5 mm	-1,58	5 mm	4,78	5 mm	2,29	5 mm	2,20
Hera	10%	-13,59	10%	0,82	10%	24,24	10%	21,38
	5 mm	-21,64	5 mm	1,88	5 mm	49,50	5 mm	89,16
Zlatá Haná	10%	-9,91	10%	1,22	10%	11,18	10%	10,65
	5 mm	-12,48	5 mm	2,37	5 mm	41,38	5 mm	123,68

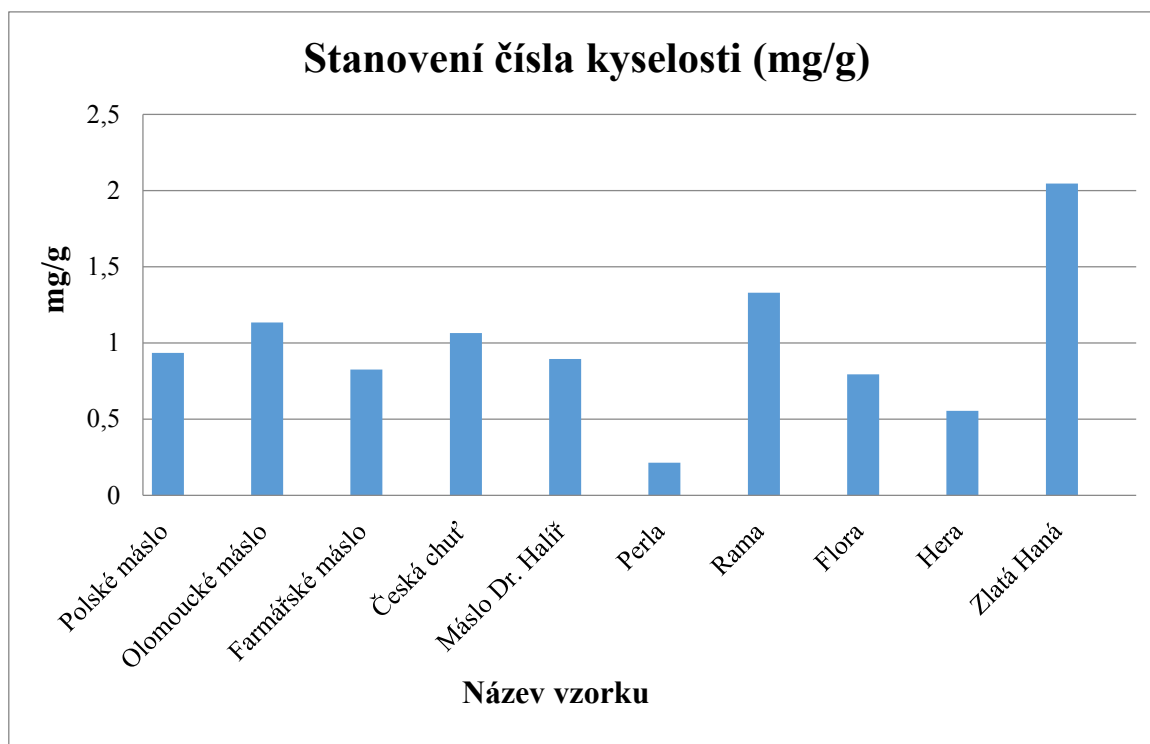
Při měření distance 5mm došlo u másel k projevu elastické struktury tím, že vzorek se částečně vracel do původního rozměru. U margarínů naopak docházelo k trvalé deformaci vzorku 5 mm. V případě měření 10% deformace, bylo měření uskutečněno z důvodu stanovení tvrdosti v lineární oblasti deformační křivky, jejíž směrnici je Youngův modul pružnosti.

Zjištěné texturní parametry souvisí se složením, konzistencí a roztíratelností jednotlivých másel a roztíratelných tuků. V případě delšího skladování např. až 60 dnů dochází k postkrystalizaci, která vede k dalšímu rozvoji sítě tukových krystalů, a tím ke zvýšení tvrdosti [46].

8.2 Stanovení čísla kyselosti a obsahu volných MK

8.2.1 Číslo kyselosti

Číslo kyselosti je mírou obsahu volných mastných kyselin v tuku a vyjadřuje se jako hmotnost hydroxidu draselného (v mg) potřebného k neutralizaci kyselin obsažených v 1 g tuku.



Obr. 13: Stanovení čísla kyselosti (mg KOH/g tuku)

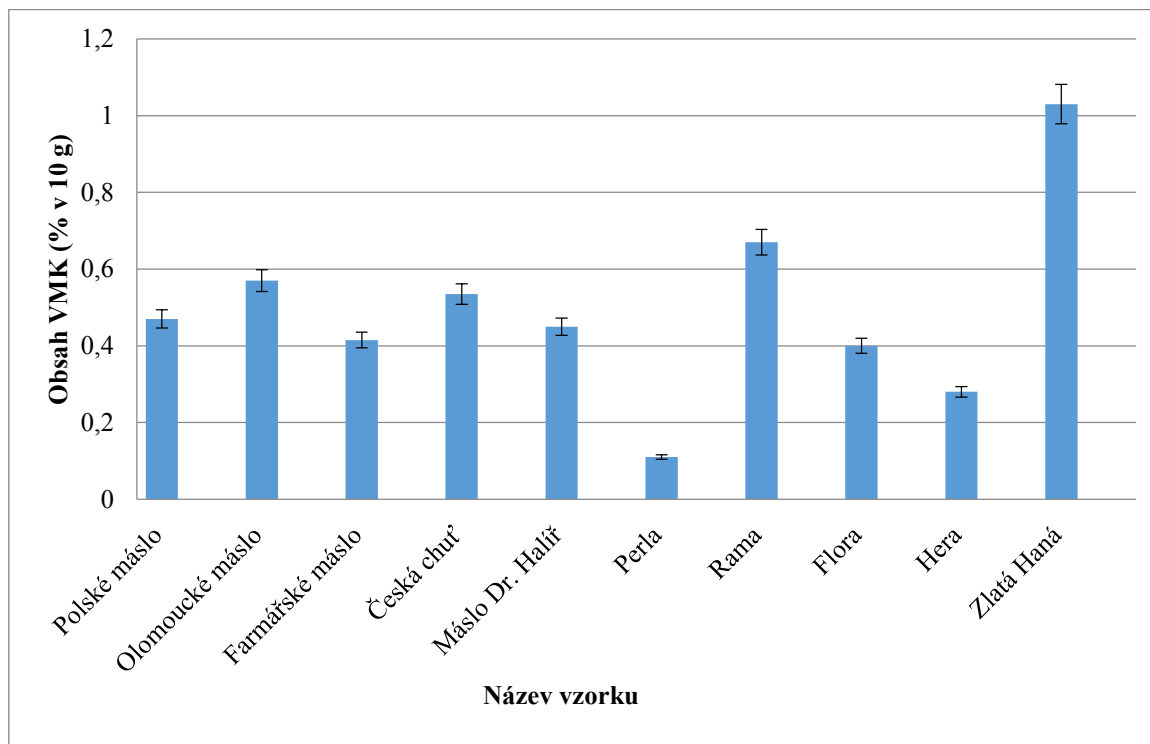
Číslo kyselosti je tím vyšší, čím vyšší je obsah volných mastných kyselin. Tímto tvrzením lze potvrdit vyhodnocené výsledky na obr. 15, neboť trend závislosti čísla kyselosti na typu vzorku kopíruje rozdíly v obsahu volných mastných kyselin mezi jednotlivými másly a margaríny. Většina analyzovaných vzorků nepřekročila 2,0 mg KOH/g tuku [60].

2,045 mg KOH/g tuku obsahuje vzorek Zlatá Haná. Tato vysoká hodnota může značit přítomnost směsných rostlinných tuků ve vzorku – palmový, řepkový, bambucký, kokosový, mléčný, které mají rozdílné zastoupení mastných kyselin. Například řepkový olej obsahuje nejvyšší podíl kyseliny olejové, oproti tomu u mléčného tuku převažují nasycené mastné kyseliny [47].

Přípustnými hodnotami pro rafinované rostlinné oleje je 0,6 mg KOH/g tuku. Pro sádlo, tedy živočišný tuk je 1,3 mg KOH/g tuku. Číslo kyselosti se u másel pohybovalo od 0,825 až 1,135 mg KOH/g tuku. U margarínů od 0,215 do 1,33 mg KOH/g tuku (s výjimkou Zlaté Hané). Číslo kyselosti je u margarínů běžně udáváno v rozmezí 0,3 – 1,0 mg KOH/g tuku, což je relativně v souladu s vyhodnocenými výsledky [52].

8.2.2 Stanovení obsahu volných mastných kyselin

Obsah volných mastných kyselin byl vyjádřen jako číslo kyselosti, pomocí použité titrační metody hydroxidem draselným.



Obr. 14: Obsah volných mastných kyselin (% v 10 g)

Z výsledku je zřejmé, že obsah volných mastných kyselin u másel se pohyboval od 0,045 do 0,057 % v 1 g tuku, u roztíratelných tuků od 0,011 až 0,103 % v 1 g tuku. Obsah volných mastných kyselin by se měl přibližovat nule [39]. Nejnižší hodnota (0,011 %/1 g) byla stanovena u vzorku Perla. Důvodem je, že Perla obsahuje dle deklarace výrobce na obalu jen 0,39 g celkových tuků/1 g tuku. Nejvyšší hodnota byla stanovena u vzorku Zlatá Haná, a to 0,103 g/1 g – obsah tuku 0,74 g/1 g. Rafinací se FFA odstraňují včetně všech dalších doprovodných látek, zhoršující jakost výrobků [6].

Nízké hodnoty jsou zřejmé u hydrogenovaných roztíratelných tuku Flora a Hera. Nejvyšší zastoupení volných mastných kyselin u Zlaté Hané může souviset nejen s poměrně vysokým obsahem celkového tuku, ale také s přítomností mléčného tuku (15 % hm.) v tomto výrobku. Vysoké % FFA značí, že máslo nebylo správně skladováno při vhodné teplotě nebo nebylo vyrobeno dle správné technologie. Homogenizace v procesu výroby narušuje tukové buňky, a pokud tato operace nebyla provedena zcela správně FFA nepřešly do podmáslí a ve výsledném máselném výrobku by mohly způsobovat nepříjemnou hořkou chuť. Tento efekt se zvyšuje, je-li máslo vystaveno přímému slunečnímu záření [39].

Negativní pachové vjemy jsou způsobeny FFA a jejich oxidačními produkty. Pokud by docházelo ke smažení a jejich oxidační produkty se dále podílejí na negativních

V mléčném tuku bylo popsáno více jak 500 různých mastných kyselin, proto je mléčný tuk spojován jako komplexní směs triacylglycerolů. Výrobce neuvádí zastoupení jednotlivých mastných kyselin, proto jejich zastoupení lze stanovit jen obecnými předpoklady. Metodou plynové chromatografie byly popsány jednotlivé mastné kyseliny triacylglycerolů na základě molekulové hmotnosti. Každý pík obsahuje triacylglyceroly se stejným počtem uhlíku [8]. Pokud by koncentrace mastných kyselin s krátkým řetězcem byly zjištěny v másle podstatně vyšší, než deklaroval výrobce, mohlo by to být způsobeno skutečností, že byly použity spíše vzorky celého másla než izolovaný mléčný tuk [33].

8.2.3 Statistické hodnocení čísla kyselosti

Statistickou analýzou rozptylu (ANOVA) bylo provedeno hodnocení čísla kyselosti. Touto použitou metodou dochází ke zkoumání mezi závislými a nezávislými proměnnými při vyhodnocování experimentálních dat. Naše data byla zhodnocena pro máslo a roztíratelné tuky dohromady [48].

Pro statistické zhodnocení výsledků čísla kyselosti byla použita jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA), kterou jsme stanovili, že na hladině významnosti 5% se od sebe jednotlivé vzorky statisticky významně liší. Porovnáme-li máslo a roztíratelné tuky ve společném statistickém souboru, je mezi vzorky v obsahu volných mastných kyselin (čísla kyselosti) statisticky významný rozdíl.

To potvrzuje velmi nízká hodnota pravděpodobnosti nulové hypotézy ($4,4 \cdot 10^{-9}$), stejně jako získaná hodnota Fisherova rozdělení F (125,2), která je vyšší než její F kritická (3,0). Závěrem lze konstatovat, že je mezi vzorky statisticky velmi významný rozdíl na hladině významnosti $p > 0,05$.

8.3 Diferenční skenovací kalorimetrie (DSC)

Tepelné změny ve vzorcích byly analyzovány z termoanalytických křivek (Příloha č. 1) dle zvoleného teplotního programu, viz experimentální část. Mléčný tuk taje ve velmi širokém teplotním rozmezí (- 40 °C až + 40 °C) [46]. Jarní mléčný tuk obsahuje více triacylglycerolů s nízkou teplotou tání (pík se více vyskytuje při nízkých teplotách) a letní mléčný tuk obsahuje více triacylglycerolů s vysokou teplotou tání. Jarní máslo je tedy měkčí než máslo letní. Toto tvrzení není pravidlem pro mlékárenský průmysl založený na krmení obilím [8].

V tabulce jsou uvedeny výsledky měření vzorků metodou DSC. Zaznamenán byl krystalizační pík a píky tání tuků. Konkrétní grafy jednotlivých vzorků jsou uvedeny v příloze PII.

Tab. 10: Výsledky měření DSC oblasti teploty tání a krystalizace

Vzorek		Teplota DSC píků a entalpie ΔH v absolutních hodnotách					
		Krystalizační pík, 3. cyklus (chlazení)		1. pík tání tuku, 5. cyklus (záhřev)		2. pík tání tuku, 5. cyklus (záhřev)	
		Teplota (°C)	Entalpie ΔH (J/g)	Teplota (°C)	Entalpie ΔH (J/g)	Teplota (°C)	Entalpie ΔH (J/g)
1.	Polské máslo	-14	32,2	16,2	18	33,9	192,4
2.	Olomoucké máslo	-19,7	34,2	15,1	30,6	32,6	66,8
3.	Tatra máslo	-16,9	30,6	15,1	34,4	33,4	40,6
4.	Česká chuť	-13,3	38,9	15,3	14,2	32,1	38,5
5.	Dr. Halíř	-9,2	35,2	15,5	14,5	34,4	149
6.	Perla	-15,8	42,6			44,6	335,9
7.	Rama máslová	-16,9	74,3	32,3	417,9	51,1	8,5
8.	Flora	-14,5	42,9	24,6	83,7	50,8	57,3
9.	Hera	-16,7	58,7	37,6	316,1	50,1	26,6
10.	Zlatá Haná	-21,6	39	34,1	43,4		
				8,5	22,2		

Každý tuk má specifické složení mastných kyselin a triacylglycerolů, které jsou charakteristické svým profilem tání a krystalizace.

Profil tání lze rozdělit na tři frakce: nízko tající, středně a vysoko tající. Na křivce teploty tání másla můžeme pozorovat dva endotermní píky, první leží v rozmezí 15 - 16 °C, odpovídající středně tající frakci a 32 – 34 °C náležící vysoko tající frakci mastných kyselin [56]. Triacylglyceroly se středně tající frakcí krystalizují i při vysoké teplotě [30]. Bod tání vzrůstá s prodlužujícím se uhlovodíkovým řetězcem [6]. Ve srovnání s margariny je pík tání másla nižší, je dán relativně vysokým obsahem mastných kyselin s lichým počtem atomů uhlíku a konjugované (nenasyčené) kyseliny linolové v mléčném tuku, která je považována za antikarcinogenní. Lze tedy potvrdit významný vliv konzumace másla na zdraví organismu [4].

Všechny margariny mají pík tání v rozmezí 24 - 44 °C a vyšší hodnoty entalpie ΔH (Tab. 10). Tyto hodnoty odpovídají přítomnosti nasycených mastných kyselin (kaprylová, kaprinová, laurová) [6]. Pík zaznamenaný při teplotě nad 50 °C, přítomný u vzorků č. 7, 8 a 9, by mohl souviset s táním nejstabilnější krystalické modifikace triacylglycerolů, tzv. β – formy, do které během skladování přechází metastabilní β' – forma [7]. Dále může tato vysoká teplota potvrdit nepřítomnost mléčného tuku [8], nebo vysoký obsah nasycených mastných kyselin (myristová, palmitová, stearová) [6].

