

Vliv procesu homogenizace na vybrané vlastnosti tavených sýrových omáček

Bc. Milan Sýkora DiS.



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Milan Sýkora**
Osobní číslo: **T17846**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vliv procesu homogenizace na vybrané vlastnosti tavených syrových omáček**

Zásady pro vypracování:

1. Základní charakteristika tavených sýru a tavených syrových omáček.
2. Technologie výroby tavených sýru a tavených syrových omáček.
3. Faktory ovlivňující reologické vlastnosti tavených sýru tavených syrových omáček.
4. Vytvořte modelové vzorky tavených syrových omáček.
5. Aplikujte různé režimy homogenizace u vyrobených vzorku.
6. Provedte vybrané analýzy.
7. Vyhodnoťte výsledky a zformulujte závěry.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] Cheese | Pasteurized Processed Cheese Products, 2011. Encyclopedia of Dairy Sciences.

[2] Cheese | Cheese as a Food Ingredient, 2011. Encyclopedia of Dairy Sciences.

[3] ČERNÍKOVÁ, Michaela; NEBESÁŘOVÁ, Jana; SALEK, Richardos-Nicolaos; ŘIHÁČKOVÁ, Lada; BUŇKA, František. Microstructure and Textural and Viscoelastic Properties of Model Processed Cheese with Different Dry Matter and Fat in Dry Matter Content, 2017. Journal of Dairy Science.

[4] KAPOOR, R, L. E METZGER, A. C BISWAS a K MUTHUKUMMARAPPAN. Effect of Natural Cheese Characteristics on Process Cheese Properties. Journal of Dairy Science [online]. Elsevier, 2007, 90(4), 1625-1634 [cit. 2018-06-25]. DOI: 10.3168/jds.2006-746. ISSN 00220302.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

2. února 2019

Termín odevzdání diplomové práce:

3. května 2019

Ve Zlíně dne 2. února 2019

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

Ve Zlíně

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zkoumat a posoudit vliv homogenizace na vlastnosti tavených sýrových omáček vyrobených z receptury typické pro tavené sýry, kdy směs obsahovala skupinu fosforečnanových tavicích solí, zralý přírodní sýr, máslo, vodu a byla obohacena o přídatné látky. Následně po tavně byly vzorky homogenizovány jednostupňovou homogenizací za působení různých tlaků 60 a 120 MPa pomocí vysokotlakého homogenizátoru. Jako přídatné látky byly vybrány xantanová guma, guma guar a směs mono a diglyceridů. Měření vzorků, kde byla i kontrolní skupina bez homogenizace, probíhalo vždy první a sedmý den po výrobě. Všechny zmiňované přídatné látky měly vliv na výsledné vlastnosti tavené sýrové omáčky. Během analýzy se sledoval obsah sušiny, hodnota pH, reologické vlastnosti jednotlivých vzorků a textura. Výsledky analýzy všech sledovaných parametrů poukazují na vliv zvyšujících se homogenizačních tlaků na vlastnosti tavených sýrových omáček, taktéž vliv hydrokoloidů v porovnání s mono a diglyceridy vykazuje rozdílné vlastnosti vyrobených vzorků, kdy hydrokoloidy zvyšují tvrdost tavených sýrových omáček ve větší míře než směs MAG a DAG.

Klíčová slova: vysokotlaká homogenizace, tavená sýrová omáčka, fosforečnanové tavicí soli, xantanová guma, guma guar, mono a diglyceridy.

ABSTRACT

The main aim of this thesis was to investigate and assess the effect of homogenization on the properties of processed cheese sauces made from a recipe typical for processed cheeses, where the mixture contained a group of phosphate emulsifying salts, natural cheese, butter, water and selected additives. Subsequent to melting process, the samples were homogenized with a single-stage homogenization under various pressures of 60 and 120 MPa using a high pressure homogenizer. As additives, xanthan gum, guar gum and a mixture of mono and diglycerides were applied. Measurement of the samples, where the control samples were without homogenization, took place on the first and seventh day after the production day. All of the above mentioned additives influenced the resulting properties of the processed cheese sauces. During the experiment, the dry matter content, pH value, rheological properties of the individual samples and texture were monitored. The results of the analysis of all monitored parameters point to the influence of increasing homogenization pressures on the properties of processed cheese sauces.

Keywords: high pressure homogenization, processed cheese sauce, phosphate emulsifying salts, xanthan gum, guar gum, mono and diglycerols.

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, PhD. za odborné vedení, podporování a cenné rady, které mi poskytl při zpracování této diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat paní laborantce Ing. et Ing. Ludmile Zálešákové za pomoc s prací v laboratoři při výrobě modelových vzorků a také chci velmi poděkovat mé manželce Ing. Elišce Sýkorové za pomoc, rady a korekci diplomové práce.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK	13
1.1 TAVENÉ SÝRY, JEJICH SLOŽENÍ A VÝROBA.....	13
1.2 SLOŽENÍ TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK	13
1.2.1 Přírodní sýry.....	15
1.2.2 Tavicí soli.....	15
Fosforečnany.....	16
Citronanové tavicí soli	19
1.2.3 Přidatné látky	20
Xantanová guma	20
Mono- a Diglyceridy mastných kyselin.....	21
Guma guar.....	22
1.2.4 Ostatní složky.....	24
2 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK	25
2.1 PŘÍPRAVA SUROVINOVÉ SMĚSI K TAVENÍ	25
2.2 TAVENÍ SÝROVÝCH OMÁČEK.....	25
2.3 HOMOGENIZACE.....	26
2.3.1 Homogenizátor	27
3 REOLOGICKÉ VLASTNOSTI	29
3.1 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ REOLOGICKÉ A TEXTURNÍ VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
4 CÍL PRÁCE	32
5 MATERIÁL A METODY	33
5.1 VÝROBA VZORKŮ SÝROVÝCH OMÁČEK	33
5.2 STANOVENÍ SUŠINY A pH.....	34
Výpočet sušiny.....	34
Měření pH	35
5.3 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA.....	35
5.4 DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE	37
6 VÝSLEDKY A DISKUZE	40

6.1	ANALÝZA SUŠINY A DISKUZE	40
6.2	ANALÝZA PH.....	40
6.3	ANALÝZA TVRDOSTI.....	45
	Analýza tvrdosti vzorků s xantanovou gumou	46
	Analýza tvrdosti vzorků s MAG a DAG	47
	Analýza tvrdosti vzorků s gumou guar.....	48
6.4	VÝSLEDKY REOMETRIE	49
ZÁVĚR		55
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		56
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		69
SEZNAM OBRÁZKŮ		70
SEZNAM TABULEK.....		71
SEZNAM PŘÍLOH.....		72

ÚVOD

Tavené sýrové omáčky jsou na trhu v České republice minoritní komoditou. Spotřebitel se mohl s těmito výrobky setkat ve velmi omezeném výběru a v současné době tato varianta pro přípravu pokrmů není dostupná. Ovšem v zahraničí, jako je Německo, lze tyto výrobky nalézt, ovšem opět ve velmi málo variantách.

V současné době neexistuje legislativní předpis, který by upravoval, jak tyto omáčky vyrábět a jaké suroviny při výrobě používat. Využití tavených sýrových omáček je široké a dosud neucelené. Nabízí se možnost využít pro přímý konzum v kombinaci např. s těstovinami, dále je možnost tyto omáčky využít jako základ pro výrobu bešamelu či jiných kombinací v kulinářství jako jsou dipy, polévky, zálivky a podobně.

Smyslem diplomové práce bylo sledovat vlastnosti tavených sýrových omáček s přídavkem hydrokoloidních látek, které jsou dnes běžně využívány v potravinové výrobě a srovnat je s vlivem přídavku mono a diglyceridů. Právě tyto stabilizátory, emulgátory a zahušřovadla jsou v dnešní době trendem v ovlivňování vlastností finálního výrobku a jsou v oblasti tavených sýrových omáček dosud nepopsány nebo velmi okrajově zmiňovány. Užití různých homogenizačních tlaků může ovlivnit celý proces výroby a vlastnosti výrobku, proto je srovnání těchto vlivů velmi zajímavé a bylo hlavním tématem této práce.

Práce je rozdělena do šesti kapitol, z nichž první tři se věnují teorii výroby, složení a technologie výroby tavených sýrových omáček. Druhá polovina diplomové práce je věnována popisu experimentu, včetně vymezení cílů, v závěru se nacházejí výsledky práce a diskuze nad nimi.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK

Dle Vyhlášky č. 397/2016 Sb. lze tavený sýr definovat jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. Tato vyhláška dále dělí tavené sýry na nízkotučné (obsah tuku v sušině nejméně 30 %) a vysokotučné (obsah tuku v sušině nejméně 60 %). Pro tavené sýrové omáčky v současné době neexistuje standart nebo definice, proto může být k přípravě použito mnoho přísad a technologických postupů. V této práci se využívá postupů podobných při výrobě tavených sýrů. Dle české cechovní normy tavené sýry dělíme na tavený sýr druhově pojmenovaný a tavený sýr druhově nepojmenovaný. Tato cechovní norma, která vychází z legislativy, dále určuje, jaké jsou požadavky na složení (složky povinné a přípustné), technologický postup a senzorické požadavky [1].

Označením "sýrový" lze označit výrobek, v němž sýr tvoří nejméně 50 % hmotnostních tohoto výrobku. Sýr se označí jako „tavený sýrový výrobek“ pokud obsahuje více jak 5 % hmotnostních laktózy. Mezi tavené sýrové výrobky můžeme zařadit i tavené sýrové omáčky, které nemají legislativně upravenou definici [2].

1.1 Tavené sýry, jejich složení a výroba

Už od konce 19. století byly první pokusy o výrobu taveného sýra. První tavené sýry, které byly srovnatelné s těmi dnešními, byly vyrobeny s použitím tavicí soli citronanu sodného v roce 1911 ve Švýcarsku. Následně byla zahájena v Evropě i USA komerční výroba, kde byly použity sýry typu Čedar a tavicí soli citronan draselný a fosforečnany. Technologie byla podobná té současné. Tavené sýry jsou vyráběny rozmělněním přírodních sýrů, emulgací a hydratací složek jednotlivých surovin (mléčného i nemléčného původu) za přítomnosti tavicích solí. Působením teploty a podtlaku je dosaženo homogenní hmoty požadovaných vlastností [3, 4, 5].

1.2 Složení tavených sýrových omáček

Ve výrobě tavených sýrových omáček je v dnešní době stále velký prostor pro výzkum a bádání. V počátku výroby se postupuje podobně jako při výrobě tavených sýrů. Ty

byly dle Codex Alimentarius charakterizovány jako produkt vyrobený mletím, mícháním, tavením, emulgací jednoho nebo více druhů sýra spolu s dalšími surovinami, popřípadě přídatnými látkami, za působení tepla a emulgačních činidel. Česká legislativa rozlišuje podle obsahu tuku tavené sýry vysokotučné (min. 60 %) a nízkotučné (max. 30 %). Dle jiného rozdělení lze dělit tavené sýry na plnotučné (45–60 %) a polotučné (30–45 %) [13]. Dále je možné rozdělit tavené sýry podle použité suroviny (přírodních sýrů) na druhově pojmenované a druhově nepojmenované. Tavené sýry jsou limitovány obsahem laktózy (do 5 % w/w) a nepřipustné je použití sacharidových sladidel. Tavené sýrové výrobky nemají omezení pro laktózu či cukr, ale 51 % w/w sušiny musí pocházet ze sýrové suroviny [14]. Jiná definice udává, že tavené sýry jsou vyráběny zahříváním směsi jednoho nebo více druhů sýra různého stupně prozrálosti a tavicích solí za stálého míchání a částečného podtlaku, dokud není hmota homogenní dle požadovaných vlastností [9, 15]. Je namístě zmínit pojem analogy tavených sýrů, které lze označit za imitace tavených sýrů, ve kterých jsou mléčný tuk nebo mléčné proteiny nahrazeny surovinami jiného druhu, převážně rostlinného původu. Tyto analogy jsou vyráběny zejména na základě poptávky spotřebitelů či výrobců potravin. Výroba tímto poskytuje možnost produkovat výrobky se sníženým obsahem tuku, resp. odlišným zastoupením mastných kyselin a nízkým obsahem cholesterolu. Ke snížení energetické hodnoty těchto analogů se mohou přidávat náhrady tuku na bázi hydrokoloidů, modifikované škroby, některé rostlinné gummy nebo různé druhy proteinů jako například sérové bílkoviny. Jejich účelem jsou mimo jiné i zlepšení sensorických a texturních vlastností [16, 17, 18, 19].

Dalšími surovinami pro výrobu tavených sýrových omáček v rámci této práce bylo máslo, přídatné látky, konkrétně xantanová guma, guma guar, mono a diacylglyceroly, tavicí soli a voda. Právě tavicí soli jsou jednou z hlavních složek umožňující vznik homogenní struktury. Dle vyhlášky MZ č. 4/2008 Sb., jsou tavicí soli látky, které mění při výrobě tavených sýrů vlastnosti bílkovin a zamezují oddělování tuku. Bez jejich přítomnosti by došlo k agregaci bílkovin, jejich sedimentaci na dně a hmota by se stala nehomogenní [8].

1.2.1 Přírodní sýry

Přírodní sýry jsou základní surovinou pro výrobu tavených sýrů. Využívají se sýry v různém stupni prozrálosti, což podstatně ovlivňuje konzistenci finálního výrobku. Sýry mohou mít mechanické vady, kvůli kterým nejsou vhodné k přímému prodeji spotřebiteli. Při porcování, plátkování a balení přírodních sýrů vznikají odřezky, které je také možné využít při výrobě tavených sýrů. I když se přírodní sýry s takovými mechanickými vadami běžně zpracovávají, je možné ze zkušenosti říci, že 70 – 80 % přírodních sýrů je jakostní surovinou, kterou by bylo možné prodávat přímo spotřebiteli. K výrobě by se neměly používat sýry s mikrobiologickými vadami, zvláště pokud se jedná o sýry napadené plísněmi nebo sporulujícími bakteriemi. Kvalita surovin se odráží na jakosti výrobku. Sýry napadené nežádoucími bakteriemi pozdního duření (*Clostridium tyrobutyricum*) nebo bílou hnilobou (*Clostridium sporogenes*) nejsou vhodné. Během tavení je sice dosaženo vysoké teploty (90 - 110 °C), díky níž dochází k pasteraci hmoty, ale tato teplota spory nedokáže plně inaktivovat. Poté může za vhodných podmínek dojít k vyklíčení spor a znehodnocení sýra. V posledních 10 – 20 letech se z výroby tavených sýrů vylučují i suroviny kontaminované plísněmi, a to jako prevence výskytu mykotoxinů. Rovněž suroviny obsahující kontaminující bakterie čeledi *Enterobacteriaceae* je často vyřazována, a to z důvodu nebezpečí produkce bakteriálních toxinů. V České republice jsou nejčastěji používány sýry eidamského typu (Eidamský blok, Eidamská cihla) nebo v menší míře švýcarského typu (Moravský blok, Primátor). Ve Velké Británii, Austrálii, USA a Kanadě je nejčastěji používán sýr Čedar a minoritně sýry Mozzarella a Gruyère [3 – 7, 60].

1.2.2 Tavicí soli

Přidávají se jako důležitá složka pro vytvoření homogenní struktury. Pokud bychom vyráběli tavený sýr bez tavicích solí, obvykle by docházelo k agregaci bílkovin a jejich separaci do spodní části hmoty, oddělení vodné fáze ve střední vrstvě a tuku na povrchu hmoty [8]. V praxi jsou nejčastěji používány vícesytné anionty (fosforečnany, citronany) s monovalentními alkalickými kovy (sodík, draslík), zejména se jedná o sodné soli kyseliny trihydrogenfosforečné a citronové. Kromě sodných solí lze využít také draselné soli kyseliny fosforečné, ale dřívější literatura při jejich použití popisovala

riziko vzniku hořké chuti finálního výrobku, i když novější práce toto riziko nepotvrzují [3, 9, 10, 11]. Náhradou sodných solí za draselné vznikají nepatrné rozdíly ve funkčních vlastnostech finálních výrobků. Při použití draselných fosforečnanových tavicích solí byl zjištěn nepatrný pokles tvrdosti a kohezivnosti a nárůst roztékavosti a adhezivnosti. Tyto odlišnosti mohou souviset s nárůstem hodnoty pH, který byl pozorován. Tento nárůst pH může způsobit intenzivnější odpuzování proteinů (zvýšení intenzity negativního náboje kaseinů) a vést k měkčí, méně soudržné struktuře [10, 11].

Fosforečnany

Tvoří sloučeniny obsahující anion $(\text{PO}_4)_3^-$ a jedná se o soli kyseliny trihydrogenfosforečné. Jejich obsah v tavených sýrech je legislativně upraven v Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1129/2011 a to na maximální množství 20 g na kilo taveného sýra [39]. Celá skupina fosforečnanů, kam patří MSP (fosforečnan sodný), DSP (fosforečnan disodný) a TSP (fosforečnan trisodný), mají v tavených sýrech, potažmo tavených sýrových omáčkách, funkci pufrů s vlivem na úpravu pH ve smyslu korekce a stabilizace. Tato hodnota má vliv na reologické i texturní vlastnosti tavených sýrových omáček. Se zvýšenou hodnotou pH roste i negativní náboj na kaseinech, vlivem rostoucího elektrostatického náboje na matici kaseinu dochází k tvorbě volnější sítě s větší vazností vody. Odlučováním vápenatých iontů s rostoucím pH vede k disperzi kaseinů. Oproti tomu nižší pH o hodnotě pod 5,2 vede k agregaci a snížení emulgace tuku v taveném sýru z důvodu poklesu negativního náboje. Dochází k nižší schopnosti odlučovat vápník z důvodu tvorby hustší sítě parakaseinanu. Nižší pH také vede ke snížení disociace sodných solí, kaseiny mají nižší hydrataci, což vede k výraznější tvrdosti, potažmo pevnější síti molekul, tedy k vytvoření tuhých, suchých produktů [5, 45, 51]. Hodnota pH v rozmezí 5,6-6,2 a vlhkosti okolo 50 % má efekt zabránění výskytu *Clostridium botulinum* [52]. Nejúčinnější ve stabilizaci pH jsou fosforečnany s krátkým řetězcem a s rostoucí délkou se tato funkce snižuje, monofosforečnany tedy stabilizují pH nejlépe [4, 10, 40, 46]. Fosforečnany s dlouhým řetězcem mají schopnost vázat vápené ionty do komplexů, což umožňuje dispergaci kaseinu, avšak zároveň jim udílí negativní náboj, čímž dojde k poruše tvorby gelu vlivem odpuzujících sil [44, 45].

