

# Vliv homogenizace na tvarohové dezerty

Tereza Šmigurová

---

Bakalářská práce  
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tereza Šmigurová**  
Osobní číslo: **T16734**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv homogenizace na tvarohové dezerty**

Zásady pro vypracování:

1. Vytvořte modelové vzorky tvarohových dezertů.
2. Sledujte vliv homogenizace pomocí měření viskoelastických vlastností vyrobených vzorků tvarohových dezertů.
3. Výsledky diskutujte s odbornou literaturou.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] **BYLUND, G. Dairy Processing Handbook. Lund, Sweden: Tetra Pack Processing Systems, 1995. 436 p.**

[2] **PHILLIPS, G. O., WILLIAMS, P. A. Handbook of hydrocolloids, 2nd Edition by G. O. Phillips and P.A. Williams. Woodhead Publishing Limited, CRC Press, Boca Raton. 2009. 948 p.. ISBN 978-1-84569-587-3.**

[3] **NINGHTYAS, D. W., BHANDARI, B., BANSAL, N, PRAKASH, S. Effect of homogenisation of cheese milk and high-shear mixing of the curd during cream cheese manufacture. International Journal of Dairy Technology, 2018. 71(2), 417-431.**

[4] **ZAMORA, A; FERRAGUT, V; GUAMIS, B.; TRUJILLO, A. J. Changes in the surface protein of the fat globules during ultra-high pressure homogenisation and conventional treatments of milk. Food Hydrocolloids, 2012. 29, 135-143.**

Vedoucí bakalářské práce: **doc. MVDr. Michaela Černíková, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **2. února 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2019**

Ve Zlíně dne 2. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*

doc. Ing. Jiří Miček, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: .....

Obor: .....

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....

.....

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

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

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

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

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

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užíje-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).



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

- (1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.
- (2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.
- (3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem práce bylo studovat vliv homogenizace a rychlosti chlazení tvarohových dezertů na jejich konzistenci. Jako hydrokoloidy byly na základě předcházejících studií použity lokustová guma a tragant v poměrech lokustová guma: tragant 0:100, 10:90, 25:75, 50:50, 100:0 v celkové koncentraci 0,05 % (w/w). Z výsledků vyplynulo, že pomalým chlazením lze dosáhnout tužších výrobků ( $P < 0,05$ ), při zachování základních parametrů produktu (obsah sušiny a tuku) a při konstantním technologickém postupu výroby (výrobní zařízení, teplota termizace, doba výroby a rychlost míchání). Dále bylo u většiny vzorků prokázáno zvyšování jejich tuhosti v průběhu skladování ( $P < 0,05$ ). Bylo zjištěno, že nehomogenizované tvarohové dezerty dosahovaly vyšších hodnot komplexních modulů pružnosti než výrobky homogenizované ( $P < 0,05$ ). Statisticky významný rozdíl v konzistenci termizovaných tvarohových dezertů způsobený jedno- nebo dvoustupňovou homogenizací prokázán nebyl.

Klíčová slova: tvaroh, hydrokoloidy, homogenizace, chlazení, reologie

## **ABSTRACT**

The aim of this work was to study the effect of curd desserts (dairy desserts) homogenization and cooling rate on their consistency. Locust bean gum and tragacanth was used as hydrocolloids based on previous studies, namely in ratio locust gum: tragacanth 0:100, 0:90, 25:75, 50:50, 100:0 in the total concentration 0.05 % (w/w). Firmer products were obtained by slower cooling ( $P < 0.05$ ) under the same dry matter and fat content and under constant processing parameters maintaining during manufacturing (production facility, termization temperature, production time and mixing speed). During storage, the increase of sample rigidity was determined for the most samples tested ( $P < 0.05$ ). It was detected that non-homogenized curd desserts achieved higher values of the complex moduli than homogenized products ( $P < 0.05$ ). The significant changes of curd desserts consistency due to one-stage or two-stage homogenization of heat-treated curd desserts were not detected.

Key words: curd, hydrocolloids, homogenization, cooling, rheology

Chtěla bych poděkovat své vedoucí doc. MVDr. Michaelle Černíkové, Ph.D. za trpělivost, vedení, odborné rady a čas, který mi věnovala při psaní bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat panu prof. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. a paní laborantce Ing. et Ing Ludmile Zálešákové za ochotu a pomoc v laboratoři. Na závěr bych chtěla poděkovat své rodině a blízkým za podporu při studiu.

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

## OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>9</b>
<b>1 TVAROHOVÉ DEZERTY.....</b>	<b>10</b>
1.1    LEGISLATIVNÍ CHARAKTERISTIKA .....	11
1.2    MLÉKO JAKO HLAVNÍ SUROVINA PRO VÝROBU TVAROHU A TVAROHOVÝCH DEZERTŮ .....	11
1.3    TECHNOLOGIE VÝROBY, HOMOGENIZACE.....	13
1.3.1    Vliv homogenizace na mléko a jeho komponenty .....	16
<b>2 HYDROKOLOIDY.....</b>	<b>19</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>24</b>
<b>3 CÍL PRÁCE.....</b>	<b>25</b>
<b>4 METODIKA.....</b>	<b>26</b>
4.1    POPIS EXPERIMENTU.....	26
4.1.1    Výroba modelových vzorků.....	26
4.1.2    Analýza vzorků.....	28
<b>5 VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>29</b>
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>44</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>45</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>49</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>51</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>53</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>54</b>



## ÚVOD

Tepelně ošetřené tvarohové dezerty patří mezi oblíbenou pochoutku všech věkových skupin. Mají jemnou konzistenci a širokou škálu chutí, která je dána použitými přísadami jako jsou ovocné složky nebo kakao. Základní surovinou pro výrobu je tvaroh. Konzistence tvarohových dezertů závisí na tučnosti výchozí suroviny. Jemnější konzistence dosahují výrobky s vyšším procentem tuku. Do výrobků s vyšším procentem tuku není potřeba přidávat velké množství stabilizátorů. Tvarohové dezerty jsou jako mléčné výrobky dobrým zdrojem mléčných bílkovin, lehce stravitelného mléčného tuku a vápníku. Nedílnou součástí technologie výroby tvarohových dezertů je termizace. Termizace je tepelné ošetření výrobků, používané hlavně pro prodloužení trvanlivosti.

Tato bakalářská práce byla zaměřena na zkoumání vlivu homogenizace a způsobu chlazení na viskoelastické vlastnosti u vyrobených tvarohových dezertů. Tvarohové dezerty byly připraveny z tvarohu, smetany, cukru, vody a pro stabilitu struktury byly přidány i hydrokoloidy. Jako hydrokoloidy byly vybrány lokustová guma a tragant v různých poměrech. Homogenizace byla aplikovaná jednostupňová, dvoustupňová, nebo nebyla použita vůbec. Chlazení probíhalo buď rychle na ledové tříšti, nebo po dobu několika hodin v termostatu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 TVAROHOVÉ DEZERTY

Tvarohové dezerty (Pribináček, Termix apod.) jsou ochucené tvarohy, které obsahují 30 – 40 % sušiny a 8 – 11 % (w/w) tuku. Tvarohové výrobky se připravují zpravidla z čerstvého tvarohu. Tvarohem je myšlen nezrající sýr s převládajícím kyselým srážením bílkovin. Čerstvý tvaroh se zahušťuje a zároveň míchá s ostatními přísadami (stabilizátory, aromata, barviva). Zahušťování může být např. smetanou, želatinou, škrobem, máslem, cukrem, kakaem nebo jinou ochucující složkou. Struktura dezertů by měla být hladká, pastovitá, krémovitá, ale může být i našlehané konzistence s viditelnými malými bublinkami. Vůně je definována jako tvarohová, typická dle použitých přísad. Tvarohové speciality se do tržní sítě expedují ve spotřebitelských baleních v plastových obalech s krycí hliníkovou fólií (Lukášová, 2001, s. 83, Šustová, 2013, s. 79, Kadlec, 2012, s. 291, Gabovská, 2017). Kyselost tvarohů (pH 4,5) umožňuje pro zničení mikroorganismů použít tepelnou úpravu o nižší teplotě než je tomu u syrového mléka (Drdák, 1996, s. 336). Pro prodloužení trvanlivosti tvarohových dezertů se využívá termizace (Lukášová, 2001, s. 83).

Termizace je tepelné ošetření mléka a mléčných výrobků. Vyhláška 397/2016 Sb. udává teplotu ošetření do 80 °C. Běžná teplota ošetření se pohybuje v rozmezí 57 – 68 °C na dobu ne kratší jak 15 vteřin (Šnirc, Golian a kol., 2015, s. 141). Při procesu termizace dochází ke znatelné redukci nežádoucích bakterií s minimálním negativním zásahem do dalších mléčných složek. Důležitým faktorem je také to, že nedochází ke změně chuti. Široce využívaná je termizace v rozmezí teplot 62 – 68 °C po dobu 15 vteřin (Roginski, 2003, s. 2619). Při tomto procesu nedochází k inaktivaci alkalické fosfatázy, ale bylo zjištěno, že extracelulární proteinázy a lipázy produkované rodem *Pseudomonas* během skladování mléka v chladírenských podmínkách jsou méně stabilní při teplotách termizace (55 – 65 °C) než při teplotách vyšších jak 70 – 80 °C používaných při vysoké pasteraci, ultrapasteraci a UHT (ultra high temperature) ošetření. Proces termizace, pro inaktivaci již zmíněných enzymů, se doporučuje jako doplňková metoda zařazená před nebo za UHT ošetření. Teplota při doplňkové termizaci by měla být udržována na 60 °C po dobu 5 nebo více minut (Roginski, 2003, s. 2619). Termizace se spíše využívá k prodloužení trvanlivosti již hotových mléčných výrobků. V tomto případě se nepřekračuje teplota nad 80 °C (Šnirc, Golian a kol., 2015, s. 141). Pro zjištění teploty, ve které byla termizace mléka provedena se využívá zjištění reziduální aktivity některých enzymů nebo množství denaturovaných syrovátkových proteinů. Enzym vhodný pro zjištění termizace v 50 – 60 °C je  $\alpha$  – L – fukozidáza, která je produkována somatickými buňkami a během 15 sekund při 62 °C je už z 90 %

inaktivována. Při použití teploty v rozmezí 60 – 70 °C je neaktivní i fosfohexóza izomeráza (Roginski, 2003, s. 2619).

### 1.1 Legislativní charakteristika

Termixy (termizované tvarohové dezerty) spadají pod vyhlášku č. 397/2016 Sb. Jedná se o vyhlášku Ministerstva zemědělství o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Tvarohové dezerty lze zařadit do skupiny tvaroh. Vyhláška dále definuje termizaci jako tepelné ošetření mléčných výrobků po ukončení kysacího procesu a před balením k potlačení nebo zastavení aktivity přítomné mléčné mikroflóry až do teploty 80 °C (Česko, 2016).

Dle České cechovní normy č. 2016 – 09 – 06 – 0178 se tvarohové krémy a dezerty tepelně ošetřené řadí do skupiny mléko, tuky a výrobky z nich – smetanovo – tvarohové krémy. Jako povinnou součást norma uvádí tvaroh. Do složek, které jsou přípustné se řadí např.: ostatní mléčné výrobky (jogurt, zakysaná smetana, sušené mléko apod.), kakao, cukr, přírodní aroma, ovocné a ochucující komponenty. Tyto komponenty mohou obsahovat pektiny, rostlinné a ovocné extrakty a koncentráty a přírodní barviva. Komponenty mohou obsahovat škroby a želatinu v maximálním množství 5 % (w/w). Dále se do výrobků mohou přidávat přírodní rostlinná zahušťovadla, stabilizátory a želatina v maximálním množství 2 % (w/w). Jako nepřipustné složky se uvádí umělá sladidla a barviva, konzervační látky a náhradní sladidla. Norma dále informuje o technologickém postupu a senzorických požadavcích (Gabovská, 2017).

### 1.2 Mléko jako hlavní surovina pro výrobu tvarohu a tvarohových dezertů

Podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 1308/ 2013 se mlékem rozumí výhradně běžná tekutina vylučovaná mléčnou žlázou získaná z jednoho nebo více dojení bez toho, aby se do ní cokoli přidávalo nebo z ní odebíralo (Evropská unie, 2013). Mléko a mléčné výrobky jsou podstatným zdrojem živin důležitých pro všechny věkové kategorie. Nejvíce využívaným mlékem je mléko kravské (Roginski, 2003, strana na úvod, Bylund, 2015, s. 2). Mimo základních živin, minerálů a vitaminů, je mléko jedním z nejlepších zdrojů esenciálních aminokyselin.

Důležitou součástí jsou velmi dobře stravitelné mléčné bílkoviny (Dostálová, 2014, s. 123). Mléčné proteiny se řadí do dvou hlavních typů – kaseiny a syrovátkové proteiny. Kaseiny jsou v mléce přežvýkavců zastoupeny z cca 80 % a syrovátkové proteiny ze zhruba 20 % (Velíšek, 2009, s. 53). Kaseiny mají na serin a treonin esterově vázanou kyselinu fosforečnou, proto jsou řazeny do fosfoproteinů (Janštová, 2014, s. 8 – 9). Kaseiny dělíme na  $\alpha_{s1}$  – kaseiny,  $\alpha_{s2}$  – kaseiny,  $\beta$  – kasein a  $\kappa$  – kasein, které se v mléku vyskytují v poměru 40:10:40:10 (Phillips, 2011, s. 13 – 14). Do syrovátkových proteinů řadíme  $\beta$  – laktoglobulin,  $\alpha$  – laktalbumin, sérové bovinní albuminy a imunoglobuliny (Janštová, 2014, s. 8 – 9). Kaseiny se seskupují do tzv. kaseinových micel, které se v mléce vyskytují ve velikosti 50 – 300 nm a dávají mléku bílou barvu. Odolnost kaseinových bílkovin vůči teplu, etanolu atd. je přisuzována přítomností  $\kappa$  – kaseinu na povrchu micel a malému množství sekundárních a terciárních struktur v molekule. Kaseiny se díky své neuspořádané struktuře, která má odkryté nepolární zbytky, využívají v potravinářství jako emulgátory pro emulze typu olej ve vodě, protože se snadno přichytí na povrch kapének tuku vzniklých při homogenizaci. K odstranění kaseinů z mléka může dojít vysrážením pomocí chymosinu. Chymosin štěpí peptidovou  $\kappa$  – kaseinu vazbu mezi 105. a 106. aminokyselinou (fenylalanin a metionin). Působením chymozinu vzniknou dva řetězce para –  $\kappa$  – kasein (1. – 105. aminokyselina) a  $\kappa$  – kaseinoglykomakropeptid (106. – 169. aminokyselina). Nově vzniklý řetězec  $\kappa$  – kaseinoglykomakropeptid je hydrofilní a odchází do syrovátky (Phillips, 2011, s. 15, Šnirc, 2015, s. 126, Šustová, 2013, s. 74, Farshchi, 2013, s. 402).

V mléce je kromě jiných složek významný obsah vápníku. V porovnání s jinými zdroji je v mléku a mléčných výrobcích ve vyšší koncentraci. Vápník je důležitou součástí kostní hmoty, která nabývá až do 30 let. Dosažením dostatečného množství kostní hmoty lze předejít např. osteoporóze (Roginski, 2003, s. 1294 – 1295). Doporučená denní dávka vápníku pro dospělého jedince je 0,8 – 1,6 g. Na příjmu vápníku se mléko a mléčné výrobky podílejí zhruba z 80 % (Dostálová, 2014, s. 118, Klimešová, Stelzer, 2013, s. 131).