U vzorku č. 6 (Perla), 7 (Rama) a 9 (Hera) byla zaznamenána vysoká hodnota entalpie $\Delta H = 316$ až 417 J/g. Hodnota entalpie se zvyšuje se snižující se rychlosti chlazení [55]. U vzorku č. 10 (Zlatá Haná) byl zaznamenán pík tání již při $8,5$ °C, což je způsobeno přítomností mléčného tuku ve vzorku. Lze konstatovat, že DSC potvrdilo přítomnost mléčného tuku u Zlaté Hané, což koresponduje s tvrzením výrobce (podle údajů deklarovaných na obale obsahuje Zlatá Haná 15 % mléčného tuku). Také mohl být tento tuk vyroben z jarního mléčného tuku, který se projevuje nízkou teplotou tání [8]. Z hlediska nutriční hodnoty lze výrobek Zlatá Haná považovat za příznivý, zejména s ohledem na její častější konzumaci (široké využití pro teplou i studenou kuchyni).

Krystalizační pík detekovaný v průběhu chlazení odpovídá exotermnímu chování a pohybuje se u másel v rozmezí teplot -9 až -20 °C (díky přítomnosti mléčného tuku) a entalpie $\Delta H = 30$ až 39 J/g. V průběhu chlazení krystalizuje nestabilní α – modifikace [55]. U Olomouckého másla (vzorek č. 2) byl stanoven krystalizační pík až při $-19,7$ °C, což je hodnota netypická pro másla. Tato skutečnost by mohla indikovat odlišné složení mléčného tuku v tomto máse (v závislosti na ročním období), případně nežádoucí příměs rostlinných tuků. Krystalizace TAG s nižší teplotou tání, umožňují lepší a stabilnější tukovou krystalizační síť. Teplota, při které krystalizuje mléčný tuk, klesá se zvyšující se rychlostí chlazení [30, 55].

Krystalizační pík u margarínů (díky přítomnosti rostlinných tuků) byl zaznamenán při -14 až -21 °C a entalpie $\Delta H = 39$ až 74 J/g. Při nízkých teplotách (-12 °C a nižší) jsou indikovány změny chemické a enzymatické. Chemické reakce závisí na druhu másla/margarínu, teplotě skladování, obsahu vody a přítomnosti některých kovů [21].

8.4 Vyhodnocení fluorescenční spektrometrie

Pro stanovení kvality tuků byla použita metoda fluorescenční spektrometrie, která je označována za nedestruktivní optickou metodu s vysokou specifíčností a citlivostí, bez použití chemikálií. Díky obsahu fluoroforů jsme schopni detekovat, co za látku je ve vzorku obsažena. Emisní spektra jsou specifická pro každou látku [42, 51].

Vzorky byly rozpuštěny v cyklohexanu. Másla byly měřeny při optimální koncentraci 1 % a 2 % (hmotnostních), roztíratelné tuky 10 % a 50 % (hmotnostních). Pro měření vzorků byla zvolena excitační vlnová délka 220 – 360 nm, emisní vlnová délka byla 300 – 800 nm. Másla byly vyhodnoceny pro koncentraci 1 % (hmotnostních), roztíratelné tuky pro koncentraci 50 % (hmotnostních).

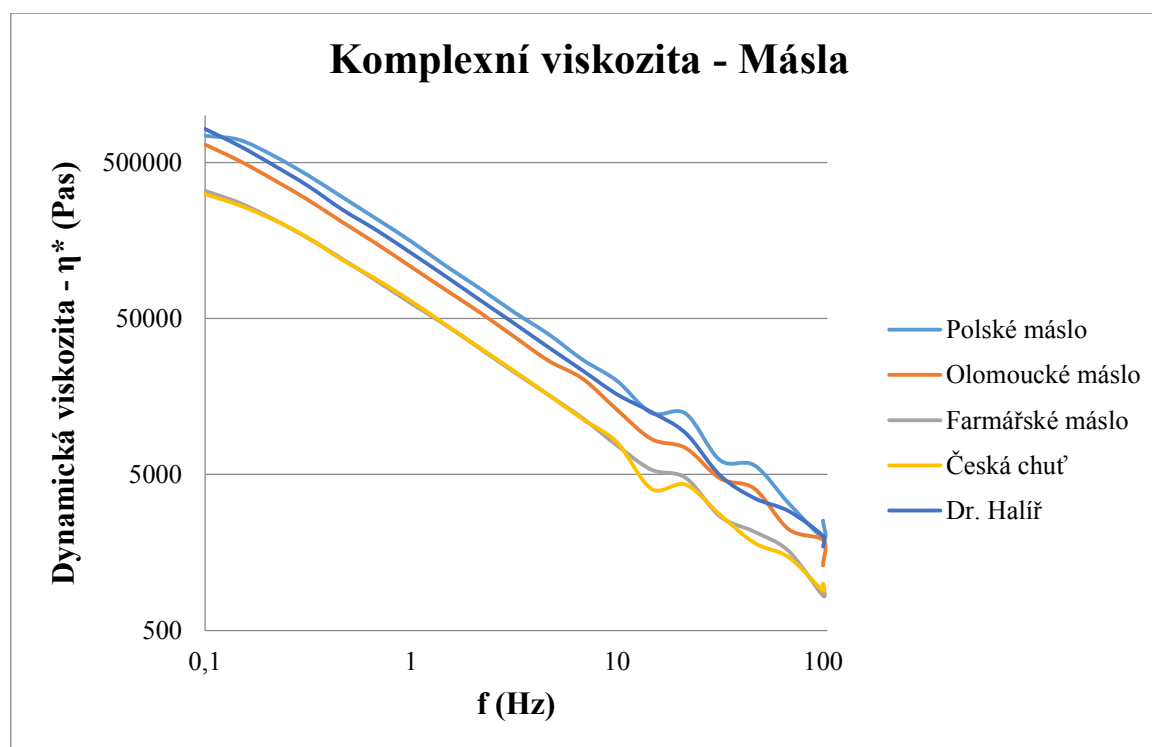
Emisní píky v oblasti vlnových délek 300 – 400 nm odpovídají nasyceným mastným kyselinám, přítomným v másle a živočišných tucích, kterými jsou kyselina máselná, myristová, palmitová a stearová. Oproti tomu píky o vlnových délkách 420 – 524 nm odpovídají nenasyceným mastným kyselinám, převažujícím hlavně v margarínech vyrobených z rostlinných tuků a olejů (kyselina olejová, linolová, α – linoleová) [51]. Fluorescenční analýza umožňuje stanovit excitačně - emisní profil fluorescenční intenzity vzorku v rozsahu 200 nm až 900 nm skenovaných vlnových délek. Vlnová délka emitovaného záření by měla být vyšší než vlnová délka excitace dané látky (excitovaný stav) [51]. Excitační spektrum bylo zaznamenáno u vzorků másla v oblastech 340 nm a 404 nm. Píky emise v oblastech 370 nm odpovídají přítomnosti nukleových kyselin a aromatických aminokyselin v mléčných proteinech, jedná se zejména o tyrosin, fenylalanin a tryptofan s největší intenzitou fluorescence [11]. Ahmad et al. uvádí, že izomery konjugované kyseliny linolové fluoreskují v oblastech 380 – 500 nm. Vitamin D fluoreskuje při 375 nm, vitamin K při 390 nm a vitamin A při 490 nm. Fluorescenční emisní pík nad 550 nm značí produkty oxidace (aldehydy, ketony) [1]. U žádného ze zakoupeného výrobku nebyly zjištěny fluorescenční emisní píky takové hodnoty, které by značily přítomnost produktu oxidace, tedy které by poukazovaly na špatné zacházení či skladování s výrobkem.

Obsah polynenasycených mastných kyselin (PUFA), a to zejména omega – 3 a omega – 6 esenciálních mastných kyselin, které jsou prospěšné pro lidský organismus, udává výrobce u vzorku č. 8 (Flora), tím je deklarován i nízký obsah nasycených masných kyselin – 10g/100g výrobku. Fluorescenční spektrometrií lze pozorovat výskyt relativně intenzivních píků nad 400 nm u roztíratelných tuků, například v této práci Rama 428 nm. V případě ztužených tuků bylo analyzováno více emisních píků, např. Zlatá Haná 349 nm a 435 nm. Detekovaný pík 349 nm u výrobku Zlatá Haná souvisí s obsahem mléčného tuku 15 % hm. U tohoto roztíratelného tuku výrobce uvádí nejvyšší obsah nasycených masných kyselin.

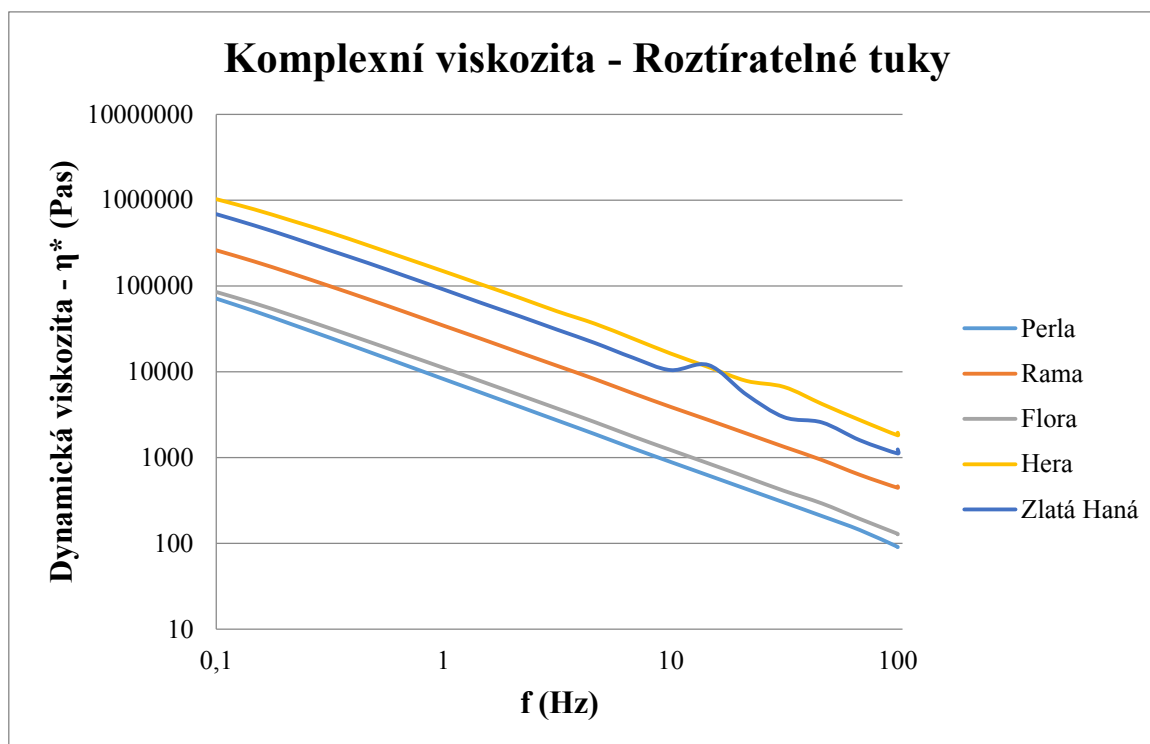
Změna fluorescenčního spektra u tuků nastane, pokud je výrobek vystaven slunečním záření, neboť se mohou projevit oxidační procesy. Intenzita fluorescence vzrůstá se vzrůstající koncentrací tuku v rozpouštědle cyklohexanu [51].

8.5 Výsledky reologických měření

Viskozita je základním parametrem reologie. Je měřena pomocí přístrojů, které jsou schopny měřit viskozimetrické toky s vyhodnocením odezvy materiálu a času vůči deformaci. Dále je stanovena elastická a viskózní složka komplexního modulu pružnosti. Reologické a mechanické vlastnosti tukových materiálu se projevují závisle na jejich složení. Struktura je závislá na různých procesech přenosu tepla a hybnosti v průběhu celého procesu zpracování. Je důležité upřesnit, že tukové materiály jsou dynamicky vyvíjející se systémy, proto může teplota a podmínky skladování výrazně ovlivnit tyto reologické vlastnosti, což bylo zohledněno při určení optimálních podmínek skladování a reologického měření našich vzorků [22]. Za pomoci geometrie deska – deska, při teplotě $15 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ a rozsahu úhlových frekvencí 0,1 – 100 Hz jsme stanovili viskoelastické moduly (G' - elastický modul (storage modulus), G'' - ztrátový modul (loss modulus) a komplexní viskozitu másel a margarínů.



Obr. 15: Závislost $|\eta^*|$ na frekvenci (Hz) másel



Obr. 16: Závislost $|\eta^*|$ na frekvenci (Hz) roztíratelných tuků

Másla mají oproti roztíratelným tukům řádově vyšší komplexní viskozitu a viskoelastické moduly, což souvisí s jejich tuhou strukturou. Tyto hodnoty viskozity a modulů másel jsou však relativně srovnatelné s testovanými tuky na pečení. S rostoucí úhlovou frekvencí viskozita másel zřetelně klesá a elastická složka více převládá nad viskózní. V rozsahu smykového namáhání 10 – 20 Hz se projevuje nesoustavný pokles elastického modulu, který kontrastuje s prudkým nárůstem ztrátového modulu (Obr. 15,16). V této oblasti dochází k disipaci energie a dochází ke ztekucování másla.

Elastický modul G' nám poskytl informaci o schopnosti másla/roztíratelného tuku vratně uchovávat a poté uvolnit energii, při frekvenčním namáhání vzorku. Ztrátový (viskózní) modul pružnosti G'' se vztahoval k nevratné ztrátě (disipaci) deformační energie během namáhání vzorku, která je rozptýlená vnitřním třením při proudění. G'' vypovídá o rigiditě (tuhosti) struktury másla/roztíratelného tuku, představující jeho viskózní složku. Vyšší G'' znamená menší elasticitu a větší tuhost struktury [14]. Frekvenční profil u Olomouckého másla a Hery má jiný průběh, kde u frekvence 9 Hz dochází k překřížení těchto modulů a převládá viskózní modul (viz příloha PP III.).

Na základě viskoelastických modulů byl vypočítán fázový posun $\text{tg } \delta$ (ztrátový úhel, viz příloha PIV), dle následujícího vztahu:

$$\text{tg } \delta = G''/G'$$

Z výsledků naší studie je zřejmé, že u roztíratelných rostlinných tuků (Perla, Flora, Rama) převládá v celém rozsahu úhlových frekvencí elastický modul nad ztrátovým ($\tan \delta < 1$). To svědčí o skutečnosti, že tyto margariny mají poměrně elastickou strukturu a jsou schopny vratně ukládat vloženou energii. Tento fakt se projevuje při jejich snadné roztíratelnosti na pečivu. Hodnoty komplexní viskozity prudce klesají s rostoucí frekvencí. G' a G'' vykazovaly relativně menší frekvenční závislost. Hodnoty G' se zvyšovaly a G'' se mírně snižovaly, což souvisí se strukturou podobnou pevným látkám [50]. V případě ztužených tuků na pečení (Hera, Zlatá Haná) se při vyšších rychlostech smykového namáhání (nad 10 Hz) výrazněji projevuje jejich viskózní složka, která může převládnout nad složkou elastickou ($\tan \delta > 1$). V takovém případě se projevuje krystalická struktura tuků, která není schopna vratně ukládat vloženou energii. To koresponduje s obtížnou roztíratelností tuků na pečení ve srovnání s jinými rostlinnými roztíratelnými tuky. Nízká teplota skladování umožňuje začlenit více vody do systému bez vyvolání reologických změn [45].

Výsledky diplomové práce lze porovnat s výzkumem autorů Espert et al., (2020), kteří měřili viskoelastické chování pomazánek s nízkým obsahem tuku, při teplotách 5 °C a 20 °C, na oscilačním reometru s využitím geometrie deska – deska v rozsahu úhlových frekvencí 0,1 – 100 Hz. Falšováním tuků netučnými složkami dochází k modifikaci krystalizace, která ovlivňuje celkovou roztíratelnost a tvrdost výrobku. Nízký obsah tuku způsobuje měkčí a roztíratelnější výrobky. Byla pozorována vysoká odolnost proti proudění. Hodnoty elastického modulu (G') byly vždy vyšší než hodnoty ztrátového modulu (G'') s nízkofrekvenční závislostí, a to vždy při 5 °C. Byly zjištěny vyšší převládající vlastnosti pevných látek při 20 °C než při 5 °C [14].

ZÁVĚR

Diplomová práce se v teoretické části zabývá charakteristikou másel a roztíratelných tuků, chemickým složením, účinky na zdraví organismu a technologii výroby. Dále jsou popsány jednotlivé metody pro možnosti stanovení fyzikálně chemických parametrů tuků, což bylo i cílem této práce, včetně statistického zhodnocení výsledků. Pro praktickou část bylo zvoleno 5 druhů másel a 5 druhů roztíratelných tuků, které byly zakoupeny v běžné tržní síti.

