

Vliv přídavku polysacharidu a proteinu na vybrané vlastnosti tavených sýrových omáček

Bc. Žaneta Janíčková

Diplomová práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

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. Žaneta Janíčková**

Osobní číslo: **T16236**

Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie potravin**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv přídavku polysacharidu a proteinu na vybrané vlastnosti tavených syrových omáček.**

Zásady pro vypracování:

1. Základní charakteristika tavených sýru a tavených syrových analogu.
2. Technologie výroby tavených sýru a tavených syrových analogu.
3. Faktory ovlivňující reologické vlastnosti tavených sýru a tavených syrových analogu.
4. Vyrobte modelové vzorky tavených syrových omáček za přídavku různých polysacharidu a proteinu.
5. Proveďte vybrané analýzy.
6. Vyhodnoťte výsledky a zformulujte závěry.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] TAMIME, A. Y. *Processed cheese and analogues*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2011. Society of Dairy Technology series. ISBN 9781405186421.

[2] HANÁKOVÁ, Z., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., HUDEČKOVÁ, L., JANIŠ, R. The Effect of Selected Hydrocolloids on the Rheological Properties of Processed Cheese Analogues Made with Vegetable Fats During the Cooling Phase, 2013. *International Journal of Dairy Technology*.

[3] ČERNÍKOVÁ, M., NEBESÁŘOVÁ, J., SALEK, R. N., ŘIHÁČKOVÁ, L., BUŇKA, F. 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., METZGER, L. E., BISWAS, A. C., MUTHUKUMMARAPPAN, K. Effect of Natural Cheese Characteristics on Process Cheese Properties, 2007. *Journal of Dairy Science: Elsevier*. 2007(4). DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2006-746>. ISSN 00220302.

[5] SOŁOWIEJ, B., CHEUNG, I. W.Y., LI-CHAN, E. C. Y. Texture, rheology and meltability of processed cheese analogues prepared using rennet or acid casein with or without added whey proteins. *International Dairy Journal: Elsevier*. 2014, 2014 (2). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.03.003>. ISSN 09586946. p. 87-94.

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

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Příjmení a jméno: JANICKOVA ZANETA

Obor: TP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 2.5.2019

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá studiem vlivu přídatku proteinu a polysacharidu na vybrané vlastnosti tavených sýrových omáček. Výroba modelových vzorků byla uskutečněna za přídatku proteinu (globinu) a polysacharidu (xantanové gummy) v koncentracích 0,5 %; 1,0 %; 1,5 % a 2,0 % (w/w). U modelových vzorků byly 1. a 14. den po výrobě sledovány změny sušiny, hodnot pH, reologických a texturních vlastností. V 7. den skladování vzorků byl proveden test stability. Z výsledků lze vyvodit, že přídatek globinu a xantanové gummy neměl vliv na hodnotu pH ani obsah sušiny. Naopak bylo prokázáno ovlivnění stability, reologických a texturních vlastností modelových vzorků. Výraznější změny byly pozorovány s rostoucí koncentrací xantanové gummy, přičemž docházelo k zvyšování pevnosti a stability modelových vzorků.

Klíčová slova: tavená sýrová omáčka, polysacharid, protein, reologické vlastnosti, texturní vlastnosti

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the influence of protein and polysaccharide addition on selected properties of processed cheese sauces. Model samples were made with the addition of protein (globin) and polysaccharide (xanthan gum) at concentrations of 0,5 %; 1,0 %; 1,5 % and 2,0 % (w/w). In the model samples, changes in dry matter, pH, rheological and texture properties were observed on the day 1st and 14th after production. On the day 7th of storage the samples, a stability test was performed. From the results it can be concluded that the addition of globin and xanthan gum did not affect the pH or the dry matter content. On the contrary, the influence on the stability, rheological and texture properties of the model samples was demonstrated. Observations of the model samples showed that hardness and stability increased significantly with increasing xanthan gum concentration.

Keywords: processed cheese sauce, polysaccharide, protein, rheological properties, textural properties

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce Ing. Richardosovi Nikolao-
sovi Salekovi, PhD., za cenné rady, podnětné připomínky a věnovaný čas, který mi poskytl
během zpracovávání této práce.

Dále bych chtěla poděkovat laborantce Ing. et Ing. Ludmile Zálešákové a zahraničním stá-
žistkám za veškerou pomoc a jejich ochotu při výrobě modelových vzorků a jejich násled-
ných analýz.

Největší poděkování patří mé rodině za obrovskou podporu během celého studia

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 TAVENÉ SÝRY A TAVENÉ SÝROVÉ ANALOGY.....	12
1.1 CHARAKTERISTIKA.....	13
1.1.1 Rozdělení tavených sýrů a tavených sýrových analogů.....	15
1.2 TAVENÉ SÝRY A TAVENÉ SÝROVÉ ANALOGY VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA.....	16
2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH ANALOGŮ.....	18
2.1 SUROVINOVÁ SKLADBA.....	18
2.1.1 Proteiny.....	18
Přírodní sýr.....	19
Mléčné proteiny jiné než přírodní sýr.....	20
Rostlinné proteiny.....	21
2.1.2 Tavicí soli.....	21
Snížený obsah tavicích solí.....	24
2.1.3 Tuky a oleje.....	25
2.1.4 Další suroviny.....	26
2.2 PŘÍPRAVA SMĚSI URČENÉ K TAVENÍ A VLASTNÍ PROCES TAVENÍ.....	27
2.3 BALENÍ TAVENINY, JEJÍ CHLAZENÍ A DALŠÍ ZPRACOVÁNÍ.....	28
3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ REOLOGICKÉ VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH ANALOGŮ.....	29
3.1 VLIV SUROVINOVÉ SKLADBY.....	30
3.1.1 Obsah vlhkosti/sušiny, proteinů, tuků.....	30
3.1.2 Vliv prozrálosti přírodního sýra.....	30
3.1.3 Vliv obsahu směsi tavicích solí.....	31
3.1.4 Vliv pH.....	32
3.1.5 Hydrokoloidy.....	33
3.2 VLIV PROCESNÍCH PARAMETRŮ A SKLADOVÁNÍ.....	34
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	36
4 CÍL PRÁCE.....	37
5 METODIKA PRÁCE.....	38
5.1 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ.....	38
5.2 CHEMICKÁ ANALÝZA.....	39
5.2.1 Stanovení pH.....	39
5.2.2 Stanovení celkového obsahu sušiny.....	40
5.3 TEST STABILITY.....	41
5.4 DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE.....	41
5.5 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA.....	42
5.6 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ DAT.....	43
6 VÝSLEDKY A DISKUZE.....	44

6.1	VYHODNOCENÍ CHEMICKÉ ANALÝZY	44
6.2	VYHODNOCENÍ TESTU STABILITY	47
6.3	VYHODNOCENÍ DYNAMICKÉ OSCILAČNÍ REOMETRIE	51
6.4	VYHODNOCENÍ TEXTURNÍ PROFILOVÉ ANALÝZY	60
6.4.1	Tvrдост	60
6.4.2	Relativní lepivost a kohezivnost	63
ZÁVĚR		64
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		65
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		77
SEZNAM OBRÁZKŮ		78
SEZNAM TABULEK.....		80

ÚVOD

Technologie výroby tavených sýrů započala před 100 lety a postupem času s přizpůsobením k poptávce se rozvíjí. V poslední době je pozornost zaměřena na tzv. analogy tavených sýrů. Výrobky, ve kterých je mléčná složka nahrazena rostlinnou, ať už částečně nebo úplně. Pro konzumenty se mnohdy jeví jako zdravější a zajímavější alternativa v porovnání s tavenými sýry. Technologie výroby tavených sýrů i tavených sýrových analogů je velmi podobná, lze říci, že její největší rozdíl spočívá v surovinové skladbě. Mezi nový tavený sýrový výrobek patří také tavená sýrová omáčka, kterou je možno zařadit mezi obě komodity [1,2,3,4].

Tavené sýrové omáčky, které se na trhu objevují teprve několik let nejsou prozatím specifikovány v české ani evropské legislativě. Jsou k nalezení v mražené, sušené či polotekuté formě. Uplatnění nachází nejvíce v zařízeních s rychlým občerstvením, slouží jako zvýrazňovače chuti, omáčky k pokrmům a další. Vysoký obsah vody, vyšší pH, použití prozrálejšího přírodního sýra a další faktory mají za následek vznik méně stabilních emulzí typu olej ve vodě, u kterých může docházet k separaci tukové fáze. Ze zmíněných důvodů dochází často k přidavku více složek, jejichž úkolem je stabilizovat systém. Jako zajímavá varianta se jeví kombinace proteinu a polysacharidu [1,3,4].

Diplomová práce se skládá ze dvou částí, a to teoretické a praktické. V teoretické části rozčleněné do třech kapitol jsou obecně charakterizovány tavené sýry a tavené sýrové analogy. Zmíněny jsou rozdíly mezi produkty a jejich nutriční aspekty. Dále je popsána technologie jejich výroby a poslední část je zaměřena na vlivy ovlivňující reologické vlastnosti tavených sýrů a tavených sýrových analogů.

Praktická část započala výrobou modelových vzorků tavených sýrových omáček. Bylo vyrobeno několik produktů lišících se použitým proteinem a polysacharidem, jejichž úkolem bylo stabilizovat systém. Na základě provedených výrob byla vybrána surovinová skladba, ze které byl utaven reprezentativní a homogenní vzorek. Surovinová skladba obsahovala protein globin a polysacharid xantanovou gumu. Proběhla nová výroba modelových tavených sýrových omáček s již vybranou surovinou skladbou a vzorky byly podrobeny chemické, reologické, texturní analýze a byl proveden test stability. Stanovení byla posléze vyhodnocena a byl k nim stanoven závěr.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY A TAVENÉ SÝROVÉ ANALOGY

Technologie výroby tavených sýrů patří k nejmladším oborům mlékárenství, jehož historie trvá teprve bezmála sto let. Výroba začala v Evropě pravděpodobně s myšlenkou prodloužit trvanlivost přírodních sýrů, jejichž trvanlivost závisí na mnoha faktorech jako obsahu vody, hygienických podmínkách během výroby a také na podmínkách skladování, přičemž tavené sýry patří k oblíbeným a hojně konzumovaným mléčným výrobkům právě z důvodu relativně dobré údržnosti a snadné použitelnosti. V posledních letech dochází na zaměření produkce levnější alternativy s širokou škálou funkčních vlastností, zejména textury a roz-tíratelnosti, které mohou zvýšit využitelnost a aplikaci tavených sýrů do dalších výrobků. Jedná se o tzv. analogy tavených sýrů, jejich produkce začala před více než 40 lety ve Spojených státech a na českém trhu se začaly objevovat v posledních 10 letech [1,2,3,5].

Tavený sýr je mléčný výrobek, od přírodního sýru se liší tím, že není vyroben přímo z mléka. Tavené sýry mohou být považovány za stabilní emulze typu olej ve vodě, jsou získány z přírodních sýrů a mléčného tuku s přídavkem tavicích solí a dalších mléčných či nemléčných složek. Směs je zahřívána za podtlaku a při stálém míchání, než dojde k dosažení homogenní hmoty požadovaných vlastností. Zatímco analog taveného sýra lze charakterizovat podobně jako tavený sýr, tedy jako produkt získaný smícháním vody oleje/tuku, proteinů, tavicích solí, hydrokoloidů, konzervačních přísad, regulátorů kyselosti a dalších přísad v homogenní směs stejnou jako je tavený sýr. Hlavním rozdílem je nahrazení přírodních sýrů jinými zdroji bílkovin a tuků [1,6,7].

Tavený sýr patří mezi jeden z vedoucích sýrových výrobků spotřebovávaných po celém světě, v České republice dle statistického úřadu byla jeho spotřeba v roce 2017 1,9 kg na osobu za rok. Popularita tavených sýrů může být přisuzována široké škále využití, zároveň našel své uplatnění jako složka dalších výrobků. Navíc i sortiment tavených sýrů zahrnuje nemalé množství produktů vzniklých např. kombinacemi jednotlivých druhů přírodních sýrů, obsahující různé suroviny mléčného i nemléčného původu a různé ochucující složky, mající rozmanitý typ konzistence. Taktéž výroba analogů tavených sýrů je velmi rozšířena a nadále vzrůstá, zejména díky levnějším rostlinným složkám ve srovnání s relativně dražší mléčnou bílkovinou a tukem. Využití analogy nachází zejména v kuchyních a provozovnách fast-food, jsou složkami zmrazených pizz, lasagní, sýrových panini, dezertů a dalších.

Tavené sýrové produkty jsou navíc k dispozici v různých obalových materiálech a v různých formách, jako plátky, jednotlivé kusy, či v tubách nebo kelímcích [1,5,6,8,9].

Na trhu se objevují i tavené sýrové omáčky, nicméně je nutné podotknout, že v literatuře se tato problematika objevuje velmi zřídka a k nalezení je pouze pár studií. Nejnověji se tavenými sýrovými omáčkami zabýval autor Salek et.al. [4], který je popisuje jako nové sýrové produkty vyskytující se v mnoha formách (zmrazené, polotekuté či suché směsi). Dále uvádí, že v současné době nejsou definovány legislativou, a tedy mohou být vyrobeny s použitím mnoha přísad jako je přírodní sýr, tavený sýr, sýrový prášek a další složky mléčného i nemléčného původu. Stejně jako tavené sýry i tavené sýrové omáčky jsou popsány jako stabilní emulze oleje ve vodě a jejich výroba je uskutečněna podobně [1,4].

Lze je také charakterizovat jako komplexní systém obsahující bílkoviny, tuk, škrob, stabilizátory vyznačující se poměrně nízkým obsahem sušiny, obvykle v rozmezí 18-24 % (w/w). Řadí se mezi skupinu výrobků používaných při výrobě potravin, zejména v provozovnách rychlého občerstvení, jsou ale také využívány jako součásti masových či těstovinových pokrmů [10–12].

1.1 Charakteristika

Tavený sýr a roztíratelný tavený sýr charakterizuje Codex Alimentarius [13] jako produkty vyráběné mletím, mícháním, tavením a emulgací za pomoci tepla a emulgačních činidel jednoho či více druhů sýrů s přídavkem nebo bez přídavku mléčné složky či jiných surovin v souladu s tímto předpisem. Mezi nemléčné složky, které lze do výroby zařazovat patří sůl, ocet, koření v dostačujícím množství pro charakterizaci produktu. Pro účel aromatizace taveného sýra lze přidávat potraviny jiné než cukry, které jsou řádně vařené nebo jinak upravené, v dostatečném množství pro charakterizaci produktu za předpokladu, že přídavek nepřesahuje jednu šestinu hmotnosti celkové pevné části konečného produktu, vypočteného na základě sušiny. Dále je možno používat kultury neškodných bakterií a enzymů [13].

V české legislativě je tavený sýr popsán ve vyhlášce č. 397/2016 Sb., která charakterizuje požadavky na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, definuje tavený sýr jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavících solí. Dle přílohy č. 3 se tavený sýr dělí na dvě podskupiny, a to roztíratelný a tavený sýr s lomem [14].

Na celosvětové úrovni stále chybí jednotná a jasná definice tavených sýrových analogů z hlediska právních předpisů, aby docházelo ke správnému značení výrobků, a bylo tedy zabráněno klamání spotřebitele. Codex Alimentarius je popisuje jako produkty, které vypadají jako sýr, ale v nichž mléčný tuk byl částečně nebo zcela nahrazen jinými tuky [15].

Z hlediska legislativy na evropské půdě se tyto produkty nepovažují za mléčné výrobky a podle Nařízení 6 Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1308/2013 (čl. 78 a příloha VII, část III), v platném znění, nelze pro jejich označení použít slovo „sýr“. Právní předpisy České republiky se taktéž nezabývají pojmem analog, imitace či náhražka tavených sýrů. Existovala zmínka ve vyhlášce Ministerstva zdravotnictví České republiky č 4/2008 Sb., která se zabývala nejvyšším povoleným množstvím fosforečnanů do „tavených sýrů a jejich analogů“, nicméně vyhláška byla k 1.11. 2018 zrušena. V již zmíněné vyhlášce definující požadavky na požadavky na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje se vyskytuje pojem tzv. tavené sýrové výrobky, kterým se označí výrobek, obsahuje více než 5 % hmotnostních laktózy. Jako „sýrový“ lze uvést na trh mléčný výrobek, v němž sýr tvoří nejméně 50 % hmotnostních tohoto výrobku [2,3,14,17]. V tabulce 1 je uveden obecný přehled složek jiných než sýry, které jsou povoleny pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků [14].

Tabulka 1: Obecný přehled složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků [přepřacováno dle vyhlášky].

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
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	ano	ano

^{*}) zdravotně nezávadné se specifickými účinky

V současné době legislativa nedefinuje přímo tavenou sýrovou omáčku, lze ji označit za výrobek obsahující směs ingrediencí jako je přírodní sýr, sýrové komponenty, tuk, škrob, hydrokoloidy a vyznačuje se vysokým obsahem vlhkosti [12,18].

Při výrobě tavených sýrů a analogů tavených sýrů se předpokládá přítomnost tavicích solí, zároveň se zmíněný pojem objevuje ve všech definicích těchto produktů. Samotnou charakteristiku tavicích solí, které se řadí mezi tzv. potravinářské přídatné látky, v podmínkách Evropské unie upravuje Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, v platném znění, jako látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek [3].

1.1.1 Rozdělení tavených sýrů a tavených sýrových analogů

Existuje celá řada typů taveného sýra, rozdělení tavených sýrů je tedy možné dle několika hledisek, jako je obsah tuku v sušině (TVS), dle použitých surovin, z hlediska konzistence, taktéž je možné dělení na základě chuti. Vyhláška č. 77/2003 Sb., která byla zrušena k 31. 12.2016 a nahrazena vyhláškou č. 397/2006 Sb. dělila tavené sýry na dvě podskupiny a to nízkotučné a vysokotučné. Tavený sýr s obsahem TVS nejvýše 30 % hmotnostních byl označen jako "nízkotučný" a jako vysokotučný s obsahem TVS nejméně 60 % hmotnostních [19,20].

Tavené sýry dle komise pro Codex Alimentarius byly seskupeny do dvou kategorií založených na fyzikálních vlastnostech produktu, a to tavený sýr a roztíratelný tavený sýr. Hlavním rozdílem mezi těmito kategoriemi je obsah vody, která ovlivňuje reologické vlastnosti, kdy roztíratelný sýr je měkčí [2].

Ve Spojených státech musí tavené sýry obsahovat více než 51 % w/w přírodního sýra a jsou děleny dle množství a druhu složky použité při výrobě do 4 hlavních následujících skupin:

- pasteurized blended cheese (pasterované směsné sýry),
- processed cheese blocks (tavené sýry),
- processed cheese food (tavené sýrové výrobky),
- processed cheese spreads (tavené sýrové pomazánky) [21].

Analogy tavených sýrů jsou systematicky rozděleny na mléčné, částečně mléčné nebo nemléčné výrobky, tedy v závislosti na použitých surovinách, přičemž nejběžnější je skupina částečně mléčných, kde jsou obsaženy mléčné bílkoviny a tuk převážně rostlinného původu. V mléčných a částečně mléčných výrobcích se nejčastěji využívají sýry typu Mozzarella a Cheddar. Ve Spojených státech jsou rozděleny do dvou kategorií, a to analogový sýr se stejnou nutriční hodnotou jako tavený sýr známý jako náhradní analog a dále analogy s nižší nutriční hodnotou tzv. imitace analogů [15,21,22].

1.2 Tavené sýry a tavené sýrové analogy ve výživě člověka

Nutriční hodnota nebo také výživová hodnota potravin je dána obsahem živin a jejich využitelností. Využitelnost živin se definuje jako míra, kterou je organismus schopen látku využít v místě jejího působení. V lidském organismu je rozdílná a závisí na řadě faktorů. Mezi potraviny s vysokou výživovou hodnotou patří mléko, mléčné výrobky, vejce, maso a další [23].

Různé druhy sýrů se pokládají za potraviny s vysokou nutriční hodnotou a za vhodné zdroje vápníku, fosforu, bílkovin a vitamínu, zejména riboflaminu. Nutriční hodnotu tavených sýrů podmiňují suroviny, ze kterých jsou vyrobeny, kdy hlavní bílkovinou je kasein. Je všeobecně známo, že tavené sýry se vyznačují vysokým obsahem tuku a sodíku. Se současným nárůstem obezity, která je spojena s nízkou fyzickou aktivitou a spotřebou potravin a nápojů s vysokou energetickou hodnotou se na trhu objevují stále častěji výrobky s nižším obsahem tuku [1,6,15,21,22]. Dle Společnosti pro výživu [24] by celkový podíl tuku v energetickém příjmu neměl překročit 30 % energetické hodnoty. Tuk přítomný v taveném sýrech pochází z 90 % z přírodního sýra, dále z jiných mléčných složek jako je sušená smetana a bezvodý mléčný tuk. Mléčný tuk se vzájemným poměrem nasycených, mononenasycených a polynenasycených, který je přibližně 1,00:0,35:0,07, neodpovídá výživovým doporučením, která uvádí poměr 1,0:1,4:0,6. Kvůli vysokému obsahu nasycených mastných kyselin je nutno do stravy společně s tavenými sýry zahrnovat i výrobky s vyšším obsahem mononenasycených a především polynenasycených mastných kyselin, aby byl naplněn optimální poměr příjmu těchto mastných kyselin. Jedním z možných způsobů, jak docílit snížení obsahu tuku je použití nízkotučných sýrů při výrobě tavených sýrů [1,6].

Zpracovávané potraviny jsou značně konzumovány v mnoha zemích a pokládají se za potenciální zdroj příjmu vysoké hladiny sodíku. Zvýšený příjem sodíku ze stravy může mít

za následek hypertenzi, vaskulární a kardiovaskulární onemocnění. Zejména z těchto důvodů vládní a zdravotnické organizace po celém světě stanovily maximální limity pro příjem sodíku. Společnost pro výživu v České republice stanovuje příjem soli na max. 5–7 g za den, kdy se zároveň preferuje používání soli obohacené jódem. Obsah sodíku v tavených sýrech je podmíněn obsahem tavicích solí, které jsou nutné ke vzniku homogenního a stabilního produktu. V posledních letech je velká snaha o výrobu tavených sýrů se sníženým obsahem tavicích solí, obvyklé množství sodíku v taveném sýru je asi 650 až 1596 mg na 100 g taveného sýra. Koncentrace sodíku v tavených sýrech se sníženým obsahem by se měla pohybovat v rozmezí 488 až 1200 mg sodíku na 100 g taveného sýra. Hranice obsahu sodíku u tavených sýrů s nízkým obsahem sodíku by měla být rovna či nižší než 280 mg sodíku na 100 g sýra. Další možností snižování obsahu sodíku v tavených sýrech je nahrazování chloridu sodného jinými solemi. Obecně platí, že ať již snižování obsahu sodíku i jeho nahrazování vede při výrobě taveného sýra ke změnám ve fyzikálně-chemických, reologických, funkčních a také smyslových vlastnostech produktu [6,21,24].