Dále je významnou složkou mléčných výrobků mléčný tuk, který lze v hojném množství najít např. v másle. Mléčný tuk obsahuje vitaminy rozpustné v tucích, množství lecitinu, kaseinu a zbytky bílkovin z membrán tukových kuliček. Ve srovnání s jinými tuky je lépe a snadněji tráven. Tato vlastnost je zapříčiněna obsahem nízkomolekulárních mastných kyselin a nižší teplotou tání mléčného tuku, než je teplota lidského těla, která dovoluje mléčný tuk trávit kratší metabolickou drahou (Zimák, 1988, s. 12). Typickými nízkomolekulárními kyselinami v mléčném tuku jsou nasycené mastné kyseliny s kratším řetězcem.

Příkladem může být kyselina máselná (C4:0), kapronová (C6:0) a kyselina kaprylová (C8:0). Vysokým podílem nízkomolekulárních mastných kyselin je typické mléko přežvýkavců. Kravské mléko obsahuje přibližně 4 % tuku. Tuk je v mléce dispergován v podobě tukových kuliček o velikosti zhruba 1  $\mu\text{m}$  – 10  $\mu\text{m}$ . Nejhojněji jsou zastoupeny kuličky o velikosti 4 – 6  $\mu\text{m}$  (Velíšek, 2009, s. 99, Janštová, 2014, s. 11 – 12, Roginski, 2003, s. 1346 – 1347). Mléčný tuk je obklopen membránou složenou hlavně z proteinů, fosfolipidů, triacylglycerolů (TAG), cholesterolu a enzymů. Membrána je označována zkratkou MFGM (z ang. milk fat globule membrane). Tato membrána se skládá z několika vrstev. Prekurzory tukových kuliček se vytvářejí v endoplazmatickém retikulu buněk mléčné žlázy. Do cytosolu jsou uvolňovány jako lipidové kapičky obklopeny jednou vrstvou tvořenou proteiny a fosfolipidy. Během sekrece získá kapička tuku z membrány sekrečních buněk vnější dvojrstvu. Proteinové složení MFGM je tvořeno až 40 polypeptidy. Hlavními polypeptidy jsou xantin, oxidáza, butyrofilin a PAS 6/7. Zatímco vazba mezi MFGM proteiny (např. xantinem a butyrofilinem) se vyskytuje přirozeně, proteinová sestava MFGM je obvykle zkoumána na SDS – PAGE gelech, kde je obsaženo 8 % polyakrylamidu. Studie ukázaly, že technologické operace jako zahřívání, odpařování nebo homogenizace neměly na proteiny MFGM významný vliv. Nicméně, zpracovávání mléka podněcuje interakce mezi MFGM, kaseiny i syrovátkovými proteiny. Pro studium interakcí mezi MFGM, kaseiny i syrovátkovými proteiny se využívají gely s 15 % polyakrylamidu. Vyšší množství polyakrylamidu je kvůli nízké molekulové hmotnosti kaseinů a syrovátkových proteinů. V závislosti na interakcích mezi MFGM a kaseiny může dojít k přímé či nepřímé adsorpci kaseinů na povrch MFGM. Pro odlišení přímé a nepřímé adsorpce se používá pufr EDTA (kyselina ethylendiamintetraoctová). Pufr se promyje izolovaný materiál MFGM, ze kterého se odstraní kaseinové micely přichycené nepřímo na povrchu a zůstanou jen proteiny přichycené přímo na proteinovou vrstvu tukové kuličky (Zamora, 2012, s. 135).

### 1.3 Technologie výroby, homogenizace

Postup výroby tvarohových dezertů začíná výrobou mléčných složek, ke kterým se přidávají povolené komponenty. Vzniklá směs se tepelně ošetří termizací. Následuje plnění do obalů, chlazení a expedice (Gabovská, 2017). Termizované tvarohové dezerty se tepelně ošetřují v termizátorech s přímým či nepřímým záhřevem. Pro promíchání jednotlivých složek jsou termizátory vybaveny noži. Suroviny se mohou při použití termizátoru s nepřímým ohřevem dávkovat rovnou do nádoby, kde jsou promíchávány za současného



ohřevu skrz plášť nádoby. Termizátory s přímým ohřevem vstříkují horkou páru do směsi. Přímé termizátory pracují za sníženého tlaku, což způsobí zašlehání menšího objemu vzduchu do směsi, a tím sníží riziko oxidačních změn (Strmiska, 1991, s. 179 - 180).

V potravinářském průmyslu je pro lepší manipulaci během výroby častým krokem změna velikosti výchozí suroviny. V případě tekutin a polotuhých látek se mluví o mačkání, rozprašování, homogenizaci atd. Pro omezení vyvstávání smetany na povrchu mléka se v mlékárenském průmyslu využívá homogenizace (Berk, 2009, s. 153, Drdák, 1996, s. 314). Homogenizací je docíleno zpomalení vyvstávání tuku na povrchu mléka, tím že se tukové kuličky mechanicky zmenší na takový rozměr, ve kterém zůstanou rovnoměrně rozptýleny v celém objemu. Tím je dosaženo homogenity (Roginski, 2003, s. 1346 – 1347). Homogenizace pro stabilizaci potravin byla patentována a veřejnosti prezentována v roce 1900 v Paříži. V následujících letech se stala nedílnou součástí mléčného průmyslu (Barbosa, 2009, s. 310). Později vyráběné homogenizátory byly vyvíjeny tak, aby splňovaly i hygienická kritéria a byly výkonnější (Roginski, 2003, s. 1346 – 1347).

Homogenizace probíhá na zařízení, které se nazývá homogenizátor (Šnirc, 2015, s. 170). Homogenizátory můžeme rozdělit na mikrofluidizátory, pístové (vysokotlaké) nebo ultrazvukové homogenizátory. U ultrazvukového homogenizátoru se využívá tryskový generátor ultrazvuku. Kapalina vycházející z trysky rozkmitá čelní břit kovového lisu, do kterého naráží a způsobí jeho vibraci. Čelní břit rezonuje při kmitočtu 20 – 50 Hz a předává vlny ultrazvukové frekvence kapalině. Pístový homogenizátor se skládá z pístové pumpy, která vytváří vysoký tlak, a jednoho nebo více homogenizačních ventilů, kterými se nastaví velikost štěrbiny. Pumpa by měla být vyrobena z nerezů a má 3, 5 nebo 7 nepřetržitě pracujících pístů zajišťujících stabilní přísun tlaku. Pumpa s jedním pístem vytváří nestabilní těžko korigovatelný pulzující tlak. Pro zabránění vstupu nežádoucích cizích částic do přístroje může být u přívodu umístěno síto. U pístového i ultrazvukového typu homogenizátorů je dosaženo stejné velikosti tukových kuliček (1 – 2  $\mu\text{m}$ ). Ale u kapalin s nižší viskozitou je energeticky účinnější ultrazvukový homogenizátor. Mikrofluidizátor se liší tím, že jednotlivé fáze jsou do pracovní komory za vysokého tlaku a rychlosti čerpány jednotlivě (př. 100 MPa, 160  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Při spojení jednotlivých fází vzniká turbulence a kavitace. Vznikají částice o velikosti pod 1  $\mu\text{m}$  (Kadlec, 2013, s. 144 – 145, Roginski, 2003, s. 1347, Kadlec, 2012, s. 144).

Pro správný chod procesu pístového homogenizátoru je významná teplota mléka. Ta musí být taková, aby byl tuk v kapalně podobě. Teplota nesmí klesnout pod 35 °C. Obvyklá tep-

lota přiváděného mléka je v rozmezí 50 – 80 °C. Mléko nebo smetana je protlačována úzkou štěrbinou či tryskou za působení tlaku cca 25 MPa. Rychlost protlačování se pohybuje v intervalu 100 – 400 m·s<sup>-1</sup>. Při takové rychlosti dochází k protažení a narušení celistvosti tukových kuliček. Tyto změny jsou označovány jako viskolizace. V homogenizační štěrbině dojde k vzrůstu teploty asi o 5 °C. Díky poklesu tlaku za homogenizační hlavou dojde k rozdělení a rozptýlení nově vzniklých tukových kuliček o požadovaných rozměrech. Tento děj se nazývá mikronizace (Drdák, 1996, s. 314, Šnirc, 2015, s. 170). Nově vzniklých kuliček je 100 – 1000krát více než před homogenizací a nejsou pokryté jen původní membránou, ale směsí proteinů z mléčné plazmy. Proto je v mléce důležitý dostatek bílkovin. Jejich nedostatek má za následek vznik větších tukových kuliček, které by se mohly shlukovat a urychlit vyvstávání smetany (Bylund, 2015, s. 131, Kadlec, 2012, s. 243). Tukové kuličky mohou při absenci bílkovin také zůstat nepokryté. Tím v mléce vznikne volný tuk, který je nežádoucí kvůli větší citlivosti k hydrolytickým změnám a oxidaci (Buňka, 2013, s. 152). Tuk je pod tlakem chlazen pod svůj bod tání. Při výstupu ze zařízení dojde k poklesu tlaku, okamžitému ztuhnutí a tím docílení hladké homogenizované struktury (Ullrich, 1963, s. 264).

Nové přístroje dokážou aplikovat vysokotlakou homogenizaci (HPH z anglického názvu High-pressure homogenization), která dosahuje tlaku 10 – 15x vyššího než klasické přístroje. Takový přístroj dokáže vyvinout tlak až 500 MPa (Barbosa, 2009, s. 311 – 312). Nedávné pokusy se změnami v designu zařízení umožnily vyvinout tlak blízký se k 900 MPa. (Messens, 2003, s. 311). Rychlé zvýšení tlaku na hodnotu blízké 350 MPa, způsobí nárůst teploty o 3 °C/100 MPa, zatímco okamžitý pokles tlaku v homogenizačním ventilu způsobí značný nárůst teploty (15 – 20 °C/100 MPa), druhý homogenizační ventil, kde je podstatně nižší pokles tlaku slouží k rozdělení shluklých aglomerátů vzniklých v první fázi homogenizace. Průběh vysokotlaké homogenizace je velmi rychlý a pohybuje se v intervalu od 1 – 10 s (Barbosa, 2009, s. 311 – 312). Výhodou HPH je kombinace tradiční mlékárenské technologie a pasterace v jednom kroku (Barbosa, 2009, s. 317).

Existují dva typy homogenizace. Zařízení, kde je pouze jedno homogenizační zařízení se označuje jako jednostupňová homogenizace. Dvoustupňovým zařízením označujeme zařízení, které má za sebou spojená zařízení dvě. Vstupní tlaky u obou typů jsou zhruba stejné. Výstupní tlak je u jednostupňové homogenizace tvořen samotným procesem homogenizace. U dvoustupňové homogenizace ho tvoří druhý homogenizační ventil. Výhodou dvoustupňové homogenizace je nastavení velikosti tlaku pro docílení požadované struktury (By-

lund, 2015, s. 132 – 133). Při jednostupňové homogenizaci je vyvíjen tlak 10 – 25 MPa, při dvoustupňové je v 1. stupni tlak 15 – 25 MPa a ve druhém 5 – 8 MPa (Janštová, 2014, s. 79). Parametry jako množství tuku, sušiny a konečné viskozity výsledného produktu určuje typ homogenizace, která bude použita. Pokud jsou první dva parametry nízké, a zároveň předpokládaná výsledná viskozita vysoká, je uplatněn jednostupňový typ. V jiném případě se aplikuje proces, ve kterém jsou za sebou zařazeny dvě homogenizační hlavy. Za první hlavou při dvoustupňové homogenizaci sice dojde ke zmenšení tukových kuliček, ale už nedojde k jejich rozptýlení a zůstávají ve shlucích. Za druhou hlavou již kuličky nemění svoji velikost a podléhají mikronizaci. Co se týče velikosti prvního tlaku  $P_1$  a druhého tlaku  $P_2$ , bývají v poměru  $P_2/P_1 = 0,2 – 0,3$ . Výhodou dvoustupňové homogenizace je rovnoměrnější rozptýlení tukových kuliček (Šnirc, 2015, s. 171 – 172). Homogenizace je energeticky nevýhodný proces. Pouze 1% energie vložené do homogenizace se využije pro změnu tukových kuliček. Zbytek se přemění na teplo (Kadlec, 2012, s. 244). Vlivy homogenizace na výsledný produkt mohou být jak pozitivní, tak negativní. Pozitivum je menší rozměr tukových kuliček, které se budou hůře shlukovat, bělejší barva, redukce citlivosti k oxidaci, plnější chuť a lepší stabilita výrobku. Nevýhodou může být zvýšená citlivost ke světlu (Bylund, 2015, s. 133).

### 1.3.1 Vliv homogenizace na mléko a jeho komponenty

Některé studie se zabývaly teorií, že vysokotlaké namáhání (HP) ovlivňuje Maillardovy reakce, enzymatickou hydrolyzu, stravitelnost bílkovin a stabilitu vitaminů v mléce. Efekt tlaku na Maillardovy reakce (MR) byl zkoumán na modelových systémech. V roce 1996 byl použit vodnatý roztok glukosy a lyzinu v rozmezí pH 5,1 – 10,1. Zároveň byla aplikována teplota 40 – 60 °C. Po aplikaci tlaku 600 MPa, byly produkty analyzovány měřením absorbance při vlnové délce 420 nm. Při normálním tlaku a teplotě 50 °C byla rychlost Maillardových reakcí v hodnotách pH 5,1 a 6,5 nižší než za použití tlaku 600 MPa. Při hodnotách pH 8,0 a 10,1 aplikace tlaku rychlost Maillardových reakcí urychlila. Rychlost MR byla v hodnotách pH 7,0 – 7,5 víceméně stejná jak za tlaku 600 MPa, tak i za normálního. Plynovou chromatografií a hmotnostní spektrometrií bylo zjištěno, že při pH 10,1 a teplotě 60 °C použitý tlak omezil vznik produktů MR.

V roce 2000 byl demonstrován vzrůstající vznik reakcí Maillardova typu s ribózou za použití vysokého tlaku. Testován byl roztok  $N^{\alpha}$  – acetylargininu,  $N^{\alpha}$  – acetyllyzinu a ribózy ve stejných poměrech. Roztok měl pH 7,4 a po dobu 2 h, teplotě 60°C byl zatěžován tlakem

600 MPa. Přetlakování vedlo ke zvýšení obsahu fluorescenčního pentozidinu, který je znakem pro pokročilé MR. Ve zvýšeném množství byl pentozidin nalezen po aplikaci tlaku na  $\beta$  – kasein a ribózu (poměr 1:10). Zahřívání roztoku  $\beta$  – kaseinu a ribózy po dobu 2 h na teplotu 60 °C nezpůsobilo vznik detekovatelného množství pentozidinu. Zatímco při působení tlaku 600 MPa vzniklo dvojnásobné množství pentozidinu než při tlaku 200 MPa. Při zkoumání vlivu tlaku (400 MPa, 30 min, 25 °C) na čerstvé mléko z roku 1996 nebyl v mléce detekován furozin. To poukazuje na nevýznamný úbytek přítomného lyzinu. Zatímco výsledky na modelových systémech naznačují vliv tlaku na vznik MR, tak při práci s mlékem a mléčnými výrobky se vliv tlaku na množství vzniku MR nepotvrdil.