Pomocí texturní profilové analýzy, měřené při teplotě $15 \pm 0,5$ °C bylo zjištěno, že másla mají oproti margarínům vyšší tvrdost, elasticitu, gumovitost a žvýkatelnost. Číslo kyselosti a obsah volných mastných kyselin byl vyhodnocen pomocí analýzy rozptylu – ANOVA. Mezi jednotlivými vzorky byl prokázán statisticky významný rozdíl na hladině významnosti $p > 0,05$. Obsah volných mastných kyselin u másel se pohyboval od 0,045 do 0,057 % v 1 g tuku, u roztíratelných tuků od 0,011 až 0,103 % v 1 g tuku.

Diferenční skenovací kalorimetrií byly u másel stanoveny endotermní píky, které odpovídaly středně a vysoko tající frakci mastných kyselin, zapříčiněny relativně vysokým obsahem mastných kyselin s lichým počtem atomů uhlíku a konjugované (nenasyčené) kyseliny linolové v mléčném tuku. Oproti tomu u roztíratelných tuků odpovídaly píky tání přítomnosti nasycených mastných kyselin (kaprylová, kaprinová, laurová). Krystalizační píky byly u másel detekovány v rozmezí teplot - 9 až - 20 °C, u roztíratelných tuků v rozmezí teplot - 14 až - 21 °C.

Fluorescenční spektrometrií byly vyhodnoceny emisní píky v oblasti vlnových délek 300 – 400 nm, odpovídající nasyceným mastným kyselinám (máselná, myristová, palmitová a stearová), kdyžto píky o vlnových délkách 420 – 524 nm odpovídaly nenasyčeným mastným kyselinám, převažující hlavně v margarínech vyrobených z rostlinných tuků a olejů. Excitační spektrum bylo zaznamenáno u vzorků másla v oblastech 340 nm a 404 nm. Pík nad 550 nm značí produkty oxidace. Při měření nebyly tyto píky zaznamenány, tudíž lze vyloučit produkty oxidace vznikající při špatném zacházení či skladování výrobku.

Reologickým měřením nám dává informace o mechanických vlastnostech krystalické struktury tuk. Bylo stanoveno, že másla mají oproti roztíratelným tukům řádově vyšší komplexní viskozitu a viskoelastické moduly, což souvisí s jejich krystalickou strukturou. V případě ztužených tuků na pečení (Hera, Zlatá Haná) se při vyšších frekvencích (nad 10 Hz) výrazněji projevuje jejich viskózní složka, která může převládat nad složkou elastickou ($tg \delta > 1$). V rozsahu smykového namáhání 10 – 20 Hz

se u másel a tuků na pečení projevily nesoustavný pokles elastického modulu, který kontrastuje s prudkým nárůstem ztrátového modulu. V této oblasti dochází k disipaci energie a dochází ke ztekucování másla.

Tato práce potvrzuje přítomnost nasycených a nenasycených mastných kyselin ve výrobcích a jejich vliv na stanovované parametry. Výsledky mohou sloužit jako podklad, pro objasnění charakteristik másel a roztíratelných tuků, jakými může být právě texturní analýza, teplota krystalizace triacylglycerolů, či stanovení viskoelastických modulů daných produktů. V mlékárenském průmyslu je velmi důležité znát fyzikálně chemické parametry vyráběných produktů, neboť dobrou znalostí těchto parametrů, lze zabránit technologickým chybám či probíhajícím oxidacím.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] AHMAD, N., M. SALEEM a M. SHAHID. Studying heating effects on desi ghee obtained from buffalo milk using fluorescence spectroscopy. *PLOS ONE* [online]. 2018, **13**(5) [cit. 2020-05-08]. DOI: 10.1371/journal.pone.0197340. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0197340>
- [2] BAILEY, A. E. a F. SHAHIDI. *Bailey's industrial oil & fat products: edited by Fereidoon Shahidi*. 6th ed. Hoboken, N.J.: John Wiley, c2005. ISBN 978-0-471-38460-1.
- [3] BARNES H., HUTTON J., WALTERS K., 1989: *An introduction to rheology*. New York: Distributors for the U.S. and Canada, Elsevier Science Pub. Co. Rheology series, 199 s. ISBN 0444871403.
- [4] BAUMAN, D.E., D.M. BARBANO, D.A. DWYER a J.M. GRIINARI. Technical Note: Production of Butter with Enhanced Conjugated Linoleic Acid for Use in Biomedical Studies with Animal Models. *Journal of Dairy Science* [online]. 2000, **83**(11), 2422-2425 [cit. 2020-04-23]. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75131-9. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030200751319>
- [5] BOURNE M. C. *Food texture and viscosity: concept and measurement*. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2002, 306 s. ISBN 0121190625.
- [6] BRÁT, J. *Tučná fakta o tucích, aneb, Máme se bát tuků?*. Praha: Potravinářská komora České republiky, 2017. Publikace Platformy pro reformulace. ISBN 978-80-88019-30-5.
- [7] BUŇKA, F. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-254-1.
- [8] CANT, P.A.E., K.R. PALFREYMAN, G.D. BOSTON a A.K.H. MACGIBBON. MILKFAT PRODUCTS. *NZ Institute of Chemistry* [online]. New Zealand: Dairy Research Institute, 2018 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://nzic.org.nz/app/uploads/2017/10/3B.pdf>
- [9] CELBA J. Přístrojové metody ke stanovení textury potravin. *Potravinářská revue: odborný časopis pro výživu, výrobu potravin a obchod*. Praha: AGRAL, 2010, s. 75-81. ISSN 1801-9102.
- [10] Diferenciální skenovací kalorimetrie. *Laboratoře FCH2, Návody k úloze – úloha DSC kalorimetrie*. [online]. 2015, [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <http://do-czz.cz/doc/215936/n%C3%A1vod-k-%C3%BAloze-v-pdf>
- [11] DIMITROVA, T.L. et al., 2014. Scattering and fluorescence spectra of cow milk. *Bulgarian Chemical Communications*. (46), 39-43.

- [12] DRDÁK, M., J. KAROVIČOVÁ, E. MÓROVÁ a J. STUDNICKÝ. *Základy potravinářských technologií spracovania rastlinných a živočišných surovín, cereálne a fermentačné technológie uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. Bratislava: Malé Centrum, 1996. ISBN 80-967064-1-1.
- [13] ENGEL, S. a T. THOLSTRUP. Butter increased total and LDL cholesterol compared with olive oil but resulted in higher HDL cholesterol compared with a habitual diet. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2015, **102**(2), 309-315 [cit. 2020-02-24]. DOI: 10.3945/ajcn.115.112227. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/102/2/309/4564657>
- [14] ESPERT, M., L. WIKING, A. SALVADOR a T. SANZ. Reduced-fat spreads based on anhydrous milk fat and cellulose ethers. *Food Hydrocolloids* [online]. 2020, **99** [cit. 2020-05-09]. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.105330. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X19306642>.
- [15] EVROPSKÁ UNIE. Nařízení Rady (ES) č. 1308/2013 ze dne 17. prosince 2013, kterým se stanoví společná organizace zemědělských trhů a zvláštní ustanovení pro některé zemědělské produkty. In: Úřední věstník Evropské unie. 2009.
- [16] FÄHNRICH, J. a L. KOLESNIKOVÁ. *Fluorimetrie* [online]. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/anl/lach2/FLUORO.pdf>
- [17] FINDIK, O. a S. ANDIÇ. Some chemical and microbiological properties of the butter and the butter oil produced from the same raw material. *LWT* [online]. 2017, **86**, 233-239 [cit. 2020-03-30]. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.08.002. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643817305704>
- [18] *Fluorochromy* [online]. [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://labguide.cz/fluorochromy/>
- [19] FTIR - *Infračervená spektroskopie s Flurierovou transformací* [online]. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <http://web.natur.cuni.cz/analchem/pprakt/ftir.pdf>
- [20] GHARANJIG, H., K. GHARANJIG, M. HOSSEINNEZHAD a S. M. JAFARI. Differential scanning calorimetry (DSC) of nanoencapsulated food ingredients. *Characterization of Nanoencapsulated Food Ingredients* [online]. Elsevier, 2020, s. 295-346 [cit. 2020-04-01]. DOI: 10.1016/B978-0-12-815667-4.00010-9. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128156674000109>

- [21] GOLIAN, Josef. *Hygiena potravin*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2015. ISBN 978-80-552-1297-5.
- [22] GONZALEZ-GUTIERREZ, J. a M. G. SCANLON. Rheology and Mechanical Properties of Fats. *Structure-Function Analysis of Edible Fats* [online]. Elsevier, 2018, s. 119-168 [cit. 2020-05-09]. DOI: 10.1016/B978-0-12-814041-3.00005-8. ISBN 9780128140413. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128140413000058>
- [23] HRABĚ, J., O. ROP a I. HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 80-7318-372-2.
- [24] *Infračervená spektroskopie* [online]. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/lms/Zverze/Infrared.htm>
- [25] JANŠTOVÁ, B., P. NAVRÁTILOVÁ, M. KRÁLOVÁ, M., NECIDOVÁ a L., MAŘICOVÁ: *Technologie mléka a mléčných výrobků*. 1. vyd. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012. 141 s. ISBN 978-80-7305-637-7
- [26] KADLEC, P. *Technologie potravin*. Praha: Vysoká škola chemicko – technologická, 2002. ISBN: 80-7080-510-2.
- [27] KAMENÍK, J., B. JANŠTOVÁ a A. SALÁKOVÁ. *Technologie a hygiena potravin živočišného původu*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014. ISBN 978-80-7305-722-0.
- [28] KHAW, K. et al. Randomised trial of coconut oil, olive oil or butter on blood lipids and other cardiovascular risk factors in healthy men and women. *BMJ Open* [online]. 2018, **8**(3) [cit. 2020-02-24]. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-020167. Dostupné z: <http://bmjopen.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjopen-2017-020167>
- [29] KRATZ, M., T. BAARS a S. GUYENET. The relationship between high-fat dairy consumption and obesity, cardiovascular, and metabolic disease. *European Journal of Nutrition* [online]. 2013, **52**(1), 1-24 [cit. 2020-02-24]. DOI: 10.1007/s00394-012-0418-1. ISSN 1436-6207. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00394-012-0418-1>
- [30] LEE, J. a S. MARTINI. Effect of cream aging temperature and agitation on butter properties. *Journal of Dairy Science* [online]. 2018, **101**(9), 7724-7735 [cit. 2020-04-22]. DOI: 10.3168/jds.2018-14725. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030218306209>
- [31] MACOSKO, Ch.W. *Rheology: principles, measurements, and applications*. New York: Wiley, 1994, 550 s. Advances in interfacial engineering series. ISBN 0-471-18575-2.

- [32] MALLIA, S. et al.. Determination of storage stability of butter enriched with unsaturated fatty acids/conjugated linoleic acids (UFA/CLA) using instrumental and sensory methods. *International Dairy Journal* [online]. 2008, **18**(10-11), 983-993 [cit. 2020-04-08]. DOI: 10.1016/j.idairyj.2008.05.007. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694608000952>
- [33] MCDANIEL, M.R., L.A. SATHER a R.C. LINDSAY. Influence of Free Fatty Acids on Sweet Cream Butter Flavor. *Journal of food science*. 1969, **1969**(34), 251.
- [34] Měření tokových vlastností. *Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Návodů k úloze*. [online]. 2009, [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/fyzika_pol/FP_05.pdf
- [35] O'CALLAGHAN, T. F., H. FAULKNER, S. MCAULIFFE, et al. Quality characteristics, chemical composition, and sensory properties of butter from cows on pasture versus indoor feeding systems. *Journal of Dairy Science* [online]. 2016, **99**(12), 9441-9460 [cit. 2020-02-26]. DOI: 10.3168/jds.2016-11271. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030216307135>
- [36] ODSTRČIL, J. a M. ODSTRČILOVÁ. *Chemie potravin*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. ISBN 80-7013-435-6.
- [37] OEFFNER, S.P., Y. QU, J. JUST, et al. Effect of flaxseed supplementation rate and processing on the production, fatty acid profile, and texture of milk, butter, and cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 2013, **96**(2), 1177-1188 [cit. 2020-02-25]. DOI: 10.3168/jds.2012-5941. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030212008892>.
- [38] *Označování tuků* [online]. [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92080.aspx>
- [39] PETRULIA, N., S. HRYSYUK. Free fatty acids in butter. Dostupné z: <http://aonedairy.com/news/free-fatty-acids-in-butter>
- [40] PIMPIN, L., J. H. Y. WU, H. HASKELBERG et al. Is Butter Back? A Systematic Review and Meta-Analysis of Butter Consumption and Risk of Cardiovascular Disease, Diabetes, and Total Mortality. *PLOS ONE* [online]. 2016, **11**(6) [cit. 2020-02-24]. DOI: 10.1371/journal.pone.0158118. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0158118>
- [41] PRÍBELA, A.. *Analýza potravin: cvičenie*. 2. vyd. Bratislava: STU, 1991. ISBN 80-227-0398-2

- [42] *Principy fluorescenční spektroskopie* [online]. Univerzita Karlova [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://psych.lf1.cuni.cz/fluorescence/soubory/principy.pdf>
- [43] PURANIK, V. & Mishra, V. (2013). Texture Analysis of Raw and Processed Food Products. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/vinitaPuranik/sensory-analysis-of-raw-and-processes>
- [44] Reologie [online]. Ústav fyziky a materiálového inženýrství Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/kzm/KZM_03.pdf
- [45] RØNHOLT, S., A. S. MADSEN, J. K. KIRKENSGAARD et al. Effect of churning temperature on water content, rheology, microstructure and stability of butter during four weeks of storage. *Food Structure* [online]. 2014, **2**(1-2), 14-26 [cit. 2020-05-09]. DOI: 10.1016/j.foostr.2014.07.001. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213329114000185>
- [46] RØNHOLT, S., J. J. K. KIRKENSGAARD, T. B. PEDERSEN et al. Polymorphism, microstructure and rheology of butter. Effects of cream heat treatment. *Food Chemistry* [online]. 2012, **135**(3), 1730-1739 [cit. 2020-04-30]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.05.087. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814612009363>
- [47] RUSH, J. W. E., P. S. JANTZI, K. DUPAK et al. Acute metabolic responses to butter, margarine, and a monoglyceride gel-structured spread. *Food Research International* [online]. 2009, **42**(8), 1034-1039 [cit. 2020-03-24]. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.04.013. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996909001318>
- [48] SEBERA M. (2012). Vícerozměrné statistické metody. Analýza rozptylu. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: http://www.fsps.muni.cz/~sebera/vicerozmerna_statistika/anova.html
- [49] SEVERA, L. a Š. NEDOMOVÁ. *Fyzikální a mechanické vlastnosti potravin*. V Brně: Mendelova univerzita, 2011. ISBN 978-80-7375-521-8.
- [50] SHUKLA, A., R. BHASKAR, S.S.H. RIZVI a S.J. MULVANEY. Physicochemical and Rheological Properties of Butter Made from Supercritically Fractionated Milk Fat. *Journal of fppd science*. 1994, **1993**(77), 45-54.
- [51] SIKORSKA, E., T. GÓRECKI, I. KHMELINSKII, M. SIKORSKI aj. KOZIOŁ. Classification of edible oils using synchronous scanning fluorescence spectroscopy. *Food Chemistry* [online]. 2005, **89**(2), 217-225 [cit. 2020-05-02]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.02.028. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814604001931>

- [52] *Stanovení tukových čísel* [online]. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://web.vscht.cz/~kopligr/%c4%8c%c3%a1stB5.pdf>
- [53] SUKOVÁ, I. (2010). Složení mléčného tuku a jeho výživový význam. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=147&ch=13&typ=1&val=102125>
- [54] TAUFEROVÁ, A.. *Technologie a hygiena potravin rostlinného původu I., II.* Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014. ISBN 978-80-7305-692-6.
- [55] TEN GROTENHUIS, E., G.A. VAN AKEN, K.F. VAN MALSSSEN a H. SCHENK. Polymorphism of Milk Fat Studied by Differential Scanning Calorimetry and Real-Time X-ray Powder Diffraction. *JAACS*. 1999, **76**(9), 1031-1039.
- [56] TOMASZEWSKA-GRAS, J. Rapid quantitative determination of butter adulteration with palm oil using the DSC technique. *Food Control* [online]. 2016, **60**, 629-635 [cit. 2020-04-14]. DOI: 10.1016/j.foodcont.2015.09.001. ISSN 09567135. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713515301808>
- [57] TUOMALA, T. a H. KALLIO. Identification of free fatty acids and some other volatile flavour compounds from Swiss cheese using on-line supercritical fluid extraction-gas chromatography. *Zeitschrift for Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* [online]. 1996, **203**(3), 236-240 [cit. 2020-05-03]. DOI: 10.1007/BF01192870. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/BF01192870>
- [58] VANÍČEK, J. Diferenční termická analýza (DTA) a diferenční scenovací kalorimetrie (DSC). *Metody termické analýzy*. Liberec: Katedra textilních materiálů. [online]. 2005, [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/36623267-Metody-termicke-analyzy-4-diferencni-termicka-analyza-dta-a-diferencni-scanovaci-kalorimetrie-dsc.html>
- [59] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902391-3-7.
- [60] Vyhláška č. 397/2016 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397>
- [61] *Vývoj průměrných cen vybraných potravin* [online]. [cit. 2020-03-31]. <https://www.czso.cz/csu/czso/vyvoj-prumernych-cen-vybranych-potravin>
- [62] *What is F-D?* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://slideplayer.com/slide/4884346/>.
- [63] WILLIAMS, Ch.a J. BUTTRISS. *Improving the Fat Content of Foods*: Woodhead Publishing, 2006. ISBN 978-1-84-569107-3.