Analogy tavených sýrů jsou obvykle na americkém kontinentě vyrobeny tak, aby byly nutričně ekvivalentní či v některých případech mají vyšší nutriční hodnoty než přírodní sýry pro výrobu tavených sýrů. Vyšší obsah vitaminů a minerálních látek získávají fortifikací. Při použití nenasycených a polynenasycených mastných kyselin a bez přídavku sýra nebo másla se mohou jevit jako nutričně přijatelnější, protože neobsahují cholesterol, jehož nadměrný příjem je v posledních letech velmi diskutován, protože je jedním z rizikových faktorů při vzniku onemocnění srdce a cév. Cholesterol jako doprovodná látka živočišných tuků je v lidském organismu nezbytný pro správnou funkci buněčných membrán, růst a obnovu tkání organismu, také slouží jako prekurzor žlučových kyselin nezbytných k absorpci živin, zároveň je běžně syntetizován v lidském organismu. Je nutné zmínit, že rizikovitost cholesterolu nespočívá pouze v jeho přítomnosti v konzumované potravíně, ale v jeho nadměrném příjmu stravou [1,12,15,22].

2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH ANALOGŮ

Výroba tavených sýrů zahrnuje přeměnu nerozpustné bílkoviny sýra do rozpustné formy, která váže vodu, emulguje volný tuk uvolněný ze sýra nebo přidáván ve formě másla, a tím vytváří stabilní produkt. Technologie výroby tavených sýrových analogů je obdobná jako pro tavené sýry, nejvíce se liší skladbou surovinové směsi, zejména použitými zdroji proteinu, nicméně bez ohledu na použité suroviny má být proces rychlý a nekomplikovaný [1,2,15,22,25].

Tavené sýry je možné vyrábět diskontinuálně nebo kontinuálně, přičemž diskontinuální způsob je v zemích střední Evropy častější, vlastní produkci diskontinuálně vyráběných sýrů lze rozdělit na následující fáze:

1. Příprava směsi určené k tavení,
2. Určení složení tavicích solí,
3. Vlastní proces tavení připravené směsi,
4. Balení taveniny, chlazení, skladování a expedice [1,2,25].

Příprava směsi zahrnuje výběr vhodného typu a množství přírodního sýra nebo různých proteinů u sýrových analogů, tavicích solí a volitelných složek, přičemž složení závisí na požadavcích, které jsou kladeny na tavený sýr a tavený sýrový analog. Bere se ohled zejména na obsah sušiny, tuku v sušině, požadovanou chuť a konzistenci výrobku [1,2,15,22,26].

2.1 Surovinová skladba

Mezi základní a zároveň tradiční suroviny pro výrobu tavených sýrů patří přírodní sýry, máslo, tavicí soli a voda. Skladba analogů taveného sýra je vytvořena kombinací proteino- vých zdrojů, tuků a olejů, vody, tavicích solí a vody [1,2,15,27].

2.1.1 Proteiny

Proteiny, jak již bylo uvedeno, jsou jednou z hlavních složek tavených sýrů a jejich analogů. Vytváří souvislou síť, v níž je rozptýlena tuková fáze. Rozpustné proteiny emulgují volnou tukovou fázi a zvyšují viskozitu fáze vodné. Typ, množství, struktura, obsah minerálních látek a rozpustnost proteinů ovlivňují fyzikálně-chemické, reologické vlastnosti a

stabilitu tavených sýrů a tavených sýrových analogů. Při výrobě tavených sýrů jsou hlavním zdrojem přírodní sýry a dále jiné mléčné bílkoviny, u analogů se využívají i rostlinné bílkoviny [1,2,15,25].

Přírodní sýr

Přírodní sýr je definován jako mléčný výrobek, vyrobený vysrážením mléčné bílkoviny z mléka, prokysáním a oddělením podílu syrovátky. Srážení kaseinových micel je proces, při kterém se kaseinové bílkoviny převedou ze stavu koloidního roztoku do stavu gelu. Dle způsobu vysrážení dochází k dělení sýrů na sladké a kyselé. Sladké sýry jsou vysráženy pomocí syřidla či jiných koagulačních činidel enzymatického charakteru, kyselé srážení kaseinových bílkovin je provedeno úpravou hodnoty mléka na izoelektrický bod kaseinového komplexu, který je v rozmezí pH 4,6 až 5,0. U zrajících sýrů dochází k dalšímu procesu, a to zrání sýrů, který lze charakterizovat jako biochemické a mikrobiologické změny po prokysání sýrů. Probíhá za různých podmínek a součinnosti jiných mikroorganismů, což má za následek vznik sýrů s různými organoleptickými vlastnostmi [2,28,29].

Většina tavených sýrových produktů je vyráběna z přírodního sýra, kdy se výrobky liší jeho použitým druhem a množstvím. Obecně lze říci, že se využívají takové sýry, které jsou pro danou oblast typické. Čedar je nejvíce používaným sýrem v Austrálii a USA, v České republice se využívají zejména sýry holandského typu s nízkodohřívanou sýřeninou, sýry švýcarského typu s vysokodohřívanou sýřeninou se do surovinové skladby tavených sýrů zařazují méně. Na Balkáně sýry s pařenou sýřeninou a na Blízkém a Středním Východě sýry zrající/skladované v solném nálevu (po předchozím odsolení v pitné vodě) [3,22].

Vhodný výběr přírodních sýrů je nezbytný pro výrobu tavených sýrů a souvisejících produktů, za důležitá kritéria se pokládá stáří sýra, pH, chuť, obsah vápníku a kaseinu, zmíněné parametry ovlivňují funkční vlastnosti taveného sýra [2,3,22,25].

Praktickou výhodou výroby tavených sýrů je skutečnost, že do jejich surovinové skladby lze zahrnout i přírodní sýry s různými, především mechanickými vadami, které by nebylo možné uvádět do oběhu pro přímý prodej spotřebiteli. Kvůli zdravotní nezávadnosti finálního výrobku se nedoporučuje využívat přírodní sýry s mikrobiologickými vadami. Obzvláště nebezpečné jsou suroviny kontaminované plísněmi kvůli produkci mykotoxinů [1,30].

Mléčné proteiny jiné než přírodní sýr

Mléčné proteiny poskytují polotvrdou konzistenci taveného sýrového výrobku s nerozpadající se strukturou a dobrou krájitelností. Hlavním zdrojem bílkovin pro tavené sýrové analogy mléčného původu jsou kyselý a sladký kasein, kaseináty, sušené odstředěné mléko a syrovátkové bílkoviny. Obzvláště sladký kasein a kaseináty převládají ve výrobě díky svým funkcím (hydratace, emulzifikace tuku). Mezi další výhody sušeného kaseinu patří jeho chuť a stabilita při skladování [2,5,15,22,25,31].

Kyselý a sladký kasein se liší v technologii výroby a následně ve složení, sladký kasein se získává sladkým srážením za pomoci syřidla, kyselý kasein srážením za přídavku kyselin nebo bakterií mléčného kvašení, jejich produktem je kyselina mléčná. U sladkého i kyselého srážení dojde k zisku sraženiny, která se dále krájí a vytužuje. Následně propráním dochází k odstranění laktózy a dalších látek rozpustných ve vodě. Dalšími kroky jsou odstřeďování, sušení, mletí nebo lisování, a následně třídění dle velikosti částic [32-35].

Sladký kasein se používá ve výrobě častěji, využívá se pro výrobu blokových tavených sýrových produktů, protože obecně zvyšuje pevnost ve srovnání s kyselým kaseinem, zároveň má vyšší obsah minerálu a nižší schopnost vazby vody [5,31].

Kyselý kasein bývá také používán jako zdroj bílkovin při výrobě analogů tavených sýrů, využívá se hlavně pro výrobky s roztíratelnou konzistencí. Nejprve musí být pomocí alkalických činidel přeměněn na kaseinát (sodný nebo vápenatý). Nicméně při použití kyselého kaseinu jako hlavního zdroje bílkovin mohou finální výrobky zanechávat lepkavý pocit v ústech spolu s nepříjemnou pachutí [2,31].

Syrovátkové bílkoviny jsou levné zdroje bílkovin s vynikající nutriční hodnotou [36]. Jejich přídavek do tavené směsi ovlivňuje tuhost a sensorické vlastnosti finálních výrobků. Ke zvýšení tuhosti tavených sýrových výrobků dochází díky vzájemným interakcím syrovátkových proteinů a jejich interakcím s kaseinovými bílkovinami při zvýšené teplotě. Syrovátkové bílkoviny se používají jako látky zvětšující objem potraviny, tedy jako plnidlo [2,25,32].

Další možností aplikace mléčného proteinu jsou tzv. koprecipitáty. Skládají se jak ze syrovátkových bílkovin, tak i z kaseinových bílkovin. Výroba zahrnuje tepelné ošetření mléka na teplotu 80–95 °C, následuje srážení proteinů okyselením a přídavek CaCl_2 . Přídavek koprecipitátu způsobuje vzrůst tuhosti taveného sýra nebo taveného sýrového analogu. Je

možno jimi nahradit až 40 % kaseinu a finální výrobek bude stále vykazovat uspokojivou strukturu [22, 32-34].

Rostlinné proteiny

Nahrazením mléčných proteinů rostlinnými proteiny dojde ke snížení nákladů na surovinu, nicméně některé z rostlinných zdrojů mohou dodávat výrobkům charakteristické nežádoucí příchutě. Může docházet k potížím při vytváření žádoucí struktury sýra, protože rostlinné proteiny postrádají specifické vlastnosti kaseinů/kaseinátů. Mají tendenci mít větší molekulární velikost, vykazují složité kvartérní struktury. Na rozdíl od mléčných bílkovin jsou vystaveny komplexním interakcím se sebou samými a dalšími složkami potravinové matrice. Proto jsou často použity ve spojení s kaseináty [2,21,22,31].

Historie produktů podobným sýrům na bázi rostlinných bílkovin sahá již do Starověké Číny, kdy vyráběli sufu – fermentovaný sójový tvaroh. Publikace o produkci sójového mléka jsou zaznamenány v západní literatuře od roku 1911, a spolu se sójovou bílkovinou hraje v mlékárenském průmyslu důležitou roli. Mezi rostlinnými proteiny je sójová bílkovina jednou z velmi nutričně významných díky dobře vyváženému obsahu aminokyselin a mastných kyselin. Uvádí se, že biologická hodnota sójového proteinu je vyšší než u kaseinu, nicméně sensorická hodnocení sójových produktů ukazují, že se ve finálních výrobcích objevuje specifická chuť [15,21,22,37,38].

Dalším možným zdrojem bílkoviny pro analogy tavených sýrů je hrách, který má vysoký obsah proteinu. Se srovnáním se sójou vykazuje nižší iniciace pro vznik alergických reakcí, díky vysoké rozpustnosti umožňuje snadnější začlenění do potravin s vysokou vlhkostí. Objevují se nové metody sloužící ke zmírnění silné příchutě hrachu, která se často projevuje v sýrech [21,39].

Mezi další proteiny rostlinného původu zařazované do surovinové skladby tavených sýrových analogů patří např. škrob, rýžový protein, proteinové izoláty sóji, hrachu [15,21].

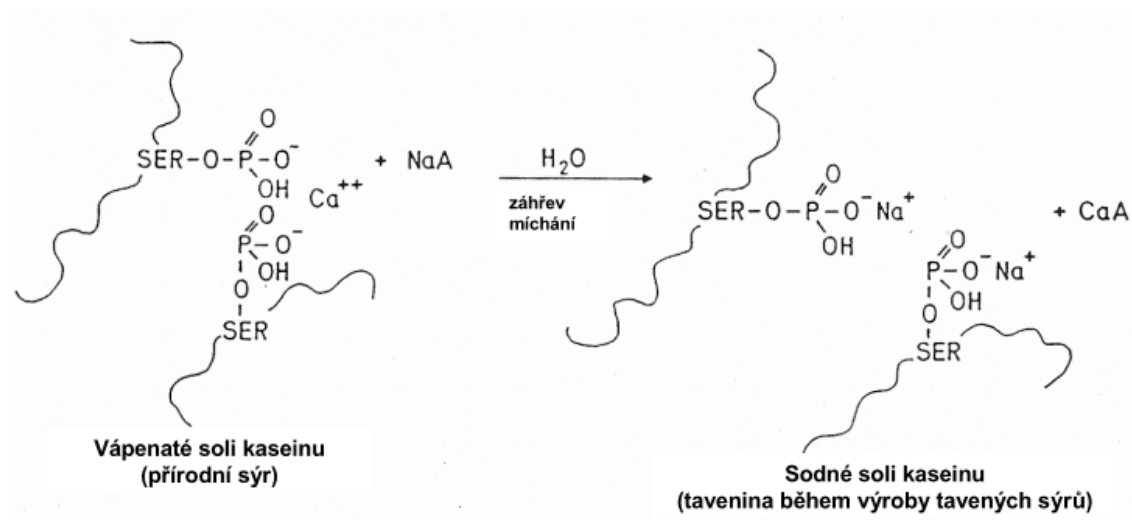
2.1.2 Tavicí soli

Tavicí soli jsou jedna z hlavních složek tavených sýrů a tavených sýrových analogů, jejich funkce při výrobě spočívá ve vytvoření homogenní emulze, která vznikne při zahřátí a míchání směsi za přítomnosti vody. Bez jejich přídavku by došlo ke sledu reakcí, které by měly za následek destrukci membrán pokrývající tukové kuličky a jejich následné roztání.

To by dále zapříčinilo spojování tukových kuliček do větších shluků nechráněných lipo-proteinovou membránou. Vyšší teplota a pH směsi v rozmezí 5,0 – 5,5 by měly za následek agregaci a kontrakci kaseinových bílkovin z přírodního sýra a uvolnění vody, což by vedlo k oddělení hydrofilní a hydrofobní fáze, tedy ke vzniku heterogenní směsi. Tavicí soli se při zpracování taveniny uplatňují při fyzikálně – chemických změnách sýra tím, že regulují pH, podporují uvolňování vápníku z kaseinu a celkovou změnou strukturálních a fyzikálních vlastností sýra, včetně disperze tukových kuliček [1,2,3,21].

Tavicí soli v anglické literatuře známy jako „emulsifying salts“ bývají někdy nesprávně označeny jako emulgátory, lepší pojmenování jsou emulgující činidla, protože v pravém slova smyslu o emulgátory jako povrchově aktivní látky nejde. Jejich klíčovou úlohou je upravit prostředí v tavené směsi, aby přítomné proteiny (zejména kaseiny, popř. jejich hydrolytické štěpy) mohly uplatnit své přirozené vlastnosti emulgátorů [1,3,21].

Kaseiny, popř. jejich hydrolytické štěpy prostřednictvím vápenatých můstků tvoří trojrozměrnou síť přírodního sýra (proteinovou matici). Přídavkem tavicích solí, přibližně 2 až 3 % hmotnostních z celkového produktu, dojde k odštěpení vápníku, který je vázán na proteinovou matici sýra. Dochází k výměně iontů vápníků za ionty sodíku, touto výměnou dochází ke zvýšení rozpustnosti kaseinu, kdy nerozpustné vápenaté soli jsou přeměněny na rozpustnější sodné soli [1,21].



Obrázek 1: Schématické vyjádření iontů sodíku za ionty vápníku při tavení přírodních sýrů (A- anion tavicí soli, SER- serinové zbytky [3])

Literatura uvádí požadavky, které by tavicí soli měly splňovat, aby byly co nejvhodnější pro použití při výrobě tavených sýrů. Tavicí sůl by měla být silným emulgačním činidlem schopným měnit roztavený sýr na hladkou, krémovou emulzi bez separace oleje. Při ochlazení by tato emulze měla ztuhnout na pevný sýr, zároveň by tavicí směs neměla být nepříznivě ovlivněna přítomností tavicích solí. Při skladování taveného sýry nesmí tavicí soli vykazovat žádnou tendenci krystalizovat. Tavicí soli by měly být lehce rozpustné a bez škodlivých látek [2].

Výrobcům tavených sýrů jsou průmyslové tavicí soli dodávány jako směsi několika látek, přičemž jejich přesné složení a míšící poměry jednotlivých složek jsou obchodním tajemstvím výrobců a dodavatelů tavicích solí. Výrobci směsi charakterizují pouze pomocí účinnosti tavicích solí v oblasti výměny iontů (vápenatých za sodné), krémování a úpravy pH [3,40].

V praxi se jako tavicí soli používají soli s vícenásobnými anionty (především fosforečnany, jejich polymery a citrany) a monovalentními alkalickými kovy (zejména sodíkem) [40,41].

Fosforečnany patří mezi soli odvozené od kyseliny trihydrogenfosforečné (H_3PO_4) a tvoří skupinu sloučenin, pro něž je společné to, že obsahují anion $(\text{PO}_4)^{3-}$. Rozlišujeme je na monomerní (jednoduché fosfáty) a polymerní (s vícečetnými) fosforečnany. Lépe jsou monofosfáty známé pod názvem ortofosforečnany. Z kyselých ortofosforečnanů za podmínek vysoké teploty a odštěpením vody kondenzátu vznikají polymerní fosfáty (kondenzované fosfáty). Polymerací se mohou účastnit i delší řetězce fosforečnanů za vzniku polyfosforečnanů, tedy polymery s více jak 2 fosfory v molekule. Pro výrobu tavených sýrů jsou nejdůležitějšími tavicími solemi polyfosforečnany s krátkým řetězcem (difosfáty a trifosfáty) a polyfosforečnany s dlouhým řetězcem (Grahamovy soli). Fosforečnany v tavených sýrových výrobcích podstatně ovlivňují vlastnosti kaseinových frakcí a jejich hydrolytických štěpů prostřednictvím úpravy prostředí, dále prostřednictvím reakcí, při nichž se naváží na bílkoviny, čímž dojde ke změně jejich vlastností. Mezi nejdůležitější funkce patří úprava pH prostředí, některé vykazují i pufrovací schopnost, dále klíčovou vlastnost pro tradiční výrobu tavených sýrů schopnost odštěpovat z prostředí a vázat na sebe monovalentní i polyvalentní kationty kovů. Dále vykazují během procesu tavení schopnost zvýšení vaznosti vody přítomných bílkovin, což je společně s ovlivnění tvorby gely jsou klíčové při utváření finální konzistence tavených sýrů. Je nutné také zmínit antimikrobní účinky fosforečnanů, jsou především vůči grampozitivním bakteriím, některým plísním a kvasinkám [1,2,40].

Citraty jsou soli kyseliny citronové, citrát sodný byla první tavicí sůl použita k výrobě tavených sýrů. Citrat trisodný je nejvíce využíván z řady citranů, jeho chování je podobné orthofosforečnanům. Má vysokou pufovací schopnost a je používán především ve směsích s jinými tavicími solemi – zejména polyfosforečnany [2,40].

Snížený obsah tavicích solí

V posledních letech existuje trend ve snižování obsahu tavicích solí z hlediska výživy kvůli obsahu sodíku, jak bylo uvedeno v kap. 1.2. Vzhledem k významné úloze tavicích solí každé snížení je nutno provádět s opatrností a musí zahrnovat úpravu jedné či dvou složek během výroby. Snížení obsahu tavicích solí má za následek ovlivnění jeho funkčních vlastností jako je pevnost a tavitelnost [15,42].

Obvyklá alternativa redukce sodíku je aplikace tavicích solí na bázi draslíku. Další možností je smíchání tavicích solí obsahujících draslík ve vhodném poměru se sodnými solemi bez narušení aktivity. Při použití draselných solí probíhá výměna vápníku za draslík, sekvestrace a hydratace vápníku para-kaseinem způsobená výměnou draslíku s vápníkem má za následek funkční a smyslové vlastnosti podobné tavenému sýru vyrobenému s tavicími solemi na bázi sodíku. Gupta et.al. [15] zhodnotili účinky tavicích solí na smyslové a texturní vlastnosti taveného sýra a dospěl k závěru, že tedy tavicí soli na bázi draslíku mohou nahradit tavicí na bázi sodíku. Byly však zaznamenány změny v některých vlastnostech taveného sýra, jako je zvýšení lomu, vyšší pevnost, nižší tavicí schopnost. Nicméně studie nezahrnují fakt, že draselné soli způsobují hořkost produktu, což je primárním omezením stupně substituce sodíku draslíkem. Existují studie zkoumající začlenění tzv. blokátorů hořké chuti do tavených sýrů s vysokým obsahem draslíku, a to arginin, kvasnicový extrakt a hydrolyzované rostlinné bílkoviny, které by maskovaly hořkou chuť [15, 21,43].

Další metodou nahrazení tavicích solí je použití tradičních emulgátorů, např. Tween 80, které přímo reagují s tukem, ačkoliv v této oblasti prozatím nebyl proveden rozsáhlý výzkum. V práci Carić a Kaláb [3] autoři uvádí, že lze nahradit až 50 % tradičních tavicích solí monoacylglyceroly bez ovlivnění výsledného produktu. Byly využity další emulgátory jako dodecylsulfát sodný, glycerol monostearát, u všech zmíněných se projevovalo zvýšení emulgace ve výrobku. Zároveň bylo prokázáno, že přídavek koprecipitátů mléčných bílkovin umožňuje snížení množství použitých tavicích solí. Nicméně použití emulgátorů oproti levnějším tavicím solím se pro výrobce nejeví jako ziskové a zároveň by na výrobku muselo

být uvedeno více složek, což může být jeden z aspektů při rozhodování při koupi u spotřebitelů [3,21].

Úspěšná aplikace hydrokoloidů jako náhrada tavicích solí v tavených sýrech a jejich analogích umožňuje mimo jiné snížení koncentrace sodíku, využití biologicky rozložitelných přírodních látek z obnovitelných zdrojů namísto fosforu, vývin nových výrobků s přínosem pro lidské zdraví. V roce 2000 Pluta et.al. [3] použili při výrobě vybrané hydrokolidy jako náhradu tradičních tavicích solí, konkrétně využili modifikovaný škrob, lokustovou gumu, xantanovou gumu a nízkometylovaný pektin. Poměrně uspokojivých výsledků dosáhli s modifikovaným škrobem a lokustovou gumou. Dále tavicí soli hydrokoloidy nahrazoval Schäffer et al. [3], nicméně autoři specifikovali pouze, že se jednalo o hydrokoloidy rostlinného původu a výrobky byly přijatelné pro spotřebu. Další práce se zabývaly aplikací nízkometylovaného pektinu (v kombinaci s lecitinem), lokustové gumy, modifikovaného škrobu, karagenanů (κ - a ι -karagenany) a kombinace dikarboxylových organických kyselin a jejich sodných solí jako náhrad tradičních tavicích solí. Ze studií vyplynulo, že při použití pektinu (ani v použití s lecitinem) nelze získat homogenní produkt, naopak makroskopicky (organolepticky) i mikroskopicky homogenního produktu bylo dosaženo při využití κ -karagenanu Černíková et al. [3,44].

