

Ing. Eva Weiserová

**VLIV SLOŽENÍ BINÁRNÍCH A TERNÁRNÍCH SMĚSÍ
FOSFOREČNANOVÝCH TAVICÍCH SOLÍ NA TEXTURNÍ
VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ**

**THE EFFECT OF OF BINARY AND TERNARY PHOSPHATE
EMULSIFYING SALT MIXTURES COMPOSITION ON PROCESSED
CHEESE SPREADS TEXTURE PROPERTIES**

DIZERTAČNÍ PRÁCE

Program: P2901 Chemie a technologie potravin

Obor: 2901V013 Technologie potravin

Školitel: doc. Ing. František Buňka Ph.D.

Konzultant: doc. Ing. Rahula Janiš CSc.

Zlín, 2012

Motto:

„Když už člověk jednou je, tak má koukat, aby byl. A když už kouká, aby byl, a je, tak má bejt to, co je, a nemá bejt to, co není, jak tomu v mnoha případech je.“

Jan Werich

„Neříkej, že nemůžeš, když nechceš! Přijdou dny, kdy to bude daleko složitější a horší: budeš chtít a nebudeš moci.“

Jan Werich

Poděkování:

Touto cestou bych ráda poděkovala svému školiteli, doc. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. a konzultantovi doc. Ing. Rahulu Janišovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a náměty, které mi poskytovali během celého doktorského studia. Mé díky patří i kolegům, kteří se podíleli na některých analýzách.

Ráda bych vyjádřila svůj dík všem, kteří se jakýmkoliv způsobem přičinili na vzniku této dizertační práce. Také děkuji své rodině a blízkým za neutuchající podporu a víru nejen v tuto práci, ale i ve mně samotnou.

ABSTRAKT

Cílem dizertační práce bylo studovat vliv binárních a ternárních směsí vybraných fosforečnanových tavicích solí na texturní vlastnosti tavených sýrů. Vybranými tavicími solemi byly sodné soli monofosforečnanu, difosforečnanu, trifosforečnanu a polyfosforečnanu. Modelové vzorky tavených sýrů (40 % w/w sušina; 50 % w/w tuk v sušině) byly vyráběny za použití (i) binárních směsí tavicích solí, (ii) ternárních směsí tavicích solí a dále v závislosti na různé prozrálosti výchozí suroviny (2, 4 a 8 týdnů), (iii) ternárních směsí tavicích solí v závislosti na snižující se koncentraci těchto solí (3,0 %; 2,5 %; 2,0 %). V posledním experimentu byly vzorky vyrobeny jednak bez úpravy hodnoty pH, a dále i s úpravou hodnoty pH, a to za účelem eliminace vlivu hodnoty pH na texturní vlastnosti tavených sýrů. Vzorky byly podrobeny základní chemické analýze (obsah sušiny, hodnota pH) a texturní analýze (tvrdost, kohezivnost, relativní lepivost).

Tvrdost tavených sýrů se zvyšovala přidávkem fosforečnanů v následujícím pořadí: monofosforečnany < difosforečnany < trifosforečnany < polyfosforečnany. Při zvyšujícím se obsahu di- nebo trifosforečnanu (do 50-60%) ve směsi s monofosforečnanem se hodnoty tvrdosti tavených sýrů prudce zvyšují. Při následném zvýšení podílu di- nebo trifosforečnanu (ve směsi s monofosforečnanem) nad 60 % dojde k obdobně rapidnímu snižování tvrdosti tavených sýrů. Obdobný vztah byl zjištěn také při studiu vlivu různých ternárních směsí na texturu tavených sýrů. Pokud se vzájemný poměr monofosforečnanu s difosforečnanem pohyboval v rozmezí 1:1–3:4, byly tavené sýry velmi tvrdé. Toto pravidlo platilo při obsahu polyfosforečnanu do 60 %, přičemž s rostoucím obsahem polyfosforečnanu se vliv výše zmíněného specifického poměru snižoval. Při obsahu polyfosforečnanu nad 60 % již vliv specifického poměru mono- a difosforečnanu prakticky patrný nebyl. Hodnota specifického poměru mono- a difosforečnanu ovlivnila také kohezivnost a relativní lepivost modelových vzorků. Rostoucí zralost výchozí suroviny, stejně jako snižující se koncentrace tavicích solí má za následek pokles tvrdosti. Vzorky vyrobené s úpravou hodnoty pH taveniny vykazovaly stejné trendy jako vzorky bez úpravy hodnoty pH, byť absolutní hodnoty tvrdosti úpravou pH ovlivněny byly.

Klíčová slova: tavený sýr; fosforečnany; tavicí soli; texturní vlastnosti; tvrdost; kohezivnost; relativní lepivost.

ABSTRACT

The aim of this thesis was to study the influence of binary and ternary mixtures of selected phosphate emulsifying salts on the texture properties of processed cheese. The selected emulsifying salts were monophosphate, diphosphate, triphosphate and polyphosphate sodium salts. Model samples of processed cheese (40 % w/w dry matter, 50 % fat in dry matter) were prepared by using (i) binary mixtures of emulsifying salts, (ii) ternary mixtures of emulsifying salts, and depending on the different maturity of the raw material (i.e. 2, 4 and 8 weeks), (iii) ternary mixtures of emulsifying salts, dependent upon the decreasing concentration of these emulsifying salts (i.e. 3.0 %, 2.5 %, 2.0 %). In the last experiment, the samples were made without pH adjustment as well as with pH adjustment in order to avoid the influence of pH value on the texture properties of the processed cheese mixtures. All samples were evaluated using basic chemical analysis (i.e. dry matter content, pH value) and texture analysis (i.e. hardness, cohesiveness, relative adhesiveness).

The hardness of the processed cheese increased by various phosphates in the following order: monophosphates, diphosphate, triphosphate, polyphosphate. Increasing di- or triphosphates value (up to 50–60 %) in binary mixtures with monophosphate led to a rapid increase in the hardness of the processed cheese. The growing content of di- or triphosphate (up to 50–60 %) in a mixture with monophosphate led to sharp growth in hardness. Subsequent increases in the proportion of di- or triphosphate (in a mixture with monophosphate) above 60 % led to a rapid drop in the hardness of the processed cheese. A simile relationship was also found when the influence of ternary mixtures on the texture of processed cheese was studied.

If the monophosphate-diphosphate ratio was in the range of 1:1–3:4, the processed cheeses were very hard. This rule is applicable when the content of polyphosphate is up to 60 %; while increasing the polyphosphate content of the above-mentioned ratio led to a decrease. When the content of polyphosphate was above 60 %, the effect of the specific ratio of mono- and diphosphate was practically unnoticeable.

The value of of mono- and diphosphate specific ratio also affected the cohesiveness and relative adhesiveness of the model samples. The growing maturity of the raw material, as well as decreasing the concentration of emulsifying salts, resulted in a decreased hardness value. Samples made with pH adjustment showed the same trends as samples without pH adjustment, although the absolute hardness values were influenced by pH adjustment.

Keywords: processed cheese; phosphates; emulsifying salts; texture properties; hardness; cohesiveness; relative adhesiveness.