- [64] XU, J., X. LIU a Y. WANG. A detection method of vegetable oils in edible blended oil based on three-dimensional fluorescence spectroscopy technique. *Food Chemistry* [online]. 2016, **212**, 72-77 [cit. 2020-05-02]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.05.158. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814616308470>
- [65] ZAŁĘSKI, A., A. BANASZKIEWICZ aj. WALKOWIAK. Butyric acid in irritable bowel syndrome. *Gastroenterology Review* [online]. 2013, **6**, 350-353 [cit. 2020-02-24]. DOI: 10.5114/pg.2013.39917. ISSN 1895-5770. Dostupné z: <http://www.termedia.pl/doi/10.5114/pg.2013.39917>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

G'	Elastický modul
G''	Viskózní (ztrátová modul)
Hz	Hertz
ΔH	Entalpie
Cca	Přibližně
CLA	Konjugovaná kyselina linolová
CO ₂	Oxid uhličitý
DSC	Diferenční skenovací kalorimetrie
FFA	Volné mastné kyseliny
g	Gram
J	Joule
KOH	Hydroxid draselný
Mil	milion
MK	Mastné kyseliny
MPa	Megapascal
MUFA	Mononenasycené mastné kyseliny
N	Newton
nm	Nanometr
Obr	Obrázek
PUFA	Polynenasycené mastné kyseliny
SAFA	Nasycené mastné kyseliny
Tab	Tabulka
TFA	Trans mastné kyseliny
TPA	Texturní profilová analýza

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Znázornění parametrů texturní profilové analýzy (TPA) [62]	26
Obr. 2: Přístroj TA.XT. plus	27
Obr. 3: Přístroj DSC 1 Star Systém.....	28
Obr. 4: Excitační a emisní spektrum [18]	31
Obr. 5: Spektrofluorimetr Shimadzu RF – 1501	32
Obr. 6: Přístroj HAAKE RheoStress 1 [44].....	34
Obr. 7: Tržní druhy másel.....	41
Obr. 8: Tržní druhy roztíratelných tuků	41
Obr. 9: Příprava vzorků.....	42
Obr. 10: Připravené vzorky roztíratelných tuků pro fluorescenční spektrometrii	44
Obr. 11: Výsledky TAP pro 5 mm distance.....	45
Obr. 12: Výsledky TAP pro 10% deformace.....	46
Obr. 13: Stanovení čísla kyselosti (mg KOH/g tuku)	49
Obr. 14: Obsah volných mastných kyselin (% v 10 g)	50
Obr. 15: Závislost $ \eta^* $ na frekvenci (Hz) másel	55
Obr. 16: Závislost $ \eta^* $ na frekvenci (Hz) roztíratelných tuků	56

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Body tání mastných kyselin [6].	17
Tab. 2: Vybrané vady másla [7, 21].	23
Tab. 3: Popis testovaných másel	37
Tab. 4: Popis testovaných roztíratelných tuků	38
Tab. 5: Výživové hodnoty másla na 100 g výrobku	38
Tab. 6: Výživové hodnoty roztíratelných tuků na 100 g výrobku	39
Tab. 7: Složení roztíratelných tuků	40
Tab. 8: Vyhodnocení TAP I.a, I.b – tvrdost, elasticita	46
Tab. 9: Vyhodnocení TAP II.a, II.b – přilnavost, pružnost, gumovitost, žvýkatelnost	47
Tab. 10: Výsledky měření DSC oblasti teploty tání a krystalizace	52

SEZNAM PŘÍLOH

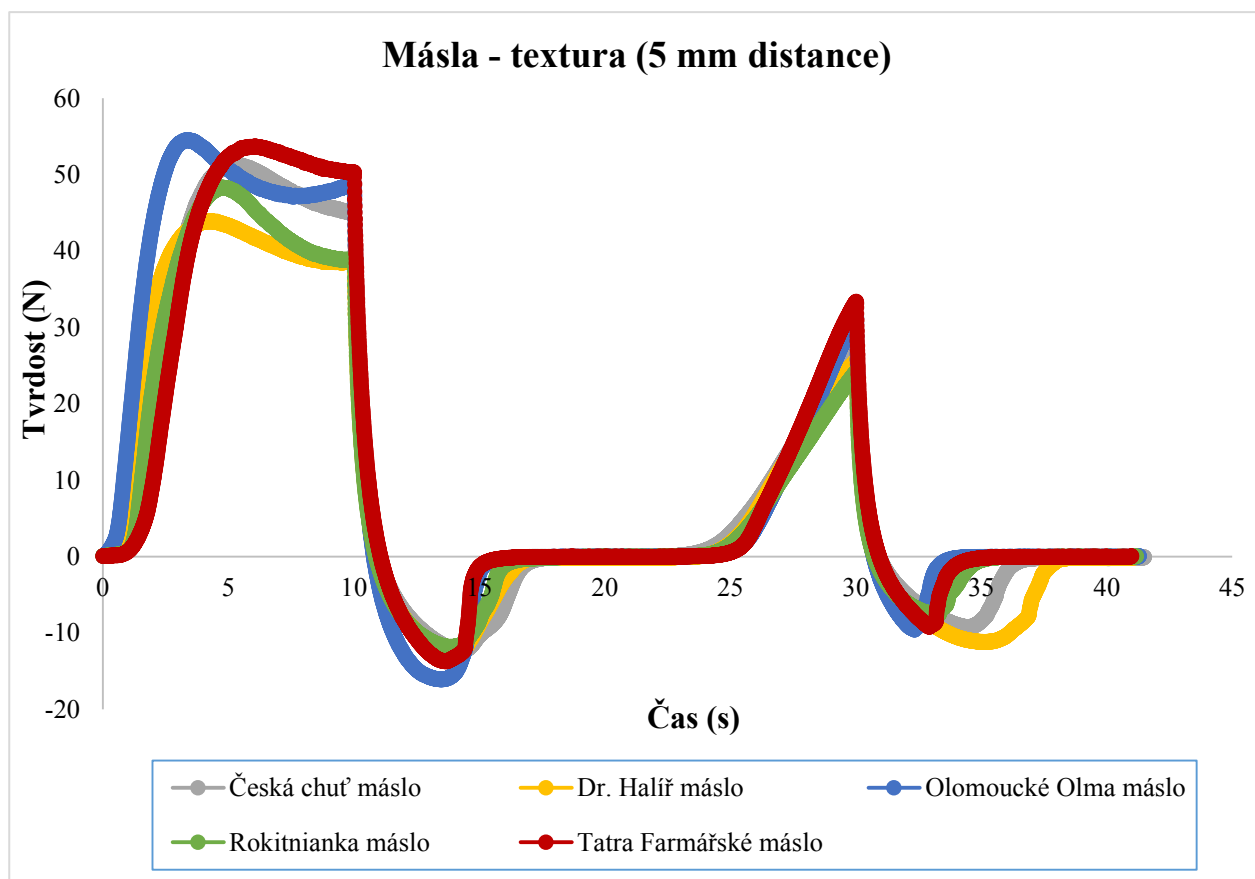
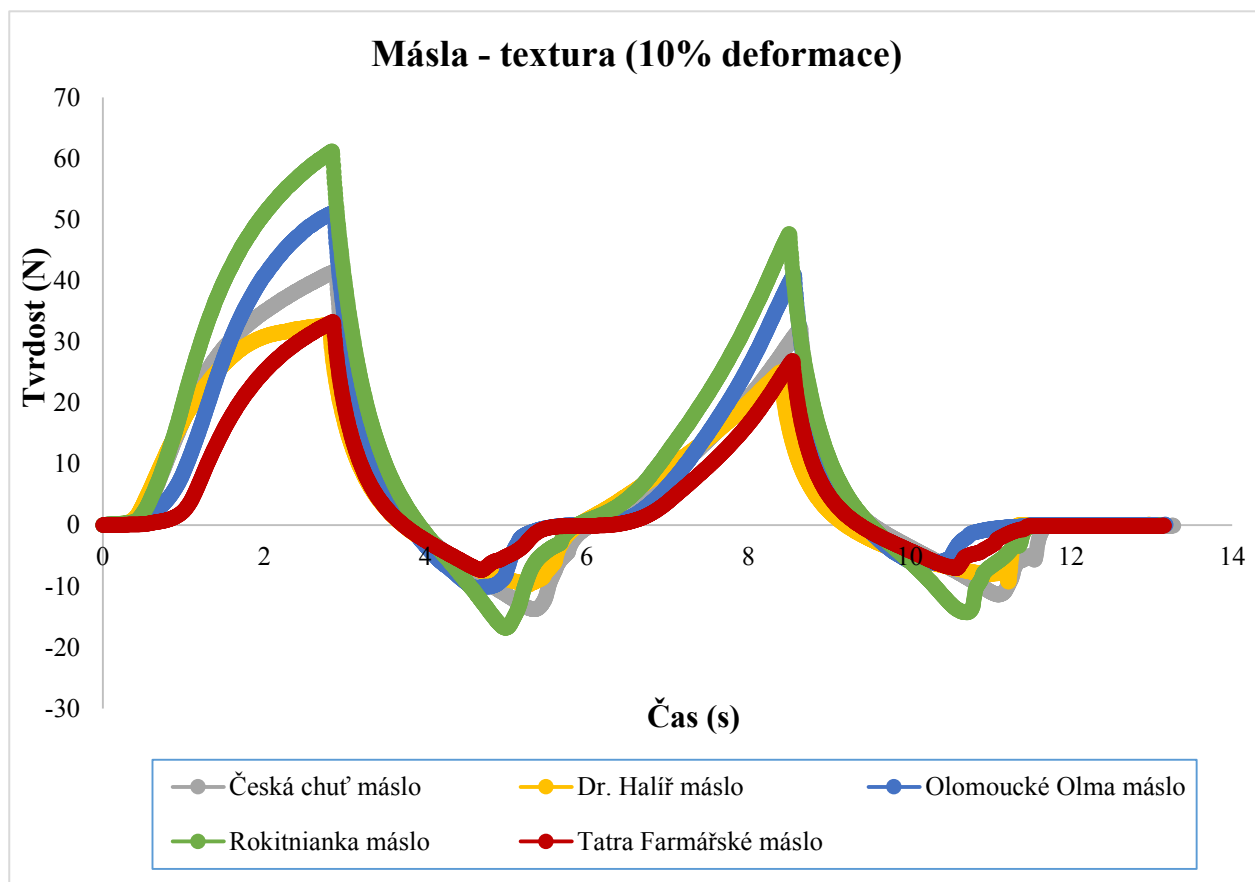
Příloha PI: Grafické výsledky TPA

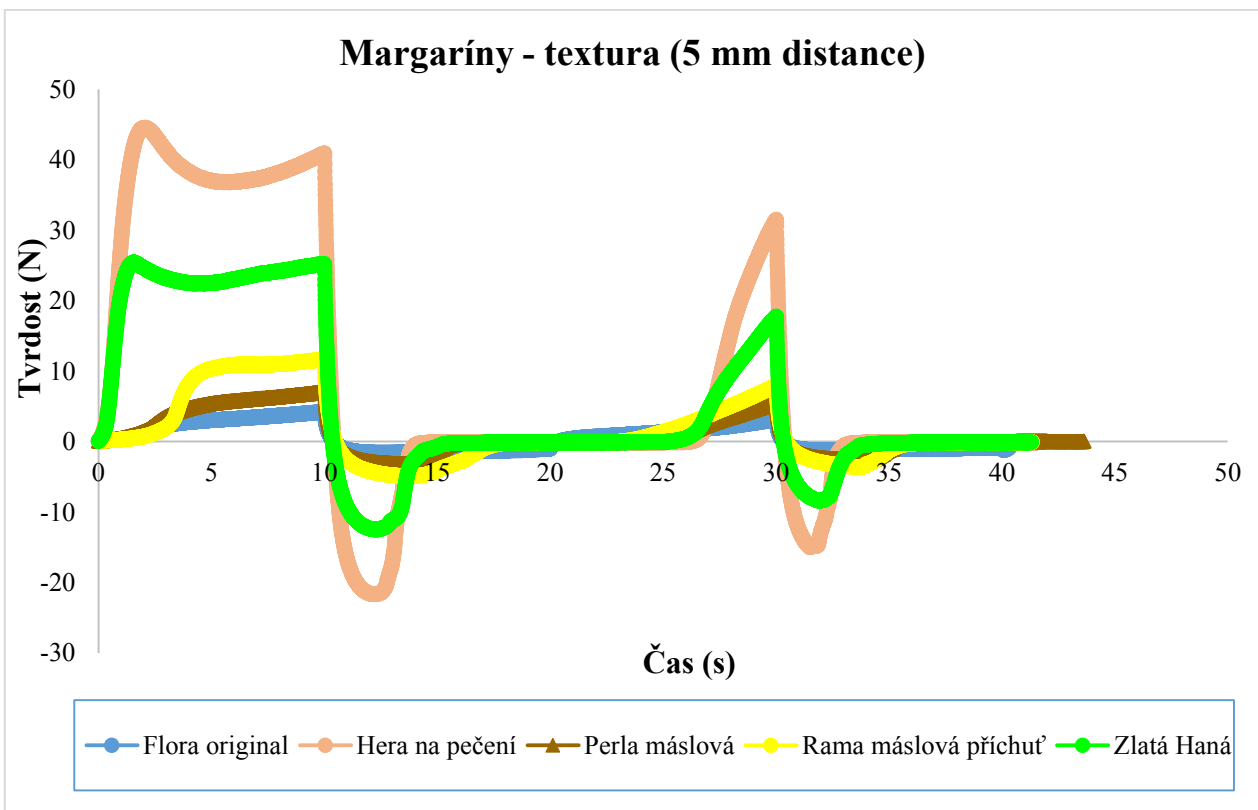
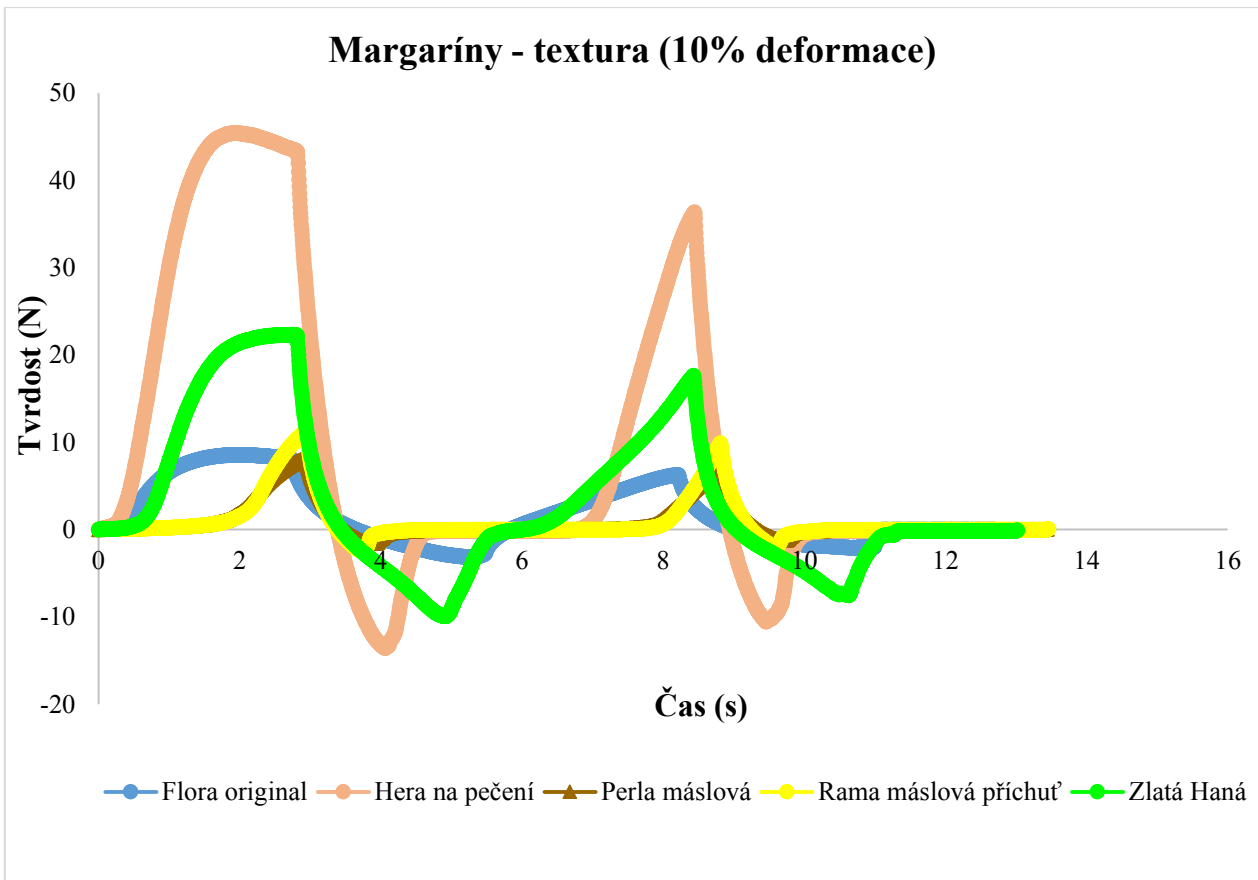
Příloha PI: Grafické výsledky DSC analýzy