Co se týče hydrolyzy proteinů, kasein byl denaturován za přítomnosti termolyzinu za nízkého i vysokého tlaku (200 MPa) (Messens, 2003, s. 312 – 313). Termolyzin je neutrální metaloproteáza pocházející z *Bacillus thermoproteolyticus* (Walsh, 2002, s. 433). Ve své molekule obsahuje pro katalýzu důležitý iont zinku. Je známá trojrozměrná struktura termolyzinu, která umožňuje navázání 4 atomů vápníku, což zlepšuje jeho tepelnou odolnost (Veltman, 1997, s. 241). Testovány byly také syrovátkové proteiny  $\beta$  – laktoglobulin ( $\beta$  – Lg) a  $\alpha$  – laktalbumin. Protein  $\beta$  – Lg byl testován ve třech genetických variantách. Zatímco  $\beta$  – laktoglobulin byl pod tlakem enzymem jen částečně denaturován,  $\alpha$  – laktalbumin byl vůči hydrolyze rezistentní za nízkého i vysokého tlaku. Stabilita  $\alpha$  – laktalbuminu je přisuzována jeho pevné struktuře, kterou stabilizují čtyři disulfidové vazby. Při tlaku 200 MPa začíná  $\beta$  – Lg denaturovat, a proto za přítomnosti termolyzinu snadněji podléhá denaturaci. Jiný výzkum použil trávicí enzymy trypsin a chymotrypsin. Hodnocení vlivu tlaku na vybrané enzymatické hydrolyzy probíhalo za teploty 37 °C. Zkouškám byly podrobeny různé varianty  $\beta$  – laktoglobulinu (A, B, AB). Při nízkém tlaku byl přirozený  $\beta$  – Lg A hydrolyzován rychleji než  $\beta$  – Lg B. Při vyšším tlaku 100 a 300 MPa po dobu 0 – 180 min zmizel rozdíl v hydrolyzách  $\beta$  – Lg A a  $\beta$  – Lg B. Vysoký tlak (<300 MPa, 30 min, 30 °C) usnadní hydrolyzu  $\beta$  – Lg B, což je spojováno s denaturací proteinu pod tlakem. Po vrácení tlaku do normálu se změny v uspořádání proteinu pomalu vrátily k původní podobě, což vedlo k lepší vstřebatelnosti během několika následujících hodin. HP tedy může ovlivňovat vstřebatelnost mléčných proteinů (Messens, 2003, s. 312 – 313).

Práce se zaměřením na účinky UHPH (z ang. ultra – high pressure homogenization) na kuličky mléčného tuku a povrchové proteiny dokázaly, že UHPH zlepšuje koagulační vlastnosti mléka. Testováno bylo mléko s obsahem tuku 3,6 %. Před zpracováním bylo mléko ze 4 °C zahřáto na 20 °C. Homogenizace probíhala při tlaku 100, 200 a 300 MPa se

vstupní teplotou 20, 30 a 40 °C. Zařízení UHPH obsahovalo zásobník s výměníkem tepla, za zásobníkem bylo umístěno vysokotlaké zařízení, za ním následoval chladicí systém. Metoda UHPH byla srovnávána s pasterací (72 °C, 15 s), homogenizací – pasterací (15 + 3 MPa při 60 °C a 72 °C, 15 s). Na základě výsledků lze říci, že obsah tuku ovlivňuje reakce uvnitř sýřeniny, která vznikla z UHPH ošetřeného mléka. Z technologického hlediska UHPH způsobila texturní změny v čerstvém sýru. Mezi texturní změny patří větší zadržování vody, tužší struktura a tím menší deformovatelnost. Tyto vlastnosti mohou být způsobeny zredukovanou velikostí tukových kuliček a začleněním kaseinů a syrovátkových proteinů do MFGM. (Zamora, 2012, s. 135 – 136).

## 2 HYDROKOLOIDY

Obecně jsou hydrokoloidy polysacharidy a proteiny. Vlastnosti potravinářských hydrokoloidů udává jejich vnitřní struktura. Polysacharidy, které produkují gely, jsou schopny vytvářet dlouhé pravidelné intermolekulární vazby podél celého hlavního řetězce tzv. spojovací zóny. Vzniklé zóny mohou být přerušeny nepravidelnostmi, což umožňuje vznik trojrozměrné sítě, která dokáže přichytit a udržet roztok. Tak vznikne viskoelastická struktura. Čím více spojovacích zón je schopen polysacharid vytvořit, tím více roztoku je schopen zachytit. Tento typ látek má i při nízkých koncentracích (méně než 1 %) velkou afinitu k vodě a dokáže vytvořit vysoce viskózní gel. I v malých koncentracích má vliv na texturní a organoleptické vlastnosti výrobků. Rolí hydrokoloidů v potravinářském průmyslu je stabilizace produktů, inhibice vzniku krystalů ledu a cukru, snížení rizika uvolnění syrovátky, zlepšení vzhledu a prodloužení trvanlivosti. Hydrokoloidy mají svůj původ jak v rostlinné, tak i živočišné říši. Lze je získat z rostlin, řas, mikroorganismů nebo zvířat. Z rostlin lze získat např. škrob, lokustovou gumu, celulózu, pektin, arabskou nebo guarovou gumu. Z řas to může být agar či karagenan. Mikroorganismy poskytují xantanovou gumu, dextran apod. Ze zvířecí říše je možné získat želatinu, kaseináty a chitosan. Ačkoliv jsou některé hydrokoloidy polysacharidy, tak v koncentracích ve kterých jsou používány, nepředstavují významný zdroj vlákniny. Hydrokoloidy jsou v potravinářském průmyslu někdy využívány pro snížení obsahu tuku v potravinách. Pro snížení obsahu tuku se využívají hydrokoloidy o nízké vnitřní viskozitě a takové hydrokoloidy, které netvoří spojovací zóny. Nejčastěji používanými zahušťovadly v potravinářském průmyslu jsou škroby (Phillips, 2000, s. 1 – 5, Kadlec, 2012, s. 252, Delcour, 2013). Škroby lze modifikovat. Princip hydrotermických modifikací spočívá v rychlém odstranění hydratační vody, tak aby se neobnovily vodíkové můstky, čímž zůstanou volné hydroxylové skupiny. Volné hydroxylové skupiny dokážou hydratovat ve studené vodě (20 – 25 °C) a vytvářet koloidní roztoky nebo pasty. Modifikované škroby lze využít ve výrobcích jako pudink připravovaný za studena, instantní mlékárenské polotovary a termixy (Kadlec, 2012, s. 508). V mlékárenském průmyslu závisí tvorba gelu na vlastnostech kaseinů a syrovátkových proteinů. Důležitou vlastností mléčných proteinů je nerozpustnost kaseinů v oblasti jejich izoelektrického bodu (pH = 4,6) a vlastnost syrovátkových proteinů denaturovat při zahřívání na nebo nad teplotu gelování (cca 80 °C). Pokud se kaseiny i syrovátkové proteiny zahřívají společně, dochází mezi nimi k tvorbě vazeb. Jedná se o disulfidové vazby mezi syrovátkovými proteiny a vznik komplexu  $\kappa$  – kaseinu a  $\beta$  – laktoglobulinu na povrchu kaseinových micel. Při



následném snižování pH dochází ke snižování odpudivých sil micel kaseinů a bílkoviny se začnou srážet. Interakce zodpovědné za strukturu gelu mohou být přítomny ještě před srážením nebo být vytvořeny nově během srážení. Přítomnost polysacharidů ovlivňuje sílu a množství vazeb a tím mění strukturu a stabilizaci gelů tvořených z mléčných proteinů. Kromě pH ovlivňuje interakce mezi proteiny a polysacharidy i množství a náboj polysacharidu, teplota gelovatění a smyková deformace. (Hatami, 2014, s. 1068 – 1073).

### **Lokustová guma (LBG)**

Guma se získává ze semen stromu *Ceratonia siliqua* (Rohovník obecný). Lokustová guma se skládá z galaktózy a manózy v poměru 1:4. Lokustová guma je rozpustná ve vodě a zvyšuje viskozitu. Její roztoky sami o sobě negelovají. Při smíchání s jinými hydrokoloidy se lokustová guma projevuje synergetickými účinky, např. při smíchání LBG a xanthanové gumy vznikne termoreverzibilní vysoce elastický gel, který, na rozdíl od pektinu nebo karagenanu, není citlivý vůči působení kationtů. Horké roztoky LBG v kombinaci s agarem,  $\kappa$  – karagenanem a xanthanem po ochlazení gelovají i pod teplotou obvyklou pro gelovatění. S  $\kappa$  – karagenanem po vychlazení na 50 – 60 °C vytváří gel, který není náchylný k synerezi (vypuzování vody). Nejvyšší viskozity dosahuje při teplotě 95 °C. Pro docílení jemnějšího pocitu při konzumaci je LBG lepší než guarová guma (Paquin, 2009, Baines, 2012, Kerry, 2011, Arendt 2008, Phillips, 2009, s. 175). Dále bylo na základě výrazného pseudoplastického chování a mikroskopickým snímkům zjištěno, že LBG snižuje odpudivé síly mezi kapkami oleje a tím podporuje srážení. Největší vliv na velikost kapiček měla lokustová guma v pH = 5, ve vyšších hodnotách pH byl její vliv zanedbatelný. Zajímavostí bylo, že po zmrazení a následném rozmrazení byly vzniklé kapénky menší než před zmrazením (Farshchi, 2013, s. 403). Na pokusu se smetanou (38 % tuku) tvořil vazbu s mléčnými proteiny ochotněji  $\lambda$  – karagenan, ale silnější gel byl vytvořen mezi LBG a mléčnými proteiny (Camacho, 2004, s. 243 – 247)

### **Tragant**

Tragant je rozvětvený heterogenní hydrofilní sacharid obsahující methoxylové skupiny. Obsahuje stopová množství škrobu a celulózy. Tragant se získává z rostlin rodu *Astragalus*. Typickými zdroji jsou hlavně dva druhy *Astragalus gummifer* Labillardiere a *Astragalus microcephalus* Willd. Rostliny produkují množství gumy v kořenu, který nabývá během léta. Guma se z kořene získá rozříznutím. Guma může mít dvě podoby: „vločky nebo pásky“. Guma v podobě prášku vyrobená z „pásků“ je bílá až světle žlutá bez chuti a zá-

pachu. Prášek vyrobený z typu „vločka“ je žlutý až hnědý. Na trhu jsou k dostání obvykle jejich směsi. Kvalitní tragant je průhledný s nádechem dobřela a bez chuti. Poskytuje hladké vysoce viskózní roztoky. Méně kvalitní tragant je sytější barvy. Tragant je rozpustný ve studené vodě, stabilní v přítomnosti silných kyselin a je dobrým emulgátorem. Ideální způsob pro plnou hydrataci tragantu je jeho rozmíchání ve studené vodě a následně zahřátí na 80 °C s výdrží 10 minut. Rostoky tragantu vykazují pseudoplastické chování. Viskozita klesá s rostoucí rychlostí deformace. Po ukončení deformace se viskozita vrátí na původní hodnotu, což má vliv na texturu finálních výrobků. Vysoké teploty sice mohou viskózní vlastnosti ovlivnit, ale po ochlazení se vlastnosti vrátí do původního stavu. Dlouhodobé zahřívání ale může tragant trvale poškodit. Co se týče kompatibility s jinými hydrokoloidy, kombinace tragantu s arabskou gumou vytvořila s oleji tenkou hladkou tekutou emulzi s dlouhou trvanlivostí. V 80. letech poptávku po tragantu z větší části nahradila xantanová guma a to hlavně z ekonomických důvodů (Phillips, 2000, s. 231 – 236, Smith Jim, 2011, s. 748).

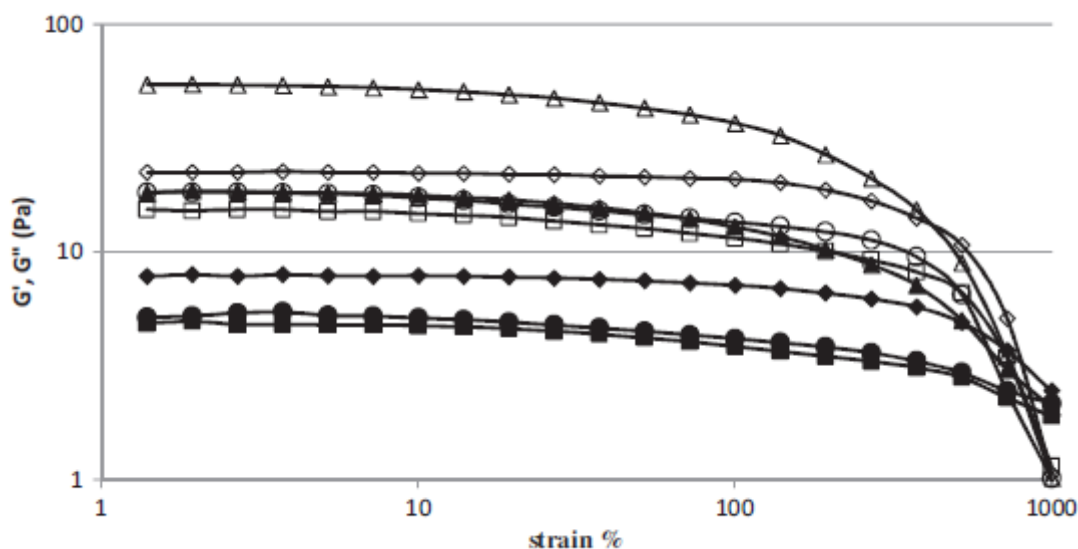
### ***Tragant a mléčné proteiny***

Byl proveden experiment pro výzkum vzniku interakcí mezi mléčnými proteiny (kaseinát sodný a koncentrát syrovátkového proteinu) a polysacharidem (tragant). Tragant byl použit ve formě prášku, jehož velikost byla 200 – 500 μm, koncentrát syrovátkových proteinů ve složení iontů (% w/w)  $K^+0,46$ ,  $Na^+0,38$  a  $Ca^{2+}0,41$  a kaseinát sodný v obsahu iontů  $K^+0,08$ ,  $Na^+0,16$  a  $Ca^{2+}0,14$  (% w/w). Pro změnu oblasti pH byl použit glukono – α – laktón. Byly namíchaný zásobní roztoky tragantu, kaseinátu sodného a syrovátkových proteinů, ze kterých byly namíchaný 3 směsi:

- kaseinát sodný / syrovátkové proteiny (kaseinát sodný 5,6 % (w/w) a syrovátkové proteiny 1,4 % (w/w))
- kaseinát sodný / tragant (kaseinát sodný 5,6 % (w/w) a 0,2 % (w/w) TG)
- Syrovátkové proteiny/ tragant (syrovátkové proteiny 1,4 % (w/w) a tragant 0,2 % (w/w))