2.1.3 Tuky a oleje

Přítomnost tuku v tavených sýrech a analogích podstatně ovlivňuje proces krémování a tím tedy výslednou konzistenci, nicméně jeho absence nezabrání procesu krémování jako takovému. Jeho vliv zejména na tuhost a roztíratelnost je vysvětlována schopností mléčného tuku narušit kontinuitu a kompaktnost proteinové matrice [2,3,15].

Přibližně 90 % tuku v tavených sýrech pochází z přírodního sýra, i přesto vyžadují doplňkové přidání tuku, aby došlo k zajištění uspokojivé struktury a smyslových vlastností. V tavených sýrech se používají především mléčné tuky jako máslo, smetana. U analogů zejména nemléčného původu dochází k nahrazení mléčných tuků nejčastěji rostlinnými oleji, typicky sójový olej, palmový olej a řepkový olej a jejich hydrogenovaných forem. Rostlinné tuky přináší funkční přínosy, snížení nákladů a zdravotní výhody. Společným výsledkem většiny studií zaměřených na nahrazování mléčných tuků rostlinnými je, že oleje lišící se složením mastných kyselin ovlivňují jeho fyzikálně-chemické vlastnosti, což následně ovlivňuje texturní vlastnosti tavených sýrových výrobků [12,15,21,25,41].

Přímá náhrada nasycených tuků nenasycenými může negativně ovlivnit organoleptické vlastnosti, protože je prokázáno, že nasycené tuky poskytují pevnější konzistenci, zatímco výrobky z rostlinných tuků jsou výrazně měkčí. Existují techniky vedoucí ke ztužování nenasycených olejů, jako je interesterifikace, hydrogenace či organogelace vedoucí ke vzniku oleogelů [45]. Studie autorů Grimaldi, Alcântara, Viotto [15] ukázala, že použití částečně hydrogenovaného sójového tuku s teplotou tání 36 °C, místo máslového oleje s teplotou tání 34 °C vede k roztíratelné konzistenci analogu taveného sýra [15].

Od 90. let se začala rozvíjet výroba výrobků s nízkým obsahem tuku. Při výrobě takových produktů je nutno vzít v úvahu, že dojde k změně chuti a textury. Při redukci tuků dojde k zpevnění proteinové matrice a k snížení tekutosti při tavení, což vede k tvrdé a drobné struktuře. Miur et.al. [6] se zaměřili na smyslové vlastnosti tavených sýrů se sníženým nebo nízkým obsahem tuku. Uvedli, že snížené množství tuku vede k snížení smetanovosti, zvýšení kyselosti a hořkosti tavených sýrů. Zároveň se zvýšila zrnitost a lepkavost. Nedávné výzkumy se zaměřily na nahrazení tuku za účelem získání produktu s přijatelnou strukturou, chutí a funkčními vlastnostmi. Dosud žádná surovina nenahradí vlastnosti tuku, nicméně jsou náhražky jako jedny z alternativ pro jedince s nízkokalorickou dietou [6,15].

2.1.4 Další suroviny

Do surovinové skladby tavených sýrů i tavených sýrových analogů jsou většinou přidávány i další suroviny ať už z technologických, funkčních nebo sensorických vlastností, např. hydrokoloidy, regulátory kyselosti, konzervační látky. Přídavek tvarohu zajistí zvýšení tukuprosté sušiny, taktéž se přidává do směsí obsahující velmi zralé přírodní sýry za účelem dodání kaseinu. Pro zvýšení obsahu je možné přidávat smetanu, která může výrobek zároveň příjemně zjemnit. Při výrobě produktů s nahrazenými tradičními surovinami často výrobci využívají přídatné látky na bázi hydrokoloidů, jejich cílem je zlepšit vaznost vody a stabilizovat konzistenci. Masová složka, žampiony či zelenina apod., tedy přísady ovlivňující chuť a barvu se přednostně uplatňují u tzv. sýrů s příchutí [1,2,15,44].

Regulátory kyselosti jako kyselina citronová, kyselina mléčná, kyselina fosforečná, kyseliny adipová, kyselina jablečná nebo kyselina octová se se obecně přidávají na konci výroby tavených sýrových analogů, jejich přidáním se sníží hodnota pH z rozmezí 8,0 – 9,0 na průměrné hodnoty 6,0 – 6,6 tedy hodnoty typické pro tavené sýry, hodnoty se nicméně mohou lišit v závislosti na aplikaci konečného výrobku. Vedle antimikrobních účinků, okyselení směsi přispívá také ke zlepšení chuti. Nejčastěji používanými jsou kyselina ci-

tronová a mléčná, používají se v koncentraci 0,2-1,0 %, přídavek i koncentrace záleží na typu kyseliny [2,15].

2.2 Příprava směsi určené k tavení a vlastní proces tavení

Přírodní sýry jsou zbaveny obalového materiálu, prochází kontrolou kvality, následně se dle stanovené receptury jednotlivé složky naváží. Sýrové bloky rozřežou na menší částice a obvykle i rozmělní pro usnadnění tavby, kdy zvýšení povrchové plochy umožňuje lepší interakci ať už s přidanými složkami nebo vodou, následně i přenos tepla to směsi při samotné tavbě [2,3,46,47].

Připravená a rozmělněná směs je dopravena k tavicímu kotli, který se liší v závislosti na způsobu výroby sýra (diskontinuální nebo kontinuální), typu používaných míchacích systémů a mechanismu ohřevu (nepřímé vytápění nebo přímé vstřikování páry do kotle). Dochází k promíchání rozmělněného taveného sýra s dalšími surovinami (máslo, voda, tavicí soli apod.). Spádovými trubkami, šneky, čerpadly, popř. ručně dochází k nadávkování surovin do tavicích kotlů, které se následně uzavřou a dochází k samotnému procesu tavení. [1,3,25,48].

Tavení je obecně proces s fyzikálně-chemickým charakterem vyvolávající změny v koloidním a disperzním stavu sýrové hmoty, který nezpůsobuje degradační změny bílkovin [49]. Tavba může probíhat za sníženého tlaku (0,04 – 0,50 MPa), který zajišťuje částečné vakuum, aplikace podtlaku může regulovat úroveň vlhkosti a nepřítomnost pachů a vzduchu, který by v konečných produktech mohl tvořit vzduchové bubliny. Během krátkého časového úseku dojde ke zvýšení teploty na tzv. tavicí teplotu, která je udržována zpravidla několik minut, přičemž zvolená doba závisí na použité tavicí teplotě a požadované konzistenci [1,2,3,25,48,50].

Teplota tavení je uváděna různě, obecně lze najít široké rozpětí 70 až 120 °C v závislosti na výrobcí, typu použitého zařízení k tavení a v neposlední řadě vyráběného druhu výrobku. U diskontinuálního tavení jsou využívány pasterační teploty 80-95 °C po dobu 5-15 minut, přičemž doba výdrže samotné tavicí teploty je 1-3 minuty. U novějšího způsobu výroby tavených sýrů, tedy kontinuálního je aplikován proces sterilace, tavení probíhá při teplotách v rozmezí 130-145 °C pouze po dobu několika sekund v tenké vrstvě. Poté dochází k vymíchávání směsi pro dosažení krémování. Vyšší teploty zajišťují delší trvanli-

vost konečných produktů usmrcením nežádoucí mikroflóry, která se může vyskytovat v přírodních sýrech [32,34,51-54].

Vzniklá tavenina by měla být lesklá, hladká, nemělo by docházet k uvolňování kapek tuku, musí mít požadovanou viskozitu, nesmí se „trhat“ ani lepit na obal [34].

Bylo již uvedeno, že technologie výroby tavených sýrových analogů se velmi neliší od technologie výroby tavených sýrů. Literatura charakterizuje proces následovně. Pořadí přísady složek se liší v závislosti na konstrukci zařízení, druhu složek, parametrech výroby. Obecně se do nejprve dávkuje suché přísady (kasein a jeho deriváty syrovátkové bílkoviny, tavicí soli, hydrokoloidy) a voda. Směs se zahřívá přímým ohřevem na teplotu $\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a míchá po dobu 2-3 minut. Následuje přidání tuku (sójový olej, palmový olej nebo řepkový olej) a směs se zahřeje na teplotu $\sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ a takto se za stálého míchání udržuje po dobu 5 až 8 minut, následně dochází k vytvoření horké roztavené hmoty. Po přidání regulátorů kyselosti a aromatizujících látek dochází k vytváření a formování struktury během chlazení. Podmínky tavení jako čas a teplota mají vliv na funkční vlastnosti a trvanlivost konečného produktu [1,2,15,32].

2.3 Balení taveniny, její chlazení a další zpracování

Horká utavená směs je automaticky dávkována do vhodných obalů, teplota při plnění by neměla poklesnout pod $65\text{-}70\text{ }^{\circ}\text{C}$, tím dochází k zabránění mikrobiální kontaminace a je zajištěna nižší viskozita [3,34,55].

Tavenina se formuje a balí do klasické hliníkové folie s nátěrem, aby hliník nepřicházel do styku s potravinou nebo do plastových různě tvarovaných obalů, kelímků atp. Vychlazený sýr se skladuje při teplotě $4\text{-}8\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3,56].

3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ REOLOGICKÉ VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH ANALOGŮ

Vědní obor reologie má původ v řečtině, její doslovný překlad je věda o toku. Zabývá se studiem proudění a deformací látek, zejména jejich chování v přechodové oblasti mezi pevnými látkami a kapalinami. Navíc se pokouší definovat vztah mezi napětím působícím na daný materiál a výslednou deformací nebo tokem, ke kterým dochází. Reologické vlastnosti jsou určeny měřením síly a deformací jako funkce času. Reologické chování hraje významnou roli v řadě technologických operacích při zpracování potravin [57-60].

Z hlediska materiálové inženýrství lze tavený sýr označit jako viskoelastický materiál, neboť není jenom výhradně elastický (jako ideální pevná látka) ani čistě viskózní (jako ideální kapalina). V důsledku této charakteristiky jsou funkční vlastnosti tavených sýrových výrobků definovány jako vlastnosti, které řídí jeho deformaci a chování proudění při vystavení vnějším silám [25]. Reologické vlastnosti tavených sýrů a potažmo i tavených sýrových analogů jsou důležitým nástrojem pro studium a identifikaci strukturních a texturních vlastností. Tvrdost, tavitelnost a rovnoměrný tok směsi při tavení patří mezi některé z důležitých a žádoucích funkčních a reologických vlastností taveného sýra. Termín tavitelnost se používá nejčastěji k definování funkčnosti sýra, je popsán jako rozsah toku roztaženého sýra a jeho rozprostření při zahřívání. Reologie se zabývá deformací vzorků tavených sýrových výrobků za použití různých druhů přístrojů neboli jak materiály reagují na použité síly a deformace. Výsledky analýz slouží k pochopení vlivu složení surovinové skladby, procesu výroby a skladování na reologické vlastnosti tavených sýrových výrobků [57,61,62].

Na reologické vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů má vliv složení surovinové směsi, např. vliv obsahu sušiny/vlhkosti, obsah tuku a proteinů, různé složení tavicích solí a jejich koncentrace, stupeň prozrálости přírodního sýra, použití hydrokoloidů a jejich koncentrace, vliv hodnoty pH taveniny, koncentrace iontů vápníků a fosfátů. Zmíněné vlivy jsou intenzivně studovány, zatímco vliv procesních parametrů je studován ojediněle [3,63,64].

3.1 Vliv surovinové skladby

3.1.1 Obsah vlhkosti/sušiny, proteinů, tuků

Existuje pouze několik prací zabývajících se vlivem proteinů a tuků na vlastnosti tavených sýrů. Studie Lee et. al [65] zkoumala vliv obsahu proteinu (10-20 % w/w) a obsahu tuku (0-40 % w/w) na viskoelastické vlastnosti modelových vzorků tavených sýrů, dospěli k závěru, že s rostoucím obsahem proteinu a klesajícím obsahem tuku tuhost tavených sýrů roste, přičemž byl zjištěn významnější vliv obsahu proteinu ve srovnání s obsahem tuku [3,65].

Studie z roku 2012 od autora Solowieja [66] zkoumala vliv proteinu s tukem v tavených sýrových analogích s kyselým kaseinem jako zdrojem bílkovin. Tvrdost analogu vzrostla se zvyšováním množství kaseinu a sníženým obsahem tuku, ale při velmi vysokých hodnotách kaseinu a velmi nízkých hodnotách tuku došlo k výraznému snížení tvrdosti. Guinee a O'Callaghan [3] se zaměřili na vliv obsahu bílkovin a tuku při stejném obsahu tavicích zvýšeným obsahem bílkovin, zároveň došlo k snížení tavitelnosti při použití vysokých teplot (170 °C a 240 °C). Další ze studií zabývajících se vlivem obsahu složek na konzistenci tavených sýrů dochází k závěru, že se zvyšuje tuhost vzorků s klesajícím obsahem tukuprosté sušiny [3,67].

Voda napomáhá při rozpouštění tavicích solí, hydrataci proteinů a dispergování složek, snižuje tvrdost a pevnost taveného sýra, zároveň zlepšuje tavitelnost směsi. Nevýhodu taveného sýra s vysokým obsahem vody je jeho náchylnost ke zkáze. Analýza vody, či analýza obsahu sušiny je jedním z důležitých kritériích kontroly kvality finálního výrobku, neboť změny vlhkosti mohou ovlivnit texturní vlastnosti a životnost taveného sýra [65,68].

3.1.2 Vliv prozrálости přírodního sýra

Množství, stáří a složení přírodního sýra výrazně ovlivňují strukturu a chuť taveného sýra. Během procesu zrání přírodních sýrů je bílkovinná složka hydrolyzována na peptidy a část i na volné aminokyseliny, dochází k proteolýze kaseinu činností systémů enzymů přítomných kyselých i nekyselých bakterií mléčného kvašení, dále díky enzymům vykazujícím zbytkovou aktivitu nativních enzymů mléka a syřidla. Poměr zhydrolyzovaného a nerozštěpeného (intaktního) kaseinu je významný parametr ovlivňující konzistenci tavených sýrů. Obsah zhydrolyzovaného kaseinu se zvyšuje v přírodním sýru během skladová-

ní, použitím vyžrálejšího sýru získáváme jemnější produkt s roztíratelnější konzistencí, směs je lépe tavitelná a výrobek má plnější chuť, nicméně může vykazovat horší stabilitu a tvorbu příliš ostré chuti. Naopak tavený sýr vyrobený z neprožralé suroviny vykazuje pevnější a pružnější strukturu, zároveň i výroba z těchto sýrů je nákladově efektivnější, nicméně zařazení vysokého množství neprožralého sýra vede k horší tavitelnosti, možnosti vzniku gumovitého produktu s prázdnější chutí. Chuť taveného sýra při použití méně vyžralého přírodního sýra lze zlepšit použitím enzymově modifikovaného sýra, který přispívá k intenzivnější chuti, udává se, že intenzita chuti 15 až 30x vyšší než u běžného sýra, a to při zrání již během 1-3 dnů [1,2,22,69].

V praxi dochází ke kombinaci výhod jak vyžralých, tak nevyžralých sýrů. tzv. blokové tavené sýry vykazující dobrou řeznost a pružnost jsou vyrobeny převážně z nezralých sýrů, zatímco středně zralé až zralé sýry se využívají k výrobě roztíratelných výrobků [1-3].

3.1.3 Vliv obsahu směsi tavicích solí

Selekce vhodných tavicích solí je jedním z důležitých kroků při výrobě tavených sýrů. V praxi se obvykle používá směs tavicích solí. Stanovení konkrétní skladby pro konkrétní tavený sýr není jednoduché, nicméně existuje řada faktorů na, kterých je výběr a složení tavicí směsi závislý, zejména:

- *konkrétní surovinové skladbě* (druh a stupeň prožralosti přírodního sýra, zastoupení tvarohu, reworku a dalších složek),
- *cilové složení* (pH, obsah mléčných bílkovin a nemléčných složek)
- *typ taveného výrobku* (požadované vlastnosti, především konzistence),
- *výrobní podmínky* (typ výrobního zařízení, míchání, doba a teplota tavení, způsob dopravy taveniny k balicím strojům a technologie balení, průběh chlazení taveniny apod.)

Přičemž pro méně prožralé sýry je nutný vyšší přídavek tavicích solí, protože obsahují více intaktního kaseinu a nerozpustného vápníku ve srovnání s více prožralými sýry. Použití různých kombinací tavicích solí (mono-, di – a polyfosforečnanů) vede k produkci tavených sýrových výrobků s různou konzistencí (od snadno roztíratelných až po tuhé) a různými funkčními vlastnostmi. Dalším faktorem při výběru tavicích solí je často i jejich cena [2,40,70].

Zvýšení koncentrace tavicích solí (u všech typů) snižuje tavitelnost a zvyšuje pevnost tavených sýrů při stejném pH. Výše zmíněnou skutečnost dokazuje práce autora Buňka et al. [3], ze které vyplývá, že v intervalu 2,0 – 3,0 % (w/w) tavicích solí roste tuhost modelových vzorků se zvyšující se koncentrací tavicích solí. Tyto jevy jsou způsobeny zvýšenou disperzí kaseinu během tavení a větší homogenizací tuku, která při chlazení vytváří strukturu taveného sýra [2,3,22].

Ve studii Shirashoji et al. [71] o účinku typu tavicí soli na plátkové tavené sýry s použitím 4 tavicích solí: citratu trisodného (TSC), ortofosforečnanu sodného (DSP), hexametfosforečnanu sodného (SHMP) a pyrofosforečnanu tetrasodného (TSPP) v koncentraci 2,5 % bez úpravy pH. Výsledky texturního hodnocení ukázaly, že tavený sýr vyrobený pomocí DSP a SHMP měl spíše kašovitou a drobnou texturu, zatímco tavený sýr vyrobený s TSPP vykazoval tuhou a gumovitou strukturu. Studie autora Fox et al. [71] zjistila, že citráty slabě váží vápník a vykazují nízkou schopnost tvořit stabilní disperze koloidních částic ve vodě, naproti tomu nové studie ukázaly, že TSC má vysokou schopnost chelatace vápníku a vysokou peptizaci kaseinu.

Bylo již uvedeno, že se v průmyslu využívají vícesložkové směsi tavicích solí, nicméně až během několika posledních let bylo provedeno několik studií, které by se touto tematikou zabývaly. Práce El-Bakry et al. [3] se zabývala vlivem směsi TSC a DSP na vlastnosti tavených sýrů, z uvedené studie vyplynulo, že tvrdost tavených sýrů se zvyšuje s rostoucím obsahem TSC na úkor DSP [3,22,72].

Další práce (např. Awad et al. 2002; Weiserová et al., 2011; Buňka et al., 2012, 2013) dokazují, že složení binárních a ternárních směsí tavicích solí fosforečnanů mají vliv na texturní vlastnosti tavených sýrů. Ve studiích byl stanoven specifický poměr fosforečnanu disodného k difosforečnanu tetrasodnému (přibližně 1:1 a 3:4), při kterém tvrdost tavených sýrů rostla, soudržnost a přilnavost se snížily. Vliv tohoto specifického poměru se snížil s rostoucím relativním množstvím sodné soli polyfosfátu, v případě, že množství přesáhlo 60 %, vliv specifického poměru se stal zanedbatelným [72].

3.1.4 Vliv pH

Hodnota pH přírodního sýra a následně taveniny významně ovlivňuje konzistenci a stabilitu finálního výrobku, čím více se jeho hodnota blíží izoelektrickému bodu kaseinů (uzančně pH \approx 4,6) tím dochází ke snížení náboje na proteinech, vyrovnává se intenzita kladných

a záporných nábojů a tím intenzivnější jsou intermolekulární interakce bílkovin, projevující se agregací proteinů a sníženou vazností vody. Tavené sýry s nízkým pH jsou tuhé až drobné, a suché. Tyto projevy můžeme pozorovat při použití např. feta sýrů, který se řadí ke kyselým sýrům s hodnotou pH mezi 4,6 – 4,9. Naopak při vyšší hodnotě pH dochází ke snížení elektrostatických interakcí, roste negativní náboj proteinů, což zapříčiňuje jejich odpuzování. Výrobky jsou schopny vázat více vody, jsou velmi měkké až rozbředlé, zároveň u nich nastávají častěji problémy s minimální dobou trvanlivosti. Při hodnotách pH v rozmezí 5,6 – 6,0 se tavenina vyznačuje tvorbou homogenní sítě s rovnoměrnou distribucí tukových kuliček a je optimální pro rozdíratelné tavené sýry. Z výše uvedeného vyplývá, že posunu hodnot pH lze využívat pro výrobu některých specifických výrobních skupin. U blokových či krájitelných tavených sýrů se hodnoty pH pohybují na úrovni 5,0 – 5,5, vyšší hodnoty pH 6,5 – 7,0 se využívají u tavených sýrových omáček [1,2,3,25,71,73].

3.1.5 Hydrokoloidy

Mezi velmi rozmanitou skupinu polymerů patří hydrokoloidy, které se vyznačují dlouhým řetězcem hydroxylových skupin, což z nich činí hydrofilní sloučeniny se schopností vytvářet viskózní roztoky, pseudogely nebo gely ve vodě. Hydrokoloidy mohou být sacharidického nebo proteinového typu, nativní či modifikované škroby, karagenany, různě esterifikované pektiny, lokustová guma a další se řadí mezi hydrokoloidy na bázi polysacharidů. Mezi bílkovinné hydrokoloidy patří např. želatina, sérové bílkoviny, kasein a jeho soli apod. Oba typy hydrokoloidů se aplikují k zahuštění a stabilizaci produktů, v zpracovávaných potravinách mají velmi široké uplatnění tím, že zlepšují viskozitu a strukturu. Potravinové hydrokoloidy jsou často využívány u výrobků se sníženým obsahem tuku pro kompenzaci fyzikálně-chemických změn způsobených právě redukcí tuku [3,25,71,73,75,76].