Příloha PII: Reologie – Závislost dynamické viskozity na frekvenci

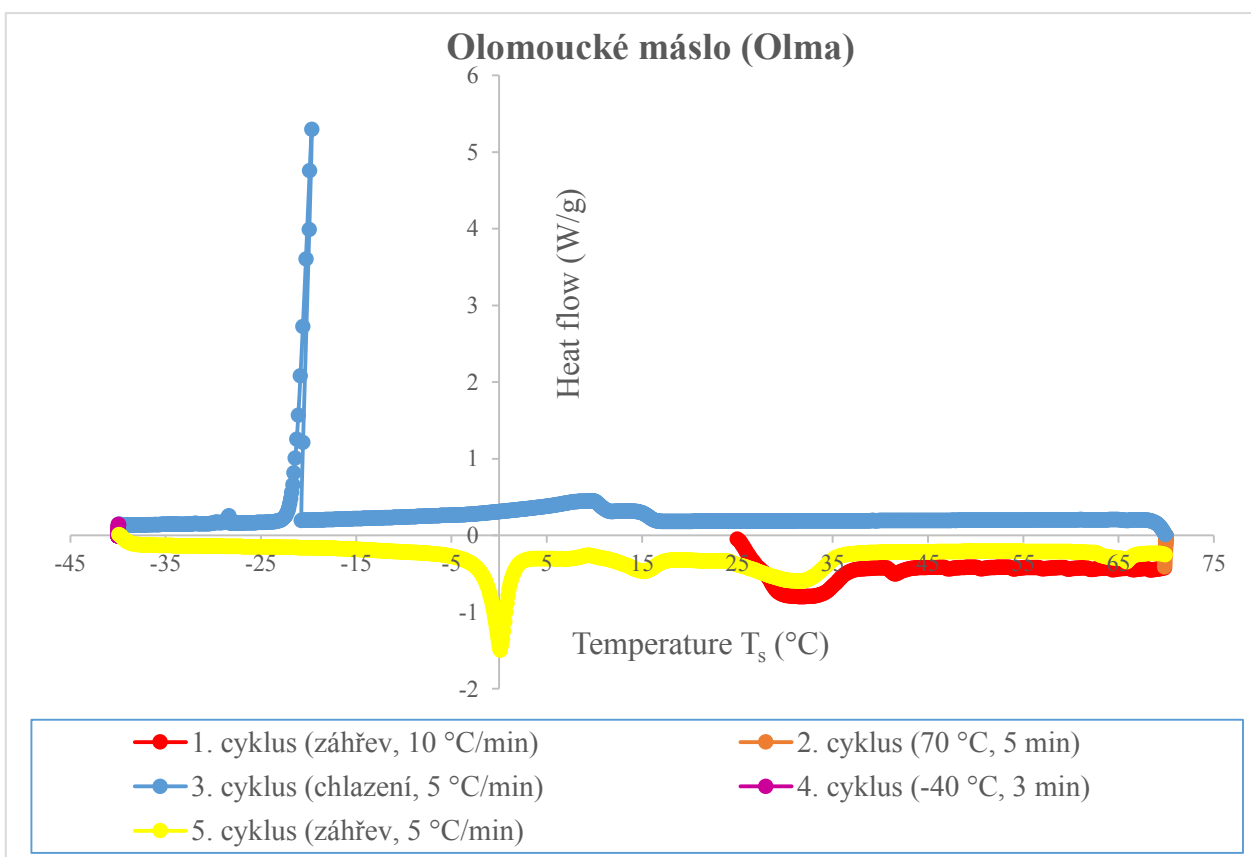
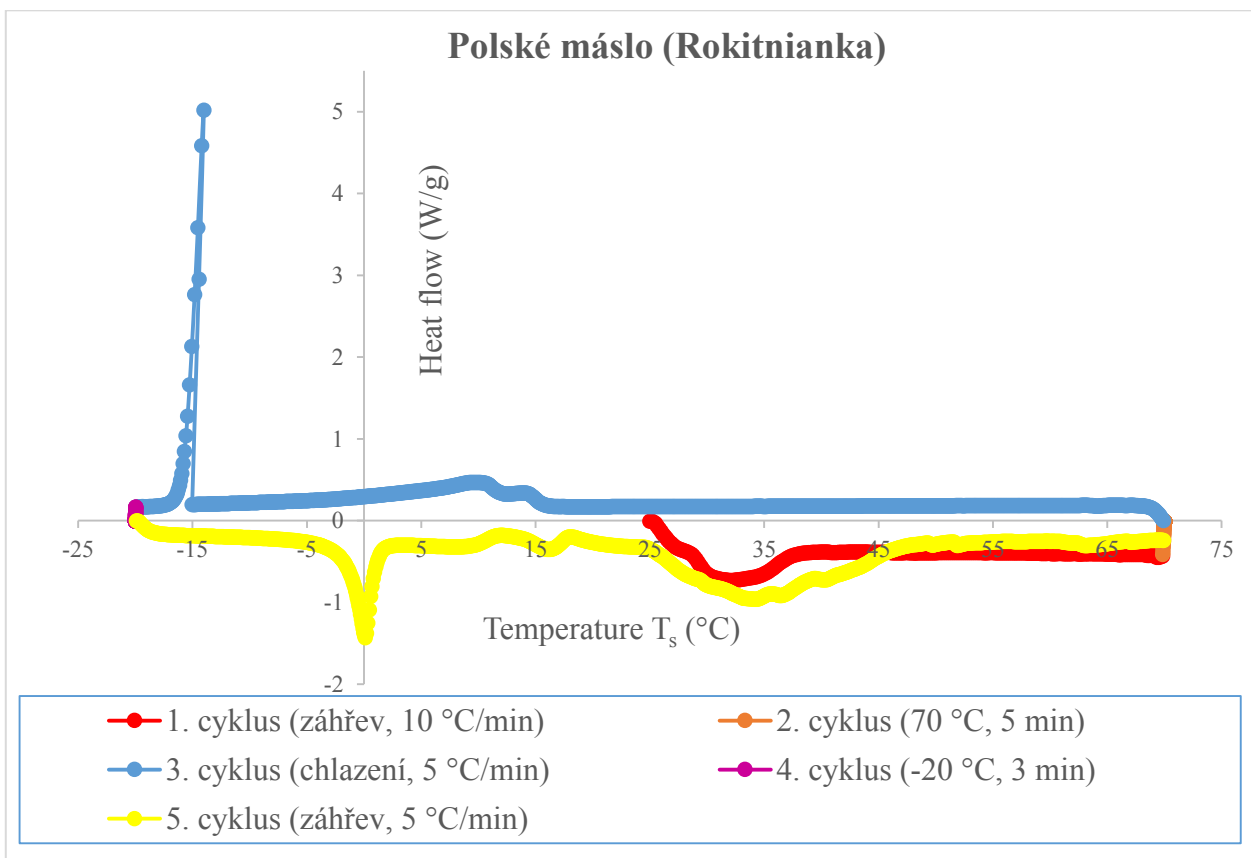
Příloha IV: Reologie – Ztrátový úhel

PŘÍLOHA PI: GRAFICKÉ VÝSLEDKY TPA

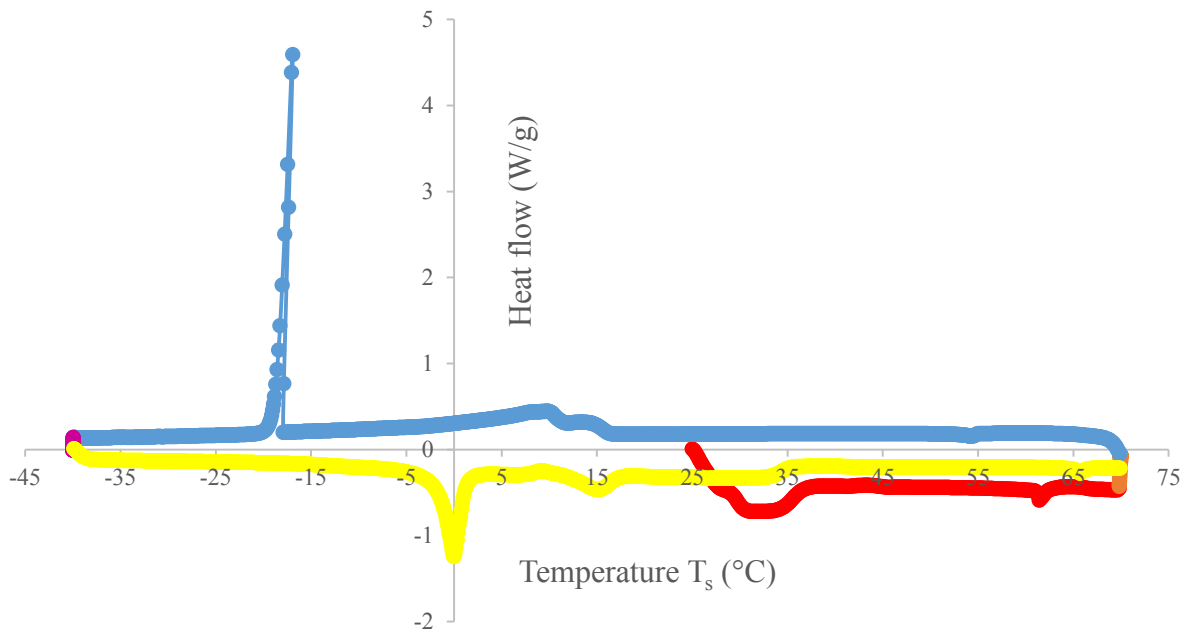




PŘÍLOHA PII: GRAFICKÉ VÝSLEDKY DSC ANALÝZY

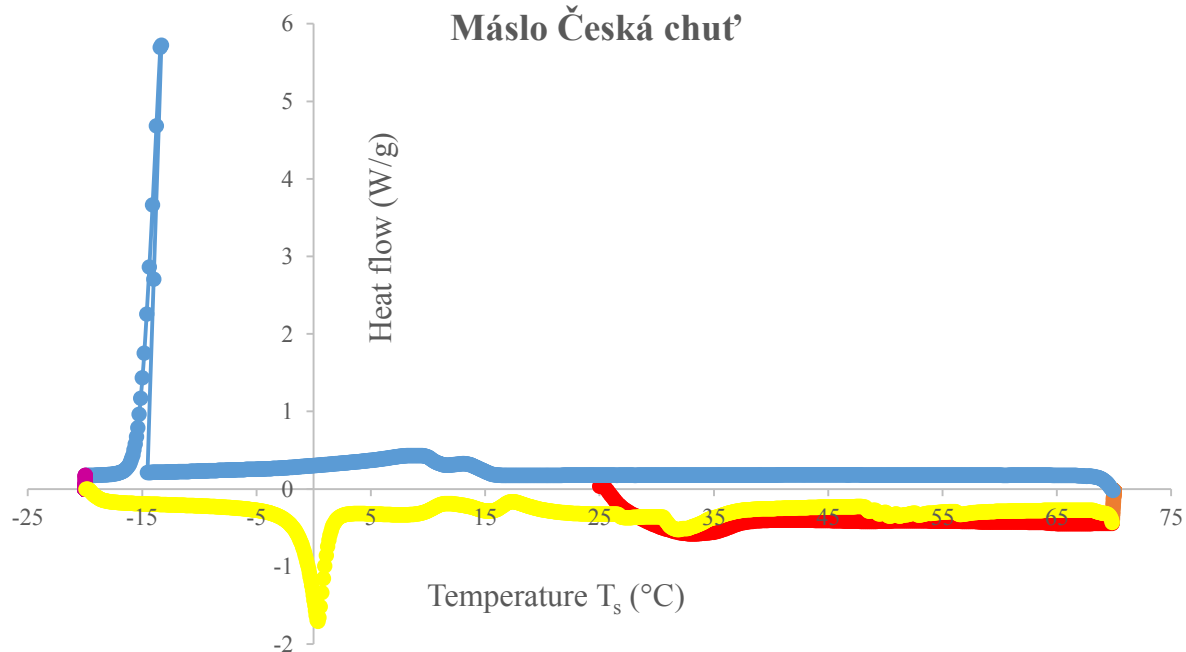


Tatra Farmářské máslo



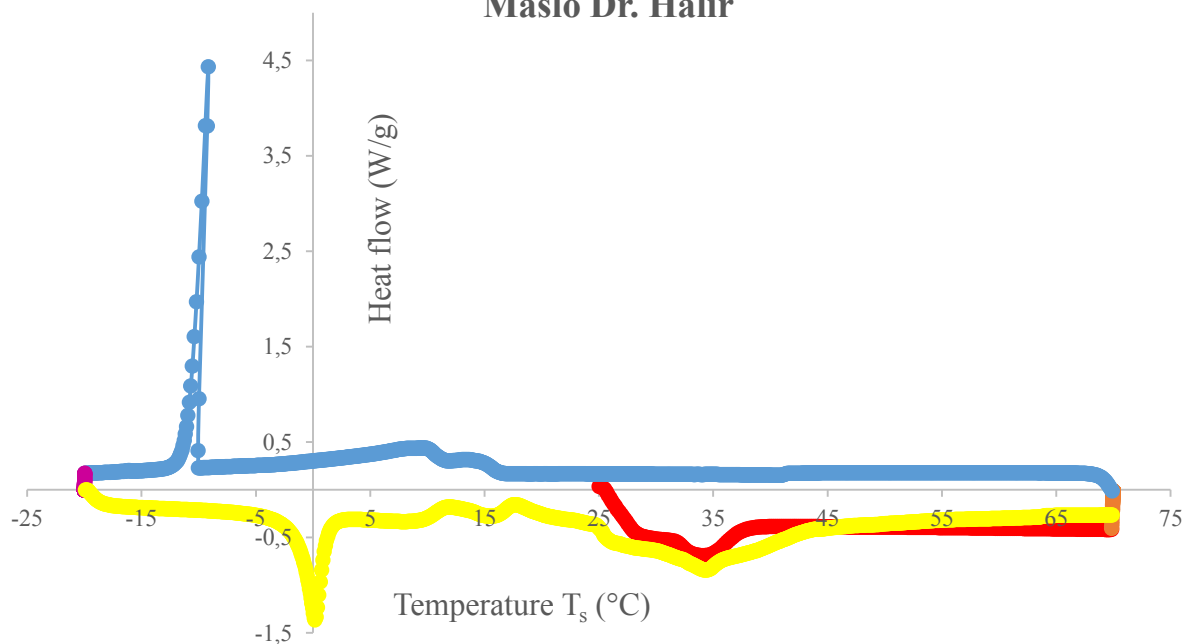
- 1. cyklus (záhřev, 10 °C/min)
- 2. cyklus (70 °C, 5 min)
- 3. cyklus (chlazení, 5 °C/min)
- 4. cyklus (-40 °C, 3 min)
- 5. cyklus (záhřev, 5 °C/min)