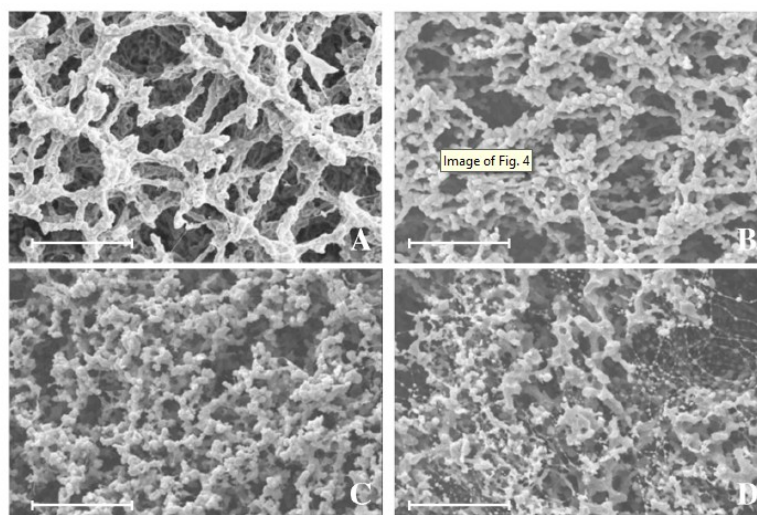
Do každé disperze byl pro zabránění mikrobiální kontaminace přidán azid sodný. Připravené roztoky se nechaly hydratovat po dobu 24 hod/ 5 °C. Následně byly čtyřmi různými způsoby vyrobeny 4 vzorky. Vzorek A byl připraven smícháním jednoho dílu zásobního roztoku mléčných bílkovin a jedním dílem TG. Vzniklá směs byla zahřívána dohromady na teplotu 85 °C/ 30 min, poté byla ochlazen na 37 °C. Koncentrace kaseinátu sodného

byla 2,8 %, syrovátkových bílkovin 0,7 % a 0,1 % tragantu. Ve vzorku B byly mléčné proteiny a disperze TG ohřívány odděleně (85 °C/ 30 min). Po ochlazení byl TG přidán k disperzi proteinů. Pro vzorek C platí, že byly zahřívány pouze syrovátkové proteiny (85 °C/ 30 min). Po vychlazení byl jeden díl syrovátkového proteinu přidán k jednomu dílu směsi kaseinát sodný/ TG. Koncentrace kaseinátu sodného byla 2,8 %, syrovátkových bílkovin 0,7 % a 0,1 % tragantu. U vzorku D byl syrovátkový protein zahříván s TG odděleně od kaseinátu sodného (85 °C/ 30 min). Po zchlazení na 37 °C byly obě disperze smíchány. Koncentrace kaseinátu sodného byla 2,8 %, syrovátkových bílkovin 0,7 % a 0,1 % tragantu. Při 37 °C byl pro dosažení pH 4,6 ke každému vzorku postupně přidáván glukono –  $\alpha$  – lakton. Do vzorků se glukono –  $\alpha$  – lakton přidával v konstantní koncentraci 0,55 % (w/w). Po přidavku glukono –  $\alpha$  – laktonu se směs míchala po dobu 5 min. Okyselování probíhalo při 37 °C po dobu 200 minut. Hodnota pH byla kontinuálně měřena pH metrem. Z výsledků měření vyplývá, že na rychlosti tvorby gelu nemělo vliv, které složky vzorku byly tepelně ošetřeny. Hodnota pH nebyla závislá na stylu přípravy vzorků a byla stejná pro všechny vzorky. Kromě pH během přidavku okyselujícího činidla byly sledovány i reologické vlastnosti. Elastické moduly ( $G'$ ) u všech vzorků byly vyšší než moduly ztrátové ( $G''$ ). Z obrázku 1 vyplývá, že nejvyšší tuhosti dosáhl vzorek C.



Obrázek 1 Přehled elastických ( $G'$  – otevřené symboly) a ztrátových modulů ( $G''$  – plné symboly) vzorků . A (■, □), B (◆, ◇), C (▲, △) a D (●, ○) při frekvenci 1 Hz

Ztrátový modul vzorku C byl v rozmezí hodnot  $G'$  ostatních vzorků, což u vzorku C značí nejvíce viskózní charakter. Pro vzorek C také platí, že hodnoty  $G'$  a  $G''$  jsou vyšší než u zbylých vzorků. Silné gely (kovalentní gely) se skládají ze dvou takřka horizontálních přímk, kdy je  $G'$  o jeden až dva řády nad  $G''$ . Fyzikální gely jsou závislé na měnící se frekvenci, kdy se s rostoucí frekvencí zvyšují hodnoty  $G'$  a  $G''$ . Všechny vzorky jsou kvůli závislosti na frekvenci označeny za slabé. Na základě výpočtů byl vzorek C označen jako ten s nejstabilnější elastickou strukturou. Elektronovou mikroskopií bylo dále zjištěno, že výsledná struktura je závislá na způsobu, jakým byly vzorky připraveny. Nejvíce homogenní a husté struktury dosáhl opět vzorek C. Nejméně homogenní byl vzorek D. Nejlepší strukturu vzorku C mohlo teoreticky způsobit smíchání samostatně předeřátých syrovátkových proteinů, které denaturovaly a postupně reagovaly za tvorby disulfidových vazeb a kaseinátu sodného s TG, mezi kterými během zahřívání vznikly elektrostatické interakce. V této fázi nejsou denaturované syrovátkové proteiny schopny se navázat na povrch kaseinů, ale po okyselení směsi na hodnotu pH 5,1 (izoelektrický bod syrovátkových proteinů) se mezi nimi a polysacharidem vytvoří vazby, díky kterým se vzniklé sraženiny syrovátkových proteinů jsou schopny navázat na povrch  $\kappa$  – kaseinů. Navázání syrovátkových proteinů na povrchu kaseinových micel podněcuje vznik vazeb mezi kaseiny, což vytvoří více homogenní strukturu s malými póry. Vzorek C je jediný, kde nebyl TG tepelně ošetřen, což může mít vliv na jeho vlastnosti (Hatami, 2014).



Obrázek 2 Snímek z rastrovacího elektronového mikroskopu, na kterém je zobrazena struktura vzorků A (A), B (B), C (C) a D (D), velikost úsečky měřítka 50  $\mu\text{m}$  (Hatami, 2014).

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo zjištění vlivu homogenizace a chlazení na tvarohové dezerty, které obsahovaly různé poměry vybraných hydrokoloidů. Pro naplnění cíle práce bylo potřeba nejprve v teoretické části popsat technologický postup výroby tvarohových dezertů a charakterizovat použité hydrokoloidy. V praktické části této práce bylo cílem vyrobit modelové vzorky tvarohových dezertů za různých technologických podmínek. Podmínky výroby se od sebe odlišovaly v použití homogenizace. Homogenizace byla použita jednostupňová, dvoustupňová nebo nebyla do technologického postupu zahrnuta vůbec. Dále se technologické podmínky lišily ve způsobu chlazení. Chlazení probíhalo buď pomalu, nebo rychle. V průběhu skladování bylo potřeba sledovat změny pH, obsahu sušiny a viskoelastických vlastností s cílem zjistit, jaký vliv mají zmíněné technologické parametry na vyrobené tvarohové dezerty.



## 4 METODIKA

### 4.1 Popis experimentu

Na začátku experimentu byly připraveny vzorky podle pěti různých receptur. Jedna polovina z každé receptury byla podrobena homogenizaci, druhá nikoli. Vzorky byly následně dávkovány do plastových kelímků uzavřených hliníkovou fólií. Část vzorků byla chlazena rychle, druhá část byla chlazena pomalu a řízeně. Po celou dobu skladování byly vzorky uchovávány v chladírenských podmínkách. V další části experimentu bylo u vzorků měřeno pH, stanovován obsah sušiny a byly sledovány viskoelastické vlastnosti. Tato měření byla prováděna 1., 14. a 28. den po výrobě.

#### 4.1.1 Výroba modelových vzorků

Pro výrobu tvarohových dezertů byly použity hydrokoloidy lokustová guma (LBG) (Sigma Aldrich s.r.o., Itálie) a tragant (TG) (Sigma Aldrich s.r.o., Velká Británie) v poměrech 0:100; 50:50; 100:0; 25:75 a 10:90. Celková koncentrace hydrokoloidů byla vždy 0,05 % (w/w). Hydrokoloidy byly v sypkém stavu přidány k odtučněnému tvarohu a smetaně (Lacrum, Velké Meziříčí, s.r.o., ČR), cukru (Tereos TTD, ČR) a vodě. Tato směs byla zpracována na mísicím zařízení Stephan typ UMC 5 (Stephan Machinery, Německo). Zařízení pracovalo po dobu 6 min při 3 000 ot/min a podtlaku 0,08 MPa. Vzniklá směs byla termizována na teplotu 75 °C s výdrží 1 min. Jedna polovina byla ihned dávkována do polypropylenových kelímků a uzavřena hliníkovým víčkem (NH – nehomogenizované vzorky). Z toho byla část chlazena rychle (RCH) do 1 hodiny po výrobě na ledové tříšti a část byla chlazena v termostatu s pozvolným poklesem (PCH) teploty na 6 °C po dobu 10 hodin. Druhá část byla homogenizována na zařízení Panda PLUS 2000 (GEA Niro Soavi, Itálie) a dávkována do polypropylenových kelímků, poté uzavřených hliníkovým víčkem. Část vzorků byla pomalu zchlazena stejně jako nehomogenizované vzorky a část byla zchlazena rychle pomocí chladiče připojeného k homogenizátoru a homogenizována jednostupňovou homogenizací (H 1st) nebo dvoustupňovou homogenizací (H 2st). Při použití jednostupňové homogenizace byl použit tlak 14 – 15 MPa. Při použití dvoustupňové homogenizace byl v prvním stupni použit rovněž tlak 14 – 15 MPa a v druhém stupni 3 MPa. Výrobou vznikly vzorky:

Homogenizované rychle chlazené pro poměry hydrokoloidů LBG: TG 0:100; 50:50; 100:0

Homogenizované pomalu chlazené pro poměry hydrokoloidů LBG: TG 0:100; 50:50; 100:0

Nehomogenizované rychle chlazené pro poměry hydrokoloidů LBG: TG 0:100; 50:50; 100:0

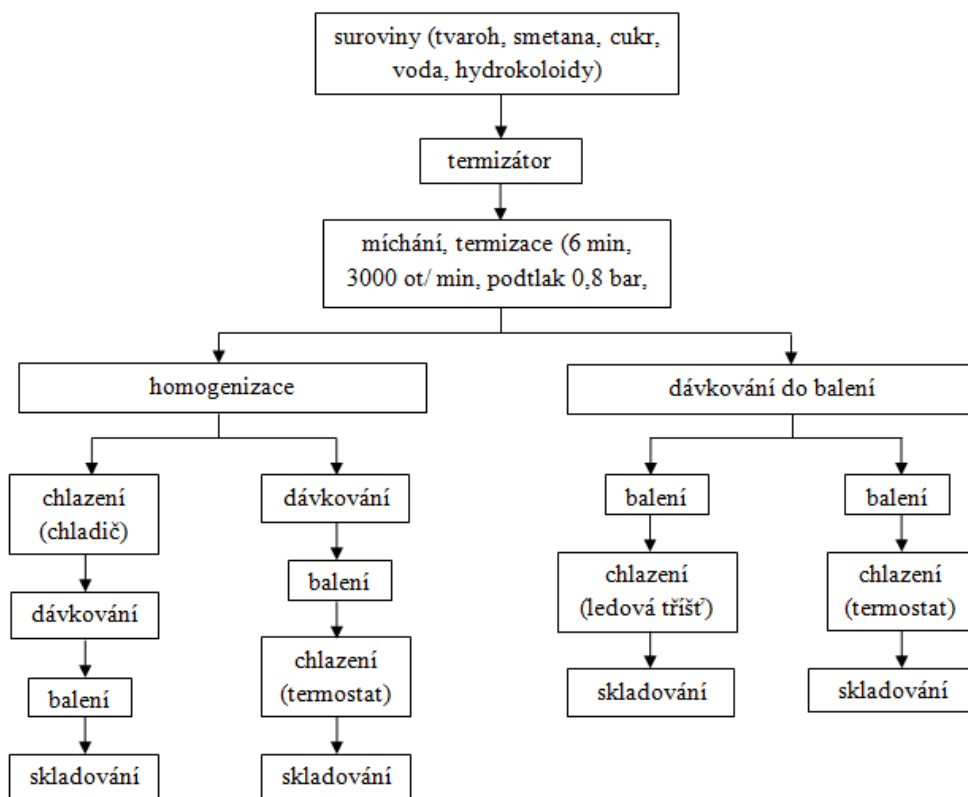
Nehomogenizované pomalu chlazené pro poměry hydrokoloidů LBG: TG 0:100; 50:50; 100:0

Jednostupňová homogenizace s rychlým chlazením byla použita pro vzorky s poměry hydrokoloidů LBG: TG 25:75; 50:50; 10:90

Jednostupňová homogenizace s následným pomalým chlazením se uplatnila pro vzorky s poměry hydrokoloidů LBG: TG 25:75; 50:50; 10:90

Dvoustupňová homogenizace s rychlým chlazením se aplikovala pro vzorky s poměry hydrokoloidů LBG: TG 25:75; 50:50; 10:90

Dvoustupňová homogenizace s pomalým chlazením byla využita pro vzorky s poměry hydrokoloidů LBG: TG 25:75; 50:50; 10:90.



Obrázek 3 Schéma výroby vzorků tvarohových dezertů

#### 4.1.2 Analýza vzorků

V této části experimentu bylo u vzorků měřeno pH, obsah sušiny a viskoelastické vlastnosti a to vždy 1., 14. a 28. den po výrobě. Ve 14. dnu byly vzorky také zdokumentovány fotoaparátem Olympus HD 10x super wide 4,2 – 42,0 mm 1:3,0 – 5,7 (Olympus, Japan). U vzorků byly nejprve měřeny viskoelastické vlastnosti (elastický ( $G'$ ) a ztrátový ( $G''$ ) modul pružnosti) pomocí dynamické oscilační reometrie na zařízení HAAKE RheoStress 1 (Thermo Scientific, Německo). Měření probíhalo za teploty ( $20,0 \pm 0,1$ ) °C, průměr desky byl 35 mm, velikost štěrbin byla nastavena na 1 mm, amplituda smykového napětí 2 Pa. Vzorky byly měřeny v rozmezí frekvence 0,1 – 10 Hz. Na základě měření elastického a ztrátového modulu byl dle vztahu [1] vypočítán komplexní modul pružnosti  $G^*$  [Pa], ve kterém jsou výsledky prezentovány. Jako referenční hodnoty pro souhrnný graf komplexních modulů vzorků (obr. 20) byly zvoleny hodnoty ve frekvenci 1 Hz. Poté bylo pomocí pH – metru s kombinovanou skleněnou elektrodou měřeno pH (pH Spear, Eutech instrument, Malaysia). Následně byl stanoven obsah sušiny. Stanovení bylo prováděno dle normy ISO5534. Navážka vzorku byla navážena na analytických vahách VWR. Statistické vyhodnocení bylo provedeno neparametrickými testy (Kruskal–Wallisovým a Wilcoxonovým testem) na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  s využitím softwaru Unistat 6,5 (Unistat Ltd., Velká Británie).

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \quad [1]$$

Ze ztrátového modulu vypočítaného dle vztahu [2] byl spočítán úhel fázového posunu  $\delta$  (Findley, 1976, s. 93). Pro ideálně elastické materiály  $\delta = 0$ , pro dokonale viskózní  $\delta = \pi/2$ . Viskoelastické materiály mají hodnotu  $\delta$  mezi 0 a  $\pi/2$  (Rao, 1999, s. 106 – 108). Hodnoty úhlu fázového posunu při frekvenci 1 Hz jsou shrnuty v tabulce 1 na konci kapitoly 5.