OBSAH

1	SEZNAM ILUSTRACÍ	8
2	SEZNAM TABULEK.....	11
3	SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	12
4	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	13
4.1	Tavené sýry	13
4.1.1	Suroviny pro výrobu tavených sýrů	14
4.1.2	Výroba tavených sýrů.....	15
4.2	Tavicí soli.....	16
4.2.1	Fosforečnanové tavicí soli	18
4.2.2	Citronanové tavicí soli.....	22
4.3	Vybrané faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů	23
4.3.1	Skladba surovinové směsi	23
4.3.2	Hodnota pH.....	26
4.3.3	Zpracování taveniny	27
4.3.4	Skladování tavených sýrů.....	28
5	CÍL PRÁCE.....	30
6	ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ.....	31
6.1	Popis experimentu.....	31
6.1.1	Charakteristika Experimentu 1	32
6.1.2	Charakteristika Experimentu 2	32
6.1.3	Charakteristika Experimentu 3	33
6.2	Výroba vzorků	33
6.3	Základní chemická analýza.....	34
6.4	Texturní analýza	34
6.5	Stanovení obsahu volných aminokyselin	36
6.6	Statistické vyhodnocení dat	36
7	HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE	38
7.1	Výsledky Experimentu 1	38
7.1.1	Základní chemická analýza	38
7.1.2	Texturní profilová analýza modelových vzorků tavených sýrů	39
7.2	Výsledky Experimentu 2	52
7.2.1	Základní chemická analýza	52
7.2.2	Stanovení obsahu volných aminokyselin	54
7.2.3	Výsledky texturní analýzy modelových vzorků tavených sýrů	54
7.3	Výsledky Experimentu 3	65
7.3.1	Základní chemická analýza	65

7.3.2	Texturní profilová analýza modelových vzorků tavených sýrů	67
8	SOUHRNNÁ DISKUSE	78
9	PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI	84
10	ZÁVĚR.....	85
11	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	86
12	SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA	97
13	CURRICULUM VITAE.....	100

1 SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 4.1	Iontová výměna vápníkových iontů za sodné v přítomnosti tavicích solí při výrobě tavených sýrů....	18
Obr. 4.2	Pravděpodobné schéma tvorby gelu podpořeného přídavkem TSPP	21
Obr. 4.3	Změny elastického modulu pružnosti (G') při 30°C pro vzorky tavených sýrů vyrobených z různě zralého čedaru.....	25
Obr. 6.1	Schéma experimentální části dizertační práce.....	31
Obr. 6.4	Zátěžová křivka závislosti síly deformace na čase.....	35
Obr. 7.1	Tvrdomost vzorku v závislosti na složení binární směsi DSP:POLY a délce skladování.....	40
Obr. 7.2	Tvrdomost vzorku v závislosti na složení binární směsi TSPP:POLY a délce skladování.....	41
Obr. 7.3	Tvrdomost vzorku v závislosti na složení binární směsi PSTP:POLY a délce skladování	41
Obr. 7.4	Tvrdomost vzorku v závislosti na složení binární směsi TSPP:PSTP a délce skladování	42
Obr. 7.5	Tvrdomost vzorku v závislosti na složení binární směsi DSP:TSPP a délce skladování	42
Obr. 7.6	Tvrdomost vzorku v závislosti na složení binární směsi DSP:PSTP a délce skladování	43
Obr. 7.7	Kohezivnost vzorku v závislosti na složení binární směsi DSP:POLY a délce skladování.....	44
Obr. 7.8	Kohezivnost vzorku v závislosti na složení binární směsi TSPP:POLY a délce skladování.....	45
Obr. 7.9	Kohezivnost vzorku v závislosti na složení binární směsi PSTP:POLY a délce skladování.....	45
Obr. 7.10	Kohezivnost vzorku v závislosti na složení binární směsi TSPP:PSTP a délce skladování	46
Obr. 7.11	Kohezivnost vzorku v závislosti na složení binární směsi DSP:TSPP a délce skladování	47
Obr. 7.12	Kohezivnost vzorku v závislosti na složení binární směsi DSP:PSTP a délce skladování	47
Obr. 7.13	Relativní lepivost vzorku v závislosti na složení binární směsi DSP:POLY a délce skladování	48

Obr 7.14	Relativní lepivost vzorku v závislosti na složení binární směsi TSPP:POLY a délce skladování.....	49
Obr. 7.15	Relativní lepivost vzorku v závislosti na složení binární směsi PSTP:POLY a délce skladování.....	49
Obr. 7.16	Relativní lepivost vzorku v závislosti na složení binární směsi TSPP:PSTP a délce skladování	50
Obr. 7.17	Relativní lepivost vzorku v závislosti na složení binární směsi DSP:TSPP a délce skladování	50
Obr. 7.18	Relativní lepivost vzorku v závislosti na složení binární směsi DSP:PSTP a délce skladování	51
Obr. 7.19	Hodnota pH vzorků vyrobených z dvoutýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi.....	53
Obr. 7.20	Tvrdość vzorků tavených sýrů vyrobených z dvou- týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY a délce skladování.....	56
Obr. 7.21	Tvrdość vzorků tavených sýrů vyrobených ze čtyř- týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY a délce skladování.....	57
Obr. 7.22	Tvrdość vzorků tavených sýrů vyrobených z osmi- týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY a délce skladování.....	58
Obr. 7.23	Kohezivnost vzorků tavených sýrů vyrobených z dvoutýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY a délce skladování.....	60
Obr. 7.24	Kohezivnost vzorků tavených sýrů vyrobených ze čtyřtýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY a délce skladování.....	61
Obr. 7.25	Kohezivnost vzorků tavených sýrů vyrobených z osmitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY a délce skladování.....	62
Obr. 7.26	Relativní lepivost vzorků tavených sýrů vyrobených z různě prozřálé suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY a délce skladování...	64
Obr. 7.27	Hodnota pH vzorků v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY a jejím snižujícím se obsahu (série vzorků vyrobených bez úpravy hodnoty pH).....	66
Obr. 7.28	Tvrdość vzorků tavených sýrů v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY (3% w/w) a úpravě hodnoty pH taveniny.....	69

Obr. 7.29	Tvrđost vzorků tavených sýrů v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY (2,5% w/w) a úpravě hodnoty pH taveniny.....	70
Obr. 7.30	Tvrđost vzorků tavených sýrů v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY (2% w/w) a úpravě hodnoty pH taveniny.....	71
Obr. 7.31	Kohezivnost vzorků tavených sýrů v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY (3% w/w) a úpravě hodnoty pH taveniny.....	73
Obr. 7.32	Kohezivnost vzorků tavených sýrů v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY (2,5% w/w) a úpravě hodnoty pH taveniny.....	74
Obr. 7.33	Kohezivnost vzorků tavených sýrů v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY (2% w/w) a úpravě hodnoty pH taveniny.....	75
Obr. 7.34	Relativní lepivost vzorků tavených sýrů v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY (3% w/w) a úpravě hodnoty pH taveniny.....	77

2 SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Fosforečnany používané při výrobě tavených sýrů a hodnoty pH jejich 1% (w/w) vodných roztoků	20
Tab. 2	Citronany používané při výrobě tavených sýrů a hodnoty pH jejich 1% (w/w) vodných roztoků	23
Tab. 3	Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených za použití jednotlivých fosforečnanových tavicích solí	39

3 SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

DSP	monofosforečnan sodný
FDA	Federální úřad pro potraviny
TSPP	difosforečnan sodný
POLY	polyfosforečnan sodný
PSTP	trifosforečnan sodný
TPA	texturní profilová analýza

4 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Tavené sýry jsou v České republice významnými a oblíbenými výrobky mlékárenského průmyslu. V roce 2010 činila spotřeba tavených sýrů na jednoho obyvatele 2,1 kg. Celkové množství spotřebovaných sýrů v témže roce činilo 13,2 kg na osobu. Tavený sýry tvoří asi 16 % z celkového množství spotřebovaných sýrů [1]. Mezi hlavní výhody tavených sýrů patří zejména:

- delší trvanlivost,
- lepší zachování jakosti s méně patrnými změnami během několikaměsíčního skladování, ve srovnání se sýry přírodními,
- nižší výrobní náklady,
- pestrý a široký sortiment výrobků, které se mohou lišit tvarem, chutí či svými fyzikálními vlastnostmi [2,3]. Další nespornou výhodou je vhodnost použití v domácnosti, restauracích a fast food provozovnách (cheeseburgery, sendviče, pomazánky, omáčky aj.) [4,5].