Při výrobě tavených sýrů a tavených sýrových analogů se hydrokoloidy používají hojně. Hlavní funkcí hydrokoloidů v tavených sýrech je vazba vody, poskytování vhodné viskozity tedy zahušťování produktu a zlepšení pocitu v ústech při konzumaci, proto mají vliv na texturní vlastnosti taveniny. Jejich výběr do surovinové skladby tavených sýrů závisí na faktorech jako rozpustnost, hydratační chování, dispergovatelnost, slučitelnost s mléčnými proteiny a dalšími látkami a optimální rozmezí pH [3,25].

Hydrokoloidy na bázi polysacharidů jsou spolu s tavicími solemi v analogích tavených sýrů klasifikovány jako stabilizátory. Polysacharidy jsou přítomny v mnoha potravinách a

obecně přispívají k jejich struktuře, textuře a stabilitě. Gustav a Mleko [77] použili xantanovou gumu, κ -karagenan, lokustovou gumu a jejich směsi k úpravě texturních vlastností tavených sýrových analogů obohacených o izolát syrovátkového proteinu. Jejich závěrem bylo, že zvýšená koncentrace směsi κ -karagenanu a polysacharidů zvýšila pevnost a snížila lepidivost tavených sýrových analogů. Hydrokoloidy se běžně vyskytují v surovinových skladbách tavených sýrů a tavených sýrových analogů s vysokým obsahem vody a nízkým obsahem proteinů, slouží tedy jako náhražky proteinů. Vhodné kombinace hydrokoloidů a jejich koncentrace jsou nezbytné pro zajištění požadovaných vlastností jako krájitelnost a roztíratelnost. Zároveň vykazují vysokou vaznost vody a produkt stabilizují [15,77].

Často používanými hydrokoloidy na bázi polysacharidů jsou přírodní a modifikované škroby, karagenan, pektin, xantanová a lokustová guma [27].

3.2 Vliv procesních parametrů a skladování

Podmínky při výrobě tavených sýrů jako je tavicí teplota, doba tavení, rychlost při míchání a rychlost chlazení mají významný vliv na výsledné funkční vlastnosti tavených sýrů. Existuje pouze několik studií zabývajících se vlivem procesních parametrů na reologické vlastnosti tavených sýrů a tavených sýrových analogů. Výsledky jsou navíc v mnoha případech protichůdné, jako důvod nesouladu se jeví použití různých druhů typů tavených sýrů (bloky, pomazánky, analogy tavených sýrů), odlišná surovinová skladba, různý obsah sušiny, tuku apod. při jednotlivých studiích [3,25,64,78].

Vlivem teploty tavení se zabývá studie Lee et al. [3], kdy tavený sýr vyráběli při 4 různých teplotách (80,100,120 a 140 °C), zjistili, že s rostoucí teplotou vzrostla pevnost tavených sýrů. Buňka et al. [3] uvádí, že dochází obvykle k zvýšení tuhosti při zvyšování tavicí teploty obecně do 100 °C.

Bowland a Foegeding [3] se zaměřili na vliv doby tavení (10, 20, 30 minut) suroviny při 80 °C a konstantní rychlosti míchání na konzistenci blokových tavených sýrů, konstatovali, že síla gelu v konečném produktu vzrostla s delší dobou tavení. Naproti tomu studie z roku 2000 od autora Swenson et al. [3] došla k závěru, že s prodloužením doby tavení se snižuje pevnost tavených sýrů. Jejich experiment byl proveden s nízkotučnou tavenou sýrovou pomazánkou s dobou tavení 0-20 minut při teplotě 75 °C a konstantní rychlosti míchání. Černíková et. al. [78] také zaznamenala zvyšování tuhosti tavených sýrů s prodlužující se dobou výdrže.

Objevují se i studie zaměřené na vliv procesních parametrů na tavené sýrové analogy. Dle Kapoora a Metzgera [78] zvýšení teploty a doby tavení zvyšuje tvrdost a pevnost tavených sýrových analogů, přičemž ale snižuje jejich tavitelnost. Snížení tavitelnosti při prodloužení doby tavicího procesu dokládá práce Kuo et al. [3]. Vlivem parametru různého počtu otáček na imitace tavených sýrových bloků se zabývali Noronha et.al [79]. Výsledky ukazují, že se zvyšujícím se počtem otáček roste tuhost finálního výrobku, zvyšuje se kohezivnost, taktéž roste elastický modul G' , zároveň dojde ke zmenšení velikosti tukových kuliček.

Na vliv rychlosti chlazení na texturu a reologické vlastnosti tavených sýrů za použití směsí tvrdých a polotvrdých sýrů holandského typu se zaměřili Piska a Štětina [25]. Produkty ochlazovali po dobu dvou různých časů, pomalé chlazení (tavený sýr dosáhl teploty 20 °C za přibližně 50 hodin) a rychlé chlazení (tavený sýr byl ochlazen na teplotu 20 °C za méně než hodinu). Zjistili, že tavený sýr ochlazován pomalu je výrazně pevnější, naproti u rychle zchlazeného sýra byla pozorována lepší roztíratelnost, měkká konzistence a vyšší lepka-vost k hliníkové fólii [64].

Během skladování tavených sýrů může docházet k polymorfizmu mléčného tuku a pokračujícím změnám jeho krystalické formy, mírnému snížení hodnot pH, hydrolýze tavicích solí, tyto jevy mají za následek mírné tuhnutí tavených sýrů [3].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem práce bylo studium vlivu přídavku proteinu (globinu) a polysacharidu (xantamové gumy) na vybrané vlastnosti modelových vzorků tavených sýrových omáček. Práce byla rozčleněna na dílčí cíle:

- Vyrobit modelové vzorky tavených sýrových omáček o obsahu sušiny 30 % (w/w) a obsahu tuku v sušině 40 % (w/w) s přídavky globinu a xantamové gumy v koncentracích 0,5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,0 % (w/w),
- Provést základní chemickou analýzu u vzorků v podobě stanovení obsahu sušiny a hodnot pH v 1. a 14. den po výrobě, zhodnotit stabilitu vzorků v 7. den po výrobě,
- Pomocí dynamické oscilační reometrie a texturní profilové analýzy sledovat vliv přídavku xantamové gumy a globinu na reologické a texturní vlastnosti tavených sýrových omáček,
- Interpretovat výsledky a stanovit závěry.

5 METODIKA PRÁCE

K provedení experimentu byly vyrobeny, dle stanovené surovinové skladby, 4 řady skládající se z 16 variant modelových vzorků tavených sýrových omáček s obsahem sušiny 30 % (w/w) a obsahu tuku v sušině 40 % (w/w).

K základním surovinám byl přidán protein v podobě globinu a polysacharid xantanová guma. Ke vzrůstajícím koncentracím globinu 0, 5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,0 % (w/w) byla přidána xantanová guma v koncentracích 0, 5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,0 % (w/w). Řady vzorků jsou prezentovány v přehledné tabulce 2.

Tabulka 2: Modelové vzorky tavených sýrových omáček

	I. řada	II. řada	III.řada	IV.řada
Globin	0,5 % (w/w)	1,0 % (w/w)	1,5 % (w/w)	2,0 % (w/w)
Xantanová guma	0,5 % (w/w); 1,0 % (w/w); 1,5 % (w/w); 2,0 % (w/w).	0,5 % (w/w); 1,0 % (w/w); 1,5 % (w/w); 2,0 % (w/w).	0,5 % (w/w); 1,0 % (w/w); 1,5 % (w/w); 2,0 % (w/w).	0,5 % (w/w); 1,0 % (w/w); 1,5 % (w/w); 2,0 % (w/w).

Modelové vzorky tavených sýrových omáček byly po výrobě uchovány při teplotě 6 ± 2 °C a následně podrobeny základní chemické, reologické a texturní analýze. Chemická analýza zahrnovala měření pH a stanovení obsahu sušiny. Sledování texturních a reologických vlastností bylo pomocí texturní profilové analýzy zaměřené na sledování tvrdosti, kohezivnosti a relativní lepivosti vzorku, a dynamické oscilační reometrie. Zmíněná stanovení byla provedena 1. a 14. den po výrobě. Byl proveden i test stability a tepelné stability vzorků tavených sýrových omáček, a to 7. den po jejich výrobě.

5.1 Výroba modelových vzorků

Pro výrobu vzorků modelových tavených sýrových omáček byly použity následující suroviny:

- přírodní sýr eidamská cihla [7-týdenní zralost; obsah tuku v sušině 30 % (w/w), 50 % sušiny, výrobce: LACRUM Velké Meziříčí, s.r.o., Česká republika],

- máslo [obsah tuku v sušině 82 % (w/w), 84 % (w/w) obsah sušiny, výrobce: MADETA, a.s., Česká republika],
- pitná voda,
- směs tavicích solí [jejich poměrové zastoupení: 60 % polyfosforečnan sodný (HEXA 68), 30 % hydrogenfosforečnan sodný (DSP), 10 % difosforečnan tetrasodný (TSPP), výrobce: FOSFA, a.s., Břeclav, Česká republika],
- xantanová guma [v množství 0,5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,0 % (w/w), výrobce: SIGMA-ALDRICH, s.r.o., Česká republika],
- VEPRO 95 HV globin [v množství 0,5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,0 % (w/w), výrobce: VEOS, Belgie].

Výroba modelových vzorků tavených sýrových omáček byla provedena na Ústavu technologie potravin, Fakulty technologické, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně pomocí zařízení Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Německo). Nejprve byl přírodní sýr nakrájen na kostky o hraně cca 2 cm, následně byl vsypán do výrobničku, kde došlo pomocí nožů k jeho rozemletí při 3000 ot./min. K takto nasekanému sýru byly následně přidány další suroviny, a to máslo, směs TS, xantanová guma ve zvolné koncentraci a voda. Za pomoci řádně upevněného víka, vývěvy a uzavřeného odvodušňovacího ventilu byl vytvořen podtlak, jeho aplikace byla zvolena k regulaci úrovně vlhkosti a zamezení přítomnosti pachu a tvorbě vzduchových bublin. Následně byla směs tavena při 1500 ot./min. Po uplynutí 6 minut byl přidán globin. Poté proces pokračoval již zmíněným způsobem dalších 6 minut. Tavicí teplota 90 °C byla po dobu 1 minuty. Utavená směs byla dávkována do polypropylenových kelímku, které byly zažehleny hliníkovými víčky a náležitě označeny. Kelímky s modelovými vzorky tavených sýrových omáček byly postupně zchlazeny a skladovány při teplotě 6 ± 2 °C do okamžiku probíhajících analýz.

5.2 Chemická analýza

Základní chemická analýza modelových vzorků se skládala ze stanovení pH a celkové obsahu sušiny, odběrovými dny byl 1. a 14. den po výrobě.

5.2.1 Stanovení pH

Hodnoty pH byly naměřeny pomocí vpichového pH metru (Spear Eutech – pH tester s vpichovou elektrodou, Eutech Instrument, Nizozemsko) při laboratorní teplotě 22 ± 1 °C.

Elektroda kalibrovaného pH metru byla šestkrát vsunuta do různých a náhodně vybraných míst kelímku, k opakování došlo zejména kvůli možnosti vnesení odchylek a faktorů, které by mohly pH modelových vzorků ovlivnit, ať už při výrobě, skladování či samotných analýzách.

5.2.2 Stanovení celkového obsahu sušiny

Celkový obsah sušiny byl u všech modelových vzorků tavených sýrových omáček proveden dle normy ČSN EN ISO 5534:2004 [80]. Nejprve byly na analytických váhách s přesností na čtyři desetinná místa do hliníkové misky naváženy přibližně 3 g vzorku tavené sýrové omáčky. Navážka v misce byla pomocí skleněné tyčinky promíchána s již předem vysušeným a následně ochlazeným křemenným pískem na laboratorní teplotu. Hliníková miska s pečlivě promíchaným obsahem byla vložena do sušárny, ve které proběhlo sušení při teplotě 102 ± 2 °C do konstantního úbytku hmotnosti. Misky byly uloženy do exsíkátoru, kde došlo k jejich ochlazení, následně byla jejich hmotnost odečtena pomocí analytických vah. Takto bylo postupováno 4x u každého ze vzorků.

Obsah celkové sušiny WS vyjádřený v procentech hmotnosti byl vypočten dle následujících vztahů:

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} * 100$$

$$WS = 100 - w$$

kde:

w ... obsah vody v [% (w/w)]

m_0 ... hmotnost hliníkové misky s křemenným pískem [g]

m_1 ... hmotnost misky s navážkou vzorku a pískem před sušením v [g]

m_2 ... hmotnost misky s navážkou vzorku a pískem po sušení [g]

WS ... obsah sušiny [% (w/w)] [81].

5.3 Test stability

Test stability byl proveden dle studie Nikzade et al. [82], kdy bylo 15 g modelového vzorku tavené sýrové omáčky (F_0) naváženo s přesností na 4 desetinná místa do plastové zkumavky a utěsněno víčkem. Zkumavky byly na 20 minut vloženy do centrifugy (EBA 21 Hettich Zentrifugen, Huttlingen, Německo) při 6000 ot. /min. Sediment byl zvážen (F_1) a stabilita (S; % w/w) byla stanovena dle následujícího vztahu:

$$(S, TS) = \left(\frac{F_1}{F_0} \right) * 100.$$

Stejným postupem byla stanovována i tepelná stabilita (TS; % w/w), s tím rozdílem, že vzorky tavených sýrových omáček byly před vlastní centrifugací vystaveny teplotě 80 ± 2 °C po dobu 20 minut ve vodné lázni.

Testy stabilit byly realizovány třikrát v 7. den po výrobě modelových vzorků tavených sýrových omáček.

5.4 Dynamická oscilační reometrie

Viskoelastické vlastnosti tavených sýrových omáček byly zjišťovány pomocí dynamické oscilační reometrie. Metoda tkví v řízené deformaci vzorku tavených sýrových omáček, kdy je studováno chování při toku látek. U tavených sýrových omáček viskoelasticitu popisuje elastický (G') a ztrátový (G'') modul pružnosti, kdy míra elasticity je vyjadřována modulem elastickým a míra viskozity modulem ztrátovým v závislosti na zvoleném rozsahu frekvencí. Poměrem těchto dvou modulů lze získat tangens fázového posunu, který je vyjádřen následovně:

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'}$$

Komplexní modul pružnosti G^* je popisován jako celkový odpor vzorku proti deformaci a je počítán dle následující rovnice:

$$G^* = \sqrt{G'(\omega)^2 + G''(\omega)^2}$$

Pro stanovení viskoelastických vlastností modelových vzorků tavených sýrových omáček byl použit rotační viskozimetr Thermo Scientific™ HAAKE RheoStress 1 (Bremen, Ně-

mecko). Geometrie byla zvolena deska-deska o průměru 35 mm s výškou štěrbin 1 mm. Vzorek tavené sýrové omáčky byl nanesen na geometrii mezi statickou a oscilující desku reometru, po vytemperování reometru za pomoci vodní lázně na teplotu $20,0 \pm 0,1$ ° C. Frekvence oscilace byla v intervalu 0,1 – 10 Hz a amplituda smykového napětí 5 Pa byla zvolena v oblasti lineární viskoelastivity. Mezi vybrané sledované parametry patřily elastický (G') a ztrátový (G'') modul, z jejich získaných hodnot byl pro zvolenou referenční hodnotu 1 Hz dopočítán tangenta úhlu fázového posunu. [25,83]

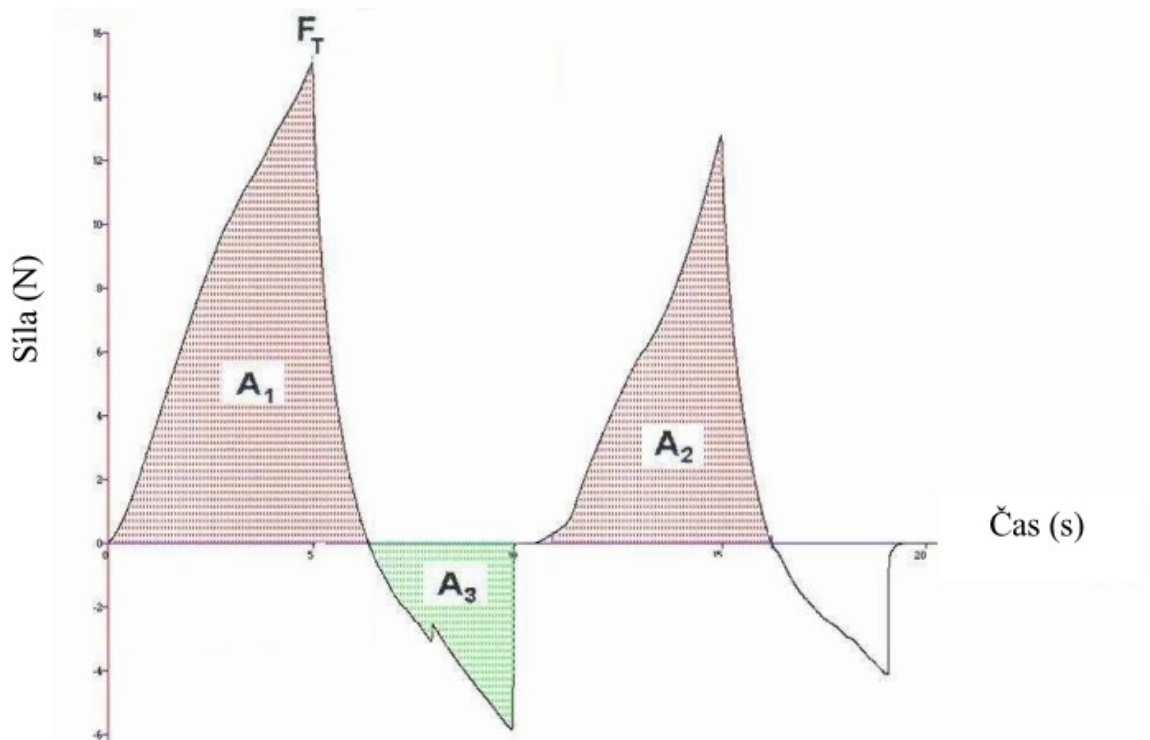
5.5 Texturní profilová analýza

Texturní vlastnosti tavených sýrových omáček byly studovány pomocí texturní profilové analýzy, jedná se o často používanou metodu imitující simulující žvýkání, kdy principem je opakované stlačení vzorku ve dvou cyklech [84]. V experimentu byl využit texturometr TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie).

Analýza texturních vlastností při normálovém namáhání byla provedena dvojnásobnou penetrací vzorku válcovou sondou o průměru 20 mm do hloubky 10 mm při rychlosti sondy 2 mm/s. Měření bylo provedeno ihned po vyjmutí z lednice, tedy při teplotě 6 ± 2 ° C.

U vzorků tavených sýrových omáček byly pozorovány základní parametry jako tvrdost, kohezivnost (soudržnost) a relativní lepivost. Z fyzikálního hlediska jsou parametry definovány následovně:

- tvrdost neboli pevnost vzorku vyjadřuje sílu potřebnou k dosažení deformace vzorku,
- relativní lepivost je dána prací potřebnou k překonání přitažlivých sil mezi povrchem tavené sýrové omáčky a povrchem sondy,
- kohezivnost je rozsah, do kterého může u vzorku docházet k deformaci, než dojde k jeho prasknutí [85,86].



Obrázek 2: Zátěžová křivka závislosti síly (N) deformace v závislosti na čase [12]

Na výše uvedeném obrázku 2 je tvrdost vyjádřena jako F_T . Poměr absolutní hodnoty plochy záporného píku ku ploše prvního píku určuje relativní lepidlost. Na obrázku 2 vyznačeno jako A_3/A_1 . Poměrem plochy píku druhého cyklu ku ploše píku prvního cyklu je dána kohezivnost. Vyznačena na výše uvedeném obrázku 2 jako A_2/A_1 [12].

5.6 Statistické vyhodnocení dat

Získané výsledky byly podrobeny statistické analýze pomocí Kruskal-Wallisova testu a Wilcoxonova testu za použití softwaru Minitab 16. Statistické vyhodnocení bylo provedeno na hladině významnosti 0,05.

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

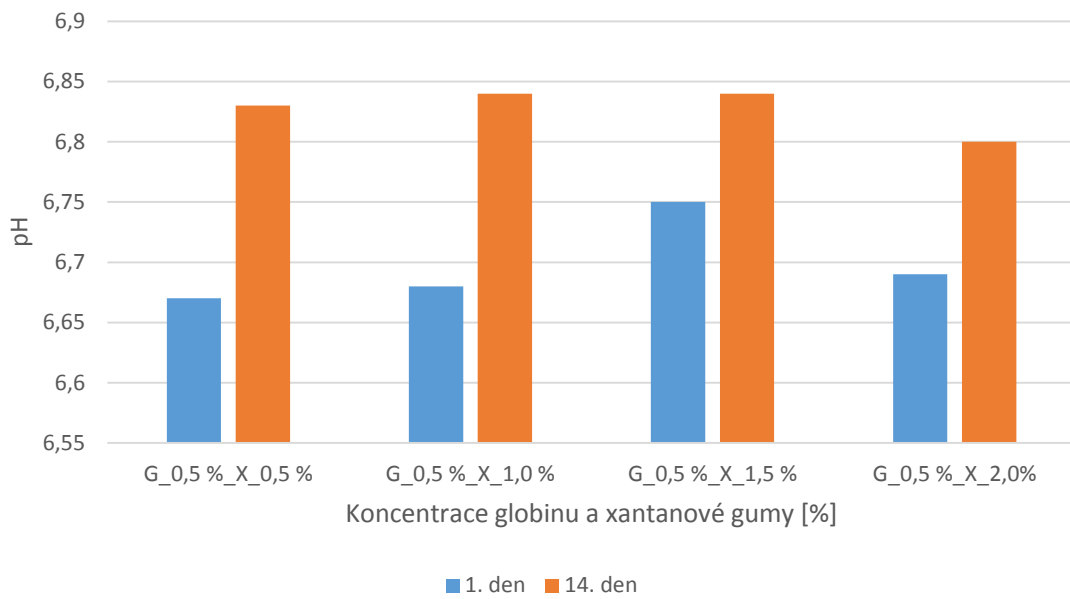
Vyrobené modelové vzorky tavených sýrových omáček o obsahu sušiny 30 % w/w a obsahu tuku v sušině 40 % w/w s přísávkou proteinu globinu a polysacharidu xantanové gummy byly v určitých časových intervalech podrobeny chemické, texturní, reologické analýze a byl proveden test stability.

