

Vliv aplikace různých polyfosforečnanů na texturní vlastnosti tavených sýrů

Bc. Pavel Mančík

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel Mančík**
Osobní číslo: **T11784**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin – specializace Technologie mléka a mléčných výrobků**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv aplikace různých polyfosforečnanů na texturní vlastnosti tavených sýrů**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Popište principy výroby tavených sýrů.
2. Charakterizujte výrobu, využití, vlastností polyfosforečnanů se zaměřením na jejich sodné soli.
3. Popište úlohu polyfosforečnanů v matici taveného sýra.

II. Praktická část

1. Vyrobte modelové vzorky tavených sýrů s přídavkem ternárních směsí sodných solí polyfosforečnanů spolu s difosforečnanem sodným a hydrogenfosforečnanem sodným.
2. Použijte 5 polyfosforečnanů s různou délkou řetězce.
3. V dalších experimentech se zaměřte na vliv záměny difosforečnanu sodného trifosforečnanem sodným.
4. Provedte texturní analýzu modelových vzorků a charakterizujte je obsahem sušiny a hodnotou pH.
5. Vyhodnoťte výsledky a vyvoďte závěry.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., KRÁČMAR, S. Základní principy výroby tavených sýrů [monografie]. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita, 2009, 72 s.
- [2] CARIC, M. a KALÁB, M. Processed cheese products. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. 1997, 2, 467-505.
- [3] BERGER, W. KLOSTERMEYER, H. MERKENICH, K. & UHLMANN, G., 2002: Processed Cheese Manufacture. A JOHA Guide; Ladenburg: BK Giulini Chemie GmbH & Co. OHG.
- [4] GAJDŮŠEK, S. Mlékařství II. Brno: MZLU, 1. vyd., 1998. 142 s. ISBN 80-7157-342-6.
- [5] GUINEE, T.P., CARIC, M., KALÁB, M. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. 2004. Cheese: Chemistry, Physics and Mikrobiology, Third edition ? Volume 2: Major Cheese Groups, ISBN 0-1226-3653-8.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Gabriela Nagypová

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

16. ledna 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

2. května 2013

Ve Zlíně dne 4. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



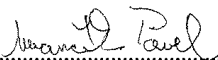

doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ 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. 2. 2013.


.....

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). Odpirá-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

Diplomová práce se zabývá sledováním vlivu ternárních směsí fosforečnanových tavicích solí na pH a texturní vlastnosti tavených sýrů. Jako tavicí soli byly aplikovány sodné soli monofosforečnanu, difosforečnanu, trifosforečnanu a polyfosforečnanu s různou střední délkou řetězce. Modelové vzorky tavených sýrů byly vyrobeny bez úpravy hodnoty pH a dále i s úpravou hodnoty pH. Srovnání vzorků chemickou analýzou (hodnota pH, obsah sušiny) a měření texturní profilové analýzy (tvrdost, kohezivnost, relativní lepivost) bylo prováděno po 2, 9 a 30 dnech od výroby. Z naměřených výsledků je patrné, že při aplikaci všech testovaných polyfosforečnanů s různou délkou řetězce do ternární směsi taveného sýra existoval specifický poměr monofosforečnanu a difosforečnanu (popř. trifosforečnanu), při kterém se rapidně zvyšovala tvrdost a podstatně snižovala kohezivnost a relativní lepivost. V obou případech ternárních směsí neměla různá délka lineárních polyfosforečnanových solí na existenci specifického poměru vliv. Úpravou pH se rovněž ovlivnily absolutní hodnoty texturních parametrů, ale hlavní trendy jejich závislosti na složení ternárních směsí zůstaly nezměněny.

Klíčová slova: Tavený sýr, tavicí soli, pH, tvrdost, texturní analýza

ABSTRACT

The aim of this work was the monitoring of the influence of phosphate emulsifying salts ternary mixture on pH and textural properties of processed cheese. Sodium monophosphate, diphosphate, triphosphate and polyphosphate with different intermediate chain lengths were applied. Model samples of processed cheese were made without and with adjusting the pH value. Chemical analysis (pH, dry matter content) and texture profile analysis (hardness, cohesiveness, and relative adhesiveness) were performed after 2, 9 and 30 days after production. The results show that for every applications of polyphosphates with different chain lengths in the ternary mixture of processed cheese existed a specific ratio of monophosphate and diphosphate (or triphosphate), which rapidly increased the hardness and significantly decreased the cohesiveness and relative adhesiveness. In both ternary mixtures the lengths of linear polyphosphate salt

had no influence on the existence of a specific ratio. Adjusting the pH also affected the absolute values of textural parameters, but the main trends of their dependence on the composition of the ternary mixture remained unchanged.

Keywords: Processed cheese, emulsifying salt, pH, hardness, texture profile analysis

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé diplomové práce, Ing. Gabriele Nagyové, za odborné vedení, konzultace, připomínky a také za pomoc při realizování a vyhodnocování praktické části. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří se podíleli na výrobě modelových vzorků tavených sýrů.

Dále bych rád poděkoval panu doc. Ing. Františku Buňkovi za věnovaný čas, cenné připomínky a rady při vypracování této práce.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TAVENÉ SÝRY	12
1.1 HISTORIE TAVENÝCH SÝRŮ.....	12
1.2 DEFINICE TAVENÉHO SÝRA	12
1.3 ANALOGY TAVENÝCH SÝRŮ	13
2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ	15
2.1 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ.....	15
2.2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ.....	16
3 TAVICÍ SOLI	19
3.1 VLASTNOSTI TAVICÍCH SOLÍ	19
3.2 DRUHY TAVICÍCH SOLÍ	22
3.2.1 Fosforečnanové tavicí soli.....	23
3.2.1.1 Výroba kyseliny fosforečné	26
3.2.2 Průmyslové využití fosforečnanů	28
3.2.3 Citronanové tavicí soli	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	30
4 CÍL PRÁCE	31
5 MATERIÁL A METODY	32
5.1 VÝROBA VZORKŮ	32
5.2 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA.....	33
5.3 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA	33
6 VÝSLEDKY A DISKUZE	35
6.1 VÝSLEDKY PH A SUŠINY	35
6.2 VÝSLEDKY TVRDOSTI	37
6.3 KOHEZIVNOST A RELATIVNÍ LEPIVOST	49
6.4 SOUHRNNÁ DISKUZE.....	50
ZÁVĚR	54
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	61
SEZNAM OBRÁZKŮ	62
SEZNAM TABULEK	63
SEZNAM GRAFU	64

ÚVOD

Tavené sýry jsou nejmladší skupinou sýrů. Začaly se vyrábět až na začátku minulého století (poprvé v r. 1911), zatímco o konzumaci přírodních sýrů nacházíme zmínky u všech starověkých národů. Důvodem pro jejich vývoj byla snaha o prodloužení trvanlivosti přírodních sýrů. Postupem doby se přidaly i důvody další - možnost použití tavených sýrů jako pomazánky na pečivo a vyrobit obrovský počet různých variant chutí, tvarů a fyzikálních vlastností (měkké, tuhé, roztíratelné). Lze je zařadit do současného trendu „convenience food“, výhodou jsou i relativně příznivé výrobní náklady.

Soubor konečných vlastností taveného sýra (včetně jeho analogů) je závislý na složení surovinové skladby. Jednotlivé ingredience, které tato směs obsahuje, spolu reagují za vzniku žádoucích či nežádoucích účinků na výsledný produkt. Výzkum a vývoj v oblasti tavených sýrů během uplynulého století významně pokročil, i přesto se v této oblasti vyskytují reakce a mechanismy, které nejsou zcela přesně popsány a proto je nutné tyto procesy podrobit dalšímu zkoumání.

Práce je rozčleněna na dvě části a to teoretickou a praktickou. Teoretická část popisuje obecně historii, složení, suroviny pro výrobu s následnou výrobou tavených sýrů, vlastnosti a princip funkce fosforečnanových tavicích solí. Praktická část se zabývá porovnáváním výsledků měření pH, obsahu sušiny pro jednotlivé výroby a měřením vybraných texturních vlastností při použití různých předem zvolených poměrů monofosforečnanu sodného, difosforečnanu sodného, trifosforečnanu sodného a polyfosforečnanu sodného s různou střední délkou řetězce, v ternární směsi tavicích solí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY

1.1 Historie tavených sýrů

Poprvé byl tavený sýr zhotoven v roce 1911 ve Švýcarsku. Každý pokus zahřát ementál obvyklým způsobem vedl k rozrušení struktury sýru a k vystoupení tuku a vody. Ale právě švýcarští výrobci měli již dávno zájem o to, aby vylepšili trvanlivost svého exportního ementálu. Po dlouholetých pokusech našli Walter Gerber a Fritz Stettler v Thunu řešení tohoto těžkého problému vývojem taveného sýra. Úspěch švýcarských vynálezců spočíval v tom, že poměrně disperzní parakaseinát vápenatý přírodního sýra přeměnili za tepla při použití kyseliny citronové jako tavicí soli do homogenního tekutého stavu, který se podobá koloidnímu roztoku, ze kterého se po vychladnutí opět vytvoří více nebo méně pevný, ale převážně homogenní gel, tavený sýr. Tento tavený sýr se ve Švýcarsku nazýval „krabičkový sýr“. Na území Československa vyrobila první tavený sýr firma Bloch ve Vodňanech pod značkou Simplon. Prvním průkopníkem tavení sýrů u nás byl obchodní rada Ladislav Hertl. Výroba tavených sýrů má v České republice nejenom dlouholetou tradici započatou již ve třicátých letech minulého století, ale dnes naše země také patří mezi nejvýznamnější výrobce tavených sýrů vůbec [1,2,3,4]. Tavené sýry jsou oblíbenou potravinou v Česku, přičemž jejich spotřeba v roce 2011 byla 2,1 kg/obyvatele/rok, což je dvojnásobek spotřeby ve většině členských zemí EU. Ve světě se na tavené sýry zpracovává 10-12 % přírodních sýrů [5].

1.2 Definice taveného sýra

Tavený sýr je dle [6] sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. Podle této vyhlášky [6] musí minimálně 51 % hmotnosti sušiny taveného sýra pocházet ze sýra přírodního. Podrobnější definici uvádějí Carić a Kaláb [7], tavený sýr je vyráběn zahříváním směsi různých druhů přírodních sýrů, které mohou být v různém stupni prozrálosti, s tavicími solemi, za částečného podtlaku a stálého míchání, než je dosažena homogenní hmota požadovaných vlastností. Dle Foxe *et al.* [8], jde o produkt vyrobený rozmělněním jednoho či více druhů přírodních sýrů, za pomoci tepla, mechanického míchání směsi a použití tavicích solí, do hladké homogenní hmoty. Tavené sýry lze rozdělit několika způsoby:

Podle obsahu tuku v sušině se dle Vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 77/2003Sb., v platném znění, tavené sýry zařazují do skupin:

- Vysokotučné s obsahem 60% a více t.v.s.
- Nízkotučné s obsahem 30% a méně t.v.s.
- Sýry s obsahem 30-60% t.v.s., nejsou dle vyhlášky nijak pojmenovány

Podle Formana *et al.* [9], lze rozdělit ve vyhlášce nepojmenované skupiny tavených sýrů na plnotučné (s obsahem tuku v sušině cca 45 až 60 % hmotnostních) a polotučné (s obsahem tuku v sušině cca 30 až 45 % hmotnostních).

Tavené sýry je možné rozdělit i podle použité základní suroviny na:

- jednodruhové (tavený sýr je vyroben převážně z jednoho deklarovaného druhu sýra, např. Niva, Madeland, Primátor)
- směsné, kdy při výrobě taveného sýra je použita směs různých druhů přírodních sýrů v různých poměrech, podle výrobní technologie [10,11].

Dále lze tavené sýry rozdělit podle použité tavicí teploty. Obecně se tavicí teploty pohybují v rozmezí 90 – 105 °C, kdy jsou inaktivovány přítomné enzymy a zničeny vegetativní formy mikroorganismů. Jde tedy o polokonzervu, u které trvanlivost nepřesahuje 6 až 12 měsíců. Chceme-li dosáhnout delší trvanlivosti, může být použita tavicí teplota okolo 135 °C po dobu několika sekund. Jde o sterilovaný produkt, který má trvanlivost více než 24 měsíců [12].

1.3 Analogy tavených sýrů

Kromě tavených sýrů, ve kterých stále ještě převažují tradiční suroviny, lze na trhu nalézt i tzv. analogy tavených sýrů. Jedná se o produkty, ve které je některá z mléčných složek částečně nebo zcela nahrazena složkami zejména rostlinného původu. Velký podíl na trhu mají analogy tavených sýrů zejména v USA. Oproti zahraničí je trh se sýrovými analogy v Evropě téměř neexistující [3]. Na našem trhu můžeme najít výrobky, ve kterých je část mléčného tuku nahrazena tukem rostlinným. Tyto výrobky mají často přednost nižších výrobních nákladů, neboť relativně nákladnější surovina živočišného

původu je nahrazena relativně levnějším rostlinným substitutem. Česká legislativa pojem „imitace nebo analog“ prozatím nedefinuje. Jedinou zmínku je možné najít ve vyhlášce Ministerstva zdravotnictví ČR č.4/2008 Sb., v platném znění, a to v části řešící nejvyšší povolené množství fosforečnanů do „tavených sýrů a jejich analogů“. V praxi se používá obdobných názvů jako u „běžných“ tavených sýrů, ale slovo „sýr“ zde být uvedeno nesmí. Najdeme tedy názvy typu: „tavený výrobek“, „tavená pomazánka“ apod. [13,14]. Stále častěji si k nim hledá cestu i konečný spotřebitel, u kterého může rozhodovat nižší cena výrobku nebo i nižší obsah tuku, nasycených mastných kyselin, cholesterolu či kalorií oproti tradičně vyráběným taveným sýrům. Své uplatnění mají tyto produkty v kuchyních i provozovnách fast-food [3,15]. Zahraniční literatura uvádí několik definic analogů tavených sýrů.

Muslow *et al.* [3], definuje sýrové analogy jako náhražky vyrobené výhradně na základě mléčných surovin, nebo produkty, ve kterých jsou mléčné složky částečně či úplně nahrazeny složkami nemléčného původu, a to zejména rostlinného původu. Sýrové analogy jsou nákladově efektivní pro výrobu z důvodu začlenění levnějších surovin a jednoduchou technologií výroby.

Dle Fox *et al.* [8], lze sýrové analogy rozdělit na mléčné, částečně mléčné nebo nemléčné v závislosti na původu tuku a bílkovin. Částečně mléčné analogy, kde tuk je nahrazen rostlinným olejem (sojový olej, palmový olej, řepkový olej), jsou na trhu nejvíce zastoupeny. Nemléčné sýrové analogy nemají žádný obchodní význam na trhu.

Bachmann [15], definuje analogy tavených sýrů jako sýrové substituty nebo sýrové imitace, které jsou vyrobené ze základních surovin, včetně tuku a bílkovin nemléčného původu. Jejich hlavní role v současné době spočívá ve snižování nákladů výrobců pizzy a rozvíjení trhu v oblasti rychlého občerstvení.

2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ

2.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Vhodný výběr surovin, které pro vlastní tavicí proces výrobci užijí, má velký vliv na konečnou jakost, strukturu a vlastnosti tavených sýrů a souvisejících produktů. Na konzistenci a celkovou kvalitu tavených sýrů má vliv prozrálost přírodního sýra, obsah tuku a sušiny, hodnota pH, celkový obsah vápníku a neporušených kaseinů, obsah laktosy a syrovátkových bílkovin [4,16,17].

Mezi suroviny pro výrobu tavených sýrů tedy můžeme zařadit:

- *přírodní sýry* - tvoří základní surovinu pro výrobu tavených sýrů a podstatně ovlivňují jakost taveného sýra. Vybírají se různé druhy, v různém stádiu prozrání tak, aby bylo dosaženo požadované chuti a konzistence. V České republice se používá zejména Eidamská cihla, Eidamský blok o různém obsahu tuku v sušině, Moravský blok, Primátor, sýry s ušlechtilou plísní.
- *tvaroh* - zvyšuje obsah tukuprosté sušiny a snižuje pH
- *máslo, smetana, bezvodý mléčný tuk* – slouží ke zvýšení obsahu tuku, podílí se na chuti a struktuře výrobku
- *pitná voda* – reguluje obsah sušiny
- *tavicí soli* – slouží jako emulgační činidla
- *krém (rework)* – sýr již utavený; slouží pro dosažení jemnější a stabilnější konzistence
- *ochucující přísady* – šunka, zelenina, žampiony, kapie, pažitka
- *hydrokoloidy* – karagenany, pektiny, arabská guma, algináty; snižují obsahu tuku, zlepšují strukturu taveného sýra [1,4,9,10,11,13].

2.2 Výroba tavených sýrů

V současnosti je možno tavené sýry vyrábět způsobem kontinuálním či diskontinuálním, přičemž v České republice převažuje způsob diskontinuální.