4.1 Tavené sýry

Tavený sýr je dle definice Codex Alimentarius produkt, který byl vyroben mletím, mícháním, tavením a emulgací jednoho či více druhů sýra a dalších surovin nebo přídatných látek za spolupůsobení tepla a emulgačních činidel [6]. Definice Federálního úřadu pro potraviny USA (FDA) popisuje tavený sýr jako výrobek získání rozmělněním a smícháním jednoho či více sýrů stejného či odlišného druhu (za pomoci tepla a emulgačních látek do homogenní plastické hmoty) [7].

Legislativa České republiky definuje tavené sýry jako mléčné výrobky, které se vyrábí z přírodních sýrů. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb. v platném znění, definuje tavené sýry jako sýry, které byly tepelně upraveny za přídavku tavicích solí a uvádí, že minimálně 51 % w/w hmotnosti sušiny taveného sýra musí pocházet ze sýra přírodního [8]. Výše zmíněná vyhláška rozeznává:

- vysokotučné tavené sýry (obsah tuku v sušině nejméně 60 % hmotnostních),
- nízkotučné tavené sýry (obsah tuku v sušině nejvýše 60 % hmotnostních).

Skupina výrobků s obsahem tuku v sušině (tvs) v rozmezí 30–60 % jsou v běžné obchodní síti dostupné, ale i přesto tato skupina výrobků není vyhláškou pojmenována [8]. Dle Forman *et al.* [9] lze tuto nepojmenovanou skupinu tavených sýrů rozdělit na sýry plnotučné (obsah tuku v sušině 45–60 % hmotnostních) a polotučné (obsah tuku v sušině 30–45 % hmotnostních).

Další definice říká, že tavené sýry jsou vyráběny zahříváním směsi přírodních sýrů (mohou být různého druhu a různého stupně prozrálosti) s tavicími solemi za částečného podtlaku a nepřetržitého míchání, dokud není dosaženo vzniku homogenní hmoty požadovaných vlastností. Ke směsi přírodních sýrů mohou být přidány a další suroviny (mléčného či nemléčného původu) [4,10].

V dnešní době je také třeba zmínit pojem analogů tavených sýrů. Analogy tavených sýrů lze označit za náhrady (imitace) tavených sýrů, ve kterých jsou mléčný tuk anebo mléčné proteiny nahrazeny nemléčnými surovinami (zejména rostlinného původu). Analogy tavených sýrů jsou vyráběny zejména na základě poptávky spotřebitelů, provozoven společného stravování a průmyslu. Výroba analogů tavených sýrů poskytuje možnost produkovat výrobky se sníženým obsahem tuku, resp. odlišným zastoupením mastných kyselin a nízkým obsahem cholesterolu. Pro snížení energetické hodnoty se do výrobků mohou přidávat tukové náhrady na bázi hydrokoloidů (např. modifikované škroby, některé rostlinné gumy aj.) anebo různých proteinů (např. sérové bílkoviny). Tyto náhrady se používají mimo jiné za účelem zvýšení pocitu plnosti chuti a za účelem dotvoření finální textury výrobku [11,12,13,14].

Dalšími surovinami používanými při výrobě tavených sýrových analogů jsou tavicí soli, hydrokoloidy, chlorid sodný, ochucovadla, případně je též možná fortifikace vitaminy a minerály [3,4].

4.1.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Hlavními surovinami pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry v různém stupni prozrálosti. K výrobě se mohou využívat i přírodní sýry, které jsou vzhledově nevyhovující svému druhu (sýry s trhlinami či tzv. slepé sýry bez tvorby ok aj.) [3,4]. Klíčovými látkami při výrobě jsou tavicí soli (viz kapitola 4.2), jejichž přídavek je nezbytný ke vzniku homogenní směsi. Dalšími surovinami pro výrobu mohou být máslo (zvýšení obsahu tuku), smetana (úprava obsahu tuku, zjemnění finálního výrobku), tvaroh (zvýšení tukuprosté sušiny a intaktního kaseinu), krém (rework; již utavený sýr; zjemnění konzistence), kaseináty, ochucující přísady, konzervanty, barviva, hydrokoloidy, aj. Nezbytnou složku surovinové skladby představuje pitná voda.

Dle platné legislativy (vyhláška č. 77/2003 Sb., v platném znění) lze při výrobě tavených sýrů druhově pojmenovaných do surovinové směsi přidávat další mléčné složky pouze za účelem standardizace tuku (máslo, máselný tuk, smetana), přídavek jiných mléčných složek a cukrů (sacharidů se sladícím účinkem) je zakázán. Skupina druhově nepojmenovaných tavených sýrů může obsahovat i jiné mléčné složky, nicméně je stanoven legislativní limit pro obsah laktózy, a to 5 % w/w. Při překročení tohoto limitu se již nejedná o tavený sýr, nýbrž tavený sýrový výrobek. Zakázán je přídavek sacharidů se sladícím

účinkem [8]. Tavený sýrový výrobek může obsahovat jiné mléčné složky za předpokladu, že 51 % hmot. sušiny pochází ze sýra, dále je povolen přídavek sacharidů se sladícím účinkem. Při výrobě tavených sýrů druhově pojmenovaných i druhově nepojmenovaných lze při výrobě použít koření a sezónní zeleninu, a to dle druhu výrobku a v množství, které postačuje, aby dodalo konečnému výrobku charakteristickou chuť. Dále mohou být přidány ostatní zdravotně nezávadné potraviny, a to za předpokladu, že:

- jejich množství nepřekračuje jednu šestinu celkového obsahu sušiny konečného výrobku,
- dodávají pouze charakteristickou chuť,
- se nejedná o cukry [8].

Konkrétní složení surovinové směsi pro daný tavený sýr se odvíjí od požadavků, které jsou kladeny na finální produkt, ale také od ceny, za kterou výrobce zamýšlí produkt uvést do oběhu[4,10,15,16].

4.1.2 Výroba tavených sýrů

V současnosti je možno tavené sýry vyrábět způsobem kontinuálním či diskontinuálním. V ČR, stejně jako v zemích střední Evropy, převažuje prozatím diskontinuální způsob výroby [16]. Diskontinuální způsob výroby obvykle zahrnuje 4 fáze a to (i) přípravu směsi určenou k tavení, (ii) určení složení této směsi, (iii) vlastní proces tavení připravené směsi a (iv) balení taveniny, její chlazení, skladování a expedici [9,16,17,18].

Výroba tavených sýrů se provádí tak, že suroviny na výrobu tavených sýrů jsou nejprve očištěny. Z přírodních sýrů jsou odstraněny kůra a poškozená místa [3,16,18]. Přírodní sýr je rozkrájen a rozemlet pomocí válcových stolic a rezaček na menší částice. Podle připravené receptury je navážen přírodní sýr a jsou k němu přidány ostatní suroviny (máslo, tvaroh, tavicí soli, aj.). Vše je přepraveno do tavicího kotle, ve kterém probíhá vlastní proces tavení. V průběhu tavení dochází k přeměně směsi surovin na homogenní hladkou lesklou hmotu požadovaných vlastností. Tavicí zařízení jsou obvykle vybavena vyhřívaným pláštěm i přímým vstřikem páry a také míchacím zařízením, které zajišťuje stálé míchání během celého tepelného zpracování surovin [3,4,16,18]. Při diskontinuálním procesu se směs surovin zahřívá na tavicí teplotu, která se liší např. podle typu zařízení či požadovaných vlastností finálního produktu. V literatuře jsou uváděny různé tavicí teploty v intervalu 80–105 °C po dobu několika minut. Obvykle se však teplota pohybuje kolem 90 °C [4,10,15,16,19]. Horká tavenina je dále vedena do plnicího zařízení, které taveninu zabalí.