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{G''}{G'} \quad [2]$$

$G^*$  – komplexní modul pružnosti [Pa],  $G'$  – elastický modul pružnosti [Pa],  $G''$  – ztrátový modul pružnosti [Pa].

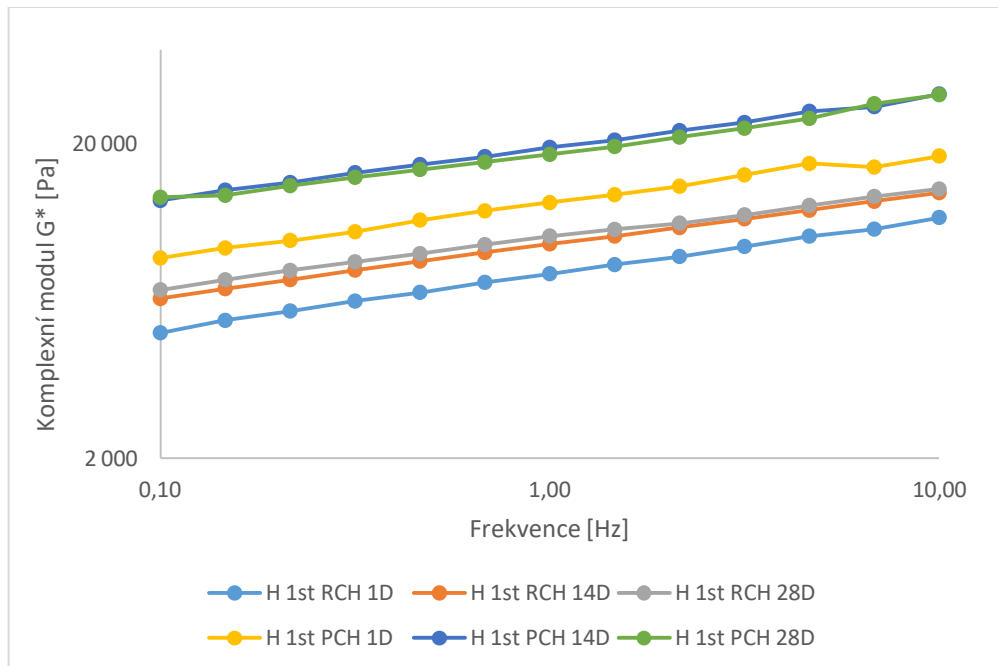
## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Na začátku experimentu byly na zařízení Stephan typ UMC 5 z odtučněného tvarohu, smetany, cukru, vody a hydrokoloidů vyrobeny modelové vzorky. Použitými hydrokoloidy byly lokustová guma a tragant v koncentraci 0,05 % (w/w). V jednotlivých recepturách byly zvoleny různé poměry LBG a TG a to 0:100, 10:90, 25:75, 50:50 a 100:0. První část směsi byla ihned dávkována do plastových obalů a uzavřena hliníkovou fólií. Z toho byla polovina chlazená pomalu a zbylá část rychle. Druhá část byla podrobena homogenizaci na zařízení Panda PLUS 2000 a stejně jako nehomogenizované vzorky byla polovina chlazená pomalu a druhá polovina rychle. Po 1., 14. a 28. dnu od výroby bylo u vzorků měřeno pH, stanovována sušina a měřeny viskoelastické vlastnosti. Kromě toho byla 14. den provedena fotodokumentace vyrobených vzorků (viz obr. 13, 16 a 19).

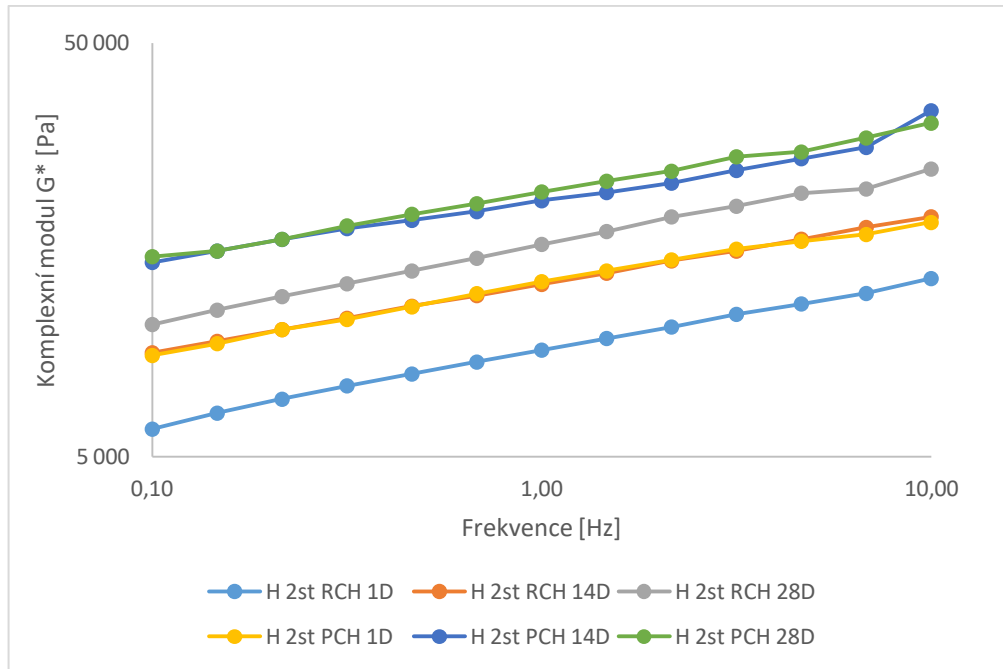
Chemickou analýzou bylo u modelových vzorků stanoveno pH a sušina. U vzorků se první den od výroby pH pohybovalo v průměrné hodnotě  $4,50 \pm 0,08$ . U většiny tvarohových dezertů bylo pH po 28. dnu v průměru o 0,09 vyšší než po jednom dnu skladování. Při použití kombinace LBG: TG 10:90 kleslo pH vzorků v průměru o 0,05. Po 28 dnech byla průměrná hodnota pH všech vzorků  $4,60 \pm 0,10$ .

Sušina se u vzorků po 1. dnu skladování pohybovala v rozmezí  $38,77 \pm 0,44$  % (w/w), po dvou týdnech skladování  $38,52 \pm 0,48$  % (w/w) a po 28. dnu skladování  $38,63 \pm 0,33$  % (w/w). Obsah sušiny se nejvíce změnil u vzorků, které obsahovaly pouze tragant. Příklad lokustové gummy totiž dokáže i při nízkých teplotách udržet stálou strukturu emulzí a zvláště v kombinaci s jinými hydrokoloidy zabraňuje rozdělení jednotlivých částí emulzí (Farshchi, 2013, Barak, 2014). I malé množství LBG mohl spolu v kombinaci s jiným hydrokoloidem (TG) vytvořit takovou strukturu, která např. udržovala konstantní obsah vody. Podobně u zmrzliny s malým přídatkem lokustové gummy (0,06 – 0,2 % (w/w)) a karagenanu (0,015 – 0,02 % (w/w)), která byla skladována po dobu 3 týdnů v chladírenských podmínkách (5 °C) nebylo pozorováno uvolnění vody, tvorba hrudek apod. (Bark, 2014). Na základě výsledků obsahu sušiny lze říci, že se jednotlivé vzorky mezi sebou statisticky významně nelišily ( $P \geq 0,05$ ) a je tedy možno jejich viskoelastické vlastnosti porovnat bez ohledu na použitý poměr jednotlivých hydrokoloidů a technologií výroby. Na zařízení HAAKE RheoStress 1 byly sledovány viskoelastické vlastnosti vzorků. U všech vzorků dosahoval elastický modul ( $G'$ ) při všech měření v průběhu skladování vyšších hodnot než modul ztrátový ( $G''$ ), z čehož vyplývá, že se vzorky chovaly více jako gel (González –

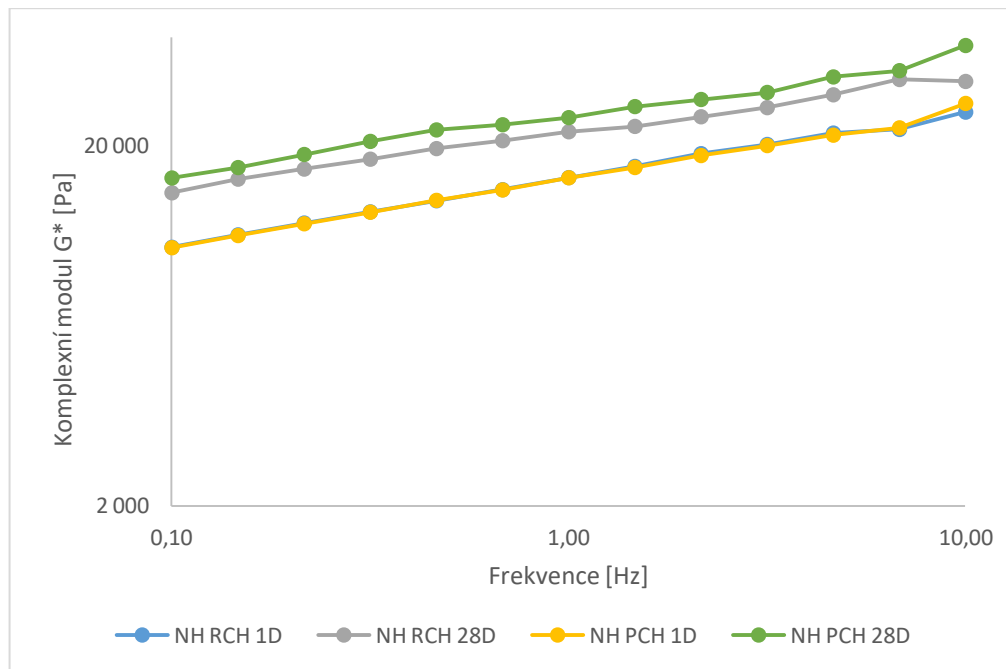
Tomás, 2007, s. 861 – 862). Ve zvoleném rozsahu frekvencí měření nedošlo k protnutí křivek elastického a ztrátového modulu pružnosti. Výsledky budou prezentovány v podobě komplexního modulu ( $G^*$ ), jehož výpočet je uveden v metodice. Na následujících obrázcích jsou uvedeny hodnoty  $G^*$  v závislosti na frekvenci oscilace pro jednotlivé analyzované vzorky. Obrázky 4 – 6 popisují vzorky, které obsahují hydrokoloidy v poměru LBG:TG 10:90.



Obrázek 4 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po jednostupňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 10:90



Obrázek 5 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po dvoustupňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 10:90



Obrázek 6 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu nehomogenizovaného s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 10:90

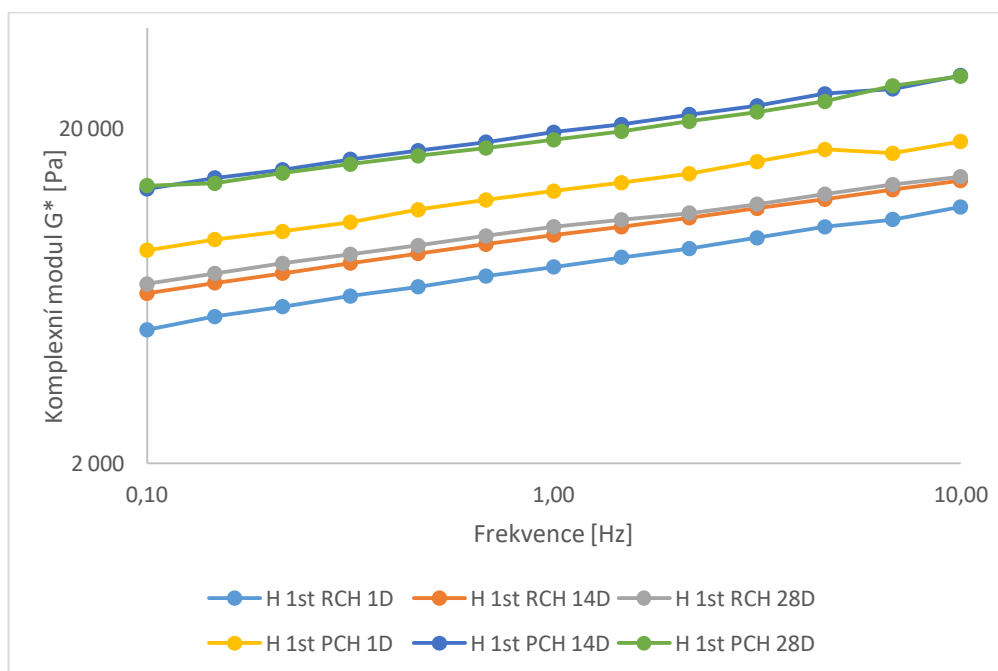
Obrázek 4 popisuje chování vzorků, u kterých byla aplikována jednostupňová homogenizace. Z obrázku 4 vyplývá, že vzorky pomalu chlazené byly tužší než vzorky chlazené

rychle. U rychle i pomalu chlazených vzorků došlo během prvních 14 dnů skladování ke zvýšení tuhosti. Po 14 dnech od výroby lze říci, že jsou vzorky z hlediska změny tuhosti neměnné.

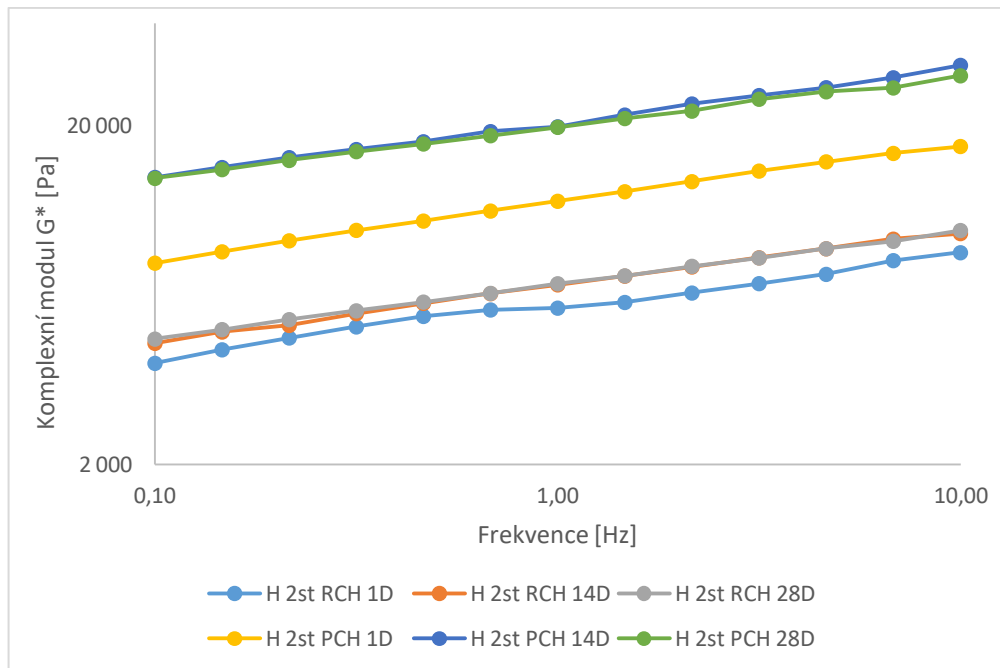
Obrázek 5 znázorňuje průběh chování vzorků během skladování, u kterých byla aplikována dvoustupňová homogenizace. Tuhost v průběhu 28 dnů pomalu i rychle chlazených vzorků rostla. Srovnatelné chování vykazovaly vzorky rychle chlazené po 14 dnech skladování a také vzorky pomalu chlazené 1 den po výrobě.