Mezi používané fosforečnany s krátkým řetězcem, obsahující řetězec o 2 až 3 fosforečnanových bázích, patří SAPP (dihydrogendifosforečnan sodný), TSPP (difosforečnan sodný) a STPP (trifosforečnan sodný). Tato skupina má dobrou vazební kapacitu na vícemocné anionty [40]. Samotný SAPP je se svou pufrací kapacitou a vlivem na pH schopen udržet pH tavené sýrové omáčky blízko stabilní hodnotě 6 [41, 42]. Naproti tomu v jiné práci hovoří o poklesu pH taveného sýra s použitím SAPP [43]. U TSPP je uváděna nižší rozpustnost a schopnost tvořit příčné vazby s kaseinem okolo hodnoty pH 6 [44, 50]. Skupina STPP je doporučena v omezeném množství z důvodu tvorby hořké chuti [4].

Ovšem pro dosažení optimálních vlastností tavené sýrové omáčky je nutno použít směs zmiňovaných fosforečnanů. Jejich chemicko-fyzikální vlastnosti a kombinace v optimálním poměru ovlivní vlastnosti tavené sýrové omáčky. Významným faktorem je však i výběr přírodního sýra při výrobě a jeho vlastnosti jako stupeň zrání či samotný typ sýra. Při použití směsi tavicích solí se komplikuje interpretace jejich ovlivňování vlastností tavené sýrové omáčky [45, 53].

Vliv fosforečnanů na texturní vlastnosti tavené sýrové omáčky

Textura se definuje dle normy ČSN EN ISO 11036 jako všechny mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti výrobku vnímatelné prostřednictvím mechanických, hmatových, zrakových a sluchových receptorů [75]. Většina metod měřících texturu aplikuje mechanické testy, které zkoumají odolnost měřené potraviny vůči silám větším než je síla gravitační. Základními měřenými parametry jsou tvrdost, kohezivnost, lepivost a pružnost [50, 76, 77]. Ve vědeckých publikacích bylo potvrzeno, že pH má na texturní vlastnosti velký vliv, kdy nižší hodnota, než je hodnota optimální, působí na produkt zvýšením tuhosti. Opačná hodnota pH, tedy vyšší než optimální, působí měkkostí a vyšší roztékavostí [78].

Pro dosažení požadovaných texturních vlastností tavené sýrové omáčky je třeba použít směsi tavicích solí. Při použití binární směsi z hydrogenfosforečnanu sodného, difosforečnanu sodného, trifosforečnanu sodného nebo polyfosforečnanu bylo zjištěno, že produkty s vyšším poměrem sodné soli polyfosforečnanu vykazovaly nižší pH

a snižující se koncentrace této soli k poměru ostatních fosforečnanů hodnotu pH zvedala [79].

Byl pozorován pokles pH při skladovacím pokusu, vysvětlen postupnou hydrolyzou fosforečnanových tavicích solí. Při texturní profilové analýze vykazovaly vzorky s použitím pouze hydrogenfosforečnanu sodného nižší tvrdost a vyšší přilnavost. Tavené sýry se směsí tavicích solí s polyfosforečnany a dalšími tavicími solemi měly vyšší tvrdost, snižující se lepivost a přilnavost související se zvyšováním poměru polyfosforečnanu v tavicí směsi. V této práci bylo také popsáno, že použitím binárních směsí hydrogenfosforečnanu a difosforečnanu, popřípadě trifosforečnanu, vykazují produkty vysokou tuhost a tvrdost [79].

Vzorky se směsí sodné soli polyfosforečnanu o koncentraci $> 60\%$ a s obsahem hydrogenfosforečnanu s difosforečnanem v poměru 1:1 až 3:4 vykazovaly nárůst tvrdosti, která rostla s klesající koncentrací sodné soli polyfosforečnanu. Naopak při zvyšování koncentrace sodné soli polyfosforečnanu ve směsi tvrdost vzorků klesala [80].

Tabulka 1: Označování fosforečnanových tavicích solí a jejich pH [7]

Skupina	Látka	Vzorec	Obsah P ₂ O ₅ (%)	E-kód	pH 1% vodného roztoku
Monofosforečnany	Dihydrogenfosforečnan sodný	NaH ₂ PO ₄	59,15	E339 (i)	4,5
	Monohydrogenfosforečnan sodný	Na ₂ HPO ₄	50,00	E339 (ii)	9,1
	Fosforečnan sodný	Na ₃ PO ₄	43,94	E339 (iii)	11,9
Difosforečnany (pyrofosforečnany)	Dihydrogendifosforečnan sodný	Na ₂ H ₂ P ₂ O ₇	63,95	E450 (i)	4,1
	Difosforečnan sodný	Na ₄ P ₂ O ₇	53,38	E450 (iii)	10,2
Trifosforečnany	Trifosforečnan sodný	Na ₅ P ₃ O ₁₀	57,88	E451 (i)	9,7
Polyfosforečnany	Polyfosforečnan sodný (Grahamova sůl)	*(NaPO ₃) _n	69,61	E452 (i)	6,6

Citronanové tavicí soli

Citronanové soli jsou odvozeny od trikarboxylové kyseliny citronové, 2-hydroxypropan-1,2,3-trikarboxylové kyseliny. Jedná se o bílou, krystalickou látku, rozpustnou ve vodě a etanolu. Mezi vlastnosti kyseliny citronové patří tvorba komplexů s kovy, které by v potravíně urychlovaly proces oxidace, proto je kyselina citronová používána u tuků a olejů jako antioxidant. Její využití je mnohem širší, například se využívá jako okyselující látka při výrobě potravin a využívá se i ve farmaceutickém průmyslu [54-58].

Jsou známy tři druhy citronanových tavicích solí, sodné, disodné a trisodné. Ve výrobě potravin je nejpoužívanější citronan trisodný (E331), jež vykazuje podobné vlastnosti jako fosforečnany, především dobré pufrční vlastnosti. Při výrobě taveniny se používá ve směsi s jinými tavicími solemi [10, 56, 58, 59].

Použití dalších zástupců citronanových tavicích solí, tedy mono a disodných, je v potravinářství spíše okrajové z důvodu silného okyselení a nestability emulze. Jejich funkcí je hlavně úprava pH při vysokých hodnotách [10, 56, 58, 59].

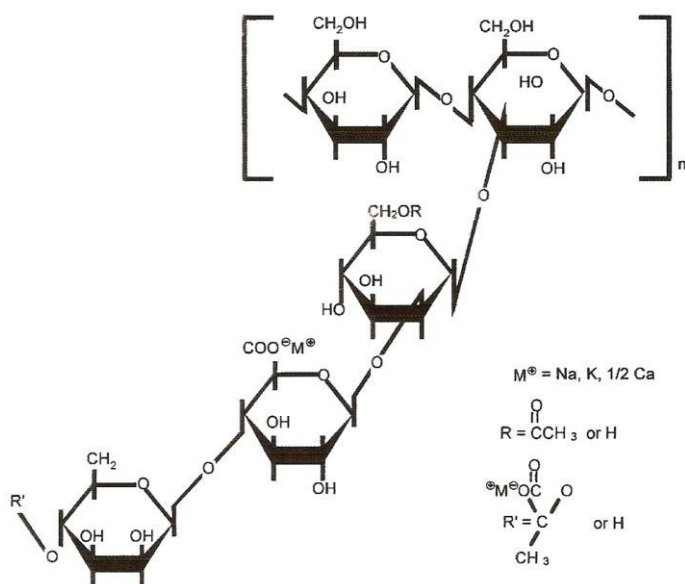
1.2.3 Přídavné látky

Za přídavné látky se označují ty přísady, které mají za účel vylepšení chuti, vůně finálního výrobku nebo dosažení požadované vlastnosti, například textury. Lze je rozdělit na látky ochucující a okyselující. Z celé řady těchto látek lze zmínit glutamát sodný, koření, aroma šunkové, houbové. Okyselujícími látkami může být například kyselina mléčná, citrónová, adipová, fosforečná, jablečná [98, 99].

V této práci bylo užito přídavných látek v podobě xantanové gumy, směsi mono a diglyceridů a gumy guar.

Xantanová guma

Vzniká jako produkt *Xanthomonas campestris*, řadí se mezi heteropolysacharidy a byla objevena v roce 1950. Struktura hlavního řetězce je tvořena podobně jako u celulosy β -D-(1-4) glukosovými jednotkami. Postranní řetězce jsou tvořeny zbytkem D-glukoronové kyseliny a dvěma zbytky D-manosy. Molekuly xantanové gumy jsou konformovány v podobě jednoduché nebo dvojité šroubovice, která je stabilizována postranními řetězci. Mezi vlastnosti xantanové gumy patří ovlivnění viskozity produktu, stabilita v širokém rozsahu pH a teplot, stabilní je též v koncentrovaných solích [37, 38].



Obrázek 1: Struktura xantanové gumy [70]

Mono- a Diglyceridy mastných kyselin

Monoglyceridy (MAG) jsou definovány jako parciální estery trojsytného alkoholu glycerolu s v molekule vázanou mastnou kyselinou. Rozlišují se podle vazby na první nebo druhý uhlík glycerolu s označením 1-MAG, 2-MAG [61]. Tato poloha, respektive typ monoglyceridu, má vliv na chemicko-fyzikální vlastnosti [38, 62].

MAG mohou být ve formě buďto kapalné nebo pevné, což je ovlivněno charakterem vázané mastné kyseliny. Prvně zmiňovaná forma MAG se vyznačuje olejovitou konzistencí s bílým až hnědým zbarvením. Pevná forma MAG se vyskytuje ve formě prášku, vloček či korálek. Jsou rozpustné v polárních rozpouštědlech a nerozpustné ve vodě [63, 64].

Bod tání MAG je ovlivněn povahou a délkou uhlíkového řetězce a typem mastné kyseliny navázané na molekulu glycerolu. S rostoucím počtem uhlíků bod tání stoupá a s přítomností dvojných vazeb u nenasycených mastných kyselin klesá s jejich počtem [65].

Monoglyceridy jsou v potravinářství široce využívanou surovinou pro své emulgační schopnosti. Mezi hlavní odvětví patří pekárenský a masný průmysl. Obsahují hydrofilní a lipofilní skupinu. Tímto jsou řazeny mezi povrchově aktivní látky schopné navázat se

na povrchové vrstvy emulze, resp. dvou nemísitelných složek a chránit je proti agregaci snižováním mezifázového napětí a tím zajišťují stabilizaci emulze [68, 69].

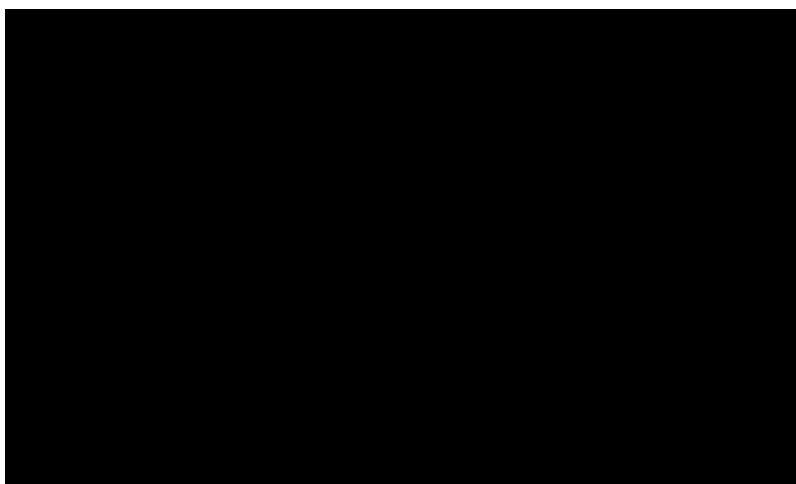
Při výrobě tavených sýrových omáček je doporučováno použití MAG pro zvýšení rozpustnosti škrobu, soli a pevných ingrediencí. Uvádí se také, že s rostoucím počtem uhlíků v molekule monoglyceridu roste tuhost a klesá roztíratelnost produktu [66, 67].

Guma guar

Guma guar (E412) je rozpustná vláknina, získávaná ze semen rostlin *Cyamopsis tetragonolobus*, která se pěstuje v Indii. V potravinářství se využívá jako zahušřovadlo, má emulgační a stabilizační vlastnosti [71].

Guma guar je součástí galaktomannanů charakterizované vysokou molekulovou hmotností. Řetězec lineární povahy se skládá z hlavní β -1,4-manózy a vedlejší α -1,6-galaktózy, a to v poměru manóza:galaktóza 1,5:1 [72].

Vyznačuje se velmi dobrou rozpustností ve vodě, vytváří vysoce viskózní roztok a je stabilní v širokém spektru pH [73, 74].



Obrázek 2 Struktura monomeru gummy guar [100]



Obrázek 3 Cyamopsis tetragonolobus [100]

1.2.4 Ostatní složky

Tabulka 2 - Obecný přehled složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků [2]

Složka jiná než sýr	Tavený sýr a tavený roztíratelný sýr		Tavený sýrový výrobek
	druhově pojmenovaný	druhově nepojmenovaný	
Máslo, máselný tuk, smetana, máselný koncentrát	pouze pro standardizaci obsahu tuku	ano	ano
Ostatní mléčné složky	ne	ano obsah nejvýše 5 % hmot. laktózy ve finálním taveném sýru	ano 51 % hmot. sušiny pochází ze sýra
Jedlá sůl	ano	ano	ano
Bakteriální kultury	ano	ano	ano
Enzymy*)	ano	ano	ano
Cukry (sacharidy se sladícím účinkem)	ne	ne	ano
Koření a sezónní zelenina	podle druhu výrobku a v množství, které postačuje, aby dodalo konečnému výrobku charakteristickou chuť		
Ostatní zdravotně nezávadné potraviny	ano v množství nepřekračujícím jednu šestinu celkového obsahu sušiny konečného výrobku a za předpokladu, že mají dodávat pouze charakteristickou chuť a že se nejedná o cukry		ano

*) zdravotně nezávadné se specifickými účinky

2 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK

2.1 Příprava surovinové směsi k tavení

Pro výrobu tavených sýrových omáček a dosažení požadovaných parametrů produktu je v prvním kroku nejdůležitější sestavení surovinové směsi [40]. Při výpočtu poměru jednotlivých složek musí být brán v patrnost požadovaný výsledný obsah sušiny a tuku v sušině, pH a texturní vlastnosti. Výrobní směs může být dle potřeby upravována. Pro výrobu je možno použít sýr jednoho druhu nebo více druhů s různým stupněm zrání [81]. Při volbě sýru je třeba se vyhnout závadám typu mikrobiálního znečištění vzhledem k možnosti vad výsledného produktu, mechanické vady nejsou na závadu, lze tyto sýry použít [82-84].

Pro lepší smíchání všech složek tavicí směsi může být sýr upraven mletím, které zvyšuje jeho plochu v tomto polydisperzním systému, navíc to usnadní následný ohřev [85].

2.2 Tavení sýrových omáček

Ve fázi tavení sýrových omáček dochází k celé řadě procesů fyzikálně-chemického charakteru. V první řadě vznikají sloučeniny kaseinu a tavicích solí, což způsobuje zvýšení obsahu rozpustného dusíku. Působením tepla dochází ke spojení použitého sýru se všemi složkami směsi, následný produkt je homogenní. Celý proces je ovlivněn celou řadou faktorů, jako je použitá teplota, délka tavení, použití surovin včetně poměru tavicích solí v jejich směsi a stupněm zrání přírodního sýru [40, 82, 86, 87].

Tavení sýrových omáček lze provádět buďto kontinuálním nebo diskontinuálním způsobem [88]. V této práci byl použit způsob diskontinuální, což je zároveň nejpoužívanější způsob v České republice [7]. U diskontinuálního procesu jsou používány obecně teploty 90 – 100 °C po dobu několika minut. V tomto případě je dosaženo pouze pasteračního efektu (vzhledem k pH taveniny) oproti kontinuálnímu procesu, kdy je aplikována teplota 130 – 145 °C po dobu 2 – 3 s, a je tedy zajištěn efekt sterilizační. Během diskontinuálního procesu dochází k interakcím mezi jednotlivými

složkami směsi. Při tomto tepelném ošetření dochází k rozrušení vápenatých můstků i hydrofobních interakcí [3, 7, 13].

V první fázi se naváží jednotlivé složky surovin, tedy přírodní sýr, máslo, tavicí soli, voda a přídatné látky [82, 86, 87]. Rozmělněná složka přírodního sýra je smíchána v tavicím kotli spolu se všemi složkami. Nádoba pro tavení sýrové omáčky je vybavena rychloběžnými noži, které mají vliv na homogenizaci celého procesu. Směs suroviny lze ohřívat přímým a nepřímým způsobem. Nevýhoda přímého ohřevu je v množství přidané vody, se kterou se musí počítat ve výsledné receptuře. V této práci byla použita metoda nepřímého ohřevu zařízení Stephan, kde horká voda proudí mezi pláští dvoustěnné nádoby proti směru pohybu taveniny. Směs surovin se po horním naplnění do nádoby hermeticky uzavře a vývěvou se vytvoří podtlak do 1 MPa. Tavenina je za kontinuálního míchání zahřívána na tavicí teplotu po určitou dobu výdrže, v případě této práce 12 minut za teploty 100 °C. Rotující nože stírají taveninu z vnitřních stěn nádoby a tím dochází k homogenizaci tavicí směsi. Tyto faktory ovlivňují konzistenci sýrové omáčky, s teplotou vyšší než 95 °C se snižuje pevnost tavených sýrů působením hydrolyzy polyfosforečnanových tavicích solí, klesá hydratace kaseinových frakcí, či se zvyšuje rychlost agregace bílkovin [3, 20].