Máslo Česká chuť



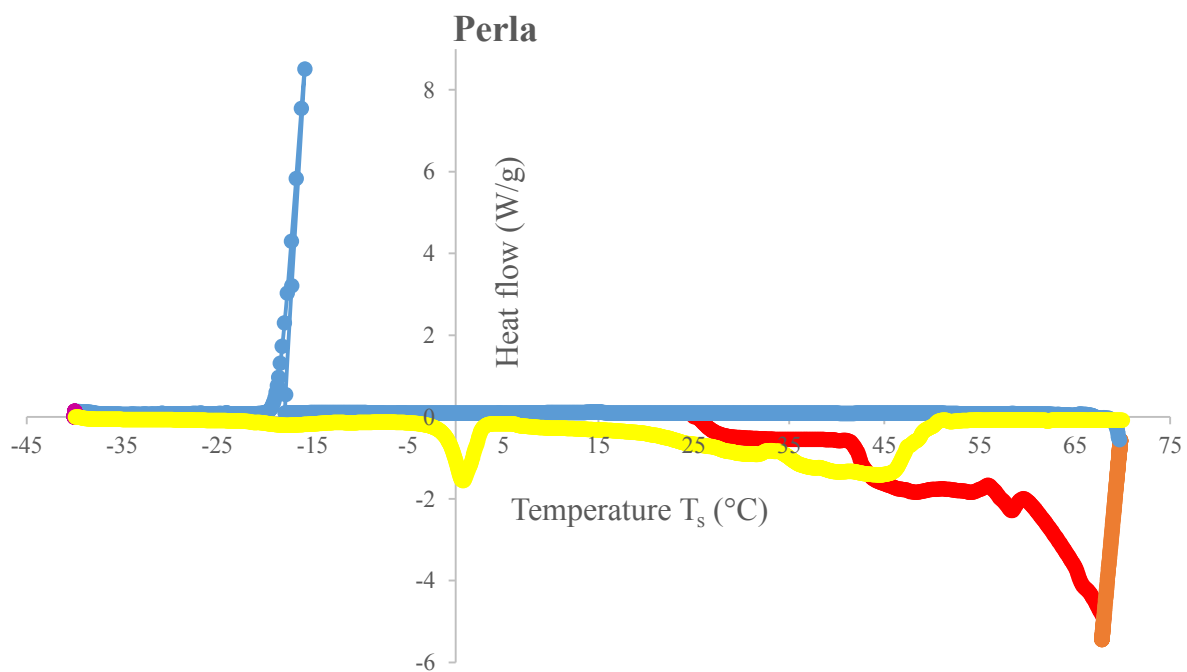
- 1. cyklus (záhřev, 10 °C/min)
- 2. cyklus (70 °C, 5 min)
- 3. cyklus (chlazení, 5 °C/min)
- 4. cyklus (-20 °C, 3 min)
- 5. cyklus (záhřev, 5 °C/min)

Máslo Dr. Halíř

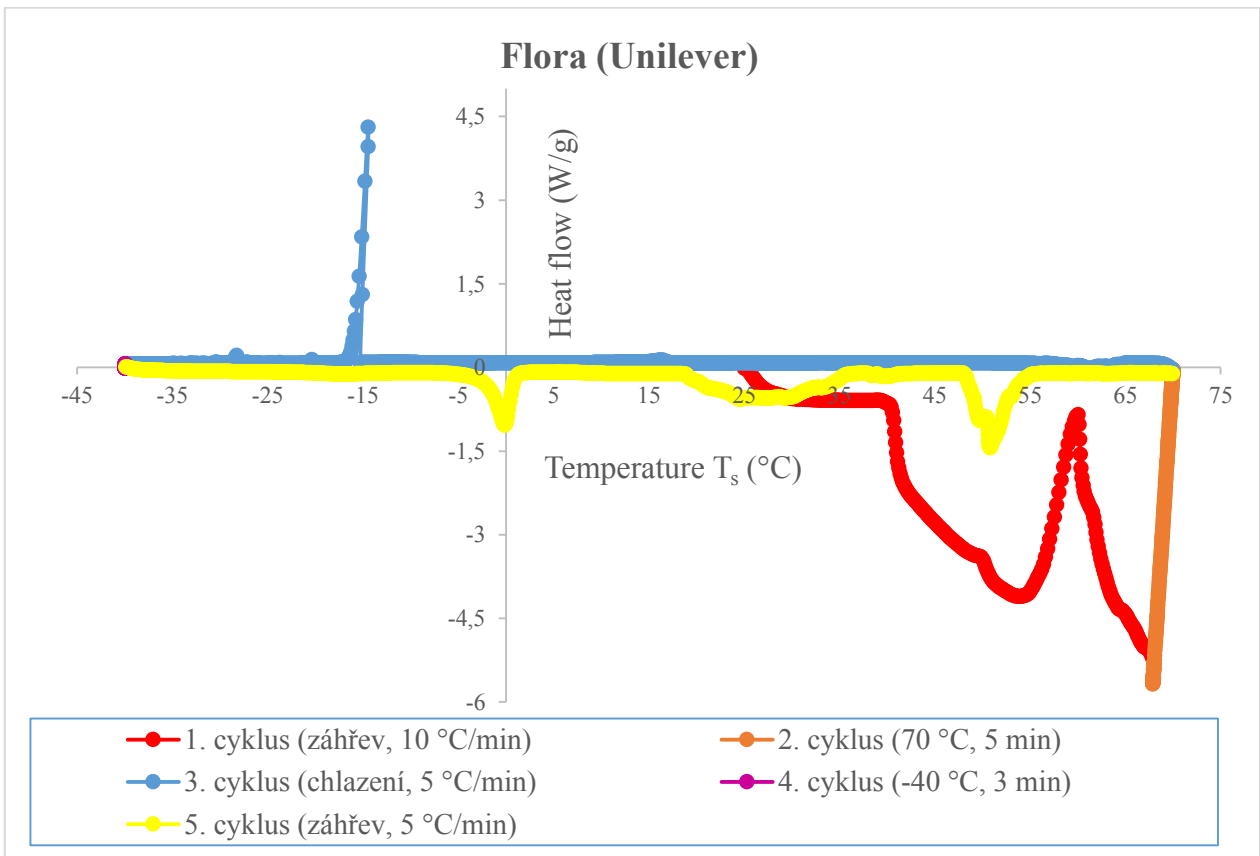
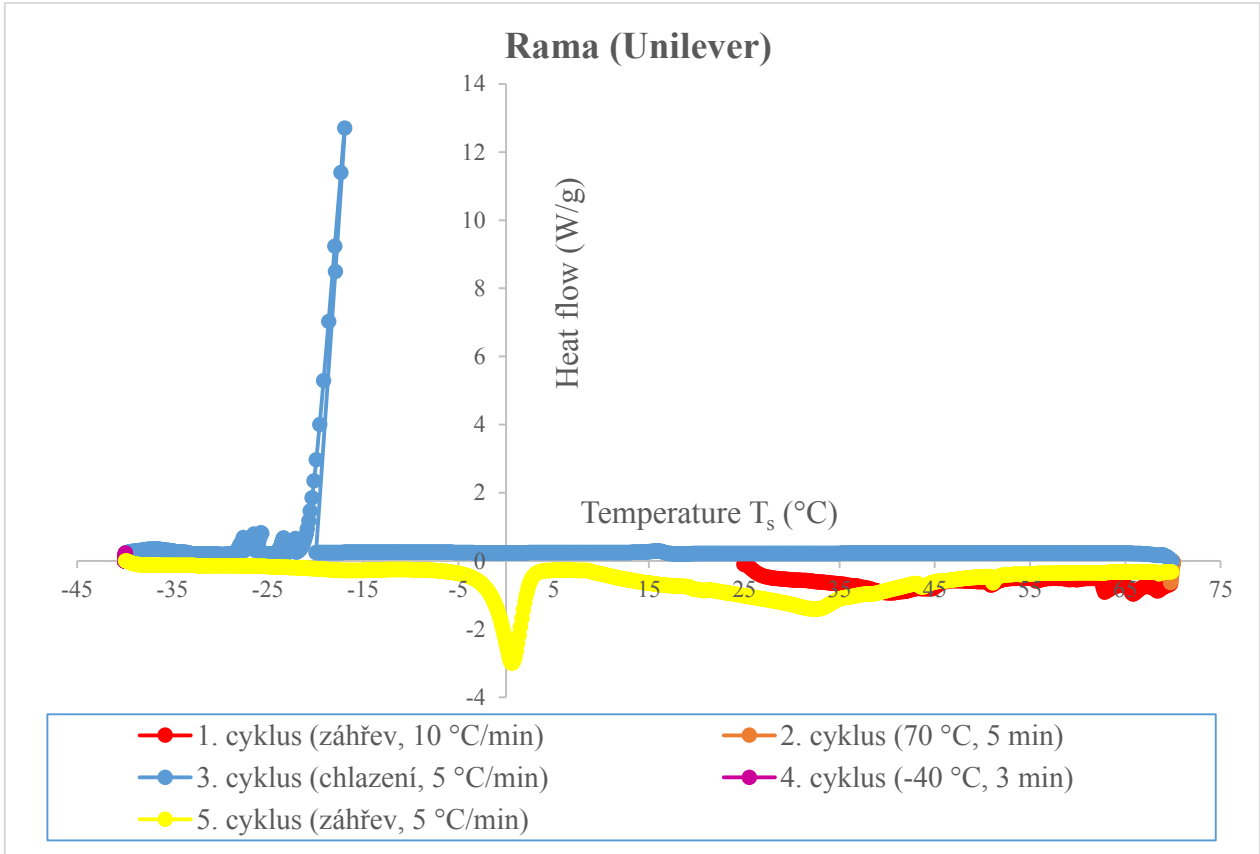


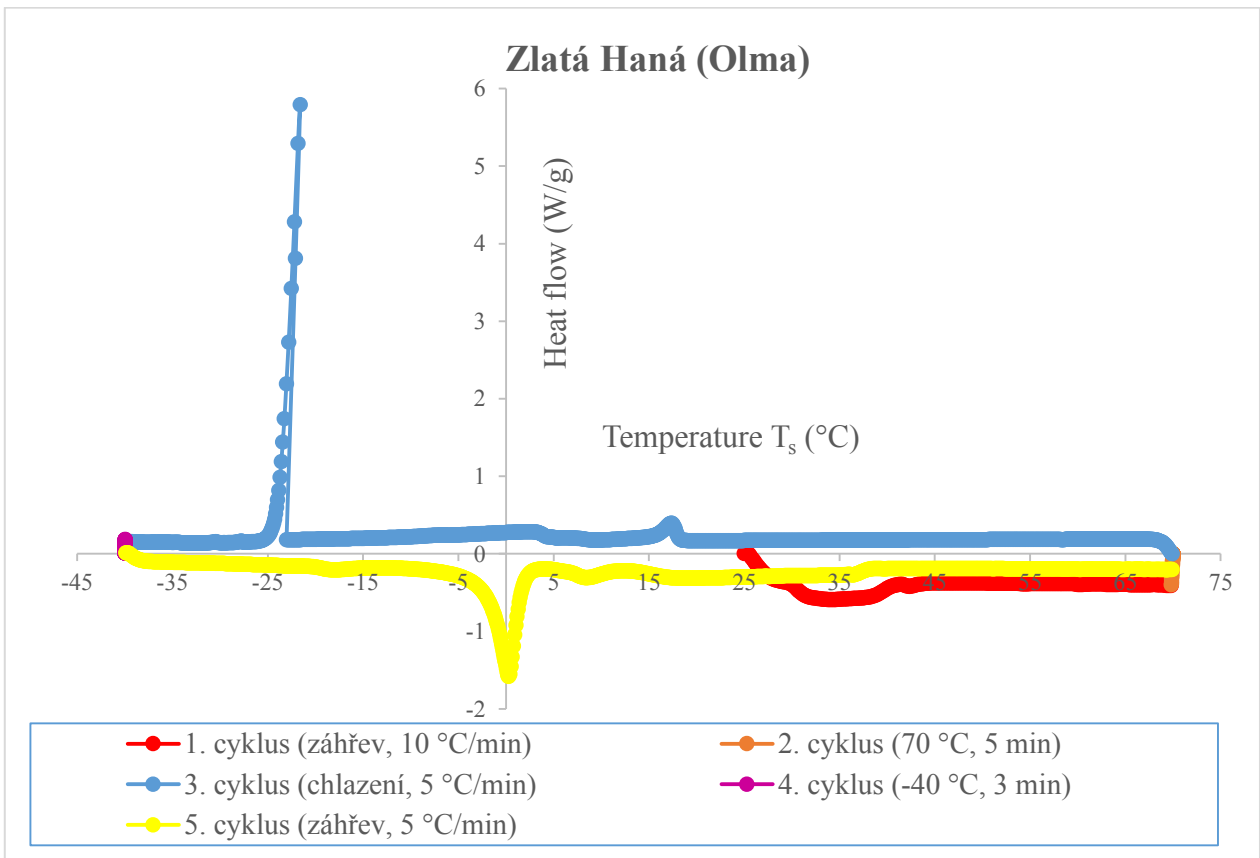
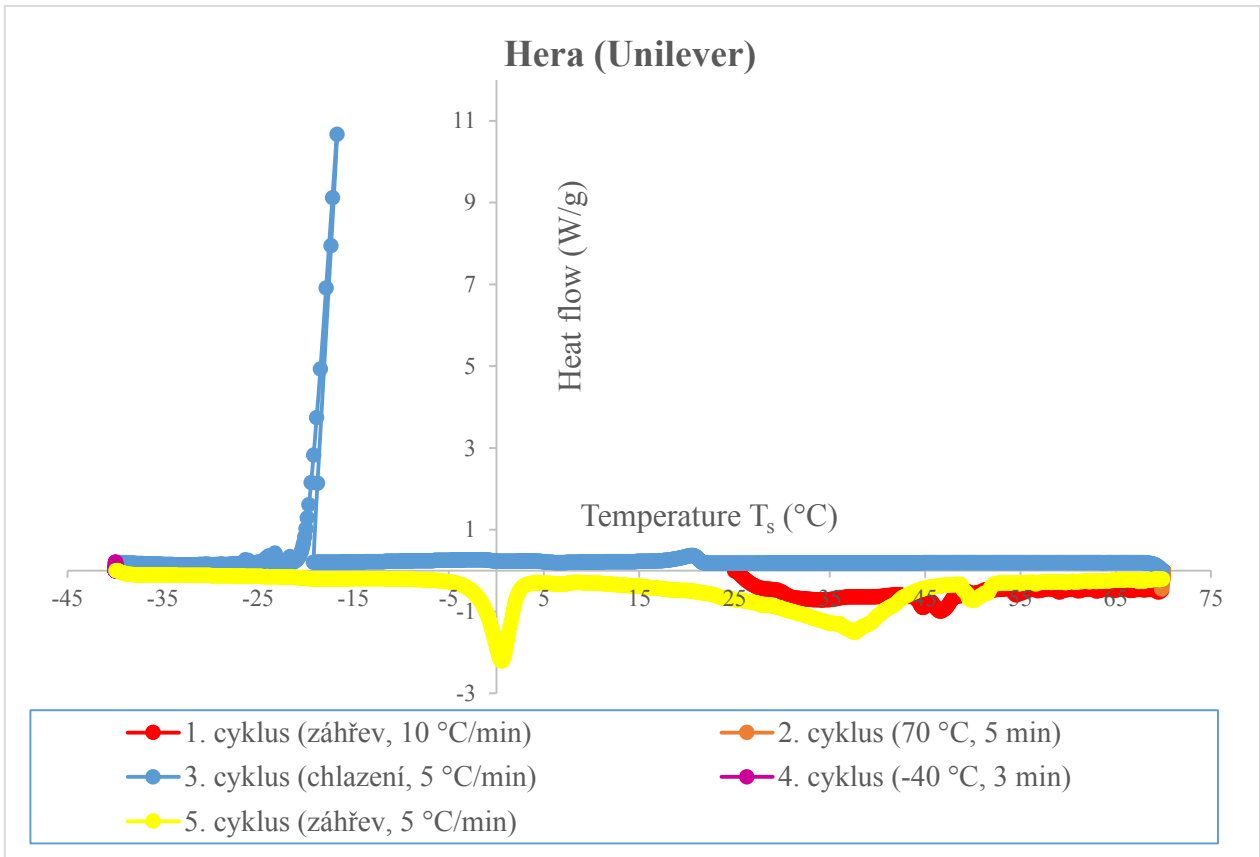
- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| 1. cyklus (záhřev, 10 °C/min) | 2. cyklus (70 °C, 5 min) |
| 3. cyklus (chlazení, 5 °C/min) | 4. cyklus (-20 °C, 3 min) |
| 5. cyklus (záhřev, 5 °C/min) | |