Je možné vyrábět tavené sýry různých tvarů a gramáží. V České republice jsou oblíbené tavené sýry ve formě trojúhelníku zabalené v hliníkové folii

s ochrannou vrstvou. Sortiment dále zahrnuje tavené sýry hranolovitého tvaru, sýry v plastových vaničkách s víčkem, tubách či ve tvaru salámů. Obaly mohou být vyrobeny z různých materiálů - např. hliník, plasty, dokonce i sklo. Zabalený tavený sýr je nutné zchladit. Krájitelné tavené sýry se zpravidla chladí pomaleji než tavené sýry roztíratelné (z důvodu tužší matrice). Teplota skladování tavených sýrů je do 4–8°C [3,4,10,16,18].

4.2 Tavicí soli

Důležitou podmínkou pro vznik homogenní struktury taveného sýra je použití tavicích solí. Podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., v platném znění [20] jsou tavicí soli látky měnící vlastnosti bílkovin při výrobě tavených sýrů za účelem zamezení oddělování tuku. Při výrobě tavených sýrů bez tavicích solí by obvykle došlo k agregaci bílkovin a jejich separace do spodní části hmoty, oddělení vodné fáze ve střední vrstvě a tuku na povrchu hmoty [21]. Tyto látky patří mezi přídatné látky a na obale výrobku musí být označeny číselným kódem, tzv. E-kód (viz Tab. 1 a Tab. 2)

Jako tavicí soli jsou v praxi používány vícesytné anionty (fosforečnany, citronany) s monovalentními alkalickými kovy (sodík, draslík). Mezi nej-používanější typy tavicích solí patří zejména sodné soli kyseliny trihydrogenfosforečné a citronové. Kromě sodných solí lze využít také draselné soli kyseliny fosforečné, dřívější literatura však při jejich použití popisovala riziko vzniku hořké chuti finálního výrobku [3,4,10,16,22]. Novější práce ovšem riziko hořknutí nepotvrzují [23,24]. Náhrada sodných solí za draselné poskytla nepatrné rozdíly ve funkčních vlastnostech finálních výrobků. Při použití draselných fosforečnanových tavicích solí byl zjištěn nepatrný pokles tvrdosti a kohezivnosti a nárůst roztékavosti a adhezivnosti. Tyto odlišnosti mohou souviset s pozorovaným nárůstem hodnoty pH. Tento nárůst pH může způsobit intenzivnější odpuzování proteinů (zvýšení intenzity negativního náboje kaseinů) a vést k měkčí, méně soudržné struktuře [23,24,25,26].

Při výrobě tavených sýrů či jejich imitací lze použít také fosforečnany sodno-hlinité a pro přípravu fondue lze použít kyselinu vinnou a její soli. Použití těchto tavicích solí však není zcela obvyklé a je spíše okrajovou záležitostí [3,4,17].

Do tavených sýrů (či jejich analogů) lze přidávat maximálně 20 000 mg.kg⁻¹ fosforečnanů (vyjádřeno jako obsah P₂O₅) [20]. Toto množství odpovídá použití zhruba 3,5 % w/w tavicích solí na celkovou hmotnost vyrobeného produktu. Přesné stanovení obsahu tavicích solí lze v obecné rovině vyjádřit poměrně obtížně, jelikož každá fosforečnanová tavicí sůl má různý obsah P₂O₅ [27]. Obvykle se však tavicí soli přidávají v koncentraci 2–3 % w/w [3,4,18,22,28]. Vyšší koncentrace tavicích solí by mohly zapříčinit nevhodnou konzistenci,

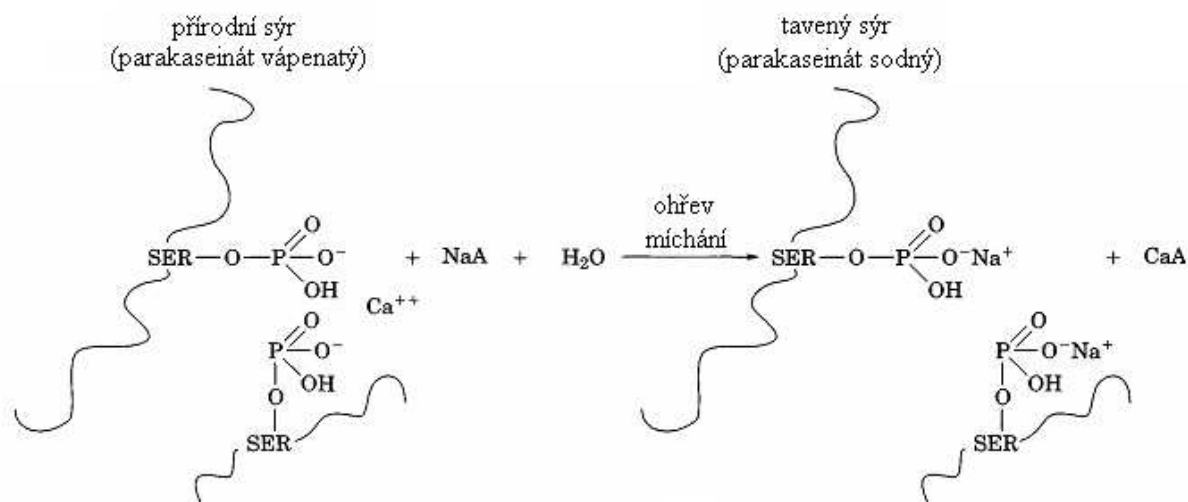
vznik hořké příchuti či tvorbu krystalů tavicích solí [3,4,16,29]. Tavicí sůl používaná při výrobě je obvykle směsí několika chemických látek [4].

Tavicí soli nejsou emulgátory v pravém slova smyslu, ale „pouze“ emulgační činidla. V průběhu tavení zajišťují tavicí soli výměnu Ca^{2+} iontů v tavenině za Na^+ (případně K^+) ionty a tím upravují podmínky prostředí v tavenině tak, aby přítomné proteiny mohly uplatnit své přirozené vlastnosti emulgátorů. Dalšími funkcemi tavicích solí je peptizace (přeměna sraženiny na sol), hydratace proteinů, zvyšování jejich rozpustnosti a podpora schopnosti proteinů bobtnat. V důsledku peptizace dochází k vytvoření stabilní disperze koloidních částic ve vodném prostředí [3,4,27,30,31,32].

Výroba tavených sýrů spočívá v přeměně přírodního sýra na hladkou kompaktní hmotu sýra taveného požadovaných vlastností. Jak již bylo řečeno, k výrobě je nezbytná přítomnost tavicích solí, jelikož bez nich by v důsledku tepelného ošetření došlo k rozdělení na 3 fáze – agregované proteiny, vodnou fázi a tukovou fázi [3,15,16,18,28,33]. Hlavním principem je přeměna nerozpustného parakaseinátu vápenatého na rozpustnější parakaseinát sodný pomocí iontové výměny (Obr. 4.1) Touto výměnou iontů je umožněno přítomným proteinům uplatnit své emulgační vlastnosti. Vzniklý parakaseinát sodný má větší schopnost vázat vodu, tudíž dochází k podpoře hydratace a bobtnání proteinů [3,4,10,16,27,28,34].