Po uplynutí doby tavení se v tavicím zařízení zruší podtlak a tavená sýrová omáčka je podrobena dalšímu technologickému kroku, tlakové homogenizaci.

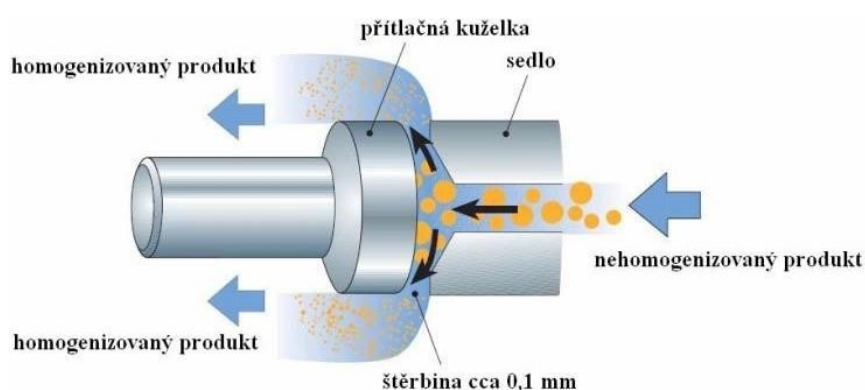
2.3 Homogenizace

Původní technologie homogenizace byla popsána Augustem Gaulinem ve 20. století v souvislosti se stabilizací mléka. Dokázal za pomoci vysokých tlaků stabilizovat mléko, ale za neobjasněného mechanismu. Původně jev stabilizace popisoval jako mechanické roztržení emulze, respektive jejich kapek, o stěny štěrbin. Jeho objev byl později vyvrácen a popsán v dalších pracích o mechanismu vysokotlaké homogenizace [90-92].

Homogenizace je mechanický proces zmenšování tukových kuliček (obr. 5) na jednotnou velikost a jejich rozptýlení ve směsi (emulzi). Lze ji rozdělit dle způsobu na úplnou nebo částečnou. Prvně zmiňovaná metoda je nejčastější, ovšem energeticky

náročná. V rámci úspory nákladů lze homogenizovat pouze část složek, v případě mléka smetana a ta se pak přidává zpět k mléku v dalších technologických postupech [21, 92].

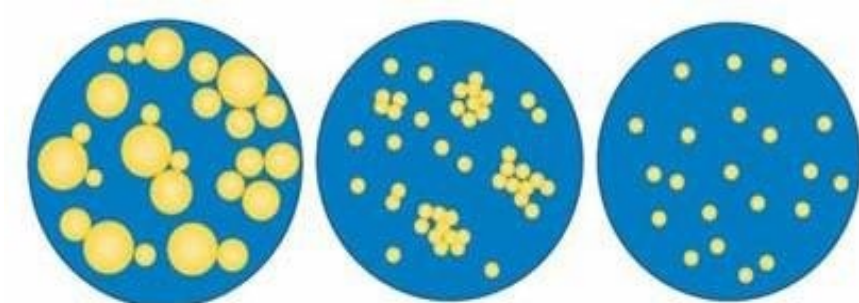
V procesu vysokotlaké homogenizace se používají zpravidla pístové homogenizátory, kde se mléko za působení vysokého tlaku až 25 MPa a teplotě 35°C protlačuje přes úzkou štěrbinu homogenizační hlavy (obr. 4). U dvoustupňové homogenizace se za sebou řadí dvě homogenizační hlavy [24, 82, 89].



Obrázek 4 Homogenizační hlavice [97]

2.3.1 Homogenizátor

Jedná se o zařízení s vysokotlakým čerpadlem a homogenizačním zařízením. Čerpadlo tohoto zařízení se většinou skládá z více pístů, které se pohybují ve vysokotlakém bloku [22]. Jednotlivé díly systému se skládají z elektromotorové jednotky, převodové jednotky, hydraulické jednotky, klikové hřídele, klínového řemene, pístu, blokové jednotky čerpadla a homogenizačního zařízení. Tento poměrně hlučný stroj je určen k homogenizaci kapalin, sypkých surovin nebo právě hotových výrobků jako jsou tavené sýrové omáčky [22, 23]. Funkční jednotkou homogenizačního zařízení je homogenizační hlavice, do ní je homogenizovaný materiál čerpán pod tlakem. Průchodem přes její úzkou štěrbinu vlivem velké průtokové rychlosti, změny tlaků a proudění dochází k rozbití tukových kuliček. Pro zvýšení účinnosti homogenizace může být užito dvoustupňových hlav [24].



Obrázek 5 Zleva tukové kuličky před homogenizací a po prvním a druhém stupni homogenizace [97]

3 REOLOGICKÉ VLASTNOSTI

Reologické vlastnosti sýrových omáček jsou jejich vlastnosti tvaru a toku. Tyto hodnoty mají vliv na pozdější způsob výroby, skladování a přepravy komerčního produktu. Hrají též úlohu v hodnocení kvality výrobku. Nejdůležitější reologické vlastnosti jsou viskozita a elasticita sýrové omáčky mající vliv na její senzorické vlastnosti [25].

Viskozita určuje odpor materiálu vůči působení vnější síly. Je definována Newtonským zákonem vztahu smykového napětí τ a rychlostí smykové deformace γ jako přímá úměra. V deformačním chování obecně vymezujeme dva limitní stavy. Látky, které reagují na deformaci okamžitě a jejíž deformace je vratná, označujeme jako ideálně elastické. Oproti tomu ideálně viskózní kapaliny vykazují časové zpoždění při nevratné deformaci. Při vratné deformaci ideálně elastického materiálu je energie nakumulovaná zatížením využita při zpětném návratu do původního stavu, tedy fázový posun mezi napětím a deformací elastického materiálu je nulový [25].

Viskoelastický materiál je takový druh materiálu, který splňuje vlastnosti elastických i viskózních materiálů. U viskoelastického materiálu se část vložené mechanické energie při harmonickém namáhání využije při odlehčení tohoto materiálu, zbytek se disipuje. Napětí předbíhá poměrnou deformaci, přičemž fázový posun mezi těmito dvěma veličinami leží v intervalu $\delta = (0, \pi / 2)$ [25].

V případě tavených sýrových omáček se jedná o viskoelastický materiál, vykazující tedy jak viskózní, tak elastické vlastnosti v závislosti na frekvenci a době trvání aplikovaného napětí.

3.1 Faktory ovlivňující reologické a texturní vlastnosti tavených sýrových omáček

Velmi sledovanou vlastností u tavených sýrových omáček je její konzistence. Tuto vlastnost ovlivňuje celá řada faktorů. Na prvním místě je to surovinová skladba vyráběné směsi, dále je to samotná výroba, použité technologie a způsob skladování. Jedná se o faktory, které se navzájem ovlivňují [7].

Při výběru surovinové skladby na výrobu tavené sýrové omáčky má velký vliv použitý přírodní sýr. Používá se jeden či více druhů sýra v různém stupni zrání, při výběru je nutné brát na zřetel jeho chuť, celkovou konzistenci, pH, obsah vápníku, množství intaktního kaseinu. Na výrobu tavených sýrových omáček je výhodné použít středně prozralé přírodní sýry pro jejich chuťové vlastnosti, taktéž se doporučuje i u roztíratelných tavených sýrů [5, 78].

Pro ovlivnění vlastností omáčky lze upravovat i obsah dalších složek jako je sušina, například přidáním tvarohu. Zvýšením obsahu tuku v podobě másla můžeme také významně ovlivnit vlastnosti tavené sýrové omáčky, stejně tak jako přidáním pitné vody. Pro úpravu konzistence se přidávají do směsi hydrokoloidy, které zlepšují vaznost vody a zabraňují jejímu uvolňování během skladování. Dalším faktorem je i výběr směsi tavicích solí, který je popsán v samostatné kapitole [5, 7, 78].

Při výrobě tavené sýrové omáčky má na výsledné vlastnosti velký vliv použitá teplota a délka tavby včetně rychlosti míchání a následného chlazení. Pokud teplota i délka tavby roste postupně, je výsledný produkt hůře roztíratelný a stoupá jeho tuhost a elasticita, což můžeme snížit použitím teploty nad 95 °C. Konstantní teplota a vyšší rychlost míchání vede k vzniku většího počtu menších tukových kuliček v porovnání s použitím nižších rychlostí při míchání. Při procesu chlazení ovlivňuje vlastnosti produktu také samotná rychlost chlazení. Pomalým chlazením vnikají produkty hůře roztíratelné [3, 13, 30, 78, 101, 102].

Skladováním tavených sýrových omáček se mění jejich vlastnosti vlivem faktorů jako je uvolňování vody, hydrolýza polyfosforečnanů, enzymatické a oxidační změny, Maillardovy reakce, změna iontové rovnováhy, krystalizace. V průběhu skladování dochází běžně k hmotnostním ztrátám a nárůstu tuhosti způsobené zmiňovanou hydrolýzou polyfosforečnanů nebo změnou v iontové rovnováze [7, 78, 103-105].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo sledování účinku homogenizace na reologické vlastnosti a texturu tavených sýrových omáček. Další cílem bylo sledování vlivu homogenizace u přídatných látek a hydrokolidů na pH a sušinu tavené sýrové omáčky.

V praktické části tohoto experimentu bylo cílem:

- vyrobit modelové vzorky tavených sýrových omáček, následně rozdělit dle způsobu homogenizace
- analyzovat reologické a texturní vlastnosti tavených sýrových omáček
- stanovit u všech modelových vzorků hodnoty pH a sušinu.

5 MATERIÁL A METODY

Samotná metoda výroby tavené sýrové omáčky je velmi málo popsáný proces a má velmi mnoho možností a prostoru k experimentu. Nejprve byly vyrobeny vzorky podobnou metodou jako při výrobě tavených sýrů. Vzorky byly rozděleny na skupiny s přídatnými látkami, konkrétně mono a diglyceridy mastných kyselin, xantanová guma a guma guar, Pro výrobu byl použit přístroj Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Německo). Poté byly u každé skupiny přídatných látek rozděleny podskupiny bez homogenizace a s homogenizací. Samotná homogenizace probíhala na přístroji PandaPLUS (GEA Niro Soavi, Itálie) za dvou konstantních hodnot tlaků. První skupina byla homogenizována pod tlakem 60 MPa, druhá pod tlakem 120 MPa. Následně prováděné měření u všech vzorků bylo 1. den po výrobě a 7. den po výrobě. Hodnotily se reologické vlastnosti, texturní vlastnosti, obsah sušiny a pH.

5.1 Výroba vzorků sýrových omáček

V rámci experimentu byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrových omáček o obsahu sušiny 30 % (w/w) a obsahu tuku v sušině 50 % (w/w). Jednotlivé vzorky se nelišily v množství tavicích solí, byla použita skupina solí Hexa 68, polyfosforečnan s délkou řetězce přibližně 20 bází, Na_2PO_4 , Na_3PO_4 v poměrech 60:30:10. Hlavní složkou byl přírodní sýr Eidamská cihla, 7 týdenní zralost, výrobce Lacrum Velké Meziříčí s.r.o. a máslo, obsah tuku v sušině 82 % (w/w), výrobce Lacrum Velké Meziříčí s.r.o. Nejdříve byl sýr nakrájený na kostičky rozmělněn pomocí rotačních nožů přístroje Stephan. Následně bylo přidáno máslo. Pitná voda byla přidána u všech vzorků ve stejném množství. Po přidání směsi tavicích solí byla do jednotlivých vzorků přidána konkrétní přídatná látka. Množství jednotlivých složek bylo následující. Po uzavření a vytvoření podtlaku v tavicím kotli přístroje Stephan pokračoval proces tavení za konstantního míchání s výdrží 1 minuta a celkovou dobou tavby 12 minut při teplotě 90 ± 1 °C. Po uplynutí tavicí doby a vyrovnání tlaků v tavicím kotli byla první skupina taveniny naplněna do obalů z polypropylenu a uzavřena hliníkovým víčkem zatavením. Další tavenina byla následně přelita do zásobníku homogenizačního přístroje Panda PLUS a podrobena homogenizaci o dvou hodnotách tlaku, 60 nebo 120 MPa. Jednalo se tedy o jednostupňovou homogenizaci. Z homogenizátoru byla tavenina přelita přímo

do polypropylenových forem, zatavena hliníkovou fólií a označena. Označování vzorků bylo např. X nebo HX60, obsah přídatné látky, v tomto případě xantanová guma, byl uveden spolu s homogenizačním tlakem, tedy 60 MPa. Postupně se utvořily vzorky s označením X, HX60, HX120, G, HG60, HG120, M, HM60 a HM120. Přípona v podobě čísla, například HG120_1 nebo HG120_7 zmiňovala, který den výroby docházelo k analýze.

5.2 Stanovení sušiny a pH

Výpočet sušiny

Každý vzorek byl podroben celkovému stanovení obsahu sušiny dle metody uvedené a popsané v ČSN EN ISO 5534:2005 [93]. S použitím hliníkové misky se skleněnou tyčinkou, zbavené vlhkosti zahřátím na teplotu $102\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ stupně a ochlazené křemenným pískem, byla na analytických vahách stanovena hmotnost prázdné misky s přesností na 4 desetinná místa. Následně bylo od každého vzorku sýrové omáčky naváženo přibližně 3 g materiálu a byla stanovena celková hmotnost misky i s naváženým vzorkem. Navážená tavená sýrová omáčka se za pomoci skleněné tyčinky důkladně promíchala s křemenným pískem, podložena filtračním papírem pro eliminaci případných ztrát při míchání. Po zaznamenání naměřených hodnot byly misky se vzorky umístěny do sušárny, kde byly následně usušeny při teplotě $102\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Po dosažení konstantní zbytkové hmotnosti byly vzorky opět podrobeny stanovení hmotnosti na analytických vahách s přesností na čtyři desetinná místa. Každý vzorek byl podroben měření první a sedmý den po výrobě.

Obsah sušiny byl vypočítán z následujících dvou rovnic:

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

kde W (%) je obsah vody,

m_1 (g) je původní hmotnost misky s tyčinkou a pískem,

m_2 (g) je hmotnost misky s naváženým vzorkem tavené sýrové omáčky,

m_3 (g) je hmotnost misky se vzorkem po sušení.

$$S = 100 - W$$

kde S (%) je obsah sušiny [94].

Měření pH

Měření pH bylo prováděno při laboratorní teplotě přibližně 22 °C ručním vpichovým pH metrem značky Eutech. Každý vzorek byl změřen na třech různých místech kelímku s tavenou sýrovou omáčkou, sonda byla po každém měření očištěna a omyta destilovanou vodou. Hodnoty byly zprůměrovány.

5.3 Texturní profilová analýza

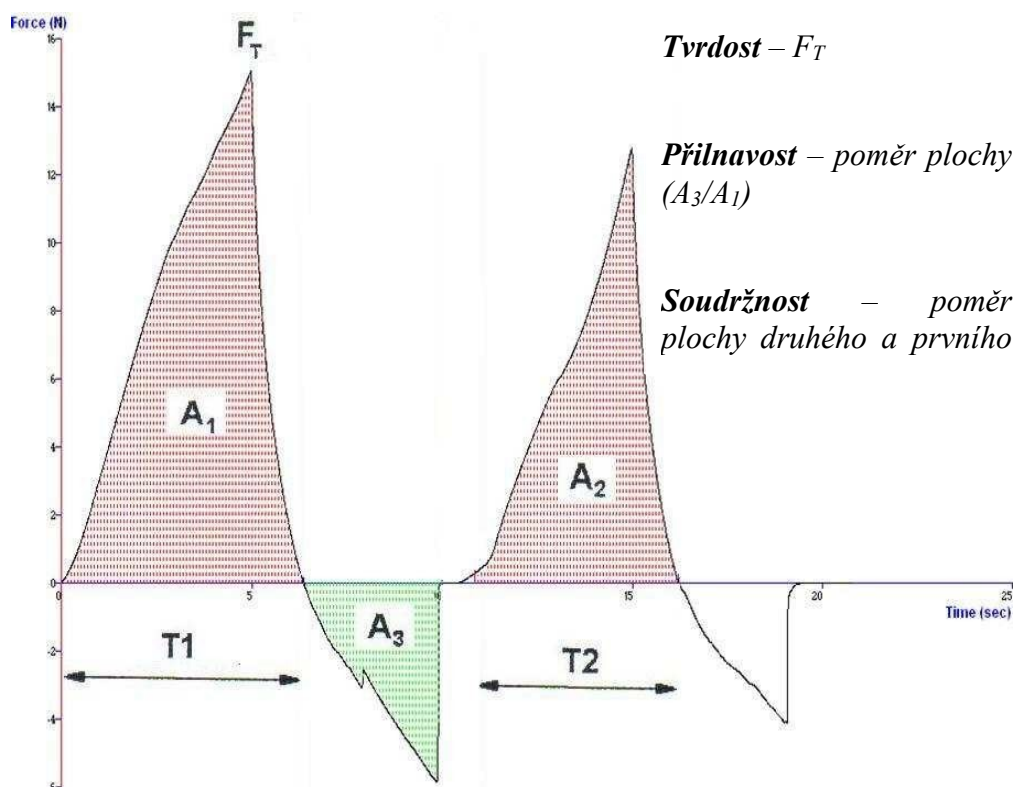
Texturní profilová analýza, dále TPA, je přístrojová metoda, která určuje texturní parametry. Tyto parametry u tavených sýrových omáček jsou ovlivněny řadou faktorů jako obsah sušiny, tuku v sušině, hodnotou pH, vlastnostmi přidaného přírodního sýru a samozřejmě množstvím a druhem tavicích solí. Kromě zmiňovaných parametrů je textura ovlivněna celým procesem výroby a skladováním [30].

