

Vliv doby míchání na konzistenci tavených sýrů

Bc. Zuzana Brázdilová

Diplomová práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Zuzana Brázdilová**
Osobní číslo: **T16570**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vliv doby míchání na konzistenci tavených sýrů**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakterizujte tavené sýry.
2. Popište technologii výroby.
3. Popište vybrané technologické parametry mající vliv na konzistenci tavených sýrů.

II. Praktická část

1. Vytvořte modelové vzorky tavených sýrů při různých rychlostech a dobách míchání.
2. Proveďte chemickou analýzu a dynamickou oscilační reometrii.
3. Vyhodnoťte výsledky a diskutujte je s odbornou literaturou.
4. Shrňte závěry práce.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] ČERNÍKOVÁ, M., SALEK, R. N., KOZÁČKOVÁ, D., BĚHALOVÁ, H., LUŇÁKOVÁ, L., BUŇKA, F. The effect of selected processing parameters on viscoelastic properties of model processed cheese spreads. *International Dairy Journal*, 66, 2017, 84 – 90.

[2] GUINEE, T. P., Cheese: Pasteurized Processed Cheese Products in *Encyclopedia of Dairy Science*, 2nd. ed., 2011, 805 – 813.

[3] KAPOOR, R. & METZGER, E. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects – A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7, 2008, 194 – 214.

[4] 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*, 226, 2008, 385 – 393.

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

Datum zadání diplomové práce: **2. února 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2018**

Ve Zlíně dne 2. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

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 25.4.2019

.....


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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce pojednává o změnách konzistence tavených sýrů během 60 dnů skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Předmětem sledování změn byl vliv rychlosti míchání (1000 ot./min, 1250 ot./min, 1500 ot./min, 1750 ot./min, 2000 ot./min) a doby míchání, tedy výdrže tavicí teploty 90 °C (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut). Nejprve byly vyrobeny modelové vzorky, které obsahovaly 37 % (w/w) sušiny a 40 % (w/w) tuku v sušině. U těchto modelových vzorků byly prováděny analýzy v 1., 14., 30. a 60. dnu od výroby, během kterých byla zjišťována hodnota pH, obsah sušiny, obsah tuku v sušině a také byla provedena dynamická oscilační reometrie, prostřednictvím které byly pozorovány změny konzistence tavených sýrů. U všech použitých rychlostí míchání v prvních minutách výdrže tavicí teploty tavené sýry měkly (v závislosti na rychlosti míchání) a následně se s prodlužující dobou míchání jejich tuhost zvyšovala až do desáté minuty výdrže tavicí teploty. Po porovnání tuhosti vzorků vyrobených při odlišných rychlostech míchání bylo zjištěno, že nejnižší tuhost měly vzorky vyrobené při nejnižší rychlosti míchání (1000 ot./min) s dobou výdrže 4 minuty a naopak nejtuzší byly vzorky vyrobené při nejvyšší rychlosti míchání (2000 ot./min) s dobou výdrže 10 minut. Ze všech vyrobených vzorků, měly nejvyšší tuhost ty, které byly vyrobeny při rychlosti míchání 2000 ot./min a při nejdelší době výdrže tavicí teploty. Zároveň všechny vzorky vykazovaly narůstající tuhost s prodlužující se délkou skladování.

Klíčová slova:

Tavené sýry, doba míchání při tavicí teplotě, rychlost míchání, konzistence

ABSTRACT

This diploma thesis deals with changes of processed cheese consistency during 60 days of storage at 6 ± 2 ° C due to different holding time at the melting temperature of 90 °C (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 and 10 minutes) with the combination of different speed of agitation (1000 rpm, 1250 rpm, 1500 rpm, 1750 rpm, 2000 rpm). Model samples were made with 37 % (w/w) dry matter content and 40 % (w/w) fat in dry matter content. For these model samples, analyses were performed on the 1st, 14th, 30th, and 60th days after production. During the storage time, pH-values, dry matter content, fat in dry matter content and viscoelastic properties of model processed cheeses were observed. Under all agitation speeds used, the firmness of processed cheeses were decreasing in the first minutes of the melting temperature holding. After minimum firmness were reached (between 1 and 4 minutes of the melting temperature holding for individual agitation speeds), the gel strength of model samples were continually increasing up to the holding time of 10 minutes. The model processed cheeses manufactured under the agitation speed of 1000 rpm possessed the lowest firmness. On the other hand, the highest firmness had the samples produced under the agitation speed of 2000 rpm. The processed cheeses made using the holding time of 10 minutes and the agitation speed of 2000 rpm were the most rigid during 60 days of storage. During the last mentioned period, the firmness of all samples tested increased continually.

Keywords:

Processed cheeses, holding time at the melting temperature, agitation speed, consistency

Děkuji vedoucí mé diplomové práce MVDr. Michaele Černíkové, PhD., za odborné vedení, poskytování cenných rad a připomínek. Děkuji za čas a ochotu, kterou mi po dobu zpracování diplomové práce věnovala.

Velké poděkování patří i všem, kteří se podíleli na výrobě a analýzách vzorků.

Poděkovat bych chtěla také mé rodině, která mě po celou dobu studia materiálně a především morálně podporovala, čehož si moc vážím, stejně jako motivace, opory a důvěry, kterou mi neustále poskytoval můj přítel.

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

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 TAVENÉ SÝRY	13
1.1 POČÁTKY VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ.....	14
1.2 LEGISLATIVNÍ CHARAKTERISTIKA	14
1.3 DRUHY TAVENÝCH SÝRŮ.....	15
1.4 SENZORICKÉ VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ	16
1.4.1 Barva tavených sýrů.....	17
1.4.2 Chuť a vůně tavených sýrů.....	18
1.5 VADY TAVENÝCH SÝRŮ.....	20
2 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ	21
2.1 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ	21
2.2 PŘÍDAVEK TAVICÍCH SOLÍ.....	22
2.3 PROCES VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ	23
2.3.1 Příprava surovin	23
2.3.2 Tavení.....	24
2.3.3 Homogenizace taveniny	25
2.4 KONEČNÁ ÚPRAVA TAVENÝCH SÝRŮ.....	26
2.4.1 Tvarování tavených sýrů	26
2.4.2 Balení tavených sýrů	26
2.4.3 Chlazení tavených sýrů	26
3 KONZISTENCE TAVENÝCH SÝRŮ.....	28
3.1 CHARAKTERISTIKA KONZISTENCE TAVENÝCH SÝRŮ.....	28
3.2 VLIVY PŮSOBÍCÍ NA KONZISTENCI TAVENÝCH SÝRŮ.....	29
3.3 ZÁKLADNÍ POUŽITÉ SUROVINY	29
3.4 PŘÍDAVEK TAVICÍCH SOLÍ.....	29
3.5 HODNOTY pH.....	32
3.6 PARAMETRY TECHNOLOGIE VÝROBY.....	32
3.7 CHLAZENÍ A SKLADOVÁNÍ HOTOVÝCH VÝROBKŮ	34
3.8 PŘÍDATNÉ LÁTKY – HYDROKOLOIDY	36
II PRAKTICKÁ ČÁST	37
4 CÍL PRÁCE	38
5 METODIKA PRÁCE.....	39
5.1 MODELOVÉ VZORKY	39
5.2 CHEMICKÁ ANALÝZA	40
5.2.1 Stanovení hodnoty pH.....	40

5.2.2	Stanovení celkového obsahu sušiny	41
5.2.3	Stanovení obsahu tuku v sušině	42
5.3	REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	42
6	VÝSLEDKY A DISKUZE	44
6.1	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ZÁKLADNÍ CHEMICKÉ ANALÝZY	44
6.1.1	Stanovení obsahu sušiny a tuku v sušině	44
6.1.2	Stanovení hodnot pH.....	45
6.2	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ REOLOGICKÉ ANALÝZY	46
	ZÁVĚR	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	62
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	72
	SEZNAM OBRÁZKŮ	73
	SEZNAM TABULEK.....	75

ÚVOD

V dnešní moderní době, kdy je na trhu nepřehledné množství nejrůznějších potravin, má celosvětově většina spotřebitelů své vlastní priority a požadavky, podle kterých si vybírají své oblíbené produkty. Mezi rozšířenou a vyhledávanou skupinou takovýchto produktů patří také tavené sýry. V nabídce se objevují tavené sýry s odlišnými vlastnostmi, které tvoří charakter jednotlivých produktů. Mezi takové vlastnosti můžeme řadit především příchuť a konzistenci, které bývají často hlavním kritériem při samotném výběru spotřebitelem. Tyto vlastnosti ovlivňují také škálu produktů, které jsou nabízeny, jelikož výrobci se snaží uspokojit požadavky spotřebitelů. Proto přetrvává snaha výrobců přijít na trh s novým produktem, který by si získal přízeň spotřebitelů s ohledem na příchuť, konzistenci, tvar či způsob balení tavených sýrů.

Chuť taveným sýrům dává kromě ochucujících složek především surovinová skladba, tedy výběr základních surovin pro jejich výrobu. Další důležité vlastnosti jako tuhost, roztíratelnost či texturu ovlivňují kromě použitých surovin také technologické parametry. Všechny tyto aspekty výroby poskytují možnost výroby širokého spektra tavených sýrů kombinací jednotlivých parametrů. Proto je velmi důležité dbát při výrobě tavených sýrů na přesnost a stálost všech surovin i procesů během výroby dle požadovaných vlastností na výsledný produkt. Je třeba zajistit totožné suroviny, přesné navažování podle surovinové skladby pro daný výrobek a také zajistit stejné podmínky během celé výroby, jako tavicí teplotu, rychlost a dobu míchání. Tímto lze dosáhnout konstantních vlastností a zajistit tak přetrvávající spokojenost konečných spotřebitelů, kteří vyžadují od jednotlivých produktů charakteristiky, na které jsou zvyklí.

Tato práce popisuje ovlivnění konzistence tavených sýrů dobou míchání při tavicí teplotě a rychlostí otáček při výrobě. U vyrobených vzorků byly prováděny analýzy v průběhu dvou měsíců skladování, na základě kterých bylo následně provedeno srovnání naměřených hodnot.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY

Mezi nejmladší sýry se řadí sýry tavené, které jsou jedny z nejoblíbenějších mléčných výrobků českých konzumentů a jejich spotřeba je tak relativně vysoká. Již několik let se konzumace pohybuje průměrně v rozmezí 2,0 – 2,5 kg na osobu ročně. Je tomu tak i díky široké škále tavených sýrů, které mají své specifické vlastnosti. Kromě množství příchutí mají tavené sýry také různou konzistenci. Ta je technologickými parametry a zvolenými surovinami opravdu variabilní, vyrábí se tekuté sýrové omáčky, roztíratelné tavené sýry i blokové tavené sýry. S ohledem na typ a vlastnosti taveného sýru je nutné přizpůsobit druh spotřebitelského balení, které má také velký vliv na konečného spotřebitele [1, 2, 3].

Pro výrobu tavených sýrů se zpravidla používají různě zralé přírodní sýry, máslo, tavicí soli a voda. Pro dosažení požadovaných vlastností se mohou pro výrobu používat další přísady. Výroba tavených sýrů má několik kroků. Jako první se provádí rozmělnění směsi připravených surovin, následuje tavení a emulgování, k čemuž se využívá tavicí teplota a také tavicí soli, které jsou součástí surovinové skladby. Při výrobě se využívá různých kombinací teploty a doby jejího působení. Tavené sýry mají jemnou strukturu a tvoří je několika složkový komplex. Tavicí soli způsobí vytvoření nosné stabilizační sítě z bílkovinné frakce, do které se následně zabudovávají ostatní jemně rozptýlené přísady [1, 4, 5].

V dnešní moderní době je lidem nabízeno prostřednictvím reklam na internetu, v televizích, v časopisech obrovské množství výrobků a většinou lákají na svou kvalitu a pro člověka zdravé složení. Jsou však zdroje, které spotřebitele spíše uvádějí v omyl a tato skutečnost se nevyhýbá ani taveným sýrům. Surovinové skladby pro výrobu tavených sýrů však obsahují jen kvalitní suroviny, mezi nimi především přírodní sýry. Tyto suroviny výrobci důkladně kontrolují, přičemž závadná surovina je z výroby okamžitě vyloučena spolu s celou dodanou šarží. K výrobě tavených sýrů se tedy nepoužívají zdravotně závadné či jinak nebezpečné suroviny. Naopak k výrobě tavených sýrů se mohou používat přírodní sýry, u kterých se objevují mechanické vady např. špatný tvar nebo deformace, pro které nemohou být dodány do maloobchodu. Likvidace takovýchto sýrů je z ekonomických i etických důvodů zbytečná, protože tyto sýry použité ve výrobě tavených sýrů nesnižují kvalitu výrobku a ani nepoškozují spotřebitele. Většina přírodních sýrů používaných k výrobě tavených sýrů jsou však sýry obchodovatelné [6].

1.1 Počátky výroby tavených sýrů

Tavené sýry získaly oblibu u obyvatelstva již ve středověku v dobách půstu a u vojska, kde je vojáci dostávali na příděl. Všechny sýry se vyráběly z neošetřeného mléka až do padesátých let devatenáctého století, kdy byl objeven pasterační proces francouzským mikrobiologem Louistem Pasteurem. Tento objev znamenal velký zlom a pokrok a sýry začaly být vyráběny ve velkém množství [7].

Z důvodu potřebného prodloužení trvanlivosti sýrů pro možnost zvýšeného exportu se začaly vyrábět tavené sýry. První tavené sýry byly vyrobeny ve Švýcarsku firmou Gerber, která k výrobě použila tvrdé švýcarské sýry a tavicí soli. Krátce poté začala tavené sýry vyrábět společnost Kraft ve Spojených státech amerických, která je prvním výrobcem komerčně dostupného plátkového taveného sýru a sterilovaného přírodního sýru čedaru dodávaného vojskům během první světové války. Ve Francii se roku 1921 objevila námi velmi známá světová značka Veselá kráva. Od roku 1923 se začaly tavené sýry vyrábět také v Československu, jejich výroba pokračuje nadále i v České republice, kde je na výrobu tavených sýrů zaměřeno 14 mlékárenských podniků. Celosvětová výroba čítá ročně přibližně 2,5 milionů tun tavených sýrů a tavených sýrových pomazánek [5,8].

1.2 Legislativní charakteristika

Jako tavené sýry se označují ty sýry, které byly tepelně upraveny za přídavku tavicích solí, a to podle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., která stanoví požadavky na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Tato vyhláška také pojmenovává výrobky, které nesplňují požadavky pro označení tavený sýr a tyto výrobky tedy nazývá jako tavené sýrové výrobky [9].

Tavené sýry, které jsou druhově nepojmenované, musí dle platné vyhlášky č. 397/2016 Sb. obsahovat maximálně 5 hmot. % laktózy. Další mléčné výrobky kromě tavených sýrů, nazývané tavené sýrové výrobky obsahují dle vyhlášky více než 5 hmot. % laktózy. Dále tavené sýry druhově nepojmenované mohou obsahovat máslo, máselný tuk, smetanu, máselný koncentrát, jedlou sůl, bakteriální kultury, zdravotně nezávadné enzymy se specifickými účinky, ostatní zdravotně nezávadné potraviny. Koření a sezónní zeleninu smí tavené sýry obsahovat v množství potřebném k dodání charakteristické chuti konečnému výrobku. Tavené sýry by neměly obsahovat cukry, přesněji sacharidy se sladícím účinkem [9].

1.3 Druhy tavených sýrů

Tavené sýry dělí v současné době platná vyhláška č. 397/2016 Sb. dle konzistence na tavené sýry roztíratelné a tavené sýry s lomem. Tato vyhláška je platná od 1. ledna 2017, před ní byla platná vyhláška č. 77/2003 Sb., která tavené sýry rozdělovala poněkud podrobněji. Tavené sýry se tehdy dělily na nízkotučné a vysokotučné podle obsahu tuku v sušině. Nízkotučné tavené sýry obsahovaly maximálně 30 hmot. % tuku v sušině a vysokotučné tavené sýry obsahovaly minimálně 60 hmot. % tuku v sušině [9, 10].

V právních předpisech lze však také dohledat i jiná dělení tavených sýrů. Při zohlednění aplikované surovinové skladby lze tavené sýry rozdělit na dvě skupiny, a to tavené sýry jednodruhové a směsné. Jednodruhové tavené sýry jsou vyrobeny převážně z jednoho deklarovaného druhu sýra, kdežto v surovinové skladbě směsných tavených sýrů nepřevládá jeden druh sýru, ale kombinuje se více druhů přírodních sýrů v různých poměrech. Kromě základních surovin se při výrobě tavených sýrů může zařadit přídavek dalších ochucujících složek a podle toho lze tavené sýry rozdělit na ochucené či neochucené tavené sýry. Suroviny pro ochucení tavených sýrů se při výrobě zařazují na počátku procesu tavení nebo mohou být tyto ochucující složky do již utaveného sýra přidány a vmíchány v konečné úpravě. Nejčastěji se jako ochucující složky používají bylinky, koření, zelenina, houby, masné výrobky, ale také mnoho dalších surovin [2, 11, 12].

Podle nelegislativního dělení lze tavené sýry s ohledem na obsah tuku v sušině rozdělit také na sýry nízkotučné, polotučné, plnotučné a vysokotučné. Zde platí, že nízkotučné tavené sýry obsahují nejvýše 30 hmot. % tuku v sušině, polotučné 30 – 40 hmot. % tuku v sušině, plnotučné 45 – 55 hmot. % tuku v sušině a vysokotučné 60 – 70 hmot. % tuku v sušině. S ohledem na požadovanou konzistenci a vlastnosti tavených sýrů se nevyrábí tavené sýry s obsahem tuku v sušině menším než 20 hmot. % a větším než 70 hmot. %. V případě výroby takovýchto tavených sýrů by hotové výrobky neměly vlastnosti a parametry typické pro tavené sýry. Tavené sýry by měly mít charakteristickou konzistenci a tedy celistvý charakter, jednolitou strukturu bez krupiček a neměly by obsahovat nedostatečně rozmíchané shluky surovin. V opačném případě by mohlo docházet k negativnímu ovlivnění konzistence a následné nespokojenosti zákazníka při konzumaci takového výrobku. Při správné konzistenci můžeme rozlišovat tavené sýry s konzistencí krémovitou nebo hustou, s konzistencí roztíratelnou a jemnější, pevnou a lomivou [2].

Rozdělit tavené sýry lze také na pasterované tavené sýry (*Pasteurized processed cheese*), pasterované směsné sýry (*Pasteurized blended cheese*), pasterované tavené sýrové výrobky (*Pasteurized processed cheese food*) a pasterované tavené sýrové pomazánky (*Pasteurized processed cheese spread*). Jednotlivé skupiny se od sebe liší podle předepsaného obsahu tuku, obsahu sušiny a podle surovin, které je možné použít pro jejich výrobu. Podle použitých ochucujících složek pak lze tyto skupiny rozdělit na výrobky neochucené nebo výrobky s kořením, masem, zeleninou a ovocem [13]. Kromě tavených sýrů se na trhu vyskytují i výrobky, které nesplňují požadavky na tavené sýry. Podle zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích, v platném znění, musí být tyto výrobky na obalech řádně označeny tak, aby nevedly zákazníka v omyl [1, 9].

Takovéto výrobky vznikají především kvůli snaze výrobců zaujmout potenciálního zákazníka nižší cenou, než u klasických tavených sýrů. Nižší cena se však odráží na použitých surovinách a tím i konečných vlastnostech těchto výrobků. Klasické suroviny charakteristické pro tavené sýry jsou zde nahrazovány jinými surovinami. V případě, že u výrobku dojde k vyloučení mléčné složky a místo ní se použije surovina rostlinného původu, nelze již takový výrobek považovat za výrobek mléčný a podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1308/2013 (čl. 78 a příloha VII, část III.), v platném znění, se nesmí pro jeho označení použít slovo sýr. Pro tyto výrobky neexistuje podle evropské legislativy žádné speciální pojmenování, ale často bývají označovány jako analogy tavených sýrů nebo analogy sýrových pomazánek [1, 15].