Vlivem odštěpování vápenatých kationtů dochází v průběhu procesu tavení k rozkladu proteinů. Při déle trvajícím záhřevu a míchání dochází k vazbě polyvalentních aniontů tavicích solí především přes vápenaté kationty na proteiny, které tak zvyšují objem navázané vody (roste jejich hydrofilní charakter). Navázáním dostatečného množství vody dochází k nárůstu viskozity taveniny [3,4,10,16]. Proces utváření finální struktury produktu, resp. proces krémování probíhá určitou dobu za spoluúčasti mechanického namáhání a vyšší teploty [3,16,33]. Proces tavení a utváření finální struktury má několik fází, které můžeme rozdělit na (i) rozptýlení proteinů, ke kterému dochází na počátku tavicího procesu vlivem tavicích solí (v důsledku iontové výměny); (ii) hydrataci a bobtnání dispergovaných proteinů; a (iii) vytváření nové trojrozměrné sítě. Krémování je reakcí proteinů (hydratované proteiny), které jsou obsaženy ve vodné fázi a obalují povrch tukových kuliček, což vede k emulgaci tuku [3,16,27,28,34]. V důsledku míchání dochází k rovnoměrnému rozptýlení tukových kuliček do taveniny a také ke zmenšení jejich velikosti [3,17,28]. V průběhu těchto reakcí dochází k nárůstu viskozity vzniklé taveniny [35,36,37]. Struktura se vytváří dále v průběhu chladnutí, a to za vzniku vazeb, zejména vodíkových, vápenatých a disulfidických můstků, hydrofobních interakcí a pravděpodobně také v důsledku můstků, které tvoří samy fosforečnany. Vznikají tak vazby (můstky) mezi molekulami proteinů, čímž dochází k tvorbě trojrozměrné sítě. Proces zvyšování viskozity v průběhu utváření finální struktury má však své limity, kdy v důsledku dlouhého

mechanického míchání může dojít paradoxně k poklesu viskozity taveniny – tzv. over-creaming (překrémování) [3,4,16,36].



Obr. 4.1: Iontová výměna vápenatých iontů za sodné v přítomnosti tavicích solí při výrobě tavených sýrů (NaA - tavicí sůl obsahující sodný kationt; CaA - tavicí sůl s navázaným vápenatým kationtem)

[upraveno podle 4]

Skladba a množství tavicích solí významnou měrou ovlivňují výslednou konzistenci tavených sýrů (viz kapitola 4.2.1). V literatuře jsou popsány mnohé studie, které se zabývají vlivem tavicích solí na texturní vlastnosti tavených sýrů. Obecně lze říci, že při použití monofosforečnanů dochází ke vzniku méně tuhé matrice než při aplikaci kondenzovaných fosforečnanů [38–43]. Tento jev je vysvětlován především vyšší afinitou polyfosforečnanů k vápenatým iontům, což vede k lepšímu odštěpení vápníku a iontové výměně, ke zvýšení intenzity rozptýlení proteinů, které následně mohou lépe vázat vodu, čímž dochází k tvorbě pevnější a stabilnější struktury výrobku [3,16,27,45].

Vzorky s nižším obsahem tavicích solí vykazují nižší tuhost [16,24,46,47,48]. Snížení množství tavicích solí způsobuje snížení hydratace bílkovin. Tento jev následně vede k prodloužení doby zpracování taveniny, aby došlo k emulgaci tuku a jeho začlenění do matrice [24,48,49,50].

4.2.1 Fosforečnanové tavicí soli

Fosforečnanové tavicí soli jsou sloučeniny odvozené od kyseliny trihydrogenfosforečné (H_3PO_4). Monofosforečnany (ortofosforečnany) obsahují pouze jednu skupinu $(\text{PO}_4)^{3-}$. Difosforečnany (pyrofosforečnany) obsahují

2 atomy fosforu (dvě $(\text{PO}_4)^{3-}$ v molekule). Sloučeniny vzniklé kondenzací nižších fosforečnanů a obsahující více než dva atomy fosforu v molekule se nazývají polyfosforečnany [3,4,27,29].

Fosforečnanové tavicí soli vykazují řadu technologicky významných vlastností. Klíčovou vlastností je schopnost odštěpení vápenatých iontů, z proteinové matrice a jejich následné navázání do své struktury. Díky iontové výměně (obr. 4.1) je možno dosáhnout při výrobě tavených sýrů homogenní struktury výrobku. Schopnost iontové výměny jednotlivých skupin fosforečnanů se liší a to v závislosti na počtu fosforů v molekule. Obecně platí, že afinita ke kationtům roste se zvyšujícím se počtem fosforů ve sloučenině. Je ovšem potřeba zdůraznit, že existují odchylky ve schopnosti vazby kationtů, a to i v rámci skupiny fosforečnanů se shodným počtem fosforů. Tento jev je dán hodnotou pH taveniny, kdy s rostoucí hodnotou pH směsi narůstá i tato schopnost. Fosforečnany, které jsou používány jako tavicí soli, můžeme dle schopnosti iontové výměny seřadit takto: polyfosforečnany > $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ > $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ > Na_3PO_4 > $\text{Na}_3\text{HP}_2\text{O}_7$ > $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ > Na_2HPO_4 > NaH_2PO_4 [22,23,27,40,44,55–60].

Schopnost fosforečnanových tavicích solí vázat vápník úzce souvisí se stupněm dispergace kaseinů, který následně ovlivňuje texturní vlastnosti tavených sýrů. Zjednodušeně řečeno, se zvyšujícím se stupněm dispergace probíhají intenzivněji procesy hydratace a emulgace v matrici. Tyto reakce přímo ovlivní tuhost tavených sýrů [3,4,23,44,57]. Kromě výše zmíněných faktorů je schopnost iontové výměny ovlivněna dalšími parametry, např. hodnotou pH daného systému či teplotou. S rostoucí hodnotou pH se schopnost iontové výměny zvyšuje, stejně jako s rostoucí teplotou [3,16,27].

Neméně důležitými účinky přidavku tavicích solí je ovlivnění hodnoty pH a její stabilizace (pufrační schopnost) a také ovlivnění tvorby struktury taveného sýra [3,27,58,59]. Pufrační kapacita sodných fosforečnanů v oblasti pH, se kterou se v tavených sýrech běžně setkáváme (5,6–6,1), klesá s rostoucí délkou řetězce. Monofosforečnany vykazují vysokou pufrační schopnost, ale při výrobě sýrů nejsou obvykle používány samostatně. Využívají se také za účelem korekce hodnoty pH. Tavený sýr vyrobený pouze s NaH_2PO_4 (nízká hodnota pH) byl drobivý, zatím co sýr vyrobený za pomoci Na_3PO_4 (vysoká hodnota pH) byl rozbředlý nebo téměř roztékavý. Nejčastěji využívaným monofosforečnanem je Na_2HPO_4 [3,19,27,59].

Při praktickém využití je nezbytné zvolit vhodnou kombinaci jednotlivých fosforečnanů, která by zajišťovala optimální hodnotu pH finálního výrobku a také odpovídající texturní vlastnosti. Vybrané fosforečnany a hodnoty pH jejich 1% (w/w) vodných roztoků jsou uvedeny v Tab.1.