TPA je založena na snímání síly použité měřicí sondy, která je potřebná k penetraci a vytažením ze vzorku. Celý proces se opakuje dvakrát za konstantní rychlosti. Jde o simulaci pohybu čelisti během žvýkání. K primárním parametrům patří křehkost, elasticita, soudržnost, přilnavost, tvrdost, plastičnost. Mezi sekundární parametry se řadí žvýkatelnost a gumovitost [32, 32].

Primární parametry:

- 1) **Soudržnost** (kohezivnost), je dána stupněm deformace zkoumané látky, do něhož může být látka deformována, než dojde k porušení struktury. Počítá se jako poměr plochy druhého penetračního píku cyklu k ploše píku prvního penetračního cyklu [33].
- 2) **Tvrdost**, její definice je maximální síla potřebná k dosažení penetrace nebo deformace látky. Jde o maximální hodnotu píku síly během první penetrace [33, 34].

- 3) **Přilnavost** (lepivost), která se vztahuje k povrchovým vlastnostem látky, lze definovat jako sílu potřebnou k odstranění látky, tedy práci potřebnou k vytažení sondy ze vzorku, překonáním přitažlivých sil povrchu vzorku a měřící sondy. Tento parametr je ovlivněn hlavně množstvím a složením tavicích solí [35, 36].



Obrázek 6: Křivka k vyhodnocení texturní profilové analýzy tavených sýrových omáček [19]

Pro texturní profilovou analýzu byl použit texturní profilový analyzátor TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie). Analýza textury byla provedena dvojnásobnou penetrací vzorku válcovou sondou P 20. V této práci byl sledován parametr tvrdost.

5.4 Dynamická oscilační reometrie

Dynamická oscilační reometrie je používána v případě tavených sýrových omáček k měření viskoelastických vlastností. Viskoelastická vzorků omáček je charakterizována pomocí elastického modulu pružnosti G' , vyjadřující elastickou složku a ztrátového modulu pružnosti G'' , udávající velikost viskózní složky. Úhel fázového posunu představuje podíl těchto dvou složek. S jeho klesající hodnotou roste podíl elastické složky měřeného vzorku.

Tento úhel je dán vztahem:

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad [26-29].$$

K samotnému stanovení viskoelastických vlastností se v praxi využívá rotačního viskozimetru, kde se sleduje lineární odezva na oscilační deformaci. Jako měřicí plochy se užívá například systém válec-válec, kužel-deska nebo deska-deska. Měřicí štěrbinu je pomocí termostatu temperována na konstantní teplotu. [26-29].

V jiné studii se zabývali vlivem tuku na reologické vlastnosti u roztíratelných analogů tavených sýrů. Byl použit přístroj Paar Physica MCR 300 rheometer (Anton Paar GmbH, Graz, Rakousko) s měřicí geometrií kužel-deska (průměr 50 mm, výška štěrbinu 0,1 mm, úhel kužele 2°). Teplota vzorků temperována na 10 °C, měření v rozsahu frekvencí 0,01 – 10 Hz v oblasti lineární viskoelastivity vzorků s amplitudou smykového napětí 5 Pa. Byl použit máselný tuk nebo sójový olej. Tyto vzorky vykazovaly při nižších frekvencích vyšší hodnotu ztrátového modulu G'' oproti elastickému modulu G' . Při vyšších frekvencích tomu bylo přesně naopak. Tedy při vyšších frekvencích se vzorky chovaly jako gel, který vykazuje vlastnosti spíše pevných látek než kapalin. Je to způsobeno časem, který je při vyšších frekvencích nedostatečný pro uvolnění intermolekulárních vazeb. Při nižších frekvencích vzorky vykazovaly vlastnosti kapalin, intermolekulární vazby měly dostatek času na přeskupení. Na reologické vlastnosti vzorků měla významný vliv velikost tukových kuliček, kdy vzorek s nejmenšími tukovými kuličkami v případě sójového oleje vykazoval vyšší tvrdost a nižší roztíratelnost, vyšší hodnoty G' a G'' oproti vzorku s použitým analogem v podobě máselného tuku. Snížením velikosti tukových kuliček a zvýšením jejich počtu

došlo ke zvětšení povrchu, tedy i ke zvýšení počtu intermolekulárních vazeb, což vedlo k významným reologickým změnám [29].

Při měření byl použit přístroj Thermo Scientific™ HAAKE RheoStress 1 (Brémy, Německo), (obr. 7) za konstantní teploty 20 °C. Jde o rotační reometr, složený ze statické a pohybové části. Mezi statorem a rotorem byla umístěna zkoumaná tavená sýrová omáčka. Měřenou veličinou byly údaje o odporu tavené sýrové omáčky proti smykovému namáhání v důsledku vzniku gradientu rychlosti. Tento odpor se projevuje jako kroutící moment, kterým stator přístroje brání proti pohybu přenášeného z rotoru. Stator i rotor měly tvar desky o průměru 35 mm a výškou štěrbin 1 mm. Každý vzorek byl postupně nanesen na desku statoru, po přiblížení obou desek byla kalibrována nulová hodnota, okolí měřicí štěrbin bylo potřeno parafinovým olejem pro zabránění vysychání. Po pětiminutové relaxaci přístroje následovalo měření hodnot elastického a ztrátového modulu pružnosti. Užitá frekvence pro měření byla v intervalu 0,1 – 10 Hz s amplitudou smykového napětí 20 Pa, pro měření a vyhodnocení byla použita referenční frekvence 1 Hz. Hodnoty tohoto modulu jsou používány pro výpočet tangens úhlu fázového posunu a komplexního modulu pružnosti [26, 95, 96].



Obrázek 7: Rheo Stress 1 [106]

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

V rámci této práce se posuzovaly vzorky bez homogenizace a s homogenizací za konkrétních tlaků, vyrobené s určitou přídatnou látkou. Každý vzorek byl podroben chemické analýze, dynamické oscilační analýze a texturometrii první a sedmý den po výrobě.

6.1 Analýza sušiny a diskuze

Všechny vyrobené vzorky vykazovaly podobné hodnoty obsahu sušiny. Interval naměřených hodnot se pohyboval v rozmezí 29,84 – 31,03 % (w/w), který se v průběhu skladování, tedy po 1. a 7. dni, neměnil. Nebyl pozorován rozdíl mezi nehomogenizovanými a homogenizovanými vzorky. Obsah sušiny zůstával zachován. Výsledek poukazuje na to, že všechny vzorky jsou podobných parametrů, což je důležité pro jejich porovnávání mezi sebou v rámci texturních a reologických vlastností, což souhlasí s literaturou, kde se uvádí, že homogenizace neovlivnila obsah sušiny v mléce [118].

6.2 Analýza pH

Naměřené hodnoty pH byly vneseny do grafů uvedených v obr. 8 – 13. Jak je na první pohled zřejmé, vzorky se lišily svými hodnotami pH a tlakem homogenizace.

Jak je patrné na obr. 8 – 13, pH vzorků mělo tendenci ve skladovacím pokusu 7 dní klesat. Vzorky s nehomogenizovanou tavenou sýrovou omáčkou vykazovaly nižší pH než homogenizované, ovšem naměřený rozdíl byl v řádech desetinných čísel. Velikost dispergovaných tukových kuliček má vliv na strukturu i konzistenci, což může souviset i s vlivem na pH [5]. Proto se lze domnívat, proč homogenizované vzorky vykazovaly o desetinu vyšší hodnoty pH.

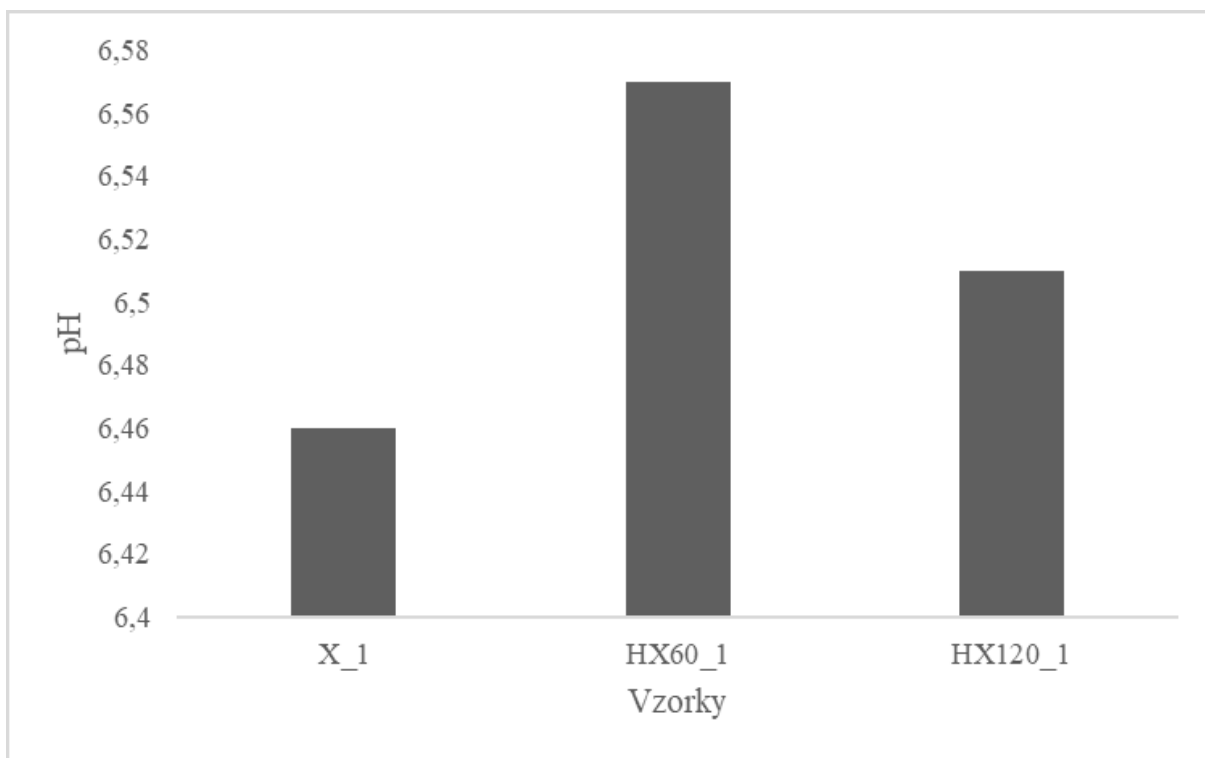
Všechny vzorky s homogenizací 60 MPa vykazovaly hodnoty pH vyšší než vzorky homogenizované při použití tlaku 120 MPa, s výjimkou jednoho vzorku HM120-7, obr. 11. Předpokládejme, že ne každý kus sýra v tavicí směsi je stejný, mohlo jít i o chybu v navážce tavicích solí, proto tento vzorek mohl vykazovat tuto menší anomálii.

Pokles pH při skladovacím pokusu lze vysvětlit hydrolyzou fosforečnanových tavicích solí, která s klesající hodnotou pH nabývá na intenzitě. Polyfosforečnanové tavicí soli hydrolyzují na trifosforečnany, které se dále rozkládají na difosforečnany a následně na monofosforečnany, což je faktor, který ovlivňuje snižující se hodnotu pH. V literatuře je tento jev popisován u tavených sýrů s přísádky tavicích solí zmiňovaných polyfosforečnanů. Tuto skutečnost lze ovlivnit nižší skladovací teplotou [7, 86, 103].

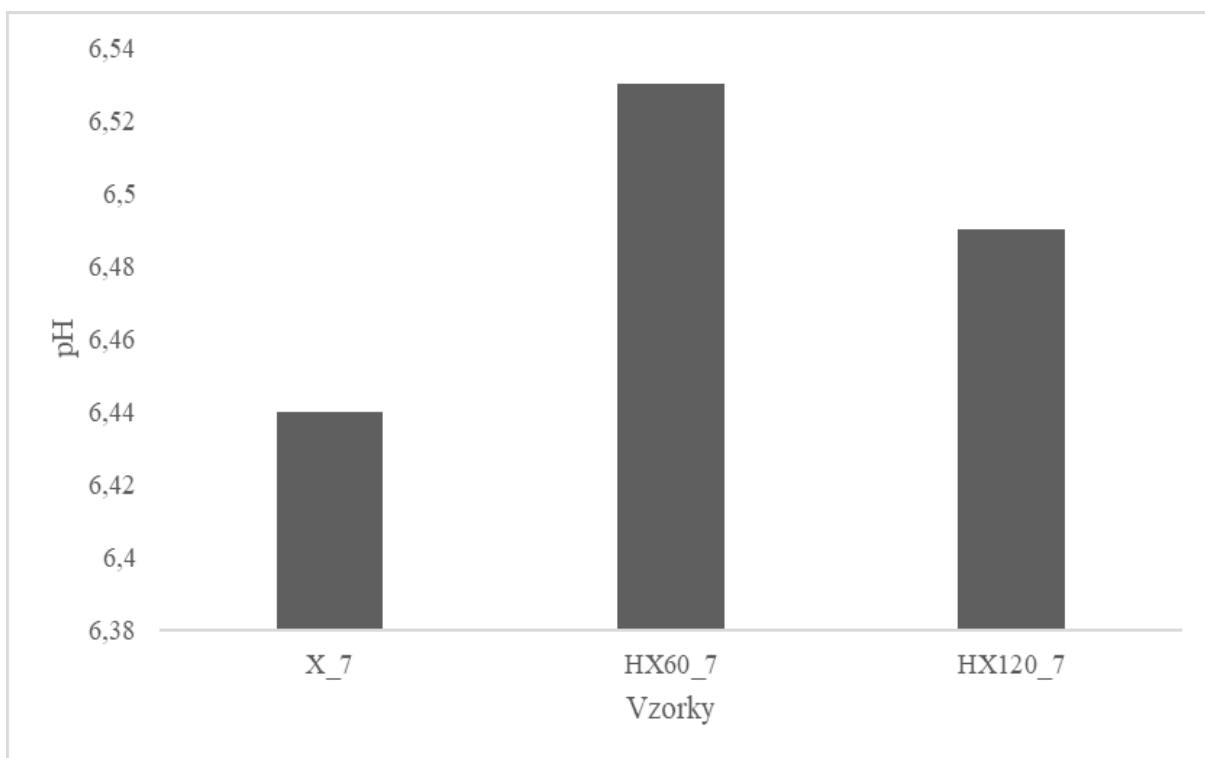
Jelikož se pH všech vzorků pohybovalo v rozmezí 6,4 – 6,6, lze konstatovat, že je pro konzistenci tavené sýrové omáčky optimální. Při vyšším pH vykazují tavené sýry měkčí až rozbředlejší konzistenci způsobené vyšší elektrostatickou konzistencí v kaseinové síti, výsledná pevnost je nižší. Tato struktura má vyšší vaznost vody, což je v případě tavené sýrové omáčky výhodou [42, 45, 79, 107, 108].

Z obr. 8 – 13, kde je znázorněn pokles pH, je patrná jejich nerovnoměrnost. Tavicí soli jsou hydrolyzovány již během procesu tavení, což je faktor, který může být důvodem k této skutečnosti. Samotná hydrolyza a rychlost je závislá na technologii výroby a procesu skladování a je závislá na druhu použitého fosforečnanu, druhu směsi, koncentraci složek, přítomnosti vápníku, čase a teplotě. Vyšší teploty způsobují rychlejší hydrolyzu a stejný efekt má i kyselé pH [8, 9, 40].

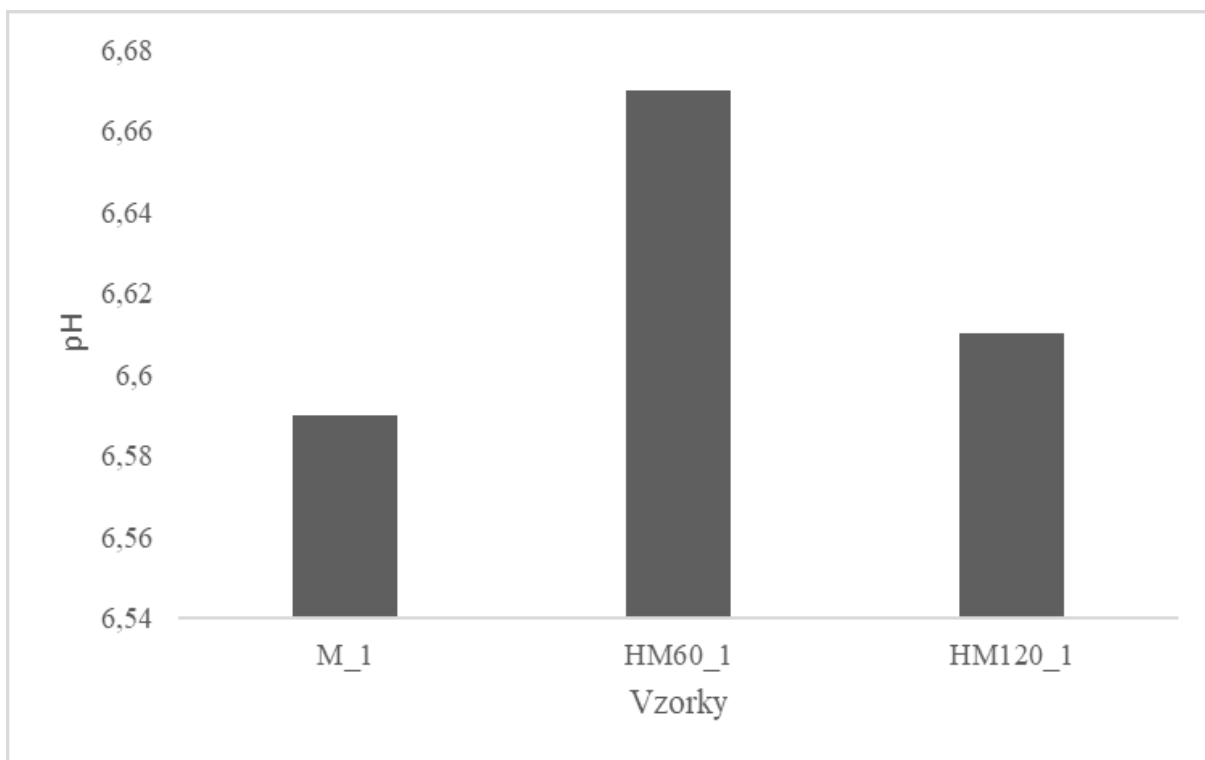
Nebyl pozorován rozdíl či vliv přidaného hydrokoloidu na pH. Všechny vzorky s různými přídatnými látkami použité v surovinové směsi měly pH srovnatelné bez výrazných odchylek.