Použití rostlinných olejů jako náhražky mléčné složky, tedy znamená vyřazení živočišných tuků z výrobku, roste tedy podíl nenasycených mastných kyselin a klesá podíl nasycených mastných kyselin, čímž může dojít ke snížení obsahu cholesterolu. Z důvodu ceny surovin pro tavené sýry, především přírodních sýrů a jiných mléčných složek, se výroba těchto analogů postupně rozšiřuje. Roste tak poptávka po těchto výrobcích nejen u konečných spotřebitelů, ale především u provozovatelů rychlého občerstvení [16, 17, 18].

1.4 Senzorické vlastnosti tavených sýrů

Významným ovlivněním výběru nejen tavených sýrů ale všech potravin z pohledu spotřebitele je senzorická kvalita výrobků, která je tak nejdůležitějším kritériem. Za rozhodující faktory jakosti tavených sýrů jsou pokládány především chuť, vůně a konzistence. Proto je těmto vlastnostem tavených sýrů věnována řada studií mnoha odborníků [74]. Většina

těchto studií, která doposud proběhla, byla zaměřena především na texturní vlastnosti výrobků, kterým se věnoval například Kappor a kol. [71] nebo Brickley a kol. [70]. Výrazně menší počet průzkumů se soustředil na chuť a vůni tavených sýrů, toto téma ve svých pracích popisuje Cunha a kol. [69], Drake a kol. [75] nebo Muir a kol. [76].

Za základní požadavky na senzorické vlastnosti kvalitních tavených sýrů jsou považovány jednotná barva, homogenní struktura a absence vzduchových kaveren v objemu hotových výrobků. Zejména zmíněná přítomnost vzduchových kaveren je v případě tavených sýrů velmi nežádoucí, neboť se může jednat o ukazatel sekundární fermentace sýrů, jež nastává především v důsledku působení bakterií máselného kvašení, jelikož jejich spory jsou odolné převládajícím podmínkám při samotném procesu tavení. Zároveň by toto ukazovalo na použití mikrobiálně znehodnocené tedy nejakostní suroviny. Vzduchové kavery mohou vznikat také nedostatečným vakuem v průběhu tavení [74].

Spotřebitelé tavených sýrů předpokládají u těchto výrobků dlouhou trvanlivost a stabilitu, ta je však ve skutečnosti omezena a trvá řádově několik měsíců. Tato omezená trvanlivost a stabilita je vysvětlována probíhajícími chemickými změnami ve složení v průběhu skladování tavených sýrů, čímž se mění jejich samotná chuť. Mezi chemické změny, které ve složení tavených sýrů probíhají, patří oxidace lipidů, hydrolyza proteinů, enzymatická aktivita termostabilních enzymů, neenzymatické hnědnutí, tvorba krystalů tuku vedoucí k písčovitě konzistenci, ztráty vlhkosti výrobků a reakce výrobku s obalovým materiálem [72, 73].

1.4.1 Barva tavených sýrů

Závažnost barevnosti výrobků potravinářského charakteru je podložena velkým množstvím spotřebitelských testů a taktéž většinou odborných hodnocení potravin. Pro dosažení požadavků na barvy dochází k barvení potravin, které má v současnosti již dlouholetou tradici. Barvení potravin však není neomezené, neboť pro barvení se mohou aplikovat pouze taková barviva, která jsou legislativně povolena a musí se v souladu s legislativou deklarovat. Pokud dojde k použití barviva, které není deklarováno, nebo dojde k nepravdivému označení barviva, může být toto označeno pokusem o uvedení spotřebitele v omyl a snahou výrobce tímto získat konkurenční výhodu [77].

Podle Vyhlášky č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin, se na výrobu neochucených tavených sýrů

smí použít pouze tato následující barviva: karoteny, annato, bixin, norbixin a paprikový extrakt. Zároveň však nesmí být překročeno maximální množství 15 mg/kg při použití annata, bixinu a norbixinu [42]. Podle Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách, v platném znění, se kromě již uvedených barviv mohou použít také další látky, a to: kyselina sorbová a sorbany, nisin, kyselina fosforečná a fosforečnany, Guma Cassia nebo oxid křemičitý a křemičitany [23].

U mléka je jeho přirozeně bílá až slabě krémová barva zprostředkovaná mléčným tukem, který se v mléce vyskytuje ve formě tukových kuliček, kromě toho z části také kazeinem, který je uspořádán do kazeinových micel. Oproti mléku je u mléčných výrobků, do kterých se řadí i tavené sýry, spotřebiteli očekávaná pro tyto výrobky typická barva krémově žlutá, která je potravinám propůjčena prostřednictvím barviv, která se v mléce, jakožto základní surovině, přirozeně vyskytují. Těmito barvivy jsou především karotenoidy a retinol. Přísně kontrolovaným faktem při výrobě tavených sýrů je zabarvení přírodních sýrů, jelikož jde o základní surovinu pro jejich výrobu, tudíž mohou ovlivňovat barvu finálních výrobků. Největším problémem u tavených sýrů je vznik tmavšího zabarvení během doby skladování, které způsobují produkty Maillardovy reakce (neenzymatické hnědnutí). Nežádoucím výsledkem tohoto jevu pak může být také zkrácená trvanlivost tavených sýrů. Kromě nežádoucí barevné změny, byly během probíhajících studií zabývajících se problematikou barevných změn tavených sýrů, zaznamenány další změny, mezi které patří žluté, růžové a bílé typy zbarvení [74, 77].

1.4.2 Chut' a vůně tavených sýrů

U tavených sýrů je velmi důležitou vlastností kromě chuti také jejich vůně, protože s čichem jako takovým je neodmyslitelně spojena právě chuť. Spojením těchto dvou vlastností potravin dostáváme aroma, jinak také chutnost, což je jednotný a ucelený sensorický vjem chuti a vůně, který bývá spuštěn látkami chuťového i vonného charakteru. Aroma se označuje také anglickým termínem *flavour*. Opakem je pak často používané označení *off-flavour* taktéž anglického původu, které se používá pro označení chuti nebo vůně, která není přirozená nebo je změněna působením množství vlivů. Oproti předcházejícímu, se v tomto případě užívá více českých příjmů, mezi které patří například cizí aroma, příchach, příchut', pachut' [86, 87]. Původ chuti a vůně tavených sýrů vyplývá z typu přírodních sýrů, které byly základní surovinou pro jejich výrobu, dále pak z dalších látek surovinové skladby, ze kterých jsou v současné době hojně používána ochucovadla s cílem vyrobení ochu-

cených tavených sýrů [69]. Muir [76] a Cunha [69] došli k závěrům, že je to v první řadě obsah tuku v tavených sýrech, který významně působí na sensorické vlastnosti těchto potravin. Proto také označili obsah tuku v tavených sýrech za nejdůležitější kritérium v procesu sensorického hodnocení tavených sýrů. Dalším, kdo studoval organoleptické vlastnosti tavených sýrů, byl Drake [75], který označuje slanou chuť jako klíčový *flavour* tavených sýrů.

Při vyšších teplotách panujících v průběhu doby skladování může docházet k množství reakcí, v důsledku čehož mohou nastat změny v chuti a vůni tavených sýrů. Mezi tyto reakce ovlivňující sensorickou kvalitu sýrů patří, jak již bylo řečeno výše, především Maillardovy reakce, degradace nebo oxidace lipidů. U tavených sýrů může docházet k vzniku pachutí a zhnědnutí v důsledku tepelného ošetření tavených sýrů, při kterém vznikají rozkladné produkty lipolýzy jako těkavé látky, mezi které patří aldehydy, metylketony nebo volné mastné kyseliny [80, 81]. Enzymová aktivita přítomných mikroorganismů během skladování je taktéž nežádoucím jevem. Tomuto lze předcházet použitím tavicích teplot menších než 100 °C při současném rozmezí hodnot pH 5,6 – 6,0 v průběhu diskontinuálního procesu výroby tavených sýrů. Za těchto podmínek dochází k usmrcení vegetativních forem mikroorganismů a zároveň k denaturaci termolabilních enzymů, tím pádem lze tavený sýr považovat za pasterovaný [78]. Za těchto podmínek pak mohou změny v chuti a složení způsobovat termostabilní proteázy psychrotrofních mikroorganismů [72].

Velmi důležitý je také obalový materiál, který interakcemi s tavenými sýry může vést ke změnám chuti. Z tohoto důvodu se mohou jako obalové materiály používat jen ty materiály, které splňují legislativně stanovené požadavky na obalové materiály. Tyto požadavky popisují předpisy jako Vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 38/2001, o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmů, ve znění pozdějších předpisů, k Zákonu o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů č. 258/2000 Sb. [82]. Tato vyhláška je v souladu s Nařízením Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1935/2004 o materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami, v platném znění [84], dále pak s Nařízením Komise (EU) č. 10/2011 o materiálech a předmětech z plastů určených pro styk s potravinami [83].

Hliníkové folie, které se v České republice používají jako obalový materiál tavených sýrů nejčastěji, zajišťují dodržení zdravotní a hygienické nezávadnosti vyráběných sýrů díky vhodně upravenému povrchu. Chuť výrobků může být i přesto ovlivněna, pokud dochází

ke korozi použitého materiálu nebo k prostupu látek uvolňovaných obalovým materiálem do potravin v důsledku jejich vzájemného působení [72, 79].

Dalším rizikem, které hrozí, je vznik oxidace a opět změny chutí výrobků. K tomuto může dojít, pokud obalový materiál nesplňuje bariérové požadavky, mezi které patří právě i odolnost vůči pronikání kyslíku. Kromě zamezení průniku kyslíku by správný obalový materiál měl výrobek chránit před světlem, protože tavené sýry mohou být citlivé na světelné záření, přesněji na UV záření a jedná se o takzvanou fotosenzibilitu. Pokud je tavený sýr podroben působení světla, může u něj dojít ke vzniku *off-flavour* [72, 79, 85].

1.5 Vady tavených sýrů

U tavených sýrů může docházet k vadám finálních výrobků, které jsou obecně přisuzovány buďto výběru nevhodných surovin, nebo nesplnění technologických či hygienických pravidel výroby. Prvním typem vad, které se u tavených sýrů vyskytují, jsou vady chuti. Vady chuti u sýrů se projevují zatuchlou, vařivou, nažluklou nebo prázdňovou chutí a jsou způsobovány použitím nevhodných surovin nebo aplikací špatně zvolených parametrů tavení. Další často vyskytovanou vadou tavených sýrů je například příliš vysoká míra krémovitosti. Příčinou zvýšené krémovitosti bývá příliš velký přídavek nástavku a také přidávání nevhodných kombinací tavicích solí. Dalším negativním chováním tavených sýrů je oddělování tuku, které bývá důsledkem malého množství tavicích solí nebo nevhodně zvolenou směsí sýrů. Při použití příliš vysoké teploty tavení a příliš dlouhé doby tavení nebo nepřiměřeného množství aplikovaných tavicích solí může docházet k tvorbě krystalů, které se projevují písčitou či krupičkovitou texturou tavených sýrů, jež je považována za další z vad. Nežádoucím chováním tavených sýrů je také jejich lepivost na obalový materiál, nejčastěji obalovou folii. Tento jev může být způsoben řadou podnětů, mezi které patří příliš malá krémovitost sýru, nadměrné množství vody v sýru, větší hodnota pH než 6,2 nebo špatně zvolený průběh chlazení výrobků. Mezi mikrobiální vady u tavených sýrů lze zařadit vznik vzduchových kaveren v textuře sýru. Tvorba vzduchových kaveren může být však způsobena také vniknutím a následným uzavřením vzduchu do objemu taveniny, ke kterému může dojít při nedostatečném stupni vakua v tavičce nebo špatnou funkcí plničky či baličky [88, 89].

2 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ

Podle požadavků na finální výrobek se liší jak jednotlivé surovinové skladby, tak také jednotlivé kroky výroby tavených sýrů. Suroviny, které jsou předem vybrány, se odměřují podle vypočítaných receptur do speciálních výrobních kotlů. Následně se takto připravené suroviny za působení podtlaku a vysokých teplot taví a současně probíhá nepřetržitá míchání. Výsledkem je tavenina, která má homogenní strukturu. Aby bylo docíleno požadovaného finálního výrobku, je důležité správné nastavení parametrů a jejich udržování během celého procesu výroby [19].

2.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Základem výroby tavených sýrů je správný výběr počátečních surovin a následně jejich kvalita i kvantita. Mezi vstupní suroviny patří hlavně přírodní sýry, tavicí soli a další látky, které mají mléčnou nebo nemléčnou povahu.

Základní složkou pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry. Měřitek, podle kterých se přírodní sýry vybírají, je velké množství. Při výběru sýrů hraje roli například aroma a konzistence, které se odvíjí od stupně zralosti sýrů. Dalším kritériem může být druh sýrů podle oblasti, ve které se dané sýry používají. V praxi se tavené sýry vyrábí z jednoho druhu přírodního sýru nebo z kombinace několika odlišných druhů přírodních sýrů. Zároveň se kombinují také přírodní sýry vyzrálé a nevyzrálé, tedy sýry o různém stupni zralosti. Tyto kombinace pak vedou k výrobě velkého množství různých druhů tavených sýrů o různých konzistencích [19].

Při samotné výrobě se jako základní surovina používají přírodní sýry, které jsou ve formě jakostních standardních bloků. Kromě těchto standardních bloků se mohou používat také další nestandardní bloky přírodních sýrů, pro které ovšem platí striktní pravidla. Tyto nestandardní bloky jsou zdeformovány z procesu výroby a nebylo by možné je jinak využít. Platí však, že tyto zdeformované bloky přírodních sýrů nesmí být mikrobiálně kontaminovány, v opačném případě takové bloky nelze aplikovat do výroby tavených sýrů. Nejčastěji používané přírodní sýry jsou Eidam, Gouda nebo Čedar. Kromě těchto základních druhů sýrů bývají používány i další druhy sýrů pro získání rozmanitých chutí vzniklých tavených sýrů [20].

Mezi parametry, které jsou sledovány při výběru přírodních sýrů jakožto základní suroviny, jsou parametry, které ovlivňují konzistenci a strukturu výsledného výrobku. Jedná se tedy o obsah sušiny a obsah tuku v sušině [19].

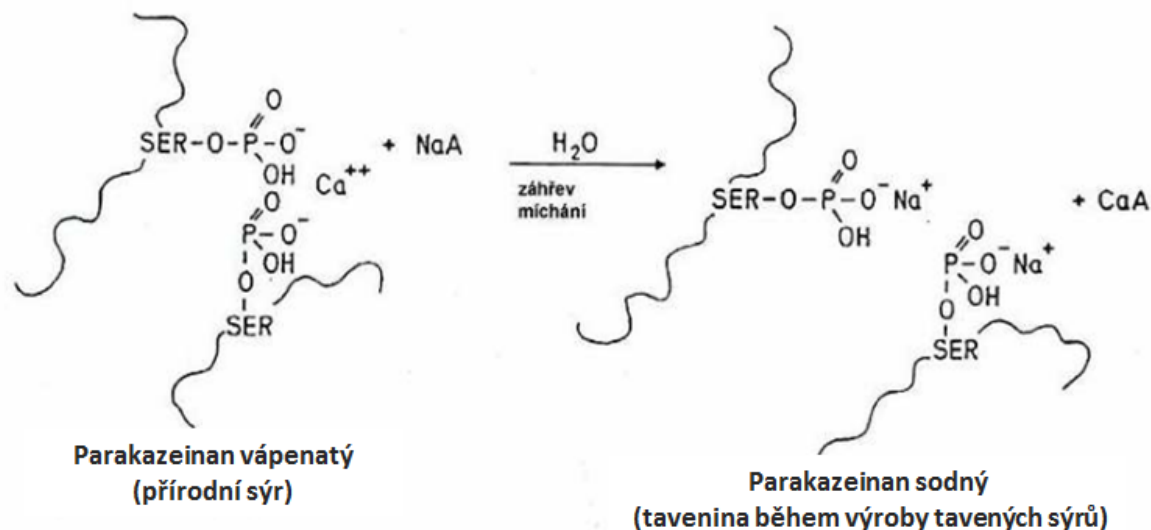
Kromě přírodních sýrů obsahují surovinové skladby pro výrobu tavených sýrů máslo, tavicí soli, pitnou vodu a další látky. Další látky jsou suroviny, které se mohou do surovinové skladby přidávat za účelem výroby dalších druhů tavených sýrů rozdílných konzistencí nebo chutí. Přidáním například tvarohu dochází k navýšení obsahu sušiny. Přídavkem mléčného tuku do surovinové skladby v podobě smetany nebo másla se docílí zvýšení jemnosti a zároveň tučnosti taveného sýru. Dále se mohou do surovinové skladby začleňovat mléčné koncentráty (sušené mléko, sušená syrovátka, sérové bílkoviny, kazein) nebo další přísady, které mají vliv na chuť a barvu finálního výrobku. I při použití těchto dalších surovin si výsledné tavené sýry zachovávají svoji typickou povahu. Variability tavených sýrů lze dosáhnout také pomocí výroby různých velikostí a tvarů finálních výrobků [18].

2.2 Přídavek tavicích solí

Další složkou surovinové skladby pro výrobu tavených sýrů jsou tavicí soli. Tavicí soli jsou při výrobě tavených sýrů klíčovou surovinou. Z pohledu chemického se jedná o soli alkalických kovů (sodík, draslík) a slabých kyselin (fosforečné, citronové). Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, ve znění pozdějších předpisů, definuje tavicí soli jako látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek [21, 22, 23].

Tavicí soli se v tavenině podílejí na výměně bivalentních, vápenatých iontů, zvyšují rozpustnost a hydratují bílkoviny, což je jejich hlavním úkolem při výrobě tavených sýrů. To se děje výměnou iontů vápníku za ionty sodíku. Ionty vápníku jsou přitahovány silnými elektrostatickými silami z fosforečnanů a navázány místo iontů sodíku, které jsou z fosforečnanů uvolňovány a následně navázány na vazebné místo kazeinu (znázorněno na Obr. 1) [19]. Toto vede k přeměně parakazeinanu vápenatého, který je nerozpustný, na rozpustnější parakazeinan sodný. Ve vznikající tavenině pak takto utříděná struktura podporuje bobtnání bílkovin, tvorbu gelu, dále má pozitivní vliv na emulgaci tuku v tavenině, který je rozptýlen ve formě většího množství malých tukových kuliček. Prostřednictvím tavicích solí vznikají v proteinové matici nové vazby. Tavicí soli svými funkcemi napomáhají k vytvoření homogenní struktury vyráběných tavených sýrů. Kromě funkce tavicích

solí během tvorby taveniny, hrají roli i při chlazení taveniny, kdy se podílí na tvorbě konečné struktury finálního výrobku [24, 25].



Obr. 1: Iontová výměna vápenatých iontů za sodné ionty v přítomnosti tavicích solí při výrobě tavených sýrů (NaA - tavicí sůl obsahující sodný kationt; CaA - tavicí sůl s navázaným vápenatým kationtem) [obrázek autor práce].

2.3 Proces výroby tavených sýrů

2.3.1 Příprava surovin

Základní podmínkou pro vyrobení tavených sýrů o správné jakosti je sestavení odpovídající směsi surovin. Při výpočtu surovinové skladby musí být brán zřetel na požadované vlastnosti finálního výrobku, tedy aby bylo při použití všech surovin dosaženo vyrobení sýru s daným obsahem sušiny, tuku v sušině, s ideální konzistencí a pH, které by se mělo pro roztíratelné tavené sýry pohybovat z rozmezí 5,6 – 6,0 [26, 27].

Před samotným tavením surovin mohou předcházet přípravné operace, mezi které patří rozbalování surovin, jejich kontrola, čištění, mletí, navážení a míchání. Účinnější ohřev surovin ve varném hrnci zajišťuje právě mletí surovin, především tedy přírodních sýrů. Mletím sýrů se zvyšuje jejich plocha, což vede k lepší interakci s vodou a dalšími surovinami. Míchání směsi surovin pak pomáhá pro získání homogenních směsí [28].