6.1 Vyhodnocení chemické analýzy

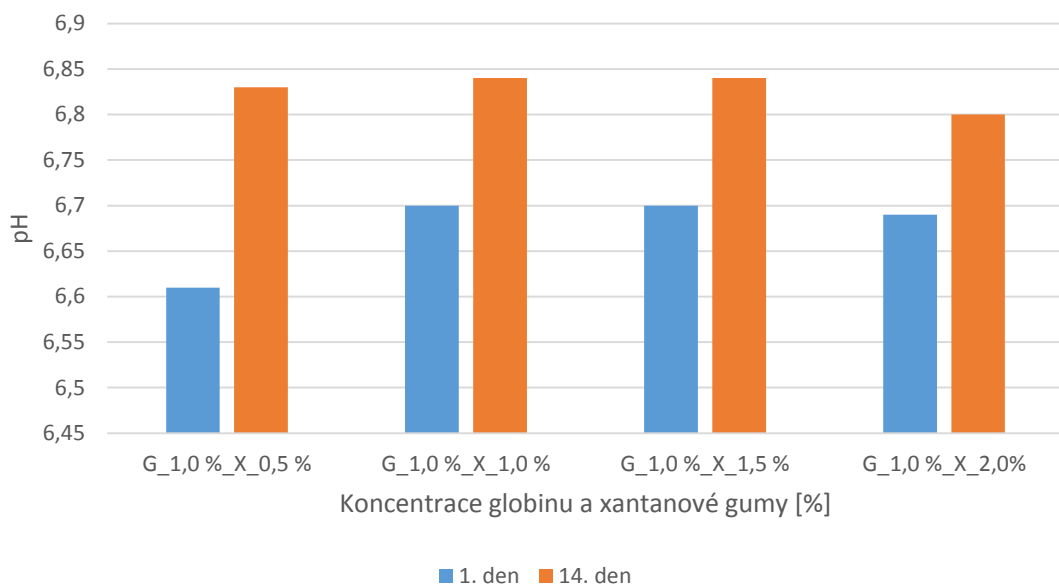
U každého modelového vzorku o obsahu sušiny 30 % w/w a obsahu tuku v sušině 40 % w/w s přísávkou určité koncentrace globinu a xantanové gummy byla provedena základní chemická analýza. Stanovení obsahu sušiny a měření hodnot pH bylo realizováno 1. a 14. den po výrobě.

Získané výsledky obsahu sušiny potvrdily požadovanou sušinu 30 % w/w, kde se hodnoty sušiny u všech modelových vzorků tavených sýrových omáček během 14denního skladování pohybovaly ($P \geq 0,05$) v rozmezí 28,89 - 31, 28 % w/w. Obsah sušiny ovlivňuje jak texturní, tak reologické vlastnosti tavených sýrových omáček, proto je nutné, aby modelové vzorky měly srovnatelné hodnoty obsahu sušiny, což je umožňuje mezi sebou navzájem porovnávat [4,63].

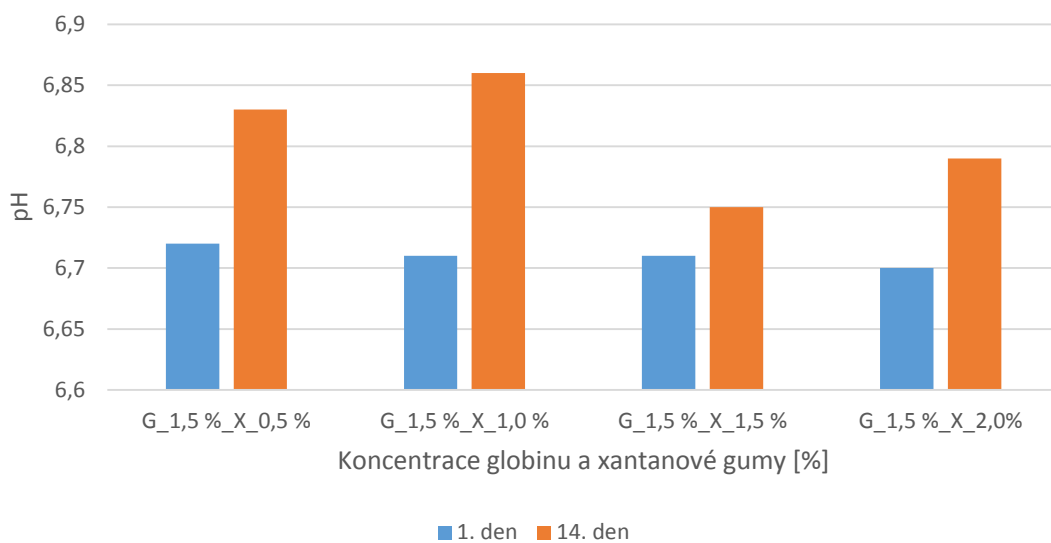
V rámci základní chemické analýzy byla další zkoumanou veličinou hodnota pH, výsledky hodnot pH jednotlivých řad modelových tavených sýrových omáček znázorňující vliv přísávkou xantanové gummy v závislosti na koncentraci globinu a dnu skladování jsou uvedeny v následujících obrázcích 3–6.



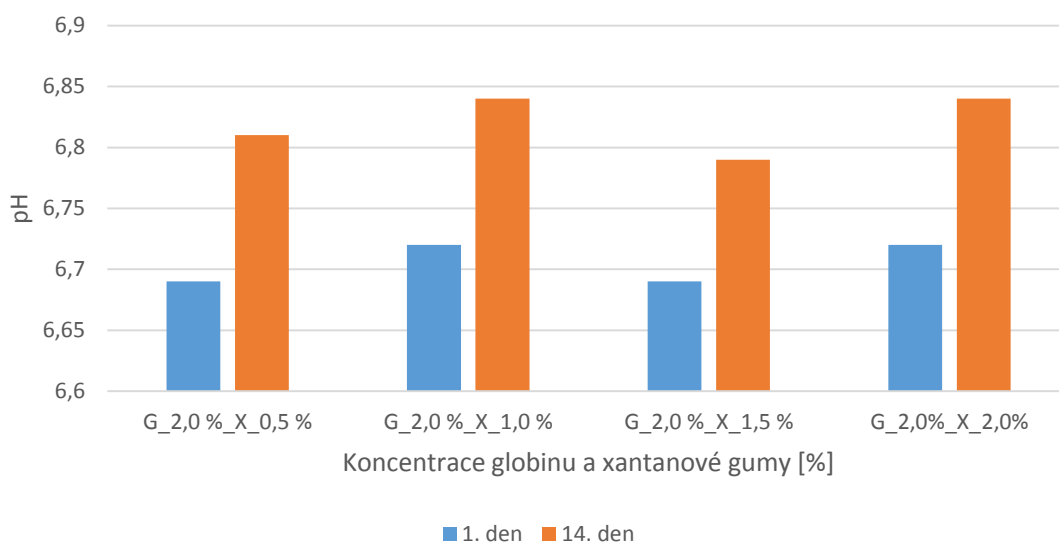
Obrázek 3: pH modelových vzorků I. řady tavených sýrových omáček 1 a 14. den skladování



Obrázek 4: pH modelových vzorků II. řady tavených sýrových omáček 1 a 14. den skladování



Obrázek 5: pH modelových vzorků III. řady tavených sýrových omáček 1 a 14. den skladování



Obrázek 6: pH modelových vzorků IV. řady tavených sýrových omáček 1 a 14. den skladování

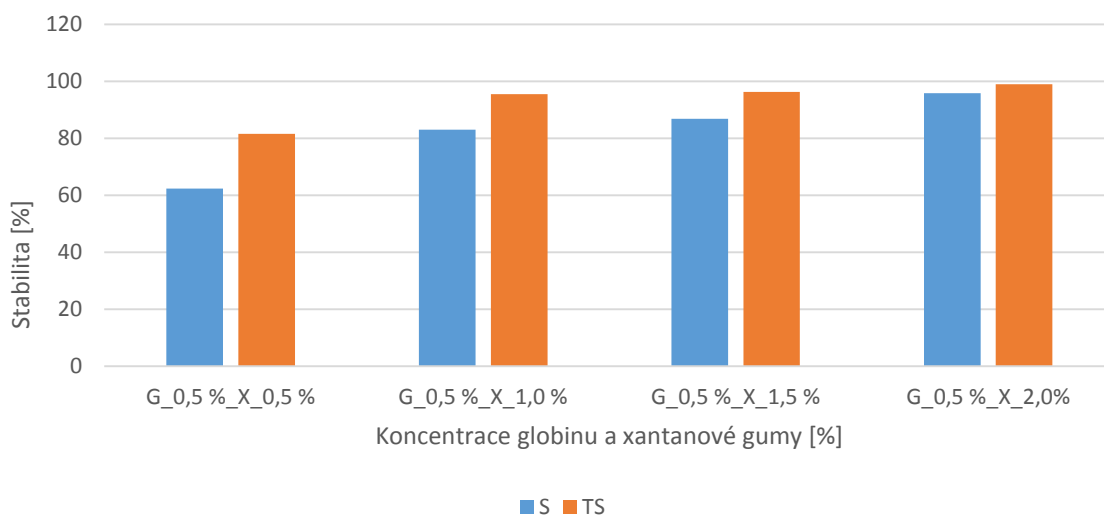
Na základě získaných dat pH výše uvedených lze říci, že se hodnota pH modelových tavených sýrových omáček po dobu 14denního skladování pohybovala v rozmezí 6,61-6,86. Tavené sýrové omáčky obecně vykazují vyšší hodnotu pH než tavené sýry a jejich analogy, uvádí se úroveň pH hodnot 6,5 až 7,0 [3]. Tato hodnota pH je vytvářena záměrně, protože díky jejímu zvýšení dochází k nárůstu negativního náboje proteinů a jejich následnému odpuzování, což se projevuje tekutou konzistencí [1,73], která je právě u tavených sýrových omáček žádoucí. Vyšších hodnot pH bylo mimo jiné docíleno výběrem tavicích solí, volbou prozrařejší suroviny a vyšším obsahem vody [1,3,87,88].

Dále lze konstatovat, že hodnota pH nebyla ovlivněna zvyšující se koncentrací proteinu globulinu ani polysacharidu xantanovou gumou. Naopak 14denní skladování mělo na hodnotu pH výrazný vliv, a to tak, že u všech vzorků došlo k nárůstu hodnoty pH. Vyskytnutý jev je v rozporu s autory Buňka [4] a Černíková [87], kteří uvádí, že skladováním dochází k mírnému snížení pH. Awad et al. [89] snížení pH objasňuje hydrolýzou fosforečnanových tavicích solí v průběhu skladování. Jedno z možných vysvětlení lze nalézt ve studii autora Barth et. al. [90], která poukazuje na vliv pH při hydrolýze, kdy s rostoucím pH (testované rozmezí 5,2-6,8) hydrolýza polyfosforečnanů klesá. Je nezbytné poukázat na surovinou skladbu, kdy ani jeden z autorů nezmiňuje vliv přídavku polysacharidu a proteinu na vliv hodnot pH během skladování, zároveň se zaměřují na tavené sýry, které mají hodnoty pH v nižším rozmezí než tavené sýrové omáčky. Dalším možným vysvětlením se jeví zmínka autora Buňka [1]. Autor se zaměřuje na chování systému polysacharid-protein, které může být ovlivněnou řadou faktorů jako charakterem obou polymerů, pH systému, funkčními skupinami přítomnými na obou polymerech, předchozím zpracováním a další.

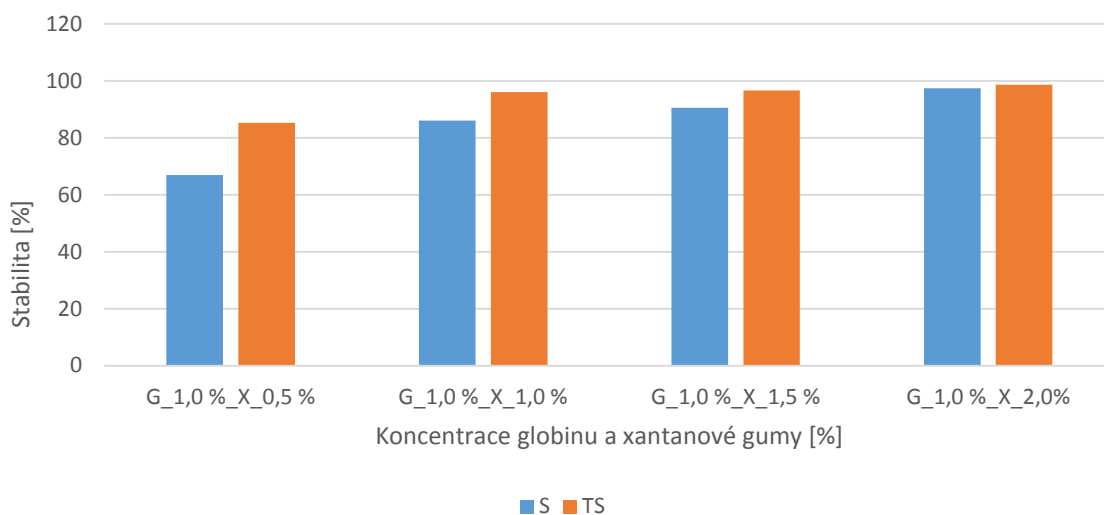
Výzkumy [88,89] dokazují, že konzistence a tvrdost tavených sýrů, a tedy i tavených sýrových omáček je ovlivněna hodnotou pH.

6.2 Vyhodnocení testu stability

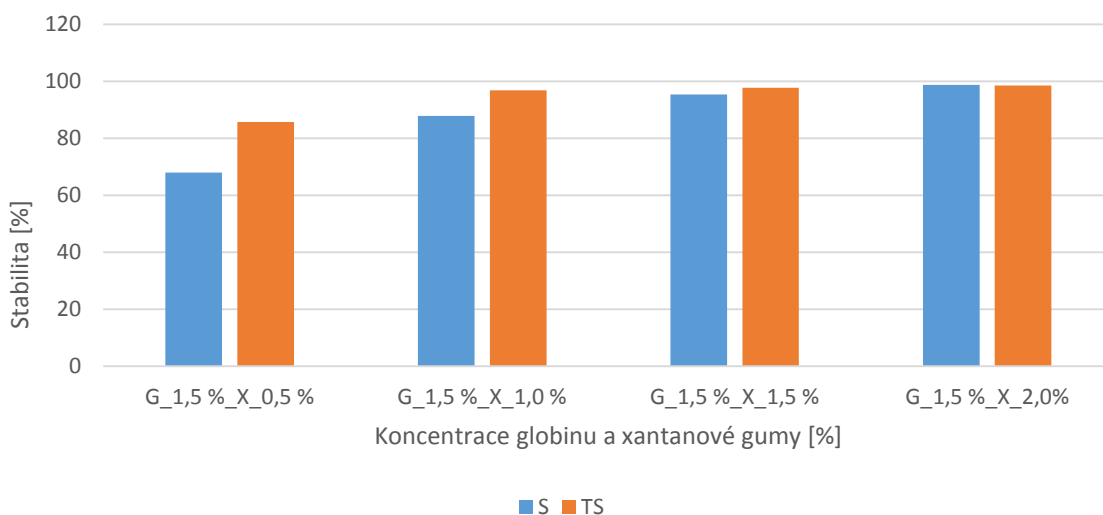
U modelových vzorků tavených sýrových omáček byla pomocí centrifugy stanovena stabilita, za užití vodní lázně byla určena i tepelná stabilita vzorků. K oběma měření došlo v 7. den skladování modelových vzorků. Výsledky jsou prezentovány v následujících obrázcích 7-10.



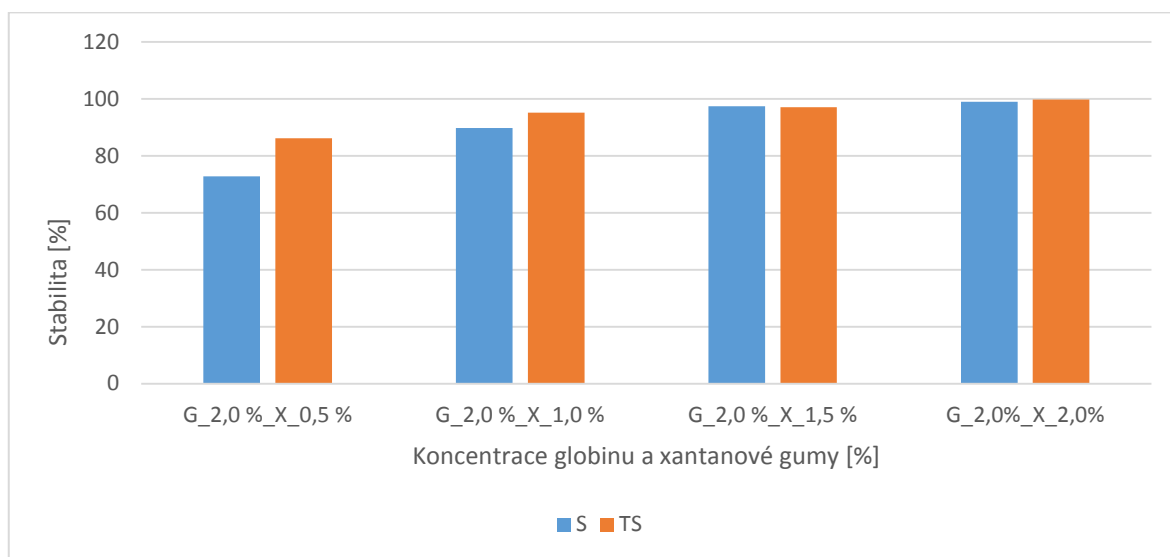
Obrázek 7: Výsledky stanovení stability I. řady modelových vzorků v 7. den skladování



Obrázek 8: Výsledky stanovení stability II. řady modelových vzorků v 7. den skladování



Obrázek 9: Výsledky stanovení stability III. řady modelových vzorků v 7. den skladování



Obrázek 10: Výsledky stanovení stability IV. řady modelových vzorků v 7. den skladování

Ze získaných výsledků je patrné, že stabilita modelových tavených sýrových omáček rostla jak se zvyšující se koncentrací xantanové gumy při konstantní koncentraci globinu, tak i s rostoucí koncentrací globinu. Xantanová guma se využívá u mléčných výrobků pro podporu gelace a snížení synereze [74]. Brandt et al. [91] uvádí, že přídavek xantanové gumy či směsi hydrokoloidu do tavených sýrových omáček zabraňuje separaci složek, čímž lze vysvětlit jev rostoucí stability při jejím přidavku do modelových vzorků tavených sýrových omáček. Zmíněné důvody dokládá studie autorů Nikzade et al. [82], kteří se zaměřili na stabilitu emulze olej ve vodě, jejich výsledky ukazují, že vzorky s přídavkem xantanové gumy vykazují výrazně vyšší stabilitu.

Obecně lze konstatovat, že nejvyšší stabilitu dosahovaly vzorky od koncentrace xantanové gumy 1,5 % w/w u každé použité koncentrace globinu, přičemž velmi výrazné stability dosáhl modelový vzorek z řady IV. s nejvyšší koncentrací polysacharidu i proteinu. Pro stabilizaci emulze se využívá směsi proteinu-polysacharidu, kdy se stabilita dosahuje prostřednictvím ochranné mezifázové vrstvy kolem kapiček emulze. Povrchová aktivita proteinů jim umožňuje stabilizovat emulze kombinací elektrostatických a sférických stabilizací, dlouhodobá stabilita je podpořena použitím polysacharidů [92]. V tomto experimentu byl jako protein využit globin, nejsou nalezeny práce o jeho aplikaci do tavených sýrových výrobků, nicméně literatura [93], uvádí, že krevní proteiny mají emulgační schopnosti srovnatelné s kaseinem. Silvia et al. [93] srovnávali emulgační vlastnosti u kaseinátu sodného a globinu, dospěli k závěru, že globin vykazoval vyšší emulgační kapacitu.

Z výše uvedených výsledků lze vidět, že u všech modelových vzorků tavených sýrových omáček došlo k patrnému nárůstu tepelné stability, skutečnost lze zdůvodnit dle Innun et al. [94], kdy vlivem tepelného záhřevu dochází ke gelování globinu. Tento jev potvrzuje i další zdroj [95] uvádějící, že dobrá vaznost globinu souvisí s jeho schopností tvořit gel ovlivněno především teplotou.

Tavené sýrové omáčky jsou emulze typu olej ve vodě, při jejich skladování může docházet k rozdělení hydrofilní a hydrofobní fáze, proto došlo ke stanovení stability modelových vzorků [96,97]. Thanasukarn et al. [97] uvádí, že stabilita emulze významně ovlivňuje také reologické a texturní vlastnosti, zejména viskozitu.

6.3 Vyhodnocení dynamické oscilační reometrie

Dynamickou oscilační reometrií byly sledovány viskoelastické vlastnosti tavených sýrových omáček. Měřením byly získány hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti, ze kterých byl vypočítán komplexní modul pružnosti modelových vzorků tavených sýrových omáček. Zároveň pro referenční frekvenci 1 Hz byla stanovena i tangenta úhlu fázového posunu $\tan(\delta)$. Výsledky pro jednotlivé řady vzorků hodnot byly zaneseny do tabulek 3-6. Měření bylo provedeno v 1. a 14. den skladování.