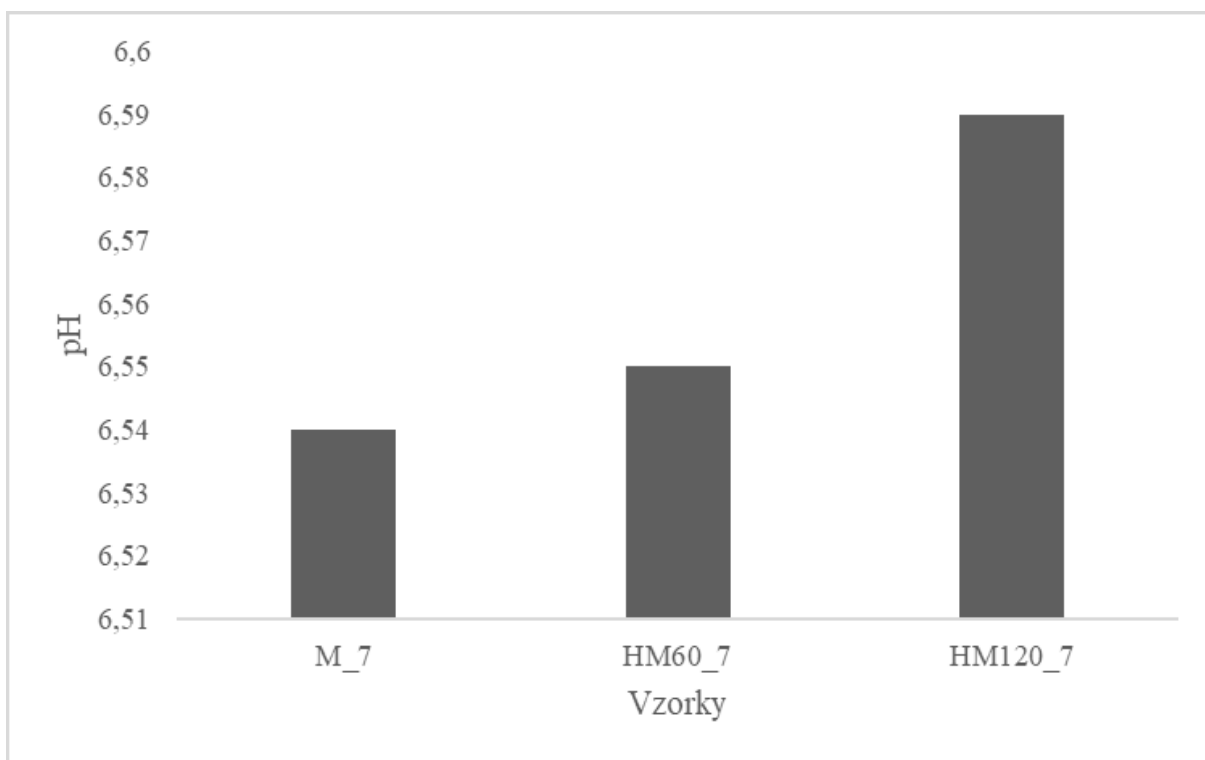
Obrázek 8: Hodnoty pH vzorků s xantanovou gumou 1. den



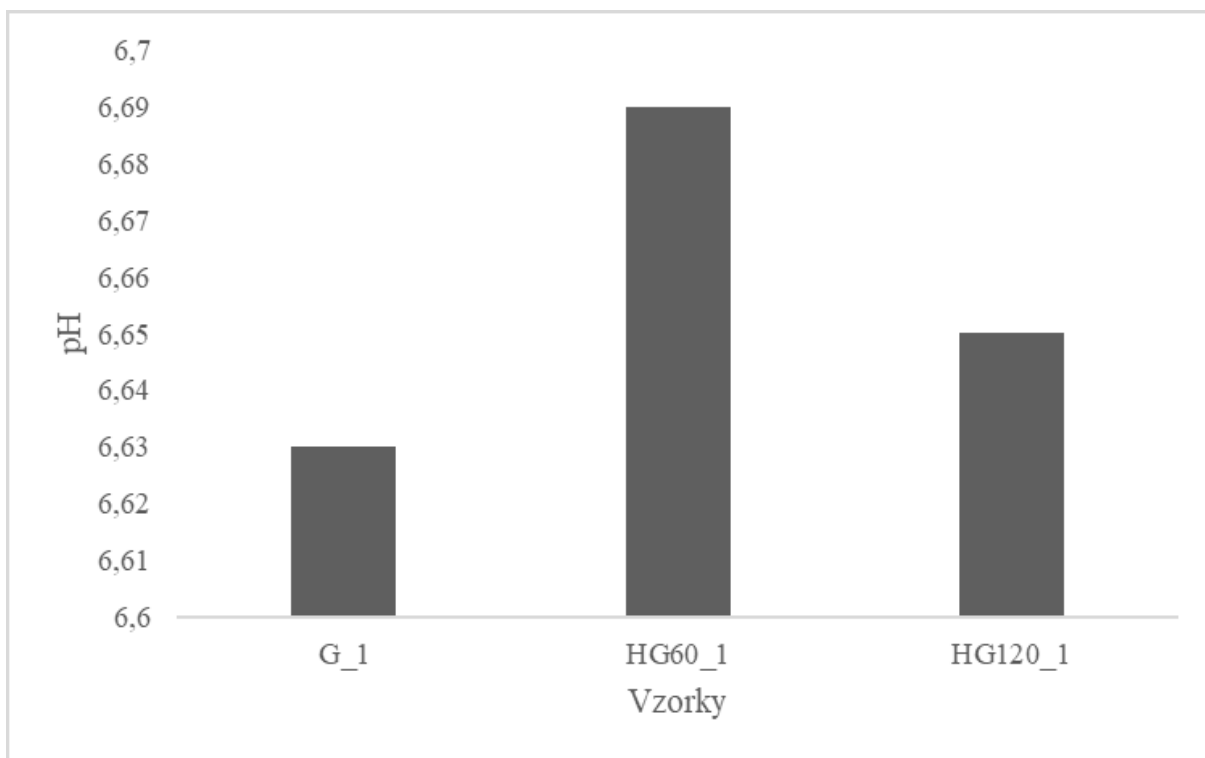
Obrázek 9: Hodnoty pH vzorků s xantanovou gumou 7.den



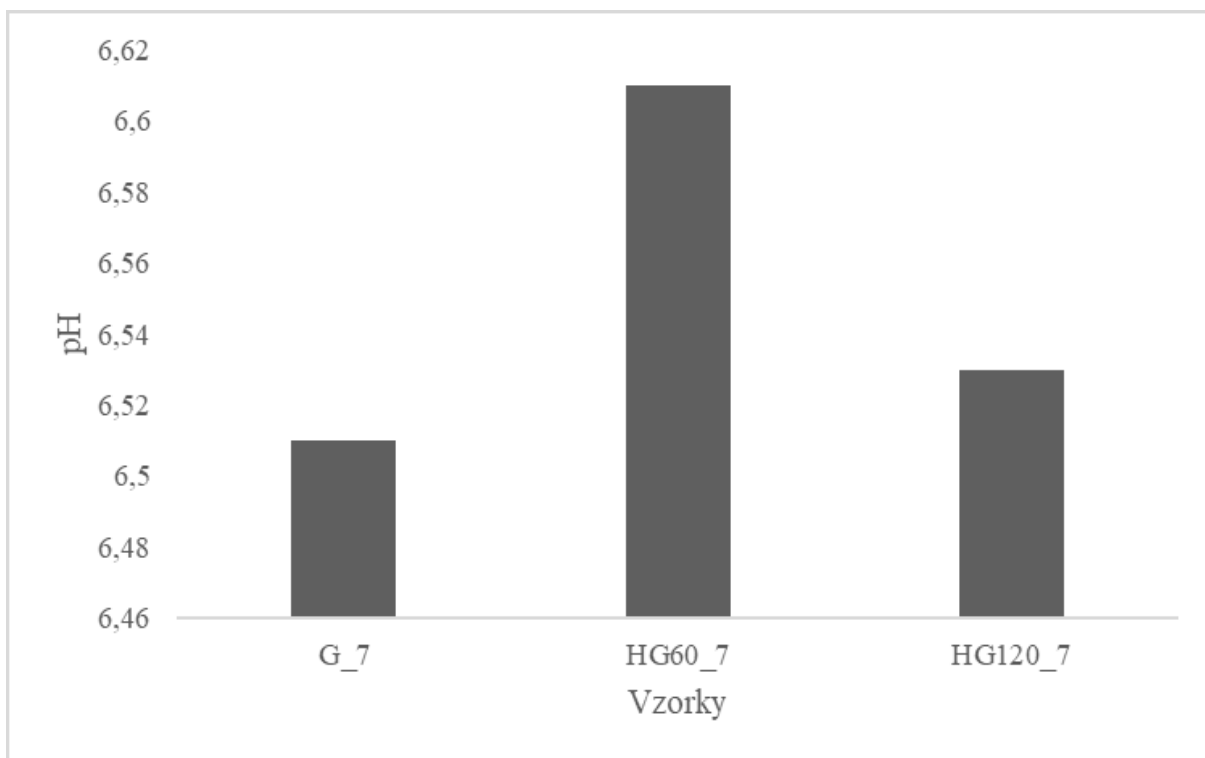
Obrázek 10: Hodnoty pH vzorků s MAG a DAG 1. den



Obrázek 11: Hodnoty pH vzorků s MAG a DAG 7. den



Obrázek 12: Hodnoty pH vzorků s gumou guar 1. den



Obrázek 13: Hodnoty pH vzorků s gumou guar 7. den

6.3 Analýza tvrdosti

Naměřené hodnoty tvrdosti jednotlivých vzorků jsou vyneseny do přehledných grafů, obr. 14 – 19. Interval hodnoty tvrdosti se pohyboval od 0,1 do 0,34 N.

Z analýzy všech vybraných vzorků vyplývá, že u vzorků s použitím směsi MAG a DAG se tvrdost u vzorků nezměnila, nebyla ovlivněna homogenizací ani dobou skladování. Na obr. 15 může být pozorována nižší tvrdost u nehomogenizovaného vzorku po prvním dni od výroby, ovšem rozdíl je pouhých 0,1 N.

Vzorky s přídavkem hydrokolidů, xantanové gumy a gumy guar vykazovaly sobě podobné výsledky v závislosti na homogenizaci a použití rozdílných tlaků. Vzorky homogenizované při tlaku 60 MPa vykazovaly nižší tvrdost než vzorky bez homogenizace. Naopak vzorky s použitím tlaku homogenizace 120 Mpa vykazovaly vyšší tvrdost než obě skupiny. Tato skutečnost se potvrdila i po sedmidenním skladovacím pokusu, kdy tvrdost mírně narostla, což koreluje se snižujícím se pH.

Ze zjištěných hodnot obsahu sušiny u jednotlivých skupin vzorků lze předpokládat, že texturní vlastnosti budou srovnatelné. Obsah vody významným způsobem ovlivňuje texturní vlastnosti, s čímž souvisí obsah sušiny, kdy její nižší obsah společně s vyšším obsahem tuku zvyšoval pH. Vzorky s vyšším pH vykazují vyšší tvrdost [36, 109, 110].

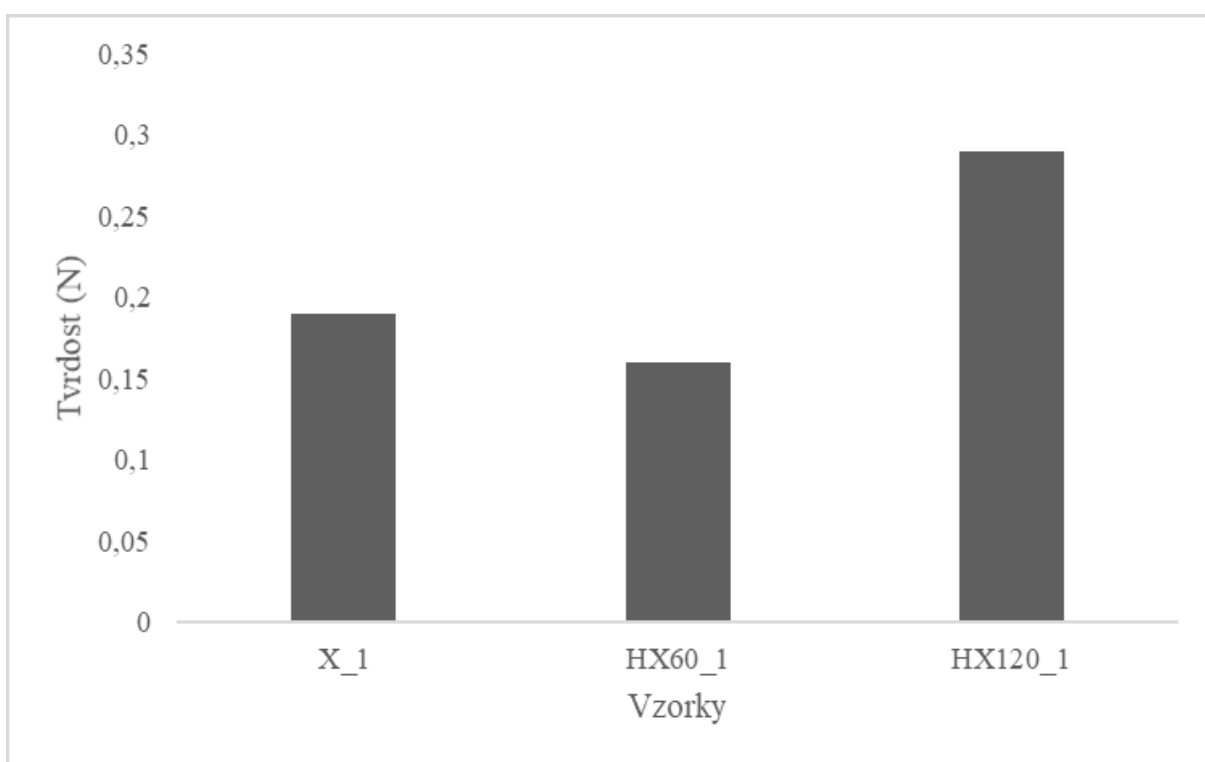
U roztíratelných sýrů vykazovaly vzorky s nižším obsahem sušiny měkkou a adhezivní matici, což dokazuje, že voda v matici tavených sýrových omáček působí jako změkčovaadlo, vyšším obsahem tuku v sušině a klesající obsah sušiny má vliv na méně kompaktní matici [19, 107, 109, 110].

Vzorky s hydrokolidy, xantanovou gumou a gumou guar, vykazovaly vyšší tvrdost než vzorky se směsí MAG a DAG, což odpovídá nárůstu tvrdosti vzorků s podobnými přídatnými látkami u blokových či roztíratelných sýrů [111 - 113]. V těchto publikacích byl jako emulgátor zmiňován κ -karagenan, který vytvářením helikální struktury agreguje do trojrozměrné sítě a je schopný vlivem interakce s kaseiny za přítomnosti vápenatých iontů podpořit tvorbu gelu [114, 115].

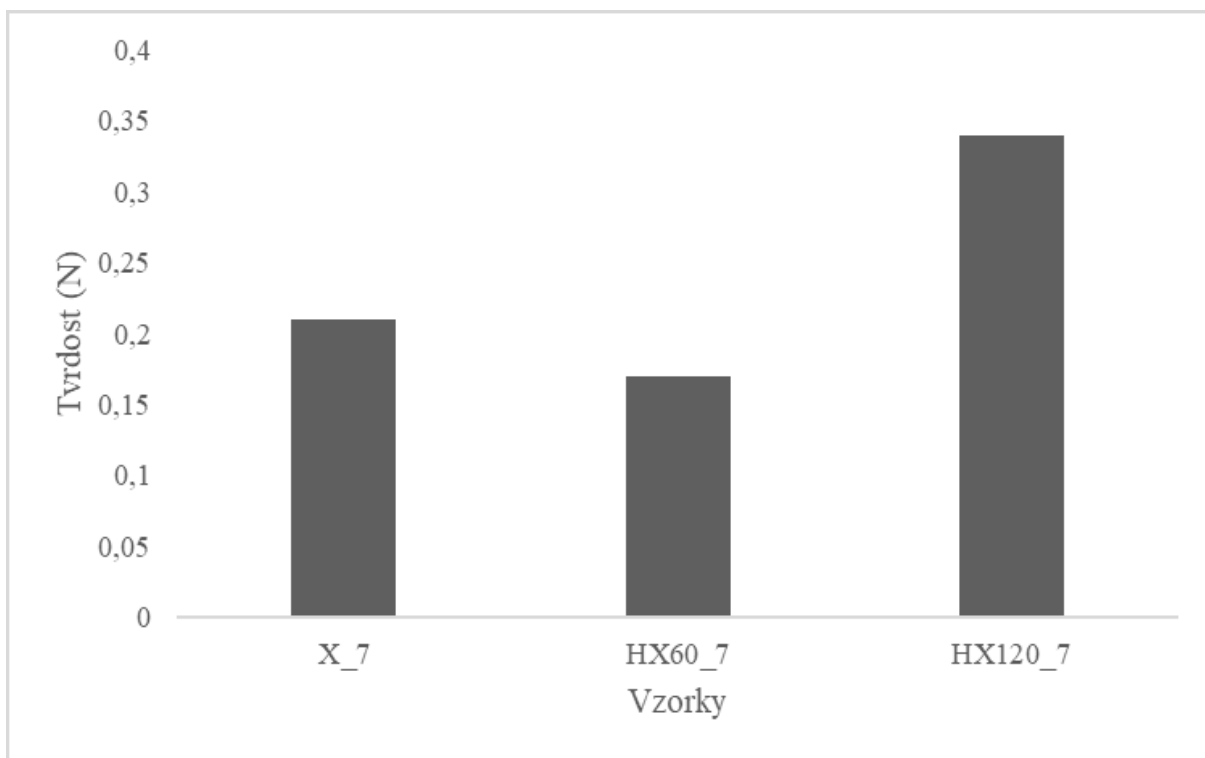
Lze se domnívat, že v případě tavených sýrových omáček s přítomností hydrokoloidu roste se zvyšujícím se tlakem homogenizace i jejich tvrdost, způsobená tvorbou

pevnější struktury gelu proteinové matrice a velikostí částic ovlivněné tlakem homogenizace. Tato skutečnost je podpořena prací, ve které se u smetanového sýru sledovaly reologické vlastnosti v závislosti na tlaku homogenizace, kde zvýšení homogenizačního tlaku vedlo k zvýšení pevnosti smetanového sýra [116].