Obrázek 6 charakterizuje chování nehomogenizovaných vzorků. Tuhost rychle i pomalu chlazených vzorků byla po 1 dni téměř identická. Z důvodu malého množství vzorků, nebylo provedeno měření po dvou týdnech. Jako tužší se projevil vzorek pomalu chlazený.

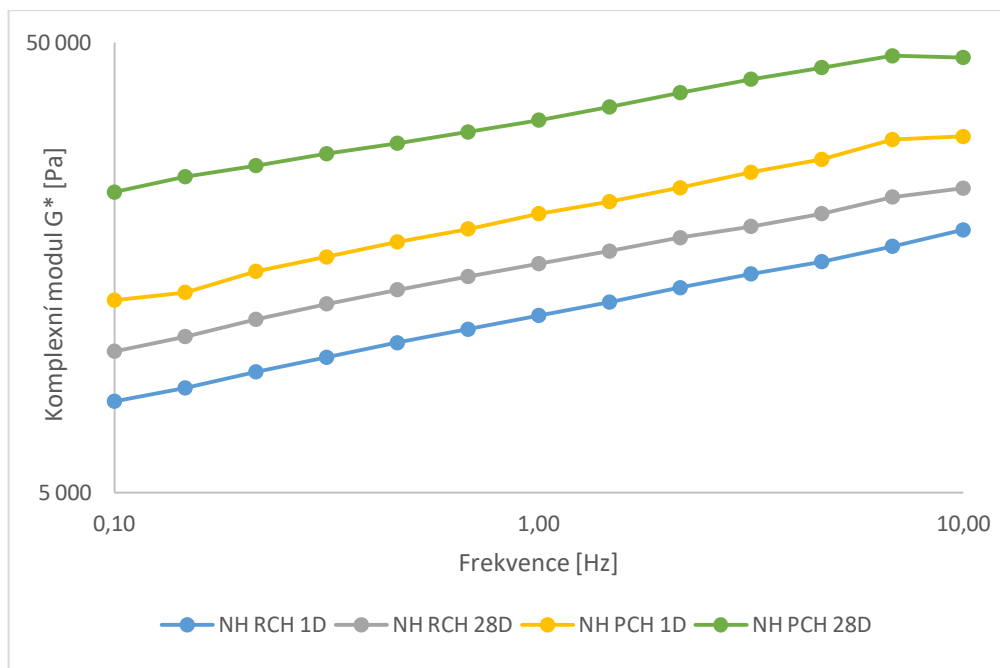
Obrázky 7 – 9 znázorňují vzorky, které obsahují hydrokoloidy v poměru LBG:TG 25:75.



Obrázek 7 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po jednostupňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 25:75



Obrázek 8 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po dvoustupňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 25:75



Obrázek 9 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu nehomogenizovaného s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 25:75

Obrázek 7 vyjadřuje, jak se měnila tuhost vzorků, u kterých byla aplikována jednostupňová homogenizace. Vzorky pomalu chlazené byly tužší než vzorky chlazené rychle. U rychle

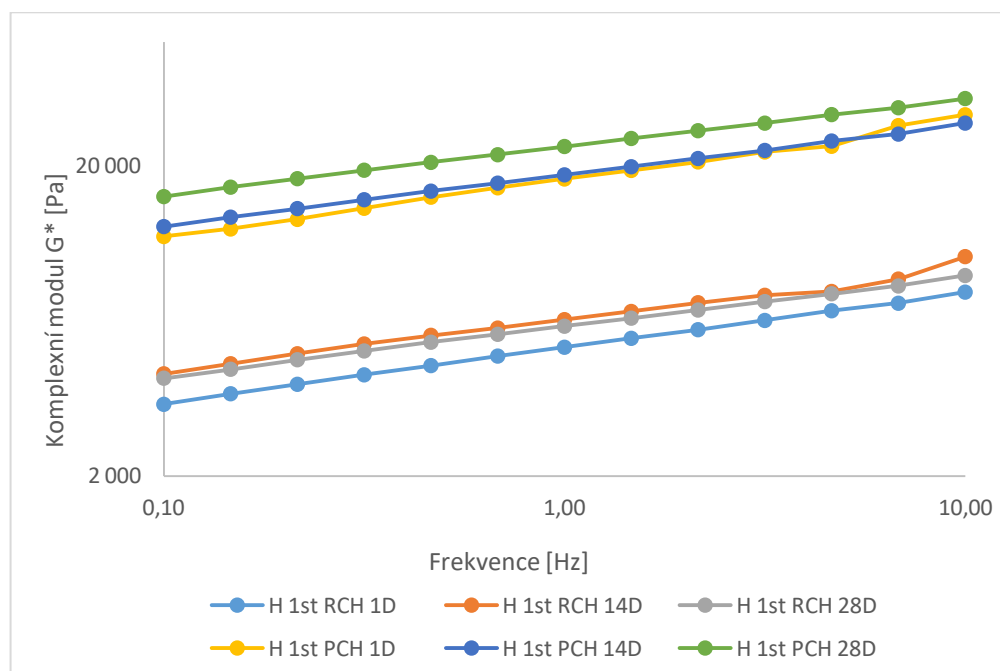


i pomalu chlazených vzorků docházelo během prvních 14 dnů k nárůstu tuhosti. Po 14 dnech od výroby lze říci, že vzorky pomalu chlazené byly ve smyslu změny tuhosti stabilní, ale u vzorků rychle chlazených tuhost v následujících dnech ještě zvýšila.

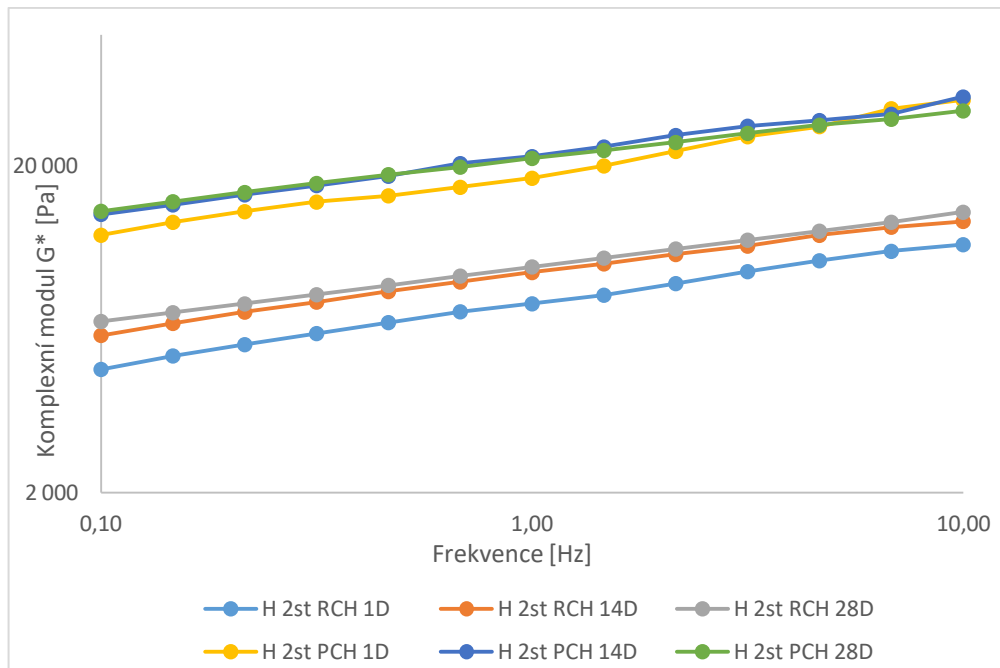
Obrázek 8 zobrazuje průběh chování vzorků během skladování, u kterých byla aplikována dvoustupňová homogenizace. Opět platí, že vzorky pomalu chlazené byly tužší. Tuhost u rychle i pomalu chlazených výrobků rostla v prvních 14 dnech, pak už se neměnila.

Obrázek 9 ukazuje chování nehomogenizovaných vzorků v průběhu skladování. Tuhost rychle i pomalu chlazeného vzorku je po 1 dnu téměř identická. Po 28 dnech se jako tužší projevil vzorek pomalu chlazený. Z důvodu malého množství vzorků, nebylo provedeno měření po dvou týdnech.

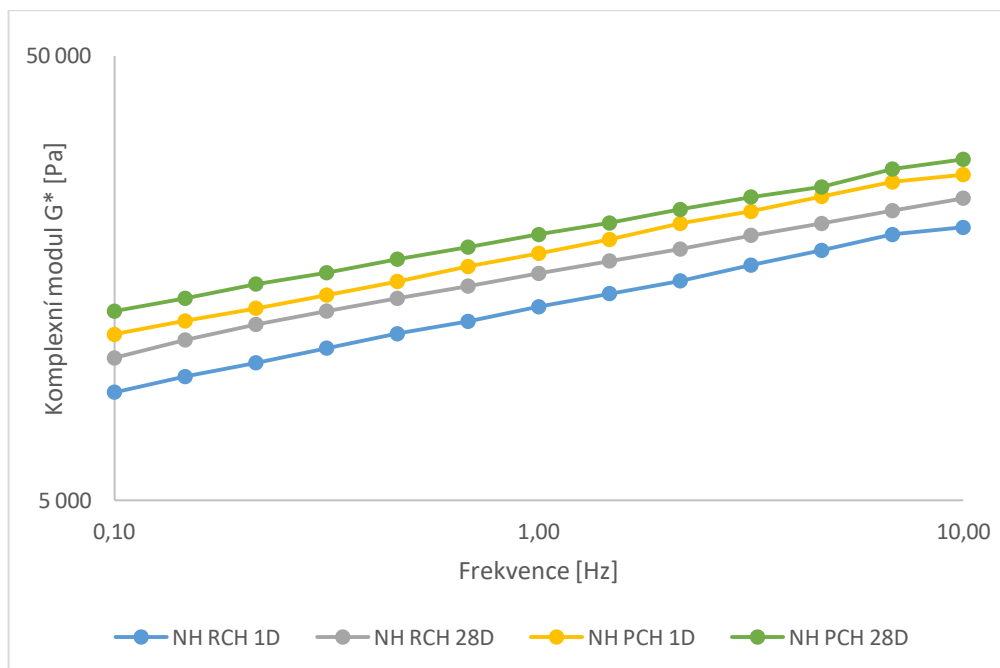
Obrázky 10 – 12 popisují vzorky, které obsahují hydrokoloidy v poměru LBG:TG 50:50.



Obrázek 10 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po jednostupňové homogenizaci s přidávkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 50:50



Obrázek 11 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po dvoustupňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 50:50



Obrázek 12 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu nehomogenizovaného s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 50:50



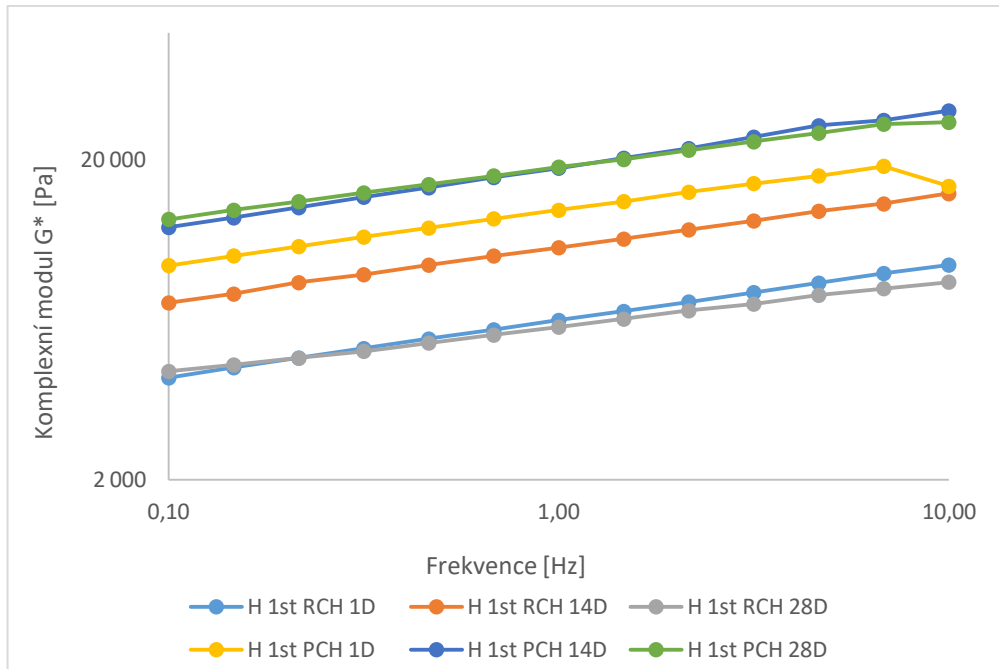
Obrázek 13 Snímky tvarohových dezertů s poměrem hydrokoloidů LBG: TG 50:50 (nahore vlevo H 1st PCH, nahore vpravo H 1st RCH, dole vlevo NH PCH, dole vpravo NH RCH)

Na obrázku 10 je vykresleno chování vzorků, kde byla použita jednostupňová homogениzace. Vzorky chlazené pomalu jsou tužší. U rychle chlazených vzorků se po 14 tuhost neměnila.

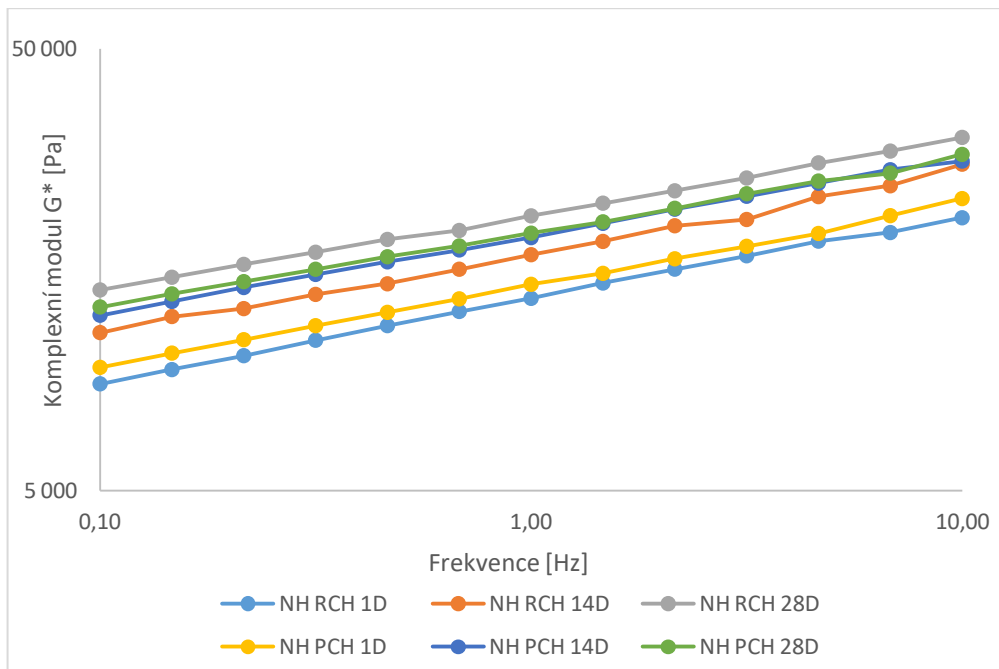
Obrázek 11 popisuje chování vzorků, u kterých byla aplikována dvoustupňová homogениzace. Vzorky pomalu chlazené byly tužší než vzorky chlazené rychle. U rychle chlazených se tuhost měnila během celých 4 týdnů. Z hlediska tuhosti byly stabilní po dvou týdnech jen vzorky pomalu chlazené.