Perla

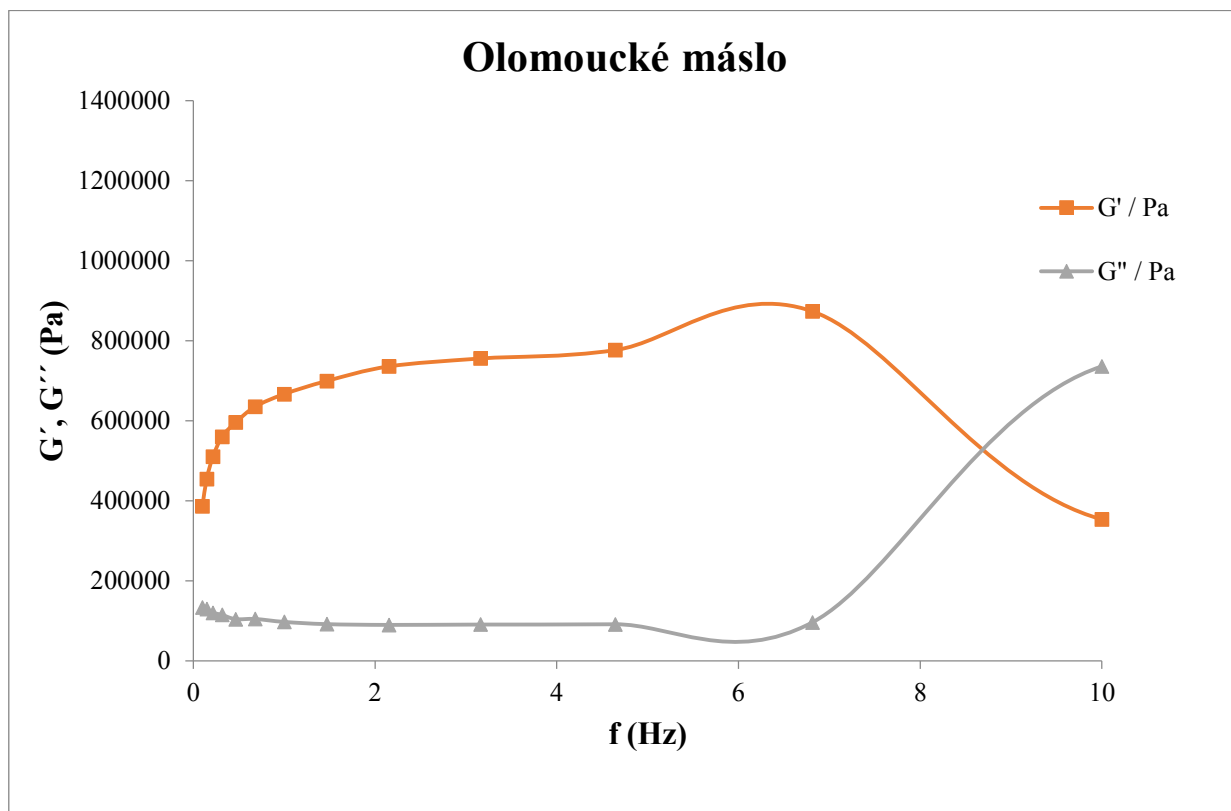
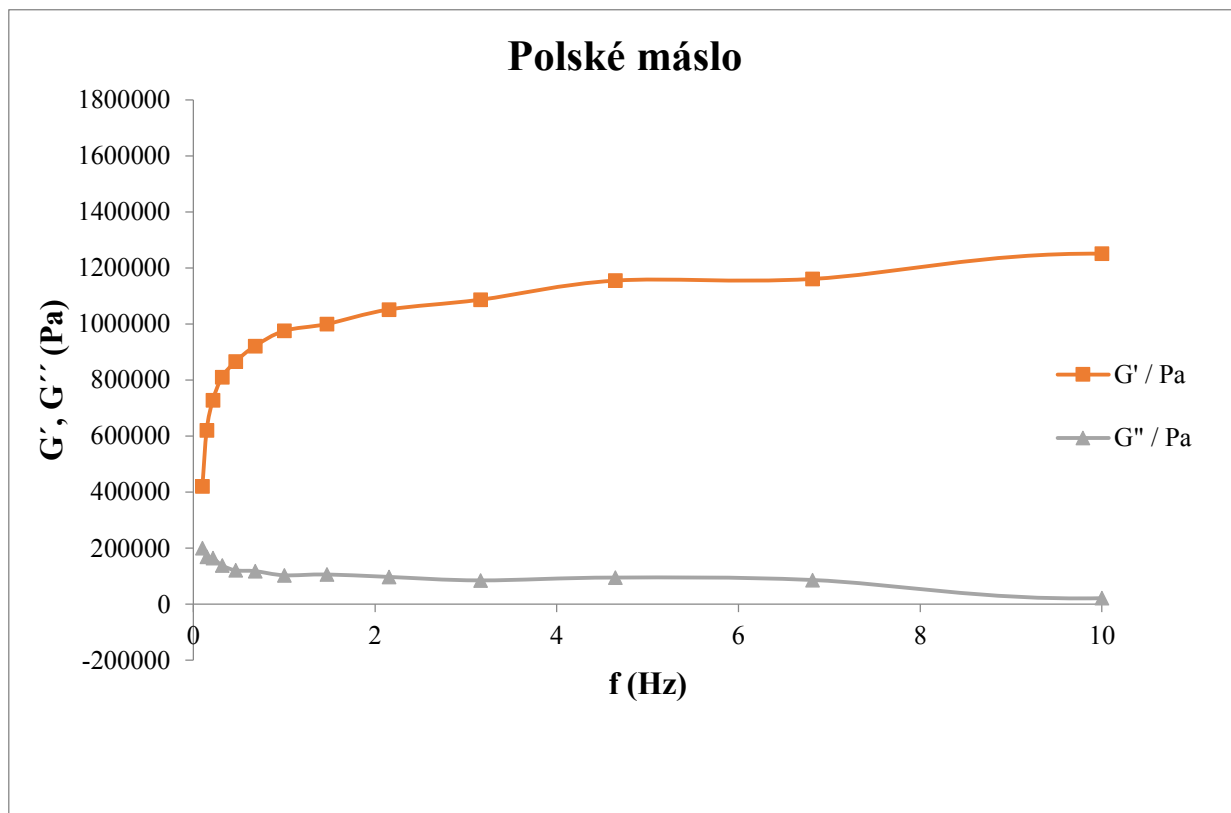


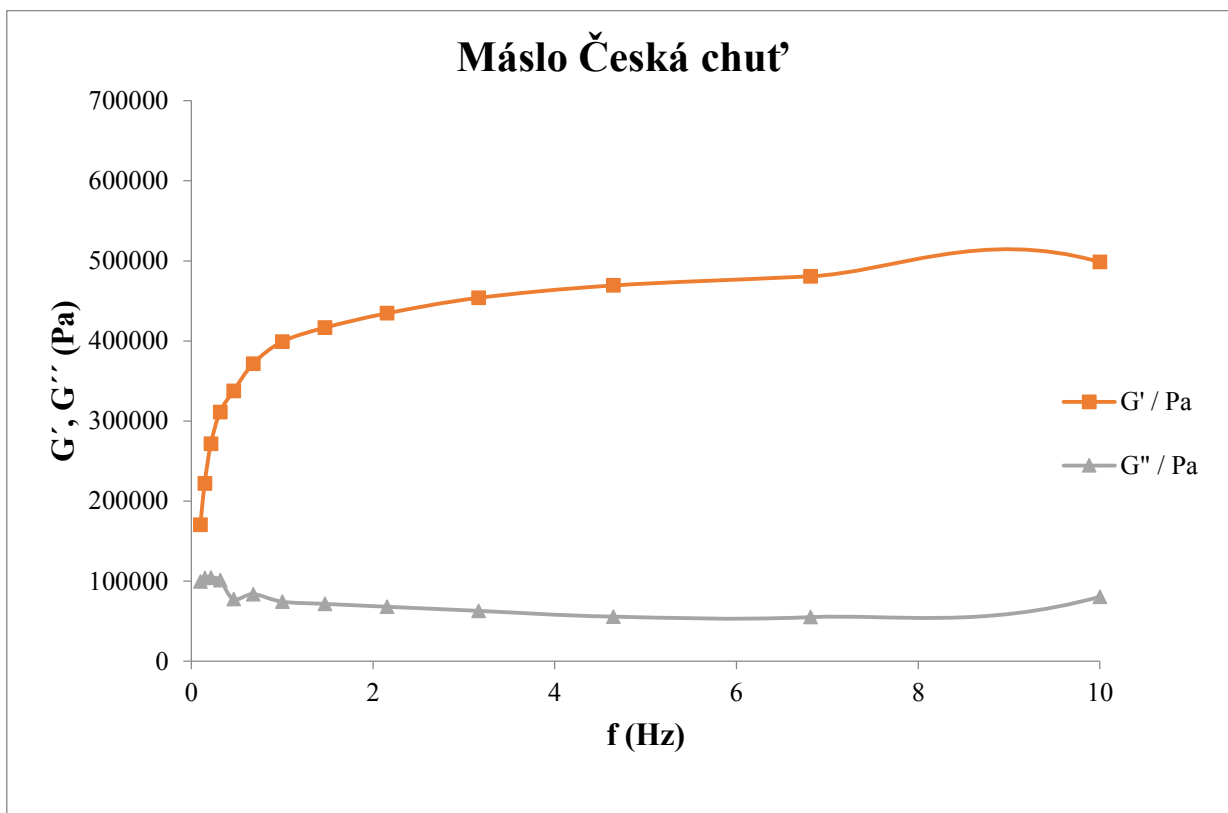
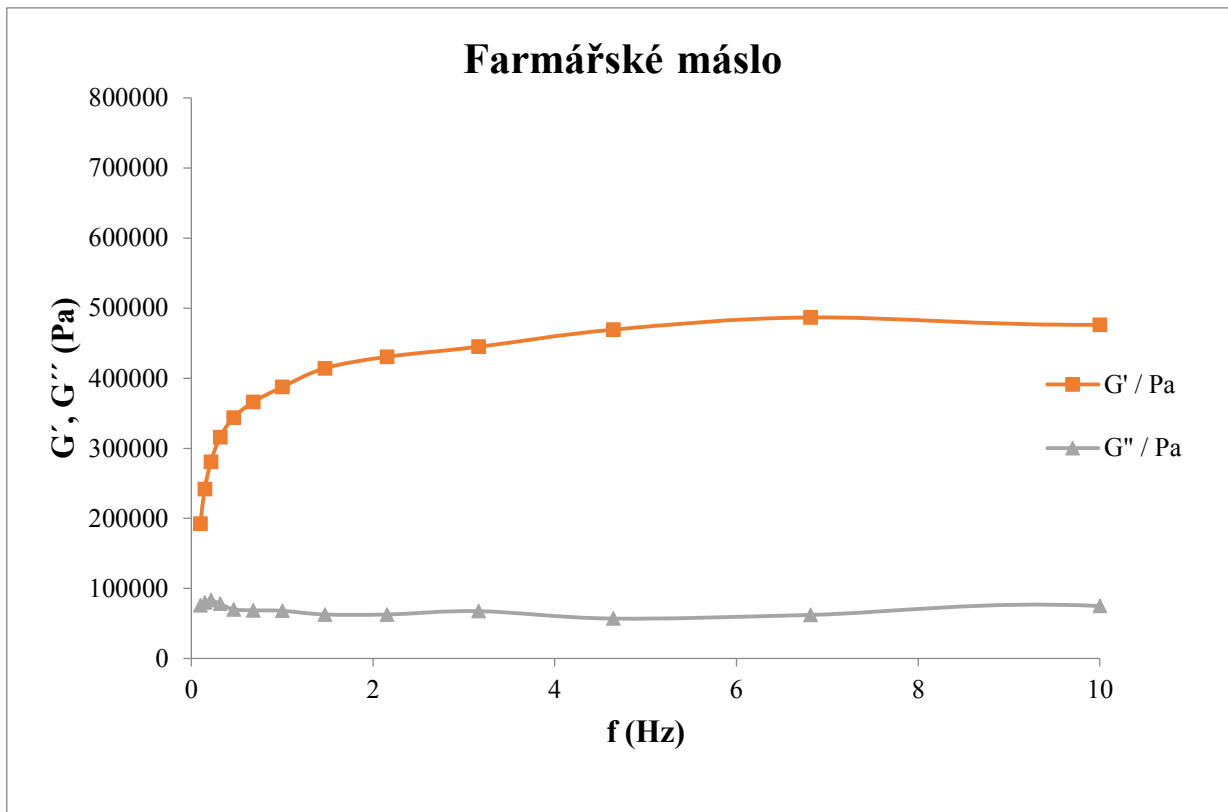
- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| 1. cyklus (záhřev, 10 °C/min) | 2. cyklus (70 °C, 5 min) |
| 3. cyklus (chlazení, 5 °C/min) | 4. cyklus (-40 °C, 3 min) |
| 5. cyklus (záhřev, 5 °C/min) | |