Analýza tvrdosti vzorků s xantanovou gumou

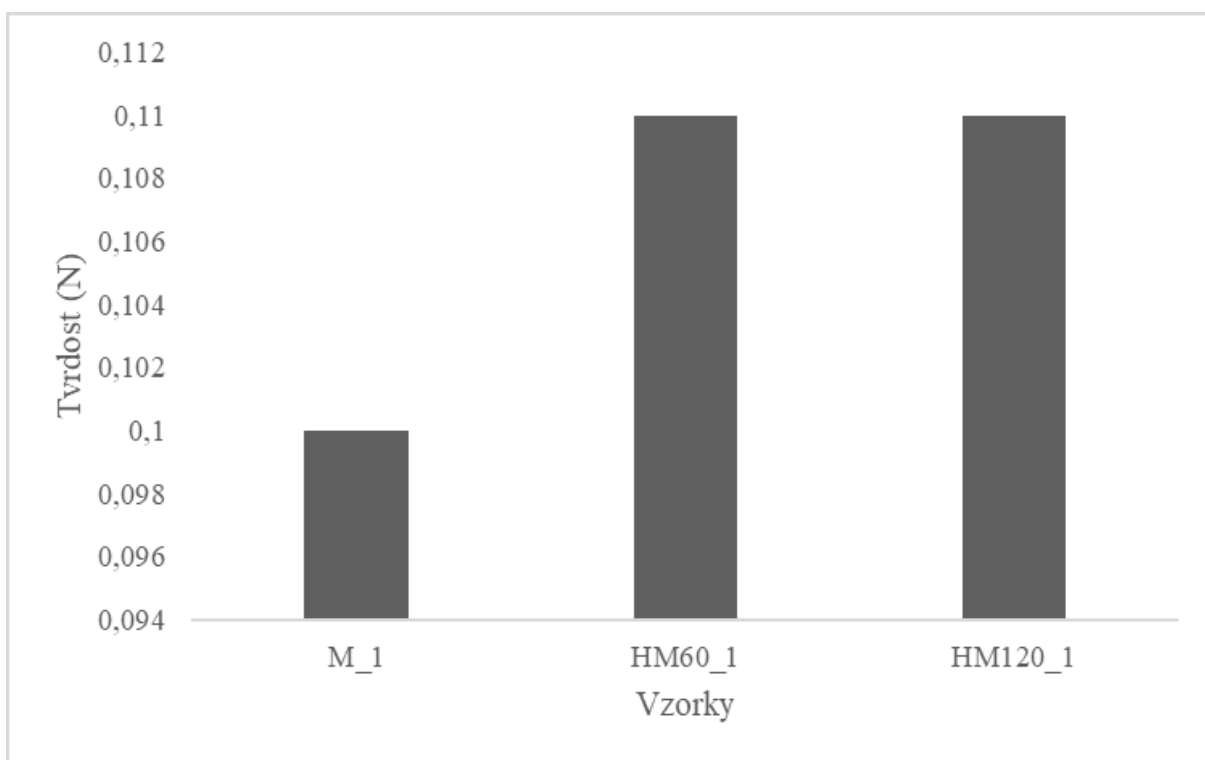


Obrázek 14: Tvrdost vzorků s xantanovou gumou 1. den

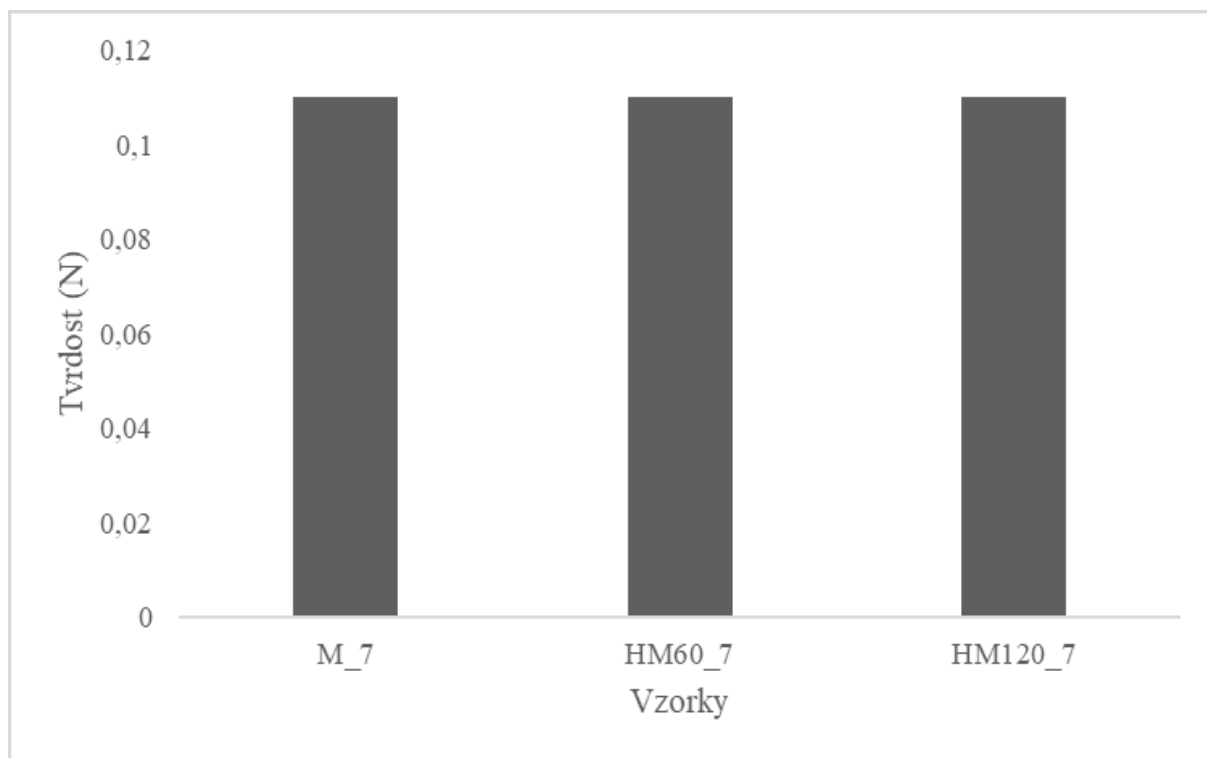


Obrázek 15: Tvrdość vorků s xantanovou gumou 7. den

Analýza tvrdości vzorků s MAG a DAG

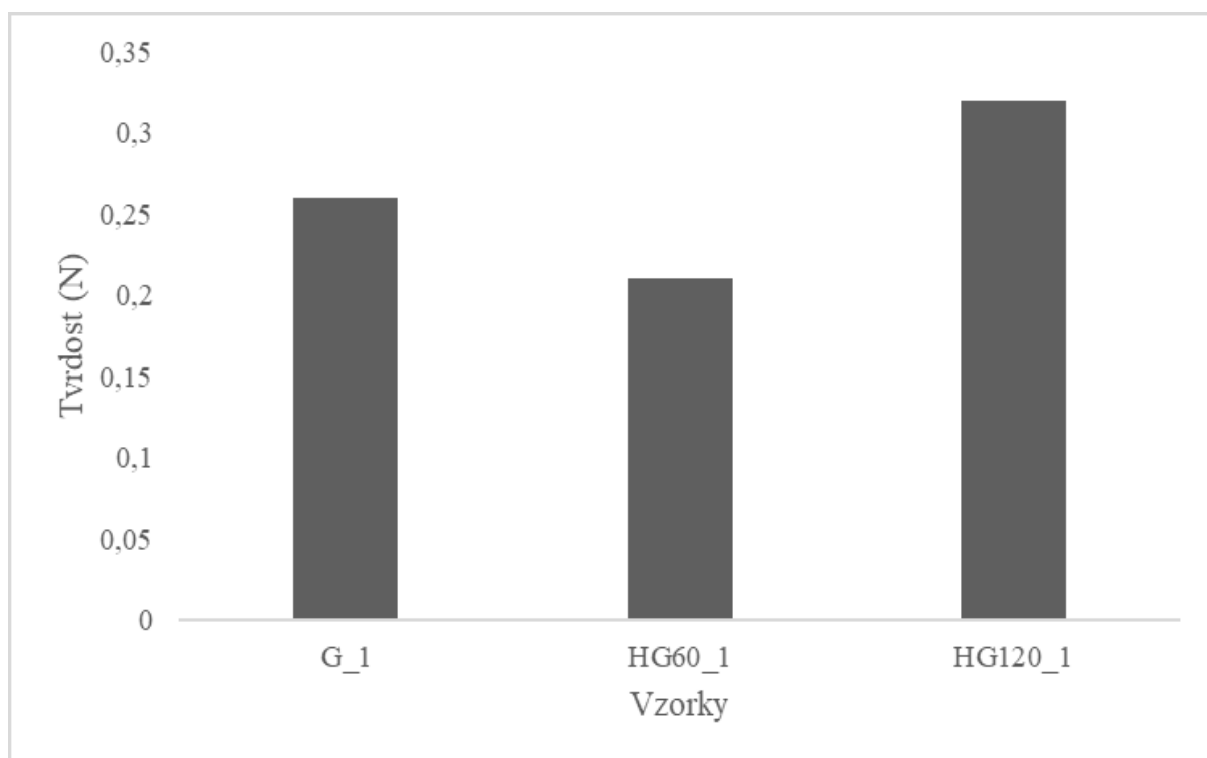


Obrázek 16: Tvrdość vzorků s MAG a DAG 1. den

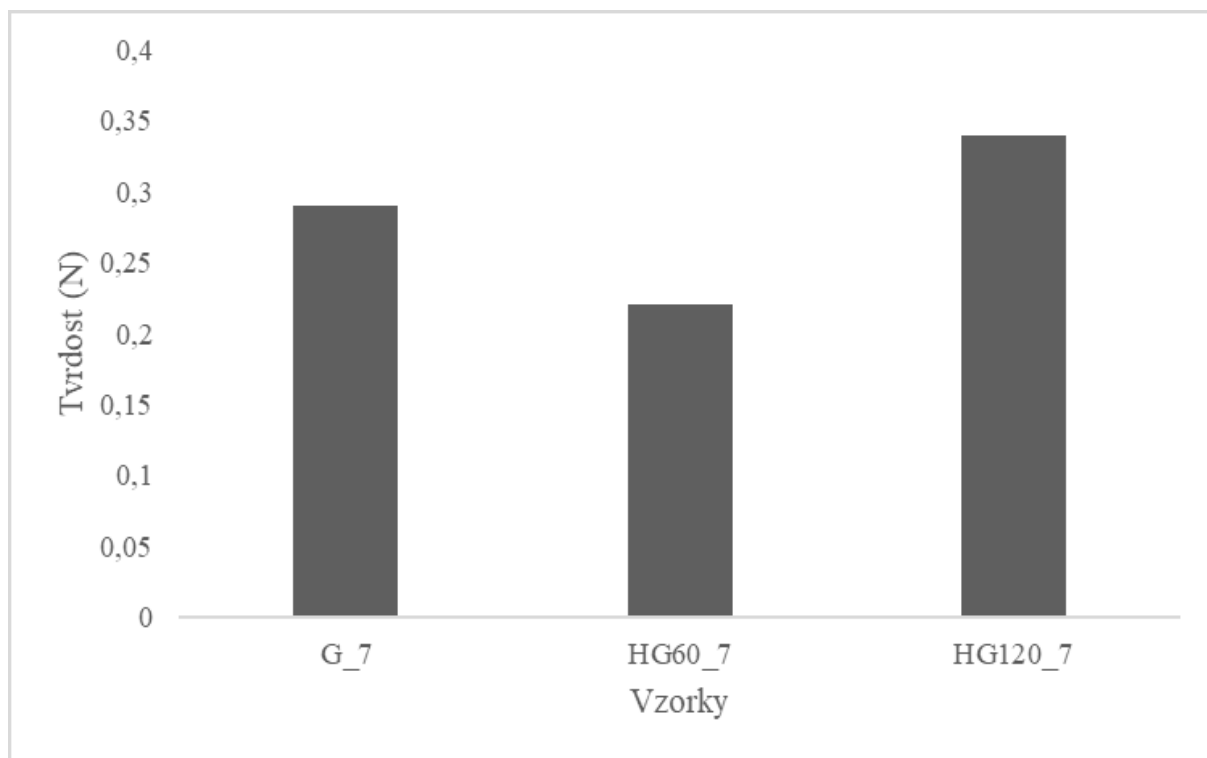


Obrázek 17: Tvrdość vzorků s MAG a DAG 7. den

Analýza tvrdosti vzorků s gumou guar



Obrázek 18: Tvrdość vzorků s gumou guar 1. den



Obrázek 19: Tvrdość vzorků s gumou guar 7. den

6.4 Výsledky reometrie

Analýza viskozity

Na obr. 20 jsou seřazeny všechny modelové vzorky, kde jsou nehomogenizované vzorky společně s homogenizovanými v rámci viskozity vyneseny do grafu během celého skladovacího pokusu.

Pro tavené sýrové omáčky a jejich porovnávání je optimální obsah sušiny důležitým parametrem, který by mohl ovlivnit viskozitu vzorků [3, 107].

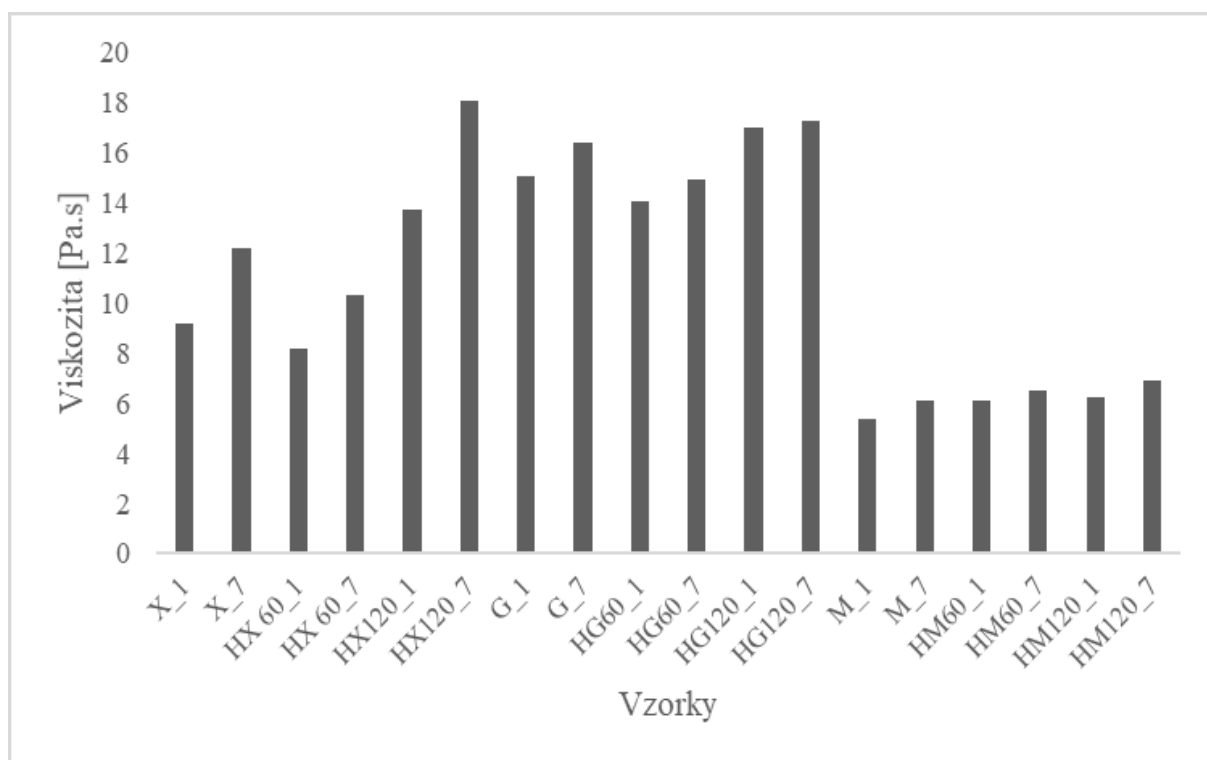
Přidatná látka ve všech vzorcích při skladovacím pokusu zvyšovala viskozitu, což v případě monoglyceridů potvrzuje literární zdroj, který uvádí, že přidáním této látky do tavených sýrů se zvyšuje jejich tuhost [67].