Tabulka 3: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa] a tangenty úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u I. řady tavených sýrových omáček pro 1. a 14. den skladování

I. řada			
Vzorek	G' [Pa]	G'' [Pa]	$\tan \delta$ [-]
1D			
G0,5 % X0,5 %	2,65±1,40	8,65 ±3,91	3,2586
G0,5 % X1,0 %	6,40 ±2,34	15,59 ±8,34	2,4369
G0,5 % X1,5 %	35,75 ±2,53	26,77 ±1,28	0,7488
G0,5 % X2,0 %	124,51 ±16,53	51,05 ±5,35	0,4099
14D			
G0,5 % X0,5 %	9,17 ±6,96	16,97 ±9,27	1,8511
G0,5 % X1,0 %	52,05 ±1,31	52,36 ±2,09	1,0061
G 0,5 % X1,5 %	69,76 ±2,05	49,36 ±3,09	0,7076
G0,5 % X2,0 %	127,37 ±9,61	45,10 ±5,01	0,3541

Tabulka 4: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa] a tangenty úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u II. řady tavených sýrových omáček pro 1. a 14. den skladování

II. řada			
Vzorek	G' [Pa]	G'' [Pa]	$\tan \delta$ [-]
1D			
G1,0 % X0,5 %	4,92± 1,14	12,23±7,11	2,4865
G1,0 % X1,0 %	7,60± 1,46	17,45±1,88	2,2969
G1,0 % X1,5 %	54,68±4,80	31,62±5,19	0,5783
G1,0 % X2,0 %	168,30 ±4,11	69,45±2,15	0,4127
14D			
G1,0 % X0,5 %	10,97± 0,84	10,47±1,34	2,9038
G1,0 % X1,0 %	57,76 ± 2,19	58,74±0,74	1,0170
G1,0 % X1,5 %	62,61±14,44	31,93±3,24	0,5100
G1,0 % X2,0 %	159,93±3,79	52,35±2,04	0,3274

Tabulka 5: Hodnoty elastickeho modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa] a tangentu úhlu fázevého posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u III. řady tavených sýrových omáček pro 1. a 14. den skladování

III. řada			
Vzorek	G' [Pa]	G'' [Pa]	$\tan \delta$ [-]
1D			
G1,5 % X0,5 %	1,56±0,28	8,40±0,92	5,3991
G1,5 % X1,0 %	14,89±1,66	33,23±2,58	2,2312
G1,5 % X1,5 %	62,04±1,30	34,62±8,95	0,5783
G1,5 % X2,0 %	165,00±21,17	70,85±8,63	0,4294
14D			
G1,5 % X0,5 %	7,00±3,92	17,01±6,01	2,4284
G1,5 % X1,0 %	44,93±3,75	52,01±0,89	1,1575
G1,5 % X1,5 %	66,59±13,20	33,63±5,05	0,5050
G1,5 % X2,0 %	177,29±0,61	56,80±1,63	0,3203

Tabulka 6: Hodnoty elastickeho modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa] a tangentu úhlu fázevého posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u IV. řady tavených sýrových omáček pro 1. a 14. den skladování

IV. řada			
Vzorek	G' [Pa]	G'' [Pa]	$\tan \delta$ [-]
1D			
G2,0 % X0,5 %	1,22±0,03	6,85±0,14	5,6204
G2,0 % X1,0 %	21,87±1,72	40,85±3,11	1,8681
G2,0 % X1,5 %	68,02±8,42	39,09±0,19	0,5747
G2,0 % X2,0 %	162,00±9,72	64,07±2,38	0,3955
14D			
G2,0 % X0,5 %	2,89±0,55	10,75±0,97	3,7180
G2,0 % X1,0 %	59,51±6,31	62,58±0,98	1,0516
G2,0 % X1,5 %	75,06±0,12	36,57±0,78	0,4872
G2,0 % X2,0 %	208,55±9,18	77,87±4,80	0,3734

Z výsledků lze vypožorovat jev, kdy u všech koncentrací globinu při přidavku 0,5 a 1,0 % w/w xantanové gumy je ztrátový modul pružnosti G'' vyšší než elastický modul pružnosti G' . Skutečnost značí chování systému jako zředěného roztoku [98]. Solowiej et. al. [4] uvádí, že v případě $G'' > G'$ vykazují tavené sýrové omáčky viskózní charakter. U modelových vzorků tavených sýrových omáček s koncentrací xantanové gumy 1,5 a 2,0 % w/w je naopak pozorována vyšší hodnota elastického modulu pružnosti G' než ztrátového modulu pružnosti G'' . Tato skutečnost značí chování systému více jako gelu [98].

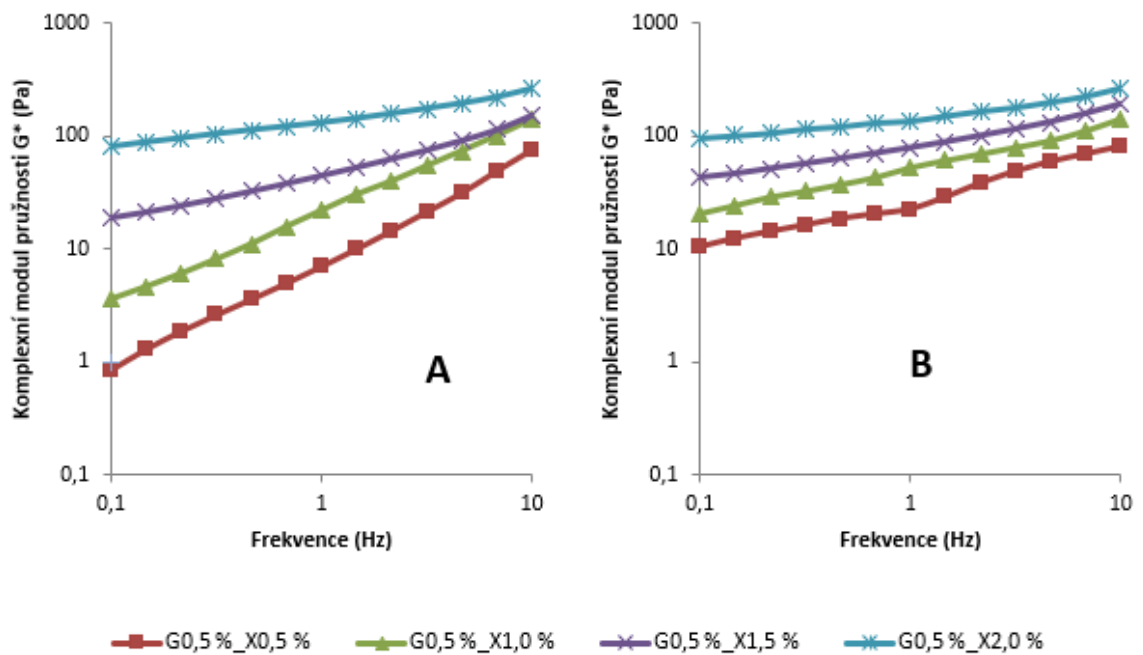
Pokud je poměr ztrátového modulu pružnosti G'' a elastického modulu pružnosti G' , tedy tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$), popisován jako míra tuhosti gelu, tak lze ze získaných hodnot vidět, že se vzrůstajícím přidavkem xantanové gumy docházelo k posunu hodnoty blíže k nule, což značí zvyšování viskoelasticity [99]. Jedním z možných vysvětlení zvyšující se pevnosti gelu lze nalézt v publikaci autorů Ma a Barbosa-Cánovas [100], která dokládá, že viskoelastické vlastnosti jsou ovlivněny koncentrací xantanové gumy a přítomností vápenatých iontů. Dále literatura uvádí, že xantanová guma tvoří vysoce viskózní roztoky a při dostatečné koncentraci vykazuje slabé vlastnosti podobné gelu [74].

Mandala et. al. [96] uvádí, že pokud je tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) větší než hodnota 0,1 vzorky mají strukturu mezi koncentrovaným roztokem a gelem, lze je charakterizovat jako slabé gely, což je typickým chováním pro emulze, mezi které tavené sýrové omáčky patří.

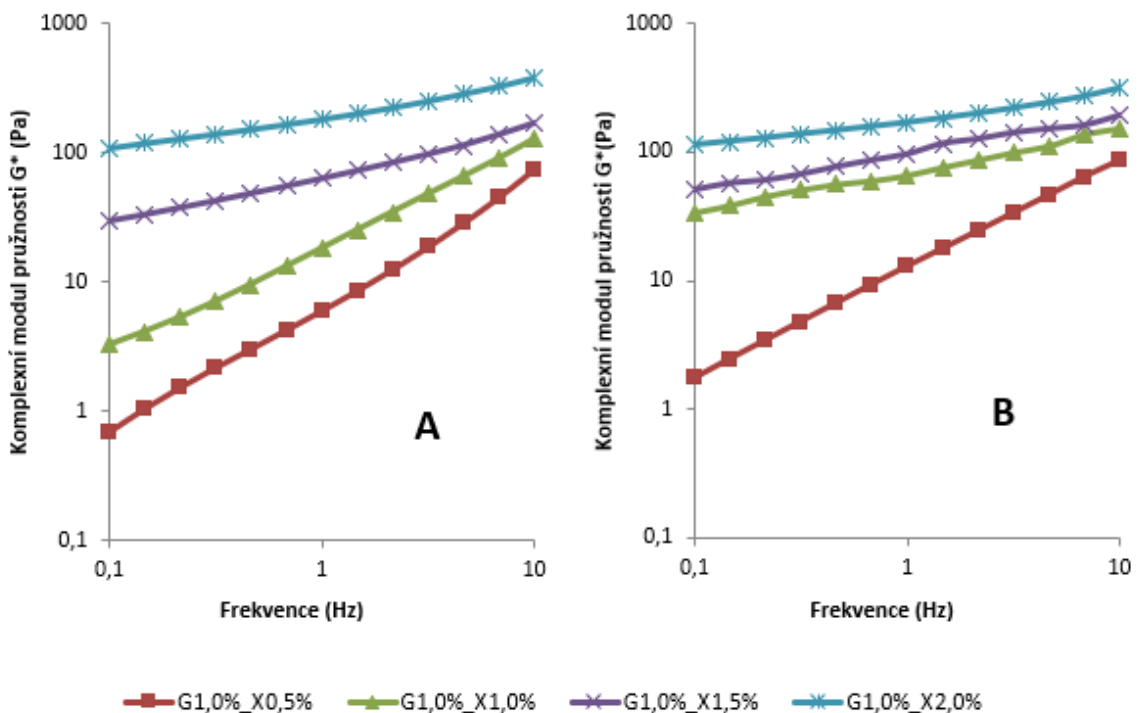
Dalším možným vysvětlením tvorby slabé gelové sítě je vysoká vaznost a schopnost globinu gelovatět vlivem záhřevu [94,95]. Nicméně při zaměření se na vliv koncentrace globinu na viskoelastické vlastnosti tavených sýrových omáček lze z tabulek 3 až 6 vidět, že zvyšující se koncentrace proteinu globinu nijak významně neovlivnila hodnoty elastického modulu pružnosti G' a ztrátového modulu pružnosti G'' .

Po 14denní době skladování u většiny vzorků došlo ke zvýšení hodnot elastického modulu pružnosti G' a ztrátového modulu pružnosti G'' , což značí zvyšování tuhosti tavených sýrových omáček [98].

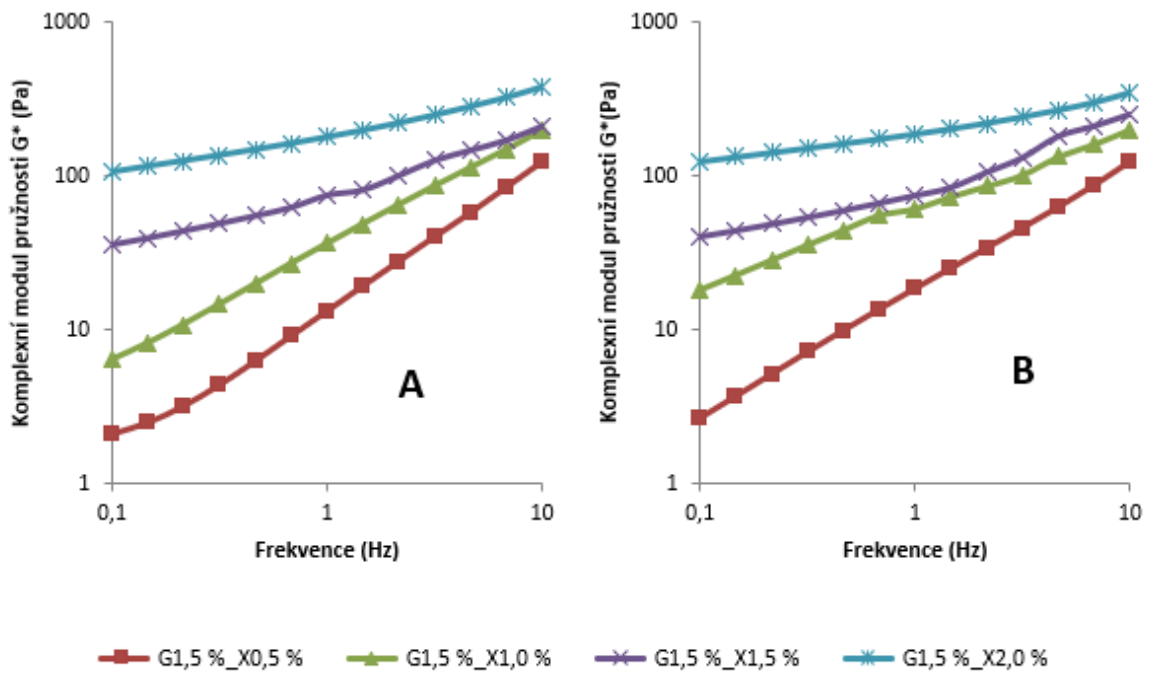
Na níže zobrazených obrázcích 11-14 jsou uvedeny výsledky dynamické oscilační reometrie pro tavené sýrové omáčky znázorňující závislost komplexního modulu pružnosti G^* na frekvenci. Výsledky jsou zaznamenány pro 1. a 14. den skladování.



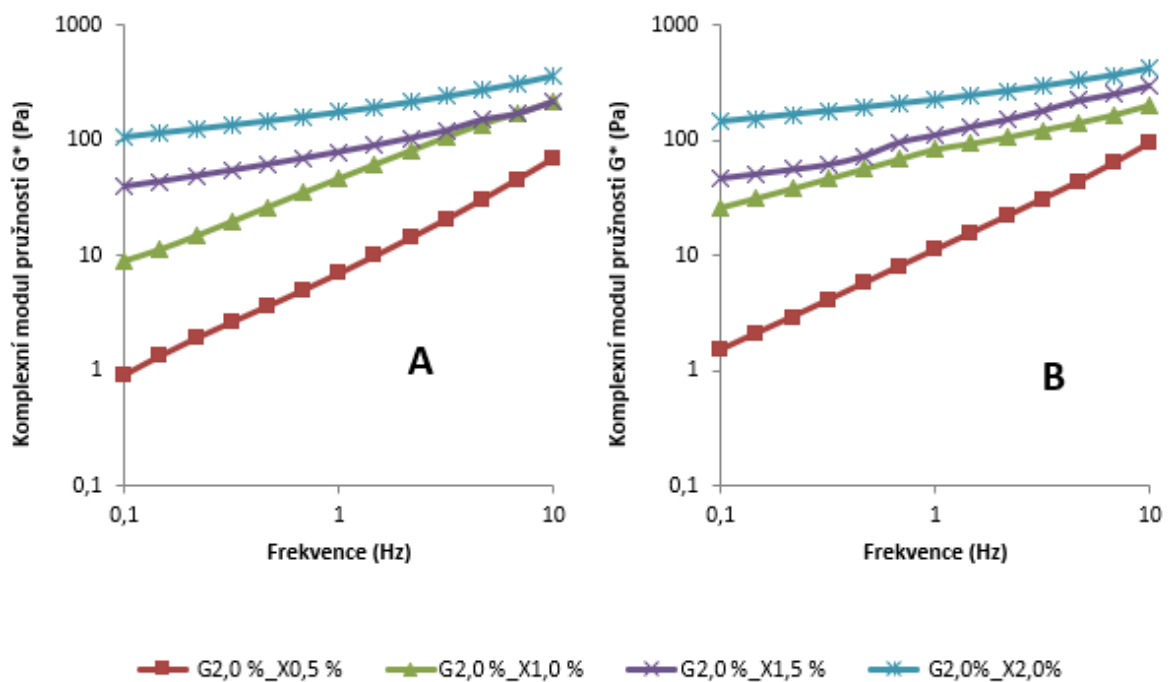
Obrázek 11: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* na frekvenci u I. řady modelových vzorků v 1.(A) a 14. den (B) skladování



Obrázek 12: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* na frekvenci u II. řady modelových vzorků v 1.(A) a 14. den (B) skladování



Obrázek 13: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* na frekvenci u III. řady modelových vzorků v 1.(A) a 14. den (B) skladování

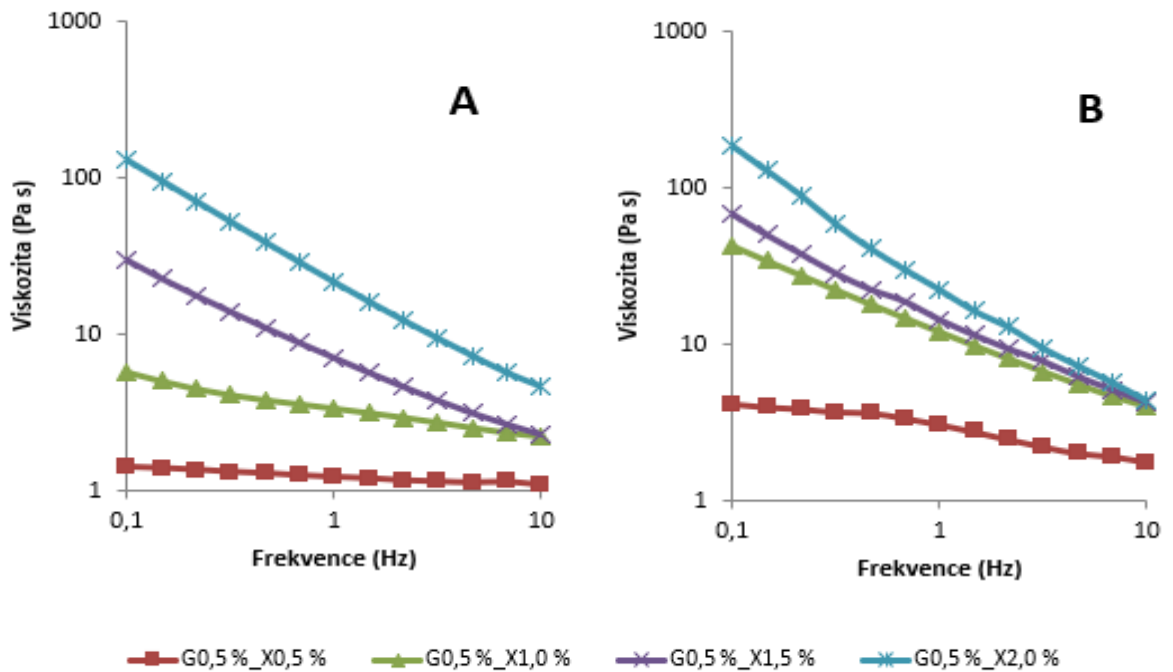


Obrázek 14: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* na frekvenci u IV. řady modelových vzorků v 1.(A) a 14. den (B) skladování

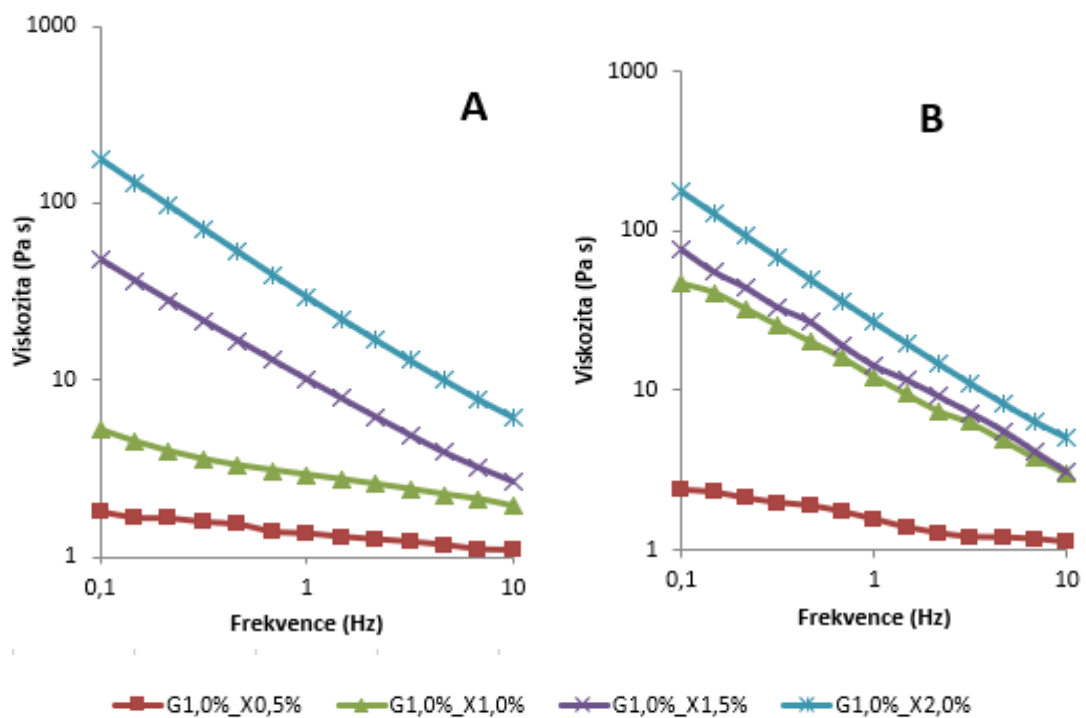
Z uvedených obrázků 11-14 vyjadřujících závislost komplexního modulu pružnosti G^* na frekvenčním rozsahu 0,1-10 Hz lze vidět, že u každé koncentrace globinu docházelo se vzrůstajícím přídatkem xantanové gumy k jeho zvyšování, což indikuje rostoucí tuhost vzorků. Možným vysvětlením je tvrzení autora Milani et.al [74], který uvádí, že xantanová guma se uplatňuje na podporu gelace.

Zároveň je vidět i zvýšení komplexního modulu pružnosti G^* během 14denního skladování v porovnání s 1denním skladováním. Vysvětlení je možné nalézt v literatuře [3,87], která uvádí, že zvyšování tuhosti s dobou skladování je pravděpodobně způsobeno polymorfismem mléčného tuku, možná hydrolýzou tavicích solí či možnou změnou disociace přítomných solí, případně ostatních sloučenin.

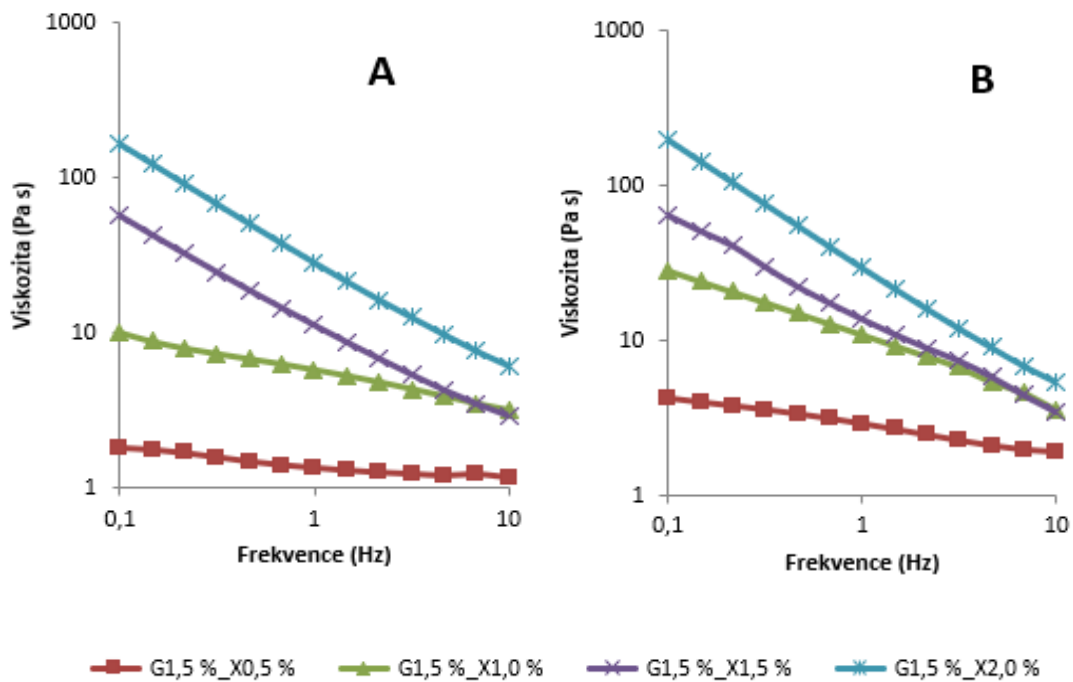
Pomocí dynamické oscilační reometrie byla u vzorků modelových tavených sýrových omáček stanovena viskozita, v následujících grafech 15-18 je vynesena závislost viskozity na frekvenci v 1. a 14. den skladování vzorků tavených sýrových omáček.