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

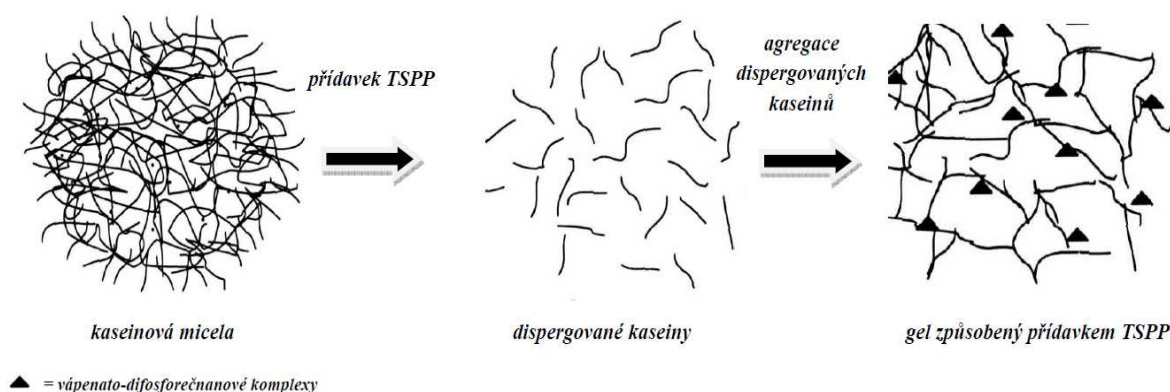
Skupina	Sloučenina	Vzorec	Obsah P ₂ O ₅ (%)	pH 1% vodného roztoku	E-kód
Fosforečnany	Dihydrogenfosforečnan sodný	NaH ₂ PO ₄	59,15	4,5	E339 (i)
	Monohydrogenfosforečnan sodný	Na ₂ HPO ₄	50,00	9,1	E339 (ii)
	Monofosforečnan sodný	Na ₃ PO ₄	43,94	11,9	E339 (iii)
Difosforečnany	Dihydrogendifosforečnan sodný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

* (NaPO₃)_n ; n = 15–20

[upraveno dle 3,16,20,27,60]

Fosforečnanové tavicí soli se vyznačují schopností peptizovat bílkoviny. Tuto vlastnost vykazují hlavně polyfosforečnany. Monofosforečnany tuto vlastnost postrádají a to kvůli své nižší afinitě k vápenatým kationtům. Rychlost peptizace kaseinů roste s délkou řetězce polyfosforečnanů a také s jejich koncentrací [4,27].

Fosforečnanové tavicí soli mohou podpořit zesítnění matrice gelu. Tento fakt je dán schopností některých fosforečnanů vytvořit příčné vazby (přímo nebo přes vápenaté ionty – tzv. vápenaté můstky) s molekulami kaseinu, čímž dojde k jejich zesítnění [44,23,26,48,62]. Difosforečnany a trifosforečnany (nízkomolekulární polyfosforečnany) vykazují vysokou schopnost podpory tvorby gelu, naopak vysokomolekulární fosforečnany (delší lineární polyfosforečnany) tvorbu gelu nepodporují a jsou spíše považovány za jejich inhibitory [3,34,54]. Podpora tvorby gelu je dána specifickými interakcemi mezi jednotlivými solemi na molekuly kaseinu, čímž je zesítují. Z dostupné literatury vyplývá, že difosforečnan sodný (TSPP; Na₄P₂O₇) je za určitých podmínek schopen podporovat gelaci (obr. 4.2) lépe než trifosforečnany, a to již v nízkých koncentracích (oproti dalším fosforečnanům) [54].



Obr. 4.2: Pravděpodobné schéma tvorby gelu podpořeného přídavkem TSPP

[upraveno dle 54]

Výše zmíněný experiment [54] sledoval vznik tvorby gelu v modelovém systému, který obsahoval především kaseinové micely a sérové bílkoviny (nebyl tedy proveden v sýru). Jiné literární zdroje uvádí trifosforečnan jako tavicí sůl, která účinněji podporuje gelaci [3,34].

Pravděpodobné vysvětlení podpory gelace je možno shledávat ve vazbě vápenatých difosforečnanů na protein (kasein) a v tvorbě vazeb mezi kaseiny (vápenato-difosforečnanové můstky). Při zvýšení koncentrace TSPP nad limitní hranici ovšem dochází k vazbě vápenatých iontů do komplexů v nadměrném množství a tím dochází ke snížení počtu eventuálních vazeb mezi kaseinovými frakcemi. Vliv na gelaci proteinů má hodnota pH. Bylo zjištěno, že gel indukovaný TSPP vznikl v rozmezí hodnot pH 5,4–7,0, ale nejsilnější gel vznikl při hodnotách pH 6,0 [54]. Nízká podpora tvorby gelu polyfosforečnany je dána pevnou vazbou vápenatých iontů do komplexů a zvýšení intenzity negativního náboje na kaseinových řetězcích, čímž dojde ke zvýšení odpudivých sil mezi těmito polymery [27,53,54,57].

Fosforečnanové anionty vykazují vysokou schopnost vazby vody. Polyvalentní anionty se v průběhu procesu tavení váží přes vápenaté kationty (nebo esterovou vazbu) na bílkoviny. Tímto procesem dojde ke zvýšení vazby vody na molekuly bílkovin a dochází k nárůstu viskozity hmoty (viz kapitola 4.3.3) [3,15].

Emulgace tuku je významný faktor při utváření finální struktury taveného sýra. Slabá emulgace má za následek měkký nestabilní výrobek, zatímco dobře emulgované tavené sýry vykazují zpravidla také vyšší tuhost [11,40,41]. Stupeň emulgace v tavených sýrech při použití tavicích solí klesá v následujícím pořadí: trifosforečnany > difosforečnany > polyfosforečnany > monofosforečnany. Proces emulgace je tedy podporován zejména difosforečnany a trifosforečnany [11]. Použití tavicích solí zvyšuje rozsah emulgačních vlastností proteinů

a rozptýlení tuku do drobných tukových kuliček (několik mikrometrů v průměru). Schopnost emulgace tuku souvisí se schopností fosforečnanových tavicích solí dispergovat kaseiny a podílet se na tvorbě trojrozměrné struktury finální matrice [11,40,41,63].

Hydrolyza polyfosforečnanů probíhá již během výroby tavených sýrů a dále také v průběhu skladování těchto výrobků. Caric *et al.* [56] udávají, že po uplynutí 7–10 týdnů skladování je hydrolyzována převážná většina polyfosforečnanů přítomných ve výrobku. Rozsah těchto rozkladných procesů je ovlivněn zejména (i) délkou řetězce polyfosforečnanu (rozklad dlouhých polyfosforečnanů probíhá nejprve rychle za vzniku kratších meziproductů, následná hydrolyza kratších řetězců se již značně zpomaluje); (ii) délkou doby tavení; a (iii) teplotou tavení, případně i skladování. Intenzita hydrolyzy se zvyšuje s rostoucími hodnotami výše uvedených parametrů [27,34,41]. Důsledkem hydrolyzy fosforečnanů je změna pufrční schopnosti tavicích solí či změna v afinitě tavicích solí k vápenatým iontům. Hydrolyza může ovlivnit rovněž tvorbu krystalů tavicích solí. Krystaly mohou také vznikat při nadbytečném užití tavicích solí za předpokladu jejich nedostatečného rozpuštění [3,4,27,28,64]. Krystaly mohou vznikat také v důsledku skladování (teploty < 10 °C), kdy tento projev způsobuje tzv. „písčítost“ ve finálním sensorickém dojmu [35,52].

V praxi se pro výrobu tavených sýrů využívají směsi tavicích solí. Při výběru vhodných tavicích solí bohužel existují pouze omezené informace o závislostech texturních vlastností tavených sýrů na složení konkrétních směsí jednotlivých fosforečnanů. Dostupné informace se navíc často liší, a to z důvodu obtížné srovnatelnosti zkoumaných výrobků, které jsou rozdílné v základních parametrech ovlivňujících konzistenci tavených sýrů (např. různý obsah sušiny, tuku v sušině, odlišná skladba tavicích solí, výroba na jiném zařízení, za jiných podmínek, atd.). Ucelená studie zabývající se změnou texturních parametrů v důsledku aplikace různých poměrů binárních a ternárních směsí sodných solí monofosforečnanů, difosforečnanů, trifosforečnanů a polyfosforečnanů v dostupné literatuře nalezena nebyla.

4.2.2 Citronanové tavicí soli

Citronanové tavicí soli (Tab. 2) jsou odvozené od kyseliny citronové ($C_6H_8O_7$). Nejvíce používanou solí je citronan trisodný. Monosodné či disodné soli kyseliny citronové jsou používány spíše k úpravě hodnoty pH taveniny s vysokým podílem zralého přírodního sýra o vysokém pH [3]. Při použití monosodných a disodných citranů by došlo k přílišnému okyselení tavicí směsi, což by mohlo vést ke vzniku nestabilní emulze. Citronanové tavicí soli jsou používány při výrobě tužších sýrů s lomivou konzistencí nebo jsou používány ve směsi s fosforečnany (zejména s polyfosforečnany) [3,17,18,27,35,65].

Kyselina citronová (E330) a její sůl - citran sodný (E333) mohou být použity jako přídatné látky při výrobě tavených sýrů v bio kvalitě (v rámci ekologického zemědělství) [66,67].

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

Skupina	Látka	Vzorec	pH 1% vodného roztoku	E-kódy
Citronany	Citronan sodný	$C_6H_7NaO_7$	3,75	E331 (i)
	Citronan disodný	$C_6H_6Na_2O_7$	5,00	E331 (ii)
	Citronan trisodný	$C_6H_5Na_3O_7$	7,95	E331 (iii)

[upraveno dle 3,20]

4.3 Vybrané faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů

Spotřebitelé se při výběru tavených sýrů řídí senzorickými znaky těchto výrobků. Kromě chuti a vůně je dalším důležitým parametrem i konzistence. Tavené sýry mohou poskytnout výrobky krájitelné a tuhé, ale i roztíratelné a dokonce také tekuté. Konzistenci může výrobce ovlivnit nastavením parametrů při tavení nebo pomocí složení surovinové směsi [3,4,28,46,68,69].

V následujících kapitolách jsou charakterizovány vybrané faktory, které ovlivňují konzistenci tavených sýrů.

4.3.1 Skladba surovinové směsi

Suroviny použité k výrobě tavených sýrů se velkou měrou podílí na utváření finální textury výrobků. Mezi základní suroviny řadíme zejména přírodní sýr, tavicí soli (viz kapitola 4.2), mléčné suroviny a v neposlední řadě také další přísady.

Přírodní sýr

Přírodní sýr jako základní surovina je významným faktorem, který ovlivňuje vlastnosti finálního taveného sýra. Je nutno věnovat zvýšenou pozornost při výběru druhu přírodního sýra, jeho zralosti, složení a v neposlední řadě i hodnotě pH [4,17,56,70,71].

Mladý, resp. málo prozrálý sýr (obvykle 70–95 % intaktního kaseinu) je vhodný na výrobu krájitelných výrobků. Oproti tomu zralejší sýr (obvykle 60–75 % intaktního kaseinu) poskytuje dobře roztíratelné produkty. Použití mladého sýra vede ke snížení nákladů, ale také k prázdné chuti finálního výrobku. Při použití prozrálého sýra s vysokým stupněm proteolýzy se získá

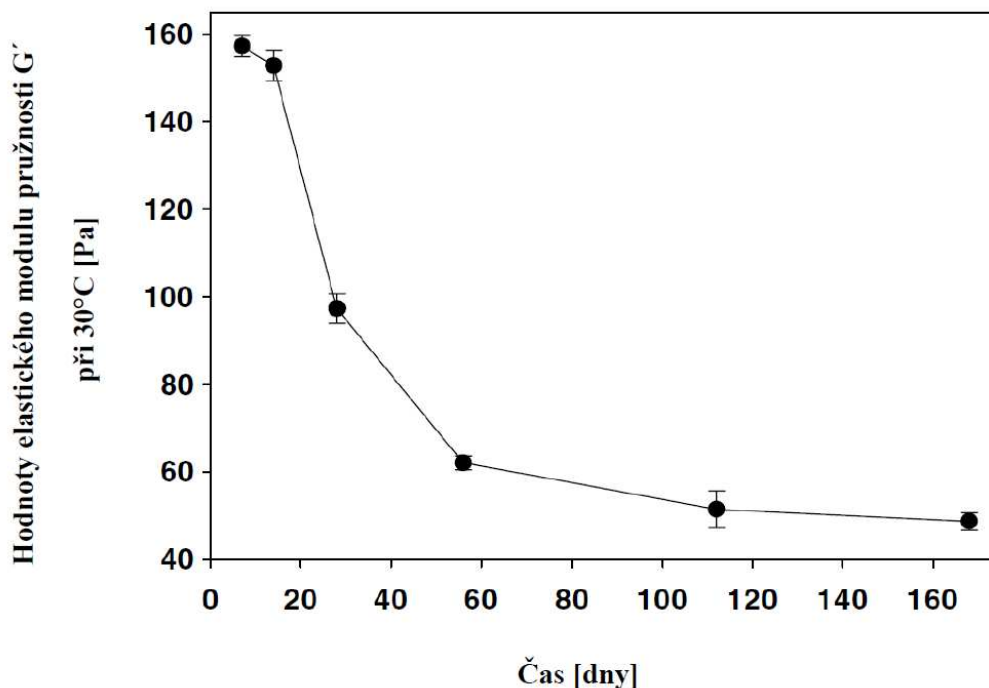
snadno tavitelná směs a finální výrobek je jemné a roztíratelné konzistence. Při delším zrácím procesu jsou intenzivněji tvořeny sensoricky aktivní látky, dodávající tomuto výrobku plné a výrazné aroma [3,10,28,71–75].

V praxi je používána obvykle směs méně i více prozrálých přírodních sýrů. Pokud surovinová skladba obsahuje velmi prozralé přírodní sýry, tak se mohou objevit některé vady konzistence (např. zrnitost výrobku). Pokud je tato surovina použita, tak jsou do surovinové skladby většinou zahrnuty také mladé sýry či tvaroh (z důvodu přídavku intaktního kaseinu). Pokud by byla proteolýza příliš rozsáhlá, tak by hrozilo uvolňování nedokonale emulgovaného tuku a vznik nestabilní až roztékavé konzistence výrobku (viz kapitola 4.2.1). Zdůvodnění lze hledat v nízké schopnosti takových krátkých bílkovin vázat vodu a vytvořit stabilní matici [74,75]. Vliv zralosti přírodního sýra na jakost výsledného produktu sledovali Rozehnal *et al.* [77], kteří poukazují, že vysoce zralé sýry mohou negativně ovlivnit organoleptické vlastnosti výsledných tavených sýrů.

Rozsah a hloubka proteolytických změn je ukazatelem stupně prozrálosti přírodního sýra. Proteolýza je jeden z nejkompexnějších a nejdůležitějších mikrobiologických a biochemických dějů, který probíhá během zrání většiny přírodních sýrů. Během tohoto procesu dochází k hydrolýze bílkovinné složky na peptidy a volné aminokyseliny. K proteolýze kaseinu dochází pomocí enzymů zahrnujících zejména zbytky nativních enzymů mléka a syřidla, exogenního enzymatického systému zákysových a nezákysových bakterií mléčného kvašení anebo dokonce kontaminující mikroflóry (v tomto posledním případě se však jedná o nežádoucí jev) [18,78–80].

Vliv rostoucího stupně proteolýzy základní suroviny (čedaru) na texturní a viskoelastické vlastnosti taveného sýra studovali Brickley *et al.* [72]. Stupeň proteolýzy čedaru nejrychleji vzrůstal v průběhu prvních 28 dní po jeho výrobě (obrázek 4.3).