Vzorky s hydrokolidem vykazovaly vyšší viskozitu, která ve skladovacím pokusu rostla, viz. obr. 20, což potvrzuje výsledky nárůstu tvrdosti. Tato skutečnost lze potvrdit

u práce analýzy tavených sýrů s hydrokoloidy, konkrétně karagenany, kde s rostoucí koncentrací karagenanů se zvyšuje a zpevňuje vnitřní matriční síť vlivem interakcí s kaseinem za tvorby vazeb [111, 115, 117].

Tavené sýrové omáčky se chovají jako slabý gel, v nichž obsah hydrokoloidu způsobuje nárůst viskozity, což je v souladu s literárními zdroji [112, 117].

Se zvyšujícím se tlakem homogenizace roste i jejich viskozita, způsobená tvorbou pevnější struktury gelu proteinové matrice a velikostí částic. V případě přítomnosti hydrokoloidu více než v případě monoglyceridu. Tato skutečnost je zmiňována i v publikaci u homogenizace smetanového sýru, kde se měnily reologické vlastnosti v závislosti na tlaku homogenizace, a kde zvýšení homogenizačního tlaku vedlo ke zvýšení pevnosti smetanového sýra [116].



Obrázek 20: Hodnoty viskozity (Pa.s) při frekvenci 1 Hz 1. a 7. den

Dynamická oscilační reometrie

V této práci se sledoval vliv homogenizace na reologické vlastnosti tavených sýrových omáček s přídatnou látkou. V surovinové skladbě pro výrobu se nacházely hydrokolidy v zastoupení xantanové gumy nebo gumy guar, třetí skupina obsahovala směs mono a diglyceridy mastných kyselin.

Při využití dynamické oscilační reometrie se sledovala veličina viskozity (η^*) spolu s elastickým (G') a ztrátovým modulem (G'') pružnosti. Výsledky elastického a ztrátového modulu jsou zaznamenány do tabulek 3 a 4, rozdělené podle druhu vzorku a dni skladování. Referenční frekvence pro prezentování výsledků byla vybrána frekvence 1 Hz.

Tavené sýrové omáčky s přídatnými látkami hydrokoloidů i směsi MAG s DAG vykazují schopnost tvořit gel, kdy lze tuto skutečnost vysvětlit vazbou příslušné přídatné látky na kasein. Tato skutečnost je popisována také v literatuře, kde se sledovala vaznost karagenu na protein za přítomnosti vápenatých iontů. Tyto komplexy mají funkci emulgátorů [111].

U všech modelových vzorků se v průběhu skladovacího pokusu zvyšovala hodnota elastického i ztrátového modulu, což souhlasí s dostupnými autorskými publikacemi u tavených sýrů, kde doba skladování má vliv na zvyšování tuhosti tavených sýrů [20, 33, 44, 64].

Tato skutečnost potvrzuje i výsledky analýzy tvrdosti v této práci. Tento proces zvyšování tuhosti ovlivňují faktory zmiňované již v předchozí kapitole. V případě hydrokolidů byly pozorovány vyšší hodnoty elastického a ztrátového modulu, což lze vysvětlit jejich vzájemnou interakcí a schopností tvořit pevnější struktury [111].

Vzorky bez homogenizace vykazovaly rozdílné hodnoty elastického i ztrátového modulu, rozdíly hodnot byly u směsi MAG a DAG, kdy tyto vzorky vykazovaly podobné hodnoty jak s homogenizací, tak bez ní, i během skladovacího pokusu, což potvrzuje i výsledky analýzy tvrdosti.

Další publikace hovoří o homogenizačním účinku, že propojení všech složek směsi a zmenšení velikosti všech složek má vliv na vytvoření jednotné struktury sýra. Tukové kuličky dispergované ve vodné fázi vytvářejí vazby s proteinem za vytvoření sítě tvořené parakaseinátem sodným a parakaseinátem fosforečnanu vápenatého. Tukové kuličky zpevňují kontakt mezi proteiny a tukem, což vede k tvorbě více vazeb a silnější struktury [4]. U experimentu v této zmiňované publikaci, kde se používaly homogenizační tlaky dosahující 200 MPa, prokazovaly vzorky vyšší pevnost, což mohlo být způsobeno právě zmenšením velikosti tukových kuliček a zvýšenou interakcí mezi tukem, proteiny, fosfátových tavicích solí a přítomných emulgátorů. Vysoké tlaky zvyšují texturní a reologické vlastnosti se zvýšenou kapacitou zadržování vody [119, 120]. Autor také uvádí, že nejnižší pevnost vzorků byla stanovena u vzorků s homogenizačním tlakem 100 MPa, přičemž vzorky s homogenizací při 200 MPa prokazovaly nejvyšší pevnost a tato homogenizace byla neoptimálnější pro dosažení požadovaných výsledků [120].

Tato skutečnost může potvrzovat to, že homogenizace při nižším tlaku, v našem případě 60 MPa, nemusí natolik ovlivňovat tvrdost vzorků oproti nehomogenizovaným, jak je patrné například v tabulce 3, kde je nižší hodnota elastického i smykového modulu vzorku HX60 oproti vzorku X a hodnota u HX120 je naopak vyšší. Je možné, že existuje kritická hodnota tlaků homogenizace s tímto vlivem. Také může existovat vztah ke konkrétní přídatné látce, jelikož vzorky s gumou guar tento trend nevykazovaly. V literatuře se o tomto vztahu dosud nikdo nezmiňoval.

Tabulka 3: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa] při frekvenci 1 Hz 1. den

Vzorky	G' [Pa]	G'' [Pa]
X	53,16	54,76
HX 60	17,64	19,53
HX120	62,70	58,92
G	100,56	76,00
HG60	54,53	47,59
HG120	54,80	68,58
M	54,56	53,24
HM60	53,86	53,41
HM120	36,70	31,91

Tabulka 4: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa] při frekvenci 1 Hz 7. den

Vzorky	G' [Pa]	G'' [Pa]
X	102,52	94,17
HX 60	48,48	43,21
HX120	130,16	76,53
G	108,09	99,66
HG60	87,38	71,19
HG120	84,73	67,33
M	62,35	60,51
HM60	69,76	68,03
HM120	50,93	46,08

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo sledovat vliv procesu homogenizace na vybrané vlastnosti tavených sýrových omáček. Závěry této práce lze sumarizovat následovně:

- druh přídatné látky významně ovlivnil následný vliv homogenizace, kdy vzorky s hydrokoloidy vykazovaly výraznější vliv tlaků než vzorky se směsí mono a diglyceridů
- použitím vyšších tlaků lze v případě tavených sýrových omáček s hydrokoloidy zvýšit jejich tvrdost
- vyšší tlaky vedly k vyšší viskozitě vzorků s hydrokoloidy
- skladovacím pokusem se mění u všech vzorků jejich texturní a reologické vlastnosti a existuje přímá souvislost s použitými hodnotami tlaků
- vzorky s mono a diglyceridy sice zvyšovaly hodnoty tvrdosti, ovšem s nižšími hodnotami v porovnání s hydrokoloidy
- hydrokoloidy vykazovaly vyšší hodnoty elastického a smykového modulu nežli vzorky s přídatkem mono a diglyceridů
- vzorky se směsí mono a diglyceridů nebyly ve skladovacím pokusu ovlivněny homogenizací v takové míře jako hydrokoloidy

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] <https://www.cechovninormy.cz/norma/taveny-syr-druhove-pojmenovany/>
- [2] Vyhláška 397/2016 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje
- [3] GUINEE, T. P., CARIĆ, M. and KALÁB, M., *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. Vol. 2, Major cheese Gross. 3. vydání. In. Fox, P.H. (Ed.), London: Elsevier, 2004, s. 349-394. Pasteurized processed cheese and substitute/Imitation cheese products. ISBN 0-1226-3653-8.
- [4] TAMIME, A., *Processed cheese and analogues*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2011, s. 350, Society of Dairy Technology series. ISBN 14-051-8642-9.
- [5] KAPOOR, R. and METZGER, L. E., *Process cheese: Scientific and technological aspects – A Review*. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf., 2008, s. 194-214. ISSN 1541-4337.
- [6] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., ČERNÍKOVÁ, M. a HLADKÁ K., *Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů*, Potravinářská revue, 2010, vol. 6, s. 29 - 32. ISSN 1801-9102.
- [7] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. a KRÁČMAR, S., *Základní principy výroby tavených sýrů*, Folia MZLU, Brno, II, 2009. ISBN 978-80-7375-336-8.
- [8] BERGER, W., KLOSTERMEYER, H., MERKENICH, K. a UHLMANN, G., *Processed cheese manufacture*. A Joha Guide, Ladenburg: BK Giulini Chemie GmbH & Co. OHG, 2002.
- [9] CARIĆ, M. a KALÁB, M., *Processed cheese products*. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 2, Major Cheese Groups, 2nd ed. P.F.Foxed., Chapman & Hall, London, 1997, 467-505. ISBN 0-412-535106.
- [10] BUŇKA, F. a BUŇKOVÁ, L. *Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů*. Potravinářská revue, 2009,1, 13–16. ISSN 1801-9102.
- [11] EL-BAKRY, M., DUGGAN, E., Ó RIORDAN, E. D., a Ó SULLIVAN, M.

Effects of emulsifying salts reduction on imitation cheese manufacture and

- functional properties*. Journal of Food Engineering, 2010,100, 569–603. ISSN 0260-8774.88
- [12] EL-BAKRY, M., DUGGAN, E., O'RIORDAN, E. D., a O'SULLIVAN, M. *Effect chelating salt type on casein hydration and fat emulsification during manufacture and post-manufacture functionality of imitation cheese*. Journal of Food Engineering. 2010, 102, 145–153. ISSN 0260-8774.
- [13] FORMAN, L. *Mlékárenské technologie II.*, 2.vydání, Praha, VŠCHT, 1996.ISB 80-7080-250-2.
- [14] <https://www.bezpecnostpotravin.cz/tavene-syry-ve-vyzive-cloveka.aspx>
- [15] GUINEE, T.P. *Pasteurized Processed Cheese Product*. Encyclopedia of Dairy Science, 2003, 1, 411-418. ISBN 0122272358.
- [16] BACHMANN, H.P. *Cheese Analogues: A Review*. *International Dairy Journal*, 2001, 11, 505- 515. ISSN 0958-6946.87
- [17] IMESON, A.P. *Carrageenan*. *In Handbook of hydrocolloids*. Eds. Philips, G.O & Williams, P.A., Woodhead Publishing Limited and CRC Press:Boca Raton. 2000, 87-102. ISBN 0-8493-0850-X.
- [18] CUNHA, C.R., DIAS, A.I., a VIOTTO, W.,H. *Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat*. Food Research International, 2010, 43, 723–729. ISSN 0963-9969.
- [19] LIU, H., XU, X.M., a GUO, S.H. *Comparison of full-fat and low-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis*. International Journal of Food Science and Technology, 2008, 43, 1581–1592. ISSN 1365-2621.

- [20] BUŇKA, F., ŠTĚTINA, J. a HRABĚ, J. The Effect of Storage Temperature and Time on the Consistency and Color of Sterilized Processed Cheese. *European Food Research and Technology*. 2008, 228, 223-229.
- [21] SPREER, E. *Milk and Dairy Product Technology*. Routledge, 2017, 483 p. ISBN 978-13-5143-135-4.
- [22] RAYNER, M., DEJMEK, P. *Engineering Aspect of Food Emulsification and Homogenization, Contemporary Food Engineering*. Vyd. CRC Press, 2015, 331 p. ISBN 978-14-66580-442.
- [23] WALSTRA P., WOUTERS J. T. M., GEURTS T. J. *Dairy science and technology*. CRC/Taylor & Francis, USA, 2006, 782 s., 978-0-8247-2763-5.
- [24] ŠTENCL, J., JANŠTOVÁ, B. *Potravinářské inženýrství a technika*, vyd. 1 VFU Brno, 2014, 76 s., ISBN 978-80-7305-680-3.
- [25] http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_06.pdf
- [26] GUNASEKARAN, S. and M. MEHMET. Dynamic oscillatory shear testing of foods – selected applications. *Trends in Food Science & Technology*, 2000, vol. 11, p. 115-127.
- [27] MEZGER, T. G. *The Rheology Handbook: For Users of Rotational and Oscillatory Rheometers*. 2nd edition. Hannover: Vincentz Network, 2006. p. 16-267. ISBN 3-87870-174-8.
- [28] LIU, H., XU, X. M. and S. D. GUO. Comparison of full-fat and low-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis. *International Journal of Food Science and Techno-*

logy, 2008, vol. 43, p. 1581-1592.

[29] CUNHA, C. R., GRIMALDI, R., ALCÂNTARA, M. R. and W. H. VIOTTO.

Effect of the type of fat on rheology, functional properties and sensory acceptance of spreadable cheese analogue. *International Journal of Dairy Technology*, 2013, vol. 66, p. 54.

[30] PISKA, I., ŠTĚTINA, J. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering*, 61, 2004, p. 551 – 555. ISSN 0260-8774.

[31] ISO 11 036, Sensory analysis – Methodology – Texture profile, *International Standard Organization*, 1994.

[32] PONS, M., FISZMAN S.M.: *J. Texture Stud.* 27, 1997, p. 597.

[33] FLOURY, J., CAMIER, B., ROUSSEAU, F., LOPEZ, CH., TISSIER, J. P., FAMELART, M., H. Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationships. *LWT-Food Science and Technology*, 42, 2009, p. 1611 – 1620. ISSN 0023-6438.

[34] TAMIME, A. Y., SHENANA, M. E., MUIR, M. E., DAWOOD, A. H. Processed Cheese Analogues Incorporating Fat-Substitutes 1. Composition, Microbiological Quality and Flavour Changes During Storage at 5°C. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. February 1999, Vol. 32, No. 1, p. 50 – 59. ISSN 0023-6438.

[35] EVERARD, C., O'CALLAGHAN, D., O'KENNEDY, B., O'DONNELL, C., SHEEHAN, E., DELAHUNTY, C. A free-point binding test for prediction of sensory texture in processed cheese. *Journal of Texture Studies*, 38, 2007, p. 438 –

456.

- [36] AWAD, R. A., ABDEL-HAMID, L. B., EL-SHABRAWY, S. A., SINGH, R. K.
Texture and Microstructure of block type processed cheese with formulated emulsi- fying salt mixtures. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 35, 2002, p. 54 – 61. ISSN 0023-6438.
- [37] NISHINARI, K., DOI, E. Food Hydrocolloids: structure, properties and function. NY: Plenum Press, 1993. ISBN 0-306-44594-8.
- [38] VELÍŠEK, J. Chemie potravin 1. Vyd. 2. upr. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-00- 3.
- [39] <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:295:0001:0177:CS:PDF>
- [40] ŠNIRC, J., GOLIAN, J., HERIAN, K., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., a ČANIGOVÁ, M., Mlieko a mliečne výrobky. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2016. ISBN 978-80-552-1451-1.
- [41] FOX, P. F., GUINEE, T. P., COGAN, T. M. a MCSWEENEY, P. L. H.,
Fundamentals of cheese science. New York, NY: Springer Science Business Media, 2016. ISBN 9781489976796.
- [42] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A. S., a SMITH, P. G., Effect of Emulsifying Salts on Casein Peptization and Apparent Viscosity of Processed Cheese. *International Journal of Food Engineering* [online]. 2005-01-6, 1(4), - [cit. 2017-01-15]. DOI:10.2202/15563758.1019. ISSN 1556-3758.

- [43] HUI, Y. H., Handbook of food products manufacturing. Hoboken, N.J.: WileyInterscience, c2007. ISBN 047012525X
- [44] SÁDLÍKOVÁ, I., F. BUŇKA, P. BUDINSKÝ, B. VOLDÁNOVÁ, V. PAVLÍNEK and I. HOZA. The Effect of Selected Phosphate Emulsifying Salts on Viscoelastic Properties of Processed Cheese. *LWT - Food Science and Technology*. 2010, vol. 43, p. 1220-1225.
- [45] MIZUNO, R. and J. A. LUCEY. Effects of Emulsifying Salts on the on the Turbidity and Calcium-Phosphate-Protein Interactions in Casein Micelles. *Journal of Dairy Science*. 2005, vol. 88, p. 3070–3078.
- [46] MARCHESSEAU, S., E. GASTALDI, A. LAGAUDE and J. L. CUQ. Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science*. 1997, vol. 80, p. 1483–1489.
- [50] LU, Y., N. SHIRASHOJI and J. A. LUCEY. Effects of pH on the Textural Properties and Meltability of Pasteurized Process Cheese Made with Different Types of Emulsifying Salts. *Journal of Food Science*. 2008, vol. 73, p. 363-369. ISSN 0022-0302.
- [51] CUNHA, C. R. and W. H. VIOTTO. Casein Peptization, Functional Properties and Sensory Acceptance of Processed Cheese Spreads Made with Different Emulsifying Salts. *Journal of Food Science*. 2010, vol. 75, p. 113-120.
- [52] TANAKA, N. Challenge of Pasteurized Process Cheese Spreads with *Clostridium botulinum* Using In-Process and Post-Process Inoculation. *Journal of Food Protection*. 1982, vol. 45, p. 1044-1050.