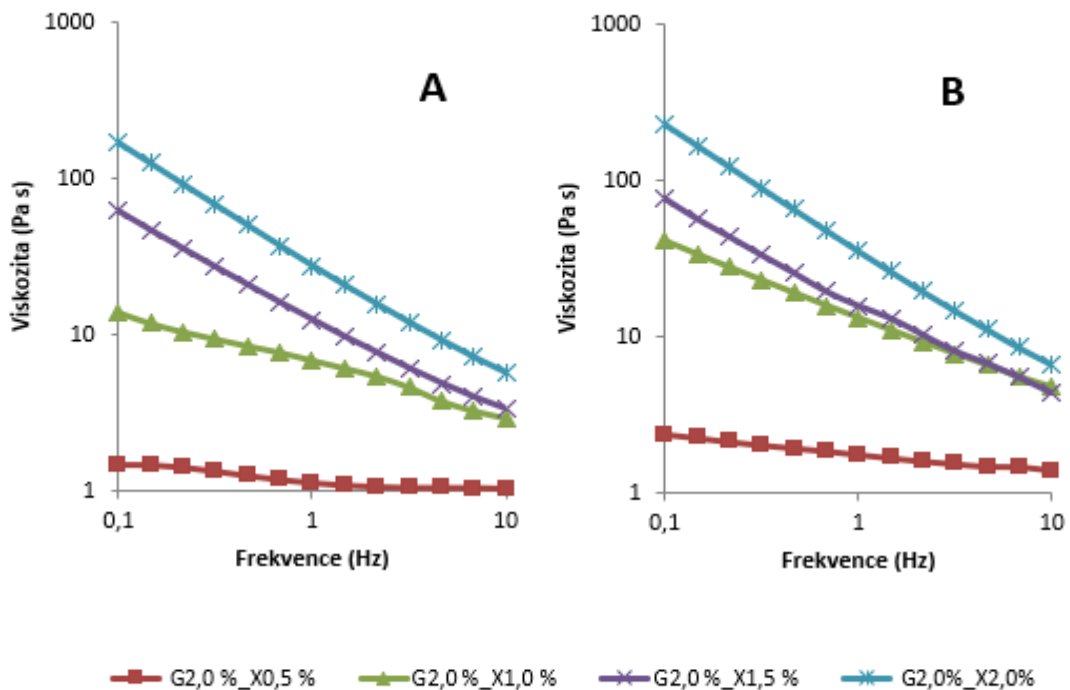
Obrázek 15: Závislost viskozity (η) na frekvenci pro I. řadu tavených sýrových omáček 1.(A) a 14.(B) den skladování



Obrázek 16: Závislost viskozity (η) na frekvenci pro II. řadu tavených sýrových omáček 1. (A) a 14. (B) den skladování



Obrázek 17: Závislost viskozity (η) na frekvenci pro III. řadu tavených sýrových omáček 1. (A) a 14. (B) den skladování



Obrázek 18: Závislost viskozity (η) na frekvenci pro IV. řadu tavených sýrových omáček 1.(A) a 14. (B) den skladování

Viskozita vyjadřuje schopnost tavených sýrových omáček téct [4,101]. Ze stanovených výsledků lze vidět, že se zvyšující se koncentrací xantanové gumy u všech vzorků tavených sýrových omáček dochází k růstu viskozity. Hodnoty se mezi jednotlivými vzorky u stoupajících koncentrací xantanové gumy liší minimálně o desítky, rozdíl mezi vzorky s nejnižším a nejvyšším přídatkem xantanové gumy se u všech vyrobených řad pohyboval v řádu stovky. Polysacharidy se obecně využívají ke zvyšování viskozity v mléčných výrobcích [102]. Stejných výsledků, kdy docházelo ke zvýšení viskozity omáček při aplikaci hydrokoloidu xantanová guma dosáhl Mandala et.al. [96]. Dále je nutné zmínit, že xantanová guma je schopna tvořit vysoce viskózní roztoky i při malých koncentracích [74].

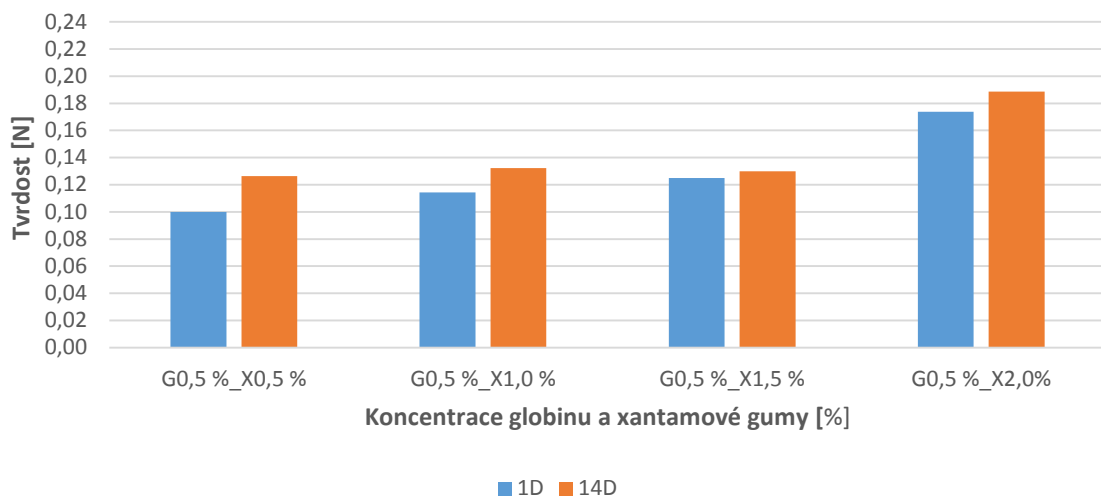
Z obrázků je patrné, že po 14denním skladování docházelo ke zvyšování viskozity. Rozdíl je viditelný zejména u nižších koncentrací xantanové gumy.

6.4 Vyhodnocení texturní profilové analýzy

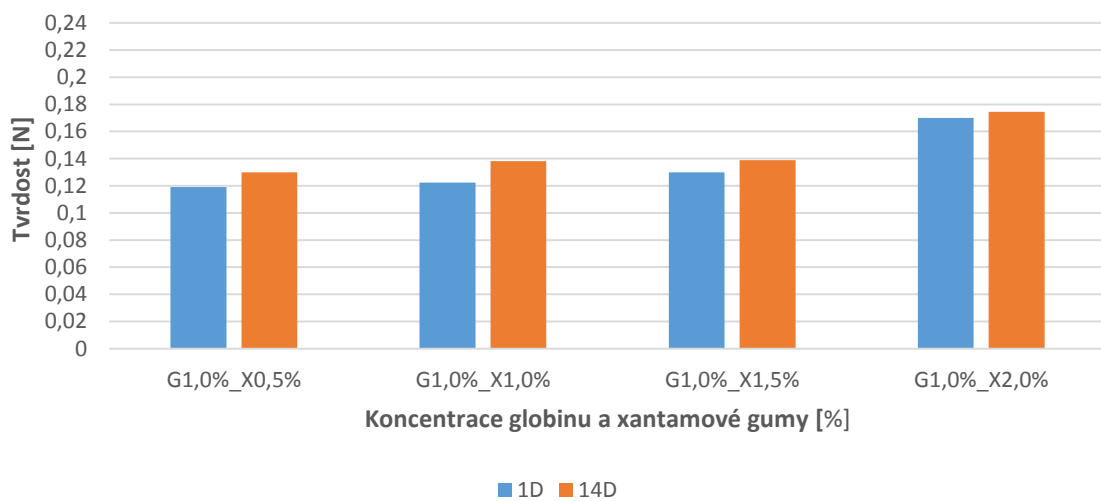
Pomocí texturní profilové analýzy byly získány hodnoty ke stanovení vybraných texturních parametrů – tvrdosti, relativní lepivosti a kohezivnosti modelových tavených sýrových omáček s přídatkem globinu a xantanové gumy. Výsledky jsou uvedeny v jednotlivých podkapitolách. K měření došlo v 1. a 14. den skladování.

6.4.1 Tvrdost

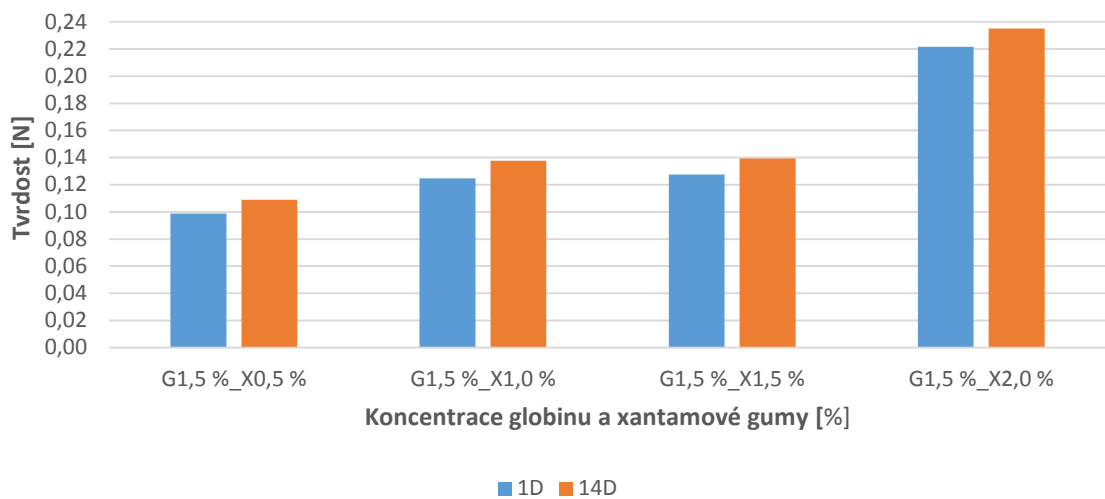
Výsledky hodnot tvrdosti tavených sýrových omáček jsou prezentovány na obrázcích 19-22. Jednotlivé grafy znázorňují vliv přídatku xantanové gumy v závislosti na koncentraci globinu a dnu skladování modelových tavených sýrových omáček.



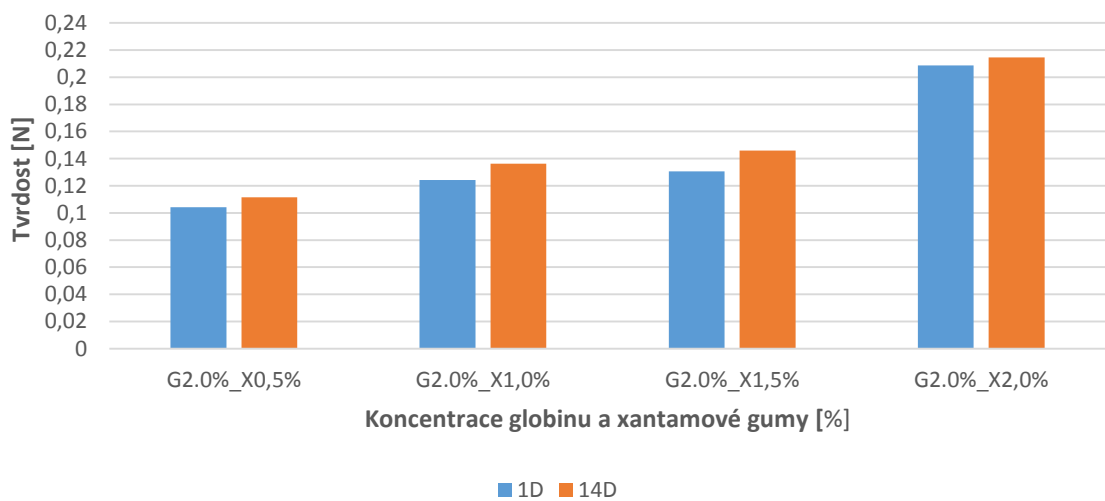
Obrázek 19: Výsledky stanovení tvrdosti pro I. řadu tavených sýrových omáček v 1. a 14 den skladování



Obrázek 20: Výsledky stanovení tvrdosti pro II. řadu tavených sýrových omáček v 1. a 14 den skladování



Obrázek 21: Výsledky stanovení tvrdosti pro III. řadu tavených sýrových omáček v 1. a 14 den skladování



Obrázek 22: Výsledky stanovení tvrdosti pro IV. řadu tavených sýrových omáček v 1. a 14 den skladování

Z výsledků tvrdosti uvedených na obrázcích lze konstatovat, že se zvyšujícím se přídatkem xantanové gumy u všech koncentrací globinu tj. 0,5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,0 % (w/w) dochází k nárůstu tvrdosti modelových tavených sýrových omáček. Childs et al. [11] uvádí, že texturní vlastnosti tavených sýrových omáček lze ovlivnit aplikací xantanové gumy či jiných hydrokoloidů. Studie autorů Nikzade et.al. [82] a Nguyena et.al. [103] dospěly ke stejným výsledkům, a tedy při zvyšující se koncentraci xantanové gumy docházelo k zvyšování pevnosti jejich vzorků. Vysvětlením nárůstu tvrdosti může být pravděpodobně zvýšení viskozity, přičemž právě viskozita může odrážet některé parametry texturních vlastností [4,82]. Jak bylo uvedeno v kapitole 6.3., ve analyzovaných vzorcích docházelo k růstu viskozity a výsledky tedy potvrzují, že viskozita je v korelaci s texturou.

Nejvyšší tvrdosti bylo dosaženo v každé řadě modelových vzorků dosaženo u vzorků s nejvyšším procentem globinu a xantanové gumy. Nicméně nelze tvrdit, že se zvyšující se koncentrací globinu docházelo ke zvýšení tvrdosti modelových vzorků tavených sýrových omáček.

Dále lze z vyhodnocených výsledků tvrdosti tavených sýrových omáček uvést, že po 14denní době skladování došlo u všech vzorků ke zvýšení jejich tvrdosti. Nárůst tvrdosti s dobou skladování u tavených sýrových omáček se shoduje se práci autora Saleka et.al. [4], kdy u jeho vzorků tavených sýrových omáček došlo taktéž k zvýšení tvrdosti s dobou skladování. Trend růstu tvrdosti je vysvětlován možnou hydrolýzou tavicích solí, možnou změnou disociace přítomných solí či případně dalších sloučenin [3]. Bylo již uvedeno, že textura souvisí s viskozitou, která se během doby skladování zvyšovala, jev opět potvrzuje souvislost textury s viskozitou.

6.4.2 Relativní lepivost a kohezivnost

Mezi další sledované parametry tavených sýrových omáček patřily relativní lepivost a kohezivnost. Se zvyšující se koncentrací polysacharidu xantanové gumy docházelo ke snižování kohezivnosti a se skladováním se kohezivnost zvyšovala.

U relativní lepivosti nebyla pozorována změna se vzrůstající koncentrací xantanové gumy ani s delší dobou skladování.

ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na studium vlivu proteinu a polysacharidu na vybrané vlastnosti modelových vzorků tavených sýrových omáček. Výroba modelových vzorků s obsahem sušiny 30 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 40 % (w/w) byla uskutečněna za přídavku proteinu globinu a polysacharidu xantanové gumy v koncentracích 0,5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,0 % w/w. Primárně byly sledovány změny vlastností vzorků v závislosti na zvyšující se koncentraci xantanové gumy při konstantní hladině globinu.

Ze zpracovaných dat a vyhodnocených výsledků jednotlivých analýz modelových tavených sýrových omáček lze vyvodit následující:

- Přídavky xantanové gumy ani globinu v koncentraci 0,5 %; 1,0 %; 1,5 % a 2,0 % w/w neovlivnily obsah sušiny ani pH modelových vzorků, což umožnilo vyhodnocení dalších analýz.
- U všech modelových vzorků docházelo k růstu stability s rostoucí koncentrací xantanové gumy, stabilita byla ovlivněna tepelným záhřevem, a to tak, že vzrostla.
- U koncentrací xantanové gumy 0,5 % a 1,0 % (w/w) byly hodnoty elastického modulu (G') menší než hodnoty ztrátového modulu pružnosti (G''), naopak u koncentrací xantanové gumy 1,5 % a 2,0 % byly hodnoty elastického modulu (G') větší než hodnoty ztrátového modulu pružnosti (G'').
- S rostoucí koncentrací xantanové gumy docházelo k růstu komplexního modulu pružnosti (G^*).
- Byly zaznamenány stoupající hodnoty tvrdosti se vzrůstající koncentrací xantanové gumy.
- Hodnoty kohezivnosti se snižovaly s rostoucím přídavkem xantanové gumy, nebyly pozorovány změny hodnot u relativní lepivosti.
- Nebyl zaznamenán výrazný vliv zvyšující se koncentrace globinu na reologické a texturní vlastnosti vzorků.
- Během 14denní doby skladování došlo ke zpevnění gelu, zvýšení tvrdosti, zvýšení kohezivnosti a nebyla pozorována změna u parametru relativní lepivosti.

Závěrem diplomové práce lze říci, že výsledky ukazují jednoznačný vliv polysacharidu na studované vlastnosti tavených sýrových omáček, naopak u proteinu nedošlo k prokázání výrazného vlivu. Další práce by se mohly zaměřit na aplikace nižší koncentrace xantanové gumy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. & KRÁČMAR, S. Základní principy výroby tavených sýrů. *Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Brno: MZLU, 2009, s. 70. ISSN 1803-2109.
- [2] TAMIME, A. Y. Processed cheese and analogues. Ames: Wiley-Blackwell, 2011. *Society of dairy technology*. ISBN 978-1-4051-8642-1.
- [3] BUŇKA, F. Tavené sýry a faktory ovlivňující jejich konzistenci: *Processed cheese and factors influencing its consistency: teze přednášky k profesorskému jmenovacímu řízení v oboru Potravinářská chemie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2017. ISBN 978-80-214-5460-6.
- [4] SALEK, R.S., VAŠINA, M., LAPČÍK, L., ČERNÍKOVÁ, M., LORENCOVÁ, E., LI, P., BUŇKA, F. Evaluation of various emulsifying salts addition on selected properties of processed cheese sauce with the use of mechanical vibration damping and rheological methods. *LWT*, 2019, vol. 107, p.178-184 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.022>.
- [5] SOŁOWIEJ, B., IMELDA W.Y CH., EUNICE C.Y L Texture, rheology and meltability of processed cheese analogues prepared using rennet or acid casein with or without added whey proteins. *International Dairy Journal*, 2014, vol. 37, no. 2, p. 87-94. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.03.003>.
- [6] FERRÃO, L.I, R SILVA, H.I.a SILVA, et al. Strategies to develop healthier processed cheeses – a review. *Food Research International* [online]. 2016, vol. 86, p. 93-102 [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.04.034>.
- [7] SOŁOWIEJ, B., DYLEWSKA, A., KOWALCZYK, D. et al. Effect of pH and modified maize starches on texture, rheological properties and meltability of acid casein processed cheese analogues. *European Food Research and Technology* [online]. 2016, vol. 242, no. 9, p. 1577-1585 [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2658-4>
- [8] CUNHA, C., DIAS, C. VIOTTO, W. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International* [online].2010, vol. 43, no 3, p. 723-729 [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.11.009>.

- [9] ČESKO. Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů (na obyvatele za rok) v ČR v letech 2008–2017 [tabulka]. In: *Český statistický úřad České republiky* [online] [cit. 2019-02-22]. Dostupné z: http://www.akcr.cz/data_ak/18/k/Stat/Potraviny2017.pdf
- [10] 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*. 2004, vol. 37, no. 5 s. 565-572. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.01.002>
- [11] CHILDS, J., YATES, M., DRAKE, M. Sensory properties and consumer perception of wet and dry cheese sauces. *Journal of Food Science* [online]. 2009, vol. 74, no. 6, p. 205-S216 [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01187.x>
- [12] HANÁKOVÁ, Z. Vybrané faktory ovlivňující texturní vlastnosti analogů tavených sýrů. ZLÍN. 2012. Dizertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce: Rahula Janiš.
- [13] ANONYM. Codex General Standard for process(ed) cheese and spreadable process(ed) cheese. [online] [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: http://www.dairyconsultant.co.uk/pdf/codex_specification_spreadable_processed_cheese.pdf
- [14] ČESKO. Vyhláška č 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění.
- [15] MASOTTI, F., CATTANEO, S., STUKNYTĚ, M., DE NONI, I. Status and developments in analogue cheese formulations and functionalities – a review. *Trends in Food Science* [online]. 2018, vol. 74, p. 158-169 [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.016>.
- [16] SKLENÁŘOVÁ K., VÍTOVÁ, E., BUŇKA, F., DIVIŠOVÁ, R., Srovnání analytické a sensorické chutnosti tavených sýrových analogů. *Chemické listy*. 2012, vol. 106, s. 571.
- [17] ČESKO. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin, v platném znění.