2.3.2 Tavení

Účelem tavení je dosažení požadované struktury finálního výrobku. Tavení se provádí diskontinuálně v tavicím kotli (ukázka tavicího zařízení na Obr. 2). Tento kotel je opatřen duplikátorovou stěnou k vyhřívání stěn kotle. Kromě duplikátorové stěny je kotel vybaven noži, které v počáteční fázi zajišťují rozmělnění vstupních surovin, v průběhu tavení potom napomáhají ke vzniku jemné a homogenní struktury taveniny. Jedním z nejdůležitějších kroků tavení vstupních surovin je jejich ohřívání. Se zvyšující se teplotou dochází k zvyšování mezimolekulárního pohybu, následkem čehož klesá okruh působení přitažlivých sil mezi jednotlivými molekulami a tím dochází k měknutí taveniny v důsledku její klesající viskozity [29]. Tavení probíhá v rozmezí 5 – 15 minut a doba tavení v kombinaci se zvolenou teplotou má výrazný vliv na konzistenci vyráběných tavených sýrů. Rozmezí teplot, při kterých tavení probíhá, není tak jednoznačné [30]. Autoři uvádějí rozdílné teploty, Gajdůšek [2] uvádí teplotu tavení 75 – 90 °C, kdežto například Carić & Kaláb [19] uvádějí teploty 71 – 95 °C. Uvedený postup označován jako diskontinuální postup tavení vede k pasteračnímu efektu. Existují však také kontinuální způsoby tavení, při kterých může docházet k záhřevu se sterilačním účinkem na tavené sýry. Během těchto postupů dochází k zahřívání směsi surovin na 130 – 145 °C, při kterých se udržuje po dobu několika sekund a následuje mžikové chlazení taveniny. Po tomto zahřátí se dosahuje krémovité struktury vzniklé taveniny vydatným mícháním, které probíhá přibližně 4 – 15 minut, což je zhruba stejně dlouho, jako trvá samotný proces tavení u postupu diskontinuálního [30].

Kromě teploty a doby tavení je samotné tavení ovlivňováno také hodnotami pH během procesu získávání taveniny. Kromě samotného tavení mají hodnoty pH vliv i na mikrostrukturu, texturní, či viskoelastické vlastnosti taveniny [30]. Na výkyvech hodnot pH během tavení se podílí počínající disociace solí, která je způsobena probíhajícími interakcemi proteinové matrice s tavicími solemi během tavení. Požadované konečné hodnoty pH lze dosáhnout přidáním vhodné kombinace tavicích solí [5].



Obr. 2: Ukázka jednoho z tavicích zařízení typu Stephan používaného k výrobě tavených sýrů [47].

2.3.3 Homogenizace taveniny

Taveninu, která byla tavením surovin získána, je možné dále upravit v homogenizátoru. Homogenizací taveniny se zlepšuje její roztíratelnost a zároveň se zvyšuje lesk. Dochází také k zjemnění chuti a lepšímu rozptýlení tuku [31].

U tavenin, které jsou náchylné na překrémování, může dojít v důsledku homogenizace k podpoře tohoto jevu a vzniklá tavenina má pak pevnější a hustší konzistenci. Zároveň ale vzniklá tavenina může být nestabilní a nehomogenní, což je důsledkem překrémování. K překrémování dochází příliš dlouhým tavicím procesem, během kterého vzniká rozsáhlá agregace vznikající proteinové matrice. Následně pak může docházet k oddělování tuku a tím k již zmíněné nehomogenní konzistenci taveniny [18, 31].

2.4 Konečná úprava tavených sýrů

Po získání taveniny následuje její zpracování, do kterého patří zformování do požadovaného tvaru, následné balení a v konečné fázi chlazení a skladování finálních výrobků [32].

2.4.1 Tvarování tavených sýrů

Formování taveniny spočívá v jejím dávkování do obalů. Nalévání horké roztavené směsi do předem připravených obalů různých tvarů je prováděno přístroji, které jsou již plně automatizované. Dávkování taveniny do obalů je rizikovým úkonem, jelikož existuje nebezpečí mikrobiální kontaminace. Proto je důležité, aby během plnění nedošlo k poklesu teploty taveniny pod 60 – 70 °C. Pokud by teplota taveniny byla nižší, mohlo by dojít ke zkáze finálních výrobků [32].

2.4.2 Balení tavených sýrů

Balení, respektive čas a kvalita balení výrobků, také souvisí s problematikou týkající se rizika mikrobiální kontaminace tavených sýrů. Příčinou mikrobiální kontaminace může být okolní prostředí, ale také samotné obalové materiály. Tomuto riziku se předchází nebo se alespoň minimalizuje skladováním obalů ve správných podmínkách a kontrolami, které se pravidelně opakují. Nadávkované tavené sýry jsou baleny bez zbytečného prodlení ihned po skončení plnění. Tyto nežádoucí prodlevy bývají minimální, jelikož v současnosti je balení prováděno mechanicky jako součást celého výrobního procesu. V České republice patří mezi využívané obalové materiály převážně plastové vaničky, tuby nebo kelímky, které vyrobeným sýrům propůjčují různé tvary i velikosti. Nejpoužívanějším obalovým materiálem je však hliníková folie, se kterou se velmi snadno manipuluje a taktéž tvaruje výrobky do požadovaných tvarů a velikostí, nejčastěji se můžeme setkat s tavenými sýry ve tvaru obdélníků a trojúhelníků. Kromě těchto materiálů pak celosvětově našly uplatnění také obaly plechové [18, 33].

2.4.3 Chlazení tavených sýrů

Posledním krokem z konečných úprav tavených sýrů je chlazení, které následuje po balení a je jednou z nejzávažnějších operací. Chlazení je jeden z faktorů, který působí na konečnou konzistenci tavených sýrů. Teplota skladování hotových výrobků a teplota nadcházející distribuce se pohybuje v rozmezí 4 – 8 °C a právě časový interval, během kterého se

výrobky na tuto teplotu chladí, má vliv na vznikající konzistenci [2, 34]. Kromě toho existuje řada dalších vlivů, které konzistenci a strukturu tavených sýrů ovlivňují a tyto budou komentovány v kapitole 3.

3 KONZISTENCE TAVENÝCH SÝRŮ

3.1 Charakteristika konzistence tavených sýrů

Kromě velmi důležitých sensorických vlastností, do kterých řadíme chuť a vůni, je bezpochyby ukazatelem jakosti tavených sýrů také jejich požadovaná konzistence.

Tavené sýry dodávané na trh mají různou konzistenci. Platí však skutečnost, že u tavených sýrů je nežádoucí krupičkovitá až písčitá konzistence, tudíž je cílem dosáhnout konzistence hladké, kompaktní a stejnorodé. Tuhost tavených sýrů je dána v první řadě jejich složením, dále pak technologií výroby, použitím tavicích solí a také konkrétním způsobem tavení surovin [11, 35, 55].

Rozdílnou konzistenci mají tavené sýry blokové, které jsou krájitelné, dále sýry roztíratelné, které jsou krémovité a tavené sýrové omáčky, které mohou být tekuté nebo husté. Kromě nich jsou k dostání i jiné typy výrobků, například tavené sýry plátkové, přičemž jejich výroba spočívá v dávkování taveniny přímo do obalů, které mají tvar jednotlivých plátků, v nichž tavenina ztuhne, anebo je možné je vyrobit plátkováním blokových sýrů. U blokových tavených sýrů se setkáváme s tužší konzistencí. Vzhledem k vyššímu obsahu sušiny okolo 40 % (w/w) a nižšímu obsahu tuku v sušině 25 – 35 % (w/w) obsahuje surovinová skladba přídatné látky na bázi stabilizátorů, čímž je docíleno stabilního výrobku s tužší konzistencí. Hodnota pH u těchto typů výrobků se pohybuje v rozmezí 5,4 – 5,7. Roztíratelné tavené sýry se pak vyznačují obsahem sušiny okolo 35 – 45 % (w/w) a obsahem tuku v sušině nejméně 20 % (w/w), jejich hodnoty pH se pohybují od 5,6 do 6,0. Co se týká tavených sýrových omáček, jejich uplatnění je rozšířeno převážně u rychlého občerstvení, použití je však možné také jako součást různých pokrmů, jako například pokrmů těstovinových. Obsah sušiny se u této skupiny tavených výrobků pohybuje přibližně v rozmezí 18 – 24 % (w/w) [67, 68].

V dřívější době byla větší poptávka po tavených sýrech s tuhou a pevnou konzistencí, kdežto sýry s měkkou mazlavou konzistencí byly pokládány za sýry s nižší hodnotou. V současnosti se však názory liší, spotřebitelé dávají přednost sýrům roztíratelným s měkkou konzistencí, naopak sýry s tuhou konzistencí jsou uplatňovány spíše při neobvyklém použití, kdy jsou za sýry s tuhou konzistencí považovány například tavená niva nebo tavený primátor [11].

3.2 Vlivy působící na konzistenci tavených sýrů

Existuje řada faktorů, jako základní použité suroviny, další přidané složky, podmínky působící při výrobě tavených sýrů, hodnoty pH, které mají vliv na konečnou konzistenci vyráběných sýrů.

3.3 Základní použité suroviny

Konzistenci a strukturu tavených sýrů ovlivňují použité suroviny, přesněji základní použité surovina, kterou jsou přírodní sýry o různém stupni zralosti. Je to právě stupeň vyžralosti přírodních sýrů, který na konzistenci významně působí. Při výběru přírodních sýrů pro výrobu hraje roli několik znaků, mezi které patří typ přírodních sýrů, jejich vůně, hodnota pH a konzistence. Přírodní sýry nevyzrálé, v porovnání s přírodními sýry vyžralými, mají znatelně pevnější strukturu a konzistenci. To je dáno tím, že tyto sýry nedosáhly stupně zralosti, při němž je struktura sýrů měkčí v důsledku štěpení peptidových vazeb. Proto tavené sýry vyráběné z těchto nevyzrálých přírodních sýrů získávají ve finále tužší a gumovitou konzistenci. K tomu, že méně vyžralé sýry jsou tavitelné v menší míře než sýry vyžralé, přispívá také to, že u nevyzrálých přírodních sýrů s pevnější strukturou neproběhla proteolýza, v jejímž důsledku se u vyžralých sýrů zkracují proteiny, které pak hůře zadržují tuk. Naopak vyžralé přírodní sýry s jemnějším charakterem, který je způsobený rozštěpenými bílkovinami na kratší fragmenty, propůjčují výsledným taveným sýrům konzistenci spíše jemnou, krémovitou a snadněji roztíratelnou. Hydrolýzou jednotlivých složek přírodního sýru vznikají sensoricky aktivní látky, které propůjčují taveným sýrům příjemné aroma a chuť [18, 35].

3.4 Přídavek tavicích solí

Přidávání tavicích solí do surovinové skladby je v současnosti standardním krokem při výrobě tavených sýrů, přičemž je velmi důležitý správný výběr tavicích solí a také jejich použité množství. Tavicí soli se aplikují ve směsích, přičemž jednotlivé skupiny mají různé vlivy na vznikající konzistenci tavených sýrů. Jako tavicí směsi se nejčastěji používají soli na bázi fosforečnanů a citronanů [36].

Kromě hlavní činnosti tavicích solí v průběhu tavení, kterou je iontová výměna, pomáhají tavicí soli také k úpravě pH hodnot výrobku, což je umožněno jejich kyselou nebo zásaditou povahou. Stabilizace hodnot pH probíhá prostřednictvím pufrční schopnosti, která je

závislá na délce řetězce tavicí soli. Se zvyšující se délkou řetězce klesá puфраční schopnost. Monofosforečnany tedy vzhledem k nejkratšímu řetězci nejlépe stabilizují hodnoty pH ve směsích. Na délce řetězce tavicích solí nezávisí jen schopnost pufrage, ale také textura vyráběných sýrů, která je ovlivňována hodnotami pH. Tavené sýry, které mají velmi tvrdou až drobivou konzistenci, mají pH hodnoty nízké. Opakem jsou tavené sýry s měkkou a jemnou konzistencí, které jsou charakteristické vysokými hodnotami pH. Při použití fosforečnanových tavicích solí lze připravit tavené sýry dobře roztíratelné, kdežto citronanové tavicí soli mají na tavené sýry opačné účinky a jejich aplikací je možné docílit obtížně roztíratelných tavených sýrů s tuhou až drobivou konzistencí, která je způsobena nízkými hodnotami pH. Tato skutečnost je dána faktem, že citronanové tavicí směsi mají schopnost na sebe vázat významně menší množství vápenatých iontů například oproti tavicím solím polyfosforečnanovým [18, 20, 37, 38]. Citronany mají výbornou puфраční schopnost, velmi dobře tedy stabilizují hodnoty pH, v případě, že jsou aplikovány jako tavicí soli v kombinaci s fosforečnany. Využívání citronanů k výrobě tavených sýrů je však omezeno faktem, že dochází k vzniku nestabilních emulzí v případě, že jsou citronany použity jako jednosložkové tavicí soli. Tento jev je vysvětlen silným okyselením směsi citronanem mono- a disodným, což způsobuje nedostatečnou hydrataci proteinů, které se nezabudovávají do matrice, takže dochází k uvolňování vody [18].

Vlivem tavicích solí na konzistenci a vlastnosti tavených sýrů se zabývala již celá řada studií. Například Salek a kol. [39] zkoumali vliv různých kombinací tavicích solí a jejich působení na konzistenci tavených sýrů. Aplikována byla směs ternárních tavicích solí obsahující polyfosforečnan sodný (P20), difosforečnan sodný (TSPP) a fosforečnan sodný (DSP) nebo citronan sodný (TSC). Bylo zjištěno, že při konstantním obsahu P20 do 60 % nebo TSC do 40 % v tavicí směsi docházelo k zvyšování tvrdosti vyrobených tavených sýrů, a to především při poměru DSP a TSPP v rozmezí 1:1 až 2:3. Pokud nebyl v tavicí směsi přítomen P20 nebo DSP, nejtvrdší strukturu tavených sýrů pozorovali u vzorků, při jejichž výrobě byla použita binární směs TSC:TSPP v poměru 1:1. Tuto studii potvrzuje také Shirashoji a kol. [40], který uvádí, že tavené sýry vyrobené s přidáním DSP byly drobivé a nesoudržné, kdežto tavené sýry vyrobené s přidáním TSPP byly gumovité a tvrdé. Další studii provedla Nagyová a kol. [41], během které byla popsána míra působení odlišných skupin tavicích solí na konzistenci tavených sýrů, přesněji na jejich tvrdost. Tvrdost tavených sýrů byla ovlivňována nejméně citronanem sodným, více pak fosforečnanem sodným a nejvíce difosforečnanem sodným. Tuto skutečnost vysvětloval různý počet fos-

forečnanových jednotek v řetězci. Při obsahu polyfosforečnanů v tavicí směsi nad 60 % byla proteinová matrice tím více zesíťovaná, čím více fosforečnanových jednotek v řetězci bylo, což vedlo k tvorbě tvrdších tavených sýrů s pevnější konzistencí. Množství fosfátových jednotek se u těchto tavicích solí pohybovalo v rozmezí 5 až 28.

Fosforečnany také napomáhají k tvorbě gelu, přesněji jsou to difosforečnany. Při záměrném použití difosforečnanů k potřebné tvorbě gelu je nutné jejich správné dávkování, jelikož jeho nadměrné množství naopak způsobuje snižující se pevnost gelu. Schopnost difosforečnanů tvořit gel je dána sníženými odpudivými silami mezi řetězci kazeinu v důsledku navázání vápenatých difosforečnanů právě na kazein. Rozdílnou tvorbu gelu mají lineární polyfosforečnany vysokomolekulární a nízkomolekulární. Zatímco polyfosforečnany s nízkým počtem atomů fosforu v molekule mají na tvorbu gelu pozitivní vliv, polyfosforečnany s počtem atomů fosforu v molekule vysokým tvorbu gelu značně omezují [18, 38].

Jak již bylo řečeno výše, nařízení Evropského Parlamentu a Rady č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách, v platném znění, definuje tavicí soli jako látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek. Přidávání tavicích solí má však také svá omezení. Legislativně je množství přidaných tavicích solí na bázi fosforečnanů limitováno na množství maximálně 20 000 mg/kg, a to pro látky, které se označují kódem E 338 až E 452 [23].

Provádí se různé studie a zkoumání technologií, kterými by bylo možné přidávání tavicích solí při výrobě tavených sýrů zcela vynechat. Například Hladká a kol. [44] a Černíková a kol. [45] se ve svých pracích věnují studiu možností náhrad tavicích solí při výrobě tavených sýrů. Dalším, kdo se věnoval studiu tavených sýrů s absencí tavicích solí, byl Brickley a kol. [70], konkrétně se zabývali texturou tavených sýrů vyrobených z přírodních sýrů o různém stupni zralosti bez použití tavicích solí. Gustav a Mleko [98] ve své práci analyzovali vlastnosti a chování tavených sýrů bez tradičních tavicích solí s obsahem kagenanu.

Na našem trhu lze koupit výrobek Veselá kráva lahodná bez „éček“ (Bel Sýry Česko a.s.). Tento výrobek má požadovanou roztíratelnou konzistenci i odpovídající senzorické vlastnosti i přesto, že na jeho výrobu nebyly použity tavicí soli. Tavicí soli byly nahrazeny surovinami na bázi mléka. Surovinová skladba tohoto výrobku obsahuje sýr čedar, tvaroh, máslo, obnovené odtučněné mléko, mléčné minerální koncentráty, zahuštěnou prokysanou syrovátku a mléčné bílkoviny [46].

3.5 Hodnoty pH

Ve vyrobených tavených sýrech má na kvalitu, strukturu a typ proteinových interakcí významný vliv také hodnota pH. Existuje řada typů vyráběných tavených sýrů a optimální hodnota pH je u nich rozdílná. Hodnota pH se pak může u výroby určitého taveného sýru měnit v závislosti na surovinové skladbě pro daný vyráběný sýr. K vysrážení, které je způsobeno intenzivnějšími proteinovými interakcemi a jejich vysokou agregací, dochází při hodnotě pH nižší než 5,0 [48, 49]. Tavený sýr, jenž dosahoval hodnoty pH 5,2 projevoval zrnitost, při které byly proteinové agregáty značně velké, a zároveň nebyl dobře emulgován tuk, to uvádí Solowiej [50]. Pokud hodnota pH dosahuje více než 6,5, dochází ke snížení intenzity elektrostatických interakcí a vyrobený sýr vykazuje příliš měkkou konzistenci. Aby měly vyrobené tavené sýry požadovanou roztíratelnou konzistenci, pohybuje se optimum hodnot pH v rozmezí okolo 5,6 až 6,0 [48, 49]. Solowiej [50] uvádí, že tavené sýry s pH v rozmezí 5,6 – 6,0 jsou charakteristické ideálně pevnou konzistencí, dále tyto sýry mají ve své struktuře rovnoměrně rozloženy nejen bílkoviny, ale také tuk.