Dle Tamine [18] se výroba tavených sýrů skládá z následujících kroků:

- Sestavení surovinové skladby
- Čištění, krájení a mletí vstupní suroviny
- Smísení všech surovin v tavicím kotli
- Vlastní tavení
- Homogenizace (volitelné)
- Plnění do obalů
- Chlazení a skladování

Základním předpokladem pro kvalitní výrobky je pečlivý výběr vysoce jakostních surovin. Tomu předchází analýza klíčových fyzikálně-chemických, senzorických a mikrobiologických ukazatelů [13]. Výběr přírodního sýra pro sestavení surovinové skladby vyžaduje určité zkušenosti. Vedoucí výroby obvykle využívají zkušeností z minulých výrob při sestavování směsí sýrů. Například použití nevyzrálých sýrů ovlivňuje výrazně konzistenci taveného sýra, zatímco použití vyzrálých sýrů ovlivňuje intenzitu chuti [4]. Důležitý parametr, který je nutno sledovat, je i relativní obsah kaseinu (obsah nerozštěpených bílkovin přírodního sýra). Vlivem zrání klesá obsah kaseinu, a to u tvrdých sýrů na 80 %, u eidamských sýrů na 50-60 % a u plísňových sýrů až na 30 % [11,19,20]. Jednotlivé sýry se skladují odděleně podle druhů při teplotě do 10 °C. Je-li třeba, během skladování se ošetřují. Praktickou výhodou výroby tavených sýrů je skutečnost, že do jejich surovinové skladby lze zahrnout i přírodní sýry s různými, především mechanickými vadami, které by nebylo možné uvádět je do oběhu pro přímý prodej spotřebiteli. Mezi tyto vady lze zařadit například příliš velká tvorba sýrových ok, deformace sýra během zrání, odlišná velikost či hmotnost oproti standardnímu výrobku

apod. [21]. Na zabezpečení vhodné vstupní suroviny si nechávají taviřny vyrábět sýry ve smluvních sýrárnách a předepisují pro dovážené suroviny přísné specifikace [22].

Před tavením je sýry většinou nutné upravit – odstranit zrací fólie, maz, vykrojit poškozené části (bílé sýry částečně odsolit), sýry s větší hmotností rozkrájet na kusy o hmotnosti 2-3 kg. Takto připravené sýry se řezou na řezačkách [13,19]. Řezání a mletí suroviny je velmi důležitým úsekem, který má zajistit dokonalé rozmělnění základní suroviny, jejíž tuhost je rozdílná. Na hrubé mletí se používají velké a výkonné rychlořezačky. Takto rozdrobená směs padá mezi kovové nebo žulové válce, které ji dokonale rozmělní [22]. Rozmělněná směs přírodních sýrů se dopraví k tavicímu kotli, kde se smíchá s ostatními surovinami (voda, tvaroh, máslo, tavicí soli, ochucující složka, apod.) [1,3,16].

Po nadávkování surovin se tavicí kotel uzavře a začne vlastní proces tavení, při kterém dojde za sníženého tlaku v relativně krátkém čase ke zvýšení teploty až na tzv. tavicí teplotu, která je udržována řádově několik minut, přičemž tato doba závisí i na použité tavicí teplotě. Při výpočtu množství pitné vody je třeba zohlednit skutečnost, že tavenina je zahřívána přímým vstřikem páry do tavené směsi, a proto se množství přidané pitné vody musí snížit o vodu zkondenzovanou z použité páry [1,13,20].

V České republice, jak již bylo zmíněno, stejně jako v zemích střední Evropy, převažuje prozatím diskontinuální způsob výroby v tzv. tavicích kotlích (např. kotle typu Vögele, Stephan a Kustner) [13,19]. Provádí se v tavicích strojích, které jsou plněny spádovými trubkami, překlápěcím zařízením, šneky, čerpadly, v malých provozech i ručně. Stroje na tavení sýra mají při použití nejrůznější provedení. Liší se formou, velikostí a vybavením a rovněž svým způsobem provozu. U diskontinuálního procesu jsou používány obecně teploty 90 – 100 °C po dobu několika minut. U tohoto procesu je tedy dosaženo pouze pasteračního efektu (vzhledem k pH taveniny).

Kontinuální proces je prováděn v nerezovém potrubí, ve kterých je aplikována teplota 130 – 145 °C po dobu 2 – 3 s a je tedy zajištěn sterilační efekt. Po záhřevu a vymíchávání je tavenina zchlazena na 90 °C s dobou výdrže 5 – 15 min, kdy dochází k interakcím mezi jednotlivými složkami směsi. Při tomto tepelném ošetření dochází k rozrušení vápenatých mŕstvků i hydrofobních interakcí. Následně je vhodné zařadit

aseptickou plničku a baličku, což má za následek zajištění obchodní sterility a prodloužení trvanlivosti [7,9,13,23].

Další operací po procesu tavení může být zařazení homogenizace. Horká tavenina může být homogenizována s použitím dvou stupňů homogenizace, při použití tlaku 15 MPa v prvním stupni a 5 MPa ve stupni druhém, v uvedeném pořadí. Homogenizace má řadu účinků:

- a) Napomáhá dalšímu smísení taveniny a snižuje velikost hrubých nebo nerozpuštěných částic (tavicí sůl, mléčné přísady)
- b) Podporuje jemnější disperzi tukových kapiček, což vede k hladší a krémovější tavenině a k pevnější konzistenci finálního výrobku [11,22].

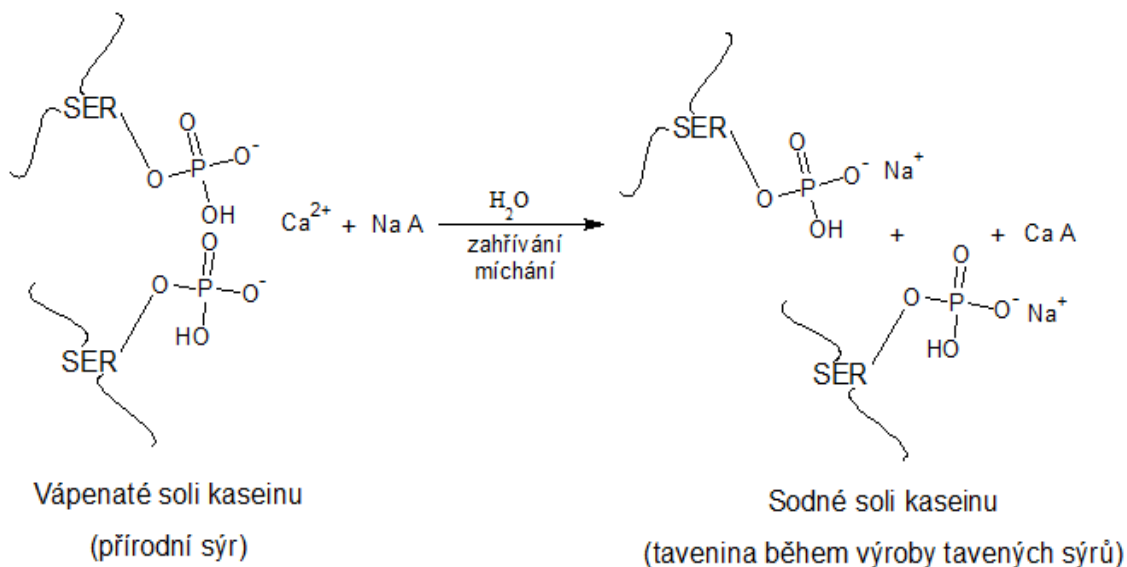
Horká tavenina se čerpá do balících strojů, které ji automaticky zabalí. Teplota před balením by neměla poklesnout u většiny tavených sýrů pod 65 – 70 °C čímž se sníží pravděpodobnost kontaminace výrobku mikroorganismy a současně nedochází k poškození konzistence hotového taveného sýra [10]. V České republice se tavené sýry balí většinou do hranolovitých nebo trojúhelníkových forem předem vyložených hliníkovou fólií, která je z vnitřní strany lakovaná [13]. Moderní baličky jsou již vybaveny strojními mechanismy umožňujícími fólii zavařit, což má podstatný vliv na trvanlivost tavených sýrů. V současné době se však ve světě používají i jiné obalové materiály, jako např. laminované hliníkové obaly, plastové tuby, kelímky, sklenice apod. [13,20,23,25]. Plastové obaly s nižší propustností pro kyslík zvýší trvanlivost taveného sýra. Důležitá je zde i pigmentová úprava povrchu plastu, která zabrání přístupu světla a tím fotooxidačním reakcím [26]. Zabalený tavený sýr se po vychlazení skladuje při 4 až 8 °C [1,9,22].

3 TAVICÍ SOLI

Přírodní sýry představují složitý polydisperzní systém, ve kterém se vedle minoritních látek nachází především bílkoviny, tuk a voda. Pokud by se směs přírodních sýrů zahřála a míchala bez přídavku tavicích solí, mělo by to za následek destrukci membrán pokrývajících povrch tukových kuliček, tukové kuličky by se spojovaly do větších celků, účinkem nízkého pH a vysoké teploty by došlo k agregaci a kontrakci kaseinu, čím by se uvolnila voda a následkem čehož by nastalo oddělení hydrofilních a hydrofobních fází [27]. Jedním ze základních předpokladů dosažení požadovaných konzistenčních znaků a homogenní struktury tavených sýrů je aplikace tavicích solí. Pro zabránění separace fází se při výrobě tavených sýrů používá přídavek tavicích solí, které upravují podmínky rozpouštění bílkoviny a zamezují jejich srážení (váží určitý podíl vápníku ze sýra – v průběhu tavení dochází k výměně Ca^{2+} iontu za Na^+ ionty) [1,13,23,27].

3.1 Vlastnosti tavicích solí

Tyto přídatné látky jsou příslušnou vyhláškou definovány jako substance měnící vlastnosti bílkovin při výrobě tavených sýrů za účelem zamezení oddělování tuku [28]. Úlohou tavicích solí je upravit prostředí v tavené směsi tak, aby přítomné proteiny (zejména kaseiny) mohly uplatnit své přirozené vlastnosti emulgátoru [13]. Kaseinový komplex (globulární bílkoviny mléka) není ve vodě rozpustný a tvoří koloidní roztoky. Tato struktura předurčuje jednotlivé frakce kaseinu jako přirozené emulgátory, jejichž schopnost je v sýru potlačena díky vápenatým mŕstvkům zesítujícím matici sýra. Bez přídavku tavicích solí jsou tyto bílkoviny zjednodušeně řečeno „uvězněny“ ve své „mřížce“ (tzv. matici). Přídavek tavicích solí má za následek „vytržení“ vápenatých iontů z matrice, čímž dojde k „uvolnění“ bílkovin z „mřížky“. Takto „uvolněné“ bílkoviny se již mohou zapojit do procesu emulgace tuku, ale také vázání a stabilizace přítomné vody [14]. Rozpustnost kaseinu ve vodě se zvýší výměnou iontu vápníku za ionty sodíku (vápenaté ionty jsou od kaseinu přitahovány k fosfátům vyššími elektrostatickými silami než do té doby vázané sodné ionty, které jsou naopak z fosfátu uvolněny a váží se na kasein) – tím se nerozpustný parakaseinát vápenatý přemění na rozpustnější parakaseinát sodný (viz. obr.1) [2,11].



Obr. 1 Chemická reakce výměny iontů sodíku za ionty vápníku při procesu tavení

(A - anion tavicí soli, SER – serinové zbytky, NaA – tavicí sůl obsahující sodný kation, CaA – tavicí sůl s navázaným vápenatým kationtem) [13,29]

Tvorbu gelu kaseinů indukovanou přidavkem tavicí soli je možné popsat dvěma kroky. V prvním kroku dochází k dispergaci kaseinů. Tento jev je vnímán jako rozvinutí globulárních proteinů, jež jsou předpokladem pro tepelně indukovanou gelaci. Druhým krokem je formace gelu. Dispergovaný kasein nemůže sám o sobě nutně tvořit a formovat gel, příkladem mohou být vzorky kaseinů, jež byly dispergovány přidavkem citronanových tavicích solí. Tavicí soli založené na bázi fosforečnanů na rozdíl od citronanů (tvořící rozpustný vápenato-citrátový komplex) jsou schopny asociovat s dispergovaným kaseinem [30]. Spojení difosforečnan-vápenatých komplexů s dispergovaným kaseinem může mít 2 důležité efekty :

- Prvním je skutečnost, že vázání těchto komplexů může redukovat odpor mezi náboji, což může napomáhat zjednodušení hydrofobním interakcím mezi hydrofobními segmenty kaseinů.
- Druhým pozorovaným jevem je to, že mohou vznikat specifické typy vazeb kaseinů, jako jsou např. difosforečnanové komplexy. Prvním impulsem pro agregaci jsou hydrofobní interakce mezi dispergovanými kaseiny. Rovněž elektrostatické interakce hrají důležitou roli, což je projevuje např. na hodnotách pH.

Mnoho fyzikálně-chemických a funkčních vlastností tavených sýrů je ovlivněno právě kaseinovými bílkovinami, jež jsou v mléce ve formě koloidních částic, jinak zvaných kaseinových micel [30,31].

Finální struktura taveného sýra je tedy tvořena vápenatými můstky, které vznikají během záhřevu a míchání navázáním polyvalentních aniontů fosforečnanů na proteiny, dále pak fosforečnano-vápenatými komplexy, disulfidickými můstky, vodíkovými vazbami, elektrostatickými a hydrofobními interakcemi. Kromě výše zmíněných přitažlivých sil, zde můžeme identifikovat i síly odpudivé, jež jsou představovány především elektrostatickými interakcemi v důsledku převažujícího negativního náboje na přítomných kaseinech. Rovnováha mezi přitažlivými a odpudivými silami se vytváří během procesu tzv. krémování, avšak tento proces může být narušen mnoha vnějšími i vnitřními faktory jako jsou např. koncentrace přidávaných tavicích solí a pH.

Mizuno a Lucey [31] zkoumali vliv koncentrace tavicích solí (difosforečnan tetrasodný) na tvorbu gelu v koncentrovaném roztoku proteinů. Bylo zjištěno, že při přidávku nízké koncentrace tavicí soli (2,9 mM) dochází k nedostatečné dispergaci kaseinů. Naopak při použití vysoké koncentrace tavicí soli (10,5 mM) dispergace kaseinu nastala, ale gelace pozorována nebyla. Pravděpodobně vysoká koncentrace difosforečnanových komplexu spojená s dispergováním kaseinem způsobuje odpor mezi náboji kaseinu, což inhibuje agregaci. Rovněž je možné, že vysoký obsah tavicí soli způsobuje přílišnou chelaci volného vápníku, čehož příčinou je jeho neschopnost vázat kaseinové micely popř. neutralizovat nabitě částice systému.

Dalším faktorem jsou hodnoty pH. Použití tavicích solí obvykle vede k posunu pH taveniny směrem nahoru, přičemž u přírodních sýrů je typické rozmezí pH 5,0 až 5,5 v tavených sýrech potom 5,6 až 6,1 [31]. pH výrazně ovlivňuje reologické, texturní a mikrostrukturní vlastnosti tavených sýrů. Zvýšení pH taveného sýra zvyšuje negativní náboj na kaseinech a zvyšuje elektrostatické odpuzování v kaseinové matici. Zvýšení odporu náboje při vysokém pH by mělo vést k otevřenější a volnější síti tavených sýrů s vyšší vazností vody a emulgační schopnosti při výrobě tavených sýrů. Se zvýšením hodnoty pH se schopnost tavicích solí izolovat vápník zvyšuje, což má za následek větší disperzi kaseinů při výrobě tavených sýrů, protože dochází ke ztrátě zesílení mezi kaseiny. Kromě toho, se zvýšením hodnoty pH by se měly snížit hydrofobní interakce mezi jednotlivými molekulami kaseinu a zvýšit elektrostatické interakce. Na základě uvedených

faktorů by se dalo očekávat, že všechny vzorky tavených sýrů by měly být tvrdší při nízkých hodnotách pH. Nicméně, složitější situace nastane, když se studují typy různých tavicích solí.

Srovnáním hodnot tvrdosti při různém pH a použití různých tavicích solí se zabýval Mizuno and Lucey [30,31]. Ti dospěli k závěru, že mezi pH 5,3 a 5,6 dochází ke snížení tvrdosti se zvýšením pH s použitím fosforečnanů disodných, zatímco s přidavkem citronanové tavicí soli se tvrdost zvýšila. Žádné rozdíly nebyly zjištěny v tvrdosti tavených sýrů vyrobených s přidavkem difosforečnou tetrasodného nebo hexametafosforečnanu sodného v tomto rozsahu pH. Tavené sýry vyrobené s použitím fosforečnanových tavicích solí vykazovaly zvýšení tvrdosti se zvýšením hodnoty pH přibližně od 5,6 až 5,9. Všechny tavené sýry měly vyšší tvrdost při pH 5,3 ve srovnání s jinými hodnotami pH. Zvýšení koncentrace citronanových tavicích solí používaných při výrobě tavených sýrů způsobuje větší kaseinovou disperzi, která má za následek zvýšení tvrdosti. U fosforečnanů a citronanů bylo objeveno, že mají velmi špatnou kaseinovou dispergační schopnost ve srovnání s difosforečnany nebo fosforečnany s delším řetězcem.

3.2 Druhy tavicích solí

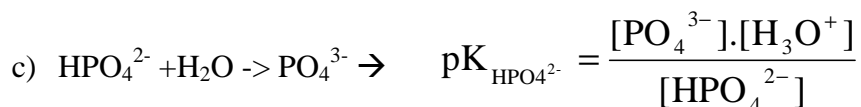
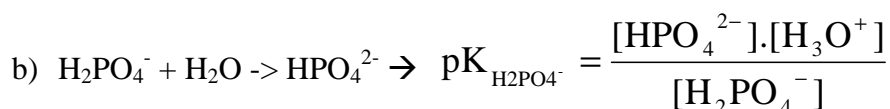
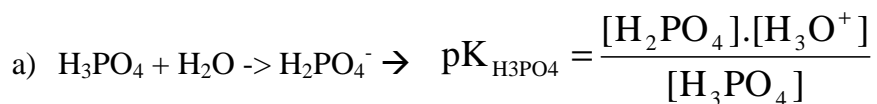
Jako tavicí soli se v praxi používají vícesytné anionty (fosforečnany, citronany) s monovalentními alkalickými kovy (sodík, draslík). Mezi nejpoužívanější typy tavicích solí patří zejména: citronany, monofosforečnany a polyfosforečnany. Každá skupina poskytuje specifické vlastnosti konečnému výrobku [1,32,33]. Vyhláška č. 4/2008 Sb., v platném znění [28], uvádí jako nejvyšší přípustné množství fosforečnanových tavicích solí (vyjádřených jako P_2O_5) pro tavené sýry hodnotu 20 g/kg (což odpovídá přibližně 3,5 % hmotnosti výrobku). Stanovit přesné množství obsahu tavicích solí lze v obecné rovině velmi obtížně, jelikož každá fosforečnanová tavicí sůl má různý obsah P_2O_5 . Obvykle se dávka tavicích solí pohybuje mezi 2 a 3,5 % [1,13,18,20]. Důležité však není pouze množství tavicích solí, ale i jejich skladba. Jednotlivé zastoupení výrazně ovlivní funkční vlastnosti taveného sýra, jako jsou například texturní vlastnosti (např. tuhost, lepivost, soudržnost apod.), pH (optimální pH 5,6–6,0 podle typu výrobku), možnost a intenzitu opětovného roztavení (důležité například pro výrobky určené jako topping na pizzu, omáčky apod.) aj. Výrobci tavených sýrů obvykle nakupují tavicí soli již

ve směsích. Mísící poměry jednotlivých sloučenin v těchto směsích jsou však obchodním tajemstvím dodavatelů tavicích solí [13,29].

3.2.1 Fosforečnanové tavicí soli

Základní surovinou je kyselina fosforečná (H_3PO_4), která tvoří skupinu sloučenin, pro něž je společné to, že obsahují anion $(\text{PO}_4)^{3-}$. Jde o bílou, bezbarvou krystalickou látku s bodem tání $42\text{ }^\circ\text{C}$. Kyselina fosforečná je komerčně dostupná jako 75 % a 85 % [34].

Jedná se o trojsoytnou kyselinu, pro kterou ve vodném roztoku (při $25\text{ }^\circ\text{C}$ a $c = 1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) platí 3 disociační konstanty:



Od kyseliny fosforečné jsou odvozeny tři řady solí, a to dihydrogenfosforečnany, např. NaH_2PO_4 , jejichž vodný roztok je slabě kyselý, slabě alkalické hydrogenfosforečnany, např. Na_2HPO_4 , a ve vodném roztoku silně alkalické fosforečnany např. Na_3PO_4 . Kyselina fosforečná není toxická, dráždí však oči a dýchací trakt. Za bezpečnou dávku podanou orálně se považují 4 g za den. Mnoho nealkoholických nápojů obsahuje 0,5 až 1 g kyseliny fosforečné v 1 litru k dosažení kyselé chuti. Rovněž fosforečnany, pokud neobsahují toxické kationty, nevykazují toxicitu s výjimkou kondenzovaného fosforečnanu, tzv. hexametfosforečnanu sodného.

Všechny potravinářské fosforečnany jsou odvozeny od trojmocné kyseliny fosforečné, ze které neutralizací alkáliemi získáváme primární, sekundární a terciální soli – monofosforečnany [19,19,34]. Za podmínek vysoké teploty může dojít ke ztrátě vody dvěma sousedními hydroxylovými skupinami dvou různých monofosforečnanů a k jejich kondenzaci, tedy vzniku polymeru. Proto se také označují jako kondenzované

fosforečnany. Ze dvou monomerů vzniká dimer nazývaný difosforečnan (dříve uváděno pyrofosforečnan). Kromě samotných monofosforečnanů se mohou polymeraci účastnit i delší řetězce fosforečnanů, čímž vznikají polymery s více jak 2 fosfory v molekule (tzv. polyfosforečnany) [1,13,19]. Jako tavicí soli se pro výrobu tavených sýrů používají především fosforečnany uvedené v tabulce:

Tab. 1 Sodné soli fosforečnanů používaných při výrobě tavených sýrů a hodnoty pH jejich 1% (w/w) vodných roztoků

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

* (NaPO₃)_n ; n= 15-20

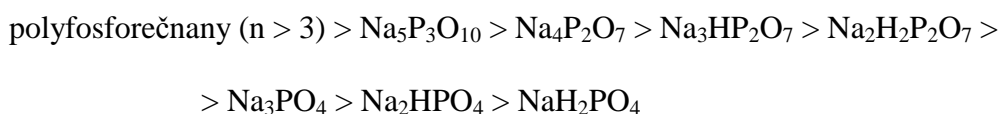
upraveno podle [13,35]

Fosforečnany mají schopnost odštěpovat z prostředí a vázat na sebe monovalentní i polyvalentní kationty kovů. Tato vlastnost je u tavicích solí klíčová, neboť podmiňuje samotnou proveditelnost tradiční výroby tavených sýrů. Schopnost vázat na sebe kationty je u fosforečnanů ovlivněna celou řadou faktorů:

- Konkrétním kationtem kovu - fosforečnany mají nižší schopnost vázat alkalické kovy (např. sodík a draslík) ve srovnání s kovy alkalických zemin (např. vápník a hořčík); v rámci jednotlivých skupin kationtů však existují rozdíly (např. sodík je přitahován silněji než draslík)

- Teplotou – s rostoucí teplotou roste i schopnost vazby kationtů. Tato vlastnost má z hlediska produkce tavených sýrů také velký význam, neboť jejich výroba probíhá při vyšších teplotách, prakticky cca 90–100 °C. Tento proces je reverzibilní, tj. pokud teplota klesá, pak schopnost vazby kationtů klesá také.

Kromě dvou výše uvedených faktorů je pro schopnost vázat na sebe kationty klíčový počet fosforečnanových jednotek v molekule. Fosforečnany používané jako tavicí soli můžeme podle schopnosti výměny iontů seřadit takto:



Přídavek tavicích solí s vyšším obsahem fosforečnanových jednotek vede k vyšší dispergaci kaseinu, která je navíc tím intenzivnější, čím účinnější je iontová výměna. Intenzivnější dispergace kaseinu umožní těmto bílkovinám lépe rozvinout své emulgační a hydratační schopnosti a stabilizovat ve směsi přítomný tuk i vodu. S rostoucím rozsahem procesů hydratace proteinů a emulgace tuku narůstá také intenzita interakcí v tavenině a tím také intenzita zesílení kaseinů. Čím vyšší stupeň zesílení v matrici výrobku, tím tužší tavený sýr je možné očekávat [12,13,14,21].

Mizuno a Lucey [31] uvádí, že polyfosforečnany s větší délkou řetězce jsou schopny lépe vázat kaseinové molekuly, než polyfosforečnany s kratší délkou řetězce. Lu *et al.* [36] tvrdí, že vysoce nabitá anionová povaha polyfosforečnanů způsobuje zvýšení jejich schopnosti přitahovat se, což způsobuje interakce s nabitými částicemi jiných dlouhých řetězců polyelektrolytu, jako jsou proteiny. To by mělo zvýšit odpuzování mezi kaseiny při hodnotách pH nad jejich izoelektrickým bodem. Zvýšení elektrostatického odporu mezi kaseiny je podporováno rovněž větším rozptylem mezi kaseiny při zahřívání a při chlazení jsou očekávány jemnější sýry.

Velmi důležitou vlastností fosforečnanů je úprava pH prostředí. Optimální pH pro roztíratelné tavené sýry se obvykle pohybuje v poměrně úzkém rozmezí 5,6 – 6,0 [36,37,38]. Při výraznější odchylce od tohoto intervalu dochází ke zhoršení jakosti finálních výrobků (při nižším pH jsou tavené sýry obvykle tuhé až drobné a při vyšším pH naopak velmi měkké až rozbředlé). Pro výrobu tavených sýrů s akceptovatelnou konzistencí je proto třeba pečlivě vybrat takovou kombinaci fosforečnanů, která kromě

jiných funkcí zabezpečí také optimální pH produktu. Pro polotuhé a tuhé tavené sýry se pohybuje pH v rozmezí 5,5 – 5,7 [19,37,38].

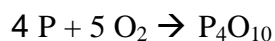
Délka fosforečnanového řetězce zde hraje důležitou roli. Bylo zjištěno, že s větší délkou řetězce fosforečnanů se pH tavených sýrů snížilo. Každý polyfosforečnan obsahuje dva slabě disociující atomy a tolik silně disociujících atomů vodíku, kolik fosforečnanových molekul obsahuje. Delší řetězce fosforečnanů můžou uvolnit více atomů vodíku z jejich struktury, a proto jsou více kyselé. Dihydrogenfosforečnany jsou schopny oddělit molekuly H_2PO_4^- a proto jsou jejich reakce kyselé. Na druhou stranu zvýšení pH taveného sýra zvyšuje neutrální negativní náboj na kaseinech a zvyšuje elektrostatické odpuzování v matici kaseinu. Zvýšení elektrického odporu při vysokém pH by mělo být otevřenější a vytvořit volnější síť tavených sýrů s lepší schopností vázat vodu a lepšími emulgačními schopnostmi při zpracování tavených sýrů.

Kromě úpravy pH prostředí vykazují některé fosforečnany i tzv. pufovací schopnosti, tedy jsou schopny stabilizovat pH systému vůči okolním vlivům [19]. V matici tavených sýrů bylo vyzkoušeno, že pufovací kapacita fosforečnanů klesá s narůstající délkou jejich lineárního řetězce (s rostoucím počtem fosforečnanových jednotek v polymeru). Z tohoto hlediska mají nejlepší schopnost stabilizovat pH monofosforečnany [13,18,20,29].

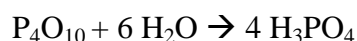
3.2.1.1 Výroba kyseliny fosforečné

Rozlišujeme 2 způsoby přípravy kyseliny fosforečné, a to výrobu termickou a extrakční, nazývanou také výrobou na mokré cestě.

Termická výroba kyseliny fosforečné sestává ze dvou stupňů, a to spálení elementárního fosforu na oxid:



doprovázené silným vývojem tepla, a slabě exotermní reakci oxidu fosforečného s vodou



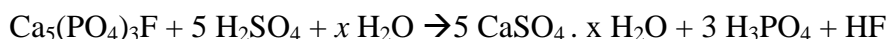
V průmyslově zavedených postupech se oba stupně realizují buď v jednom zařízení (proces IG) nebo odděleně (proces TVA a Hoechst).

Proces IG - v hlavě mírně konické kovové spalovací věže je umístěna tryska, do níž se stlačeným vzduchem vhání roztavený fosfor., Ten se rozstříkuje do prostoru spalovací

věže, kde hoří plamenem o teplotě přesahující 2000 °C. Po vnitřní stěně věže stéká zředěná kyselina fosforečná, která ji ochlazuje a současně rozpouští vznikající oxid fosforečný. Kyselina, která se shromažďuje, na dně spalovací věže, má teplotu 85 °C. Odcházející plyny ze spalovací věže mají teplotu asi 100 °C a unášejí asi 30 % vzniklého oxidu fosforečného. Tyto plyny se zavádí do dvou ejektorových Venturiho praček zařazených v sérii, kde se P₂O₅ rozpouští ve zředěné kyselině fosforečné. Zředěná H₃PO₄ z praček se shromažďuje v zásobnících, odkud je zčásti vracena do praček a zčásti do spalovací věže. Celé zařízení pracuje v mírném podtlaku vyvozovaném ventilátorem.

V TVA procesu se fosfor spaluje ve věži, která je z vnějšku chlazená vodou. Spalné plyny obsahující oxid fosforečný jsou vedeny do absorpční věže chlazené z vnějšku vodou a z vnitřku zředěnou kyselinou fosforečnou stékající po stěnách. V kyselině se oxid fosforečný rozpouští za vzniku 75 % kyseliny. 40 až 70 % vzniklého oxidu fosforečného unášeného proudem plynu z absorpční věže je zachyceno ve Venturiho pračce a následujícím separátorem kapek. Jak IG tak i TVA proces nevyužívají značné množství tepla vznikajícího při spalování fosforu. Konstrukce spalovací věže v procesu Hoechst, umožňuje toto teplo využít na výrobu páry. Stěny spalovací věže jsou tvořeny stočenou trubkou, ve které proudí voda. Ta se teplem přeměňuje na směs páry a vody, která je udržována pod tlakem 15 MPa. V separátoru se voda oddělí od páry a je vracena zpět do pláště. Pára se ve výměníku umístěném ve spalovací věži zahřeje na 400 °C a je odváděna na místo spotřeby.

Extrakční proces výroby kyseliny fosforečné je znám od r. 1880. Jeho skutečný rozvoj však nastal až po 2. světové válce, kdy se začala intenzivně používat hnojiva. Postup je založen na rozkladu přírodních fosforečnanů, nejčastěji apatitu s obsahem fluoru, zpravidla kyselinou sírovou podle rovnice:



kde x je 0, 0.5 nebo 2. Vedeme-li rozklad fosforečnanu při teplotě 80 °C, vzniká dihydrát síranu vápenatého (CaSO₄·2H₂O), při teplotě rozkladu 90 až 110 °C vzniká hemihydrát (CaSO₄·0,5H₂O) a nad 110 °C dostaneme bezvodý síran, tzv. anhydrit (CaSO₄). Příslušné postupy výroby kyseliny označujeme jako dihydrátový, hemihydrátový a anhydritový proces. Vzniklá kyselina fosforečná je znečištěná prvky přítomnými ve fosforečnanu, většinou Si, Ca, Fe, Al, Cr, Zn, V, Ni, Cu, Mn, As a Pb.

Klasickým postupem výroby kyseliny fosforečné na mokré cestě je dihydrátový proces. Kyselina sírová je uváděna do reaktoru na jiném místě vnějšího mezikruží aby se dostatečně zředila, než přijde do styku s fosfátem. Pokud by totiž fosfát reagoval s nezředěnou kyselinou, vytvořil by se na povrchu částic rychle povlak síranu vápenatého, který by zabránil dokonalému proreagování fosfátu. Teplota při rozkladu je udržována na 70 až 80 °C uváděním chladícího vzduchu na hladinu suspenze. Suspenze vstupuje otvorem u dna do vnitřního válce reaktoru, odkud je z hladiny odváděna na filtraci, kde se oddělí znečištěný dihydrát síranu vápenatého, tzv. fosfosádra. Filtrace se provádí buď pásovými filtry, nebo talířovým filtrem speciální konstrukce. Filtrát je cca 50 % kyselina fosforečná. Filtrační koláč je promyt vodou a promývací kapalina zředěná kyselina fosforečná je vracena do reaktoru.

H_3PO_4 připravená mokrou cestou obsahuje kovy, které musí být pro mnohá použití kyseliny odstraněny. Jde především o arzen, který se odstraní srážením roztokem Na_2S přimíchaným do kyseliny. Vyloučený velmi málo rozpustný As_2S_3 je z kyseliny odstraněn filtrací. Jiný způsob čištění je založen na extrakci kyseliny do organické fáze (izopropylalkohol, butanol, amylalkohol aj.). Většina nečistot, zejména kationty kovů, zůstanou ve vodné fázi. Po promytí extraktu se organická fáze odstraní např. destilací a zůstane čistá kyselina fosforečná [39].

3.2.2 Průmyslové využití fosforečnanů

Průmyslově jsou ve významných množstvích vyráběny sodné, draselné, amonné a vápenaté fosforečnany. Všechny tři sodné fosforečnany, NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4 a Na_3PO_4 , se vyrábí neutralizací H_3PO_4 sodou nebo hydroxidem sodným. K přípravě Na_3PO_4 je třeba použít $NaOH$, aby bylo dosaženo požadované pH. Ochlazením zneutralizovaného roztoku vykristaluje příslušný fosforečnan jako hydrát, který se dále separuje na odstředivce. K získání bezvodé soli je třeba odstranit krystalovou vodu z hydrátu kalcinací v rotační peci. Alternativní postup pro získání bezvodých solí je uvádění roztoku fosforečnanu přímo do rozprašovací sušárny. NaH_2PO_4 se užívá k úpravě povrchu kovů a také tvoří součást kyselých detergentů. Dále se používá jako minerální přísada do krmiva, v potravinářství se přidává jako stabilizátor pH do džusů a polévek. Na_2HPO_4 se používá jako přísada do detergentů, na úpravu napájecích vod teplovodních kotlů a jako prostředek zabraňující

koagulaci při zahušťování nebo sušení mléka. Jelikož vodný roztok Na_3PO_4 saponifikuje tuky, je používán jako průmyslový čisticí prostředek pro stroje, nádoby a lahve [39].

3.2.3 Citronanové tavicí soli

Citronany jsou soli odvozené od kyseliny citronové ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$). Jde o jednu z nejrozšířenějších rostlinných kyselin a jako metabolit se vyskytuje ve všech organismech. Průmyslová výroba kyseliny citronové je založena na aerobní fermentaci melasové sacharózy pomocí plísně *Aspergillus niger*. V potravinářském průmyslu se používá k okyselování sirupů, šťáv nebo nealkoholických nápojů [40].

Jako tavicí soli jsou používány především citronany trisodné. Aplikace monosodných a disodných citronanů způsobuje silné okyselení tavené směsi, což má za následek vytvoření nestabilní emulze. Citronany se používají ve směsích s jinými používanými tavicími solemi, zejména s polyfosforečnany a aplikují se především při výrobě blokových a plátkových tavených sýrů [13,19].

Tab. 2 Citronany používané při výrobě tavených sýrů a hodnoty pH jejich 1% (w/w) vodných roztoků

Skupina	Látka	Vzorec	E-kód	pH 1% vodného roztoku
	Citronan sodný	$\text{C}_6\text{H}_7\text{NaO}_7$	E331 (i)	3,75
Citronany	Citronan disodný	$\text{C}_6\text{H}_6\text{Na}_2\text{O}_7$	E331 (ii)	5,00
	Citronan trisodný	$\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$	E331 (iii)	7,95

upraveno podle [28,35]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

V teoretické části bylo cílem:

- Popsat princip výroby tavených sýrů,
- Charakterizovat výrobu, použití, vlastnosti polyfosforečnanů se zaměřením na jejich sodné soli,
- Popsat úlohu polyfosforečnanů v matrici taveného sýra.

V praktické části bylo cílem:

- Vyrobít modelové vzorky tavených sýrů s přídavkem ternárních směsí sodných solí polyfosforečnanů spolu s difosforečnanem sodným a hydrogenfosforečnanem sodným,
- Použít 5 polyfosforečnanů s různou délkou řetězce,
- V dalších experimentech se zaměřit na vliv záměny difosforečnanu sodného trifosforečnanem sodným,
- Provést texturní analýzu modelových vzorků a charakterizovat je obsahem sušiny a hodnotou pH,
- Vyhodnotit výsledky a vyvodit závěry.

5 MATERIÁL A METODY

5.1 Výroba vzorků

Pro tento experiment byla vytvořena modelová řada tavených sýrů s 40 % (w/w) sušiny a 50 % (w/w) tuku v sušině. Základními surovinami byla eidamská cihla s ~50 % (w/w) sušiny a ~30 % (w/w) tuku v sušině (zralost 7 týdnů, Kromilk a.s., Kroměříž, ČR), máslo (obsah sušiny ~84 % w/w, tuk v sušině ~82 % w/w), pitná voda a tavicí soli (Fosfa a.s., Břeclav, ČR)

Tavicí soli byly aplikovány v množství 3 % (w/w) celkové hmotnosti taveného sýra. Polyfosforečnany byly zastoupeny 5 ti zástupci fosforečnanů s různým počtem atomů fosforu v molekule a to se střední délkou 5, 9, 13, 20 a 28 fosforečnanových zbytků (vzorky dále označovány jako P5, P9, P13, P20 a P28). Kombinací P1:P2:P (5, 9, 13, 20, 28) a P1:P3:P(5, 9, 13, 20, 28) vzniklo 10 variant použitých ternárních směsí tavicích solí, přičemž každá varianta ternární směsi byla testována v 26 vzájemných procentuelních poměrech (100:0:0, 80:20:0, 60:40:0, 50:50:0, 40:60:0, 20:80:0, 0:100:0, 80:0:20, 60:20:20, 40:40:20, 20:60:20, 0:80:20, 60:0:40, 40:20:40, 20:40:40, 0:60:40, 50:0:50, 30:20:50, 20:30:50, 0:50:50, 40:0:60, 20:20:60, 0:40:60, 20:0:80, 20:0:80, 0:0:100).

Modelové vzorky byly vyráběny jednak bez úpravy pH a dále s úpravou pH na optimální hodnoty v rozmezí 5,70 – 5,80. K úpravě byla použita kyselina chlorovodíková nebo hydroxid sodný (v koncentracích $c = 1 \text{ mol.l}^{-1}$). Vzorky, kde úprava pH nebyla provedena, jsou v grafech označeny 2B, 9B, 30B (dle daného dne měření), po úpravě pH jsou vzorky označeny 2S, 9S, 30S. Množství přidané kyseliny nebo zásady k úpravě pH bylo vypočteno z kalibračních křivek provedených v pilotním experimentu (není součástí této práce). Pro zabezpečení konstantního obsahu sušiny byly přísady kyseliny nebo zásady korigovány menšími dávkami vody v surovinové skladbě.

K výrobě modelových bylo použito zařízení Vorwerk Thermomix TM 31-1 (Vorwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Německo), přičemž aplikována tavicí teplota byla 90 °C po dobu 1 minuty při 4000 otáček za minutu. Následně byla tavenina za horka nalita do válcových polypropylenových vaniček (průměr 52 mm, výška 50 mm) a uzavřena příslušnými hliníkovými víčky. Vzorky byly zchlazeny do dvou hodin od výroby a skladovány až do okamžiku analýz při chladírenských teplotách ($6 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$).

5.2 Základní chemická analýza

Hodnota pH je definována jako záporně vzatý dekadický logaritmus koncentrace vodíkových kationtů v daném prostředí: $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ [43]. Měření pH bylo prováděno pomocí vpichového pH-metru Spear se skleněnou elektrodou (Eutech Instruments, Oakton, Malaysia). Byly měřeny tři kelímky každé série a do každého kelímku byl pH-metr aplikován třikrát.

Sušina je popisována jako zbytek látek po vysušení vzorku při určité teplotě do konstantní hmotnosti [43]. Sušina byla stanovena sušením směsi tvořené 3 g taveného sýra a 25 g předsušeného písku při $102\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$. Výsledná sušina se vypočítá vzorcem: [24]

$$p_s = \frac{(m_2 - m_0) \cdot 100}{(m_1 - m_0)}$$

kde:

p_s – obsah sušiny [%],

m_s – hmotnost vysušené navážky [g],

m_n – hmotnost navážky vzorku [g],

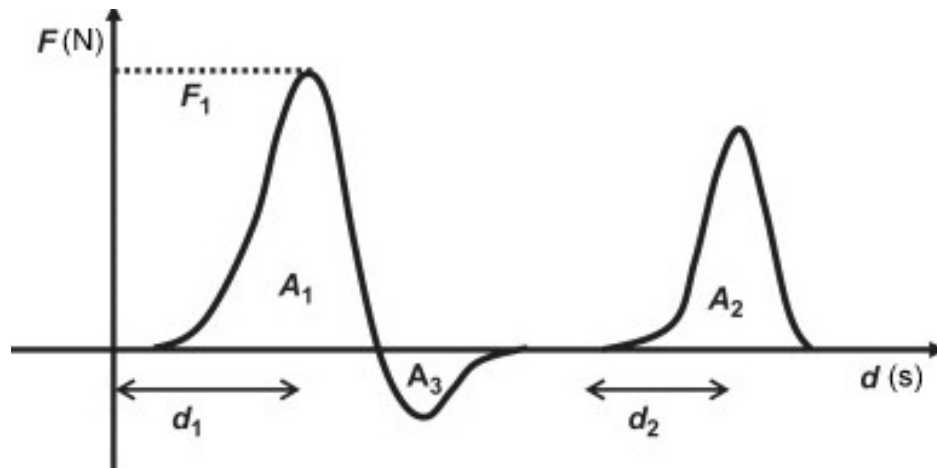
m_0 – hmotnost prázdné váženky (s pískem a tyčinkou) [g],

m_1 – hmotnost váženky s navážkou vzorku [g],

m_2 – hmotnost váženky s navážkou vzorku po vysušení [g].

5.3 Texturní profilová analýza

Texturní analýza byla provedena pomocí texturního analyzátoru TA-XT plus (Stable Micro Systems, Ltd., Německo) dvojitou penetrační válcovou sondou o průměru 20 mm do hloubky 10 mm (rychlost penetrace sondy $2\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$), a to po 2, 9 a 30 dnech skladování. Před měřením byly vzorky temperovány na konečnou teplotu $16\text{ }^\circ\text{C}$.



Obr. 2 Znárodnění křivky získané pomocí texturní profilovou analýzou (převzato a upraveno dle Chen) [44]

Tvrдость je charakterizována jako maximální síla potřebná k deformaci produktu při prvním stlačení [41,42].

Na obr. 2 je tvrдость vyznačena maximem píku plochy A_1 . Čím vyšší je tvrдость, tím je potřeba vyvinout větší sílu na deformaci a to má za následek, že pík bude nabývat vyšší velikosti.

Relativní lepivost je popisována jako síla potřebná k překonání síly přitažlivosti mezi povrchem potraviny a povrchem sondy. Relativní lepivost se stanovuje jako poměr plochy absolutní hodnoty píku A_2 k ploše kladného píku A_1 (obr. 2). Se vzrůstající plochou křivky se zvyšuje i lepivost výrobku, protože je potřeba vyšší práce k překonání mezi povrchem taveného sýra a povrchem sondy. Relativní lepivost byla sledována z důvodu vlivu stupně tuhosti matrice na práci potřebnou k vytažení sondy ze vzorku.

Kohezivnost (soudržnost) je definována jako síla vnitřních vazeb, které tvoří potravinu. Z obr. 2 je dána kohezivnost poměrem ploch $A_3 : A_1$. Blíží-li se tento poměr hodnotě 1, tak jsou v taveném sýru intenzivnější síly vnitřních vazeb a takový tavený sýr soudržnější [33].

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

6.1 Výsledky pH a sušiny

Požadavek na výslednou sušinu tavených sýrů byl 40 % \pm 1% (w/w). Výsledné hodnoty všech tavených sýrů se pohybovaly v rozmezí 39,66 – 40,51 % (w/w) pro všechny 3 měřicí dny.

Tab. 3 *Hodnoty pH pro ternární směsi P1:P2:P(5,9,13,20,28); číslem za P je vyjádřena střední délka řetězce; bez úpravy pH, zprůměrován 2., 9. a 30. den měření*

Vzorek	P5	P9	P13	P20	P28
0:0:100	5,80 \pm 0,02	5,47 \pm 0,03	5,44 \pm 0,01	5,24 \pm 0,03	5,22 \pm 0,01
0:20:80	6,00 \pm 0,01	5,72 \pm 0,01	5,64 \pm 0,02	5,40 \pm 0,02	5,43 \pm 0,01
0:40:60	6,20 \pm 0,02	6,00 \pm 0,02	5,90 \pm 0,02	5,74 \pm 0,01	5,73 \pm 0,02
0:50:50	6,31 \pm 0,03	6,07 \pm 0,01	6,02 \pm 0,02	5,92 \pm 0,03	5,89 \pm 0,02
0:60:40	6,45 \pm 0,01	6,11 \pm 0,02	6,24 \pm 0,01	6,06 \pm 0,03	6,02 \pm 0,01
0:80:20	6,61 \pm 0,03	6,51 \pm 0,02	6,57 \pm 0,01	6,37 \pm 0,01	6,31 \pm 0,01
0:100:0	6,54 \pm 0,03	6,50 \pm 0,01	6,45 \pm 0,03	6,49 \pm 0,02	6,36 \pm 0,01
20:0:80	6,04 \pm 0,01	5,66 \pm 0,02	5,60 \pm 0,01	5,39 \pm 0,01	5,42 \pm 0,01
20:20:60	6,19 \pm 0,02	5,83 \pm 0,02	5,83 \pm 0,01	5,66 \pm 0,01	5,69 \pm 0,01
20:30:50	6,21 \pm 0,01	6,00 \pm 0,02	5,90 \pm 0,02	5,82 \pm 0,01	5,80 \pm 0,02
20:40:40	6,28 \pm 0,01	6,10 \pm 0,01	6,02 \pm 0,02	5,97 \pm 0,01	5,95 \pm 0,02
20:60:20	6,56 \pm 0,02	6,36 \pm 0,01	6,29 \pm 0,02	6,31 \pm 0,02	6,24 \pm 0,02
20:80:0	6,68 \pm 0,01	6,59 \pm 0,03	6,49 \pm 0,01	6,50 \pm 0,02	6,44 \pm 0,01
30:20:50	6,19 \pm 0,02	6,00 \pm 0,03	5,87 \pm 0,01	5,79 \pm 0,02	5,79 \pm 0,01
40:0:60	6,13 \pm 0,03	5,83 \pm 0,01	5,67 \pm 0,01	5,61 \pm 0,02	5,61 \pm 0,03
40:20:40	6,33 \pm 0,01	6,12 \pm 0,01	5,96 \pm 0,03	5,94 \pm 0,01	5,90 \pm 0,01
40:40:20	6,54 \pm 0,01	6,41 \pm 0,02	6,20 \pm 0,01	6,36 \pm 0,01	6,21 \pm 0,02
40:60:0	6,70 \pm 0,01	6,64 \pm 0,02	6,50 \pm 0,02	6,44 \pm 0,02	6,48 \pm 0,01
50:0:50	6,19 \pm 0,02	5,93 \pm 0,01	5,78 \pm 0,01	5,72 \pm 0,01	5,80 \pm 0,02
50:50:0	6,68 \pm 0,02	6,67 \pm 0,02	6,50 \pm 0,03	6,54 \pm 0,02	6,45 \pm 0,01
60:0:40	6,19 \pm 0,02	6,03 \pm 0,02	5,86 \pm 0,01	5,89 \pm 0,01	5,78 \pm 0,01
60:20:20	6,42 \pm 0,01	6,34 \pm 0,01	6,12 \pm 0,02	6,20 \pm 0,01	6,10 \pm 0,01
60:40:0	6,66 \pm 0,01	6,67 \pm 0,03	6,46 \pm 0,01	6,52 \pm 0,01	6,44 \pm 0,02
80:0:20	6,39 \pm 0,01	6,30 \pm 0,03	6,08 \pm 0,01	6,15 \pm 0,02	6,05 \pm 0,02
80:20:0	6,60 \pm 0,03	6,66 \pm 0,01	6,45 \pm 0,01	6,52 \pm 0,02	6,46 \pm 0,01
100:0:0	6,14 \pm 0,01	6,10 \pm 0,01	6,05 \pm 0,02	6,06 \pm 0,03	6,05 \pm 0,01

Tab. 4 Hodnoty pH pro ternární směsi P1:P3:P(5,9,13,20,28); číslem za P je vyjádřena střední délka řetězce; bez úpravy pH, zprůměrován 2., 9. a 30. den měření

Vzorek	P5	P9	P13	P20	P28
0:0:100	5,79 ± 0,01	5,38 ± 0,03	5,23 ± 0,01	5,20 ± 0,02	5,31 ± 0,01
0:20:80	5,93 ± 0,03	5,52 ± 0,02	5,43 ± 0,02	5,44 ± 0,02	5,50 ± 0,03
0:40:60	6,14 ± 0,02	5,72 ± 0,02	5,65 ± 0,03	5,64 ± 0,01	5,69 ± 0,02
0:50:50	6,24 ± 0,01	5,81 ± 0,01	5,74 ± 0,02	5,70 ± 0,01	5,79 ± 0,02
0:60:40	6,29 ± 0,01	5,92 ± 0,03	5,90 ± 0,01	5,77 ± 0,03	5,89 ± 0,03
0:80:20	6,41 ± 0,03	6,20 ± 0,02	6,12 ± 0,01	6,05 ± 0,01	6,07 ± 0,01
0:100:0	6,39 ± 0,03	6,31 ± 0,01	6,42 ± 0,03	6,26 ± 0,02	6,33 ± 0,01
20:0:80	5,91 ± 0,01	5,63 ± 0,02	5,37 ± 0,02	5,43 ± 0,03	5,73 ± 0,02
20:20:60	6,16 ± 0,02	5,83 ± 0,03	5,66 ± 0,01	5,60 ± 0,01	5,66 ± 0,01
20:30:50	6,14 ± 0,03	5,82 ± 0,02	5,69 ± 0,02	5,74 ± 0,02	5,78 ± 0,02
20:40:40	6,20 ± 0,01	5,91 ± 0,01	5,86 ± 0,02	5,84 ± 0,01	5,89 ± 0,02
20:60:20	6,28 ± 0,02	5,95 ± 0,01	6,03 ± 0,03	6,08 ± 0,02	6,10 ± 0,03
20:80:0	6,50 ± 0,01	6,26 ± 0,02	6,28 ± 0,01	6,28 ± 0,01	6,29 ± 0,01
30:20:50	6,08 ± 0,01	5,84 ± 0,03	5,69 ± 0,01	5,73 ± 0,02	5,80 ± 0,01
40:0:60	5,96 ± 0,03	5,76 ± 0,01	5,60 ± 0,01	5,62 ± 0,02	5,65 ± 0,03
40:20:40	6,15 ± 0,01	5,94 ± 0,02	5,83 ± 0,03	5,86 ± 0,03	5,87 ± 0,02
40:40:20	6,35 ± 0,02	6,13 ± 0,02	6,02 ± 0,01	6,10 ± 0,01	6,11 ± 0,02
40:60:0	6,54 ± 0,01	6,29 ± 0,03	6,30 ± 0,02	6,28 ± 0,02	6,31 ± 0,02
50:0:50	6,07 ± 0,02	5,84 ± 0,01	5,71 ± 0,01	5,75 ± 0,02	5,76 ± 0,03
50:50:0	6,50 ± 0,01	5,79 ± 0,02	6,35 ± 0,02	6,30 ± 0,02	6,33 ± 0,01
60:0:40	6,13 ± 0,02	5,95 ± 0,03	5,87 ± 0,01	5,83 ± 0,03	5,97 ± 0,01
60:20:20	6,29 ± 0,03	6,12 ± 0,01	6,07 ± 0,02	6,07 ± 0,01	6,11 ± 0,03
60:40:0	6,50 ± 0,01	6,29 ± 0,03	6,36 ± 0,01	6,30 ± 0,01	6,34 ± 0,02
80:0:20	6,25 ± 0,01	6,17 ± 0,03	6,19 ± 0,03	6,10 ± 0,03	6,14 ± 0,01
80:20:0	6,47 ± 0,03	6,34 ± 0,01	6,40 ± 0,01	6,36 ± 0,02	6,41 ± 0,01
100:0:0	6,05 ± 0,01	6,11 ± 0,01	6,05 ± 0,02	6,10 ± 0,03	6,12 ± 0,01

Hodnoty pH se pro binární směsi tavených sýrů pohybovaly v širokém rozmezí.

Pro ternární směsi s difosforečnanem byly naměřené hodnoty mezi 5,22 (P1:P2:28; 0:0:100) a 6,70 (P1:P2:P5; 40:60:0). Měření ternárních směsí s trifosforečnanem dosáhla pH v rozmezí 5,20 (P1:P3:P20; 0:0:100) a 6,54 (P1:P3:P5; 40:60:0). Z výsledků je patrné, že použití trifosforečnanu v ternární směsi hodnoty pH mírně snižuje. Specifický trend, který by popsal zvyšování či snižování hodnot pH v závislosti na měnícím se poměru fosforečnanů či na zvyšující se délce řetězce polyfosforečnanu nebyl nalezen ani pro ternární směs s difosforečnanem ani s trifosforečnanem sodným.

Při výrobě druhé série byly produkovány vzorky s úpravou pH. Hodnoty, jež byla snaha dosáhnout, se měly pohybovat v rozmezí 5,70 až 5,80. Naměřené pH se pohybovalo mezi 5,61 (P1:P2:P5; 20:30:50) a 5,79 (P1:P3:P13; 0:0:100), což lze s ohledem na pufrací schopnost samotných přírodních sýrů považovat za uspokojivou shodu. Rovněž u vzorků s úpravou pH nebyl pozorován specifický trend změny pH v závislosti na měnícím se poměru fosforečnanů či délce polyfosforečnanového řetězce v ternárních směsích.

6.2 Výsledky tvrdosti

Závislost tvrdosti vyrobených modelových vzorků tavených sýrů na složení ternární směsi tavicích solí je zobrazena v grafech 1 - 10. Výsledky tvrdosti první ternární směsi tavicích solí, která obsahovala monofosforečnan (P1), difosforečnan (P2) a polyfosforečnan (P5, 9, 13, 20, 28), jsou uvedeny v grafech 1 - 5. Výsledky tvrdosti druhé ternární směsi tavicích solí, ve kterých byl difosforečnan (P2) nahrazen trifosforečnanem (P3), jsou uvedeny v grafech 6 - 10. Jednotlivé grafy zahrnují jak hodnoty tvrdosti první série vzorků bez úpravy pH, tak i druhé série vzorků, kde byla upravena hodnota pH na rozmezí 5,61 – 5,79.

Obecně lze říci, že pro všechny ternární směsi monofosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu s různou délkou řetězce existoval specifický poměr, který významně zvyšoval tvrdost tavených sýrů. Uvedený specifický poměr byl nalezen u vzorků, u kterých byl obsah polyfosforečnanu ve směsi nižší než 60 %; přičemž hodnoty tvrdosti pro poměr monofosforečnan a difosforečnan (1:1-3:4) vykazovaly nejvyšší tvrdost (15N; 50:50:0). Jakékoliv vychýlení od výše popsaného poměru vedlo k rapidnímu poklesu tvrdosti (5N; 80:20:0). Při rostoucím obsahu polyfosforečnanu vliv specifického poměru slábl. Jestliže bylo množství polyfosforečnanu vyšší než 60 %, nebyl specifický poměr pozorován. Naopak došlo k pomalu se snižující tvrdosti s klesajícím počtem fosforečnanových jednotek a to především při aplikaci polyfosforečnanů P5 (4N; 20:0:80) a P9 (6N; 20:0:80). U ostatních druhů polyfosforečnanů nebyly rozdíly signifikantní.

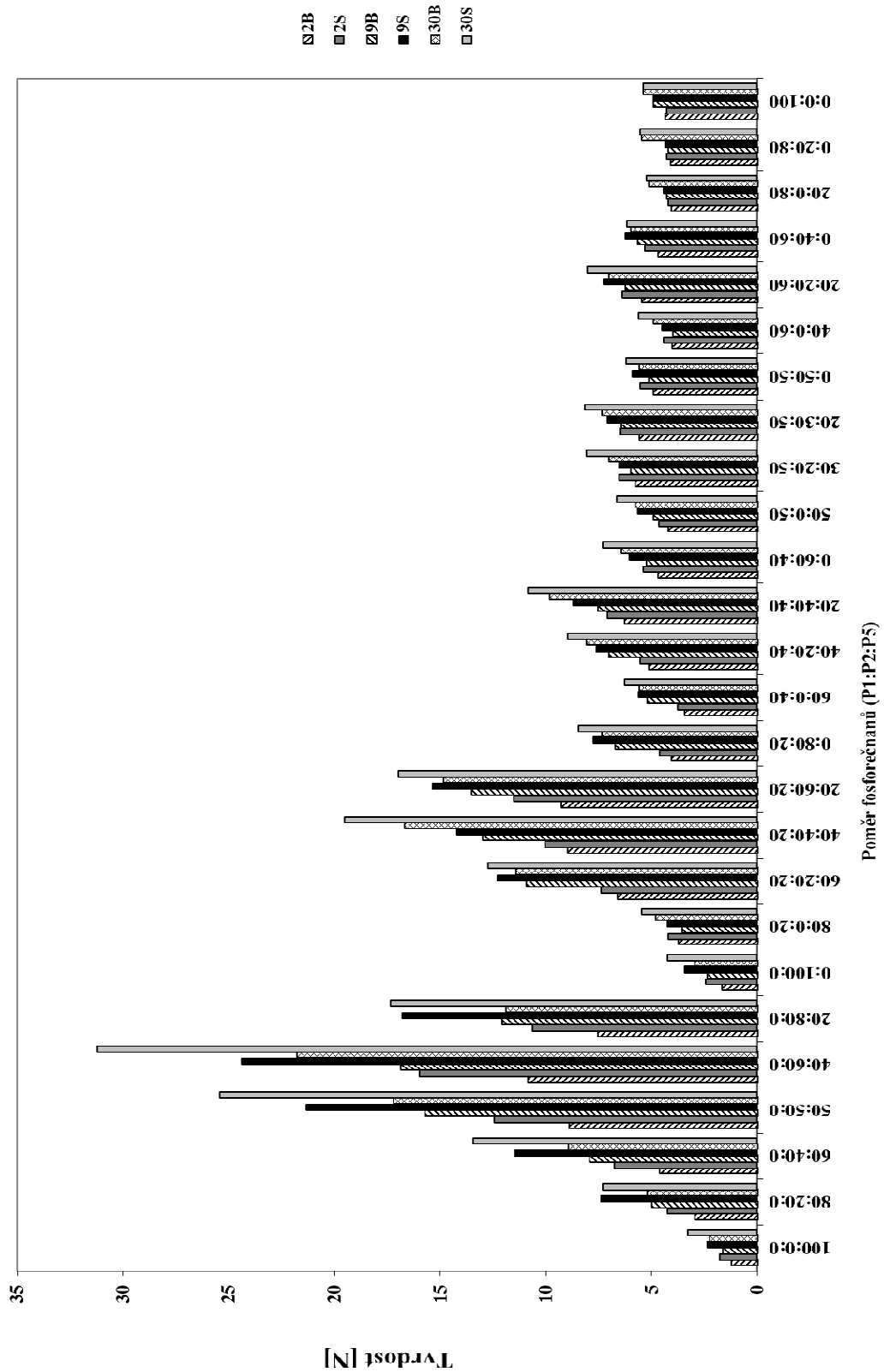
Tento trend byl stejný pro všechny měřící dny, přičemž při delší době skladování byly hodnoty tvrdosti mírně vyšší, ale rozdíly byly statisticky nevýznamné ($P \geq 0,05$).

Při srovnání jednotlivých polyfosforečnanů v ternárních směsích byly absolutní hodnoty tvrdosti mírně vyšší při aplikaci 20 % polyfosforečnanu P5 (12N; 60:20:20)

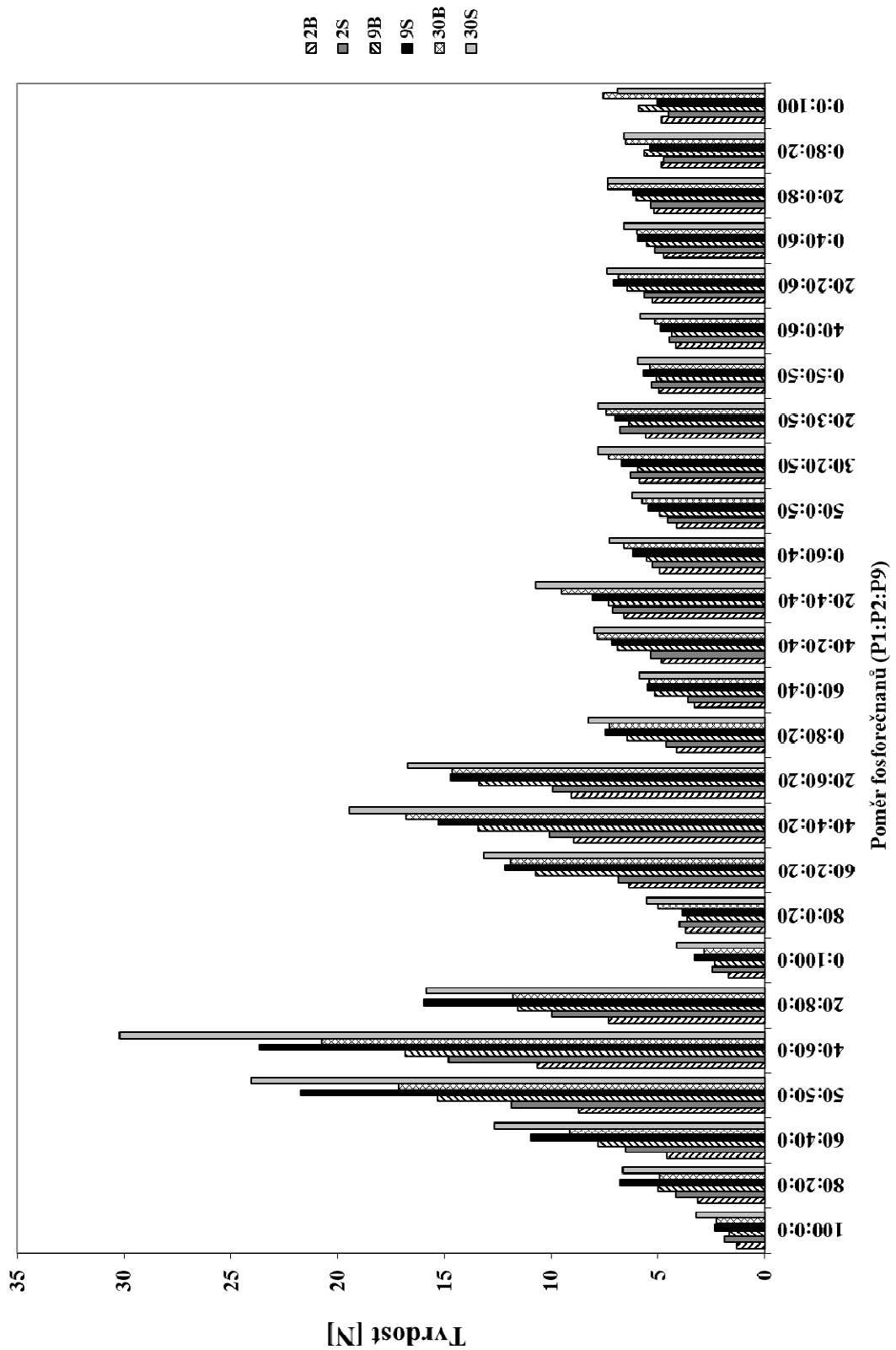
a P9 (12N; 60:20:20) a 40 % a 50 % P5 (7N; 40:20:40, 7N; 20:30:50) a P13 (7N; 40:20:40, 6N; 20:30:50).

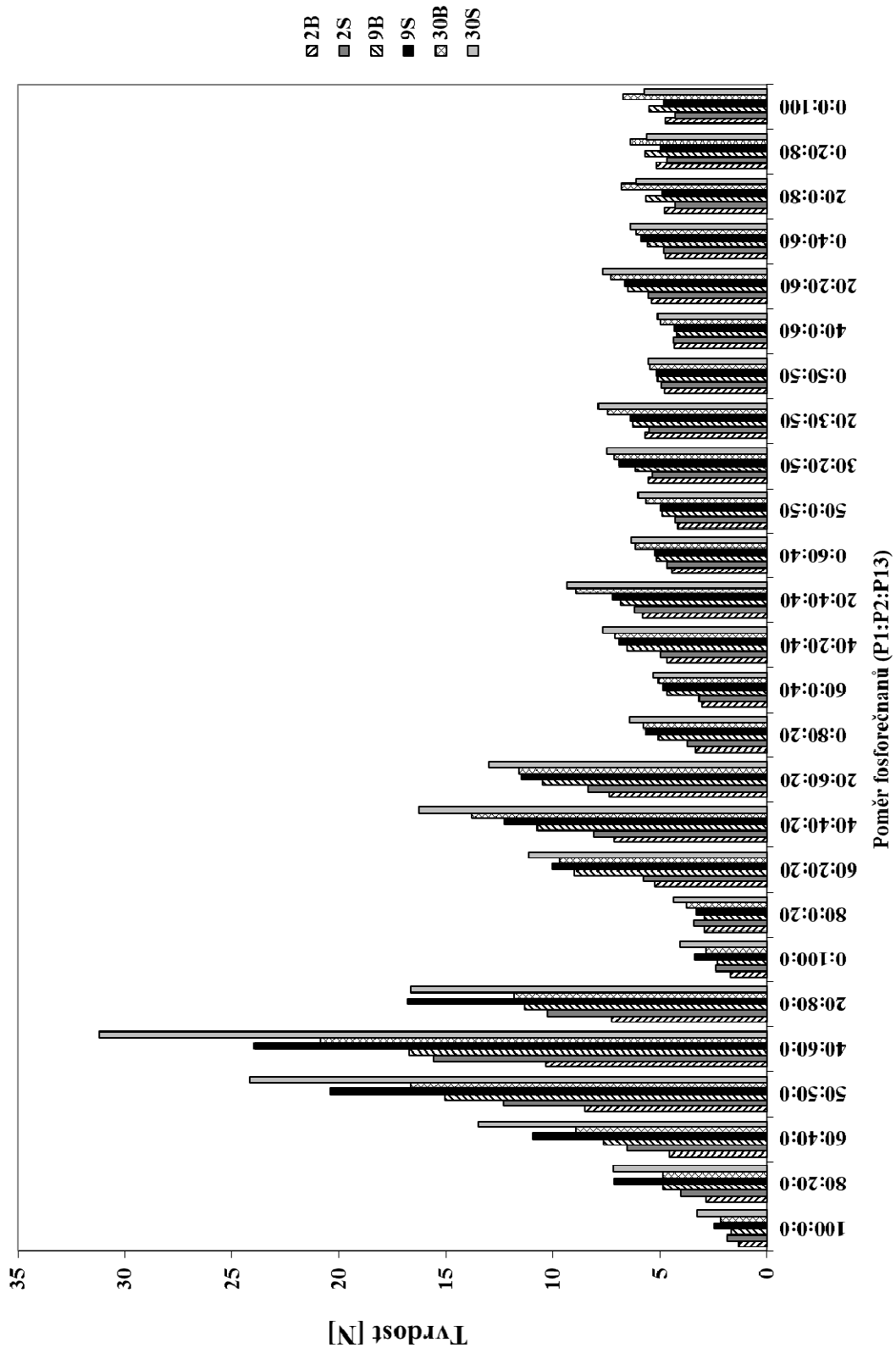
Pokud byla do tavených sýrů aplikována ternární směs s trifosforečnanem, zůstal obecný trend závislosti tvrdosti nezměněn. Rozdíly byly pozorovány pouze u absolutních hodnot, přičemž v porovnání s difosforečnanem dosahovaly nižších hodnot. Pokud byly vyrobeny vzorky s obsahem 0 % (11N; 20:80:0), 20 % (8N; 60:20:20) a 40 % (7N; 40:20:40) polyfosforečnanu ve směsi, naměřené výsledky byly oproti těm s difosforečnanem významně nižší. Výjimku tvořily vzorky, do kterých byl aplikován pouze monofosforečnan (3N; 100:0:0) a trifosforečnan (4N; 0:100:0). V těchto případech byly hodnoty oproti směsi s difosforečnanem vyšší (2N; 100:0:0), (3N; 0:100:0).

Ve druhé sérii vzorků, ve kterých bylo upraveno pH, vedl přídavek hydroxidu pro zvýšení hodnot pH ke snížení hodnot tvrdosti. Použití kyseliny pro snížení pH vedlo naopak ke zvýšení tvrdosti. V obou případech byly změny tím intenzivnější, čím k většímu posunu od původních hodnot došlo. Trendy závislosti vybraných texturních parametrů na složení ternárních směsí zůstaly beze změny.

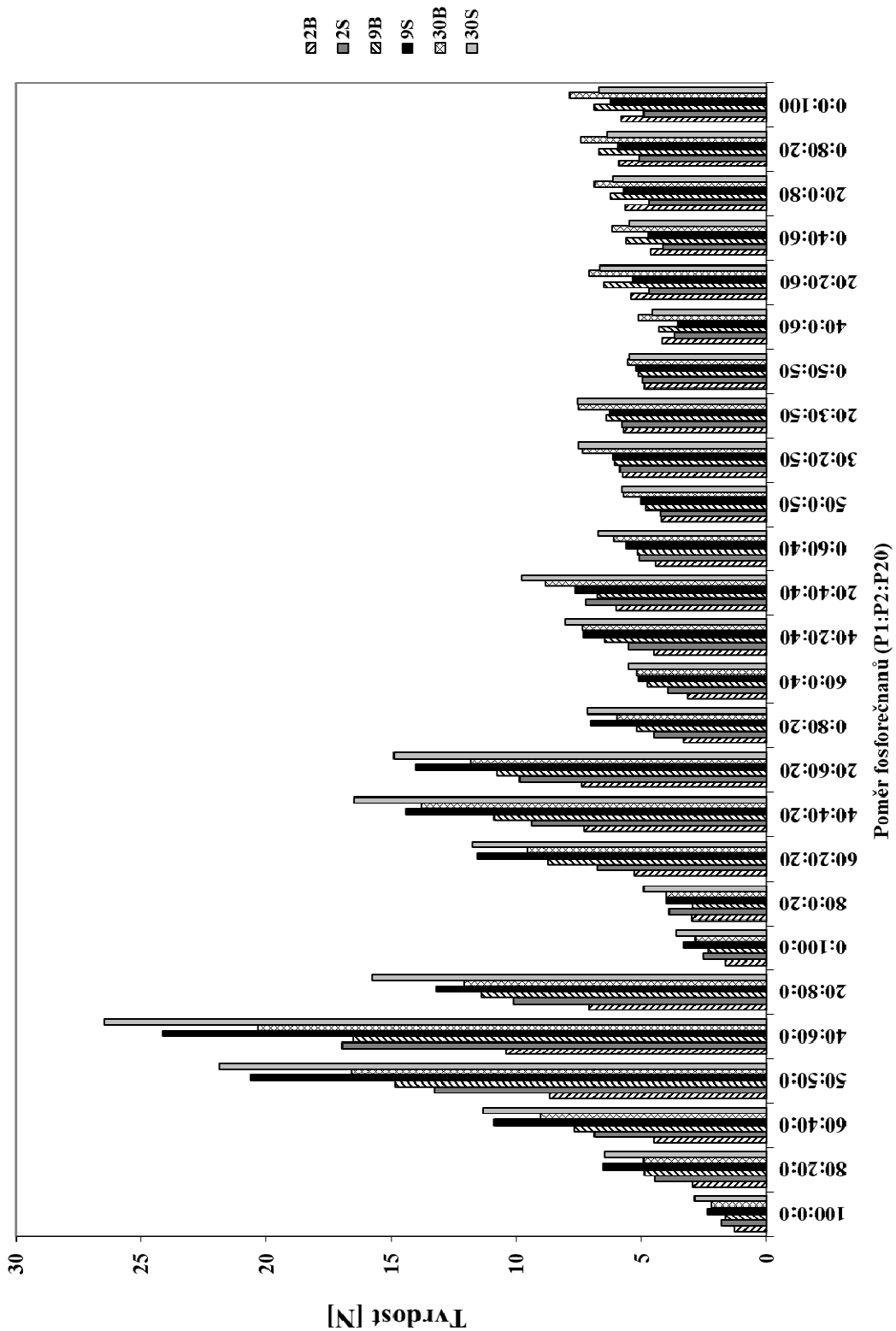


Graf 1: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 5 fosforů v molekule.

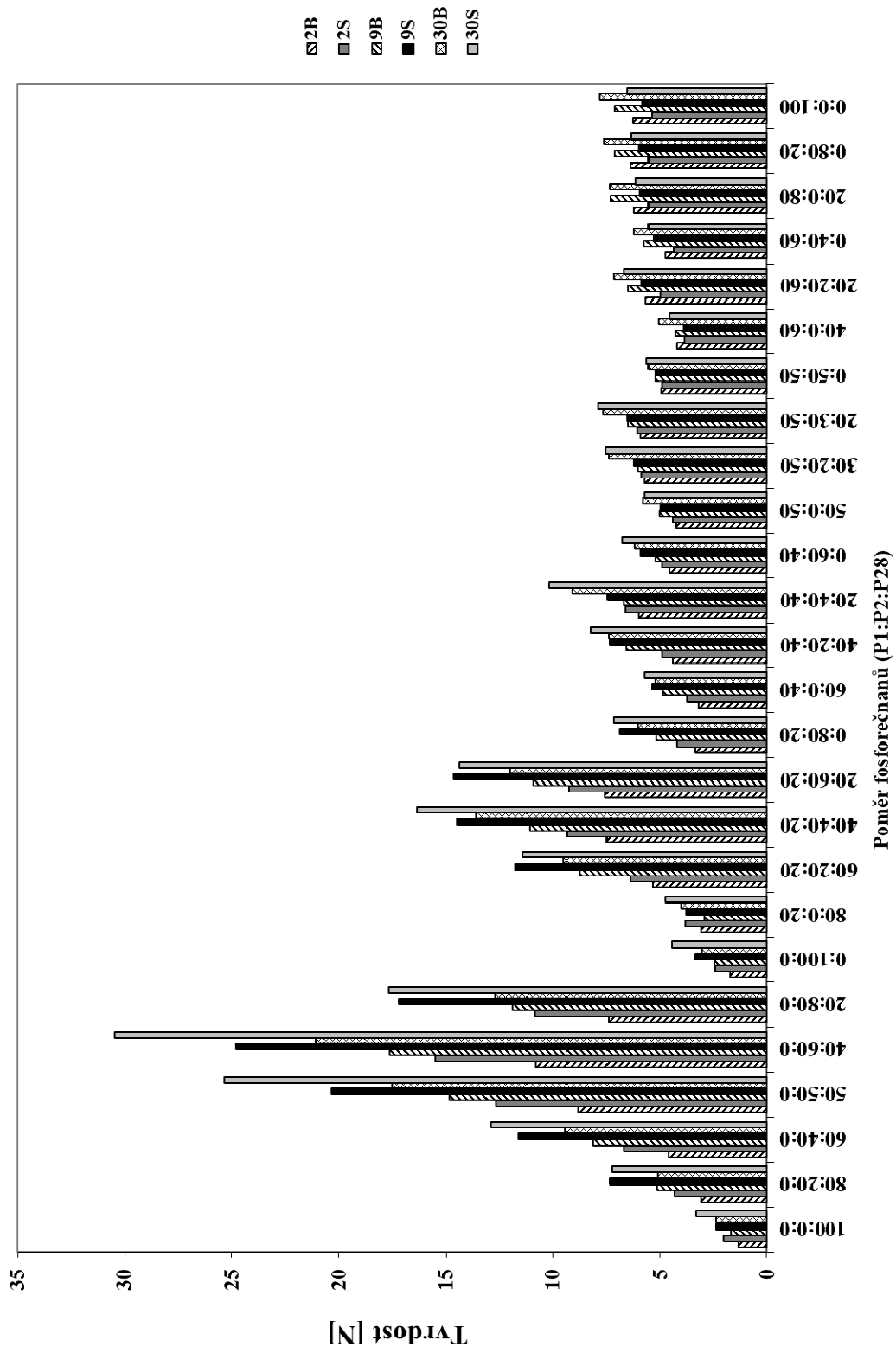




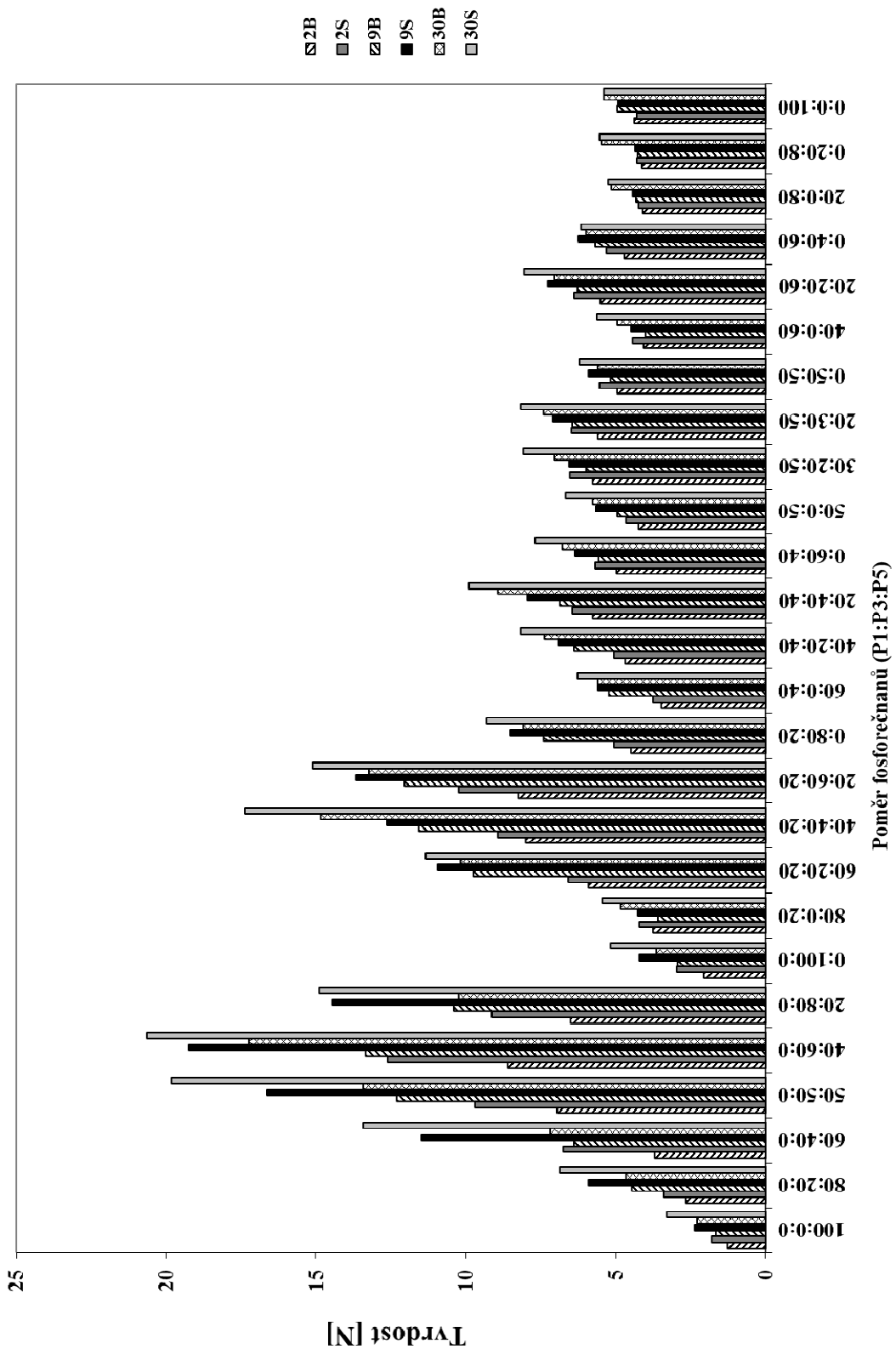
Graf 3: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 13 fosforů v molekule.



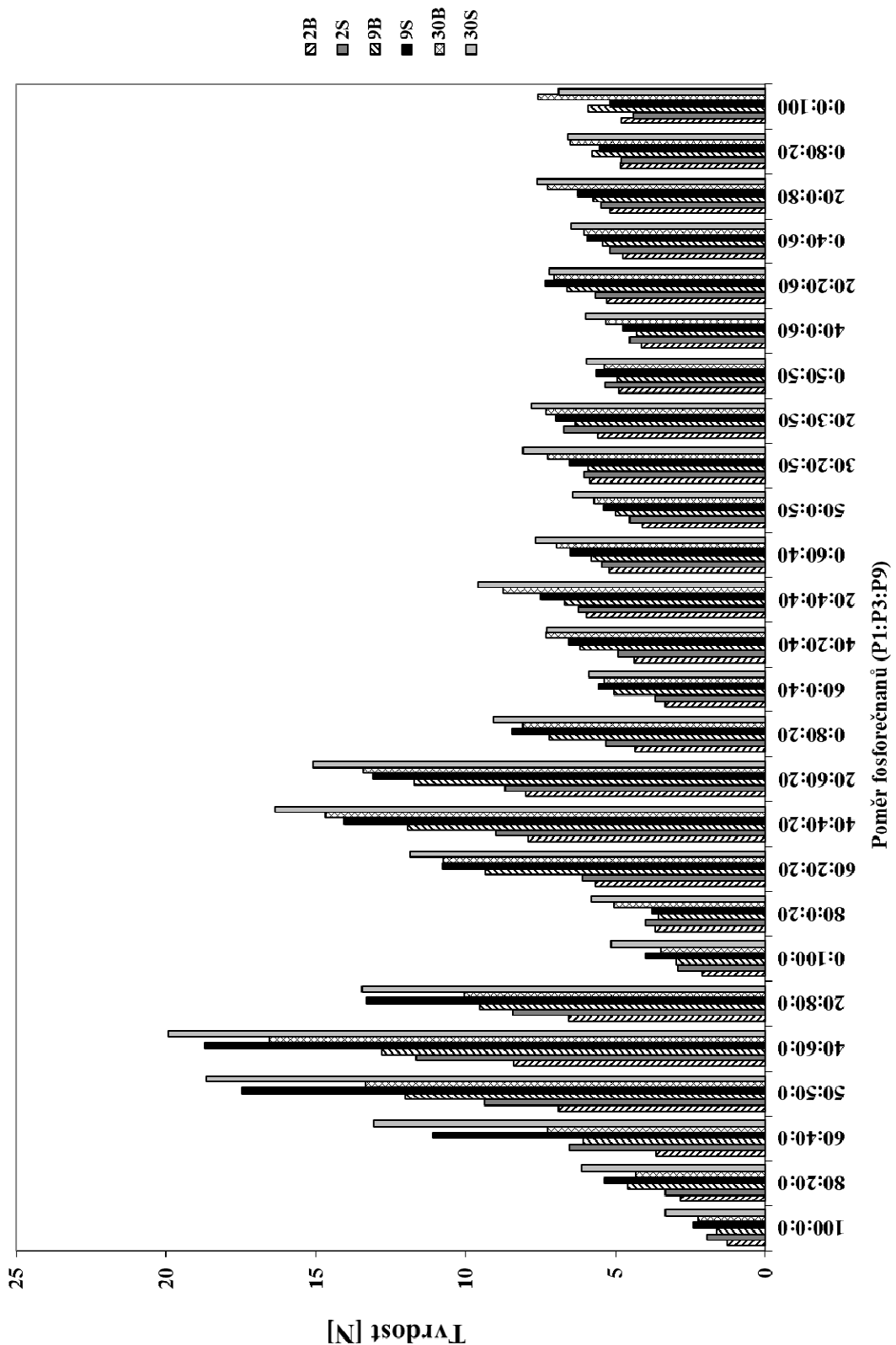
Graf 4: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 20 fosforů v molekule.



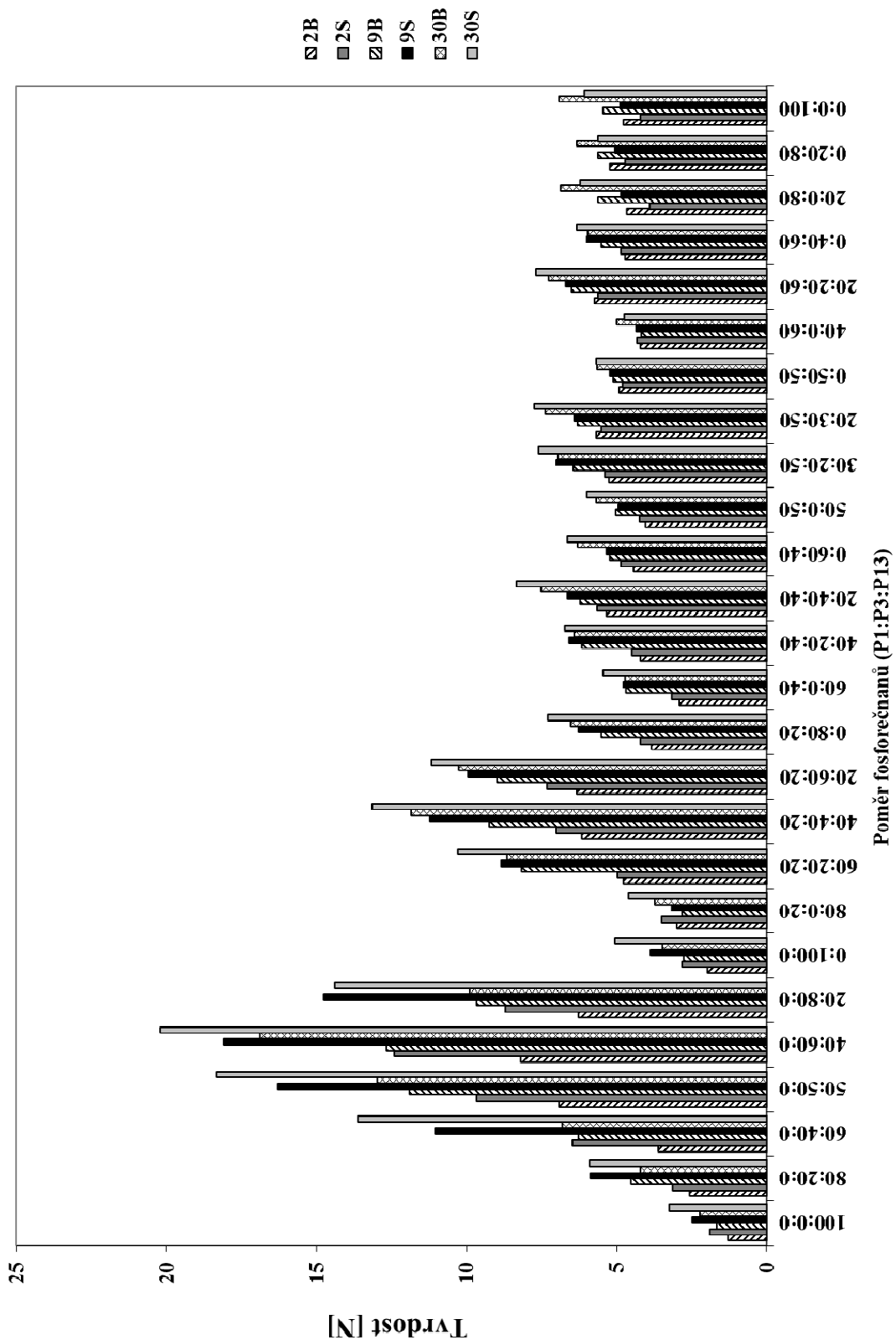
Graf 5: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 28 fosforů v molekule.



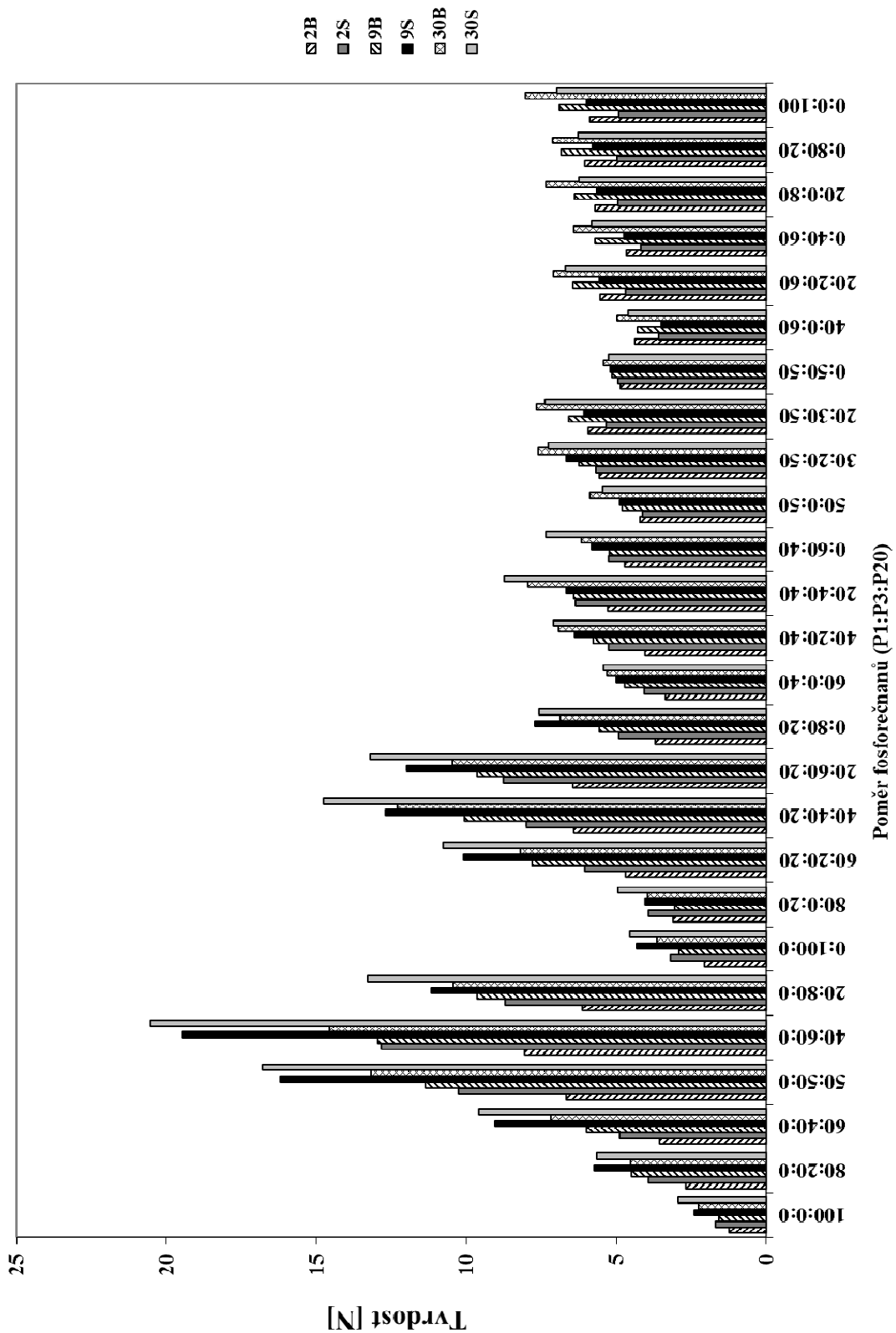
Graf 6: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, trifosforečnanu a polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 5 fosforů v molekule.



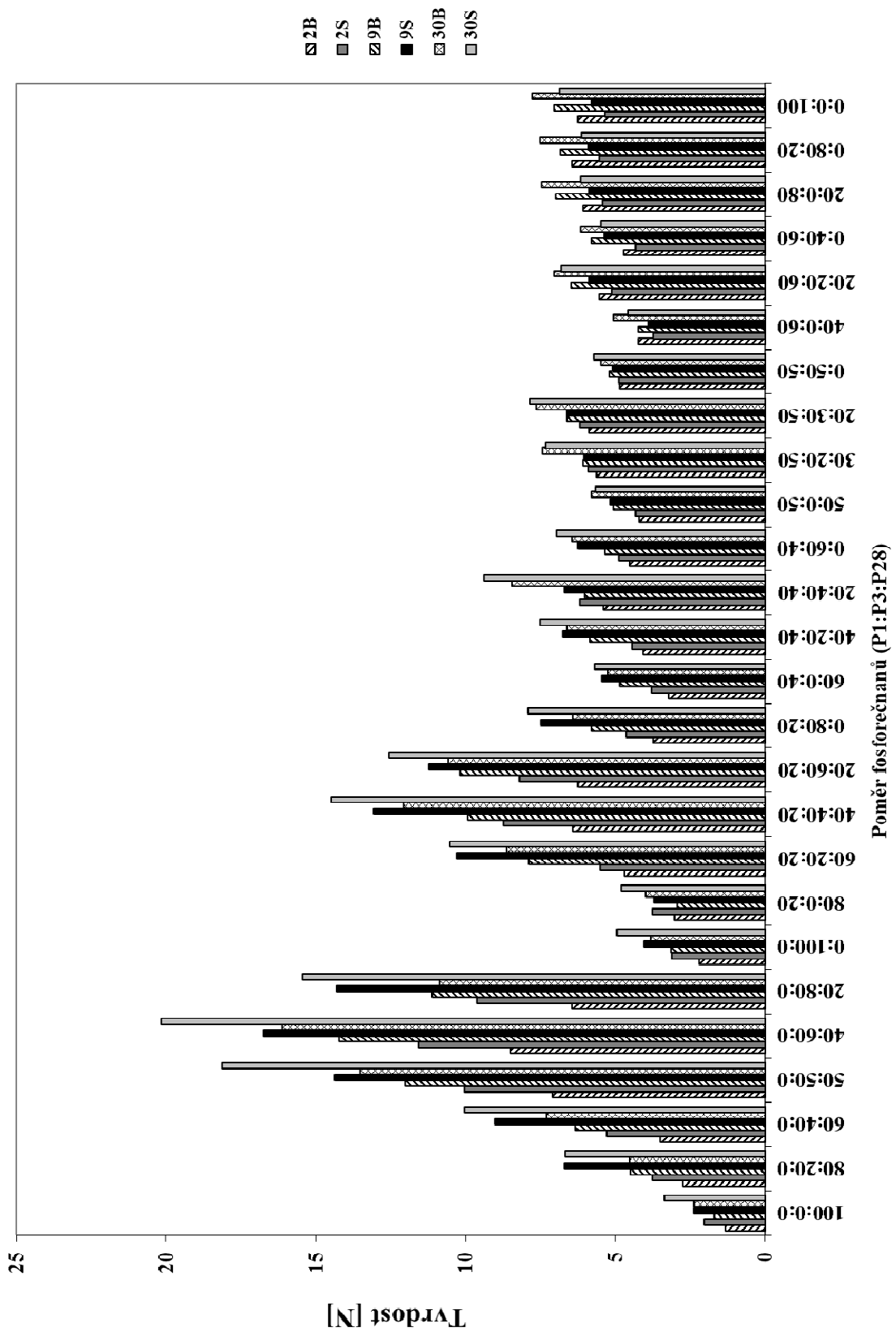
Graf 7: Závislost tvrdosti taveného syra na přídatku ternární směsi monofosforečnanu, trifosforečnanu a polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 9 fosforů v molekule.



Graf 8: Závislost tvrdosti taveného syra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, trifosforečnanu, polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 13 fosforů v molekule.



Graf 9: Závislost tvrdosti taveného syra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, trifosforečnanu, polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 20 fosforů v molekule.



Graf 10: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, trifosforečnanu, polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 28 fosforů v molekule.

6.3 Kohezivnost a relativní lepivost

Hodnoty kohezivnosti se pohybovaly v rozmezí 0,49–0,60. V případě, že byly vyrobeny vzorky s obsahem polyfosforečnanu v ternární směsi nižším než 60 %, byl nalezen specifický poměr pro monofosforečnan a difosforečnan (1:1-1:2), ve kterém došlo k rychlému poklesu hodnot kohezivnosti (0,50; 40:40:20, 0,52;20:40:40). Vychýlením od tohoto poměru byl pozorován prudký nárůst (0,56; 30:20:50). Zvýšení obsahu polyfosforečnanu v ternární směsi vedlo rovněž k nárůstu kohezivnosti, ale ten byl již pozvolný (0,57; 20:20:60). Tento trend byl pozorován při použití všech typů polyfosforečnanů, přičemž ani výměna difosforečnanu za trifosforečnan nevedla k odchýlení od výše popsaných jevů. Faktor, jenž mírně ovlivňoval výšku hodnot kohezivnosti, byla délka skladování. Měření po 30 dnech vykazovalo vyšší hodnoty oproti 2 a 9 dnu, ale většinou se jednalo o statisticky nevýznamné změny ($P \geq 0,05$).

Hodnoty relativní lepivosti jednotlivých vzorků tavených sýrů se pohybovaly v rozmezí 0,29–0,41. V tomto případě byl rovněž nalezen specifický poměr mezi monofosforečnanem a difosforečnanem při obsahu polyfosforečnanu nižším než 60 % a to 1:1-3:4, přičemž vývoj hodnot měl stejný trend, jako tomu bylo u kohezivnosti (0,34; 40:40:20, 0,32; 20:40:40). Jediný rozdíl byl nalezen v délce skladování. Prodlužující se délka skladování snižovala hodnoty relativní lepivosti oproti předchozím měřicím dnům, ale změny opět nebyly statisticky významné, stejně jako tomu bylo i u kohezivnosti (0,32; 40:40:20, 0,31; 20:40:40).

Ve druhé sérii vzorků, ve kterých bylo upraveno pH, vedl přídavek hydroxidu pro zvýšení hodnot pH ke snížení hodnot kohezivnosti (0,52; 40:40:20), naopak relativní lepivost se mírně zvyšovala (0,36, 40:40:20).

Použití kyseliny pro snížení pH vedlo naopak ke zvýšení kohezivnosti, relativní lepivost se snižovala (0,31, 20:40:40). V obou případech byly změny tím intenzivnější, čím k většímu posunu od původních hodnot došlo. Trendy závislosti vybraných texturních parametrů na složení ternárních směsí zůstaly beze změny.

6.4 Souhrnná diskuze

Cílem této práce bylo vyrobit modelové vzorky tavených sýrů za pomoci dvou různých ternárních směsí tavicích solí. První směs obsahovala monofosforečnan, difosforečnan a polyfosforečnan sodný. Ve druhé směsi byl difosforečnan nahrazen trifosforečnanem. Obě směsi obsahovaly polyfosforečnany s různým počtem atomů fosforu v molekule a to se střední délkou 5, 9, 13, 20 a 28 fosforečnanových zbytků. Vzorky byly vyráběny bez úpravy konečné hodnoty pH, tak i s úpravou pH.

Modelové vzorky byly podrobeny analýze ve třech měřicích dnech (2. 9. a 30.) od data výroby a během této doby byly skladovány při teplotě $6\text{ °C} \pm 2$. Pro srovnání modelových vzorků byla provedena chemická analýza (pH, sušina) a měřeny byly hodnoty tvrdosti, relativní lepivosti a kohezivnosti texturní profilovou analýzou.

V případě sušiny se podařilo vyrobit modelové vzorky s požadovaným obsahem parametru ($40\% \pm 1\% \text{ w/w}$) přičemž naměřené hodnoty se pohybovaly v rozmezí 39,66 – 40,51 % (w/w) pro všechny měřené dny. Lze tedy říci, že se podařilo vyrobit vzorky se srovnatelnými hodnotami. Lee *et al.* [45] uvádí, že se zvyšujícím se obsahem sušiny dochází ke změnám reologických vlastností, pH a zvětšení poměru objemu k povrchu tukových kuliček. Možné vlivy těchto faktorů mohly být tedy zanedbány a výsledky texturní profilové analýzy byly mezi sebou porovnatelné.

V případě pH by se optimální hodnota měla pohybovat v rozmezí 5,60 až 6,00. V ternární směsi s difosforečnanem se naměřené hodnoty pH pohybovaly výrazně pod i nad tímto rozmezím. Ternární směs s trifosforečnanem vykazovala ve srovnání s difosforečnanem mírně nižší hodnoty pH. Dimitreli *et al.* [46], sledovali změnu hodnoty pH v závislosti na použité tavicí soli. Výsledkem bylo, že nejvíce snižují hodnotu pH polyfosforečnany a nejméně monofosforečnany vlivem jejich hydrolyzy, což nejspíše ovlivnilo hodnoty pH i v ternárních směsích, kde převažoval difosforečnan ve srovnání s trifosforečnanem.

Ani u jedné ternární směsi nebyl pozorován specifický nárůst či pokles hodnot pH s měnící se délkou polyfosforečnanového řetězce. Teorii Dimitreli *et al.* [46] tedy nelze aplikovat, pokud srovnáváme ternární směsi s měnícím se polyfosforečnanem. Vliv hydrolyzy v tomto případě asi není tak signifikantní.

Ani v případě úpravy pH nebyl pozorován měnící se trend stejně jako tomu bylo u vzorků bez úpravy pH. Pokud bylo upraveno pH pomocí HCl, tvrdost vzorků mírně vzrostla. Naopak při použití NaOH tvrdost vzorků klesla. Zvýšení pH přispívá k vytváření stabilního produktu tím, že zvyšuje odštěpovací schopnost vápníku, zvyšuje záporný náboj kaseinů a elektrostatické odpuzivé síly v kaseinové matici. To vede ke vzniku otevřenější a volnější sítě s lepší vazností vody a s lepšími emulgačními schopnostmi a ke zvýšení tvrdosti taveného sýra [35,46]. Nagyová *et al.* [47] vysvětlují tento jev prostřednictvím nábojů na kaseinových bílkovinách. Pokud se hodnoty pH přibližují izoelektrickému bodu kaseinů (uzančně $pI \approx 4,6$), pak se náboje na kaseinech vyrovnávají a jednotlivé řetězce se více přitahují. Naopak při vzdalování se od izoelektrického bodu kaseinů (zejména při pH nad 6,0) převládají na řetězcích záporné náboje, které zvyšují vzdálenost mezi proteiny, čímž se struktura stává méně tuhou.

V průběhu 30 denního skladování se tvrdost vzorků mírně zvyšovala. Shirashoji *et al.* [48] uvádí, že na zvyšování tvrdosti tavených sýrů v průběhu skladování může mít vliv hydrolyza fosforečnanových tavicích solí. Narůstající hodnoty tvrdosti s dobou skladování popsal rovněž Flourey *et al.* [49], který uvádí, že v průběhu skladování lze předpokládat větší interakce v oblasti vazby vody a pravděpodobně také interakcí mezi kaseinovými bílkovinami, které „dotvoří“ finální matici taveného sýra a výsledkem jsou tedy vyšší hodnoty tvrdosti.

Při konstantním obsahu polyfosforečnanu ≤ 60 % v ternárních směsích tavicích solí byly hodnoty tvrdosti rapidně vyšší než při vyšším obsahu polyfosforečnanu. Zároveň s tímto jevem byl nalezen i specifický poměr P1:P2 a P1:P3 pohybující se v intervalu 1:1–3:4. Pokud se poměr vychýlil z uvedeného intervalu, došlo k rapidnímu poklesu hodnot tvrdosti. Vysvětlení uvádí ve své práci Buňka *et al.* [50], kteří zmiňují, že velmi nízký nebo nulový obsah polyfosforečnanu ve směsích s monofosforečnanem a difosforečnanem pravděpodobně vede ke vzniku silných gelů kaseinových proteinů, což je způsobeno přítomností difosforečnanu. Difosforečnany vyvolávají gelaci kaseinu a fungují jako efektivní zprostředkovatelé síťování v rámci komplexu s ionty vápníku. Tyto sloučeniny jsou v komplexu s ionty vápníku schopny snížit elektrický náboj, což by mohlo vést k usnadnění hydrofobních interakcí mezi hydrofobními segmenty kaseinů. Ve stejném okamžiku by byly malé molekuly monofosforečnanů schopny pronikat do zesíťovaných kaseinů a silně se vázat vodu, což také zvyšuje sílu gelu. Jiné vysvětlení

se drží teorie, ve které difosforečnan umožňuje překonat síly mezi vápenato-difosforečnanovými komplexy a kaseiny. Předpokládá se, že existuje optimální množství difosforečnanu v tavenině, která vede k vytvoření silnější matrice a tužšího sýra.

Při zvyšujícím se obsahu P20 > 60 % se hodnota tvrdosti snižovala. Možné vysvětlení by mohlo spočívat ve schopnosti polyfosforečnanů poskytnout více záporné náboje na přítomné kaseiny, jak uvádí Buňka *et al.* [50]. Atraktivní hydrofobní interakce mezi kaseiny jsou sníženy v systémech s více záporně nabitými kaseiny. Účinek konkrétního poměru monofosforečnanu a difosforečnanu se snižuje a mizí při zvýšení relativního obsahu polyfosforečnanu nad 60 %. Takové vysoké relativní zastoupení polyfosforečnanu vede k získání dominantního vlivu polyfosforečnanu na tvorbu gelu ve struktuře tavených sýrů.

Srovnání jednotlivých polyfosforečnanů v ternárních směsích vedlo k závěru, že pro každou ternární směs existoval specifický poměr, při kterém se tvrdost rapidně zvyšovala, přičemž mírně vyšší hodnoty byly naměřeny pro 20 % polyfosforečnanu se střední délkou řetězce 5 a 9 fosforů v molekule a 40 a 50 % polyfosforečnanu se střední délkou řetězce 5 a 13. Tento jev lze vysvětlit hydrolyzou polyfosforečnanů. Zvyšující se množství nehydrolyzovaných polyfosforečnanů nebo jejich více hydrolyzované produkty mohou převažovat nad úrovní trifosforečnanu nebo difosforečnanu. Tyto produkty mohou vázat ionty vápníku, což vede k vyšší tvorbě vápenato-fosforečnanových vazeb a v konečném důsledku k vyšší tvrdosti [51].

Při náhradě difosforečnanu za trifosforečnan došlo ke snížení absolutních hodnot tvrdosti. Tvorba větší síly gelu je v porovnání těchto dvou fosforečnanů na straně difosforečnanu, a proto byly modelové vzorky tvrdší [52].

Při konstantním obsahu P20 \leq 60 % došlo k rychlému poklesu kohezivnosti a relativní lepivosti vzorků při poměru P1:P2 a P1:P3 v intervalu 1:1-1:2 pro kohezivnost a 1:1-3:4 pro relativní lepivost. Vychýlení se z tohoto specifického intervalu, mělo za následek nárůst hodnot. Tento trend byl pozorován pro všechny vzorky bez ohledu na délku polyfosforečnanového řetězce. Relativní lepivost se v průběhu 30 denního skladování mírně snižovala a kohezivnost mírně zvyšovala. Změny v hodnotách relativní lepivosti popisuje ve své práci Awad *et al.* [53], kteří příčinu ve změně relativní lepivosti vidí v efektu tavicích solí na změny kaseinu a jeho následné peptizaci, čímž může být finální

struktura taveného sýra více či méně elastická. Změny v hodnotách kohezivnosti mohou souviset se změnami pH modelových vzorků, jak uvádí ve své práci Sádliková *et al.* [51]. Relativní lepivost se v průběhu 30 denního skladování mírně snižovala a kohezivnost mírně zvyšovala. Při konstantním obsahu $P_{20} \leq 60 \%$ došlo k rychlému poklesu kohezivnosti vzorků při poměru P1:P2 a P1:P3 v intervalu 1:1-3:4. Vychýlení se z tohoto specifického intervalu mělo za následek nárůst relativní lepivosti a kohezivnosti.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo teoreticky popsat princip výroby tavených sýrů, charakterizovat vlastnosti fosforečnanových tavicích solí a zkoumat jejich úlohu v matici taveného sýra.

Úkolem praktické části bylo vyrobit modelové vzorky tavených sýrů s použitím dvou typů ternárních směsí tavicích solí. Byly vyrobeny vzorky bez úpravy pH a s úpravou hodnot pH. Jako součást ternárních směsí tavicích solí byl použit polyfosforečnan s různou střední délkou řetězce. Analýza vzorků probíhala vždy 2., 9. a 30. den od výroby a to chemická (pH, sušina pro možnost srovnání jednotlivých modelových vzorků) a texturní profilová analýza (tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost).

Z výsledků lze vyvodit tyto závěry:

- vzorky vyrobené bez úpravy pH vykazovaly vyšší hodnoty pH při použití difosforečnanu ve srovnání s trifosforečnanem; přičemž ani pro vzorky bez úpravy pH ani s úpravou pH nebyl nalezen specifický trend měnících se hodnot v závislosti na specifickém poměru fosforečnanů nebo délce polyfosforečnanového řetězce;
- byl nalezen specifický poměr monofosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu, který zvyšoval tvrdost tavených sýrů;
- při vzájemném poměru monofosforečnanu a difosforečnanu v ternární směsi v rozmezí 1:1-3:4 vykazovaly tavené sýry nejvyšší tvrdost oproti ostatním vzorkům; vliv specifického poměru mezi monofosforečnanem a difosforečnanem byl pozorován při obsahu polyfosforečnanu do 60 %, přičemž při vychýlení od výše popsaného poměru hodnoty tvrdosti rapidně klesaly;
- při obsahu polyfosforečnanu nad 60 % nebyl specifický poměr pozorován;
- nahrazení difosforečnanu trifosforečnanu vedlo ke snížení hodnot tvrdosti, přičemž specifický poměr zůstal zachován;
- hodnota specifického poměru mono- a difosforečnanu (1:1-1:2) při obsahu polyfosforečnanu do 60 % vykazovala rychlý pokles kohezivnosti
- pro relativní lepivost byl pozorován obdobný trend; specifický poměr byl v tomto případě 1:1-3-4.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BERGER, W. KLOSTERMEYER, H. MERKENICH, K. & UHLMANN, G., 2002: Processed Cheese Manufacture. A JOHA Guide; Ladenburg: BK Giulini Chemie GmbH & Co. OHG
- [2] KOPÁČEK, J., LIKLER, L., Tavené sýry – švýcarský vynález, ale tak trochu český fenomén. Potravinářský zpravodaj, 2010, č.6, s.33-34
- [3] MULSOW, B. B., JAROS, D., ROHM, H. Processed Cheese and Cheese Analogues. *Structure of Dairy Products*. s. 210–235. Blackwell Publishing Ltd, 2007. ISBN 9780470995921.
- [4] TAMIME, A. Y. Processed Cheese and Analogues. Chichester : Wiley : 2011. ISBN:9781444341829.
- [5] DOSTÁLOVÁ, J., ČURDA, L. *Význam tavených sýrů ve výživě*. VŠCHT Praha, 2005. [cit. 2012-03-25], Dostupný online z WWW: www.zdravykorinek.cz/Files/pro_media/tm_vyznam_tavenych_syru.doc
- [6] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb. Pro mléko a mléčné výrobky, mražené a jedlé tuky a oleje, v platném znění. Seznam použitých symbolů a zkratk
- [7] CARIĆ, M. a KALÁB, M. Processed cheese products. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 1997, 2, 467-505.
- [8] FOX, P. F., GUINEE, T.P., COGAN, T. M., McSWEENEY, P. L. H. Fundamentals of Cheese Science. Processed cheese and substitute or imitation cheese products. Springer 2000. ISBN 978-0-8342-1260-2
- [9] FORMAN, L. Mlékárenská technologie II., Praha: VŠCHT, 1996, ISBN 80-70-7080-250-2
- [10] GAJDŮŠEK, S. Mlékařství II. Brno: MZLU, 1. vyd., 1998. 142 s. ISBN 80-7157-342-6
- [11] ZIMÁK, E., Technologie pro 4. ročník střední průmyslové školy studijního oboru zpracování mléka. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1988, 362 s.

- [12] BUŇKA, F., ŠTĚTINA J., HRABĚ J., The effect of storage temperature and time on the consistency and colour of sterilized processed cheese. *European Food Research and Technology* [online]. 2008, vol. 228, iss. 2, s. 223-229. [cit. 2013-04-22]. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/content/845677mx041253x5/>.
- [13] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., KRÁČMAR, S. Základní principy výroby tavených sýrů [monografie]. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita, 2009, 72 s.
- [14] BUŇKA, F., ČERNÍKOVÁ, M., HLADKÁ, K., BUŇKOVÁ, L., Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářský zpravodaj*, 2010, č.6, s.30.
- [15] BACHMANN, H. P. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*. 2001, 11, 505-515.
- [16] KAPOOR, R., METZGER, L., Process Cheese: Scientific and Technological Aspects – A review, *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 7, 2008, Institut of Food Technologists.
- [17] ZEHREN V. L., NUSBAUM D. D., 2000. Processed cheese. 2nd ed. Madison, Wis.: Cheese Reporter Publishing Co. Inc
- [18] TAMINE A. Y. Processed cheese and analogues, Ames : Wiley-Blackwell, 2011, ISBN:978-1-4051-8642-1
- [19] BOHÁČ, V. Výroba tavených sýrů, Praha: SNTL 1964,
- [20] HERIAN, K., Problematika zabezpečenia kvality syrov a ich kontrola (čerstvých, zrejúcích bez obalu, parených, tavených). *Zborník prednášok ze školenia*. Žilina, apríl 2001., s. 33-40.
- [21] BUŇKA, F., HRABĚ, J., HOZA, I., 2006: Tavené sýry. *Potravinářská revue*, 3, s. 13-16. ISSN 1801-9102
- [22] DRDÁK, M., STUDNICKÝ, J., MÓROVÁ E., KAROVIČOVÁ J., Základy potravinářských technologií, Bratislava: MALÉ CENTRUM, 1996. 512 s. ISBN 80-967064-1-1

- [23] Mlékárenská technologie II: distanční text. 2007, Dostupné z www: http://utbfiles.cepac.cz/moduly/M0029_mlekarenska_technologie/distancni_text_II/modul.x
- [24] INDRA, Z., MIZERA, J., Chemické kontrolní metody pro obor zpracování mléka: učebnice pro střední průmyslové školy potravinářské. 1992. [s.l.] : [s.n.], 1992. 273 s. č.j.13197/92
- [25] CARIC, M., KALÁB, M. Processed cheese products. In Fox, P.F (ed.) Cheese: Chemistry, Physics and Mikrobiology. Volume 2. Major Cheese Groups, 2. ed. Elsevier Applied Science, London and New York, 1997. 467 – 505 s.
- [26] ALVES, R. M. V. a kol. Effect of light and packages on stability of spreadable processed cheese. *International Dairy Journal*. 2007, roč. 17, č. 4, s. 365–373. doi: 10.1016/j.idairyj.2006.04.004
- [27] GUINEE, T.P., CARIC, M., KALÁB, M. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. 2004. Cheese: Chemistry, Physics and Mikrobiology, Third edition – Volume 2: Major Cheese Groups, ISBN 0-1226-3653-8.
- [28] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin (v platném znění).
- [29] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., 2009: Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská revue*, 1, s. 13-15. ISSN 1801-9102
- [30] MIZUNO, R; LUCEY, J A. Effects of Emulsifying Salts on the Turbidity and Calcium-phosphate-protein Interactions in Casein Micelles. *Journal of Dairy Science*, 2005, Vol.88(9), Pp.3070-8. 2005, vol. 88, no. 9 s. 3070-3078. ISSN:1525-3198.
- [31] MIZUNO, R; LUCEY, J A. Properties of Milk Protein Gels Formed by Phosphates. *Journal of Dairy Science*, 2007, Vol.90(10), Pp.4524-31. 2007, vol. 90, no. 10 s. 4524-4531. ISSN:1525-3198.
- [32] GUINEE, T.P., Effects of Natural Cheese Characteristics and Processing Conditions on Rheology and Texture: The Functionality of Cheese Components in the

- Manufacture of Processed Cheese; *Processed Cheese and Analogues*, First Edition, Published 2011 by Blackwell Publishing Ltd.
- [33] CUNHA, C. R; VIOTTO, W. H. Casein Peptization, Functional Properties, and Sensory Acceptance of Processed Cheese Spreads Made with Different Emulsifying Salts .(Report). *Journal of Food Science*, Jan-Feb, 2010, Vol.75(1), P.C113-C120. 2010, vol. 75, no. 1 s. C113-C120-C113-Feb,. ISSN:0022-1147.
- [34] KYSELINA FOSFOREČNÁ, - bezpečnostní list [online]. Dostupné z: http://www.pentachemicals.eu/bezp_listy/k/bezplist_55.pdf
- [35] WEISSEROVÁ, E., Vliv složení binárních a ternárních směsí fosforečnanových tavicích solí na texturní vlastnosti tavených sýrů, UTB Zlín, 2012, [Disertační práce]
- [36] LU, Y. Y., SHIRASHOJI, N. N., & LUCEY, J. A. (2008). Effects of pH on the Textural Properties and Meltability of Pasteurized Process Cheese Made with Different Types of Emulsifying Salts. *Journal Of Food Science*, 73(8), E363-E369. doi:10.1111/j.1750-3841.2008.00914.x.
- [37] MARCHESSEAU, S., GASTALDI, E., LAGAUDE, A., CUQ, J.L., Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science*. 80, 1997, s. 1483-1489.
- [38] MYNARČÍKOVÁ, E., Textura tavených sýrů s různou kombinací alginátu sodného, UTB Zlín, 2012, [Bakalářská práce]
- [39] RICHTER, M., Chemie a technologie sloučenin fosforu. In: *Universita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí: Katedra technických věd* [online]. 2007-02-23 [cit. 2012-06-22]. Dostupné z: http://fzp.ujep.cz/.../Chemie_a_technologie_sloucenin_fosforu.pdf
- [40] KORCOVÁ, M., Využití organických kyselin v potravinářském průmyslu, UTB Zlín, 2009, [Bakalářská práce]
- [41] JULIANE F., BÉNÉDICTE C., FLORENCE R., CHRISTELLE L., J.P. TISSIER, M. H. FAMELART. Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationship. *LTW – Food Science and Technology*, 2009, vol. 42, p. 1611-1620. ISSN 0023-6438.

- [42] BOURNE, M., Food texture and Viscosity: Concept and Measurement. 2nd ed. San Diego: Elsevier Science: 2002, ISBN: 9780080491332
- [43] HOZA, I., ROP, P., VALÁŠEK, P., Teoretické principy konzervace potravin I., Hlavní konzervářské suroviny. 1. Vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2005, s.6, 36. ISBN 80-7318-339-0.
- [44] CHEN, J. Food oral processing - A review. *Food Hydrocolloids*. 2009, roč. 23, č.1, s. 1–25. doi: 10.1016/j.foodhyd.2007.11.013
- [45] LEE, S.K., ANEMA, S., KLOSTERMEYER, H. (2004) The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology*
- [46] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A. S. & SMITH, P. G. Effect of Emulsifying Salts on Casein Peptization and Apparent Viscosity of Processed Cheese. *International Journal of Food Engineering*. 2005
- [47] NAGYOVÁ, G., et al. (2012) The effect of Chain Length of Phosphate on Texture Properties of Processed Cheese Spreads
- [48] SHIRASHOJI, N; JAEGGI, 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, Vol.93(7), Pp.2827-2837. 2010, vol. 93, no. 7 s. 2827-2837. ISSN:0022-0302.
- [49] FLOURY, J., B. CAMIER, F. ROUSSEAU, Ch. LOPEZ, J. P. TISSIER, M. H. FAMELART, Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationship. *LTW-Food Science and Technology*, 42, 2009. p. 1611-1620. ISSN 0023-6438
- [50] BUŇKA F., DOUDOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., et al., The effect of ternary emulsifying salt composition and cheese maturity on the textural properties of processed cheese, *International Dairy Journal* 29 (2013)
- [51] SÁDLÍKOVÁ, I., BUŇKA, F., BUDINSKÝ, P., VOLDÁNOVÁ, B., PAVLÍNEK, V., & HOZA, I. (2010). The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie e Food Science and Technology*, 43, 1220e1225.

- [52] WEISEROVÁ, E., DOUDOVÁ, L., GALIOVÁ, L., et al. (2011) The effect of combinations of sodium phosphates in Binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. *International Dairy Journal*, 21, 979-986.
- [53] AWAD, R. A., Abdel-Hamid L. B, El-Shabrawy, S. A. and Singh R. K., Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures, *LWT-Food Science and Technology*, 2002, 35, 54-61. ISSN 0023-6438.
- [54] DOSTÁLOVÁ, J. a ČURDA, L., Význam tavených sýrů ve výživě. In: *Fórum zdravé výživy* [online].[cit.20011-08-10]. Dostupné na: <http://www.fzv.cz/pro-media/tiskove-materialy/starsi-tiskove-materialy/vyznam-tavenych-syru-ve-vyzive/154-vyznam-tavenych-syru-ve-vyzive.aspx>
- [55] EL-BAKRY, M., DUGGAN, E., O'RIORDAN, E.D., O'SULLIVAN, M., Small scale imitation cheese manufacture using a Farinograph LWT - *Food Science and Technology*, Volume 43, Issue 7, September 2010, Pages 1079–1087 <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2010.02.013>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

t.v.s tuk v sušině

tzv. takzvaný

Sb. Sbírka

MPa megapascal

mM milimol

w/w hmotnostní procento

mm milimetr

HCl kyselina chlorovodíková

NaOH hydroxid sodný

Tab. Tabulka

Obr. Obrázek

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Chemická reakce výměny iontů sodíku za ionty vápníku při procesu tavení (A - anion tavící soli, SER – serinové zbytky, NaA – tavící sůl obsahující sodný kation, CaA – tavící sůl s navázaným vápenatým kationtem) [13,29]</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 2 Znárodnění křivky získané pomocí texturní profilovou analýzou (převzato a upraveno dle Chen) [44]</i>	<i>34</i>

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 <i>Sodné soli fosforečnanů používaných při výrobě tavených sýrů a hodnoty pH jejich 1% (w/w) vodných roztoků</i>	24
Tab. 2 <i>Citronany používané při výrobě tavených sýrů a hodnoty pH jejich 1% (w/w) vodných roztoků</i>	29
Tab. 3 <i>Hodnoty pH pro ternární směsi P1:P2:P(5,9,13,20,28); číslem za P je vyjádřena střední délka řetězce; bez úpravy pH, zprůměrován 2., 9. a 30. den měření</i>	35
Tab. 4 <i>Hodnoty pH pro ternární směsi P1:P3:P(5,9,13,20,28); číslem za P je vyjádřena střední délka řetězce; bez úpravy pH, zprůměrován 2., 9. a 30. den měření</i>	36

SEZNAM GRAFU

<i>Graf 1: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 5 fosforů v molekule.....</i>	<i>39</i>
<i>Graf 2: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 9 fosforů v molekule.....</i>	<i>40</i>
<i>Graf 3: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 13 fosforů v molekule.....</i>	<i>41</i>
<i>Graf 4: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 20 fosforů v molekule.....</i>	<i>42</i>
<i>Graf 5: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 28 fosforů v molekule.....</i>	<i>43</i>
<i>Graf 6: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, trifosforečnanu a polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 5 fosforů v molekule.....</i>	<i>44</i>
<i>Graf 7: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, trifosforečnanu a polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 9 fosforů v molekule.....</i>	<i>45</i>
<i>Graf 8: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, trifosforečnanu, polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 13 fosforů v molekule.....</i>	<i>46</i>
<i>Graf 9: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, trifosforečnanu, polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 20 fosforů v molekule.....</i>	<i>47</i>
<i>Graf 10: Závislost tvrdosti taveného sýra na přidavku ternární směsi monofosforečnanu, trifosforečnanu, polyfosforečnanu sodného se střední délkou řetězce 28 fosforů v molekule.....</i>	<i>48</i>