- [18] SA, S., EL, M., RA, A., ZMR, H. Processed cheese sauces with different preservative systems. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism* [online]. 2015, vol. 2, no. 1 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://doi.org/10.15761/IFNM.1000116>.
- [19] ČESKO. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví Požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění
- [20] ZÁBLACKÁ, D. *Vliv furcellaranu na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů během skladování*. ZLÍN. 2018. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce: Richardos Nikolaos Salek
- [21] TALBOT-WALSH, G., KANNAR D., SELOMULYA, C. Review on technological parameters and recent advances in the fortification of processed cheese – a review. *Trends in Food Science*[online]. 2018, vol. 81, p. 193-202 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.023>.
- [22] BACHMANN, H. P. Cheese analogues: A review. *International Dairy Journal*, 2001, vol. 11, p. 505–515.
- [23] SLUKOVÁ, M. *Výroba potravin a nutriční hodnota*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-947-1.
- [24] DOSTÁLOVÁ, J., DLOUHÝ, P., TLÁSKAL, P. Výživová doporučení pro obyvatelstvo České republiky. *Společnost pro výživu*. 2012. Dostupné z: <http://www.vyzivapol.cz/vyzivova-doporuceni-pro-obyvatelstvo-ceske-republiky/>
- [25] KAPOOR, R. & METZGER, L. E. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects — A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2008, vol. 7, no. 2, p. 194–214 [cit. 2019-03-07]. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x>.
- [26] OLIVEIRA, R., MARGALHO, L., NASCIMENTO, J., COSTA, L., PORTELA, J., CRUZ, A., SANT'ANA, A. Processed cheese contamination by spore-forming bacteria. *Trends in Food Science* [online]. 2016, vol. 57, p. 11-19 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.008>.
- [27] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., POSPIECH, M., TREMLOVÁ, B., HLADKÁ, K., PAVLÍNEK, V. & BŘEZINA, P. Replacement of traditional emulsifying salts by

- selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*, 2010, vol. 20, p. 336–343. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.12.012>
- [28] BUŇKA, F., PACHLOVÁ, V., BUŇKOVÁ, L., HRABĚ, J. Změny jakosti v průběhu zrání polotvrdých sýrů. In: *SÝRY – ZLÍN – 2012 Perspektivy výroby sýrů a hodnocení jejich jakosti*. ZLÍN, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2012. ISBN: 978-80-7454-231-2.
- [29] BUŇKA, F. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-254-1.
- [30] BUŇKOVÁ, L., BUŇKA, F. Microflora od Processed Cheese and Factors Affecting It. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017, vol 57, no. 11, p. 2392-2403. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1060939>.
- [31] CHAVAN, R.S., ATANU, J. Cheese Substitutes: An Alternative To Natural Cheese – a review. *Int. J. of Food Science, Technology & Nutrition*. 2007, vol. 2, no. 2, p 25-39. Dostupné z: [https://www.dolcera.com/wiki/images/\(Rupesh_&_Jana,_2007\).pdf](https://www.dolcera.com/wiki/images/(Rupesh_&_Jana,_2007).pdf)
- [32] GUINEE, T.P., CARIC, M., KALÁB, M. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Product. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Third edition- volume 2: Major Cheese Groups. 2004, ISBN 0-1226-3653-8.
- [33] KADLEC, P. *Technologie potravin I*. 1.vyd. Praha: VŠCHT, 2007, 300 S. ISBN 80-7157-342-6.
- [34] GAJDUŠEK, S. *Mlékařství II*, 1. vyd. Brno: MZLU, 1998, 86-91 s. ISBN 80-7157-342-6.
- [35] HRABĚ, J., BŘEZINA, P., VALÁŠEK, P. *Technologie potravin živočišného původu*, Zlín: UTB ve Zlíně. 2008, 180 s. ISBN 978-80-7318-405-6.
- [36] GRUPTA, V.K., REUTER, H. Firmness and melting quality of processed cheese foods with added whey protein concentrates. *Lait*. 1993, vol.73, no. 4, p.381-388. Dostupné z: <https://doi.org/10.1051/lait:1993435>.
- [37] RINALDONI, A., PALATNIK, D., ZARITZKY N., CAMPDERRÓS, M. Soft cheese-like product development enriched with soy protein concentrates. *LWT – Food Science*

and Technology [online]. 2014, vol. 55, no. 1, p. 139-147 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.003>.

[38] JONAS, J. Impact of Vegetable Proteins on Dairy Products. *Journal of Milk and Food Technology*. 1975, vol. 38, p. 39-43. Dostupné z: <https://doi.org/10.4315/0022-2747-38.1.39>.

[39] SCHINDLER, S., ZELENÁ, K., KRINGS, U., BEZ, J., EISNER, P., BERGER, R. Improvement of the Aroma of Pea (*Pisum sativum*) Protein Extracts by Lactic Acid Fermentation. *Food Biotechnology* [online]. 2012, vol. 26, no. 1, p. 58-74 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/08905436.2011.645939>.

[40] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská revue*, 2009, č. 1, s. 13-16.

[41] BUŇKA, F., DOUDOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., KUCHAR, D., MICHÁLEK, J., SLAVÍKOVÁ, S. & KRÁČMAR, S. The Effect of Different Ternary Mixtures of Sodium Phosphates on Hardness of Processed Cheese Spreads. *International Journal of Food Science* [online]. 2012, vol. 47, no. 10, p. 2063–2071 [cit. 2019–03-19]. ISSN 0950-5423. Dostupné z: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03070.x>.

[42] EL-BAKRY, M, DUGGAN, E., O'RIORDAN, E., O'SULLIVAN, M. Effects of emulsifying salts reduction on imitation cheese manufacture and functional properties. *Journal of Food Engineering* [online]. 2010, vol. 100, no. 4, p. 596-603 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.05.007>

[43] CHAVHAN, G., KANAWJIA, S., KHETRA, Y., PURI, R. Effect of potassium-based emulsifying salts on sensory, textural, and functional attributes of low-sodium processed Mozzarella cheese. *Dairy Science* [online]. 2015, vol. 95, no. 3, p. 265-278 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <http://doi.org/10.1007/s13594-014-0207-0>.

[44] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., POSPIECH, M., TREMLOVÁ, B., HLADKÁ, K., PAVLÍNEK, V. & BŘEZINA, P. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*, 2010, vol. 20, p. 336–343. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.12.012>.

- [45] HUANG, H., HALLINAN, R., MALEKY, F. Comparison of different oleogels in processed cheese products formulation. *International Journal of Food Science* [online]. 2018, vol. 53, no. 11, p. 2525-2534 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13846>
- [46] MULSOW, B. B., JAROS, D. & ROHM, H. *Processed Cheese and Cheese Analogues*. Structure of Dairy Products. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, 2007, p. 210–235.
- [47] MCSWEENEY, P., FOX, H., COTTER, F., EVERETT, P., DAVID, W. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. . 2017. ISBN 978-0-12-417017-9.
- [48] BERGER, W. *Processed cheese manufacture*. A Joha Guide, Ladenburg: BK Giulini Chemie GmbH & Co. OHG, 1998, 238 p. ISBN 0-1642-5546-3.
- [49] PIJANOWSKI, E. *Základy chémie a technológie mliekárstva*. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1987. 632 s
- [50] CARIĆ, M., KALÁB, M. *Processed cheese products*. In Fox, P.F (ed.) *Cheese: Chemistry, Physics and Mikrobiology*. Volume 2. Major Cheese Groups, 2. ed. Elsevier Applied Science, London and New York, 1997, 467–505.
- [51] FORMAN, L. a kol. *Mlékárenská technologie II*. Vyd. 2. Praha: VŠCHT, 1996, 228 s. ISBN-80-7080-250-2
- [52] 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*, 2007, vol. 79, no. 4 p. 1364–1373. ISSN 0260-8774.
- [53] PAVELKA, A. *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. 1.st ed. Brno: Littera, 1996. 105 p. ISBN 80-85763-09-5.
- [54] SIMEONOVÁ, J., INGR, I., GAJDŮŠEK, S., *Zpracování a zbožíznałství živočišných produktů*. 1. vyd. Brno: MZLU, 2003. 124 s. ISBN 80-7157–708-1
- [55] SCHÄR, W. & BOSSET, J. O. Chemical and Physicochemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue during Storage. A Review. *LWT – Food Science and Technology*, 2002, vol. 35, no. 1, p. 15–20. ISSN 0023-6438.

- [56] ANDĚL, M. *Sýry a tvarohy ve výživě*. Praha: Česká technologická platforma pro potraviny, [2012]. Publikace České technologické platformy pro potraviny. ISBN 978-80-905096-2-7.
- [57] JANMEY, P.A, SCHLIWA, M. Rheology. *Current Biology*. 2008. vol. 18, no. 15, p. 639-641. Dostupné z: <https://doi:10.1016/j.cub.2008.05.001>.
- [58] ANONYM. *Reologie*. ZLÍN. 2011. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/kzm/KZM_03.pdf
- [59] MYHAN, R., BIAŁOBRZEWSKI, I., MARKOWSKI, M. Approach to modeling the rheological properties of food materials. *Journal of Food Engineering* [online]. 2012.vol. 111, no. 2, p. 351-359 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.02.011>.
- [60] HOLUBOVÁ, R. *Základy reologie a reometrie kapalin*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4178-8.
- [61] JOSHI, N. S, JHALA, R.P., MUTHUKUMARAPPAN, K., ACHARYA, M.R., MISTRY, V.V. Textural and Rheological Properties of Processed Cheese. *International Journal of Food Properties* [online]. 2004, vol. 7, no. 3, p. 519-530 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1081/JFP-200032962>.
- [62] BISWAS, A.C., MUTHUKUMARAPPAN, K., MARELLA, CH., METZGER, L. Understanding the role of natural cheese calcium and phosphorous content, residual lactose and salt- in- moisture content on block- type processed cheese functional properties. *International Journal of Dairy Technology* [online].2015, vol. 68, no. 1, p. 44-53 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12167>.
- [63] ČERNÍKOVÁ, M., SALEK R.N., KOZÁČKOVÁ, D., BĚHALOVÁ, H., LUŇÁKOVÁ, L., BUŇKA, F. Effect of selected processing parameters on viscoelastic properties of model processed cheese spreads. *International Dairy Journal* [online]. 2017, vol. 66, p. 84-90 [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.11.007>.
- [64] 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* [online]. 2004, vol. 61, no. 4, p. 551-555 [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00217-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00217-6).
- [65] LEE, S. K., KLOSTERMEYER, H., ANEMA, S. G. Effect of fat and protein-in water concentrations on the properties of model processed cheese. *International Dairy Journal*, 2015, vol. 50, p. 15–23. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.06.001>.
- [66] SOLOWIEJ, B. Textural, Rheological and Melting Properties of Acid Casein Reduced-fat Processed Cheese Analogues. *Milchwissenschaft*. 2012, vol. 67, no. 1 s. 9-13. ISSN:0026-3788.
- [67] ČERNÍKOVÁ, M., NEBESÁŘOVÁ, J., SALEK, R.N., ŘIHÁČKOVÁ, L., BUŇKA, F. Microstructure and textural and viscoelastic properties of model processed cheese with different dry matter and fat in dry matter content. *Journal of Dairy Science* [online]. 2017, vol. 100, no. 6, p. 4300-4307 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12120>.
- [68] LEE, S.K., ANEMA, S., KLOSTERMEYER, H. Influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science* [online]. 2004, vol. 39, no. (7), p. 763-771 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00842.x>.
- [69] HLADKÁ, K., RANDULOVÁ, Z., TREMLOVÁ, B., MANČÍK, P., ČERNÍKOVÁ, M. & BUŇKA, F. Pevnost tavených sýrů vyrobených bez tradičních tavicích solí. 2011. *Mlékařské listy*, č. 12, s. 3.
- [70] BUŇKA, F., DOUDOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., et al. Effect of concentration and composition of ternary emulsifying salts on the textural properties of processed cheese spreads. *LWT – Food Science and Technology* [online], 2014, vol. 58, no.1, p. 247-255 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.040>.
- [71] CHEN, L., LIU, H. Effect of emulsifying salts on the physicochemical properties of processed cheese made from Mozzarella. *Journal of Dairy Science* [online], 2012, vol. 95, no. 9, p. 4823-4830 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5480>.

- [72] NAGYOVÁ, G., BUŇKA, F., SALEK, R.N., ČERNÍKOVÁ, M., MANČÍK, P., GRÜBER, T., KUCHAR, D. Use of sodium polyphosphates with different linear lengths in the production of spreadable processed cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 2014, vol. 97, no. 1, p. 111-122 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7210>.
- [73] LEE, S.K., KLOSTERMEYE, H. 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. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0761>.
- [74] MILANI, J., MALEKI, G. Hydrocolloids in food industry. *Food Industrial Processes – Methods and Equipment*. 2012, p. 17-38. ISBN 978-953-307-905-9.
- [75] WUESTENBERG, T. *Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food Industry: Fundamentals and Applications*. Wiley-VCH, Weinheim. 2014.
- [76] FELIX DA SILVA, D., BARBOSA DE SOUZA FERREIRA, S., BRUSCHI, M.C., BRITTEN, M., MATUMOTO-PINTRO, P.T. Effect of commercial konjac glucomannan and konjac flours on textural, rheological and microstructural properties of low fat processed cheese. *Food Hydrocolloids* [online]. 2016, vol. 60, p. 308-316 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.03.034>.
- [77] GUSTAW, W., MLEKO, S. The Effect of Polysaccharides and Sodium Chloride on Physical Properties of Processed Cheese Analogs Containing Whey Proteins. *Milchwissenschaft*. 2007, vol. 62, no. 1 s. 59-62.
- [78] ČERNÍKOVÁ, M., SALEK, R.N., KOZÁČKOVÁ, D., BĚHALOVÁ, H., LUŇÁKOVÁ, L., BUŇKA, F. Effect of selected processing parameters on viscoelastic properties of model processed cheese spreads. *International Dairy Journal* [online]. 2017, vol. 66, o. 84-90 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.11.007>.
- [79] NORONHA, N., O'RIORDAN, E. D., O'SULLIVAN, M. Influence of processing parameters on the texture and microstructure of imitation cheese. *European Food Research and Technology*. 2008, vol. 226, p. 385–393. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0549-9>.

- [80] ČESKO. ČSN EN ISO 5534:2005, Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Praha: Český normalizační institut.
- [81] SALÁKOVÁ, A., BOŘILOVÁ, G. Technologie a hygiena potravin živočišného původu – návody na cvičení. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Vyd.1, 2014, 51 s. ISBN 978-80-7305-731-2
- [82] NIKZADE, V., TEHRANI, M., SAADATMAND-TARZJAN, M. Optimization of low-cholesterol–low-fat mayonnaise formulation. *Food Hydrocolloids* [online]. 2012, vol. 28, no. 2, p. 344-352 [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.023>.
- [83] GUNASEKARAN, S. & MEHMET AK, M. Dynamic oscillatory shear testing of foods – selected applications. *Trends in Food Science & Technology*, 2000, vol. 11, p. 115–127.
- [84] NEDOMOVÁ, Š. Texturní vlastnosti potravin-habilitační přednáška. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_sklad/habilitacni_prednasky/habilitacni_prednaska_nedomova.pdf.
- [85] SZCZESNIAK, A.S. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference* [online]. 2002, vol. 13, no. 4, p. 215-225 [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8).
- [86] ROSENTHAL, A. J. *Food texture – Measurement and perception*. A Chapman & Hall Food Science Book, Aspen Publishers, Inc., Gainthersburg, Maryland, 1999, 322 s. ISBN 0-8342-1238-2.
- [87] ČERNÍKOVÁ, M. *Vybrané faktory působící na konzistenci tavených sýrů*. ZLÍN. 2017. Habilitační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [88] MARCHESSEAU, S., GASTALDI, E., LAGAUDE, A., CUQ, J. Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science*, 1997, vol. 80, no. 8, p. 1483-1489 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: [https://doi.org/10.3168/jds. S0022-0302\(97\)76076-4](https://doi.org/10.3168/jds. S0022-0302(97)76076-4).
- [89] AWAD, R., ABDEL-HAMID, L.B., EL-SHABRAWY, S., SINGH, R.K. Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *LWT – Food Science and Technology*, 2002, vol. 35, no.1, p. 54-61 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0828>.

- [90] BARTH, A.P., TORMENA, C.F., VIOTTO, W.H. PH influences hydrolysis of sodium polyphosphate in dairy matrices and the structure of processed cheese. *Journal of Dairy Science*, 2017, vol. 100, no. 11, p. 8735-8743 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://10.3168/jds.2017-12764>.
- [91] BRANDT, L. Successful signature sauces. *Prepared Foods*. 2001
- [92] RODRÍGUEZ P., PILOSOFF, J.M.A. Protein-polysaccharide interactions at fluid interfaces. *Food Hydrocolloids*, 2011, vol. 25, no.8, p. 1925-1937 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://10.1016/j.foodhyd.2011.02.023>.
- [93] OFORI, J.A., HSIEH, Y.H.P., The use of blood and derived products as food additives. *INTECH Open Access Publisher*. 2012.
- [94] INNUN, A., HAYAKAWA, S., OGAWA, M., SUN, Y. Improvement of rheological properties of wheat dough using porcine globin glycated with sugar. *Journal of Biological Sciences*. 2007, vol.7, no.2, p. 247-254 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://10.3923/jbs.2007.247.254>.
- [95] De Buyser, D.R. High viscous globin protein VEPRO® 95 HV: *Functional properties and application possibilities in the meat processing industry*. VEOS N.V. In Dolata, 1999.
- [96] 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*, 2004, vol. 64, no. 3, p. 335-342 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://10.1016/j.jfoodeng.2003.10.018>.
- [97] THANASUKARN, P., PONGSAWATMANIT, R., MCCLEMENTS, D. J. Influence of emulsifier type on freeze-thaw stability of hydrogenated palm oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 2004, vol. 18, no. 6, p. 1033-1043 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.04.010>.
- [98] PERRECHIL, F., CUNHA, R. Oil-in-water emulsions stabilized by sodium caseinate. *Journal of Food Engineering*, 2010, vol. 97, no. 4, p. 441-448 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.10.041>
- [99] AROCAS, A, SANZ, T., FISZMAN, S.M. Improving effect of xanthan and locust bean gums on the freeze-thaw stability of white sauces made with different native

- starches. *Food Hydrocolloids*, 2009, vol. 23, no.8, p. 2478-2484 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.08.001>.
- [100] MA, L a G.v BARBOSA-CÁNOVAS. Viscoelastic properties of xanthan gels interacting with cations. *Journal of Food Science* [online]. Inst Food Technologists, 1997, vol. 62, no. 6, p. 1124-1128 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb12227.x>.
- [101] SOŁOWIEJ, B., GLIBOWSKI, P., MUSZYŃSKI, S., WYDRYCH, J., GAWRON, A., JELIŃSKI, T. Effect of fat replacement by inulin on the physicochemical properties and microstructure of acid casein processed cheese analogues with added whey protein polymers. *Food Hydrocolloids*. 2015, vol. 44, p. 1-11 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.08.022>.
- [102] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P., HRABĚ, J., VALÁŠEK, P. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Hydrocolloids*, 2008, vol. 22, no. 6, p. 1054-1061 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.05.020>.
- [103] NGUYEN, P.T.M., KRAVCHUK, O., BHANDARI, B., PRAKASH, S. Effect of different hydrocolloids on texture, rheology, tribology and sensory perception of texture and mouthfeel of low-fat pot-set yoghurt. *Food Hydrocolloids*. 2017, vol. 72, p. 90-104 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.05.035>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

TVS	Tuk v sušině.
DSP	Ortofosforečnan sodný.
SHMP	Hexametafosforečnan sodn
TSP	Dirofosforečnan tetrasodný
DSP	Hydrogenfosforečnan sodný
HEXA 68	Polyfosforečnan sodný
TS	Tavicí soli
G'	Elastický modul pružnosti
G''	Ztrátový modul pružnosti
G^*	Komplexní modul pružnosti

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Schématické vyjádření iontů sodíku za ionty vápníku při tavení přírodních sýrů.....</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 2: Zátěžová křivka závislosti síly (N) deformace v závislosti na čase</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 3: pH modelových vzorků I. řady tavených sýrových omáček 1 a 14. den skladování.....</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 4: pH modelových vzorků II. řady tavených sýrových omáček 1 a 14. den skladování.....</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 5: pH modelových vzorků III. řady tavených sýrových omáček 1 a 14. den skladování.....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 6: pH modelových vzorků IV. řady tavených sýrových omáček 1 a 14. den skladování.....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 7: Výsledky stanovení stability I. řady modelových vzorků v 7. den skladování... </i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 8: Výsledky stanovení stability II. řady modelových vzorků v 7. den skladování. </i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 9: Výsledky stanovení stability III. řady modelových vzorků v 7. den skladování. </i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 10: Výsledky stanovení stability IV. řady modelových vzorků v 7. den skladování.....</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 11: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* na frekvenci u I. řady modelových vzorků v 1.(A) a 14. den (B) skladování.....</i>	<i>56</i>
<i>Obrázek 12: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* na frekvenci u II. řady modelových vzorků v 1.(A) a 14. den (B) skladování.....</i>	<i>56</i>
<i>Obrázek 13: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* na frekvenci u III. řady modelových vzorků v 1.(A) a 14. den (B) skladování.....</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 14: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* na frekvenci u IV. řady modelových vzorků v 1.(A) a 14. den (B) skladování.....</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 15: Závislost viskozity (η) na frekvenci pro I. řadu tavených sýrových omáček 1.(A) a 14.(B) den skladování</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 16: Závislost viskozity (η) na frekvenci pro II. řadu tavených sýrových omáček 1.(A) a 14.(B) den skladování.....</i>	<i>59</i>

<i>Obrázek 17: Závislost viskozity (η) na frekvenci pro III. řadu tavených sýrových omáček 1.(A) a 14.(B) den skladování.....</i>	<i>60</i>
<i>Obrázek 18: Závislost viskozity (η) na frekvenci pro IV. řadu tavených sýrových omáček 1.(A) a 14.(B) den skladování.....</i>	<i>60</i>
<i>Obrázek 19: Výsledky stanovení tvrdosti pro I. řadu tavených sýrových omáček v 1. a 14 den skladování.....</i>	<i>62</i>
<i>Obrázek 20: Výsledky stanovení tvrdosti pro II. řadu tavených sýrových omáček v 1. a 14 den skladování.....</i>	<i>62</i>
<i>Obrázek 21: Výsledky stanovení tvrdosti pro III. řadu tavených sýrových omáček v 1. a 14 den skladování.....</i>	<i>61</i>
<i>Obrázek 22: Výsledky stanovení tvrdosti pro VI. řadu tavených sýrových omáček v 1. a 14 den skladování.....</i>	<i>61</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Obecný přehled složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabulka 2: Modelové vzorky tavených sýrových omáček.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabulka 3: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u I. řady tavených sýrových omáček pro 1. a 14. den skladování.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka 4: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u II. řady tavených sýrových omáček pro 1. a 14. den skladování.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka 5: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u III. řady tavených sýrových omáček pro 1. a 14. den skladování.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabulka 6: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u IV. řady tavených sýrových omáček pro 1. a 14. den skladování.....</i>	<i>54</i>