Obrázek 12 charakterizuje chování u nehomogenizovaných vzorků. Po 28 dnech se jako tužší projeví vzorky pomalu chlazené.

Obrázky 14 – 15 popisují vzorky, které obsahují hydrokoloidy v poměru LBG: TG 100:0.



Obrázek 14 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po jednostupňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 100:0



Obrázek 15 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu nehomogenizovaného s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 100:0

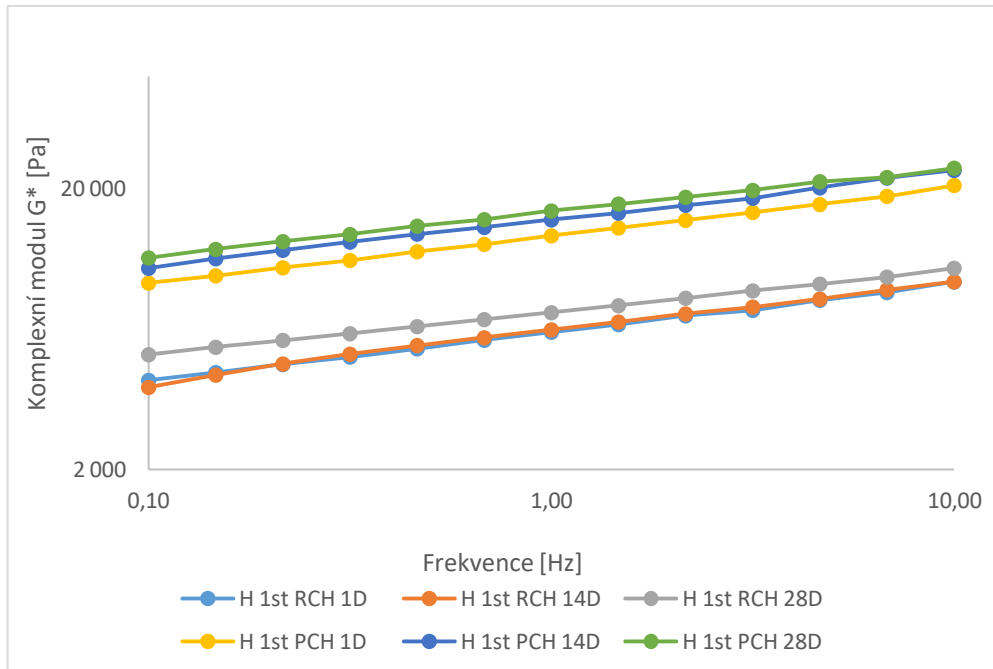


Obrázek 16 Snímky tvarohových dezertů s poměrem hydrokoloidů LBG: TG 100:0 (nahore vlevo H 1st PCH, nahore vpravo H 1st RCH, dole vlevo NH PCH, dole vpravo NH RCH)

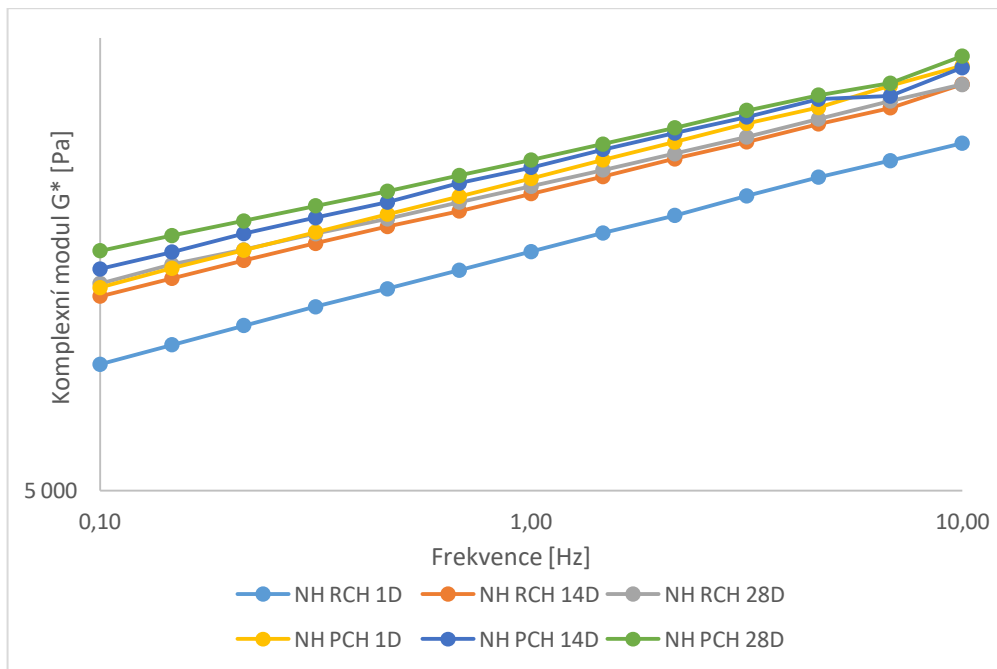
Obrázek 14 vyjadřuje, jak se měnila tuhost vzorků, u kterých byla aplikována jednodušná homogenizace. Vzorky pomalu chlazené byly tužší než vzorky chlazené pomocí ledové tříště. Nižší tuhost u rychle chlazených výrobků může souviset s neochotou tvorby komplexů mezi kaseiny a LBG při nízkých teplotách, kdy rychlé zchlazení neposkytlo dostatečný čas pro tvorbu gelu (Schorsch, 1998). Stejně tak autoři Piska a Štětina při zkoumání vlivu rychlosti chlazení na konzistenci tavených sýrů zjistili, že rychle chlazené směsi vykazovaly více viskózní charakter než směsi pomalu chlazené (Piska, 2004, s. 551 – 555). U rychle i pomalu chlazených vzorků došlo během prvních 14 dnů k nárůstu tuhosti. Ale po 14 dnech od výroby tuhost rychle chlazených výrobků klesla k hodnotě tuhosti prvního dne, pomalu chlazené výrobku svou tuhost lehce navýšily.

Obrázek 15 zobrazuje průběh chování nehomogenizovaných vzorků. Tuhost rychle chlazených vzorků byla vyšší než tuhost pomalu chlazených. Během skladování rostla tuhost rychle i pomalu chlazených výrobků.

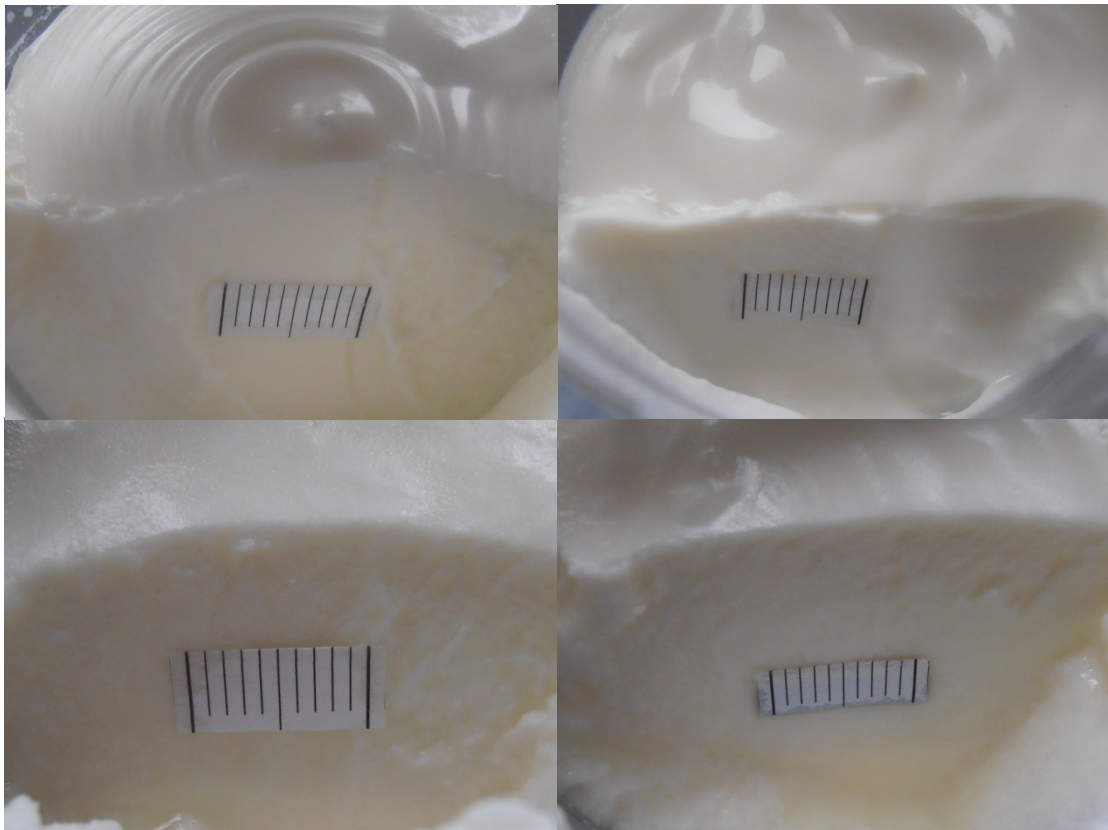
Obrázky 17 – 18 popisují vzorky, které obsahují hydrokoloidy v poměru LBG: TG 0:100.



Obrázek 17 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po jednostupňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 0:100



Obrázek 18 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu nehomogenizovaného s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 0:100



Obrázek 19 Snímky tvarohových dezertů s poměrem hydrokoloidů LBG:TG 0:100 (nahore vlevo H 1st PCH, nahore vpravo H 1st RCH, dole vlevo NH PCH, dole vpravo NH RCH)

Obrázek 17 vyjadřuje, změnu tuhosti u vzorků po jednostupňové homogenizace. Pomalu chlazené vzorky byly tužší než rychle chlazené. U pomalu chlazených se tuhost během skladování zvyšovala. U rychle chlazených vzorků došlo v prvních 14 dnech k poklesu tuhosti, v dalších 14 dnech k nárůstu.

Obrázek 18 znázorňuje chování nehomogenizovaných vzorků. Pomalu chlazené vzorky byly tužší. U pomalu i rychle chlazených vzorků byl v průběhu skladování pozorován nárůst tuhosti.

Na základě výsledků reologických měření vyplynulo, že homogenizované vzorky s použitím jednostupňové i dvoustupňové homogenizace a vzorky nehomogenizované (s výjimkou LBG:TG 100:0) pomalu chlazené byly vždy tužší než vzorky chlazené rychle. Pro rychle chlazené vzorky, kde byla použita pouze lokustová guma nebo tragant a aplikována jednostupňová homogenizace platí, že 1. a 14. den tvořila tužší výrobek lokustová guma. Na konci skladování (28 dnů) byly tužší výrobky, obsahující pouze tragant.



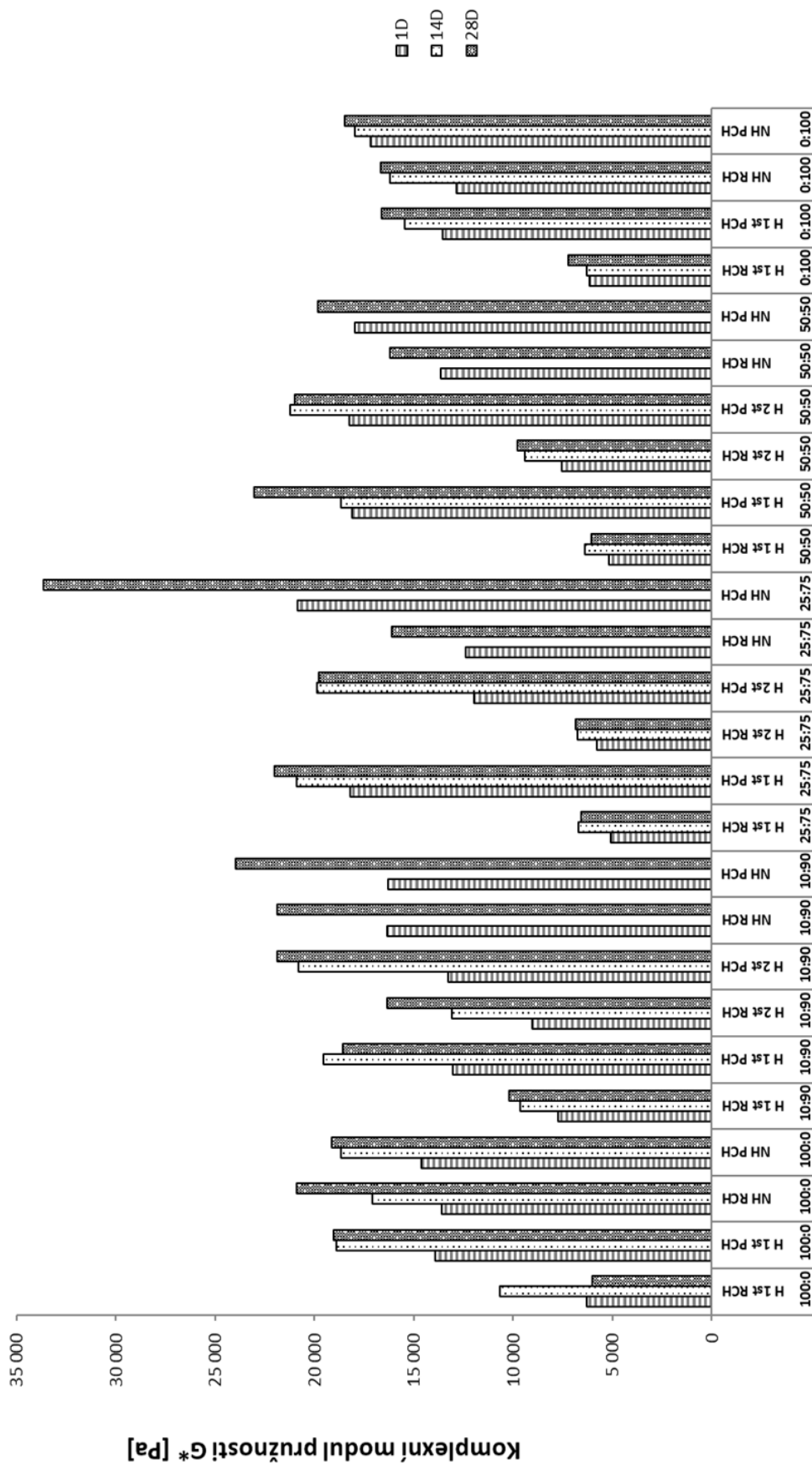
Pro pomalu chlazené vzorky, kde byla použita pouze lokustová guma nebo tragant a aplikována jednostupňová homogenizace platí, že po 1 dnu skladování jsou tužší výrobky, kde je zastoupen pouze tragant, ale 14. a 28. den tvořila tužší výrobek LBG.