3.6 Parametry technologie výroby

Vlastnosti tavených sýrů jsou rozhodujícím kritériem při výběru zákazníky, jejichž nároky jsou kladeny na manipulaci s tavenými sýry ve stravovacích zařízeních i v domácnostech. Aby bylo u finálních výrobků dosaženo požadovaných vlastností, je nutné přihlédnout k mnoha parametrům technologie výroby. Během procesu tavení surovin, následném chlazení taveniny a skladování mohou konzistenci výrobků ovlivňovat nejen použité vstupní suroviny, ale také jednotlivé postupy výroby a proto je velmi nutné je při výrobě zohlednit. [52]

Posloupnost technologických procesů ovlivňuje tvorbu hydratované proteinové matrice, do které jsou zabudovány emulgované tukové kuličky, jelikož tavené sýry jsou z fyzikálního hlediska charakterizovány jako koncentrované emulze typu olej ve vodě. Je to právě působení všech potřebných parametrů, mezi které patří teplota a doba tavení surovin a současně nepřetržitě intenzivní míchání surovin a následně vznikající taveniny, které vedou k požadované emulgaci a k tvorbě jemné a homogenní hmoty. Garimella a kol. [53] ve své publikaci uvádí, že konzistenci ovlivňovala rychlost míchání. Konkrétně nižší rychlost míchání okolo 450 ot./min vedla ke vzniku sýrů s měkčí konzistencí, naopak při vyšší rychlosti míchání přibližně 1050 ot./min vznikaly tužší sýry. Pevné konzistence se dosahovalo tak-

těž při vysoké teplotě tavení, která se zpravidla pohybovala v rozmezí mezi 70 °C a 100 °C. Podle Mizuno & Lucey [54] byla schopnost navázání kationtů do proteinové matrice tím vyšší, čím vyšší byla teplota tavení, tedy přibližně 90 °C až 100 °C. Důležitá je skutečnost, že se jednalo o vratný neboli reverzibilní proces, kdy vazba kationtů slábla spolu se zmenšující se teplotou. Texturu výrobků ovlivňovaly nejen technologické postupy, ale také výrobní zařízení. Použitím různých výrobních postupů, tedy možným kombinováním teploty, rychlosti otáček a doby tavení bylo možné docílit různých konzistencí tavených sýrů. Pokud byla aplikována dlouhá doba tavení a vysoká teplota, pak byla roztíratelnost taveného sýru velmi nízká a naopak tuhost a elasticita vysoká, proto výrobní zařízení kontinuální a diskontinuální vedlo taktéž k rozdílné finální konzistenci výrobku [54].

Průběh procesu tavení je ovlivněn zmíněnými parametry a také přístrojem, který je k výrobě použit. U zvolených zařízení je pro vznikající konzistenci sýrů rozhodující kombinace nastavené délky tavení, způsobu a rychlosti míchání. Různému působení na vlastnosti sýrů, přesněji na tuhost, tavitelnost a soudržnost, při použití rozdílných typů přístrojů se věnoval Noronha a kol. [51]. Konkrétně se jednalo o přístroj s jednou čepelí a o přístroj s konstrukcí dvoušnekovice. Závěrem této studie bylo, že přístroj s dvoušnekovicí dosahoval větší intenzity a rychlosti míchání, čímž byly výrazně ovlivněny viskoelastické vlastnosti vyrobených tavených sýrů, konkrétně byla zvyšována jejich tuhost, v porovnání se sýry vyrobenými prostřednictvím přístroje s jednou čepelí k míchání taveniny.

Shirashoji a kol. [40] zkoumali vlastnosti u taveného sýru, který byl vyroben ze 4 měsíce zralého přírodního sýru, směsi tavicích solí pro změnu pH kyseliny mléčné a hydroxidu sodného. Uvádí, že čím byla délka doby tavení větší, tím se postupně snižovala tavitelnost, ale naopak se zvyšovala pevnost taveného sýru, docházelo k silnější emulgaci, kdy se postupně tukové kuličky rozpadaly z větších rozměrů na velké množství tukových kuliček o mnohem menší velikosti. K rozdílným výsledkům však dospěl ve své studii Swenson a kol. [55]. Studie se zabývala zkoumáním závislostí použitých parametrů na výsledné vlastnosti tavených sýrů, přesněji na roztíratelnost a pevnost tavených sýrů. Konkrétní výzkum probíhal u odtučněného taveného sýru za použití těchto surovin: 8 týdnů starý přírodní sýr vyrobený z odstředěného mléka, směs tavicích solí, voda, odtučněné sušené mléko a sladká sušená syrovátka. Z výsledků vyplynulo, že při delší době tavení vznikaly sýry snadněji tavitelné a měkčí s lépe roztíratelnou konzistencí. Použity byly různé teploty tavení, přesněji 60, 70, 80 a 90 °C, kdy se zvyšující se teplotou tavení klesala pevnost i roztíratelnost odtučněných tavených sýrů. Konkrétně při výrobě tavených sýrů při teplotě tavení 75 °C a

dobu její výdrže 0, 5, 10, 15 a 20 minut, s nimiž současně rostla tavitelnost sýrů a naopak při rostoucí délce výdrže tavicí teploty postupně klesala roztíratelnost a rostla pevnost vyrobených sýrů. Kombinací různé teploty tavení, doby tavení a rychlosti míchání se zabýval Glenn a kol. [56]. Kombinovány byly teploty 74, 80 a 86 °C, doby tavení 1, 5, 10, 15, 25 a 35 minut a rychlosti míchání 50, 100 a 150 otáček za minutu. Během této studie bylo porovnáno pět různých parametrů otáček při různých teplotách a to 50 ot./min při 74 °C, 150 ot./min při 74 °C, 100 ot./min při 80 °C, 50 ot./min při 86 °C a 150 ot./min při 86 °C. Se zvyšujícím se počtem otáček, tedy se zvyšující se rychlostí míchání, se současně zvyšovala tuhost a pevnost tavených sýrů. Stejný účinek byl pozorován s prodlužující se dobou tavení [53].

Dalším, kdo se zabýval ve své studii zkoumáním ovlivnění konzistence tavených sýrů, byla Černíková a kol. [94]. Tavené sýry byly vyráběny při tavicí teplotě 90 °C a různých rychlostech míchání a různých dobách působení tavicí teploty. Konkrétně byly aplikovány rychlosti míchání 1000, 1500 a 3000 ot./min a délky výdrže tavicí teploty 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 a 20 minut. Vyrobené tavené sýry byly skladovány při 6 ± 2 °C po dobu 60 dnů, během kterých byly provedeny analýzy vzorků v prvním, čtrnáctém, třicátém a šedesátém dnu skladování. Závěry, ke kterým došli, byly následující: tuhost vyrobených tavených sýrů byla ovlivněna jak rychlostí míchání, tak i délkou výdrže tavicí teploty. Vzorky vyrobené při rychlosti míchání 1500 ot./min měly měkkší konzistenci, než vzorky vyrobené při rychlosti míchání 1000 a 3000 ot./min. Zároveň v prvních minutách výdrže tavicí teploty docházelo ke snižování tuhosti tavených sýrů, s prodlužující se výdrží tavicí teploty však začala tuhost vzorků růst. Závěrem jejich výzkumu bylo zjištění, že existuje kombinovaný efekt rychlosti míchání a délky výdrže tavicí teploty. Kromě toho také zjistili, že tuhost zkoumaných vzorků tavených sýrů se postupně zvyšovala spolu s prodlužující se délkou skladování až do 60. dne.

3.7 Chlazení a skladování hotových výrobků

Pro utváření konzistence tavených sýrů je dalším důležitým bodem v procesu výroby chlazení taveniny a následné skladování hotových výrobků. Obecně se při delším chlazení taveniny postupně zhoršuje roztíratelnost sýrů a jejich tuhost se zvyšuje. Konzistence tavených sýrů je dána rychlostí chlazení vzniklé taveniny, což určí měkkost či tvrdost finálních výrobků. Měkká konzistence vzniká při rychlém chlazení taveniny, například zchlazení taveniny na 20 °C probíhající v řádech desítek minut, tedy zhruba do jedné hodiny od vý-

roby. Opakem je tvrdá konzistence, která vzniká při pomalém chlazení taveniny, například na teplotu 20 °C pomalým chlazením trvajícím asi 50 hodin. Tento způsob chlazení vede ke vzniku gumovité a vysoce přilnavé tvrdé konzistenci [35, 57].

Podmínky pro skladování tavených sýrů popisuje Vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění. Tavené výrobky se podle této vyhlášky skladují, přepravují a také uvádějí na trh při teplotě stanovené výrobcem [9].

Během skladování hotových výrobků se dotváří konečná struktura sýrů, rizikem však je nebezpečí negativních změn, které mohou být zapříčiněny například složením vyráběných sýrů, podmínkami tavení, podmínkami skladování nebo obalovými materiály [48].

Dalším faktorem, který může ovlivňovat konzistenci tavených sýrů během skladování, je ztráta vody. Ztráty vody výrazně ovlivňuje obalový materiál, stejně jako teplota a doba v průběhu skladování. Kromě změn konzistence mohou při použití nevhodného obalového materiálu nastat také změny chutí a barev, které způsobuje působení kyslíku a světla. Ke změnám barvy a chuti tavených výrobků může docházet také při tzv. Maillardově reakci, což je neenzymatické hnědnutí způsobené reakcí aminokyselin s redukujícími sacharidy, jejichž důsledkem je vznik nahnědlé barvy a vliv na texturu i chuť výrobků [59, 60, 61].

Při expozici tavených sýrů, které byly skladovány po delší dobu, může docházet k patrnému snížení obsahu mastných kyselin (MK). Obsah mastných kyselin v tavených sýrech je totiž výrazně závislý na teplotě skladování. Degradace mastných kyselin je nízká, pokud jsou během skladování dodržovány doporučené chladírenské teploty v rozmezí 2 °C až 6 °C. Pokud však v průběhu skladování na tavený sýr působí teploty vyšší, dochází ke zvýšené degradaci mastných kyselin, ke které přispívá také přítomnost kyslíku. Tím pádem bude docházet k autooxidaci. S rozkladem mastných kyselin je spojena i mírná produkce kyselin (kyselina octová, mravenčí), která v důsledku rozkladu mastných kyselin nastává [62].

Dalším dějem, který během skladování tavených sýrů probíhá, je hydrolýza polyfosforečnanů. Polyfosforečnany jsou hydrolyzovány postupně na trifosforečnany, difosforečnany až na konečné monofosforečnany. S hydrolýzou polyfosforečnanů za současného ubývání vody souvisí také vliv na iontovou rovnováhu systému. Při změně iontové rovnováhy pak může nastat snížení hodnot pH a dále interakce proteinů s tavicí solí a vápníkem. V důsledku těchto činitelů dochází ke zpevnění proteinové matrice, po němž může nastat

změna vaznosti vody a její následné vylučování [18, 63]. Studie Carić, Gantar a Kaláb [64] uvádí, že přibližně 50 % polyfosforečnanů je hydrolyzováno ještě před započítáním skladování již z procesu tavení, po 7 až 10 týdnech skladování je pak hydrolyzované i zbývající množství polyfosforečnanů.

3.8 Přídavné látky – hydrokoloidy

Na konzistenci tavených sýrů má vliv také přítomnost dalších potravinářských přídatných látek, konkrétně hydrokoloidů. Hydrokoloidy jsou polymery, z velké části rostlinného původu, ale i živočišného nebo mikrobiálního původu, které potravinám dodávají funkční vlastnosti. Přesněji se jedná o látky vysokomolekulární, které mají bílkovinnou nebo sacharidickou povahu. Tyto látky se používají v různých oblastech průmyslu, svou roli hrají také v mlékárenství. Do určitých mlékárenských produktů se přidávají ve snaze o stabilizaci struktury finálních výrobků. Kromě mnoha dalších funkcí, které tyto biopolymery mají, jsou jedny z nejdůležitějších schopností zvyšování viskozity systémů a schopnost tvorby gelů a zahušťování [65, 66]. Do surovinových skladeb tavených sýrů se hydrokoloidy přidávají pro schopnost získání tužší konzistence [55]. Mezi nejčastěji používané hydrokoloidy na bázi sacharidů při výrobě tavených sýrů patří karagenany, pektin, arabská nebo xantánová guma, nativní nebo modifikované škroby a mnoho dalších [18, 33, 65].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo sledovat změny konzistence tavených sýrů, které byly způsobeny vlivem vybraných technologických parametrů. Práce jako taková byla rozdělena na část teoretickou a část praktickou.

Pro vypracování části teoretické byly stanoveny následující cíle:

- charakterizovat tavené sýry,
- popsat technologii výroby tavených sýrů,
- popsat vybrané technologické parametry, které mají vliv na konzistenci tavených sýrů.

Pro dosažení části praktické byly stanoveny následující cíle:

- vyrobit modelové vzorky tavených sýrů při odlišných technologických parametrech,
- u vyrobených vzorků provést chemickou analýzu zahrnující stanovení sušiny, tuku v sušině a pH,
- vzorky podrobit dynamické oscilační reometrii,
- vyhodnotit výsledky provedených měření a diskutovat je s odbornou literaturou,
- charakterizovat účinek rychlosti míchání a délky výdrže tavicí teploty na konzistenci tavených sýrů,
- formulovat závěry práce.

5 METODIKA PRÁCE

Experiment byl proveden na Ústavu technologie potravin, Fakulty technologické na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. Nejprve byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrů podle stanovaných receptur. Při výrobě byly aplikovány různé parametry tavení, a to různá rychlost míchání 1000, 1250, 1500, 1750, 2000 otáček za minutu a rozdílné doby výdrže tavicí teploty 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut. Poté byla u těchto vzorků provedena chemická a reologická analýza po 1., 14., 30. a 60. dnu skladování.

5.1 Modelové vzorky

Pro naplnění cílů této diplomové práce byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrů s obsahem sušiny 37 % (w/w) a obsahem tuku v sušině (TVS) 40 % (w/w), u kterých byly následně provedeny potřebné analýzy.

Jako suroviny pro výrobu tavených sýrů byly použity eidamské cihly (Kromilk a.s., Kroměříž, Česká Republika), u kterých byl obsah sušiny 50 % (w/w), obsah tuku 15 % (w/w) a obsah tuku v sušině 30 % (w/w). Použité přírodní sýry byly ve zralosti 8 týdnů. Kromě přírodních sýrů bylo součástí surovinové skladby také čerstvé máslo, které obsahovalo 84 % (w/w) sušiny a 82 % (w/w) tuku. Dále byla přidána pitná voda a v neposlední řadě také směs tavicích solí, ve které bylo poměrové zastoupení tavicích solí následující, 39 % Na_2HPO_4 , 18 % NaH_2PO_4 , 21 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ a 22 % sodné soli polyfosforečnanů. Po přípravě a přesném nadávkování jednotlivých surovin k výrobě tavených sýrů následovalo jejich tavení, které se provádělo na přístroji Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Halmen, Německo) s nepřímým zahřevem (Obr. 3). V první fázi byl do tavicího kotle vložen přírodní sýr nakrájený na kostky s délkou hrany přibližně 2 cm. Tyto kostky byly v kotli rozmělněny při 3000 ot./min po dobu 30 sekund. K takto rozmělněnému přírodnímu sýru bylo v dalším kroku přidáno požadované množství másla, tavicích solí a také pitné vody. Tavicí kotel se všemi součástmi surovinové skladby byl následně uzavřen víkem, dále bylo ve vnitřním prostoru kotle se surovinami pomocí vývěvy dosaženo podtlaku, který předcházal vzniku vzduchových kaveren a tím také snižoval riziko následné oxidace vyrobených tavených sýrů. Po vytvoření podtlaku bylo nutné uzavřít odvětrávací ventil. Při rychlosti míchání 1000 ot./min prostřednictvím nožů bylo zahájeno zahřívání surovin na teplotu 90 °C, které bylo dosaženo po uplynutí 12 minut nepřetržitého míchání. Dalším krokem bylo v první části experimentu udržování této teploty po požadovanou do-

bu 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 nebo 10 minut. Na dobu výdrže tavicí teploty (tavení nad 12 minut) byla v dalších částech experimentu rychlost míchání nastavena z původních 1000 ot./min na 1250, 1500, 1750 nebo 2000 ot./min. Výsledkem tohoto procesu byl vyrobený tavený sýr, který se dávkoval do připravených plastových, přesněji polypropylenových, kelímků bez zbytečného prodlení, a následně byly naplněné kelímky uzavřeny zažehlením hliníkových víček. Každé zažehlené víčko bylo řádně označeno pro další práci s vyrobenými vzorky, které byly následně pozvolna chlazeny na teplotu 6 ± 2 °C, při které byly také skladovány.



Obr. 3: Zařízení Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Halmen, Německo), které bylo použito při výrobě modelových vzorků tavených sýrů [foto autor práce].

5.2 Chemická analýza

Vyrobené modelové vzorky tavených sýrů byly ve stanovených dnech, tedy v 1., 14., 30. a 60. dnu od výroby podrobeny základní chemické analýze, jejíž součástí bylo stanovení hodnot pH, celkového obsahu sušiny a obsahu tuku v sušině ve vzorcích.

5.2.1 Stanovení hodnoty pH

Měření hodnot pH bylo prováděno při teplotě okolí 22 ± 1 °C pomocí vpichového pH metru (Spear Eutech se skleněnou elektrodou, Eutech Instruments, Oakton, Malajsie). Skleně-

ná špička elektrody pH metru byla přímo vpichována do každého vzorku, přičemž každý vzorek byl proměřen na třech náhodně zvolených místech jednoho balení vzhledem k existujícímu riziku vzniku odchylek a působení různých faktorů ovlivňujících hodnoty pH od počátku výroby až po otevření balení.

5.2.2 Stanovení celkového obsahu sušiny

Hmotnostní podíl látek zbývajících po kompletním vysušení vzorku je označován jako celkový obsah sušiny a bývá vyjadřován v % hmotnosti. U všech modelových vzorků byl obsah sušiny stanoven podle ČSN EN ISO 5534:2005 [90]. Z každého vzorku byla třikrát navážena hmotnost ± 3 g s přesností na čtyři desetinná místa. Toto množství bylo jednotlivě vkládáno do hliníkových misek, které obsahovaly mořský písek a tyčinku a byly předem vysušeny při teplotě 102 ± 2 °C a poté ochlazeny na laboratorní teplotu a zváženy. Vzorky navážené do takto připravených hliníkových misek byly po dosažení teploty 102 ± 2 °C sušeny do konstantního úbytku hmotnosti, který nastal přibližně po 3 hodinách sušení. Po dobu chlazení byly vzorky v miskách umístěny v exsikátoru, po ochlazení vzorků byla na analytických vahách odečítána hmotnost, aby bylo možné podle dvou následujících rovnic (*a*, *b*) vypočítat obsah sušiny ve vzorcích:

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (a)$$

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

m_1 ... hmotnost hliníkové misky s mořským pískem před sušením [g]

m_2 ... hmotnost hliníkové misky s mořským pískem a vzorkem taveného sýru před sušením [g]

m_3 ... hmotnost hliníkové misky s mořským pískem a vzorkem taveného sýru po sušení [g]

$$S = 100 - W \quad (b)$$

S ... obsah sušiny [% (w/w)] [91].

5.2.3 Stanovení obsahu tuku v sušině

Dále byl v modelových vzorcích tavených sýrů stanovován obsah tuku v sušině podle daných postupů Van Gulikovy metody dle ČSN ISO 3433:2008 [92]. Zjištěné hodnoty tučnosti vzorků tavených sýrů byly následně využity k vypočítání jejich obsahu tuku v sušině (TVS) podle níže uvedené rovnice (c):

$$\text{TVS (\%)} = \frac{\text{obsah tuku (\%)} \times 100}{\text{obsah sušiny (\%)}} \quad (c)$$

5.3 Reologická analýza

Reologická analýza byla prováděna prostřednictvím dynamické oscilační reometrie, pro niž je klíčová řízená deformace zkoumaného vzorku, která probíhá v malém rozsahu deformací. Při výše zmíněné deformaci se analyzuje charakter a chování látek při jejich toku. Při dynamické oscilační reometrii se podle dané frekvence stanovují také moduly pružnosti. Přesněji tedy modul pružnosti elastický (G') a ztrátový (G''), které posléze slouží k výpočtu komplexního modulu pružnosti (G^*) podle následujícího vzorce (d):

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

Kromě modulů pružnosti se k popisu modelových vzorků tavených sýrů používají také velikosti úhlu fázového posunu (δ). Pro zjištění úhlu fázového posunu jsou potřebné právě hodnoty elastického a ztrátového modulu pružnosti, z nichž se vypočítá dle následujícího vztahu tangens δ (e) a z něj potom samotný úhel fázového posunu δ :

$$\text{tg } \delta = \frac{G''}{G'} \quad (e)$$

Dynamická oscilační reometrie byla provedena taktéž u všech vyrobených modelových vzorků tavených sýrů, prostřednictvím dynamického oscilačního smykového reometru Thermo ScientificTM (RheoStress1, HAAKE, Brémy, Německo), (viz Obr. 4). Analýza probíhala při teplotě $20,0 \pm 0,1$ °C a před každým dalším měřením probíhala temperace pomocí teplotního senzoru, který spojoval přístroj s vodní lázní. Pro popsání viskoelastických vlastností vzorků tavených sýrů byla použita geometrie deska – deska, přičemž deska měla průměr 35 mm a nastavení výšky štěrbin bylo seřízeno na 1 mm. Měření probíhalo při zvoleném rozmezí frekvencí 0,05 – 100,00 Hz a amplitudě smykového napětí 20 Pa. Na spodní desku reometru bylo nanášeno přiměřené množství zkoumaného vzorku, poté bylo zahájeno klesání horní desky, aby byla vytvořena 1 mm vysoká štěrbina. Pomocí špachtle pak bylo jemně odstraněno přebytečné množství taveného sýru, které desky vytlačily, pro předejití osychání povrchu taveného sýru mezi deskami byl na okraje nanášen silikonový olej Lukosiol M 15 (Lučební závody a.s. Kolín, Kolín, Česká Republika). Poté proběhla relaxace dlouhá 5 minut a následně pak samotná analýza elastického a ztrátového modulu pružnosti.



Obr. 4: Provádění dynamické oscilační reometrie na přístroji Thermo ScientificTM (RheoStress1, HAAKE) pro zjištění viskoelastických vlastností jednotlivých modelových vzorků tavených sýrů [foto autor práce].

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Vyrobené modelové vzorky byly podrobeny základní chemické analýze, která zahrnovala stanovení obsahu sušiny, tuku v sušině a stanovení hodnot pH, dále byla u vzorků provedena analýza reologická. Výsledky jednotlivých analýz jsou prezentovány v následujících podkapitolách.

6.1 Vyhodnocení výsledků základní chemické analýzy

Základní chemická analýza byla provedena u modelových vzorků, které byly vyrobeny při různých parametrech tavení, tedy při různých rychlostech míchání a při různých délkách výdrže tavicí teploty. Stanovení obsahu sušiny a tuku v sušině ve vzorcích a jejich hodnot pH bylo provedeno, aby byly zjištěny chemické změny vzorků v průběhu skladování a také aby bylo možno prověřit, zda jsou změny viskoelastických vlastností způsobeny procesními parametry, nebo došlo k odchýlení vzorku s ohledem na obsah sušiny, případně tuku.

6.1.1 Stanovení obsahu sušiny a tuku v sušině

Stanovené hodnoty obsahu sušiny ve vzorcích vyrobených při různých rychlostech míchání v podobě 95% intervalu spolehlivosti jsou uvedeny v tabulce (Tab. 1). Vyrobené vzorky tavených sýrů se statisticky významně neliší v obsahu sušiny, a to bez ohledu na rychlost otáček při tavicí teplotě, době výdrže i době skladování. Uvedené 95% intervaly spolehlivosti rovněž dokládají, že byly vyrobeny produkty se srovnatelným obsahem sušiny, která se významně nelišila od předpokládané hodnoty. Dále byl stanovován obsah tuku v sušině, který se u vzorků pohyboval v 95% intervalu spolehlivosti v intervalu 40,28 až 41,31 % (w/w), přičemž v tomto případě se jednotlivé hodnoty tuku v sušině od sebe statisticky významně také nelišily.

Tab. 1: Stanovené hodnoty obsahu sušiny ve vzorcích pro dané rychlosti míchání v průběhu 60 dnů skladování.

Rychlost míchání [ot./min]	Nejnižší obsah sušiny [% (w/w)]	Nejvyšší obsah sušiny [% (w/w)]
1000	37,40	38,22
1250	37,36	37,71
1500	37,17	37,84
1750	37,21	37,81
2000	37,10	37,57

6.1.2 Stanovení hodnot pH

Hodnoty pH u modelových vzorků tavených sýrů se v průběhu 60 dnů skladování mírně měnily. V prvním dnu od výroby byly ve vzorcích naměřeny hodnoty pH, které jsou v podobě 95% intervalu spolehlivosti uvedeny v tabulce (Tab. 2). Z naměřených hodnot lze konstatovat, že pH modelových vzorků tavených sýrů za dobu skladování, přesněji za 60 dnů, kleslo u všech použitých rychlostí míchání o hodnoty 0,1 – 0,2, což bylo prokázáno rovněž v práci Černíkové a kol. [94].

Tab. 2: Stanovené hodnoty pH vzorků pro všechny rychlosti míchání v 1. dnu skladování.

Výdrž tavicí teploty [min]	Nejnižší hodnoty pH	Nejvyšší hodnoty pH
0	6,06	6,15
1	6,07	6,16
2	5,98	6,16
3	5,96	6,03
4	5,93	6,00
5	5,91	6,00
6	5,92	6,01
8	5,95	6,00
10	5,92	6,01

Podle hodnot pH, které byly během provedených analýz ve stanovených dnech v průběhu skladování zjištěny, lze konstatovat, že pH modelových vzorků odpovídá roztíratelným taveným sýrům [30, 35, 39].

Na základě výsledků základní chemické analýzy lze konstatovat, že provedení dynamické oscilační reometrie, pro popis viskoelastických vlastností tavených sýrů závislých na procesních parametrech tavení, má smysl a že tedy konzistence tavených sýrů je ovlivněna nikoli obsahy sušiny a tuku, případně pH výrobku, ale technologickými změnami v průběhu jejich výroby. V případě, že by se u modelových vzorků objevovaly například jiné změny hodnot pH, než které normálně v tavených sýrech v průběhu skladování probíhají, mohly by jimi být ovlivněny zjištěné výsledky konzistence tavených sýrů. Jelikož však z naměřených hodnot vyplývá, že se pH vzorků mění v průběhu skladování dle předpokladů, tedy mírně klesá ve všech dnech, kdy probíhaly analýzy, neměla by tak konzistence vzorků v průběhu skladování být ovlivňována hodnotami pH jinak, než mírným zvýšením tuhosti. Jsou to totiž právě hodnoty pH, které se také podílejí na výsledné konzistenci tave-

ných sýrů. Například měkká a jemná konzistence tavených sýrů je charakteristická při výskytu vysokých hodnot pH. Naopak nízké hodnoty pH tavených sýrů zvyšují jejich tvrdost a vedou ke vzniku tužší a drobné konzistence [38, 64]. S tímto tvrzením se ztotožňuje například Mulsow a kol. [30], který uvádí, že hodnoty pH působí na konzistenci tavených sýrů, a tedy i na jejich reologické vlastnosti.

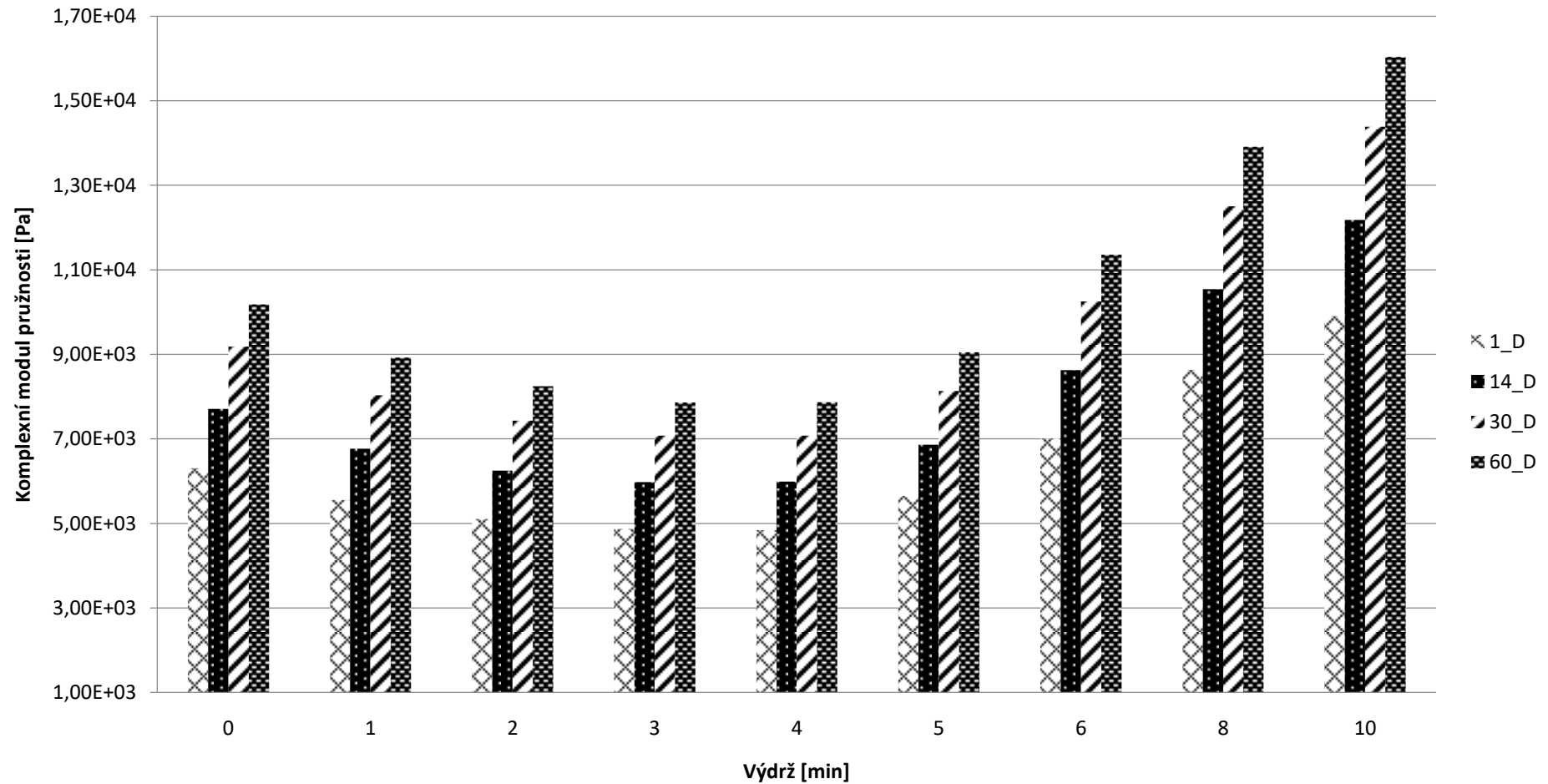
6.2 Vyhodnocení výsledků reologické analýzy

Po základní chemické analýze následovala analýza reologická, která spočívala v provedení dynamické oscilační reometrie, jejíž výsledky jsou v této kapitole dále diskutovány. Prostřednictvím dynamické oscilační reometrie byly zjištěny hodnoty elastického modulu pružnosti G' (Pa) a ztrátového modulu pružnosti G'' (Pa), z nichž byl následně vypočítán komplexní modul pružnosti G^* (Pa) pro všechny modelové vzorky a to podle vzorce (d), který je popsán v kapitole 5.3. Například Piska & Štětina [57] nebo Winter & Chambon [93] ve svých publikacích uvádějí, že se zvyšující se pevností gelu tedy tužší konzistencí souvisí zvyšování hodnot G' , G'' a G^* a tuhost výrobků je tedy tím vyšší, čím vyšších hodnot G^* dosahuje. Získané výsledky komplexního modulu pružnosti jsou tedy použity k popisu změn konzistence tavených sýrů v závislosti na použitých parametrech výroby.

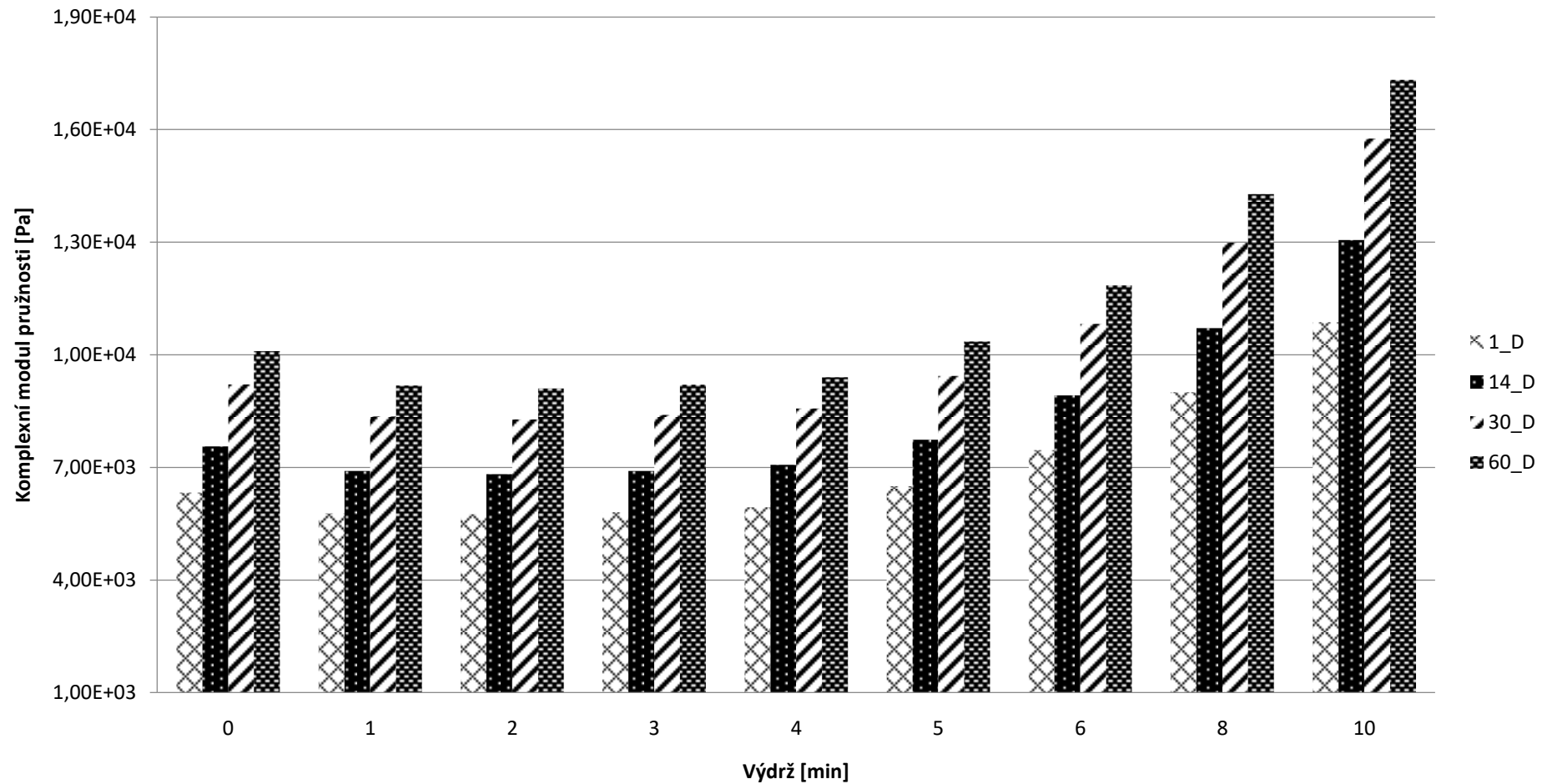
Na sloupcovém grafu na Obr. 5 je znázorněna závislost komplexního modulu pružnosti G^* tavených sýrů stanoveného při frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikované rychlosti míchání 1000 ot./min v 1., 14., 30. a 60. dnu skladování. Z uvedeného grafu lze vyčíst, jak se G^* měnil s prodlužující délkou výdrže tavicí teploty a zároveň v průběhu skladování. V prvních minutách doby výdrže, tedy od nulové výdrže do čtvrté minuty doby výdrže tavicí teploty, docházelo k poklesu komplexního modulu pružnosti, což znamená, že vzorky byly charakteristické klesající tuhostí. Od čtvrté minuty výdrže tavicí teploty pak komplexní modul pružnosti rostl až do desáté minuty výdrže, takže tuhost tavených sýrů od čtvrté minuty narůstala. Dále je z tohoto grafu patrné, že komplexní modul pružnosti se měnil ve stejném trendu po celou dobu skladování, kdy probíhaly analýzy. V průběhu skladování pak docházelo k nárůstu hodnot komplexního modulu pružnosti při všech aplikovaných dobách výdrže tavicí teploty. Lze tedy říci, že vzorky s prodlužující se dobou skladování získávaly postupně tužší konzistenci.

Další použitou rychlostí míchání pro výrobu modelových vzorků bylo 1250 ot./min. Chování tavených sýrů vyrobených při této rychlosti míchání je znázorněna na Obr. 6. Kom-

plexní modul pružnosti v tomto případě klesal od nulové výdrže tavicí teploty do první minuty a vzorky vyrobené při těchto parametrech mírně změkly. Následně od první do třetí minuty hodnoty komplexního modulu stagnovaly a byly téměř neměnné, tuhost vzorků se v tomto případě měnila jen nepatrně. Od čtvrté minuty pak tuhost vzorků rostla v důsledku zvyšujících se hodnot komplexního modulu pružnosti až do desáté minuty výdrže tavicí teploty. Při použití rychlosti míchání 1250 ot./min byl taktéž stejný trend pozorován ve všech dnech, kdy byla v průběhu skladování prováděna analýza a zároveň se komplexní modul pružnosti zvyšoval s prodlužující se dobou skladování a vzorky tedy tuhly.



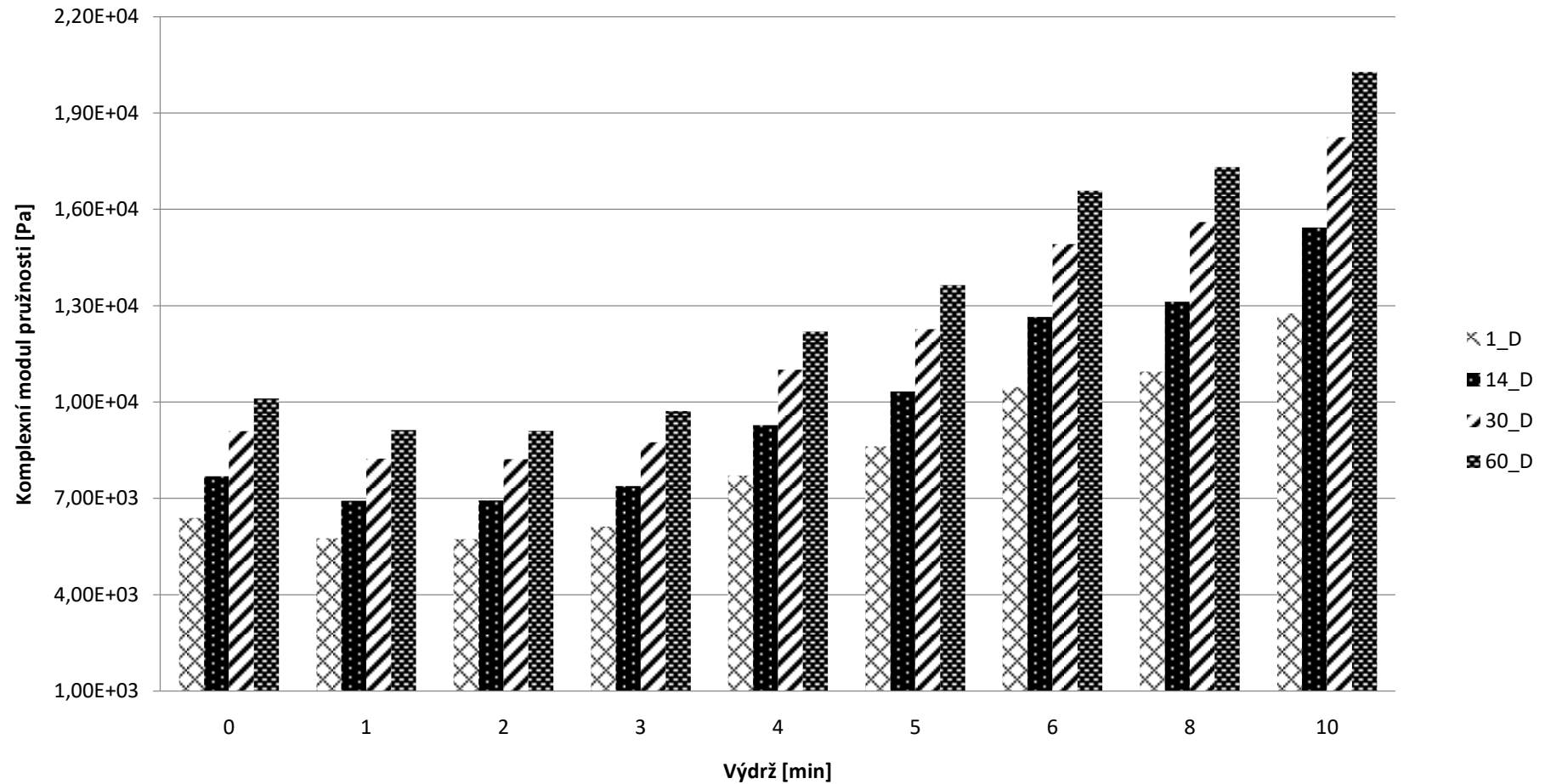
Obr. 5: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* tavených sýrů uváděného pro frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikované rychlosti míchání 1000 ot./min v 1., 14., 30. a 60. dnu skladování.



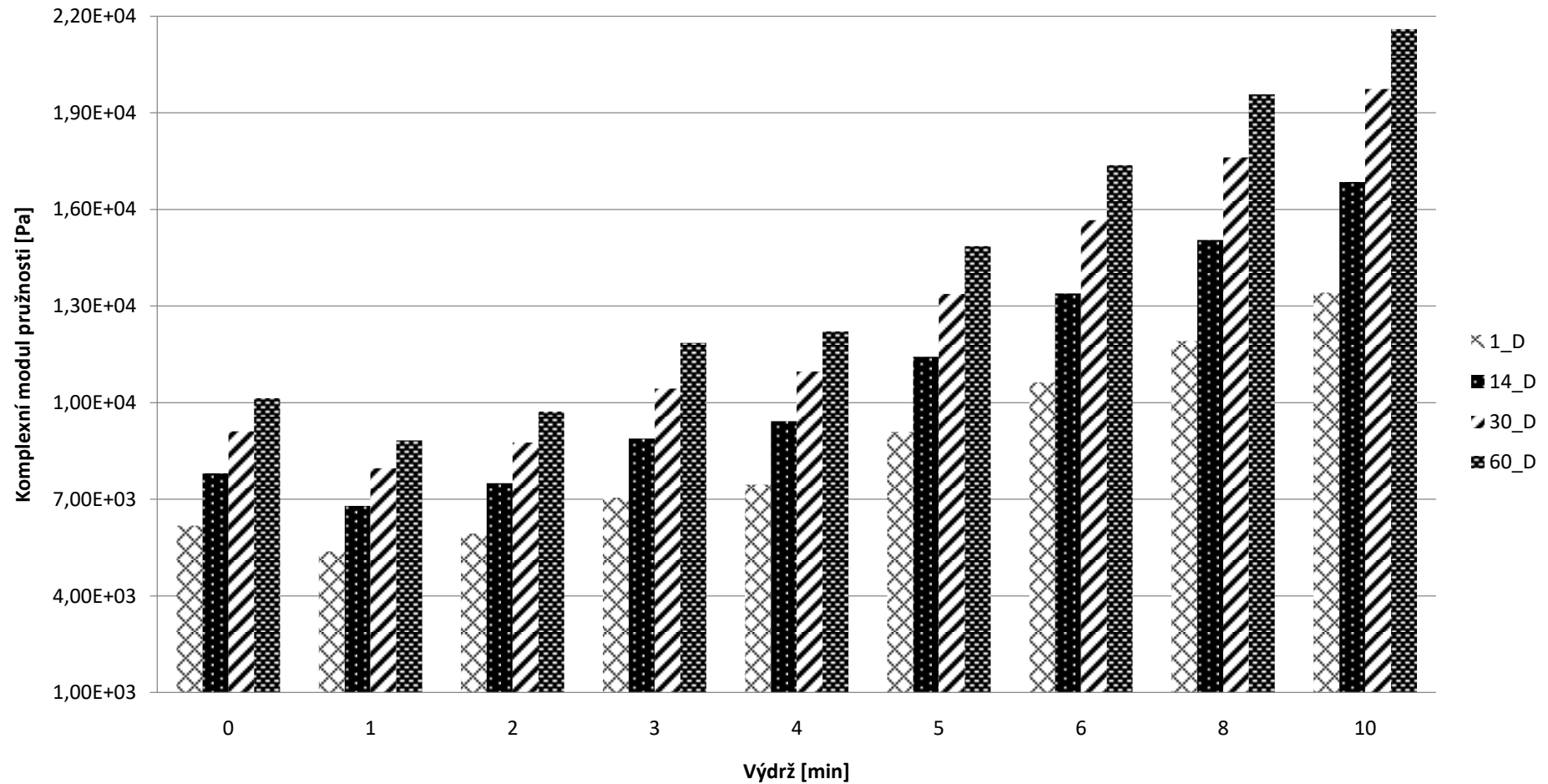
Obr. 6: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* tavených sýrů uváděného pro frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikované rychlosti míchání 1250 ot./min v 1., 14., 30. a 60. dnu skladování.

Účinek použité rychlosti míchání 1500 ot./min na konzistenci modelových vzorků je znázorněna na Obr. 7. Při této rychlosti míchání komplexní modul pružnosti klesal v porovnání s nulovou výdrží tavicí teploty pouze do první až druhé minuty výdrže tavicí teploty a tuhost vzorků tedy klesala. Od třetí minuty pak začal komplexní modul pružnosti stoupat, ale hodnoty G^* nedosahovaly hodnot komplexního modulu u nulové výdrže. Od doby působení tavicí teploty 5 minut došlo ke zvýšení G^* nad hodnoty zjištěné při nulové výdrži tavicí teploty a poté docházelo k dalšímu nárůstu hodnot komplexního modulu pružnosti a tím také ke zvyšování tuhosti tavených sýrů, a to až do desáté minuty výdrže. Ve všech dnech skladování, kdy byly provedeny analýzy, vykazoval komplexní modul pružnosti stejný trend a rovněž docházelo ke zvyšování jeho hodnot s přibývajícím dnem skladování, tudíž čím byly vzorky starší, tím tužší konzistenci měly.

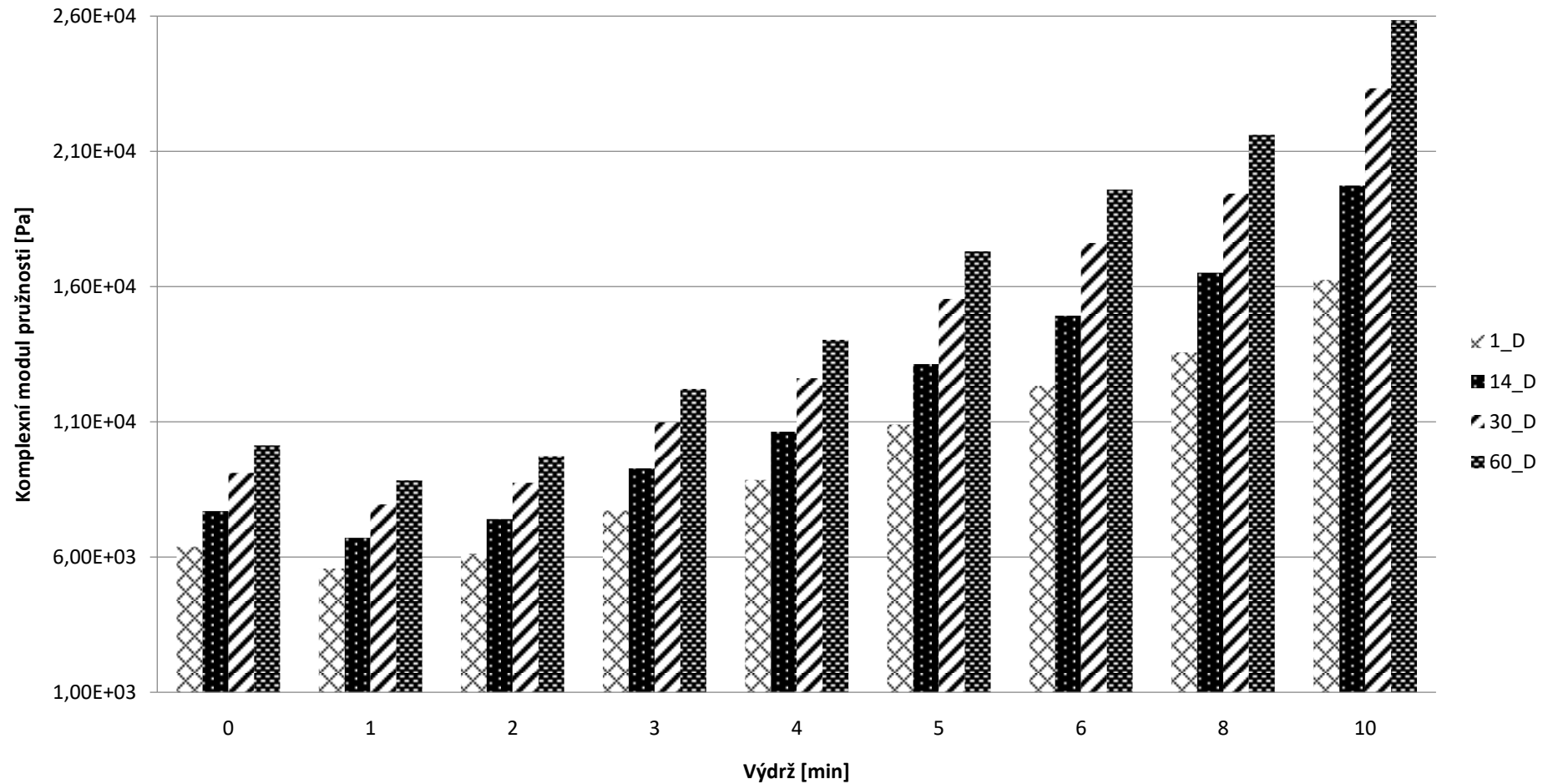
Dále jsou prezentovány závislosti komplexního modulu pružnosti G^* tavených sýrů stanoveného při frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikované rychlosti míchání 1750 ot./min (Obr. 8) a 2000 ot./min (Obr. 9) v obou případech pro 1., 14., 30. a 60. den skladování. U obou použitých rychlostí míchání modelové vzorky měkly v porovnání se vzorkem taveným bez výdrže tavicí teploty pouze do první minuty, protože komplexní modul pružnosti klesal a následně již od druhé minuty u obou použitých rychlostí míchání G^* rostl až do desáté minuty výdrže tavicí teploty a tuhost vzorků se tedy taktéž zvyšovala. Stejně jako u předchozích použitých rychlostí míchání i zde v obou případech byl stejný trend pozorovatelný po celou dobu skladování vzorků. Komplexní modul pružnosti byl tím vyšší, čím delší byla doba skladování vzorků. Prodlužující se doba skladování vzorků zvyšovala jejich tuhost obdobně jako v předchozích případech při použití nižších rychlostí míchání taveniny.



Obr. 7: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* tavených sýrů uváděného pro frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikované rychlosti míchání 1500 ot./min v 1., 14., 30. a 60. dnu skladování.



Obr. 8: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* tavených sýrů uváděného pro frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikované rychlosti míchání 1750 ot./min v 1., 14., 30. a 60. dnu skladování.



Obr. 9: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* tavených sýrů uváděného pro frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikované rychlosti míchání 2000 ot./min v 1., 14., 30. a 60. dnu skladování.

Při srovnání závislosti hodnot komplexního modulu pružnosti na délce doby výdrže tavicí teploty, která byla 90 °C, při použití jednotlivých rychlostí míchání, které jsou znázorněny na Obr. 5 až Obr. 9, lze říci, že tuhost modelových vzorků byla nejnižší u vzorků vyrobených při rychlosti míchání 1000 ot./min. Naopak nejvyšší tuhost vykazovaly vzorky vyrobené při rychlosti míchání 2000 ot./min, z čehož vyplývá, že tuhost vyrobených vzorků byla tím vyšší, čím byla vyšší rychlost míchání, při které byly tyto vzorky vyrobeny. Ke stejným závěrům došel Noronha a kol. [51], který říká, že zvyšující se rychlosti míchání při výrobě vedou k výrobkům s tužší konzistencí. Toto ovlivnění konzistence je podpořeno také tvrzením Redlingera [99], ve kterém popisuje proces vedoucí k pevnější a tužší konzistenci tavených sýrů. Zvýšená tuhost a větší spojitost tavených sýrů vyrobených při vyšší rychlosti míchání je podle něj způsobena větším počtem malých center, do kterých je následně vestavěno větší množství malých tukových kuliček. Zvýšení počtu center pro zabudování tukových kuliček je dáno právě vyšší rychlostí míchání, při níž dochází k rozrušování proteinové matrice s větší intenzitou. K částečně rozdílným závěrům došla Černíková a kol. [94], která uvádí, že tuhost tavených sýrů při rychlosti míchání 1500 ot./min byla nižší, než tuhost tavených sýrů vyrobených při rychlosti míchání 1000 a 3000 ot./min. To může být způsobeno rozdílným charakterem zkoumaných vzorků nebo rozdílnými procesními parametry výroby. V tomto případě se jedná o rozdílné technologické parametry, neboť v práci Černíková a kol. [94] bylo postupováno tak, že rychlost otáček nožů výrobního zařízení byla nastavena od počátku tavicího procesu na rychlost 1500 ot./min, kdežto v této diplomové práci byly nejprve do doby dosažení tavicí teploty použity vždy stejné otáčky nožů výrobního zařízení (1000 ot./min) a teprve po dosažení tavicí teploty 90 °C se zvyšovala rychlost míchání nožů ve výrobním zařízení na příslušné hodnoty od 1250 do 2000 ot./min, docházelo tak k menšímu mechanickému namáhání taveniny než v případě práce Černíková a kol. [94]. Noronha a kol. [51], při výrobě zkoumaných vzorků, aplikovali rychlosti míchání 100 až 1500 ot./min a délku výdrže tavicí teploty do dvou minut, kdežto Černíková a kol. [94] vyráběli vzorky při rychlosti míchání 1000, 1500 a 3000 ot./min při délce výdrže tavicí teploty od nuly do dvaceti minut.

Zároveň jak již bylo uvedeno v metodice praktické části diplomové práce, při výrobě všech modelových vzorků byla při nulové výdrži tavicí teploty rychlost míchání 1000 ot./min a až při další výdrži tavicí teploty byla rychlost míchání zvyšována na 1250, 1500, 1750 nebo 2000 ot./min. Proto u všech vzorků při nulové výdrži tavicí teploty pozorujeme hodnoty G^* velmi podobné. Dalším působením tavicí teploty tuhost vzorků nejprve klesala a

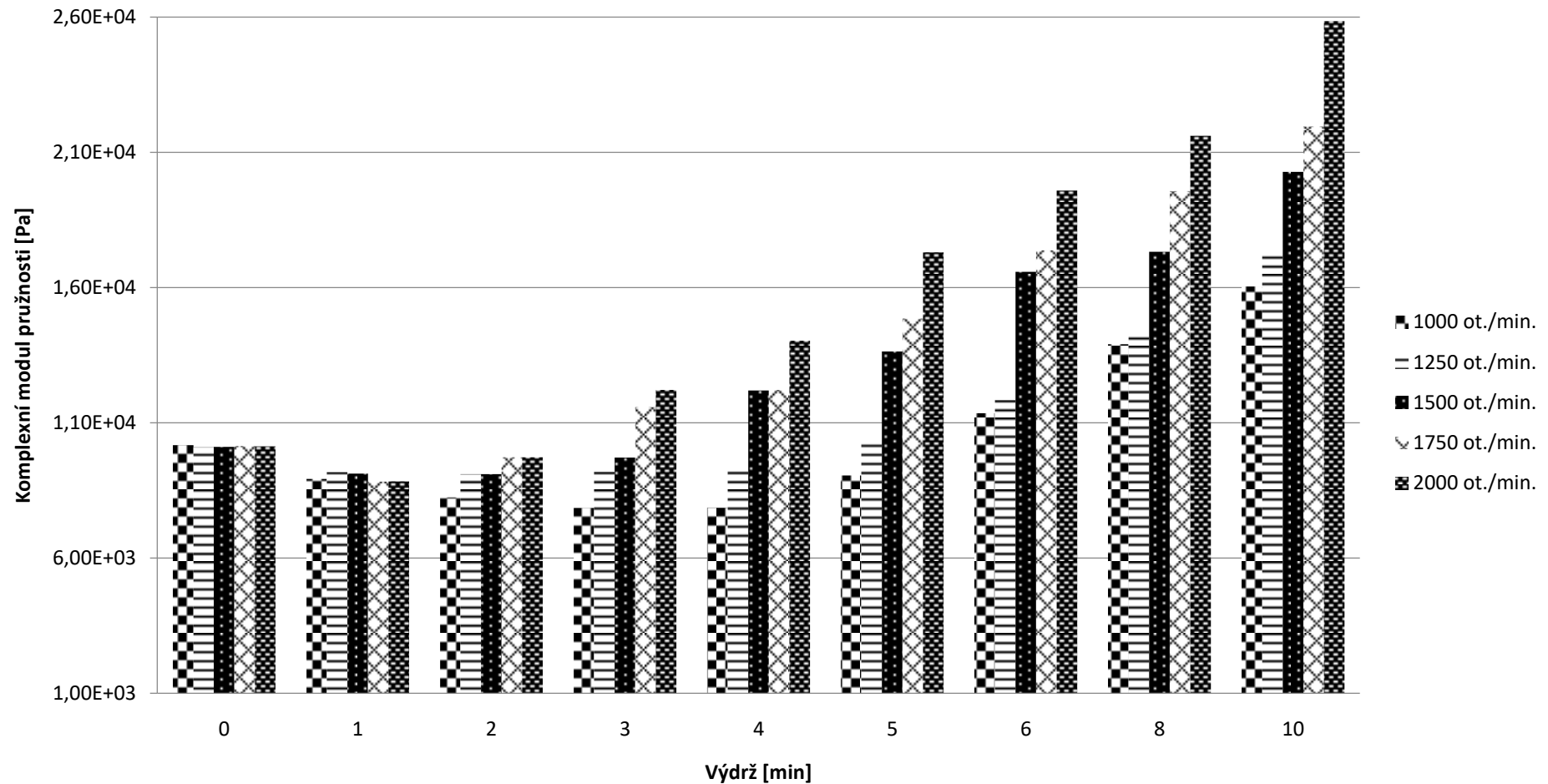
v závislosti na aplikované rychlosti míchání následně začala růst. Se zvyšující se rychlostí míchání docházelo nejprve k poklesu tuhosti vzorků, přičemž doba, po kterou bylo snižování tuhosti pozorováno, se zkracovala. Docházelo tedy dříve k opětovnému zvyšování tuhosti vzorků. U rychlosti míchání 1000 ot./min se tuhost vzorků snižovala do čtvrté minuty výdrže tavicí teploty a následně se pak tuhost zvyšovala až do desáté minuty. Při použití rychlosti míchání 2000 ot./min však tuhost vzorků klesla v porovnání s nulovou výdrží pouze u první minuty výdrže tavicí teploty a následně od první, resp. druhé minuty až do desáté minuty opět rostla. Je tedy možné konstatovat, že s prodlužující se délkou výdrže tavicí teploty, se zvyšovala i tuhost zkoumaných vzorků a zároveň s mícháním o zvyšujícím se počtu otáček za minutu docházelo k tuhnutí vzorků dříve, což je pozorovatelné na Obr. 9. Černíková a kol. [94] při výrobě tavených sýrů použili délky výdrže tavicí teploty 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, a 20 minut. Po provedení analýz všech vzorků došli k podobným závěrům, ze kterých plyne, že tuhost tavených sýrů se v prvních přibližně třech minutách působení tavicí teploty snižovala a v následujících minutách poté tuhost rostla až do 20. minuty výdrže. Dalším, kdo se věnoval zkoumání konzistence tavených sýrů při různé délce výdrže tavicí teploty, byli Lee a kol. [95], kteří při výrobě vzorků tavených sýrů použili doby výdrže tavicí teploty 0, 10, 20, 30, 40 a 50 minut. Výstupem jejich studie je fakt, že s prodlužující se dobou výdrže tavicí teploty se tuhost tavených sýrů zvyšovala. Studie ovšem vykazuje větší intervaly ve výdržích tavicích teplot, které jsou zvláště v prvních minutách tavení velmi důležité.

Vzorků s vyšší tuhostí bylo tedy dosahováno jak při použití vyšší rychlosti míchání, tak i s prodlužující se délkou udržování tavicí teploty. Je tedy patrné, že se jedná o kombinovaný efekt rychlosti míchání a doby výdrže tavicí teploty, při jehož působení se dosahuje konzistence s výrazně vyšší tuhostí, což je patrné z narůstajících hodnot komplexního modulu pružnosti G^* . Vzhledem k působení kombinovaného efektu rychlosti míchání a doby výdrže tavicí teploty byly vzorky tavených sýrů s nejužší konzistencí vyrobeny při nejvyšší rychlosti míchání tedy při 2000 ot./min a při nejdelším působení tavicí teploty tedy při její výdrži trávající 10 minut. Ke stejným závěrům a existenci kombinovaného efektu rychlosti míchání a délce výdrže tavicí teploty dospěla ve své studii také Černíková a kol. [94], kteří vyrobili tavené sýry o nejvyšším stupni tuhosti při rychlosti míchání 3000 ot./min a délce působení tavicí teploty 20 minut.

Lze také konstatovat, že s prodlužující se délkou skladování docházelo ke zvyšování tuhosti vzorků tavených sýrů. Tento jev byl pozorován u všech použitých rychlostí míchání.

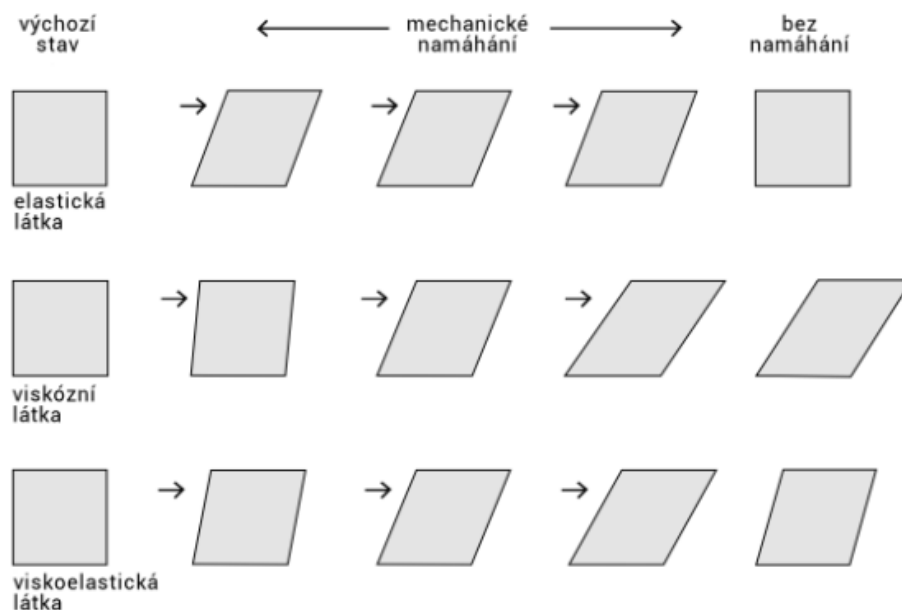
U vzorků vyrobených při všech rychlostech míchání (1000, 1250, 1500, 1750 a 2000 ot./min) byl nejvyšší komplexní modul pružnosti stanoven v 60. dnu skladování. S tímto zjištěním se ztotožňují výsledky z publikace Sádlikové a kol. [36] a Schär & Bosset [73]. Celkově tedy byla nejtuzší konzistence detekována u vzorků vyrobených při rychlosti míchání 2000 ot./min a délce výdrže tavicí teploty 90 °C 10 minut po šedesáti dnech skladování. Po provedení všech analýz a stanovení byla nejvyšší vypočtená hodnota komplexního modulu pružnosti $2,58 \times 10^4$ Pa. Toto je patrné z Obr. 10, na kterém je znázorněna závislost G^* na době výdrže tavicí teploty pro jednotlivé rychlosti míchání v 60. dnu skladování. Ve svých studiích konstatovali stejné závěry, a to že se tuhost tavených sýrů zvyšuje spolu s prodlužující se délkou doby skladování, kromě Sádlikové a kol. [36] také například Buňka a kol. [96] a Salek a kol. [100].

Zvyšující se tuhost tavených sýrů s prodlužující se délkou skladování může být způsobena procesy a změnami, které v tavených sýrech v průběhu skladování probíhají. Jedním z těchto procesů může být možná hydrolyza tavicích solí na bázi fosforečnanů způsobující snižující se hodnoty pH, dalším pak například změny krystalické podoby mléčného tuku nebo změny různých sloučenin přítomných v tavených sýrech, což popisují Muslow a kol. [30], Shirashoj a kol. [40] nebo například Nagyová a kol. [41] a Dimitreli & Thomareis [52]. Důležité však je, že trend viskoelastických vlastností, přesněji závislost komplexního modulu pružnosti na době výdrže použité tavicí teploty, v průběhu šedesátidenního skladování nebyl nijak ovlivněn u žádné z použitých rychlostí míchání. Nárůst tuhosti vzorků tavených sýrů v závislosti na délce skladování popisuje ve své práci také Černíková a kol. [94], Lee a kol. [95], Salek a kol. [100] nebo Chatziantoniou a kol [101]. Ani ve studii Černíková a kol. [94] během analýzy jejich vzorků vyrobených při 1000, 1500 a 3000 ot./min a dobách výdrže tavicí teploty 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 a 20 minut, nebyl délkou skladování nijak ovlivněn trend, ve kterém docházelo ke změnám komplexního modulu pružnosti u jednotlivých rychlostí míchání.



Obr. 10: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* tavených sýrů uváděného pro frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikovaných rychlostech míchání (1000, 1250, 1500, 1750 a 2000 ot./min) v 60. dnu skladování.

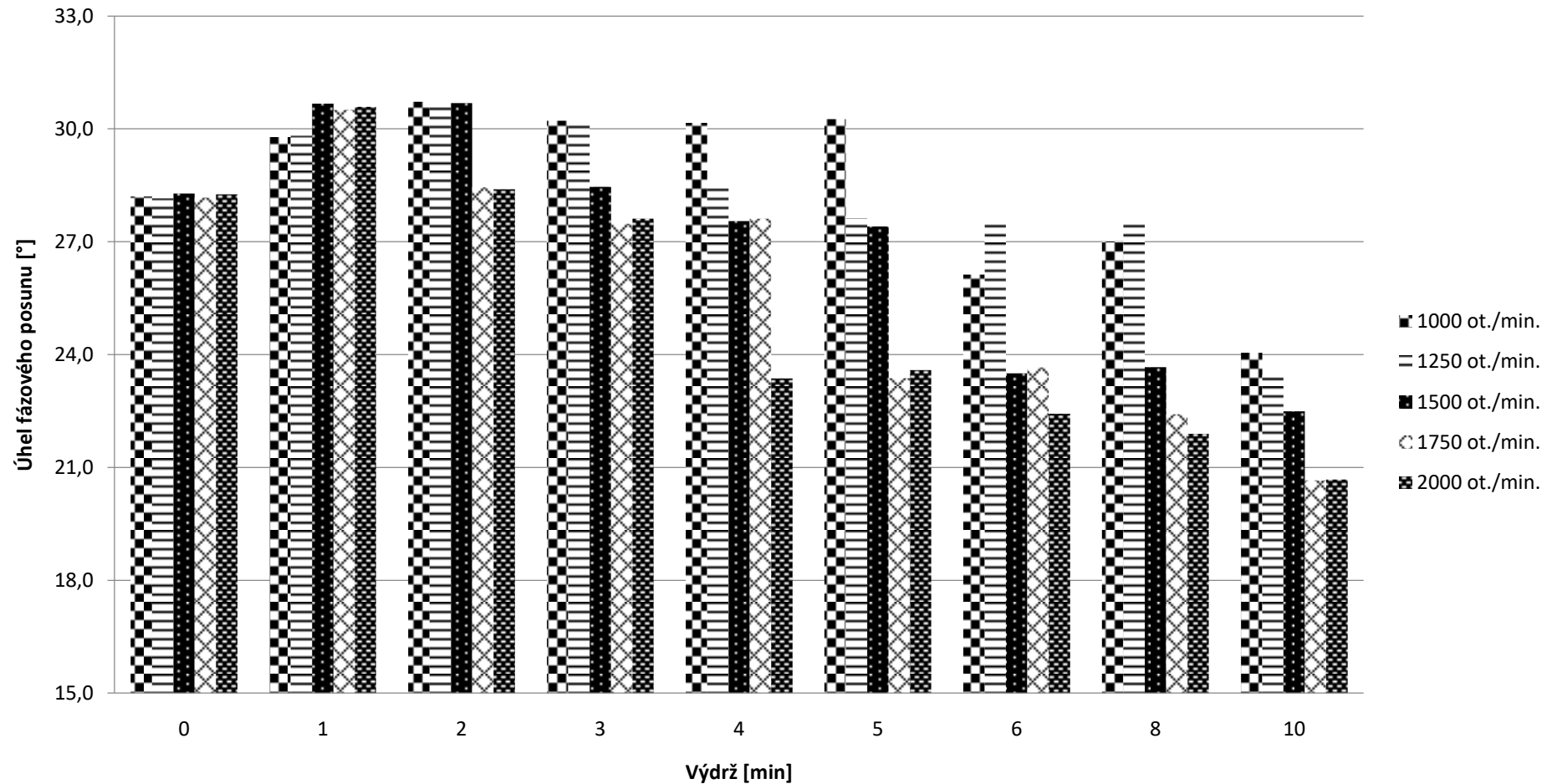
Dalším způsobem, kterým je možné popsat chování tavených sýrů je stanovení úhlu fázového posunu δ . Úhel fázového posunu popisuje, zda je zkoumaná látka viskózní nebo elastická. Ideální viskózní látka je charakteristická úhlem fázového posunu 90° , jelikož mechanická energie vložená do tohoto materiálu se disipuje v teplo a materiál tedy zůstává ve stavu, do kterého byl vlivem deformace uveden. Ideálně viskózní kapaliny jsou deformovány nevratně. Opakem je pak ideálně elastický materiál, který na vloženou deformaci odpovídá okamžitě, proto se vyznačuje nulovým úhlem fázového posunu a deformace elastického materiálu je plně vratná. Látky s úhlem fázového posunu mezi těmito dvěma hodnotami jsou látky viskoelastické. Tyto látky jsou vložení mechanické síly deformovány, po odstranění deformace nastává návrat látky do původního stavu zajištěný přítomností elastické části, zároveň ale v důsledku přítomnosti ztrátové složky může zůstat deformace částečně trvalá a původního stavu není úplně dosaženo. Rozdíl chování těchto tří typů materiálů je znázorněn na Obr. 11. Díky zjištěným hodnotám úhlu fázového posunu lze tedy zjistit, zda se látky chovají spíše jako viskózní nebo jsou z větší části elastické [97, 102].



Obr. 11: Znázornění reakce elastické, viskózní a viskoelastické látky v průběhu působení stejného mechanického namáhání a po jeho odeznění [102].

V grafu znázorněném na Obr. 12 jsou vyneseny úhly fázového posunu pro tavené sýry vyrobené při délce výdrže tavicí teploty 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut při aplikovaných rychlostech míchání 1000, 1250, 1500, 1750 a 2000 ot./min v 60. dnu skladování. Můžeme pozorovat, že úhly fázového posunu jsou v rozmezí 20,7 až 30,7°, což vypovídá o tom, že všechny vyrobené vzorky tavených sýrů jsou látky viskoelastické. Největší úhly fázového posunu se vyskytovaly u vzorků tavených sýrů, při jejichž výrobě byla aplikována délka výdrže tavicí teploty od jedné do tří minut a nižší rychlosti míchání. Naopak vzorky s nejnižšími úhly fázového posunu byly ty, které byly vyrobeny při délce výdrže tavicí teploty 10 minut u všech použitých rychlostí míchání. Celkově nejnižší úhel fázového posunu byl zjištěn u vzorků tavených sýrů vyrobených při nejvyšší rychlosti míchání 2000 ot./min a při nejdelší výdrži tavicí teploty deset minut. Ze všech vyrobených vzorků se právě tyto chovaly nejvíce jako elastické a obsahovaly nejméně ztrátové složky. Z těchto výsledků je tedy patrné, že vzorky s většími úhly fázového posunu jsou měkkčí a převažuje u nich ztrátová složka a deformace je u nich méně vratná, než u vzorků s tužší konzistencí s nižšími úhly fázového posunu. Výsledky zjištěné porovnáním velikostí uhlů fázového posunu odpovídají výsledkům zjištěným ze stanovených hodnot komplexního modulu pružnosti.

Například Černíková a kol. [103] se zabývala mimo jiné stanovením tangens úhlu fázového posunu u vzorků tavených sýrů s různým obsahem tuku v sušině. Z jejich výsledků vyplynulo, že vzorky s vyšším obsahem tuku měly větší úhly fázového posunu a měly tedy nižší tuhost, o čemž vypovídaly také nižší hodnoty komplexního modulu pružnosti u těchto vzorků. Dalším kdo při své studii stanovoval mimo jiné také úhly fázového posunu byl Dimitreli a kol. [104], který zkoumal rozdíly mezi roztíratelnými sýry s vyšším obsahem bílkovin a naopak s vyšším obsahem tuku a vyšší vlhkostí. Menší úhly fázového posunu zjistili u vzorků s vyšším obsahem bílkovin, které vykazovaly vyšší tuhost v porovnání se vzorky s vyšší vlhkostí a vyšším obsahem tuku, u kterých stanovili úhly fázového posunu větší.



Obr. 12: Závislost úhlu fázového posunu δ tavených sýrů stanoveného při frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikovaných rychlostech míchání (1000, 1250, 1500, 1750 a 2000 ot./min) v 60. dnu skladování.

ZÁVĚR

Předmětem diplomové práce bylo sledování vlivu doby míchání na konzistenci modelových vzorků tavených sýrů s obsahem sušiny 37 % (w/w) a obsahujících 40 % (w/w) tuku v sušině. Kromě délky výdrže tavicí teploty 90 °C (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) byl pozorován také vliv různých rychlostí míchání (1000, 1250, 1500, 1750 a 2000 ot./min). Vzorky tavených sýrů byly uchovávány při konstantní teplotě 6 ± 2 °C a byly u nich sledovány změny konzistence po dobu dvou měsíců, během kterých byly provedeny analýzy v 1., 14., 30. a 60. dnu. Z výsledků provedených analýz vyplynulo, že u všech použitých rychlostí míchání v prvních minutách výdrže tavicí teploty tuhost tavených sýrů klesala a vzápětí pak s další výdrží začala tuhost narůstat až do desáté minuty výdrže, přičemž délka výdrže tavicí teploty, při které tuhost konzistence vzorků klesala, se zkracovala spolu s narůstající rychlostí míchání. Tedy pro příklad při rychlosti míchání 1000 ot./min konzistence tavených sýrů měkla až do čtvrté minuty výdrže tavicí teploty a následně tuhla, kdežto při použité rychlosti míchání 2000 ot./min tuhost vzorků klesala pouze v první minutě výdrže tavicí teploty a v dalších minutách již tuhost rostla. U každé z použitých rychlostí míchání byla změna tuhosti tavených sýrů zaznamenána ve stejném trendu v celém průběhu skladování, přičemž s prodlužující se délkou skladování se tuhost zvyšovala. Zároveň se pak tuhost vzorků tavených sýrů zvyšovala s narůstajícím počtem otáček za minutu. Z výsledků analýz vyplynul fakt, že na tuhost tavených sýrů působí jak délka výdrže tavicí teploty, tak také rychlost míchání taveniny, jelikož vzorků s nejtuzší konzistencí bylo dosaženo při nejdelší výdrži tavicí teploty při nejvyšší rychlosti míchání. Jedná se tedy o kombinovaný efekt výdrže tavicí teploty a rychlosti míchání. Byly také zjištěny nové skutečnosti o ovlivnění konzistence tavených sýrů při různé délce výdrže tavicí teploty.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] 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, nakladatelství VUTI-UM, 2017. ISBN 978-80-214-5460-6.
- [2] GAJDŮŠEK, S. *Mlékařství II*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. ISBN 80-7157-342-6.
- [3] EDINSON, E. B. T., JOSÉ, U. S. V. & DIEGO, A. R. M. Characterization of a processed cheese sprej produced from fresh cheese (*Revista Facultad Nacional De Agronomia Medellin* [online]. 2016, vol. 69, no. 2, p. 8015.
- [4] MARCHESSEAU, S., GASTALDI, E., LAGAUDE A. & CUQ, J. L. Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 1997, vol. 80, no. 8, p. 1483 – 1489 [cit. 2017-08-07].
- [5] LEE, Siew Kim a Skelte G. ANEMA. The effect of the pH at cooking on the properties of processed cheese spreads containing whey proteins. *Food Chemistry*, 2009, vol. 115, no. 4, p. 1373 – 1380 [cit. 2017-08-07]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.01.057.
- [6] BUŇKA, F. & KOPÁČEK, J. Mýty o tavených sýrech a jak proti nim argumentovat. *Potravinářská revue*, 2012, s. 28 – 31.
- [7] BRONCOVÁ, D. ed. *Historie mlékárenství v Čechách a na Moravě*. Praha: MILPO, 1998. Z historie průmyslu. ISBN 80-86098-07-9.
- [8] 100 let od zahájení výroby tavených sýrů. *Svět potravin* [online]. 2011. [cit. 2017-08-11]. Dostupné z: <http://www.svet-potravin.cz/clanek.aspx?id=2590>
- [9] ANONYM. Vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění.
- [10] ANONYM. Vyhláška č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění.

- [11] PAVELKA, A. *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. Brno: Litera, 1996. ISBN 80-85763-09-5.
- [12] FORMAN, L. & STRMISKA, J. *Mlékárenství II*. 1. vyd., Praha: SNTL, 1984, 176 s.
- [13] ANONYM. *Food and Drugs Administration. Code of Federal Regulations: 21 Part 133 Cheese and Related Cheese Products* [online]. Washington, DC: Department of Health and Human Services, 2004. [cit. 2017-08-14]. Dostupné na:
<http://www.accessdata.fda.gov/SCRIPTS/cdrh/cfdocs/cfCFR/CFRSearch.cfm?fr=133.10&SearchTerm=cheese>
- [14] ANONYM. Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, v platném znění.
- [15] SAMKOVÁ, E., HASOŇOVÁ, L., JAKLOVÁ, V. & JŮZL, M. Sýry a analogové výrobky – vývoj spotřeby a dotazníkové šetření. *Výživa a potraviny*, 2012, p. 3.
- [16] RANKEN, M. D., KILL, R. C. & BAKER, C. G. J. *Food Industries Manua*., 24.ed. Great Britain: Chapman & Hall, 1997, p. 653. ISBN 0-7514-0404-7.
- [17] BACHMANN, H. P. Cheese analogues: A review. *International Dairy Journal*, 2001, vol. 11, p. 505 – 515.
- [18] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., & KRÁČMAR S., *Základní principy výroby tavených sýrů: Basic principles of processed cheese production : monografie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7375-336-8.
- [19] CARIĆ, M. & KALÁB, M. Processed cheese products. In: *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. Springer US (ed. P. F. Fox), 2nd, vol. 2, Capman & Hall, London, 1993. p. 467 – 505.
- [20] BUŇKA, F. & HRABĚ, J. Tavené sýry. *Potravinářská revue*. 2006, vol. 3, s. 13 – 16.
- [21] HUI, Y. H. *Dairy science and technology handbook*. New York, N.Y.: VCH, c1993. ISBN 3527281622.

- [22] BUŇKA, F., DOUDOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., KUCHAR, D., MICHÁLEK, J., SLAVÍKOVÁ, Š., a KRÁČMAR, S., The effect of different ternary mixtures of sodium phosphates on hardness of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. 2012, vol. 47, no. 10, p. 2063 – 2071 [cit. 2018-3-19]. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03070.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2012.03070.x>
- [23] ANONYM. Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách, v platném znění.
- [24] TURNER, J. Developing processed cheese. *Dairy Field*, 2003, vol. 186, no. 3, p. 53.
- [25] GUINEE, T. P. Pasteurized Processed Cheese Product. *Encyclopedia of Dairy Science*, 2003, vol. 1, p. 411 – 418. ISBN 0122272358.
- [26] JAVORSKÝ, J. Historie *Mlékařského družstva tábořského – Madety: od založení do roku 1960*. Brno, 2009. Diplomová práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce: Vaculík, J.
- [27] PIJANOWSKI, E. *Základy chemie a technologie mlékárstva 2*. Bratislava: Příroda, 1978.
- [28] TAMIME, A. Y. *Structure of dairy products*. Ames, Iowa: Blackwell Pub., 2007. Society of Dairy Technology series.
- [29] DARBY, R. *Chemical engineering fluid mechanics*. 1996, New York, Basel, Hong Kong; Marcel Dekker, Inc.
- [30] MULSOW, B. B., JAROS, D. & ROHM, H. *Processed Cheese and Cheese Analogues*. Structure of Dairy Products, 1sted. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, 2007. p. 210 – 235.
- [31] BOHÁČ, V. *Výroba tavených sýrů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964. Řada potravinářské literatury.
- [32] PLOCKOVÁ, M. & BŘEZINA, P. *Mikrobiologie mléka a tuků*. Praha: MON, 1988, 228 s.
- [33] GUINEE, T. P., CARIĆ, M. & KALAB, M. *Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products*. Cheese: chemistry, physics and microbiology, 2004, vol. 2, p. 349 – 394.

- [34] ČEPIČKA, J. *Obecná potravinářská technologie*. 1. vyd., Praha: VŠCHT, 1995, 246 s. ISBN 80-7080-239-1.
- [35] KAPOOR, R. & METZGER, E. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects - A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2008, vol. 7, no. 2, p. 194 – 214.
- [36] SÁDLÍKOVÁ, I., BUŇKA, F., BUDÍNSKÝ, P., VOLDÁNOVÁ, B., PAVLÍNEK, V. & HOZA, I. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese, *LWT – Food Science and Technology*, 2010, vol. 43, p. 1220 – 1225.
- [37] GAJDŮŠEK S. *Mlékařství II*. Vyd. MZLU Brno, 2002. ISBN 80-7157-342-6, 135 s.
- [38] BUŇKA, F. & BUŇKOVÁ, L. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská Revue*. 2009, č. 1, [online], s. 13 – 16.
- [39] SALEK, R. N., ČERNÍKOVÁ, M., NAGYOVÁ, G., KUCHAR, D., BAČOVÁ, H., MINARČÍKOVÁ, L. & BUŇKA, F. The effect of composition of ternary mixtures containing phosphate and citrate emulsifying salts on selected textural properties of spreadable processed cheese. *International Dairy Journal*. 2015, vol. 44, p. 37 – 43.
- [40] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J. J. & LUCEY, J. A. Effect of Trisodium Citrate Concentration and Cooking Time on the Physicochemical Properties of Pasteurized Process Cheese. *J. Dairy Science*. 2006, vol. 89, no. 1, p. 15 – 28.
- [41] NAGYOVÁ, G., BUŇKA, F., SALEK, R. N., ČERNÍKOVÁ, M., BAČOVÁ, H. & S. KRÁČMAR. The Effect of Individual Phosphate Emulsifying Salts and their Selected Binary Mixtures on Hardness of Processed Cheese Spreads. *Scientific Journal for Food Industry*. 2013, vol. 7, p. 191 – 196.
- [42] ANONYM. Vyhláška č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin, v platném znění.
- [43] JOHNSON, M. E., KAPOOR, R., McMAHON, D. J., McCOY, D. R. & NARASIMMON, R. G. Reduction of sodium and fat levels in natural and processed cheeses: scientific and technological aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2009, vol. 8, no. 3, p. 252 – 268.
- [44] HLADKÁ, K., RANDULOVÁ, Z., TREMLOVÁ, B., PONÍŽIL, P., MANČÍK, P., ČERNÍKOVÁ, M. & BUŇKA, F. The effect of cheese maturity on selected properties of

processed cheese without traditional emulsifying agents. *LWT-Food Science and Technology*, 2014, vol. 55, no. 2, p. 650 – 656.

[45] 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, no. 5, p. 336 – 343.

[46] Veselá kráva® Lahodná bez E [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://www.veselakrava.cz/aktuality/nazev-aktuality-s-dlouhym-nazvem-01/>.

[47] Tavicí zařízení typu Stephan [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z <http://www.stephan-machinery.com/htdocs/maschinen/combicut/combicut.htm>.

[48] ŠNIRC, J., GOLIAN, J., HERIAN, K., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., a ČANIGOVÁ, M., *Mlieko a mliečne výrobky*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2016. ISBN 978-80-552-1451-1.

[49] HUI, Y. H., *Handbook of food products manufacturing*. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience, c2007. ISBN 047012525X.

[50] SOLOWIEJ, B., Effect of pH on rheological properties and meltability of processed cheese analogs with whey products. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. Lublin: Agricultural University, 2007, p. 57.

[51] 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, no. 3, p. 385 – 393.

[52] DIMITRELI, G. & THOMAREIS, A. S. Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*, 2004, vol. 64, no. 2, p. 265 – 271.

[53] GARIMELLA P. S. K., POLLARD, A. & METZGER, L. E. Effect of Formulation and manufacturing Parameters on Process Cheese Food Functionality – I. Trisodium Citrate. *J. Dairy Science*, 2006, vol. 89, no. 7, p. 2386 – 2396.

[54] MIZUNO, R. & LUCEY J. A. Properties of Milk Protein Gels Formed by Phosphates. *Journal of Dairy Science*. 2007, vol. 90, no. 10, p. 4524 – 4531. DOI: 10.3168/jds.2007-0229.

- [55] SWENSON, B. J., WENDORFF, W. L. & LINDSAY, R. C. Effects of ingredients on the Functionality of Fat-free Process Cheese Spreads. *J. Food Science*. 2000, vol. 65, no. 5, p. 822 – 825.
- [56] GLENN, T. A., DAUBERT, C. R., FARKAS, B. E. & STEFANSKI, L. A. A statistical analysis of creaming variables impacting process cheese melt quality. *J Food Quality*. 2003, vol. 26, p. 299 – 321.
- [57] 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*, 2004, vol. 61, no. 4, p. 551 – 555.
- [58] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb. v platném znění, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění.
- [59] FOX., P. F., *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 2 Major Cheese Groups*. Second edition. Boston, MA: Springer US, 1993. ISBN 9781461526483.
- [60] FOX, P. F., GUINEE, T. P., COGAN, T. M. a MCSWEENEY, P. L. H., *Fundamentals of cheese science*. New York, NY: Springer Science Business Media, 2016. ISBN 9781489976796.
- [61] VELÍŠEK, J., a CEJPEK, K., *Biosynthesis of food components*. Tábor: OSSIS, 2008. ISBN 978-80-86659-12-1.
- [62] WEISEROVÁ, E., DOUDOVÁ, L., GALIOVÁ, L., ŽÁK. L., MICHÁLEK, J., JANIŠ, R. & BUŇKA, F. The effect of combinations of sodium phosphates in bingy mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. *International Dairy Journal*, 2011, vol. 21, p. 979 – 986.
- [63] MCSWEENEY., P.L.H., *Cheese problems solved*. Boca Raton: CRC Press, 2007. ISBN 9781420043945.
- [64] CARIC, M., GANTAR, M., a KALAB, M., Effects of Emulsifying Agents on the Microstructure and Other Characteristics of Process Cheese - A Review. *Food structure*. USA - Chicago, 1985, vol. 4.
- [65] PHILLIPS, G. O., WILLIAMS, P. A. Handbook of hydrocolloids. *Woodhead Publishing Limited and CRC Press*. Boca Raton, 2009. ISBN: 978-1-4398-0820-7.

- [66] TYKVARTOVÁ, D., HRABĚ, J., HORNÍČKOVÁ, D., ŠVARC, J., MRÁZEK, J., POSPÍŠIL, M., PATROVSKÝ, J.. Výběr vhodných hydrokoloidů pro stabilizaci jakosti terminovaných jogurtových nápojů. *Mlékařské listy*. 2010. vyd. 118, s. 8 – 12.
- [67] TURNER, Jeane. Developing processed cheese. *Dairy Field*. 2003, vol. 186, no. 3, p. 53.
- [68] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. Faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů. *Potravinářská revue*, 2012, č. 6, s. 29 – 31.
- [69] CUNHA, C. R., DIAS, A. I., VIOTTO, W. H. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*, 2010. vol. 43, no. 3, p. 723 – 729.
- [70] BRICKLEY, C. A., AUTY, M. A. E., PIRANO, P., McSWEENEY, P. L. H. The Effect of Natural Cheddar Cheese Ripening on the Functional and Textural Properties of the Processed Cheese Manufactured Therefrom. *Journal of Food Science*. 2007, vol. 72, p. 483 – 490.
- [71] KAPOOR, R., METZGER, L. E., BISWAS, A. C., MUTHUKUMMARAPPAN, K. Effect of Natural Cheese Characteristics on Process Cheese Properties. *Journal of Dairy Science*, 2007. vol. 90, no. 4, p. 1625 – 1634.
- [72] OSTHOFF, G., SLABBER, E., KNIEFEL, W., DÜRRSCHMID, K. Flavours and Flavourants, Colours and Pigment. *Processed Cheese and Analogues*, First Edition. Blackwell Publishing Ltd., 2011. p. 133 – 147. ISBN 978-1-4051-8642-1.
- [73] SCHÄR, W., BOSSET, J. O. Chemical and Physico-chemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue During Storage. A Review. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 2002, vol. 35, no. 1, p. 15 – 20.
- [74] VÍTOVÁ, E., DIVIŠOVÁ, R., SŮKALOVÁ, K., OMELKOVÁ, J., VESPALCOVÁ, M. Srovnání sensorické kvality různých druhů tavených sýrů. *Potravinářstvo*, 2013. vol. 7.
- [75] DRAKE, S. L., YATES, M. D., DRAKE, M. A. Development of a flavor lexicon for processed and imitation cheese. *Journal of Sensory Studies*, 2010. vol. 25, no. 5, p. 720 – 739.
- [76] MUIR, D. D., TAMIME, A. Y., SHENANA, M. E., DAWOOD, A. H. Processed Cheese Analogues Incorporating Fat-Substitutes 1. Composition, Microbiological Duality

and Flavour Changes During Storage at 5 °C. *Food Science and Technology-Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 1999. vol. 32, no. 1, p. 41 – 49.

[77] FAJR, D., ŠEVČÍK, R., RAJCHL, A., MUKAŘOVSKÁ, V., VOLDŘICH, M., Nede-klarované barvení sýrů. *Celostátní přehledky sýrů 2012. Mléko a sýry*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2012, 40 s. ISBN 978-80-7080-838-2.

[78] BUŇKA, F., ČERNÍKOVÁ, M., HLADKÁ, K., BUŇKOVÁ, L., Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářská revue*, 2010, č. 6, s. 29 – 32.

[79] SCHÄR, W., BOSSET, J. O. Chemical and Physico-chemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue During Storage. A Review. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 2002, vol. 35, no. 1, p. 15 – 20.

[80] KRISTENSEN, D., HANSEN, E., ARNDAL, A., TRINDERUP, R. A., SKIBSTED, L. H. Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. *International Dairy Journal*, 2001. vol. 11, p. 837 – 843.

[81] SHIPE, W. F., BASSETTE, R., DEANE, D. D., et al. Off Flavors of Milk: Nomenclature, Standards, and Bibliography. *Journal of Dairy Science*, 1978. vol. 61, p. 855 – 869.

[82] ANONYM. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 38/2001 o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmy, v platném znění.

[83] ANONYM. Nařízení Komise (EU) č. 10/2011 ze dne 14. ledna 2011 o materiálech a předmětech z plastů určených pro styk s potravinami, v platném znění.

[84] ANONYM. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1935/2004 ze dne 27. října 2004 o materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami a o zrušení směrnic 80/590/EHS a 89/109/EHS, v platném znění.

[85] ALVES, R. M. V., VAN DENDER, A. G. F., JAIME, S. B. M., MORENO, I., PEREIRA, B. C. Effect of light and packages on stability of spreadable processed cheese. *International Dairy Journal*, 2007. vol. 17, no. 4, p. 365 – 373.

[86] ČSN ISO 5492, Sensorická analýza – slovník, Český normalizační institut, 2009, 52 s.

[87] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2*. Vyd. 2. uprav. Tábor: OSSIS, 2003, 304 s. ISBN 8086659011.

[88] JANŠTOVÁ, Bohumíra et al., *Technologie mléka a mléčných výrobků*. 1. vyd. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012, 141 s. ISBN 978-80-7305-637-7.

[89] ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA. *Mlékárenské technologie*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova univerzita, 2013, 223 s. ISBN 978-80-7375-704-5.

- [90] ANONYM. ČSN EN ISO 5534:2005, Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Praha: Český normalizační institut.
- [91] DAVÍDEK, J. a kol. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1997. 720 s.
- [92] ANONYM. ČSN ISO 3433 (57 1009):2008, Sýry – Stanovení obsahu tuku – Van Gulikova metoda. Praha: Český normalizační institut.
- [93] WINTER, H. H. & CHAMBON, F. Analysis of linear viscoelasticity of a crosslinking polymer at the gel point. *Journal of rheology*, 1986, vol. 30, no. 2, p. 367 – 382.
- [94] ČERNÍKOVÁ, M., SALEK, R. N., KOZÁČKOVÁ, D., BĚHALOVÁ, H., LUŇÁKOVÁ, L., BUŇKA, F. The effect of selected processing parameters on viscoelastic properties of model processed cheese spreads. *International Dairy Journal*, 2017, vol. 66, p. 84 – 90.
- [95] LEE, S. K., BUWALDA, R. J., EUSTON, S. R., FOEGEDING, E. A. & MCKENNA, A. B. Changes in the rheology and microstructure of processed cheese during cooking. *LWT-Food Science and technology*, 2003, vol. 36, no. 3, p. 339 – 345.
- [96] BUŇKA, F., ŠTĚTINA, J. & HRABĚ, J. The effect of storage temperature and time on the consistency and color of sterilized processed cheese. *European Food Research and Technology*, 2008, vol. 228, p. 223 – 229.
- [97] SIVARAMAKRISHNAN, H. P., SENGE, B., & CHATTOPADHYAY, P. K. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering*, 2004, vol. 62, no. 1, p. 37 – 45.
- [98] GUSTAW, W., & MLEKO, S. The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft-Milk Science International*, 2007, vol. 62, p. 59 – 62.
- [99] REDLINGER, P. A. Appearance. *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*. Academic. Press, San Diego, C. A.; 1993, p. 4054 – 4059.
- [100] SALEK, R. N., ČERNÍKOVÁ, M., PACHLOVÁ, V., BUBELOVÁ, Z., KONEČNÁ V. & BUŇKA, F. Properties of spreadable processed Mozzarella cheese with divergent compositions of emulsifying salts in relation to the applied cheese storage period. *LWT-Food Science and Technology*, 2017, vol. 77, p. 30 – 38.

- [101] CHATZIANTONIOU, S. E.; THOMAREIS, A. S. & KONTOMINAS, M. G. Effect of chemical composition on physico-chemical, rheological and sensory properties of spreadable processed whey cheese. *European Food Research and Technology*, 2015, vol. 241, no. 6, p. 737 – 748.
- [102] BOURNE, M. C. Food Texture and Viscosity-Concept and Measuremen (2nd Edition). Elsevier. 2002. Online vision available at:
<http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpFTVCME06/food-texture-viscosity/food-texture-viscosity>.
- [103] 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.
- [104] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A. S. Effect of chemical composition on the linear viscoelastic properties of spreadable-type processed cheese. *Journal of Food Engineering*, 2008, vol. 84, p. 368 – 374.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

TSPP	Difosforečnan sodný
DSP	Fosforečnan sodný
TSC	Citronan sodný
P20	Polyfosforečnan sodný
P	Fosfor
MK	Mastná kyselina
TVS	Tuk v sušině
G'	Elastický modul pružnosti (modul ve smyku)
G''	Ztrátový modul pružnosti
G^*	Komplexní modul pružnosti
δ	Úhel fázového posunu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: <i>Iontová výměna vápenatých iontů za sodné ionty v přítomnosti tavicích solí při výrobě tavených sýrů (NaA - tavicí sůl obsahující sodný kationt; CaA - tavicí sůl s navázaným vápenatým kationtem) [obrázek autor práce].</i>	23
Obr. 2: <i>Ukázka jednoho z tavicích zařízení typu Stephan používaného k výrobě tavených sýrů [47].</i>	25
Obr. 3: <i>Zařízení Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Halmen, Německo), které bylo použito při výrobě modelových vzorků tavených sýrů [foto autor práce].</i>	40
Obr. 4: <i>Provádění dynamické oscilační reometrie na přístroji Thermo ScientificTM (RheoStress1, HAAKE) pro zjištění viskoelastických vlastností jednotlivých modelových vzorků tavených sýrů [foto autor práce].</i>	43
Obr. 5: <i>Závislost komplexního modulu pružnosti G^* tavených sýrů uváděného pro frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikované rychlosti míchání 1000 ot./min v 1., 14., 30. a 60. dnu skladování.</i>	48
Obr. 6: <i>Závislost komplexního modulu pružnosti G^* tavených sýrů uváděného pro frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikované rychlosti míchání 1250 ot./min v 1., 14., 30. a 60. dnu skladování.</i>	49
Obr. 7: <i>Závislost komplexního modulu pružnosti G^* tavených sýrů uváděného pro frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikované rychlosti míchání 1500 ot./min v 1., 14., 30. a 60. dnu skladování.</i>	51
Obr. 8: <i>Závislost komplexního modulu pružnosti G^* tavených sýrů uváděného pro frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikované rychlosti míchání 1750 ot./min v 1., 14., 30. a 60. dnu skladování.</i>	52
Obr. 9: <i>Závislost komplexního modulu pružnosti G^* tavených sýrů uváděného pro frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikované rychlosti míchání 2000 ot./min v 1., 14., 30. a 60. dnu skladování.</i>	53

- Obr. 10: *Závislost komplexního modulu pružnosti G^* tavených sýrů uváděného pro frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikovaných rychlostech míchání (1000, 1250, 1500, 1750 a 2000 ot./min) v 60. dnu skladování. 57*
- Obr. 11: *Znázornění reakce elastické, viskózní a viskoelastické látky v průběhu působení stejného mechanického namáhání a po jeho odeznění [102]..... 58*
- Obr. 12: *Závislost úhlu fázového posunu δ tavených sýrů stanoveného při frekvenci 1 Hz na délce výdrže tavicí teploty (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 a 10 minut) při aplikovaných rychlostech míchání (1000, 1250, 1500, 1750 a 2000 ot./min) v 60. dnu skladování. 60*

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: <i>Stanovené hodnoty obsahu sušiny ve vzorcích pro dané rychlosti míchání v průběhu 60 dnů skladování.....</i>	44
Tab. 2: <i>Stanovené hodnoty pH vzorků pro všechny rychlosti míchání v 1. dnu skladování.....</i>	45