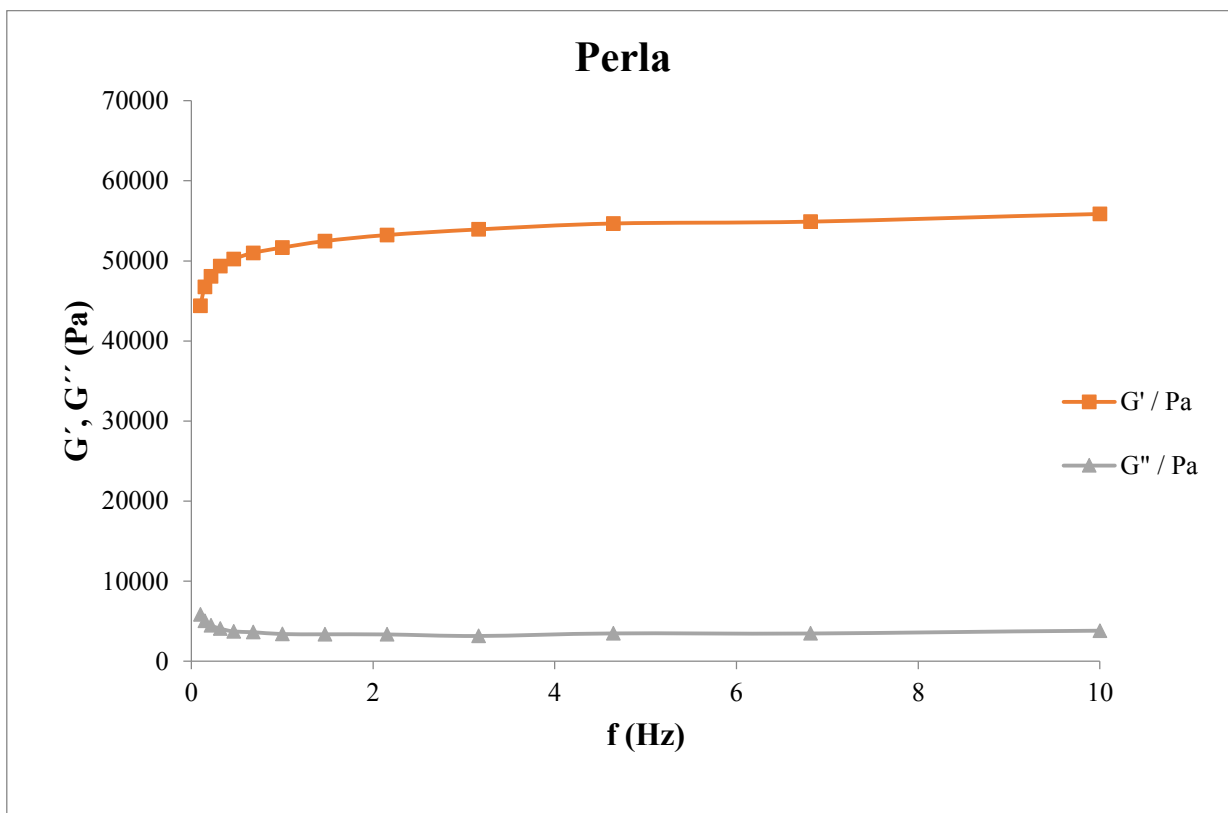
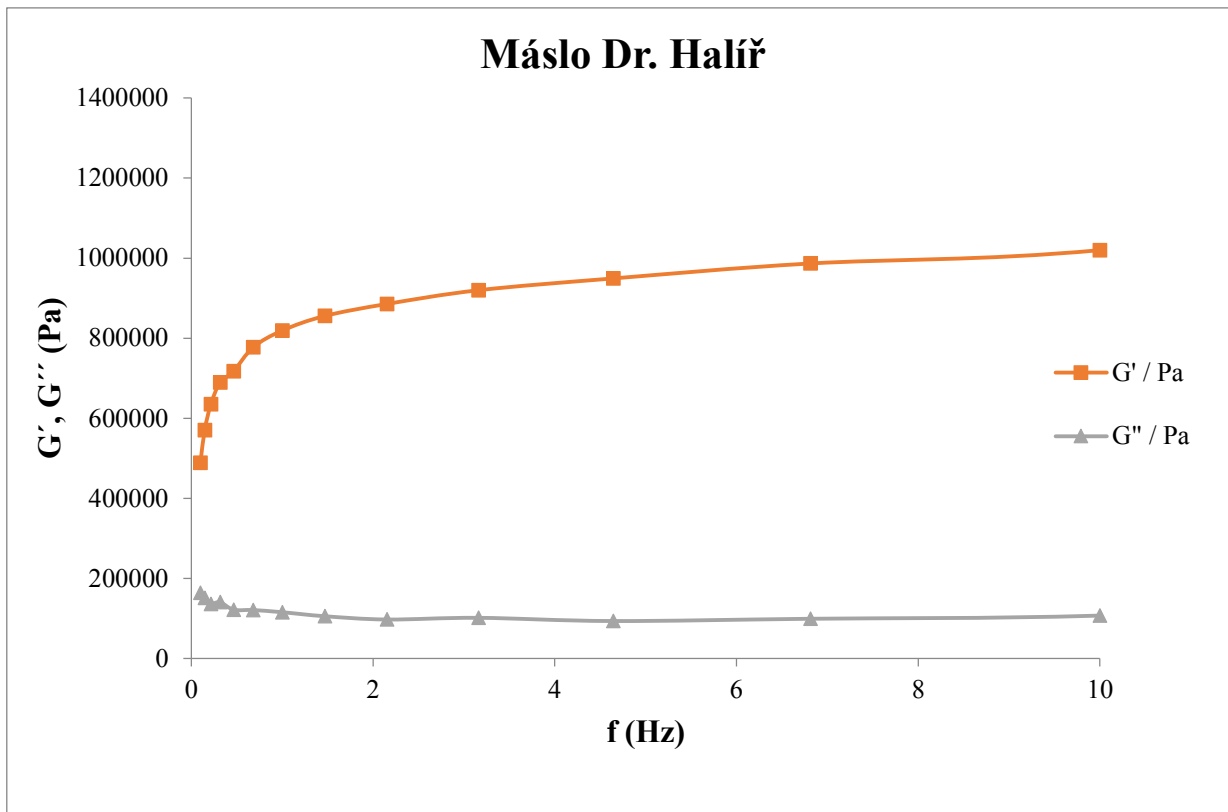


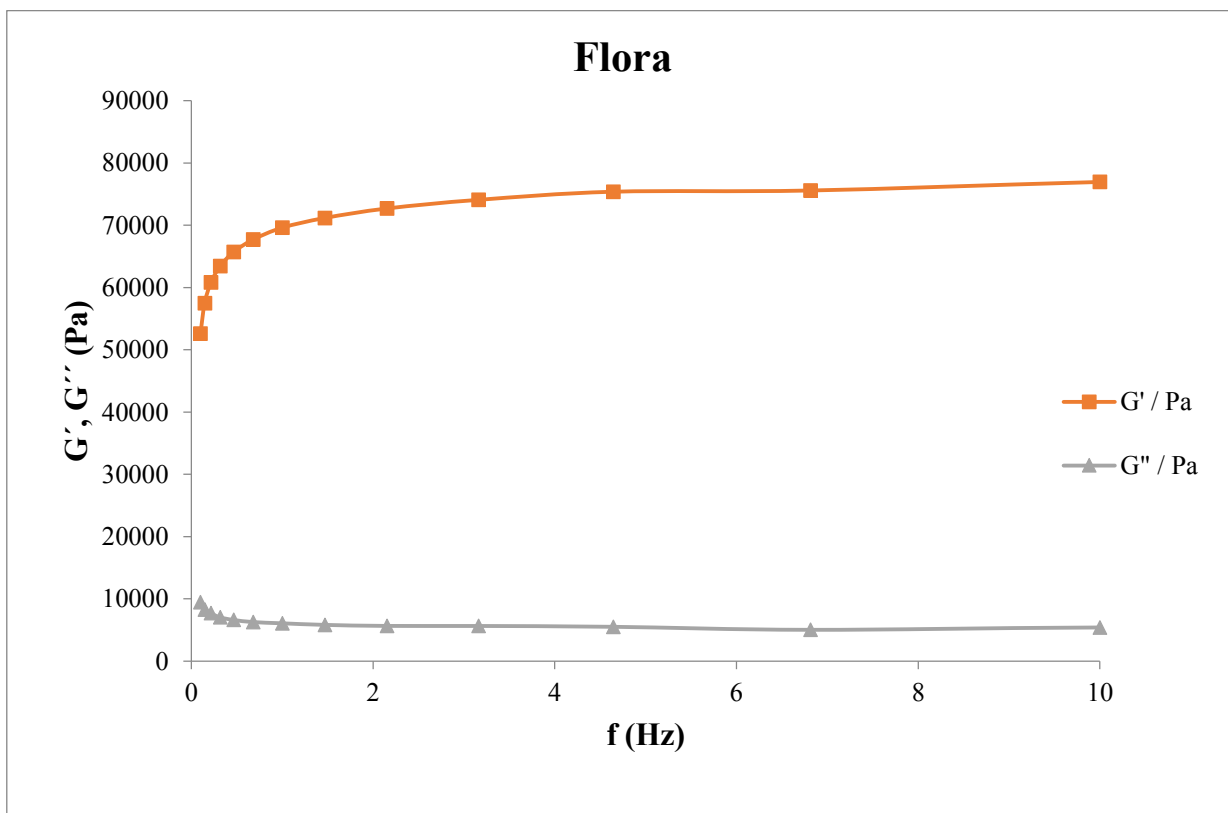
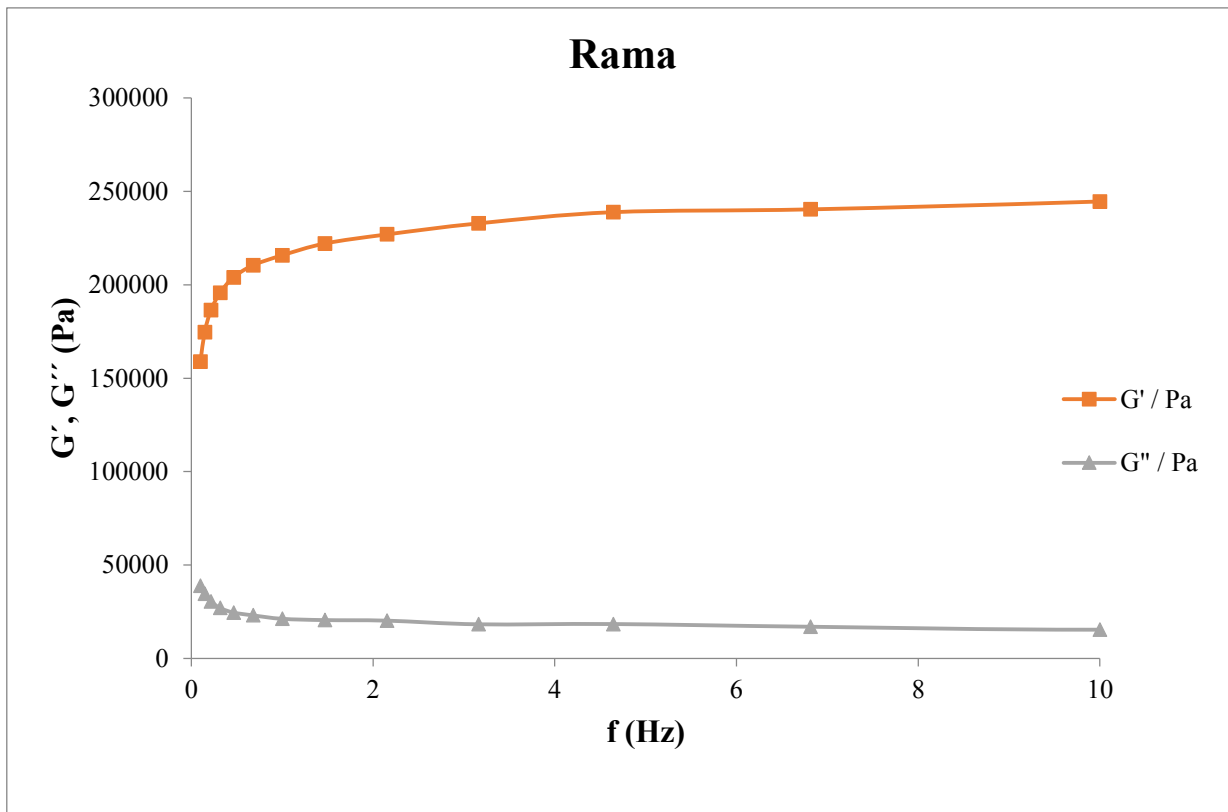


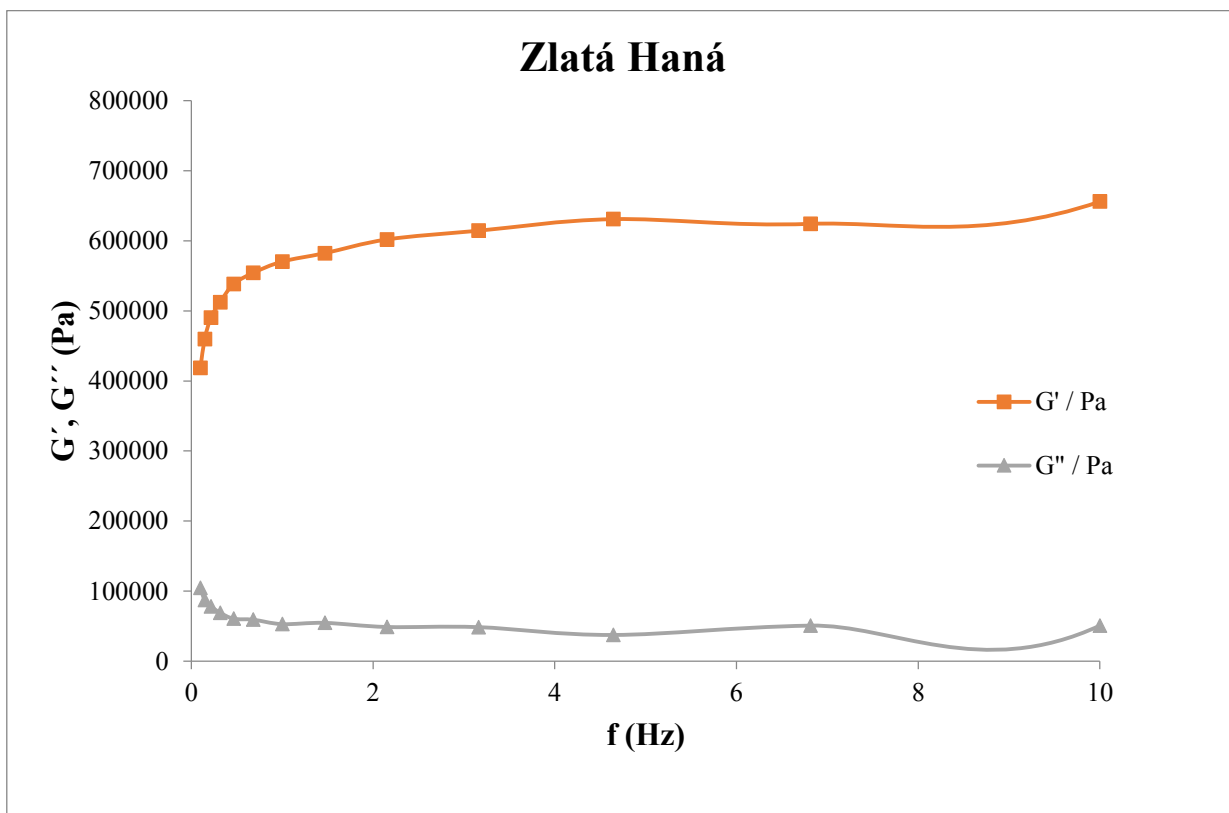
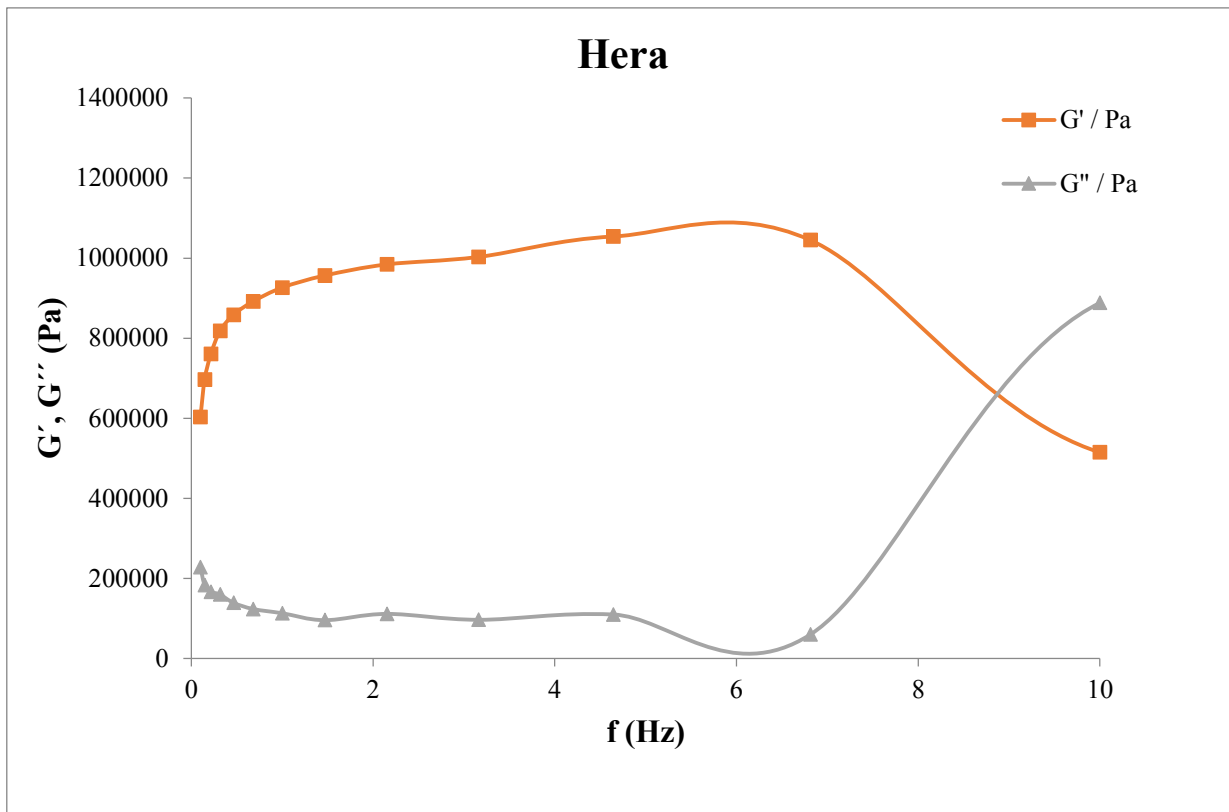
PŘÍLOHA PIII: REOLOGIE – ZÁVISLOST DYNAMICKÉ VISKOZITY NA FREKVENCI A ZTRÁTOVÝ ÚHEL











PŘÍLOHA PIV: REOLOGIE – ZTRÁTOVÝ ÚHEL