U nehomogenizovaných vzorků rychle chlazených tvořila ve všech dnech tužší směs lokustová guma. Stejně tak, byla vysoká tuhost lokustové gumy dokázána při hledání náhrady želatiny v jogurtech (Pang, 2015). U nehomogenizovaných pomalu chlazených vzorků po prvním dnu tvořila měkčí směs lokustová guma. Po dvou týdnech i měsíci tvořil měkčí směs tragant.



Tabulka 1 Souhrnná tabulka úhlu fázového posunu pro všechny vzorky v referenční hodnotě frekvence 1 [Hz]

poměr LBG:TG	f [Hz]	homogenizované 1. stupeň						homogenizované 2. stupeň						nehomogenizované					
		Chlazení rychlé			Chlazení pomalé			Chlazení rychlé			Chlazení pomalé			Chlazení rychlé			Chlazení pomalé		
		1D	14D	28D	1D	14D	28D	1D	14D	28D	1D	14D	28D	1D	14D	28D	1D	14D	28D
		d [°]	d [°]	d [°]	d [°]	d [°]	d [°]	d [°]	d [°]	d [°]	d [°]	d [°]	d [°]	d [°]	d [°]	d [°]	d [°]	d [°]	d [°]
10:90	1	15,3	14,9	13,7	15,4	14,2	13,6	15,7	15,0	16,4	16,1	13,6	13,3	16,4	-	14,3	16,6	-	14,4
25:75	1	15,4	14,6	14,5	14,8	13,4	13,6	16,5	14,6	14,3	14,9	12,4	13,5	85,8	-	14,5	16,4	-	14,2
50:50	1	15,6	14,4	14,6	15,9	14,3	13,9	16,0	15,0	14,5	15,1	15,5	13,8	85,8	-	14,9	16,7	-	15,0
100:0	1	15,7	15,3	14,2	15,4	15,9	14,4	-	-	-	-	-	-	17,1	16,5	15,3	16,5	15,6	15,1
0:100	1	15,7	14,6	13,8	15,3	14,6	13,5	-	-	-	-	-	-	17,2	16,2	15,1	16,6	15,7	15,2



Obrázek 20 Komplexní modul pružnosti pro jednotlivé vyrobené vzorky

Poměry hydrokolidů jsou uvedeny v pořadí lokustová guma:tragant, H – homogenizovaný (1st – jednostupňová, 2st – dvoustupňová), NH - nehomogenizováno, PCH – pomalu chlazené, RCH – rychle chlazené

## ZÁVĚR

Tato práce byla zaměřena na viskoelastické vlastnosti tvarohových dezertů, které byly připraveny různými technologickými postupy. K výchozím surovinám byly přidány hydrokoloidy lokustová guma (LBG) a tragant (TG) v poměrech LBG: TG 0:100, 10:90, 25:75, 50:50 a 100:0. Technologické postupy se lišily v použití homogenizace (jednostupňová, dvoustupňová, bez homogenizace) a způsobu chlazení (pomalé, rychlé).

Z chemické analýzy byl zjištěn nárůst hodnoty pH. U vzorků se první den od výroby pH pohybovalo v průměrné hodnotě  $4,50 \pm 0,08$ . Po 28 dnech byl pozorován malý nárůst hodnoty pH na průměrnou hodnotu  $4,60 \pm 0,10$ . Sušina se u vzorků po 1. dnu skladování pohybovala v rozmezí  $38,77 \pm 0,44$  % (w/w), po 28. dnu skladování  $38,63 \pm 0,33$  % (w/w). Z výsledků měření viskoelastických vlastností vyplývá jednoznačný vliv způsobu chlazení. Pro homogenizované i nehomogenizované vzorky pomalu chlazené platilo, že jejich hodnoty komplexních modulů pružnosti, tedy i tužší konzistence, dosahovaly vyšších hodnot než u vzorků chlazených rychle. Při porovnání homogenizovaných a nehomogenizovaných vzorků byla vyšší tuhost pozorována u nehomogenizovaných vzorků. Vliv stupňů homogenizace nebyl jednoznačný.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

ARENDE, Elke a Fabio Dal BELLO, 2008. *Gluten-free cereal products and beverage* [online]. Amsterdam: Academic, 445 s. [cit. 2019-05-28]. ISBN 9780123737397. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780123737397>

BAINES, David a Richard Seal, 2012. *Natural food additives, ingredients and flavourings* [online]. Oxford: Woodhead Publishing, 460 s. [cit. 2019-05-28]., ISBN 9780857095725.

Dostupné z:

[http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpNFAIF002/natural\\_food\\_additives\\_ingredients\\_and\\_flavourings](http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpNFAIF002/natural_food_additives_ingredients_and_flavourings)

BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V., 2009. *Global Issues in Food Science and Technology*. Amsterdam: Elsevier. ISBN 9780123741240.

BERK, Zeki, 2009. *Food Process Engineering and Technology*. Amsterdam: Academic Press. ISBN 0123736609.

BUŇKA, František, 2013. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati. ISBN 978-80-7454-254-1.

CAMACHO M., N. MARTÍNEZ-NAVARRETE a A. CHIRALT, 2005. *Rheological characterisation of experimental dairy foams formulated with locust bean gum (LBG) and  $\lambda$ -carrageenan combinations*. International Dairy Journal [online], 15(3), 243-248 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/215537732\\_Rheological\\_characterisation\\_of\\_experimental\\_dairy\\_foams\\_formulated\\_with\\_locust\\_bean\\_gum\\_LBG\\_and\\_lambda-carrageenan\\_combinations](https://www.researchgate.net/publication/215537732_Rheological_characterisation_of_experimental_dairy_foams_formulated_with_locust_bean_gum_LBG_and_lambda-carrageenan_combinations)

Česko. Vyhláška č. 397 ze dne 2. prosince 2016 o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2016, částka 162, 6261-6285. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.sbirka.com/predpis?p=NOVE/16-397.htm>

DELCOUR, Jan a Kaisa POUTANEN, 2013. *Fibre-rich and whole grain foods: improving quality*. Philadelphia: Woodhead Publishing. ISBN 978-085-7090-386.

DRDÁK, Milan, 1996. Základy potravinářských technologií spracovania rastlinných a živočíšnych surovín, cereálne a fermentačné technologie uchovávania, hygiena a ekológia potravín. Bratislava: Malé Centrum. ISBN 80-967-0641-1.

Evropská unie. Nařízení č. 1308 ze dne 17. prosince 2013, kterým se stanoví společná organizace trhů se zemědělskými produkty [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=celex%3A32013R1308>

Findley, N. William, James S. LAI a ONARAN Kasif, 1976. *Creep and Relaxation of Nonlinear Viscoelastic Materials With an Introduction to Linear Viscoelasticity* [online]. New York: Dover Publications. [cit. 2019-05-09]. ISBN: 0-486-66016-8 Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00AZWWL1/creep-relaxation-nonlinear/linear-vis-introduction>

GABOVSKÁ, D, 2017. Cechovní norma Tvarohové krémy a dezerty tepelně ošetřené č. cechovní normy 2016 – 09 – 06 – 0178 [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://www.cehovninormy.cz/norma/tvarohove-kremy-a-dezerty-tepelne-osestrene/>

GONZÁLEZ-TOMÁS L., S. BAYARRI, AJ TAYLOR a E. COSTELL, 2008. Rheology, flavon release and perception of low-fat dairy desserts. *International Dairy Journal* [online]. 18(8), 858-866 [cit. 2019-05-11]. ISSN 09586946

HATAMI Masoud, Mohammad NEJATIAN, MOHAMMADIFAR Mohammad Amin, 2014. *Milk protein-gum tragacanth mixed gels: Effect of heat-treatment sequence*. Carbohydrate polymers [online]. 101(30), 1068-1073 [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861713010151>

JANŠTOVÁ, Bohumíra a Pavlína NAVRÁTILOVÁ, 2014. *Produkce mléka a technologie mléčných výrobků*. Brno: VFU Brno. ISBN 978-80-7305-712-1.

KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH, 2012. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: KeyPublishing. ISBN 978-80-7418-145-0.

KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH, 2013. *Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích*. Ostrava: KeyPublishing. ISBN 978-80-7418-163-4.

KERRY, Joseph a John KERRY, 2011. *Processed Meats: Improving Safety, nutrition and Quality*. Cambridge United Kingdom: Woodhead Publishing. ISBN 9781845694661.

KLIMEŠOVÁ, Iva a Jiří STELZER, 2013. *Fyziologie výživy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3280-9.

LUKÁŠOVÁ, Jindra, 2001. *Hygiena a technologie mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita. ISBN 80-730-5415-9.

PANG Zhihua, HILTON Deeth, SANGEETA Prakash a NIDHI Bansal, 2016. Development of rheological and sensory properties of combinations of milk proteins and gelling polysaccharides as potential gelatin replacements in the manufacture of stirred acid milk gels and yogurt. *Journal of Food Engineering* [online]. 169(), 27-37 [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026087741500360X>

PAQUIN, Paul, 2009. *Functional and speciality beverage technology*. Oxford: Woodhead Publishing. ISBN 978-184-5693-428.

PHILLIPS Glyn O. a Peter A. WILLIAMS, 2009. *Handbook of Hydrocolloids. 2<sup>nd</sup> Edition*. Cambridge: Woodhead Publishing. ISBN: 987-1-84569-414-2.

PHILLIPS Glyn O. a Peter A. WILLIAMS, 2011. *Handbook of food proteins: biochemistry and biotechnology*. Philadelphia: Woodhead Publishing. ISBN 978-1-84569-758-7.

PISKA, I. a J. ŠTĚTINA, 2004. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese *Journal of Food Engineering* [online], 61(4), 551-555 [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0260877403002176>

RAO, M. Anandha, 1999. *Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications*. New York: Springer. ISBN 978-0-387-70930-7.

ROGINSKI, Hubert, 2003. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Amsterdam: Academic Press. ISBN 01-222-7238-2.

SMITH Gerrit, 2003. *Dairy Processing: Improving Quality*. New York: Woodhead Publishing Limited. ISBN 9781855737075.

SMITH Jim, Lily HONG-SHUM, 2011. *Food Additives Data Book. 2<sup>nd</sup> Edition*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell. ISBN 978-1-405-19543-0.

STRMISKA, Josef, Vladimír HUŠEK a Rudolf MINAŘÍK, 1991. *Výroba tvarohu a tvarohových specialit: Nové technologie*. Praha: SNTL. Technika a technologie potravinářského průmyslu. ISBN 80-030-0481-0.

ŠNIRC, Július, Jozef GOLIAN, Karol HERIAN, František BUŇKA, Leona BUŇKOVÁ a Margita ČANIGOVÁ, 2015. *Mlieko a mliečne výrobky*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita. ISBN 978-80-552-1311-8.

ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA, 2013. *Mlékárenské technologie*. Brno: Mendelova univerzita. ISBN 978-80-7375-704-5.

ULLRICH, Ladislav. *Chémia a technológia jedlých tukov a olejov*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvotechnickej literatury, 1963.

VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ, 2009. *Chemie potravin*. 3. vyd, rozšířené a přepracované. Tábor: OSSIS. ISBN 978-80-86659-15-2.

VELTMAN R.Oene, Gert VRIEND, Bertus VAN DEN BURG, Florence HARDY, Gerard VENEMA a Vincent G. H EIJSINK, 1997. Engineering thermolysin-like proteases whose stability is largely independent of calcium. *FEBS Letters* [online]. 241-244 [cit. 2019-04-08]. 405(2), ISSN 00145793. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014579397001932>

WALSH, Gary, 2002. *Proteins: biochemistry and biotechnology*. Chichester: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-471-89907-5.

ZAMORA, A., V. FERRAGUT, B. GUAMIS a A. J. TRUJILLO, 2012. Changes in the surface protein of the fat globules during ultra-high pressure homogenisation and conventional treatments of milk. *Food Hydrocolloids* [online]. 29(1), 135-143. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X12000434>

ZIMÁK, Evžen, 1988. *Technologie pro 4. ročník střední průmyslové školy studijního oboru zpracování mléka*. Praha: Nakladatelství technické literatury.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ang	anglicky
C	uhlík
°C	stupeň Celsia
č	číslo
MPa	jednotka tlaku
Sb	sbírky
UHT	ultra high temperature
např	například
apod	a podobně
EU	evropská unie
nm	jednotka délky
atd.	a tak dále
μm	jednotky délky
cca	circa
m·s <sup>-1</sup>	jednotka rychlosti
HPH	high pressure homogenization
Pa	pascal
G'	elastický modul
G''	ztrátový modul
G*	komplexní modul
tzv.	tak zvaný
EDTA	kyselina ethylendiamintetraoctová
g	gram
h	hodina



HP	high pressure
Hz	jednotka frekvence
LBG	lokustová guma
MFGM	tragant
mm	jednotka délky
MR	Maillardovy reakce
s	sekunda
s.	strana
TG	tragant
UHPH	ultra high pressure homogenizatio

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Přehled elastických ( $G'$ – otevřené symboly) a ztrátových modulů ( $G''$ – plné symboly) vzorků . A (■, □), B(◆, ◇), C (▲, △) a D (●, ○) při frekvenci 1 Hz .....	22
Obrázek 2 Snímek z rastrovacího elektronového mikroskopu, na kterém je zobrazena struktura vzorků A (A), B (B), C (C) a D (D), velikost úsečky měřítka 50 $\mu\text{m}$ (Hatami, 2014). .....	23
Obrázek 3 Schéma výroby vzorků tvarohových dezertů.....	27
Obrázek 4 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po jedноступňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 10:90 .....	30
Obrázek 5 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po dvoustupňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 10:90 .....	31
Obrázek 6 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu nehomogenizovaného s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 10:90 .....	31
Obrázek 7 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po jedноступňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 25:75 .....	32
Obrázek 8 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po dvoustupňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 25:75 .....	33
Obrázek 9 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu nehomogenizovaného s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 25:75 .....	33
Obrázek 10 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po jedноступňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 50:50 .....	34
Obrázek 11 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po dvoustupňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 50:50 .....	35

Obrázek 12 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu nehomogenizovaného s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 50:50.....	35
Obrázek 13 Snímky tvarohových dezertů s poměrem hydrokoloidů LBG:TG 50:50 (nahore vlevo H 1st PCH, nahore vpravo H 1st RCH, dole vlevo NH PCH, dole vpravo NH RCH) .....	36
Obrázek 14 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po jednostupňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 100:0 .....	37
Obrázek 15 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu nehomogenizovaného s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 100:0.....	37
Obrázek 16 Snímky tvarohových dezertů s poměrem hydrokoloidů LBG:TG 100:0 (nahore vlevo H 1st PCH, nahore vpravo H 1st RCH, dole vlevo NH PCH, dole vpravo NH RCH) .....	38
Obrázek 17 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu po jednostupňové homogenizaci s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 0:100 .....	39
Obrázek 18 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci u tvarohového dezertu nehomogenizovaného s přidavkem hydrokoloidů LBG a TG v poměru 0:100 .....	39
Obrázek 19 Snímky tvarohových dezertů s poměrem hydrokoloidů LBG:TG 0:100 (nahore vlevo H 1st PCH, nahore vpravo H 1st RCH, dole vlevo NH PCH, dole vpravo NH RCH) .....	40
Obrázek 20 Komplexní modul pružnosti pro jednotlivé vyrobené vzorky .....	43

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Souhrnná tabulka úhlu fázového posunu pro všechny vzorky v referenční hodnotě frekvence 1 [Hz] .....	42
--	----

## SEZNAM PŘÍLOH

## **PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY**