

Ternární směsi vybraných fosforečnanů a jejich vliv na texturní vlastnosti tavených sýrů

Štěpánka Slavíková

Bakalářská práce
2011

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie a mikrobiologie potravin
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Štěpánka SLAVÍKOVÁ
Osobní číslo: T08361
Studijní program: B 2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Chemie a technologie potravin

Téma práce: Ternární směsi vybraných fosforečnanů a jejich vliv na texturní vlastnosti tavených sýrů.

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Stručně popište technologii výroby tavených sýrů.
2. Charakterizujte úlohu tavicích solí v taveném sýru, se zaměřením na fosforečnanové tavicí soli.

II. Praktická část

1. Realizujte výrobu modelových vzorků tavených sýrů s použitím různého zastoupení monofosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu sodného jako tavicí soli.
2. U modelových vzorků tavených sýrů provedte 2., 9. a 30. den po výrobě texturní analýzu se zaměřením na tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost.
3. Stanovte roztékavost modelových vzorků.
4. Z výsledků vyvodte závěry.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] Buňka, F., Buňková, L., Kráčmar, S. (2009). Základní principy výroby tavených sýrů. 1. vyd. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 69.
- [2] El-Bakry, M., Duggan, E., O’Riordan, E.D., O’Sullivan, M. (2010). Effect of emulsifying salts reduction on imitation cheese manufacture and functional properties. Journal of Food Engineering, 100, 596–603.
- [3] Guinee, T.P., Caric, M., & Kaláb, M. (2004). Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. In P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. P. Cogan (Eds.), Cheese: Chemistry, Physics and microbiology. Volume 2: Major cheese groups. (3rd ed., pp. 349–394). Elsevier Applied Science, London.
- [4] Shirashoji, N., Jaeggi, J. J., & Lucey, J. A. (2010). Effect of sodium hexametaphosphate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. Journal of Dairy Science, 93, 2827–2837.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Eva Weiserová

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

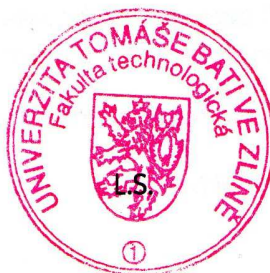
30. května 2011

Ve Zlíně dne 12. dubna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.

děkan



doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Slavíková Štěpánka

Obor: CHTP

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 16.5.2011

Slavíková

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 vzdělávacího zařízení (školní dílo).*

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá vlivem různého zastoupení vybraných fosforečnanových tavicích solí ve směsi, na texturní vlastnosti tavených sýrů. V teoretické části byly popsány tavené sýry, technologie jejich výroby, dále charakteristika tavicích solí a jejich úloha v tavených sýrech. V praktické části byly vyrobeny tavené sýry za použití směsí vybraných tavicích solí, které obsahovaly různé poměry monofosforečnanu (Na_2HPO_4), difosforečnanu ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) a polyfosforečnanu sodného (NaPO_3)_n. U těchto vzorků byla pomocí texturní analýzy měřena tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost.

Bylo zjištěno, že tvrdost modelových vzorků tavených sýrů se snižovala s rostoucím množstvím polyfosforečnanu ve směsi. S rostoucím množstvím difosforečnanu a klesajícím množstvím monofosforečnanu se tvrdost do určité fáze zvyšovala a následně klesala. Relativní lepivost a kohezivnost ve většině případů nevykazovaly žádné pravidelné chování.

Klíčová slova: tavený sýr, tavicí soli, texturní vlastnosti, tvrdost, relativní lepivost, kohezivnost

ABSTRACT

This work deals with the influence of different ratios of selected phosphate emulsifying salts on the textural properties of processed cheeses. In the theoretical part were described processed cheeses, technology of their manufacture and characteristics of emulsifying salts and their functions in the processed cheeses. In the practical part, the processed cheese were made using mixtures of selected emulsifying salts, containing different ratios of monophosphate (Na_2HPO_4), diphosphate ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) and sodium salt of polyphosphate (NaPO_3)_n. Hardness, adhesiveness and cohesiveness were measured by the textural profile analysis.

It was found that hardness decreased with increasing amount of polyphosphate. With increasing quantity of diphosphate and decreasing quantity of monophosphate hardness decreased to a certain stage and then increased. Adhesiveness and cohesiveness mostly didn't show any regular behaviour.

Keywords: processed cheese, emulsifying salts, texture parameters, hardness, adhesiveness and cohesiveness

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí mé bakalářské práce, Ing. Evě Weiserové, za odborné vedení při zpracování této bakalářské práce, za trpělivost, cenné připomínky, rady a za pomoc s konáním a s vyhodnocováním praktické části.

Dále bych ráda poděkovala doc. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D., za věnovaný čas a podnětné připomínky, a také Bc. Ludmile Zálešákové, DiS. za spolupráci v laboratoři.

Prohlášení

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TAVENÉ SÝRY	11
1.1 CHARAKTERISTIKA A DĚLENÍ TAVENÝCH SÝRŮ	11
1.2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ	12
1.2.1 Proces výroby	13
1.2.2 Suroviny a přídatné látky pro výrobu tavených sýrů	13
1.3 PH TAVENÝCH SÝRŮ	14
1.4 BÍLKOVINY KRAVSKÉHO MLÉKA A PŘÍRODNÍCH SÝRŮ	15
2 TAVICÍ SOLI	17
2.1 ÚLOHA TAVICÍCH SOLÍ PŘI VÝROBĚ TAVENÝCH SÝRŮ	17
2.2 TAVICÍ SOLI NA BÁZI FOSFOREČNANŮ	19
2.2.1 Vliv fosforečnanů na fyzikálně-chemické vlastnosti tavených sýrů.....	20
2.3 VLIV FOSFOREČNANŮ NA TEXTURNÍ VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ	22
2.3.1 Směsi tavicích solí na bázi fosforečnanů	23
II PRAKTICKÁ ČÁST	25
3 CÍL PRÁCE	26
4 MATERIÁL A METODY	27
4.1 POPIS EXPERIMENTU	27
4.2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ V LABORATORNÍCH PODMÍNKÁCH	27
4.3 CHEMICKÁ ANALÝZA	27
4.3.1 Stanovení sušiny.....	27
4.3.2 Stanovení pH	28
4.4 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA	28
4.5 ROZTĚKAVOST	28
5 VÝSLEDKY A DISKUZE	30
5.1 VÝSLEDKY CHEMICKÝCH ANALÝZ	30
5.1.1 Stanovení sušiny.....	30
5.1.2 Stanovení pH	30
5.2 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA	32
5.2.1 Stanovení tvrdosti.....	32
5.2.2 Stanovení relativní lepivosti.....	35
5.2.3 Stanovení kohezivnosti	37
5.3 ROZTĚKAVOST	39
5.4 DISKUZE.....	41
ZÁVĚR	43
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	44
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	47
SEZNAM OBRÁZKŮ	48
SEZNAM TABULEK	49

SEZNAM PŘÍLOH.....	50
---------------------------	-----------

ÚVOD

Tavené sýry jsou mléčné výrobky vyráběné z přírodních sýrů, másla, vody, tavicích solí a dalších složek. Tavicí soli jsou nezbytné pro vytvoření homogenní struktury. Tavené sýry jsou oblíbenou komoditou díky jejich variabilitě poskytovaných produktů a možnosti využití jak pro domácnosti, tak například pro restaurační zařízení.

Tato práce se zabývá vlivem směsí tavicích solí na bázi fosforečnanů na tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost tavených sýrů. Teoretická část této práce je zaměřena na charakteristiku tavených sýrů a na technologii jejich výroby. Dále jsou zde popsány vlastnosti fosforečnanových tavicích solí a jejich účinek na fyzikálně-chemické a texturní vlastnosti tavených sýrů. V poslední části jsou popsány účinky dříve zkoumaných směsí na texturní vlastnosti tavených sýrů.

Praktická část práce obsahuje výsledky experimentu. Tavené sýry byly vyrobeny za použití směsí tavicích solí, které obsahovaly různé poměry sodných solí monofosforečnanu (Na_2HPO_4), difosforečnanu ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) a polyfosforečnanu (NaPO_3)_n. Tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost tavených sýrů byly měřeny texturní profilovou analýzou a to druhý, devátý a třicátý den po výrobě.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY

Tavené sýry jsou mléčné výrobky získané smícháním přírodních sýrů a dalších složek spolu s vhodně vybranými tavicími solemi [1,2,3]. Působením záhřevu a konstantního míchání vzniká homogenní produkt, který může mít podle výrobních parametrů různorodou konzistenci, např. bloky, pomazánky, omáčky nebo plátky. Díky různorodosti poskytovaných produktů a jejich dobré využitelnosti jak v domácnostech, tak v restauračních zařízeních, se staly tavené sýry velmi oblíbenými [2,3,4]. Tavené sýry a jejich analogy jsou také dobrým zdrojem bílkovin, tuků, minerálů a vitaminů ve stravě [5].

1.1 Charakteristika a dělení tavených sýrů

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 370/2008 Sb., v platném znění, definuje tavené sýry jako sýry, které byly tepelně upraveny za přídavku tavicích solí. Tepelná úprava zajišťuje taveným sýrům zdravotní nezávadnost a také prodlužuje jejich trvanlivost. Tato vyhláška dělí tavené sýry do dvou skupin, a to podle obsahu tuku. První skupinou jsou nízkotučné tavené sýry (roztíratelné) s obsahem tuku v sušině nejvýše 30 hm. %. Druhou skupinou jsou vysokotučné tavené sýry (roztíratelné) s obsahem tuku v sušině nejméně 60 hm. % [6]. Sýry s obsahem tuku v sušině mezi 30 a 60 hm. % tato vyhláška nijak nedefinuje. V literatuře však lze najít jiné dělení tavených sýrů podle obsahu tuku, a to do následujících 4 skupin:

- vysokotučné – s obsahem tuku v sušině 60 – 70 %,
- plnotučné – s obsahem tuku v sušině 45 – 55 %,
- polotučné – s obsahem tuku v sušině 30 – 45 %,
- nízkotučné – s obsahem tuku v sušině 30 % a méně [7].

Tavené sýry s obsahem tuku v sušině nižším než 20 % se prakticky nevyrábějí. Obdobně je obtížné vyrobit tavený sýr s obsahem tuku v sušině vyšším než 70 % tak, aby měl ještě charakter taveného sýra [7].

Tavené sýry mohou mít také různou konzistenci. Základem je, že konzistence musí být vždy stejnorodá, kompaktní a hladká, nesmí být krupičkovitá nebo písčitá. Textura však může být značně rozdílná, od pevné, lomivé, přes snadno roztíratelnou, krémovitou až po hustou tekutou [7,9].

Texturní a funkční vlastnosti tavených sýrů mohou být ovlivňovány mnoha faktory, jako je zralost přírodních sýrů (tj. stupeň proteolýzy), pH sýrové taveniny, druh a koncentrace tavicí soli, podmínky zpracování a skladování (teplota při zpracování, rychlost míchání, doba ohřevu, rychlost chlazení, teplota při skladování), obsah sušiny, obsah tuku, přítomnost a koncentrace iontů (zvláště vápníku, sodíku a draslíku), koncentrace laktózy nebo jiných cukrů, použití emulgátorů (například monoacylglycerolů), atd. [1,2,8]. Kromě toho se různé faktory mohou vzájemně ovlivňovat. Všechny tyto aspekty musí být při hodnocení konzistence tavených sýrů uvažovány [1,8].

A 1.2 Výroba tavených sýrů

Tavené sýry se vyrábí smícháním přírodních sýrů různého druhu a stupně zralosti za přítomnosti tavicích solí a dalších přísad. Proces probíhá za stálého míchání a ohřevu, dokud se nevytvoří homogenní výrobek [4,8,11]. Do směsi mohou být přidávány různé přísady, ať už mléčného (máslo, sušené odstředěné mléko, sušená syrovátka, kaseináty atd.) či nemléčného charakteru (voda, zelenina, koření, ochucovadla, barviva, sůl, hydrokoloidy atd.) [1,2]. Tradičně jsou tavené sýry zpracovávány mícháním při teplotě pohybující se obvykle mezi 90 a 100 °C za částečného podtlaku [5,8,9]. Hlavní kroky při výrobě tavených sýrů mohou být rozděleny do 2 fází:

Výběr a formulace složek:

- výběr přírodních sýrů (na základě zralosti, pH, chuti a obsahu nehydrolyzovaného kaseinu),
- výběr vhodných tavicích solí,
- stanovení a výpočet dalších surovin, popř. přídatných látek (za účelem získání požadované vlhkosti, obsahu tuku a hodnoty pH konečného výrobku).

Zpracování a skladování tavených sýrů:

- tavení (ohřev, míchání),
- balení, chlazení a skladování [8].

1.2.1 Proces výroby

Po výběru složek a po výpočtu jejich potřebného množství začíná samotný proces výroby. Přírodní sýr je nastrouhán, namlet anebo nakrájen na malé kousky a dán do tavicího kotle spolu s ostatními surovinami jako jsou máslo, voda, tavicí soli, tvaroh, atd. Po nadávkování surovin se tavicí kotel uzavře a začne vlastní proces tavení, kdy se za sníženého tlaku v relativně krátkém čase zvýší teplota až na tzv. tavicí teplotu, která je udržována řádově po několik minut, přičemž tato doba závisí i na použité tavicí teplotě. Ohřev je zpravidla prováděn přímým vstříkáváním páry do tavené směsi. Pára v tavené směsi zkondenzuje, a proto je třeba při sestavování surovinné skladby (při výpočtu přídatku pitné vody) zohlednit i tuto vodu zkondenzovanou z páry [9]. Sýr je obvykle balen do hliníkových fólií, plastových kelímků, střívek nebo do plastových či kovových tub [7]. Je důležité, aby se tavenina balila co nejdříve po utavení (teplota by neměla klesnout pod 60 – 70 °C), čímž se sníží pravděpodobnost kontaminace mikroorganismy. Zabalený tavený sýr se po vychlazení skladuje při teplotě 4 – 8 °C [9].

Výroba kvalitních tavených sýrů vyžaduje kvalitní suroviny, dobrá technická zařízení, ale zejména vysoké znalosti a zkušenosti pracovníků, kteří připravují jednotlivé receptury a řídí celý výrobní proces [7].

1.2.2 Suroviny a přídatné látky pro výrobu tavených sýrů

Hlavní podíl suroviny na výrobu tavených sýrů tvoří přírodní sýr. Používají se různé druhy v různém stupni zralosti tak, aby bylo dosaženo požadované chuti i konzistence [7,8]. Při výrobě jsou používány jak mladé sýry (pro zajištění požadované struktury), tak sýry zralé (poskytující chuť) [10]. Vhodný výběr přírodních sýrů je důležitý pro dosažení tavených sýrů s požadovanými chemickými i funkčními vlastnostmi. Tyto vlastnosti ovlivňuje například pH, obsah vápníku, stáří nebo množství neporušeného kaseinu v přírodním sýru [3].

Dalšími přísadami mléčného charakteru mohou být máslo, tvaroh, sušené odstředěné mléko, sušená smetana, sušená syrovátka, kaseináty, rework (krém) aj. [1,2,8]. Přídatkem másla či smetany se upravuje obsah tuku a přídatkem pitné vody se reguluje obsah sušiny [7]. Tvaroh se používá pro zvýšení obsahu tukuprosté sušiny a rovněž do směsí obsahujících velmi zralé přírodní sýry za účelem dodání tzv. intaktního (neporušeného)

kaseinu [9]. V některých případech je možný i přídavek menšího množství sušeného mléka nebo sušeného podmásí [7].

Velmi časté je také přidání surovin jiného než mléčného charakteru [1]. Při výrobě ochucených tavených sýrů se přidávají další komponenty a ochucující přípravky [7], mezi které patří různé druhy zeleniny, koření a barviva. Dále mohou být používány různé druhy uzenin nebo také houby. Stále častěji používají výrobci rovněž přídatné látky na bázi hydrokoloidů s cílem zlepšit vaznost vody [9]. Mléčný tuk a mléčné bílkoviny bývají často nahrazovány rostlinnými oleji a rostlinnými bílkovinami, což vede ke snížením nákladů na výrobu [10]. Podle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 370/2008 Sb., v platném znění, však minimálně 51 % bílkovin přítomných v tavených sýrech musí být mléčného původu [6].

Nezbytný je také přídavek tavicích solí, kterými se reguluje pH tak, aby vznikla hladká tavenina. Tyto soli současně podporují emulgační schopnost bílkovin, aby tuk v taveném sýru byl jemně rozptýlen a neuvolňoval se [7]. Jsou tedy nezbytné k vytvoření jednotné struktury v průběhu procesu tavení. Toho je dosaženo odštěpením vápníku z proteinového systému, peptizací, hydratací, nabobtnáním, rozpuštěním a rozptýlením proteinů [11,12].

1.3 pH tavených sýrů

Konečná hodnota pH v tavených sýrech má významný vliv na kvalitu, mikrostrukturu a typ interakcí ve výsledné emulgované bílkovinné síti tavených sýrů. Výzkumy ukázaly, že hodnota pH dobře zpracovatelných sýrů by se měla pohybovat v rozmezí 5,4 až 5,8 (jiná literatura uvádí rozmezí 5,5 – 6,0 [1]) [8]. To závisí na požadované konzistenci, ta však není ovlivňována pouze hodnotou pH, ale také dalšími faktory (obsah sušiny, vápníku a tuku v sušině, teplota při zpracování aj.) [17]. Obecně v tavených sýrech s pH nižším než 5,2 dochází ke zvýšení počtu interakcí mezi bílkovinami, protože hodnota pH se blíží k jejich izoelektrickému bodu [8]. To vede ke snížení záporného náboje bílkovin a k jejich srážení, což způsobí oslabení emulze taveného sýra a tvorbu suché, drobné a zrnité struktury. Při pH kolem 5,7 je tuková emulze jednotná a úzce spojená s bílkovinou sítí [8]. Při hodnotách pH vyšších než 6,1 zase dochází k tvorbě otevřené struktury a tedy k slabší emulzi a ke vzniku příliš měkkých produktů [8,13].

S rostoucí hodnotou pH se zvyšuje záporný náboj kaseinů a elektrostatické odpudivé síly v kaseinové matici. To vede ke vzniku otevřenější a volnější sítě s lepší vazností vody a s lepšími emulgačními schopnostmi (v intervalu pH asi od 5,0 do 5,8 [8]) [13]. Rostoucí pH by mělo vést také k větší izolaci vápníku tavicími solemi, což má za následek větší disperzi kaseinů v průběhu výroby tavených sýrů. Během chlazení se lépe dispergované kaseiny podílí na tvorbě homogenní, pevnější a tvrdší struktury [13].

Výsledné pH tavených sýrů je ovlivňováno druhem a množstvím tavicích solí a také typem a stářím použitých přírodních sýrů [8]. V průběhu zrání se pH přírodního sýru často mírně zvyšuje [17].

1.4 Bílkoviny kravského mléka a přírodních sýrů

Zralé kravské mléko obvykle obsahuje 3,2 – 3,6 % dusíkatých látek, z nichž 93 – 95 % tvoří čisté bílkoviny [9]. Bílkoviny kravského mléka mohou být rozděleny na kaseiny (80 % čistých bílkovin) a sérové bílkoviny (20 % čistých bílkovin) [16]. Čtyři hlavní kaseinové frakce jsou α_{s1} -kasein, α_{s2} -kasein, β -kasein a κ -kasein. V mléce se vyskytují v poměru 4:1:4:1. Kaseiny, stejně jako většina bílkovin mají jak hydrofilní, tak hydrofobní úseky. Kaseiny jsou výjimečné v tom, že obsahují kovalentně vázané fosforečnanové skupiny a mají flexibilní hydratovanou sekundární strukturu [8]. Jednotlivé frakce se od sebe liší sekvencí a počtem aminokyselin a dále také rozmístěním fosfoserinových skupin a citlivostí vůči srážení s vápenatými ionty. Frakce α_{s1} -, α_{s2} - a β -kaseinů obsahují více fosfoserinových zbytků, které se nacházejí poblíž u sebe, zatímco κ -kasein má jen jeden fosfoserinový zbytek [17]. Frakce α_{s1} -kaseinu obsahuje 199 aminokyselin a osm zbytků kyseliny fosforečné esterově vázané na serin. Většina této estericky vázané kyseliny fosforečné se nachází mezi 40. a 80. aminokyselinou. Právě v této oblasti je α_{s1} -kasein hydrofilní, zatímco ostatní části vykazují značnou hydrofobicitu. Frakce α_{s2} -kaseinu obsahuje 207 aminokyselin a fosfoserinové skupiny jsou situovány mezi 1. a 20. aminokyselinou a mezi 50. a 70. aminokyselinou. Na této frakci se tedy nachází dva hydrofilní a dva hydrofobní segmenty. Frakce β -kaseinu obsahuje 207 aminokyselin a skupiny fosfoserinu se nachází mezi 1. a 40. aminokyselinou. Frakce κ -kaseinu obsahují 169 aminokyselin a pouze jeden zbytek kyseliny fosforečné esterově vázané na serin. Frakce κ -kaseinu jsou však glykozylovány přes hydroxylovou skupinu threoninu (131. nebo 133. aminokyselina) a tato sacharidická složka uděluje příslušnému

segmentu frakce hydrofilní charakter, zatímco zbylá část je hydrofobní. Přítomnost těchto hydrofobních a hydrofilních úseků předurčuje emulgační schopnosti kaseinů [9].

V nativní formě existují kaseiny ve formě micel. Frakce α_{s1} -, α_{s2} - a β -kaseinu jsou stabilizované hydrofobními interakcemi mezi nimi a koloidním fosforečnanem vápenatým, který zprostředkovává příčné vazby mezi micelami [8]. Frakce κ -kaseinu jsou přítomny zejména na povrchu micel a tvoří tzv. ochranný koloid, který chrání ostatní frakce před vysrážením [8,9]. Jeho hydrofobní oblast je orientována dovnitř micely a glykozylovaná hydrofilní část je orientována na povrchu micely. κ -kaseiny jsou záporně nabitě, což vede k vzájemnému odpuzování micel. Tento jev zajišťuje stabilitu kaseinových micel [8]. Důležitá je zde rovnováha mezi přitažlivými a odpudivými silami. Přitažlivé síly mohou zahrnovat vodíkové vazby, fosforečnanovápenaté můstky a hydrofobní interakce, zatímco odpudivé síly zahrnují elektro-statické interakce, které jsou ovlivněny nábojem kaseinů [14].

Při výrobě přírodních sýrů se používá syřidlo k rozštěpení κ -kaseinu, a to mezi 105 (Phe) a 106 (Met) aminokyselinou, čímž dojde ke ztrátě hydrofilního glykozylovaného segmentu. Díky tomu ztrácí micely svou stabilitu a α_s - a β -kaseiny jsou vystaveny vlivům okolního prostředí. Mezi fosfoserinovými zbytky přítomnými v α_s - a β -kaseinech se vytvoří vazby pomocí vápenatých iontů. Dojde k agregaci kaseinů a ke vzniku tuhé sraženiny tvořené komplexem nerozpustného parakaseinátu vápenatého [8,16].

2 TAVICÍ SOLI

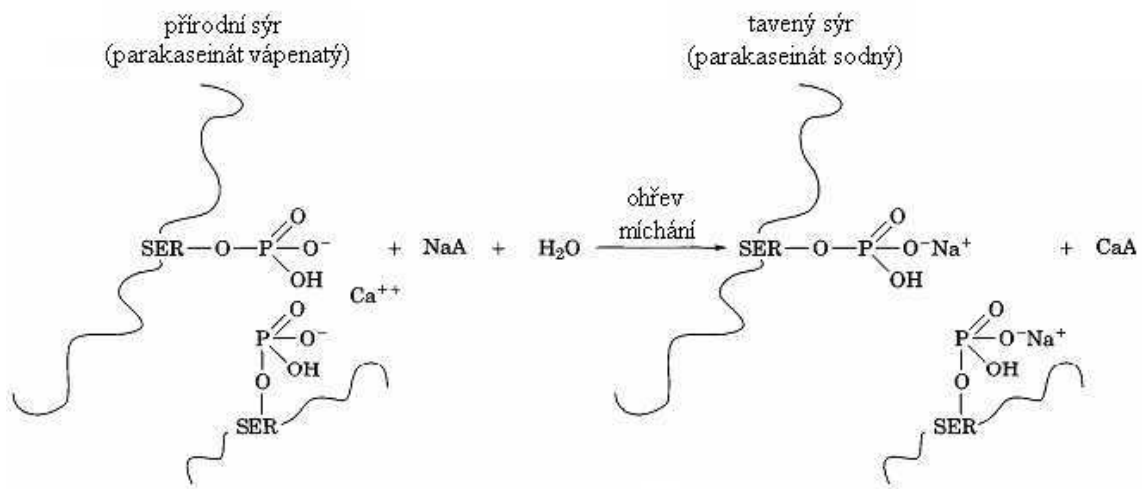
Tavicí soli jsou sloučeniny tvořené monovalentními kationty a polyvalentními anionty. Dvě základní funkce tavicích solí v tavených sýrech jsou “odštěpení vápníku” (narušením vápenato-fosfátového spojení bílkovinné sítě přítomné v přírodních sýrech v průběhu výroby tavených sýrů) a “úprava pH” [8]. Jejich účinkem dochází k většímu rozptýlení kaseinů, k větší hydrataci, ke zlepšení schopnosti kaseinů emulgovat tuky a k tvorbě vhodné struktury během chlazení tavených sýrů [1,11,14].

V současné době existují tři kategorie tavicích solí používaných při výrobě tavených sýrů: citráty, fosforečnany a polyfosforečnany, a každá tato skupina uděluje konečnému produktu specifické vlastnosti [1,15,28]. Účinek různých tavicích solí se liší, různé druhy tavicích solí odlišně ovlivňují stupeň disociace kaseinu, velikost tukových částic, roztékavost, barvu, strukturu a sensorickou přijatelnost tavených sýrů, což může být v podstatě přisuzováno různému působení každé ze solí na strukturu proteinu během výrobního procesu [12,15]. S ohledem na rozdílné vlastnosti jednotlivých skupin tavicích solí, má při jejich kombinaci velký význam výběr správného poměru jednotlivých složek. To závisí nejen na typu, zralosti a struktuře přírodního sýra, ale také na požadovaných vlastnostech konečného výrobku [11,12,28]. Obvykle bývají při výrobě tavených sýrů používány jejich směsi [14].

2.1 Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů

Tavené sýry jsou tvořeny souvislou sítí bílkovin, ve které je rozptýlena tuková fáze [2]. Jejich textura závisí na objemu vody, bílkovinné a tukové fáze, na jejich struktuře a na interakcích uvnitř bílkovinné sítě a na interakcích mezi touto bílkovinou sítí a tukovou fází [18]. Při výrobě tavených sýrů jsou do směsi přidávány tavicí soli, které napomáhají kaseinům uplatnit jejich emulgační schopnost v přírodních sýrech narušením fosforečnanovápenatých můstků bílkovinné sítě [19]. V kombinaci s teplem a mícháním tyto soli odštěpí vápník spojující kaseiny, nahradí ho ionty sodíku a tím převedou nerozpustný parakaseinát vápenatý na rozpustnější parakaseinát sodný (obr. 1) [5,19]. To má na síť složenou z kaseinových micel dispergační účinek a rozdělí ji na jednotlivé kaseinové frakce. Tento jev je označován jako peptizace a zvyšuje vazebnou kapacitu bílkovin. Dojde k odhalení hydrofilních a hydrofobních částí, což umožňuje kaseinům působit jako emulgátory na rozhraní voda-tuk [15]. Kaseiny jsou hydratovány, vznikají interakce mezi hydrofilními segmenty a vodnou fází

a také mezi hydrofobními segmenty a tukovou fází [19]. Disperze a hydratace kaseinů tedy přispívá jak k emulgaci, pokrytím povrchu volnými kuličkami tuku, tak ke stabilizaci emulze fixací velkého množství vody [15]. Během chlazení tavených sýrů dochází k částečnému uvolňování vápníku z tavicích solí [9]. Rozptýlené kaseiny se pomocí těchto vápenatých iontů, popř. i iontů vázaných ve fosforečnanech, formují do konečné trojrozměrné bílkovinné sítě [5,8].



Obrázek 1.: Iontová výměna pomocí tavicích solí při výrobě tavených sýrů

(A...aniont tavicí soli, tj. fosforečnan či citronan; NaA...tavicí sůl obsahující sodný kationt; CaA...tavicí sůl s navázaným vápenatým kationtem) [20]

Úkolem tavicích solí je tedy zlepšit emulgační schopnost bílkovin sýra odstraněním vápníku z kaseinů a rozptýlením a hydratací bílkovin. Dalšími účinky těchto solí jsou například zvýšení pH (ve většině případů), stabilizace emulze tuk-voda a tvorba konečné struktury sýra [1]. Přítomnost tavicích solí ovlivňuje také obsah nerozpustného vápníku a fosforu v tavených sýrech, dále jejich texturní vlastnosti jako jsou pevnost, tvrdost, přilnavost a pružnost.

Funkci tavicích solí značně ovlivňuje množství bílkovin přítomných v přírodním sýru. Snížení množství bílkovin vede k poklesu schopnosti tavicích solí podporovat jejich emulgační funkci, neboť potom je zde méně bílkovin, které by se mohli podílet na stabilizaci tuků a na tvorbě bílkovinné sítě. Následkem je vznik tavených sýrů, které mají menší pružnost a větší tukové globule [10]. Během zrání přírodních sýrů dochází k postupné hydrolýze přítomných bílkovin na peptidy, čímž se snižuje množství

kaseinu, který je přítomný v neporušené formě. Při snižování množství neporušeného kaseinu dochází k poklesu pevnosti a ke zvýšení roztékavosti výsledných tavených sýrů [8].

Důležitou roli zde hraje také celkový obsah vápníku. Velké množství z celkového obsahu vápníku se nachází v nerozpustné formě, která tvoří můstky spojující fosfoserinové skupiny kaseinů. Tyto můstky přispívají k posílení celkové kaseinové sítě a poskytují pevné

a méně tavitelné sýry [21]. Vysoký obsah vápníku tedy vede k obtížnější výrobě tavených sýrů, protože musí být více vápníku izolováno z kaseinů přírodních sýrů. To vyžaduje přidavek většího množství tavicích solí v průběhu procesu výroby [8]. Snížení obsahu vápníku pak zvyšuje hydrataci bílkovin, takže je zde méně interakcí mezi molekulami bílkovin. Při zahřívání je tak potřeba menší množství energie k jejich narušení, což vede k lepšímu tavení [19]. Při používání přírodních sýrů s vysokým množstvím vápníku vznikají tedy pevnější avšak hůře tavitelné produkty [8].

2.2 Tavicí soli na bázi fosforečnanů

Fosforečnany jsou soli odvozené od kyseliny trihydrogenfosforečné (H_3PO_4) a tvoří skupinu sloučenin, pro něž je společné, že obsahují anion $(\text{PO}_4)^{3-}$. Soly kyseliny fosforečné obsahující jednu skupinu $(\text{PO}_4)^{3-}$ označujeme jako fosforečnany. Ze dvou monomerů vzniká dimer nazývaný difosforečnan [9]. Polymerace se mohou účastnit také delší řetězce fosforečnanů za vzniku polyfosforečnanů [1]. Mezi nejpoužívanější tavicí fosforečnanové soli patří např. dihydrogenfosforečnan sodný (NaH_2PO_4), hydrogenfosforečnan sodný (Na_2HPO_4), fosforečnan sodný (Na_3PO_4), difosforečnan sodný ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), polyfosforečnan sodný $(\text{NaPO}_3)_n$ a jiné [11]. Vzorce vybraných solí a pH jejich 1% vodného roztoku jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Fosforečnany používané jako tavicí soli při výrobě tavených sýrů [9,22]

Skupina	Látka	Vzorec	pH 1% vodného roztoku	E-kódy
Fosforečnany	Dihydrogenfosforečnan sodný	NaH_2PO_4	4,5	E 339
	Monohydrogenfosforečnan sodný	Na_2HPO_4	9,1	
	Monofosforečnan sodný	Na_3PO_4	11,9	
Difosforečnany	Dihydrogendifosforečnan sodný	$\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	4,1	E 450
	Difosforečnan sodný	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	10,2	
Trifosforečnany	Trifosforečnan sodný	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	9,7	E 451
Polyfosforečnany	Polyfosforečnan sodný	$(\text{NaPO}_3)_n$	6,6	E 452

2.2.1 Vliv fosforečnanů na fyzikálně-chemické vlastnosti tavených sýrů

Jednotlivé fosforečnanové tavicí soli odlišně ovlivňují fyzikálně-chemické vlastnosti finálních produktů. Mezi tyto vlastnosti patří zejména pH, emulgace tuku, rozptýlení bílkovin nebo obsah nerozpustného vápníku.

Nejdůležitější funkcí fosforečnanových tavicích solí je schopnost odštěpit a vázat na sebe nerozpustné vápenaté ionty [21]. Schopnost tavicích solí odštěpovat a vázat tyto vápenaté ionty je ovlivněna počtem fosforečnanových aniontů, které tak brání v tvorbě spojovacích můstků a vzniká tedy méně pevný výrobek. Část z těchto iontů vázaných v tavicích solích spolu s přítomnými volnými ionty se může při chlazení podílet na tvorbě trojrozměrné sítě [1].

Cunha *et al.* [15] ve své studii použili polyfosforečnan (NaPO_3)_n, difosforečnan ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) a trifosforečnan sodný ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$). Polyfosforečnan měl za následek výrazně vyšší obsah nerozpustného vápníku než difosforečnan, zatímco trifosforečnan měl za následek nejnižší podíl nerozpustného vápníku. Nižší podíl nerozpustného vápníku u trifosforečnanu v porovnání s difosforečnanem znamená, že schopnost fosforečnanů izolovat vápník je ovlivněna počtem fosforečnanových iontů tvořících řetězce. S rostoucí délkou řetězce se zvyšuje afinita solí k vápenatým iontům, což vede ke zvýšení peptizace kaseinu [5,11]. Vyšší podíl nerozpustného vápníku v sýrech s polyfosforečnanem lze vysvětlit nízkým pH vyrobeného sýra. Čím nižší je pH, tím je solí izolováno menší množství vápníku. To lze přičítat dvěma faktorům: za prvé, pokles pH snižuje záporný náboj bílkovinných molekul, vedoucí k vytvoření těsnější sítě parakaseinu, a ztěžuje přístup tavicích solí;

a za druhé disociace sodných solí je nižší při nižších hodnotách pH, což vede k vytvoření méně reaktivních aniontů [15].

Hodnota pH sýra vyrobeného s polyfosforečnanem byla výrazně nižší než u ostatních sýrů, a pH sýra vyrobeného s difosforečnanem byla nejvyšší. Obecně platí, že pokud jsou tyto soli ve stejné koncentraci, tak pH konečného výrobku klesá v následující sekvenci (koncentrace solí 3 % w/w sušiny taveného sýra): difosforečnan \approx trifosforečnan $>$ polyfosforečnan. Sýry vyrobené s difosforečnanem měly pH \approx 5,75, s trifosforečnanem 5,65 a s polyfosforečnanem 5,15 [15].

Podle Sádlikové *et al.* [1] vede používání fosforečnanů zpravidla ke zvýšení hodnoty pH tavených sýrů. Použití dihydrogendifosforečnanu sodného bylo jedinou výjimkou (pH \approx 4,67). Ten se však samostatně nepoužívá, protože nízké pH přináší obvykle drobné a rozpadající se sýry s rizikem oddělování tuku. Při použití této soli samostatně se nepodařilo vytvořit stabilní emulzi. Hodnoty pH modelových tavených sýrů se zvýšily v důsledku použití různých fosforečnanů (koncentrace solí 3 % w/w taveného sýra) v následujícím pořadí: polyfosforečnan (pH \approx 5,79) $<$ Na₂HPO₄ (hydrogenfosforečnan; pH \approx 6,64) $<$ Na₃P₃O₁₀ (trifosforečnan; pH \approx 6,74) $<$ Na₄P₂O₇ (difosforečnan; pH \approx 6,84) $<$ Na₃PO₄ (monofosforečnan; pH \approx 6,93) a jsou uvedeny v tabulce č. 3. Díky jejich pufracním schopnostem, přispívají fosforečnany také ke stabilizaci pH [1].

Odlišné výsledky je možno přičíst používání různých surovin a různým podmínkám zpracování. [15].

Typ tavicí soli ovlivňuje také emulgaci tuku v tavených sýrech [15, 23]. Dobrou emulgaci tuku podporují zvláště difosforečnan a trifosforečnan sodný [1,23]. Stupeň emulgate je závislý na druhu soli v následujícím sestupném pořadí (koncentrace solí 1 % w/w): trifosforečnan $>$ difosforečnan = polyfosforečnan $>$ hydrogenfosforečnan sodný [23]. Podle studie Cunha *et al.* [15] klesala velikost emulgovaných tukových kuliček v následujícím pořadí: difosforečnan $>$ difosforečnan $>$ polyfosforečnan. V tavených sýrech vyrobených s polyfosforečnanem byl tuk rozptýlen nejlépe a emulgate byla tedy nejuspěšnější [15]. Vliv má zde také hodnota pH. S rostoucím pH roste schopnost solí izolovat vápník z bílkovin, což vede k lepší emulgaci tuku přes nepolární skupiny. Emulgované kapénky tuku jsou pokryty vrstvou kaseinu, mají funkci jako velké proteinové částice a jsou začleněny do proteinové sítě. Čím je menší průměr tukových kuliček, tím je větší jejich povrch a také počet možných interakcí protein-protein, čímž se síť stává

pevnější a dosáhnout jejího rozpadu je obtížnější [15]. Špatná emulgace má tedy za následek tvorbu měkkých sýrů, zatímco dobře emulgované sýry jsou tužší [1].

2.3 Vliv fosforečnanů na texturní vlastnosti tavených sýrů

Užívání fosforečnanových tavicích solí má významný vliv také na texturní vlastnosti tavených sýrů, mezi které patří například tvrdost, lepivost, soudržnost nebo pružnost.

Tvrdost je definovaná jako síla potřebná k dosažení dané deformace [25]. Podle *Cunha et al.* [15], v jejichž studii byly použity deformace materiálu velkého rozsahu, vykazovaly nejvyšší hodnoty tvrdosti sýry vyrobené s polyfosforečnanem. To potvrzuje také *Shirashoji et al.* [24], který uvádí, že použití polyfosforečnanu vede k tvorbě tvrdých a špatně tavitelných sýrů. Použití polyfosforečnanu vedlo k lepší emulgaci tuku, kdy se tvořily nejmenší tukové kuličky začleňující se do kaseinové sítě, což zvyšuje pevnost gelu [15]. Po té následovaly sýry vyrobené s difosforečnanem a nakonec sýry vyrobené s trifosforečnanem.

Odlíšné výsledky uvádí *Sádlíková et al.* [1], jejichž měření však bylo prováděno působením deformací malého rozsahu. Podle této studie se účinnost různých fosforečnanů v tvorbě pevné struktury se zvyšovala v následujícím pořadí: fosforečnany (Na_3PO_4 , Na_2HPO_4) < polyfosforečnan < difosforečnan ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) < trifosforečnan ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$). Nejměkčí sýry byly tedy vyrobeny s použitím monofosforečnanů; uplatňování polyfosforečnanů při zpracování způsobilo vytváření pevnějších tavených sýrů a vzorky s difosforečnanem a trifosforečnanem se ukázaly být nejtuzší, v důsledku jejich nejvyšší schopnosti podporovat tvorbu tří-dimenzionální sítě tavených sýrů. To souvisí s počtem fosforečnanových skupin v molekule tavicí soli. S jejich rostoucím počtem se zvyšuje schopnost fosforečnanů vázat vápenaté ionty, které jsou poté během chlazení uvolňovány a podílí se na vzniku interakcí mezi molekulami kaseinu a na tvorbě trojrozměrné sítě. Polyfosforečnany váží vápenaté ionty velmi pevně a brání jim tak zapojovat se do těchto interakcí [1].

Lepivost (adhezivnost) je popisována jako síla potřebná k překonání síly přitažlivosti mezi povrchem potraviny a povrchem sondy [25]. Nejvíce přilnavé byly sýry vyrobené s polyfosforečnanem, dále sýry vyrobené s difosforečnanem a nakonec s trifosforečnanem [15]. K měření byly použity deformace materiálu velkého rozsahu.

Soudržnost (kohezivnost) je popisována jako síla vnitřních vazeb, které tvoří potravinu [25].

Pružnost můžeme definovat jako míru návratu stlačené potraviny do původního stavu po odstranění zátěže [25]. Nejvyšší pružnost vykazovaly sýry vyrobené s difosforečnanem, dále s trifosforečnanem a nejnižší pružnost vzorky vyrobené s polyfosforečnanem. Míra pružnosti má souvislost s hodnotou pH. Pokles pH na hodnoty, které jsou ještě vyšší než izoelektrický bod kaseinu (hodnota pH, při které začíná docházet ke srážení bílkovin; $pI = 4,6$), má za následek snížení počtu negativních nábojů v okolí proteinů, což vede ke snížení hydratace proteinů a následně ke snížení objemu proteinových částic, které jsou poté od sebe více vzdáleny. Tato vzdálenost mezi proteiny je pravděpodobně zodpovědná za obtížnější nebo alespoň zpomalenou reasociaci po odstranění deformující síly. Proto měly sýry vyrobené s polyfosforečnanem menší pružnost než sýry vyrobené s difosforečnanem [15].

2.3.1 Směsi tavicích solí na bázi fosforečnanů

Používání směsí tavicích solí se v praxi při výrobě tavených sýru ukázalo vhodnější než používání solí jednotlivě. Ve směsích dochází ke kombinaci vlastností jednotlivých solí, které se navzájem ovlivňují. Vhodnou kombinací solí mohou být posíleny pozitivní vlastnosti solí a následné udržení kvality, zatímco nežádoucí vlastnosti mohou být kompenzovány [11]. Studie těchto směsí je obtížná a dosud bylo provedeno jen několik jejich výzkumů. Navíc firmami používané směsi zůstávají většinou výrobním tajemstvím. Zkoumáním směsí fosforečnanových solí se zabývali Awad *et al.* [11, 12]. Pro svůj výzkum formulovali tyto směsi: směs (1) difosforečnan sodný + polyfosforečnan sodný s poměry solí 70:30, 80:20, 90:10, (2) difosforečnan sodný + polyfosforečnan sodný + trifosforečnan sodný s poměry solí 60:30:10, 50:40:10, 40:40:20, a (3) difosforečnan sodný + polyfosforečnan sodný + fosforečnan sodný + trifosforečnan sodný s poměry solí 30:30:30:10, 40:25:25:10, 50:20:20:10, 60:10:20:10 [11]. V dalším výzkumu pak zkoumali texturní vlastnosti tavených sýrů za použití směsí solí difosforečnan sodný + polyfosforečnan sodný + trifosforečnan sodný s poměry solí: 40:50:10, 30:40:30, a 30:30:40 [12]. Výsledky těchto výzkumů ukazují, že hodnota pH sýrů klesala s rostoucím množstvím polyfosforečnanu ve směsi, jehož pH je 6,6 (pH 1% vodného roztoku soli) a s klesajícím množstvím difosforečnanu (pH = 10,2) a trifosforečnanu (pH = 9,7) ve směsi [11, 12].

Disociace kaseinu (peptizace) se ve vzorcích zvyšovala s rostoucím množstvím difosforečnanu a trifosforečnanu a s klesajícím množstvím polyfosforečnanu v tavicí směsi, tedy s rostoucí hodnotou pH [11].

Tvrдость a lepivost (adhezivnost) sýrů se zvyšovala s klesajícím pH, tedy s rostoucím množstvím polyfosforečnanu a s klesajícím množstvím difosforečnanu a trifosforečnanu ve směsi. Měření pevnosti sýrů probíhalo za působení malých deformací. Měření bylo provedeno u čerstvě vyrobených sýrů a během skladování po dobu až 3 měsíců za chladírenské teploty (7°C) a při pokojové teplotě (20°C). V průběhu skladování hodnoty pH klesaly, což mohlo být způsobeno částečnou hydrolyzou tavicích solí, hlavně polyfosforečnanů. Tvrдость a lepivost se v průběhu skladování zvyšovala. Při skladování za pokojové teploty bylo však toto zvýšení významně větší než při skladování v chladnu [11]. Hodnoty pro pružnost a soudržnost (kohezivnost) nevykazovaly žádný jasný trend, obecně však se pružnost v průběhu skladování zvyšovala a soudržnost klesala [11].

Sádlíková *et al.* [1] zkoumali binární směsi polyfosforečnanu s monofosforečnanem (Na_2HPO_4) nebo s difosforečnanem ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$). Hodnoty pH tavených sýrů se postupně zvyšovaly s poklesem obsahu polyfosforečnanu a se zvýšením obsahu monofosforečnanu nebo difosforečnanu ve směsi. Při měření pevnosti byly použity deformace materiálu malého rozsahu. Zvyšující se obsah polyfosforečnanu (až do 50 %) v binární směsi polyfosforečnanu a monofosforečnanu nebo polyfosforečnanu a difosforečnanu způsobil zvýšení pevnosti tavených sýrů. Obsah polyfosforečnanu nad 50% v binární směsi vedl ke snížení pevnosti [1].

Počáteční zvýšení pevnosti a pružnosti vzorků mohlo být způsobeno postupnou hydrolyzou polyfosforečnanu, jehož množství se ve směsi zvýšilo později. Hydrolyza polyfosforečnanů na difosforečnany a trifosforečnany probíhá rychle, další hydrolyza těchto produktů na monofosforečnany už pomaleji. Produkty hydrolyzy, hlavně trifosforečnany mají velkou schopnost připojit se k molekulám kaseinů, což vede k tvorbě pevnějších produktů. Hydrolyza však probíhá jen do určité úrovně. Po té začne ve směsi převažovat množství nehydrolyzovaného polyfosforečnanu nebo jeho produktů s delším řetězcem. Polyfosforečnany mají velmi vysokou schopnost izolovat vápenaté ionty, které se potom nemohou podílet na interakcích mezi kaseiny a na tvorbě konečné trojrozměrné sítě [1].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL PRÁCE

Tato práce byla rozdělena do dvou částí, a to do části teoretické a části praktické.

Cílem teoretické části bylo:

- charakterizovat tavené sýry,
- popsat technologii výroby tavených sýrů,
- charakterizovat úlohu tavicích solí v tavených sýrech, se zaměřením na fosforečnanové tavicí soli.

Cílem praktické části bylo:

- výroba modelových vzorků tavených sýrů s použitím různého zastoupení monofosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu sodného jako tavicích solí,
- u modelových vzorků tavených sýrů provést 2., 9. a 30. den po výrobě texturní analýzu se zaměřením na tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost,
- stanovit roztékavost modelových vzorků,
- z výsledků vyvodit závěry.

4 MATERIÁL A METODY

4.1 Popis experimentu

Experiment se skládal ze dvou fází. V první fázi byly vyrobeny tavené sýry, které obsahovaly různé ternární poměry tavicích solí monofosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu sodného. V druhé fázi bylo provedeno měření pH, sušiny a texturních vlastností tavených sýrů. Dále byl zkoumán vliv těchto solí na roztékavost vyrobených tavených sýrů.

4.2 Výroba tavených sýrů v laboratorních podmínkách

K výrobě tavených sýrů (40 % w/w sušina, 50 % w/w tuku v sušině) byly použity tyto suroviny: eidamská cihla 30 % tuku v sušině (zralost 7 týdnů), máslo (obsah tuku 82 %), pitná voda, a tavicí soli (Fosfa, a.s., Břeclav). Použité tavicí soli (monofosforečnan (DSP), difosforečnan (TSPP) a polyfosforečnan sodný (POLY)) byly testovány v různých procentuelních poměrech, s krokem po 10 % (0:0:100, 0:90:10, 0:80:20,...90:10:0, 100:0:0 – monofosforečnan : difosforečnan : polyfosforečnan sodný). Celkem bylo provedeno 66 taveb. Tavené produkty byly vyráběny v laboratorních podmínkách pomocí přístroje Vorwerk Thermomix TM31. Do tavicího zařízení byl vložen nejprve přírodní sýr nakrájený na kostky. Po rozmixování na menší části byly přidány také ostatní suroviny. Za stálého míchání a zahřívání byla vytvářena homogenní směs. Po dosažení teploty 90°C, byla tato teplota udržována po dobu jedné minuty. Vzniklá homogenní hmota byla nadávkována do plastových kelímků (výška 48 mm, průměr 55 mm). Ty byly poté uzavřeny přitavením hliníkového víčka. Vzorky byly zchlazeny a skladovány při teplotě $6 \pm 2^\circ\text{C}$.

4.3 Chemická analýza

4.3.1 Stanovení sušiny

Stanovení sušiny u tavených sýrů bylo provedeno vysušením sýrů při teplotě $105 \pm 2^\circ\text{C}$ do konstantního úbytku hmotnosti. Do vysoušecích misek bylo naváženo asi 20g křemenného písku a asi 3 g sýra. Sýr byl důkladně s pískem promíchán a vložen do sušárny [26].

Obsah sušiny v procentuálních jednotkách byl vypočten podle vzorce:

$$S = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} \cdot 100$$

kde m_1 ...hmotnost vysoušecí misky s pískem, vzorkem a tyčinkou před vysušením [g]

m_2 ...hmotnost vysoušecí misky s pískem, vzorkem a tyčinkou po vysušení [g]

m_3 ... hmotnost vysoušecí misky s pískem a tyčinkou [g] [27].

4.3.2 Stanovení pH

Hodnota pH vyrobených tavených sýrů byla měřena vpichovým pH-metrem pH Spear (výrobce Eutech Instruments), se skleněnou elektrodou. Hodnota pH byla měřena dvakrát u každého vzorku.

4.4 Texturní profilová analýza

Texturní vlastnosti byly měřeny texturní profilovou analýzou. K tomu byl použit analyzátor TA-TX2 plus (Stable Micro Systems Ltd., UK). Texturní analýza byla provedena penetrací nerezovou válcovou sondou o průměru 20 mm, a to do hloubky 10 mm, rychlostí 2 mm.s⁻¹. Jako tvrdost byla označena maximální síla dosažená při deformaci výrobku. Jako relativní lepivost byla označena síla potřebná k překonání síly přitažlivosti mezi povrchem taveného sýru a povrchem sondy. Kohezivnost je popisována jako síla vnitřních vazeb, které tvoří potravinu [15,25].

4.5 Roztékavost

Roztékavost byla hodnocena podle Schreiberova testu popsaneho v Muthukumarappan (1999) [27]. Na skleněnou podložku byly nanášeny stejnoměrné vrstvy sýrů. Vzorky byly zahřívány v horkovzdušné troubě při 232 °C po dobu 5 minut. Před vložením do trouby a po vytažení byly pořízeny snímky vzorků pomocí digitálního fotoaparátu. Stupeň roztékavosti vyrobených vzorků taveného sýra byl hodnocen podle stupnice uvedené v tabulce 2.

*Tabulka 2: Stupnice pro hodnocení roztékavosti tavných sýrů po opětovném
záhřevu*

Stupeň	Charakteristika
1	mírné zpečení vzorku, do 10 % oproti původnímu vzorku
2	vzorek nezměněn, pouze změna zbarvení okrajů, roztékavost nulová
3	nárůst plochy vzorku do 10 % oproti původnímu vzorku
4	nárůst plochy vzorku v rozmezí 10 – 25 % oproti původnímu vzorku
5	nárůst plochy vzorku v rozmezí 25 - 50 % oproti původnímu vzorku
6	nárůst plochy vzorku v rozmezí 50 - 75 % oproti původnímu vzorku
7	nárůst plochy vzorku v rozmezí 75 - 100 % oproti původnímu vzorku
8	nárůst plochy vzorku o více než 100 % oproti původnímu vzorku

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Hodnoty zkoumaných parametrů pro jednotlivé směsi tavicích solí byly měřeny druhý, devátý a třicátý den skladování.

5.1 Výsledky chemických analýz

5.1.1 Stanovení sušiny

Námi vyrobené vzorky tavených sýrů měly standartní sušinu. Průměrná naměřená sušina vzorků byla $42,47\% \pm 0,87\%$. Chyby ostatních parametrů v závislosti na sušině mohly být tudíž vyloučeny.

5.1.2 Stanovení pH

Naměřené hodnoty pH pro jednotlivé směsi tavicích solí pro druhý, devátý a třicátý den skladování, byly pro přehlednost zpracovány do následujícího grafu (obrázek 2).

Hodnoty pH u vzorků vyrobených se směsmi s nulovým obsahem POLY se nejprve zvyšovaly s rostoucím množstvím TSPP (0 – 20 %). Směsi s obsahem DSP 10 až 70 % a TSPP 30 až 90 % dosahovaly pH o podobných hodnotách (6,57 – 6,64). U směsi s obsahem 100 % TSPP a 0 % DSP pH opět pokleslo.

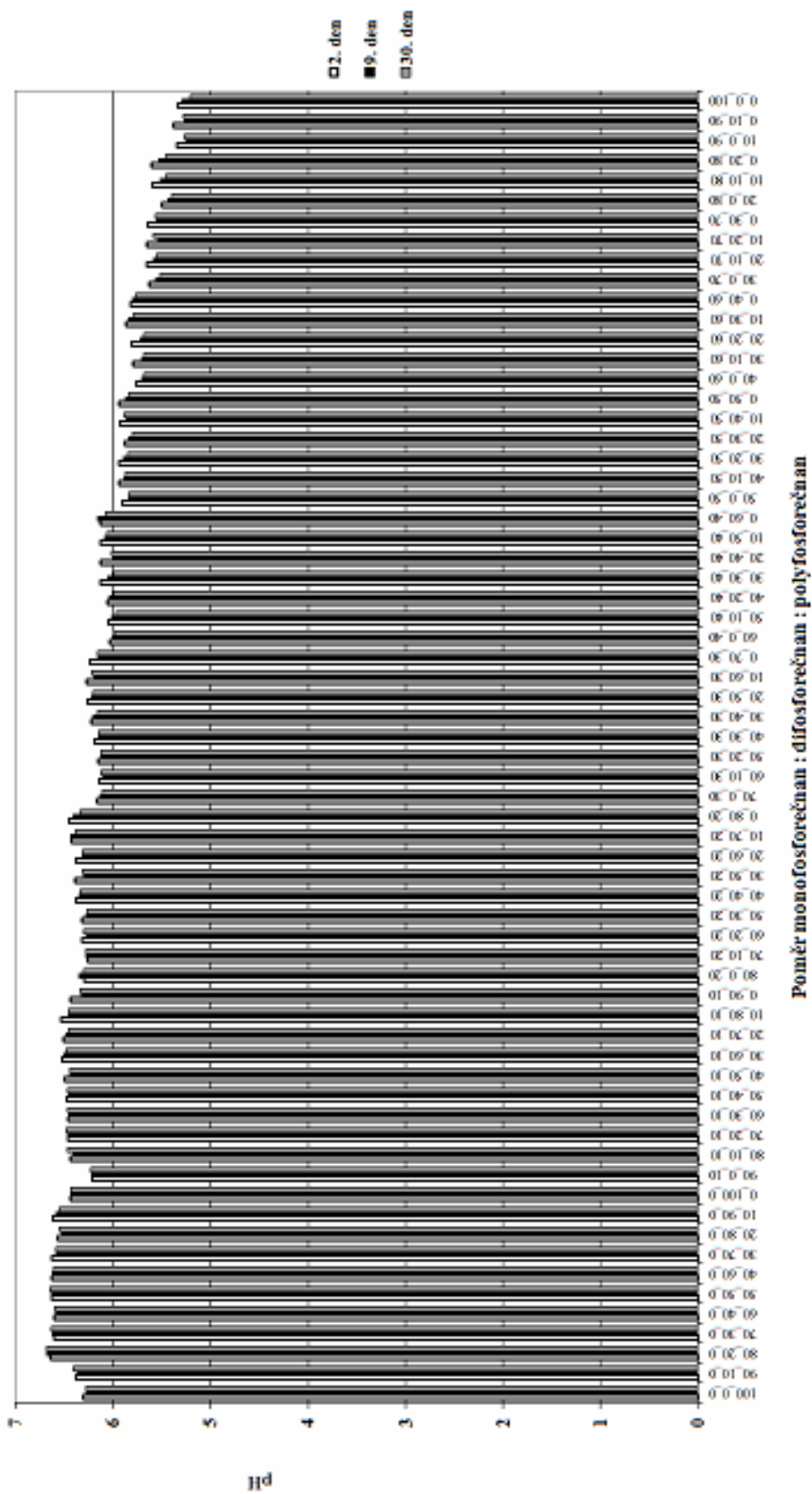
U vzorků s obsahem POLY 10 % dosahovalo pH podobných hodnot, pohybujících se v malém rozmezí (6,44 – 6,48), s výjimkou směsi s obsahem 90 % DSP a 0 % TSPP (pH \approx 6,21) a směsi s obsahem 0 % DSP a 90 % TSPP (pH \approx 6,33), kde bylo pH nižší .

Vzorky s 20 % POLY vykazovaly nepravidelný růst pH s rostoucím množstvím TSPP a se současně klesajícím množstvím DSP .

U vzorků s 30 % POLY se hodnoty pH také zvyšovaly s rostoucím množstvím TSPP (0 – 60 %) a sklesajícím množstvím DSP (10 – 70 %). U směsi se 70 % TSPP a s nulovým obsahem DSP hodnota pH mírně poklesla.

Hodnoty pH sýrů vyrobených pomocí směsí obsahujících 40 % POLY rostly se zvyšujícím se množstvím TSPP a s klesajícím množstvím DSP ve směsi.

Při obsahu polyfosforečnanu 50 % nedocházelo k žádnému pravidelnému nárůstu ani poklesu hodnot pH. Naměřené hodnoty pH těchto vzorků se pohybovaly v úzkém rozmezí (5,85 – 5,93).



Obrázek 2: Grafické znázornění závislosti pH na poměru vybraných fosforečnanových tavicích solí a na době skladování

U vzorků s obsahem POLY 60 % se hodnoty pH zpočátku zvyšovaly s rostoucím množstvím TSPP (0 – 30 %) a s klesajícím množstvím DSP (10 – 40 %). U vzorku s obsahem 40 % TSPP a 0 % DSP hodnota pH lehce poklesla.

U vzorků s obsahem 70 % POLY se hodnoty pH opět nejprve zvyšovaly s rostoucím množstvím TSPP (0 – 20 %) a s klesajícím množstvím DSP (10 – 30 %). U směsi obsahující 30 % TSPP a 0 % DSP došlo k mírnému poklesu pH.

Při obsahu POLY 80 % rostly hodnoty pH se zvyšováním obsahu TSPP (0 - 20 %) a se snižováním obsahu DSP (0 - 20 %).

Ve vzorcích obsahujících 90 % POLY se zvýšením obsahu TSPP z 0 % na 10 % a se snížením obsahu DSP z 10 % na 0 % pH sýrů zvýšilo.

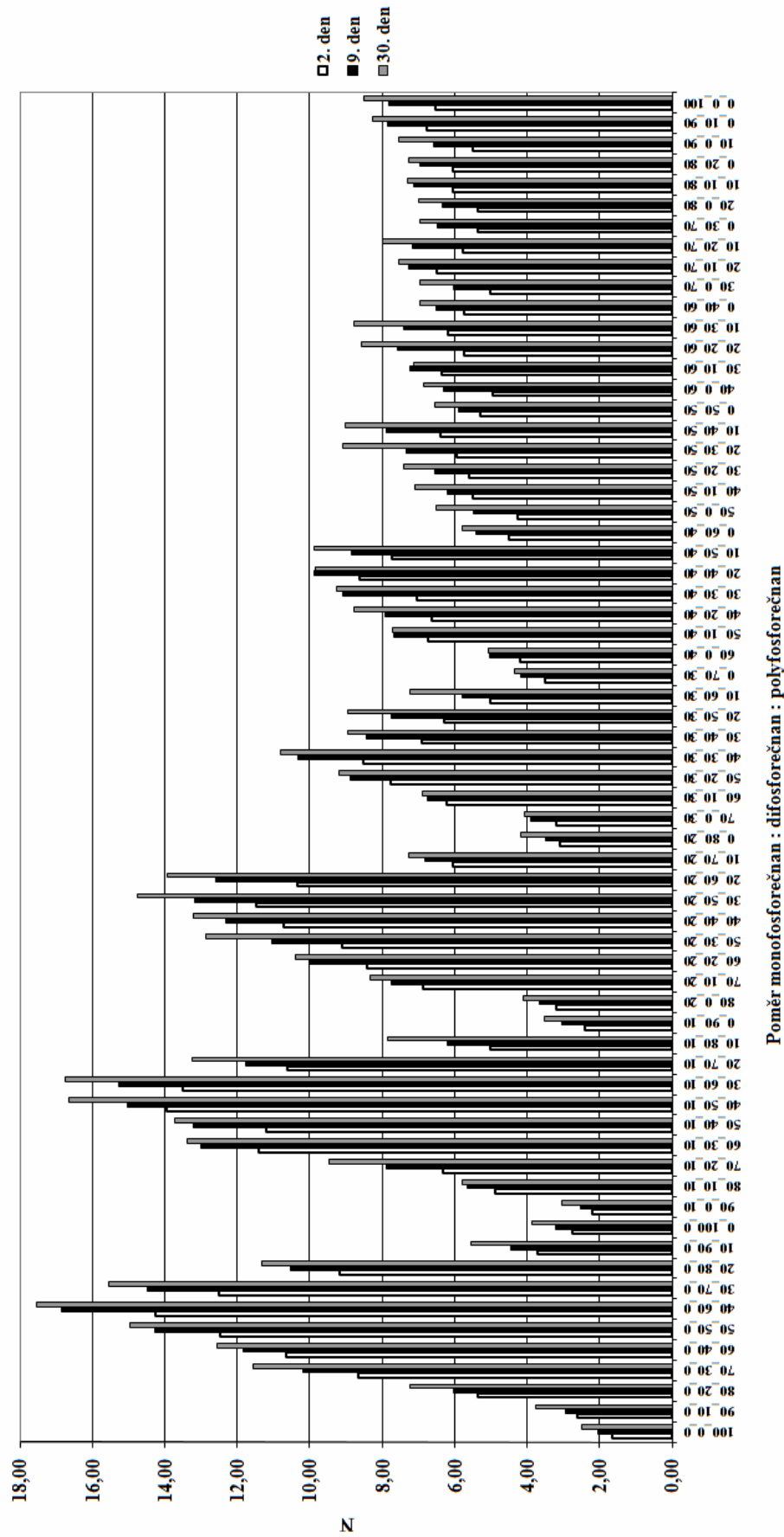
Obecně lze konstatovat, že s rostoucím množstvím POLY ve směsi docházelo k postupnému poklesu pH. Během skladování docházelo u převažující části směsí také k poklesu pH.

5.2 Texturní profilová analýza

5.2.1 Stanovení tvrdosti

Tvrdot je definovaná jako maximální síla dosažená při deformaci výrobku [15]. Naměřené hodnoty tvrdosti pro jednotlivé směsi tavicích solí pro druhý, devátý a třicátý den skladování byly zpracovány do následujícího grafu (obrázek 3).

V binárních směsích DSP a TSPP se tvrdost nejprve postupně zvyšovala s rostoucím množstvím TSPP (0 až 60 %) a se současně klesajícím množstvím DSP (0 až 40 %). U směsi s obsahem 60 % TSPP a 40% DSP dosáhla tvrdost sýrů nejvyšších hodnot z celého experimentu. Při dalším zvyšování obsahu TSPP (70 až 100 %) a při snižování obsahu DSP (0 až 30 %) potom tvrdost sýrů naopak začala klesat. U směsí obsahujících 10 % POLY byla nejmenší tvrdost naměřena u směsi s nulovým obsahem TSPP a s 90 % DSP. S postupným přidáváním TSPP (0 až 60 %) a se současným snižováním obsahu DSP (30 až 90 %) tvrdost sýrů rostla. Při dalším nárůstu obsahu TSPP (70 až 90 %) a snižování obsahu DSP (0 až 20 %) však začaly hodnoty tvrdosti opět klesat.



Obrázek 3: Grafické znázornění závislosti tvrdosti na poměry vybraných fosforečnanových tavicích solí a na době skladování

Při obsahu 20 % POLY, 80 % DSP a nulovém obsahu TSPP dosahovala tvrdost sýrů velmi malých hodnot. Dále se u směsí s 20 % POLY tvrdost sýrů postupně zvyšovala s rostoucím množstvím TSPP (0 až 50 %) a s klesajícím množstvím DSP (30 až 80 %). S dalším nárůstem obsahu TSPP (60 až 80 %) a s poklesem obsahu DSP (0 až 20 %) se tvrdost sýrů snižovala.

U vzorků s obsahem 30 % POLY dosahovala nejmenších hodnot tvrdosti směs obsahující 70 % DSP a nulový obsah TSPP. S rostoucím množstvím TSPP (0 až 30 %) a s klesajícím množstvím DSP (40 až 70 %) tvrdost sýrů postupně rostla. S dalším nárůstem TSPP (40 až 70 %) a s poklesem obsahu DSP (0 až 30 %) pak tvrdost sýrů klesala.

Dále jsou zobrazeny směsi s 40 % POLY. Nejmenší tvrdost byla naměřena opět u směsi s nulovým obsahem TSPP a s 60 % DSP. S rostoucím obsahem TSPP (0 až 40 %) a se současně klesajícím obsahem DSP (20 až 60 %) se tvrdost sýrů postupně zvyšovala. S dalším zvyšováním obsahu TSPP (50 až 60 %) a při snižování obsahu DSP (0 až 10 %) tvrdost sýrů klesala.

Při obsahu POLY 50 % ve směsi se tvrdost sýrů zvyšovala s rostoucím množstvím TSPP (0 až 40 %) a se současně klesajícím množstvím DSP (10 až 50). Při zvýšení obsahu TSPP na 50 % a snížení DSP na 0 %, potom došlo k poklesu tvrdosti.

Při obsahu POLY 60 % docházelo k nárůstu tvrdosti s přidáváním TSPP (0 až 30 %) a při snižování obsahu DSP (10 až 40 %). Se změnou obsahu TSPP na 40 % a DSP na 0 % pak tvrdost sýrů poklesla.

U vzorků s obsahem POLY 70 % docházelo k nárůstu tvrdosti při zvyšování obsahu TSPP (0 až 20 %) a snižování obsahu DSP (10 až 30 %). U vzorku s obsahem TSPP 30 % a DSP 0 % došlo k poklesu tvrdosti.

U vzorků s obsahem POLY 80 % byla tvrdost větší při zvýšení obsahu TSPP (0 až 10 %) a snížení obsahu DSP (10 až 20 %). Při zvýšení obsahu TSPP na 20 % a snížení obsahu DSP na 0 %, tvrdost sýrů poklesla.

Ve vzorcích obsahujících 90 % POLY se se zvýšením obsahu TSPP z 0 % na 10 % a se snížením obsahu DSP z 10 % na 0 % tvrdost sýrů zvýšila.

Obecně tvrdost klesala s rostoucím množstvím POLY. Výjimkou byly směsi s 90 % a 100 % POLY, kde se tvrdost o něco zvýšila. Stejně trendy byly zjištěny při

měření během druhého, devátého i třicátého dne skladování. S délkou doby skladování však docházelo k postupnému nárůstu tvrdosti u všech směsí.

5.2.2 Stanovení relativní lepivosti

Jako relativní lepivost byla označena síla potřebná k překonání síly přitažlivosti mezi povrchem taveného sýru a povrchem sondy [15]. Naměřené hodnoty relativní lepivosti pro jednotlivé směsi tavicích solí pro druhý, devátý a třicátý den skladování byly zpracovány do následujících grafů (obrázek 4).

U směsí solí s nejmenším zastoupením POLY (0 nebo 10 %) nevykazovaly hodnoty relativní lepivosti jasný trend. Výrazně vyšších hodnot než u ostatních bylo dosaženo u směsí s poměry solí (DSP : TSPP : POLY): 70:30:0 a 0:90:10.

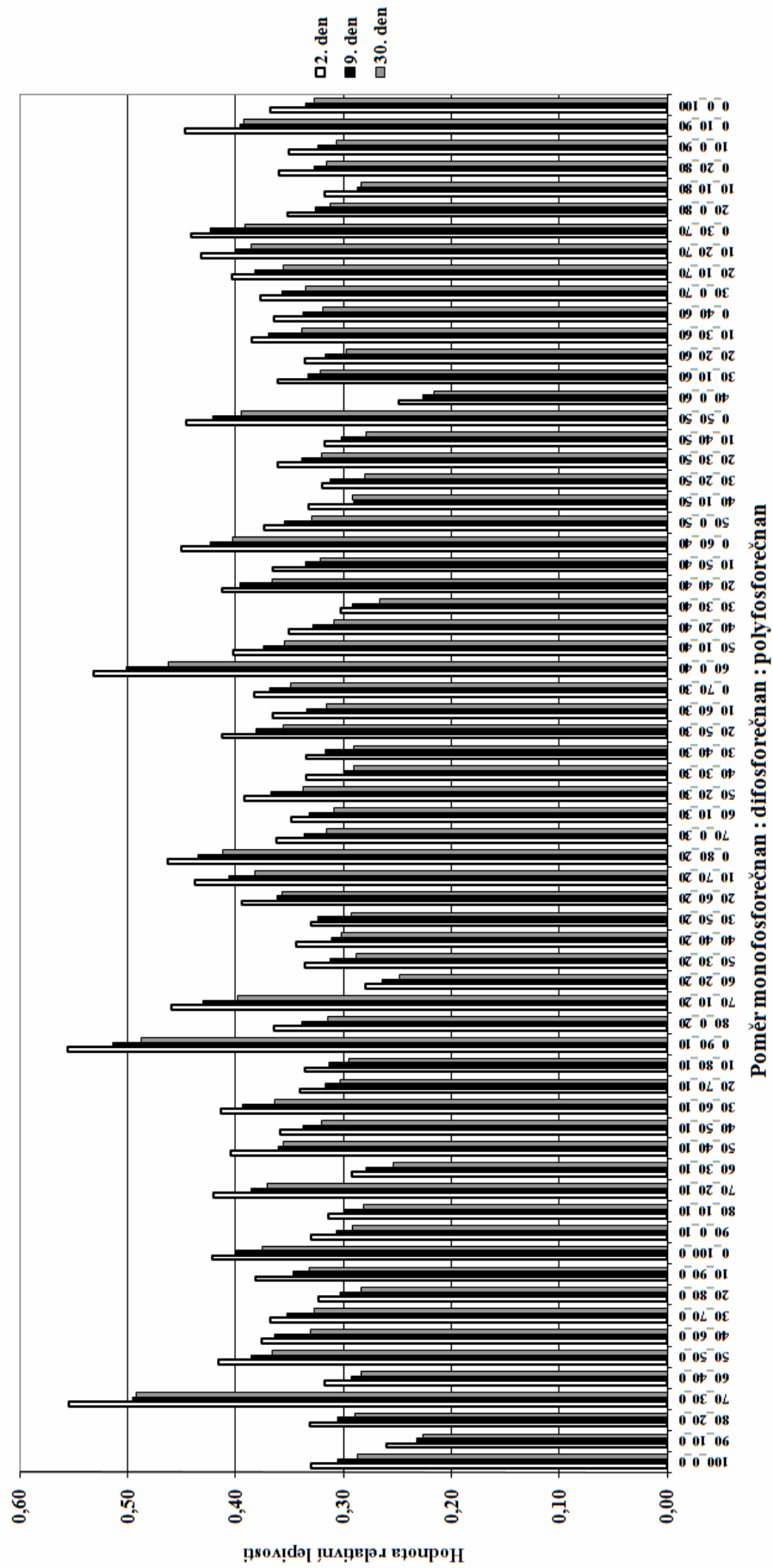
Ve vzorcích s obsahem 20 % POLY docházelo k postupnému zvyšování relativní lepivosti s rostoucím množstvím TSPP (20 – 80 %) a se snižováním množství DSP (0 – 60 %).

Při obsahu 30 % POLY nevykazovaly hodnoty relativní lepivosti žádné pravidelný nárůst ani pokles. Relativní lepivost dosahovala u všech těchto směsí podobných hodnot.

U směsi s poměry solí (DSP : TSPP : POLY) 60:0:40 dosahovala relativní lepivost tavených sýrů velmi vysoké hodnoty. U následujících směsí s 40 % POLY ve směsi relativní lepivost nejprve klesala s rostoucím množstvím TSPP (0 – 30 %) a s klesajícím obsahem DSP (30 - 60 %), u dalších směsí nepravidelně vzrostla.

Při obsahu POLY 50 % byly naměřeny u všech vzorků podobné hodnoty s výjimkou směsi s poměrem solí (DSP : TSPP : POLY) 0:50:50, kde byla relativní lepivost vyšší.

U směsí s obsahem 60 a 70 % POLY se hodnoty relativní lepivosti zvyšovaly s rostoucím množstvím TSPP a s klesajícím množstvím DSP.



Obrázek 4: Grafické znázornění závislosti relativní lepiivosti na poměru vybraných fosforečnanových tavicích solí a na době skladování

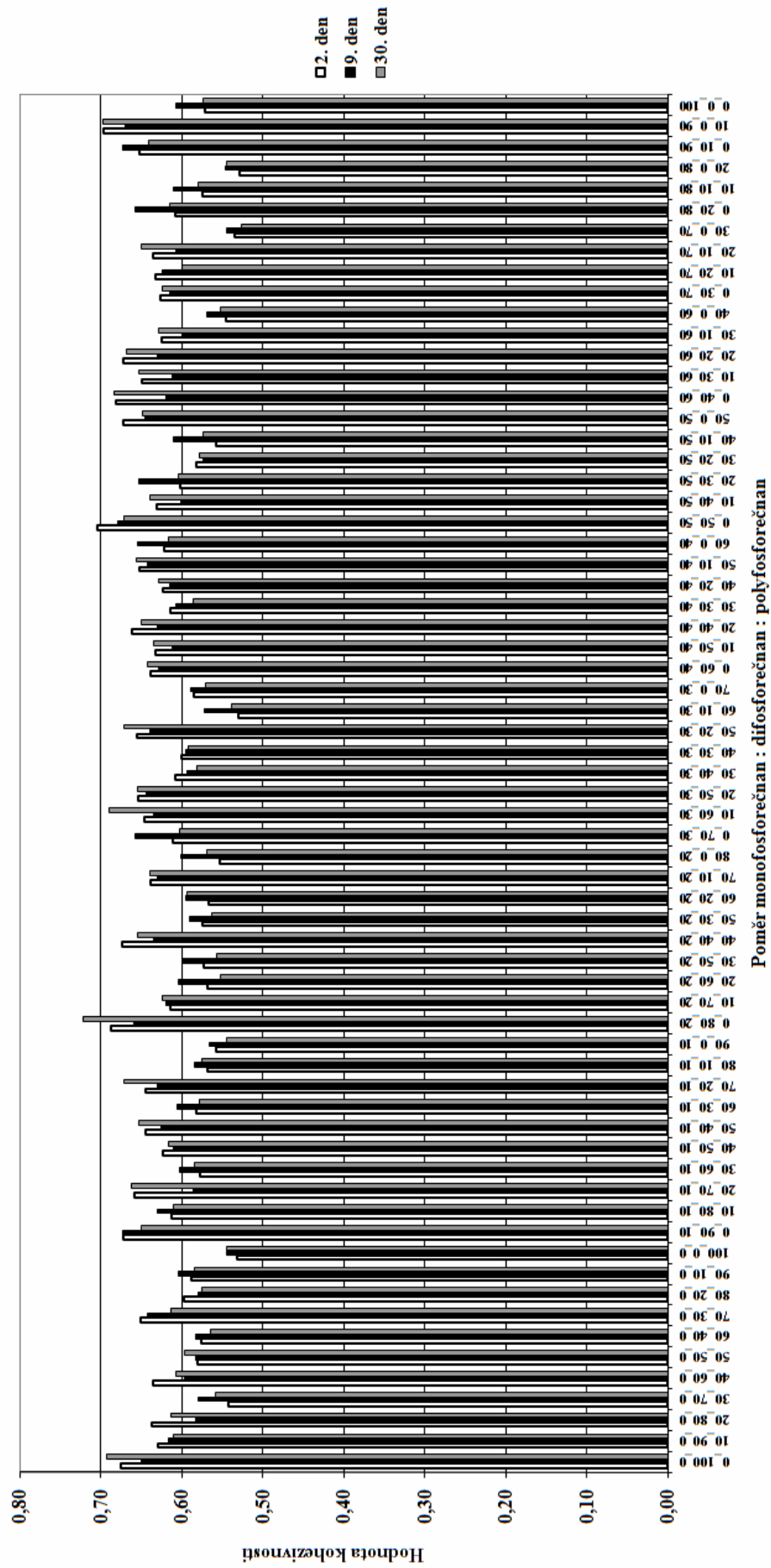
Hodnoty relativní lepivosti naměřené u směsí s obsahem POLY 80 – 100 % byly podobné s výjimkou směsi s poměry solí 0:10:90, u které byla naměřená hodnota vyšší.

Během skladování docházelo u sledovaných vzorků k postupnému poklesu relativní lepivosti.

5.2.3 Stanovení kohezivnosti

Kohezivnost je popisována jako síla vnitřních vazeb, které tvoří potravinu [25]. Naměřené hodnoty kohezivnosti pro jednotlivé směsi tavicích solí pro druhý, devátý a třicátý den skladování byly zpracovány do následujících grafů (obrázek 5).

Naměřené hodnoty kohezivnosti nevykazovaly žádný jasný trend a pohybovaly ve stejném rozmezí. Při skladování do devátého dne se kohezivnost oproti druhému dni skladování ve větší polovině případů snížila, u ostatních vzorků se buď nezměnila, nebo došlo k jejímu nárůstu. Během skladování do třicátého dne došlo ke snížení kohezivnosti také asi v polovině případů. V porovnání druhého a třicátého dne měření, dosahovala kohezivnost třicátého dne nižších hodnot než v druhý den skladování opět asi v polovině případů.



Obrázek 5: Grafické znázornění závislosti kohezivnosti na poměru vybraných fosforečnanových tavicích solí a na době skladování

5.3 Roztékavost

Stupeň roztékavosti vyrobených vzorků taveného sýra byl hodnocen podle senzorické stupnice uvedené v kapitole 4.5. Výsledky roztékavosti jsou zobrazeny v tabulce 3.

Z výsledku není zřetelné pravidelné chování v závislosti na postupném snižování či zvyšování množství jednotlivých solí, ani na době skladování. Nejvíce roztékavé však byly vzorky s obsahem 100 % nebo 90 % DSP či TSPP. Vzorky s vysokým obsahem POLY byly méně roztékavé.

Při použití samotného DSP byl pozorován nárůst plochy oproti původnímu vzorku o 90 až 100 %, u vzorků se samotným TSPP byl tento nárůst v průměru o 75 až 85 %. Při aplikaci samotného POLY byl pozorován nárůst plochy vzorků do 10 %. Fotografie vzorků s DSP, TSPP a POLY před záhřevem a po záhřevu 30. analyzovaný den jsou přiloženy v příloze I – III.

Tabulka 3: Výsledky hodnocení roztékavosti v závislosti na poměru vybraných fosforečnanových tavicích solí (DSP : TSPP : POLY) a na době skladování

Poměr solí: (DSP : TSPP : POLY)	Stupeň roztékavosti			Poměr solí: (DSP : TSPP : POLY)	Stupeň roztékavosti			Poměr solí: (DSP : TSPP : POLY)	Stupeň roztékavosti			Poměr solí: (DSP : TSPP : POLY)	Stupeň roztékavosti		
	2. den	9. den	30. den		2. den	9. den	30. den		2. den	9. den	30. den		2. den	9. den	30. den
100-0-0	7	8	7	100-0-0	2	3	2	100-0-0	3	3	3	100-0-0	2	2	3
90-10-0	6	6	5	20-70-10	3	1	3	20-50-30	2	1	3	30-10-60	3	1	2
80-20-0	5	5	5	10-80-10	3	3	3	10-60-30	3	3	1	20-20-60	3	2	3
70-30-0	3	3	3	0-90-10	6	7	3	0-70-30	3	1	3	10-30-60	3	3	1
60-40-0	3	2	3	80-0-20	3	3	3	60-0-40	3	3	3	0-40-60	3	3	3
50-50-0	2	1	1	70-10-20	3	3	3	50-10-40	3	1	3	30-0-70	3	3	3
40-60-0	1	3	3	60-20-20	1	1	1	40-20-40	2	2	3	20-10-70	3	3	3
30-70-0	3	1	3	50-30-20	2	3	1	30-30-40	2	3	3	10-20-70	3	3	3
20-80-0	3	3	3	40-40-20	3	2	3	20-40-40	3	2	3	0-30-70	2	2	3
10-90-0	2	3	2	30-50-20	3	3	3	10-50-40	3	1	2	20-0-80	3	3	3
0-100-0	7	6	7	20-60-20	3	3	3	0-60-40	3	1	3	10-10-80	3	3	3
90-0-10	6	6	5	10-70-20	3	1	3	50-0-50	3	2	3	0-20-80	3	3	3
80-10-10	3	3	3	0-80-20	3	2	3	40-10-50	3	3	3	10-0-90	3	2	3
70-20-10	1	3	1	70-0-30	3	3	5	30-20-50	3	3	3	0-10-90	3	2	3
60-30-10	2	2	2	60-10-30	3	3	3	20-30-50	1	2	3	0-0-100	2	2	2
50-40-10	3	2	1	50-20-30	2	3	2	10-40-50	1	3	1				
40-50-10	1	1	3	40-30-30	1	1	1	0-50-50	3	3	3				

5.4 Diskuze

V našem experimentu byly vyrobeny sýry se standartním obsahem sušiny. Hodnoty pH se postupně snižovaly s rostoucím množstvím POLY ve směsi. U směsí, se stejným obsahem POLY docházelo ve většine případů k nárůstu pH se zvyšujícím se množstvím TSPP a se současně klesajícím množstvím DSP ve směsi. U směsí s jednotlivými solemi byly hodnoty pH u vzorků s POLY nejnižší, poté následovaly vzorky s DSP a nakonec vzorky s TSPP. Snižování hodnot pH sýrů s rostoucím množstvím POLY ve směsi potvrzují také studie Awad *et al.* [11], Sádličkové *et al.* [1] a Cunha *et al.* [15]. Hodnoty pH modelových tavených sýrů se ve studii Sádličkové *et al.* [1] zvýšily v důsledku použití jednotlivých fosforečnanů v následujícím pořadí: polyfosforečnan < difosforečnan < monofosforečnan. V průběhu skladování docházelo ve většině případů k poklesu pH, což uvádí i Awad *et al.* [11].

Při použití směsí obsahujících pouze jednu tavicí sůl byly nejměkčí sýry vyrobeny za použití DSP, následovaly sýry s TSPP a nakonec s POLY. Výsledek je v souladu se studií Cunha *et al.* [15], kde byly použity deformace materiálu velkého rozsahu, a kde vykazovaly nejvyšší hodnoty tvrdosti sýry vyrobené s polyfosforečnanem, poté následovaly sýry vyrobené s difosforečnanem. To potvrzuje také Shirashoji *et al.* [24], který uvádí, že použití polyfosforečnanu vede k tvorbě tvrdých a špatně tavitelných sýrů. Vznik měkkých sýrů za použití monofosforečnanu zase potvrzuje studie Sádličkové *et al.* [5], kde však pro měření použili deformace materiálu malého rozsahu.

V průběhu skladování se tvrdost sýrů zvyšovala, což koresponduje se studií Awad *et al.* [12], který uvádí jako možnou příčinu částečnou hydrolyzu solí, hlavně polyfosforečnanů.

Relativní lepivost modelových vzorků tavených sýrů v našem experimentu nevykazovala zcela jasný trend, s výjimkou směsí s obsahem 20, 60 a 70 % POLY. V těchto směsích se relativní lepivost zvyšovala s rostoucím množstvím TSPP a s klesajícím množstvím DSP. Dimitreli & Thomareis (2009) [32] uvádí, že nejmenší lepivost taveného sýru způsobuje polyfosforečnan. Během skladování se relativní lepivost sýrů v našem experimentu snižovala.

Hodnoty kohezivnosti naměřené v našem experimentu vykazovaly nepravidelný trend. Ve většině případů došlo během skladování k poklesu kohezivnosti. Podobné výsledky uvádí Awad *et al.* [11], hodnoty kohezivnosti v jejich výzkumu taktéž nevykazovaly žádný jasný trend a v průběhu skladování klesaly.

Rozdílnost hodnot jednotlivých texturních parametrů tavených sýrů částečně vysvětluje studie Shirashoji *et al.* (2010) [24] především ve stupni disperze nerozpustné kaseinové matrice. V průběhu chlazení dochází k reasociaci dispergovaných kaseinů a tvorbě gelové struktury. Při tomto procesu může být také očekávána formace komplexů mezi fosforečnanovými tavicími solemi a vápníkem. Čím vyšší je stupeň dispergace kaseinů, tím intenzivněji probíhají procesy vazby vody a emulgace tuku, což má za následek vznik tužší finální struktury taveného sýra [14]. Stupeň dispergace kaseinů v systému tavených sýrů souvisí se schopností fosforečnanů vázat vápník do komplexů [24]. Schopnost výměny fosforečnanů a vazby vápníku do komplexů v následujícím pořadí: polyfosforečnany, trifosforečnany, difosforečnany. Nejvyšší tvrdost lze tedy přičítat vysoké schopnosti polyfosforečnanu vázat vápník do komplexů a tím zlepšit disperzi kaseinů [24].

Roztékavost byla největší u vzorku s obsahem 100 % nebo 90 % DSP či TSPP. Vzorky s vysokým obsahem POLY byly téměř neroztékavé. Při poklesu obsahu polyfosforečnanu ve směsi narůstala schopnost roztékavosti taveného sýra. Tato zjištění jsou v souladu s autory Weiserová *et al.* (2011) [29], Thomas *et al.* (1980) [30] a Rayan *et al.* (1980) [31], kteří dospěli k závěru, že nejměkčí a tudíž nejvíce roztékavé vzorky byly vyrobeny pomocí monofosforečnanu a nejhůře roztékající byly připraveny při použití polyfosforečnanu.

Při použití samotného monofosforečnanu byl pozorován nárůst plochy vzorku téměř o 100 %, u vzorku se samotným difosforečnanem byl tento nárůst o 80 %. Oproti tomu při aplikaci samotného polyfosforečnanu bylo pozorováno, že nárůst plochy oproti původnímu vzorku byl do 10 %.

ZÁVĚR

Úkolem této práce bylo vyrobit tavené sýry za použití ternárních směsí tavicích solí, které obsahovaly různé poměry monofosforečnanu (DSP, Na_2HPO_4), difosforečnanu (TSPP, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) a polyfosforečnanu sodného (POLY, NaPO_3)_n, a provést texturní analýzu se zaměřením na tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost. Tyto analýzy byly doplněny stanovením roztékavosti. Modelové vzorky tavených sýrů byly hodnoceny druhý, devátý a třicátý den po výrobě.

Byly zjištěny následující závěry:

- hodnoty pH se postupně snižovaly s rostoucím množstvím polyfosforečnanu ve směsi
- u směsí, se stejným obsahem polyfosforečnanu docházelo k nárůstu pH se zvyšujícím se množstvím difosforečnanu a se současně klesajícím množstvím monofosforečnanu ve směsi.
- v průběhu skladování docházelo ve většině případů k poklesu pH.
- tvrdost sýrů se snižovala s rostoucím množstvím polyfosforečnanu ve směsi.
- u směsí, které obsahovaly stejný obsah polyfosforečnanu, se tvrdost sýrů obecně zvyšovala s rostoucím množstvím difosforečnanu a klesajícím množstvím monofosforečnanu.
- v průběhu skladování se tvrdost sýrů zvyšovala.
- relativní lepivost nevykazovala žádný pravidelný trend v závislosti na složení tavicích solí.
- během skladování se relativní lepivost sýrů snižovala.
- kohezivnost nevykazovala žádné pravidelné trendy v závislosti na použitých ternárních směsích tavicích solí.
- během skladování ve většině případů došlo k poklesu kohezivnosti.
- největší roztékavost vykazovaly vzorky s vysokým obsahem monofosforečnanu či difosforečnanu.
- vzorky s vysokým obsahem polyfosforečnanu byly málo roztékavé.

Závěrem lze říci, že fosforečnanové tavicí soli ovlivňují texturní vlastnosti, hodnotu pH i roztékavost tavených sýrů ve velké míře. Na výrobu tavených sýrů je mnohem lepší použít směsi jednotlivých tavicích solí. Naměřená data, která byla uvedena v této bakalářské práci, byla použita pro kompletní práci, která je uvedena v příloze této bakalářské práce (Příloha IV).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Sádliková, 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, 43, 1220-1225
- [2] Macků, I., Buňka, F., Voldánová, B., Pavlínek, V.: Effect of addition of selected solid cosolutes on viscoelastic properties of model processed cheese containing pectin. *Food Hydrocolloids*, 2009, 23, 2078-2084
- [3] Kapoor, R., Metzger, L. E., Biswas, A. C., Muthukumarappan, K.: Effect of natural cheese characteristics on process cheese properties. *Journal of Dairy Science*, 90, 1625- 1634
- [4] Mayer, H. K.: Bitterness in processed cheese caused by an overdose of a specific emulsifying agent? *International Dairy Journal*, 2001, 11, 533-542
- [5] 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, 20, 336-343
- [6] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 370/2008 Sb., v platném znění, kterou jsou stanoveny požadavky na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje
- [7] Pavelka Antonín: Mléčné výrobky pro naše zdraví, Littera, Brno, 1996, ISBN 80-85763-09-5
- [8] Kapoor, R., Metzger, L. E.: Process cheese: Scientific and technological aspects – A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2008, 7, 194-214
- [9] Buňka, F., Buňková, L., Kráčmar, S.: Základní principy tavených sýrů, Brno, 2009, ISBN 978-80-7375-336-8
- [10] Bennett, R. J., Trivedi, D., Hemar, Y., Reid, D. C. W.: The effect of starch addition on the rheological and microstructural properties of model processed cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, 2006, 61, 157-159
- [11] Laila, B., Abdel-Hamid, L. B., El-Shabrawy, S. A., Awad, R. A.: Chemical properties of processed ras cheese spreads as affected by emulsifying salt mixtures. *Journal of Food Processing Preservation*, 2000, 24, 191-208

- [12] Awad, R. A., Abdel-Hamid, L.B., El-Shabrawy, S. A., Singh, R. K.: Texture and microstructure of block type processed cheese with formulated emulsifying salt mixtures. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 2002, 35, 54-61
- [13] Lu, Y., Shirashoji, N., Lucey, J.A.: Effects of pH on the textural properties and meltability of pasteurized process Cheese made with different types of emulsifying salts. *Journal of Food Science*, 2008, 73, 363-369
- [14] Mizuno, R., Lucey, J. A.: Properties of Milk Protein Gels Formed by Phosphates. *Journal of Dairy Science*, 2007, 90, 4524-4531
- [15] Cunha, C.R., Viotto, W.H.: Casein peptization, functional properties, and sensory acceptance of processed cheese spreads made with different emulsifying salts. *Journal of Dairy Science*, 2010, 75, 113-120
- [16] Buňka, F., Kříž, O., Veličková, A., Buňková L., Kráčmar, S.: Effect of acid hydrolysis time on amino acid determination in casein and processed cheeses with different fat content. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2009, 22, 224-232
- [17] Lucey J.A., Johnson M.E., Horne D.S.: Invited review: Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86, 2725-2743
- [18] Bowland E.L., Foegedling E.A.: Small strain oscillatory shear and microstructural analyses of a model processed cheese. *Journal of Dairy Science*, 2001, 84, 2372-2380
- [19] 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, 8, 252-268
- [20] Carić, M., Kaláb, M.: Processed cheese products., In Fox, P.F. (Ed.) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 1997, 2, 467 – 505
- [21] Brickley, C. A., Govindasamy-Lucey, S.: Influence of emulsifying salts on the textural properties of nonfat process cheese made from direct acid cheese bases *Journal of Dairy Science*, 2008, 91, 39-48
- [22] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví zdravotnictví č. 130/2010 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin

- [23] Bachmann, H.P.: Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*, 2001, 11, 505-515
- [24] Shirashoji, N., Jageggi, J.J., Lucey, J.A.: Effect of sodium hexametaphosphate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal of Dairy Science*, 2010, 93, 2827-2837
- [25] Rosenthal, A. J.: Food Texture – Measurement and Perception, A Chapman & Hall Food Science Book, Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland, 1999, ISBN 0-8342-1238-2
- [26] Leciánová, P.: Vliv přísady pektinů na jakost tavených sýrů, Diplomová práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2008
- [26] Weiserová, E.: Změny distribuce dusíkatých látek v průběhu zrání eidamských sýrů. Diplomová práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2009
- [27] Muthukumarappan, K., Wang, Y.-C., Gunasekaran, S.: Short communication: Modified Schreiber Test for evaluation of mozzarella cheese meltability. *Journal of Dairy Science*, 1999, 82, 1068-1071
- [28] Awad, R. A, Abdel-Hamid, L.B, El-Shabrawy S.A., Singh, R.K.: Physical and Sensory Properties of Block Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *International journal of food properties*, 2004,7, 429-448
- [29] Weiserová, E., Buňka, F., Ciprysová, Z., Slavíková, Š, Rahula, J.: Roztékavost tavených sýrů při záhřevu v závislosti na použitém poměru monofosforečnanů, difosforečnanů a polyfosforečnanů v ternárních směsích. In. *Zborník: Bezpečnost a kontrola potravin*, SPU v Nitre, 30. – 31. 3. 2011, ISBN 978-80-552-0559-5.
- [30] Thomas, M.A, Newell, G., Abad, G.A., Turner, A.D.: Effect of emulsifying salts on objective and subjective properties of processed cheese. *Journal of Food Science*, 1980., 45, 458 – 459
- [31] Rayan, A.A., Kaláb, M, Ernstrom, C.A.: Microstructure and rheology of process cheese. *Scanning Electron Microscopy*, 1980. 3, 635 – 644
- [32] Dimitreli, G., & Thomareis, A.S.: Instrumental textural and viscoelastic properties of processed cheese as affected by emulsifying salts and in relation to its apparent viscosity. *International Journal of Food Properties*, 2009 12, 261–275.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DSP monofosforečnan sodný (Na_2HPO_4).

TSPP difosforečnan sodný ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$)

POLY polyfosofrečnan sodný (NaPO_3)_n

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1.:Iontová výměna pomocí tavicích solí při výrobě tavených sýrů</i>	18
<i>Obrázek 2: Grafické znázornění závislosti pH na poměruvybraných fosforečnanových tavicích solí a na době skladování</i>	1
<i>Obrázek 3: Grafické znázornění závislosti tvrdosti na poměruvybraných fosforečnanových tavicích solí a na době skladování</i>	Chyba! Záložka není definována.
<i>Obrázek 4: Grafické znázornění závislosti relativní lepivosti na poměruvybraných fosforečnanových tavicích solí a na době skladování</i>	Chyba! Záložka není definována.
<i>Obrázek 5: Grafické znázornění závislosti kohezivnosti na poměruvybraných fosforečnanových tavicích solí a na době skladování</i>	1

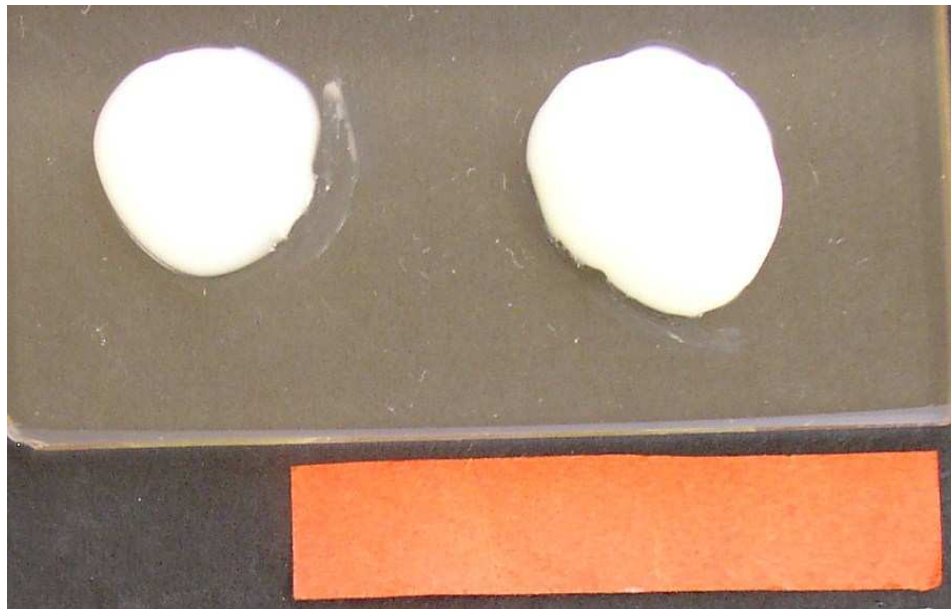
SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Fosforečnany používané jako tavicí soli při výrobě tavených sýrů [9,22].....</i>	<i>20</i>
<i>Tabulka 2: Stupnice pro hodnocení roztékavosti tavných sýrů po opětovném záhřevu</i>	<i>29</i>
<i>Tabulka 3: Výsledky hodnocení roztékavosti v závislosti na poměru vybraných fosforečnanových tavicích solí (DSP : TSPP : POLY) a na době skladování.....</i>	<i>40</i>

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha I: Fotografie vzorků s monofosforečnanem před záhřevem (1) a po záhřevu (2) ze 30. dne měření
- Příloha II: Fotografie vzorků s difosforečnanem a polyfosforečnanem před záhřevem (1) a po záhřevu (2) ze 30. dne měření
- Příloha III: Fotografie vzorků s polyfosforečnanem před záhřevem (1) a po záhřevu (2) ze 30. dne měření
- Příloha IV: Weiserová, E., Buňka, F., Ciprysová, Z., Slavíková, Š, Rahula, J.: Roztékavost tavených sýrů při záhřevu v závislosti na použitém poměru monofosforečnanů, difosforečnanů a polyfosforečnanů v ternárních směsích. In. *Zborník: Bezpečnosť a kontrola potravín*, SPU v Nitre, 30. – 31. 3. 2011, ISBN 978-80-552-0559-5.

**PŘÍLOHA I: FOTOGRAFIE VZORKŮ S MONOFOSFOREČNANEM
PŘED ZÁHŘEVEM (1) A PO ZÁHŘEVU (2) ZE 30. DNE MĚŘENÍ**

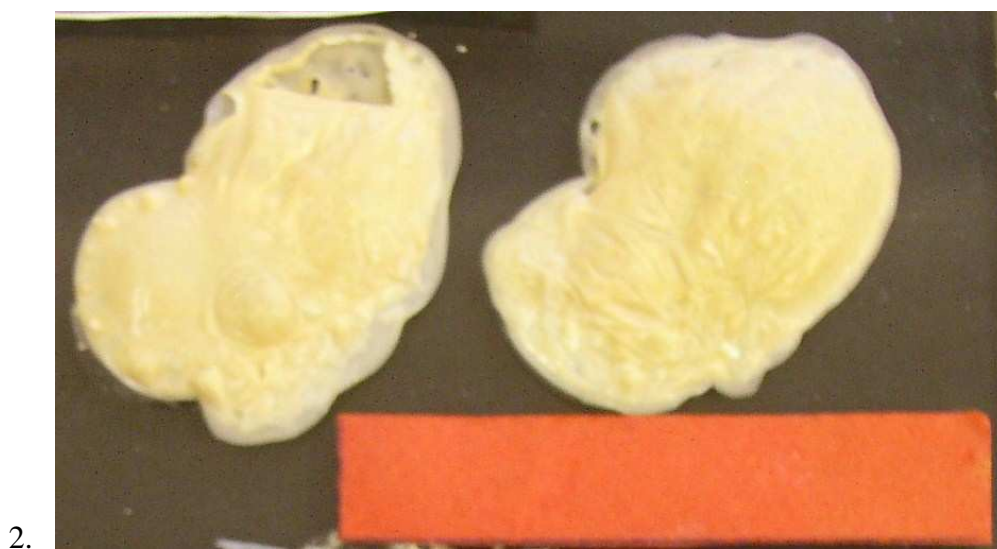
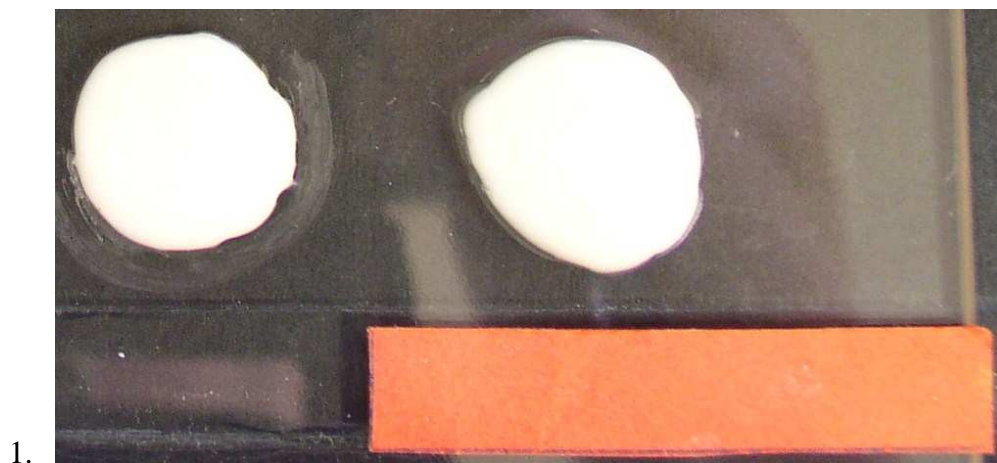


1.

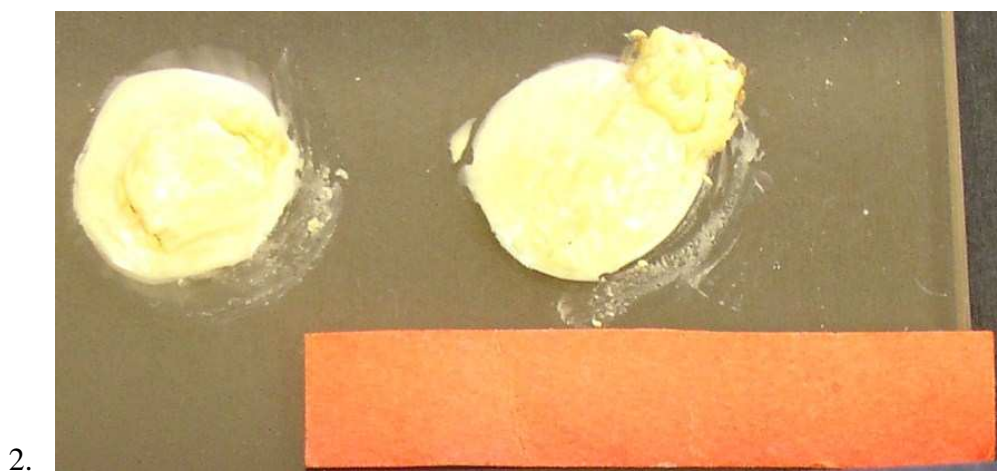
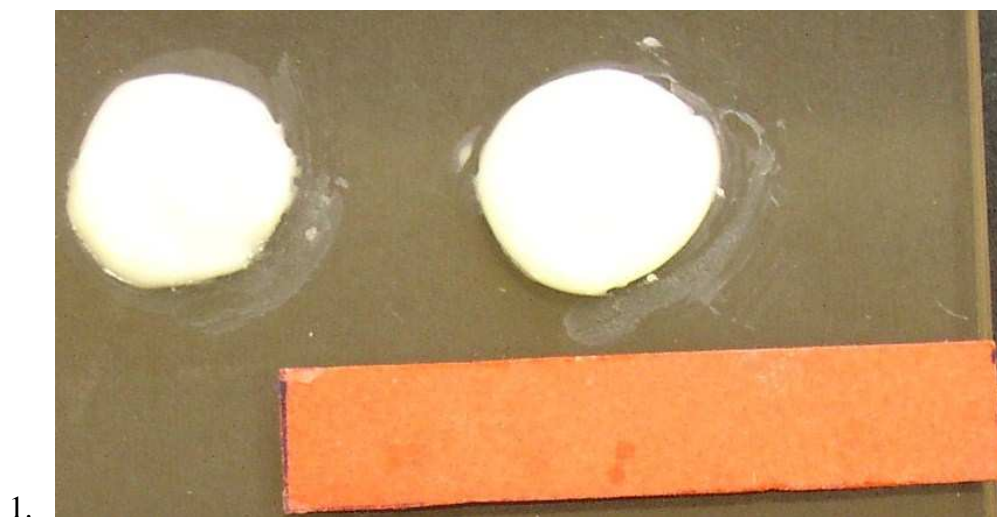


2.

**PŘÍLOHA II: FOTOGRAFIE VZORKŮ S DIFOSFOREČNANEM A
POLYFOSFOREČNANEM PŘED ZÁHŘEVEM (1) A PO ZÁHŘEVU
(2) ZE 30. DNE MĚŘENÍ**



**PŘÍLOHA III: FOTOGRAFIE VZORKŮ S POLYFOSFOREČNANEM
PŘED ZÁHŘEVEM (1) A PO ZÁHŘEVU (2) ZE 30. DNE MĚŘENÍ**



PŘÍLOHA IV: PUBLIKACE

ROZTÉKAVOST TAVENÝCH SÝRŮ PŘI ZÁHŘEVU V ZÁVISLOSTI NA POUŽITÉM POMĚRU MONOFOSFOREČNANŮ, DIFOSFOREČNANŮ A POLYFOSFOREČNANŮ V TERNÁRNÍCH SMĚSÍCH THE EFFECT OF RATIO OF MONOPHOSPHATES, DIPHOSPHATES AND POLYPHOSPHATES IN TERNARY MIXTURES ON MELTABILITY OF PROCESSED CHEESE

*Eva Weiserová, František Buňka, Zuzana Ciprysová, Štěpánka Slavíková,
Rahula Janiš*

Abstract: The aim of study was to compare the meltability of processed cheeses, which were made by using of different ratio of emulsifying salts (sodium salts of monophosphates, diphosphates and polyphosphate) in their ternary mixtures. Meltability was determined by Schreiber's test. Meltability increased with decreasing content of polyphosphates and increasing content of monophosphate in ternary mixtures.

Keywords: processed cheese, meltability.

ÚVOD

Tavené sýry již tradičně patří k významným produktům mlékárenského průmyslu. Technologie jejich výroby umožňuje využití i sýrů, které jsou sice chuťově vyhovující a zdravotně nezávadné, ale vykazují určité mechanické nedostatky (Buňka *et al.*, 2006). Jedna z hlavních výhod tavených sýrů spočívá zejména v jejich delší trvanlivosti v porovnání se sýry přírodními, dále jsou to nižší výrobní náklady (v přepočtu na hmotnost výrobku) a také potenciál pro rozšiřování sortimentu. Výrobky se od sebe mohou lišit tvarem, chutí či svými texturními vlastnostmi (Guinee *et al.*, 2004).

Tavené sýry jsou vyráběny zahříváním směsi přírodních sýrů s tavicími solemi za částečného podtlaku a stálého míchání (Carić, Kaláb, 1997). Nezbytnou podmínkou pro vznik homogenní struktury taveného sýru je použití tavicích solí. Mezi nejpoužívanější typy tavicích solí patří zejména sodné soli kyseliny trihydrogenfosforečné, resp. jejich polymery (Buňka, *et al.*, 2009; Buňka, Buňková, 2009). Tavicí sůl je obvykle směsí několika chemických látek a při výrobě tavených sýrů se převážně používá několik tavicích solí společně (Carić, Kaláb, 1997).

V odborné literatuře lze najít informace o roztékavosti výrobků ve vztahu k použití jednotlivých fosforečnanů. V praxi se však jeden fosforečnan používá při výrobě tavených sýrů jen zřídka. Studie zabývající se vlivy směsi fosforečnanů na roztékavost jsou však ojedinělé, a zpravidla se omezují na 3 – 5 konkrétních směsí. Příkladem mohou být práce Awad *et al.* (2002, 2004), které se zabývaly sodnými solemi difosforečnanu, trifosforečnanu a polyfosforečnanu a to v poměrech 40:50:10, 30:40:30 a 30:30:40. Jako nejlépe roztékavý se jevil vzorek vyrobený s minimálním množstvím polyfosforečnanu. Tato studie také prokázala, že schopnost vzorku roztékat se souvisí s vyšší hodnotou pH. V pracích Everard *et al.* (2005) a Shirashoji *et al.* (2010) bylo prokázáno, že se roztékavost snižuje se zvyšujícím množstvím tavicích solí (v množství do 3 % w/w). Savello *et al.* (1988) zkoumali výrobky s hydrogenfosforečnanem sodným i difosforečnanem sodným. Výrobky s těmito fosforečnany vykazovaly velmi dobrou roztékavost. Ucelená studie zabývající se změnou roztékavosti v důsledku aplikace různých poměrů ternárních směsí sodných solí monofosforečnanů, difosforečnanů a polyfosforečnanů však v dostupné literatuře nalezena nebyla.

Cílem práce bylo studovat závislost roztékavosti na aplikovaných ternárních směsích vybraných fosforečnanových tavicích solích (Na_2HPO_4 ; $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$; sodná sůl polyfosforečnanu). Roztékavost byla sledována 30. den po výrobě.

MATERIÁL A METODY

Pro tuto studii byly jako tavicí soli vybrány sodné soli polyfosforečnanu (POLY), difosforečnanu (TSPP) a hydrogenufosforečnanu (DSP). Tato trojice fosforečnanů byla vždy použita v ternárních směsích v 66 vzájemných procentuelních poměrech (100:0:0, 90:10:0, 90:0:10, ... 10:0:90, 0:10:90, 0:0:100). Tavicí soli byly aplikovány v množství 3 % w/w (přepočteno na finální hmotnost taveného sýra a bezvodé formy fosforečnanů). Modelová řada tavených sýrů s 40 % (w/w) sušiny a 50 % (w/w) tuku v sušině byla vyrobena v laboratorních podmínkách na přístroji Vormerk Thermomix TM31. Základními surovinami byla eidamská cihla 30 % w/w tuku v sušině (zralost 7 týdnů), dále máslo (obsah tuku 80 % w/w), voda a výše zmíněné fosforečnany (Fosfa, a.s., Břeclav). Tavicí teplota (90°C) byla udržována v průběhu tavicího procesu po dobu 1 minuty. Takto vyrobená tavenina byla dávkována do válcového polypropylenového kelímku (výška 50 mm, průměr 52 mm) s privaritelným víčkem. Jednotlivá balení byla skladována za teploty $6\pm 2^\circ\text{C}$ do okamžiku provedení analýzy.

Tabulka 1 Stupnice pro hodnocení stupně roztékavosti taveného sýra po opětovném záhřevu

Stupeň	Charakteristika
1	Nepozorovatelný nárůst plochy vzorku
2	Nárůst plochy vzorku do 10 % oproti původnímu vzorku
3	Nárůst plochy vzorku v rozmezí 10 – 25 % oproti původnímu vzorku
4	Nárůst plochy vzorku v rozmezí 25 – 50 % oproti původnímu vzorku
5	Nárůst plochy vzorku v rozmezí 50 – 75 % oproti původnímu vzorku
6	Nárůst plochy vzorku v rozmezí 75 – 100 % oproti původnímu vzorku
7	Nárůst plochy vzorku o více než 100 % oproti původnímu vzorku

Roztékavost může být definována jako snadnost toku sýru po zahřátí (Muthukumarappan *et al.*, 1999). Jako metoda stanovení byl použit Schreiberův test modifikovaný podle Kosikowski (1977). Stejněměrná vrstva vzorku (výška 4 mm, průměr 20 mm) byla nanášena na skleněnou podložku, zhodnocena její plocha a po dobu 5 minut byla inkubována v sušárně při $232\pm 2^\circ\text{C}$. Po vytažení a zchlazení byla znovu zhodnocena plocha rozteklého/nerozteklého výrobku a vlastnost vyhodnocena dle stupnice uvedené v tabulce 1. Každé měření bylo provedeno čtyřikrát a do tabulky byl vzorek zařazen podle mediánu ze čtyř měření.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky roztékavosti modelových vzorků po 30 dnech skladování jsou zobrazeny v tabulce 2. U vzorků vyrobených se směsí polyfosforečnanu s monofosforečnanem, resp. difosforečnanem, byl pozorován obdobný trend vývoje roztékavosti. Při poklesu obsahu polyfosforečnanu ve směsi narůstala schopnost roztékavosti taveného sýra. Tato zjištění jsou v souladu s autory Thomas *et al.* (1980) a Rayan *et al.* (1980), kteří dospěli k závěru, že nejměkčí a tudíž nejvíce roztékavé vzorky byly vyrobeny pomocí monofosforečnanu a nejhůře roztékající byly připraveny při použití polyfosforečnanu.

Tabulka 2 Přehled výsledného stupně hodnocení roztékavosti u jednotlivých vzorků tavených sýrů

Poměr DSP : TSPP : POLY	Stupeň dle tabulky I	Poměr DSP : TSPP : POLY	Stupeň dle tabulky I	Poměr DSP : TSPP : POLY	Stupeň dle tabulky I	Poměr DSP : TSPP : POLY	Stupeň dle tabulky I
100-0-0	7	50-30-20	1	30-10-60	2	10-30-60	1
90-10-0	5	50-20-30	2	30-0-70	3	10-20-70	3
90-010	5	50-10-40	3	20-80-0	3	10-10-80	3
80-20-0	5	50-0-50	3	20-70-10	3	10-0-90	3
80-10-10	3	40-60-0	3	20-60-20	3	0-100-0	7
80-0-20	3	40-50-10	3	20-50-30	3	0-90-10	5
70-30-0	3	40-40-20	3	20-40-40	3	0-80-20	2
70-20-10	1	40-30-30	1	20-30-50	3	0-70-30	3
70-10-20	3	40-20-40	3	20-20-60	3	0-60-40	3
70-0-30	5	40-10-50	3	20-10-70	3	0-50-50	3
60-40-0	3	40-0-60	3	20-0-80	3	0-40-60	3
60-30-10	2	30-70-0	3	10-90-0	2	0-30-70	3
60-20-20	1	30-60-10	2	10-80-10	3	0-80-20	3
60-10-30	3	30-50-20	3	10-70-20	3	0-90-10	3
60-0-40	3	30-40-30	3	10-60-30	1	0-0-100	2
50-50-0	1	30-30-40	3	10-50-40	2		
50-40-10	1	30-20-50	3	10-40-50	1		

Při použití samotného monofosforečnanu byl pozorován nárůst plochy vzorku téměř o 100 %, u vzorku se samotným difosforečnanem byl tento nárůst o 80 %. Oproti tomu při aplikaci samotného polyfosforečnanu bylo pozorováno, že nárůst plochy oproti původnímu vzorku byl do 8 %.

ZÁVĚR

U modelových vzorků tavených sýrů byla zkoumána jejich roztékavost v závislosti na použitém poměru sodných solí mono-, di- a polyfosforečnanů jako tavicích solí. Bylo zjištěno, že klesající obsah polyfosforečnanu stejně jako zvyšující se obsah monofosforečnanu způsobují nárůst tohoto parametru.

LITERATURA

- AWAD, R. A., ABDEL-HAMID, L. B., EL-SHABRAWY, S. A., 2002. Texture and microstructure of Block type cheese with formulated emulsifying salt mixture, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie/FST*, 35 (1), 54 – 61.
- AWAD, R. A., ABDEL-HAMID, L. B., EL-SHABRAWY, S. A., SINGH, R. K., 2004. Physical and Sensory properties of block processed cheese with formulated emulsifying salt mixture, *International Journal of Food Properties*, 7 (3), 429 – 448.
- BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., 2009. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská revue*, č.1, 13-16.
- BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., KRÁČMAR, S., 2009. *Základní principy výroby tavených sýrů*. 1. vyd. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 69.
- BUŇKA, F., HRABĚ, J., HOZA, I. 2006. Tavené sýry ve výživě člověka, *Výživa a potraviny*, 61, 135 – 136, ISSN 1211-846X.
- CARIĆ, M., KALÁB, M., 1997. Processed cheese products. In: Fox, P.F. (ed.) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2, Major Cheese Groups*, 2.ed. Elsevier Applied Science, London and New York, 467-5005.
- EVERARD, C. D., O'DONNELL, C. P., FAGAN, C. C., SHEEHAN, E. M., DELAHUNTY, C. M., O'CALLAGHAN, D. J. 2005. Correlation between process cheese meltability determined by sensory analysis, komputer vision method and Olson and Price test. *International Journal of Food Properties*, 8, 267 – 275.
- GUINEE, T. P., CARIC, M., KALÁB, M., 2004. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. In: Fox, P. F. (ed), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2: Major cheese groups*. 3.ed. London:Elsevier Applied Science, 349. ISBN 0122636530.
- KOSIKOWSKI, F., 1977. In: *Cheese and Fermented Milk Foods*, F. V. Kosikowski & Assoc. Brooktondale, NY, p. 337 – 370.
- MUTHUMUKUMARAPPAN, K., WANG, Y. C., GUNASEKARAN, S., 1999. Short Communication: Modified Schreiber test for evaluation of mozzarella cheese meltability. *Journal of Dairy Science*, 82, 1068 - 1071
- RAYAN, A. A., KALÁB, M., ERNSTROM, C. A., 1980. Microstructure and rheolog of process cheese. *Scanning Electron Microscopy*, 3, 635 – 644.
- SAVELLO, P. A., ERNSTROM, C. A., KALAB, K., 1989. Microstructure and meltability of model process cheese made with rennet and acid casein. *Journal of Dairy Science*, 72, 1 – 11.
- SHIRASHOJI, N., JAEGGLI, J. J., LUCEY, J. A., 2010. Effect of sodium hexametaphosphate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal of Dairy Science*, 93, 2827 – 2837.
- THOMAS, M. A., NEWELL, G., ABAD, G. A., TURNER, A. D., 1980. Effect of emulsifying salts on objective and subjective properties of processed cheese. *Journal of Food Science*, 45, 458 – 459.

Poděkování:

Práce vznikla za podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky (MSM 7088352101).

Kontakt: Ing. Eva Weiserová, Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, nám. T.G.M. 5555, 760 01, Zlín, tel. +00420 576 033 025, e-mail: weiserova@ft.utb.cz