- [53] CARIĆ, M., T. P. GUINEE and M. KALÁB. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 2004, vol. 2, p. 349-394. ISBN 0-1226-3653-8.
- [54] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin II.*, Tábor: OSSIS, 1999. ISBN: 80-902391-4-5.
- [55] JANEČKOVÁ, A. a P. KLOUDA. *Organická chemie*. Ostrava: Pavel Klouda, 1998. ISBN 80-902-1556-4.
- [56] GREWAL, H. S. and K. L. KALRA. Fungal Production of Citric Acid. *Biotechnology Advances*. 1995, vol. 13, p. 209-234.
- [57] ARIMI, J. M., E. DUGGAN, M. O'SULLIVAN, J. G. LYNG, E. D. O'RIORDAN. Effect of Moisture Content and Water Mobility on Microwave Expansion of Imitation Cheese. *Food Chemistry*. 2010, vol. 121, p. 509–516.
- [58] KRISTIANSEN, B., M. MATTEY and J. LINDEN. *Citric Acid Biotechnology*. Philadelphia: Taylor & Francis. 2002. ISBN 0203483391.
- [59] MAC, B., SALGADO, J. M., RODRÍGUES, N., CORTÉS, S., CONVERTI A. & DOMÍNIGUEZ, J. M. Biotechnological Production of Citric Acid. *Brazilian journal of Microbiology*, 2010, vol. 41, no. 4, p. 862 – 875. ISSN 1517-8382.
- [60] BUŇKA, F. Tavené sýry a faktory ovlivňující jejich konzistenci. VUT v Brně, Vutium, Brno, 2017. 27 s. ISBN 978-80-214-5460-6. Dostupné také z: <http://www.vutium.vutbr.cz/tituly/pdf/ukazka/978-80-214-5460-6.pdf>
- [61] LAWSON, H. *Food Oils and Fats*. Chapman & Hall. New York. 1995, 343 s. ISBN 0-412-98841-0.
- [62] MOONEN, H., BAS, H. Mono- and diglycerids. In Whitehurst, R.J. (ed.) *Emulsifiers in Food Technology*, Blackwell Publishing, 2004, 40–57.
- [63] WHITEHURST, R. J. *Emulsifiers in food technology*. Blackwell Publishing. Oxford, 2004, 244 s.

- [64] JANIŠ, R., KREJČÍ, J., KLÁSEK, A. Preparation of 1-monoacylglycerols from glycidol and fatty acids catalyzed by the chromium(III)-fatty acid system. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 2000, 351–354. ISSN 1438-9312.
- [65] MOULOUGUI, Z., GAUVRIT, C. Synthesis and influence of fatty acid esters on the foliar penetration of herbicides. *Industrial Crops and Products*, 8, 1998, 1–15. ISSN 0926-6690.
- [66] LI, L., SINGH, R. K., LEE, J. H. Process conditions influence on characteristics of holding tube fouling due to cheese sauce. *LWT-Food Science and Technology*, 37, 2004, 565–572. ISSN 0023-6438.
- [67] BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., HRABĚ, J., ROP, O., JANIŠ, R., KREJČÍ, J. Effect of 1-monoglycerides on viscoelastic properties of processed cheese. *International Journal of Food Properties*, 10, 2007, 819–828. ISSN 1094-2912.
- [68] MCCLEMETS, D. J. *Food emulsions: Principles, Practices, and Techniques*. (2nd ed.). CRC Press. 2005. 609 s. ISBN 0-8493-2023-2.
- [69] ANONYM. Vydavatelství VŠCHT. Slovník. [on-line]. [2012-05-21] Dostupné na: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es001/hesla/emulgator.html.
- [70] PHILLIPS, G. O. *Handbook of hydrocolloids*. Boca Raton: CRC Press, 2000. 450 s. ISBN 0-8493-0850-X.
- [71] <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E412>
- [72] SLÁDKOVÁ, Veronika. *Vliv stabilizátorů a dalších složek na výslednou kvalitu sypkých směsí pro výrobu zmrzlin* [online]. Brno, 2011 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/2388>.
- [73] JALANDHRA, R. *Processing and Applications of Guar Gum*. Chemical Engineering Department Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology, 2012. 19 stran.
Guided by: Mr. V. N. LAD.

- [74] SADAR, L. N. Rheological and Textural Characteristics of Copolymerized Hydrocolloidal Solutions Containing Curdlan Gum. [online] [cit. 2013-11-30]. Master of Science. University of Maryland, 2004. 116 stran. Dostupné z: <http://drum.lib.umd.edu/bitstream/1903/1850/1/umi-umd-1843.pdf>
- [75] ČSN EN ISO 11036. *Senzorická analýza – Metodologie – Profil textury*. Praha: Český normalizační institut. 1997, 20s. Třídící znak 560034.
- [76] ROSENTHAL, A. J. *Food Texture – Measurement and Perception*, A Champman & Hall Food Science Book, Aspen Publisher, Inc., Gainthersburg, Maryland, 1999. ISBN 0-8342-1238-2.
- [77] CHEN, J. Food Oral Processing – A Review. *Food Hydrocolloids*. 2009, vol. 23, p. 1–25. ISSN 0268-005.
- [78] TAMIME, A. Y. *Processed Cheese and Analogues*. Chiester: Wiley, 2011. ISBN 9781444341829.
- [79] WEISEROVÁ, E., L. DOUDOVÁ, L. GALIOVÁ, L. ŽÁK, J. MICHÁLEK, R. JANIŠ and F. BUŇKA. The Effect of Combinations of Sodium Phosphates in Binary Mixtures on Selected Texture Parameters of Processed Cheese Spreads. *International Dairy Journal*. 2011, vol. 21, p. 979-986. ISSN 0958-6946.
- [80] BUŇKA, F., L. DOUDOVÁ, E. WEISEROVÁ, D. KUCHAR, P. PONÍŽIL, D. ZAČALOVÁ, G. NAGYOVÁ, V. PACHLOVÁ and J. MICHÁLEK. The Effect of Ternary Emulsifying Salt Composition and Cheese Maturity on the Textural Properties of Processed Cheese. *International Dairy Journal*. 2013, vol. 29, p. 1- 7.
- [81] SELECKÝ, J. *Slovenské syry: syry slovenského pôvodu*. 2013. ISBN 9788080791681.
- [82] ŠUSTOVÁ, K., a SÝKORA, V. *Mlékárenské technologie*. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-704-5.

- [83] GÖRNER, F. a VALÍK, L. Aplikovaná mikrobiológia požívatin: princípy mikrobiológie požívatin, potravinársky významné mikroorganizmy a ich skupiny, mikrobiológia potravinárskych výrob, ochorenia mikrobiálneho pôvodu, ktorých zárodoky sú prenášané požívatinami. Bratislava: Malé centrum, 2004. ISBN 80-967064-9-7.
- [84] FOX., P. F., Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 2 Major Cheese Groups. Second edition. Boston, MA: Springer US, 1993. ISBN 9781461526483.
- [85] TAMIME, A. Y. Structure of dairy products. Ames, Iowa: Blackwell Pub., 2007. Society of Dairy Technology series.
- [86] MCSWEENEY., P.L.H., Cheese problems solved. Boca Raton: CRC Press, 2007. ISBN 9781420043945.
- [87] GAJDŮŠEK, S. Mlékařství II. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. ISBN 80-7157-342-6.
- [88] BOHÁČ, V. Výroba tavených sýrů. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964. Řada potravinářské literatury.
- [89] PARK, W. Y., HAENLEIN G. F. W. Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health. John Wiley & Sons, 2013, 728 p. ISBN 978-111853-420-5.
- [90] EARLY, R. The Technology of Dairy Products. Springer Science & Business Media, 1998, 446 p. ISBN 978-07-5140-344-2.
- [91] HUI, H. Y. Handbook of Food Science, Technology, and Engineering. CRC Press, 2006, 1000 p. ISBN 978-08-4939-848-3.
- [92] PHILLIPS, G. O., WILLIAMS, P. A. Handbook of hydrocolloids. 2nd edition, vyd. Elsevier, 2009, 948 p., ISBN 978-18-4569-587-3.
- [93] ČESKO. ČSN EN ISO 5534:2005, Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Praha: Český normalizační institut.
- [94] DAVÍDEK, J. Laboratorní příručka analýzy potravin. Praha: SNTL, 1977. s. 720.
- [95] MACKŮ, I. Viskoelastické a senzorické vlastnosti tavených sýrů s přísadkou pektinů. Zlín, 2009. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická.
- [96] FRANCIS, F. J. Encyclopedia of food science and technology. 2. vyd. New York:

John W. S., 2000.

- [97] http://utb.files.cepac.cz/moduly/M0029_mlekarenska_technologie/distančni_text/M0029_mlekarenska_technologie_distančni_text.pdf
- [98] WILKONSON, M.G., KILCAWLEY, K.N. Enzyme-Modified Cheese. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2002, vol. 8, p. 434.
- [99] NORONHA, N., CRONIN, D., O'RIORDAN, D., O'SULLIVAN, M. Flavouring of imitation cheese with enzyme-modified cheeses (EMCs): Sensory impact and measurement of aroma active short chain fatty acids (SCFAs). *Food Chemistry*, 2008, vol. 106, p. 905 – 913.
- [100] https://pl.wikipedia.org/wiki/Guma_guar
- [101] SHIRASHOJI, N., JAGEGGI, J. J. and J. A. LUCEY. Effect of Trisodium Citrate Concentration and Cooking Time on the Physicochemical Properties of Pasteurized Process Cheese. *Journal of Dairy Science*, 2006, vol. 89, p. 15-28. ISSN 0022-0302.
- [102] RAYAN, A. A., KALAB, M. and C. A. ERNSTROM. Microstructure of process cheese. *Scanning Electron Microscopy*, 1980, vol. 3, p. 635–343.
- [103] SCHÄR, W. and J. O. BOSSET. Chemical and physico-chemical changes in processed cheese and ready-made fondue during storage. A Review. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 2002, vol. 35, p. 15–20.
- [104] MULVIHILL, D. M. and A. MCCARTHY. Relationships between plasmin levels in rennet caseins and proteolytic and rheological changes on storage of cheese analogues made from these caseins. *Journal of Dairy Research*, 1993, vol. 60, p. 431–438.
- [105] KRISTENSEN, D., HANSEN, E., ARNDAL, A., TRINDERUP, R. A. and L. H. SKIBSTED. Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. *Food Chemistry, Journal of Dairy Science*, 2001, vol. 11, p. 837-843.
- [106] https://www.pragolab.cz/images/products/3_rs1.jpg
- [107] LEE, S. K., ANEMA, S. & KLOSTERMEYER, H. The Influence of Moisture Content on the Rheological Properties of Processed Cheese Spreads. *International Journal of Food Science and Technology* [online]. 2004, vol. 39, no. 7, p. 763 – 771

- [cit. 2018-03-20]. ISSN 0950-5423. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00842.x>.
- [108] LEE, S. K. & KLOSTERMEYER, H. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2001, vol. 34, no. 5, p. 288 – 292 [cit. 2018-03-20]. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1006/fstl.2001.0761>.
- [109] HENNELLY, P. J., DUNNE, P. G., O’SULLIVAN, M., O’RIORDAN, D. Increasing the moisture content of imitation cheese: effects on texture, rheology and microstructure. *European Food Research and Technology*, 220, 2005, 415–420. ISSN 1438-2377.
- [110] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A. S. Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*, 79, 2007, 1364– 1373. ISSN 0260-8774.
- [111] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P., HRABĚ, J., VALÁŠEK, P. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food hydrocolloids*, 22, 2008, 1054–1061. ISSN 0268-005X.
- [112] GUSTAW, W., MLEKO, S. The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft*, 62, 2007, 59-62. ISSN 0026-3788.
- [113] BRUMMEL, S. E., LEE K. Soluble hydrocolloids enable fat reduction in processed cheese spreads. *Journal of Food Science*, 55, 1990, 1290– 1292. ISSN 0022-1147.
- [114] LYNCH M. G., MULVIHILL, D. M. Rheology of ι-carrageenan gels containing caseins. *Food Hydrocolloids*, 10, 1996, 151–157. ISSN 0268005X.
- [115] LANGENDORFF, V., CUVELIER, G., MICHON, C., LAUNAY, B., PARKER, A., DE KRUIFF, C. G. Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixture. *Food Hydrocolloids*, 14, 2000, 273–280. ISSN 0268-005X.
- [116] COUTOULY, Aliénor, Alain RIAUBLANC, Monique AXELOS a Isabelle GAUCHER. Effect of heat treatment, final pH of acidification, and homogenization pressure on the texture properties of cream cheese. *Dairy Science* [online]. Springer Paris, 2014, 94(2), 125-144 [cit. 2019-05-02]. DOI: 10.1007/s13594-013-0148-z. ISSN 19585586.

- [117] MANDALA, I. G., SAVVAS, T. P., KOSTAROPOULOS, A. E. Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. *Journal of Food Engineering*, 64, 2004, 335–342. ISSN 0260-8774.
- [118] Kietczewska, K., Kruk, A., Czerniewicz, M., & Haponiuk, E. (2006). Effect of high-Pressure homogenization on the physicochemical properties of milk with various fat contrations. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 15, 91-94.
- [119] Sfakianakis, P., & Tzia, C. (2014). Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: a review. *Foods*, 3(1), 176-193. PMid:28234312. [http:// dx.doi.org/10.3390/foods3010176](http://dx.doi.org/10.3390/foods3010176)
- [120] MOHAMMADI, Ali, & FADAEI, Vajiheh. (2018). The effect of homogenization on texture of reduced dry matter processed cheese. *Food Science and Technology*, 38(Suppl. 1), 190-195. Epub October 26, 2017.<https://dx.doi.org/10.1590/1678-457x.17817>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

G'	elastický modul
G''	ztrátový modul
TPA	Texturní profilová analýza
STPP	trifosforečnan sodný
TSP	difosforečnan sodný
SAPP	dihydrogendifosforečnan sodný
TSP	fosforečnan trisodný
DSP	fosforečnan disodný
MSP	fosforečnan sodný
DAG	Diglyceridy
MAG	monoglyceridy

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Struktura xantanové gumy [70]

Obrázek 2 Struktura monomeru gumy guar [100]

Obrázek 3 Cyamopsis tetragonolobus [100]

Obrázek 4 Homogenizační hlavice [97]

Obrázek 5 Zleva tukové kuličky před homogenizací a po prvním a druhém stupni homogenizace [97]

Obrázek 6: Křivka k vyhodnocení texturní profilové analýzy tavených sýrových omáček [19]

Obrázek 7: Rheo Stress 1 [106]

Obrázek 8: Hodnoty pH vzorků s xantanovou gumou 1. den

Obrázek 9: Hodnoty pH vzorků s xantanovou gumou 7.den

Obrázek 10: Hodnoty pH vzorků s MAG 1.den

Obrázek 11: Hodnoty pH vzorků s MAG 7. den

Obrázek 12: Hodnota pH vzorků s gumou guar 1.den

Obrázek 13: Hodnoty pH vzorků s gumou guar 7. den

Obrázek 14: Tvrdost vzorků s xantanovou gumou 1. den

Obrázek 15: Tvrdost vzorků s xantanovou gumou 7. den

Obrázek 16: Tvrdost vzorků s MAG a DAG 1. den

Obrázek 17: Tvrdost vzorků s MAG a DAG 7.den

Obrázek 18: Tvrdost vzorků s gumou guar 1. den

Obrázek 19: Tvrdost vzorků s gumou guar 7. den

Obrázek 20: Hodnoty viskozity (Pa.s) při frekvenci 1 Hz 1. a 7. den.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Označování fosforečnanových tavicích solí a jejich pH [7]

Tabulka 2 - Obecný přehled složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků [2]

Tabulka 3: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa] při frekvenci 1 Hz 1. den

Tabulka 4: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa] při frekvenci 1 Hz 7. den

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I: Specifikace směsi mono a diglyceridů

SPECIFIKACE

RADIAMULS MG 2910K

SAP (číslo produktu):	475384	
Komoditní zařazení:	přídavná látka	
Popis výrobku:	emulgátor, stabilizátor: E 471 (mono- a diglyceridy mastných kyselin, glycerylmonostearát, glycerylmonopalmitát, glycerylmonooleát, atd., monostearin, monopalmitin, monoolein, atd, GMS – pro glycerylmonostearát) Einecs: 293-208-8	
Organoleptické parametry:	vzhled: prášek barva: krémová vůně: téměř bez zápachu	
Fyzikálně-chemické parametry:	Číslo kyselosti	max. 3 mg KOH/g
	Jodové číslo	max. 2 g I ₂ /100g
	Vlhkost	max. 1 %
	Celkové monoglyceridy	min. 90 %
	Volný glycerol	max. 1,5 %
	As	max. 3 mg/kg
	Pb	max. 5 mg/kg
	Hg	max. 1 mg/kg
	Cd	max. 1 mg/kg
Mikrobiologické parametry:	Výrobek je v souladu s Nařízením Komise (ES) č. 2073/2005 kvalifikován jako mikrobiologicky neriziková potravina.	
GMO:	Výrobek neobsahuje v souladu s Nařízením (ES) 1829/2003 a 1830/2003 geneticky modifikované organismy a nebyl vyroben z geneticky modifikovaných surovin.	
Alergeny:	Výrobek neobsahuje alergenní složky uvedené v příloze č. 2 Nařízení (EU) č. 1169/2011 v platném znění.	
Minimální trvanlivost:	24 měsíců od data výroby	
Skladovací podmínky:	v suchých, čistých, větraných skladech, při pokojové teplotě, v dobře uzavřených obalech	
Obal:	papírový pytel 25 kg netto	
Doporučené použití a dávkování:	emulgátor, stabilizátor, látka vázající škrob, provzdušňovací činidlo Vhodnost použití a dávkování tohoto přípravku musí být odzkoušena výrobcem finálního produktu.	
Poznámky a upozornění:	Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobku: Energetická hodnota 3700 kJ/ 900 kcal Tuky 100 g z toho nasycené mastné kyseliny 99,5 g Sacharidy 0 g z toho cukry 0 g Bílkoviny 0 g Sodík 0 g Vláknina 0 g	
Země původu:	Belgie	

2018 – 01 – 19

Brenntag CR s.r.o.
Mezi Úvozy 1850
CZ-193 00 Praha 9
DIČ: CZ49613464

Telefon: +420 283 096 111
Fax: +420 281 920 839, 281 920 837
E-mail: office@brenntag.cz

Bankovní spojení:
Raiffeisenbank a.s., č.ú.: 1001044253/5500

Společnost je zapsána v OR vedeném u Městského soudu v Praze – odd.C. vložka 20937