Tento jev korespondoval s nejvyšším poklesem tuhosti vyrobeného taveného sýra. V průběhu dalšího zrání se již stupeň proteolýzy bílkovin nezvyšoval tak rychle a také pokles tuhosti tavených sýrů byl mírnější. Pokles pevnosti lze vysvětlit zkracující se délkou kaseinových frakcí v důsledku zvyšujícího se stupně prozrálosti přírodního sýra. Kratší délka kaseinů má pravděpodobně za následek tvorbu méně kompaktní a tím i méně pevné kaseinové matrice [20,72]. Piska & Štětina [73] ve své studii vyráběli tavené sýry ze směsí přírodních sýrů s různým stupněm proteolýzy. Zjistili, že vzorek s indexem proteolýzy (podíl ve vodě rozpustných dusíkatých látek při pH 4,5 k celkovému dusíku) 10,2 % byl nejtužší. Oproti tomu výrobek s indexem proteolýzy 18,0 % byl hodnocen jako měkčí.



Obrázek 4.3: Změny elastického modulu pružnosti (G') při 30°C pro vzorky tavených sýrů vyrobených z různě zralého čedaru

[upraveno dle 72]

Další mléčné suroviny

Surovinové skladby pro výrobu tavených výrobků mohou obsahovat další mléčné suroviny – např. sušené odstředěné mléko, kasein, kaseináty, krém (tzv. rework), sušená syrovátka, koncentrát syrovátkových bílkovin, aj. [3,4,17,28,46,82]. Tyto suroviny bývají při výrobě tavených sýrů používány jako částečné náhrady přírodního sýra. Přídavek těchto surovin může významnou měrou ovlivnit texturní vlastnosti tavených sýrů [3,17,28,83]. Častou surovinou pro výrobu tavených sýrů je právě sušené odstředěné mléko a sušená syrovátka, které jsou významným zdrojem laktózy. Ta v průběhu tavení způsobuje porušení kompaktnosti proteinové matrice, což má za následek snížení tuhosti finálního výrobku [4,58]. Vyšší obsah laktózy může být nežádoucí vzhledem k větší tendenci taveného sýra k neenzymatickému hnědnutí (Maillardova reakce), a to nejen v průběhu specifických podmínek samotného procesu tavení, ale dále i v průběhu skladování ačkoliv jsou tyto procesy za chladírenských teplot jen pozvolné [3,17,28]. Dle platné legislativy v ČR je nezbytné sledovat maximální obsah laktózy. Pokud by její obsah překročil 5 % w/w, tak už se z legislativního hlediska nejedná o tavený sýr, nýbrž tavený sýrový výrobek [8].

Další přídatné látky

Při výrobě tavených sýrů se mohou používat další přísady – zejména hydrokoloidy, které bývají využívány u výrobků se sníženým obsahem tuku. Používají se hydrokoloidy na bázi polysacharidů (např. škroby, karagenany, algináty, pektin, lokustová guma, arabská guma, aj.) či bílkovin (např. želatina). Již malý přídavek většiny výše jmenovaných hydrokoloidů (v množstvích řádově desetin procenta celkové hmotnosti taveniny) zapříčiní nárůst tvrdosti výsledného produktu [3,13,14]. Hydrokoloidy jsou v praxi využívány za účelem stabilizace emulze, zlepšení vaznosti vody a tvorby gelu, čímž dochází k ovlivnění texturních vlastností finálního produktu. Použití hydrokoloidů při technologii výroby tavených sýrů je obvyklé při výrobě tavených sýrů s nízkým obsahem sušiny (ke zvýšení tuhosti matrice výrobku) či s nízkým obsahem tuku (zjemnění finální konzistence). V neposlední řadě mohou být hydrokoloidy používány za účelem snížení lepivosti výrobku, čímž dojde k zabránění jeho ulpívání na hliníkové fólii, do které bývají tavené sýry baleny [3,4,13,14, 17,28,45,84,85].

4.3.2 **Hodnota pH**

Hodnota pH taveného sýra je ovlivněna hodnotou pH přírodního sýra a také jeho druhem, dále koncentrací tavicích solí, které byly na jeho výrobu použity a přídavkem dalších surovin, resp. hodnotou pH těchto surovin. Výrazný vliv na snížení hodnoty pH surovinové směsi a také (za jinak stejných okolností) i výsledného taveného sýra má tvaroh. Čím starší (zralejší) přírodní sýr je při výrobě taveného sýra použit, tím vzniká (za jinak stejných podmínek) výsledný tavený produkt s vyšší hodnotou pH [72,73,77]. Hodnota pH tavených sýrů má značný vliv na jejich texturní vlastnosti a je různou měrou ovlivněna jednotlivými fosforečnanovými tavicími solemi [19,60]. Dle hodnoty pH výchozích surovin se upravuje skladba tavicích solí (viz níže).

Hodnoty pH směsi určené k tavení (složené z tradičních surovin – zejména přírodní sýry, máslo, voda, apod.) dosahují obvykle hodnot 5,2–5,5. Optimální hodnoty pH roztíratelného taveného sýra se však pohybují v intervalu 5,6–6,1 [10,60]. Přidané tavicí soli neslouží pouze k podpoře emulgačních vlastností proteinů, ale musí upravit hodnotu pH taveniny právě na optimální hodnotu. U tavených sýrů s nízkým pH (řádově pod 5,4) lze očekávat tužší konzistenci než u sýrů méně kyselých [28]. Čím více se hodnota pH taveného sýra blíží k izoelektrickému bodu kaseinu ($pI \approx 4,6$), tím více se uplatňují vzájemné interakce bílkovin a vzniká tužší finální výrobek [60,86]. Oproti tomu u výrobků s vyšším pH (řádově nad 6,1) dochází k poklesu elektrostatických interakcí a nárůstu negativního náboje proteinů, což způsobuje jejich následně

odpuzování. Takto oslabený gel se poté projevuje nadměrně měkkou (až roztékavou) konzistencí [15,19,60].

Různé autorské kolektivy zkoumaly vliv zvyšující se hodnoty pH na reologické vlastnosti tavených sýrů a to s konstantním obsahem tavicích solí. Bylo zjištěno, že s rostoucí hodnotou pH docházelo k poklesu elasticity dané matrice [65]. Srovnatelných výsledků dosáhli také Lee *et al.* [19] u vzorků nízkotučných tavených sýrů (obsah tuku 12 % w/w). Oproti tomu Swenson *et al.* [45] zjistili nárůst tuhosti s rostoucí hodnotou pH. Vzorky tavených sýrů obsahovaly 0,6 % w/w tuku (základní surovinou pro výrobu byl přírodní sýr vyrobený z odstředěného mléka a odstředěné sušené mléko).

4.3.3 Zpracování taveniny

Zpracování taveniny zahrnuje faktory jako tavicí teplota, intenzita a délka míchání horké taveniny a v neposlední řadě také rychlost chlazení. Všechny tyto parametry se podílí na utváření finální konzistence výrobku.

Podle některých prací platí, že se zvyšující se hodnotou tavicí teploty se snižuje pevnost tavených sýrů [3,87]. Tyto výsledky podporuje také Swenson *et al.* [45], kteří vyráběli nízkotučné tavené sýry za použití různých tavicích teplot (60, 70, 80 a 90 °C). Z výsledků vyplývá, že nejtužší vzorky byly vyrobeny za nejnižší teploty (60 °C). Oproti tomu existují studie, které popisují, že rostoucí délka, stejně jako teplota tavení způsobují zvýšení tuhosti matrice a pokles její roztíratelnosti [17,28]. Rozdílnost závěrů jednotlivých autorských kolektivů lze nalézt v odlišném složení surovinové skladby či v různé délce záhřevu taveniny.

V důsledku ponechání taveniny delší dobu za teplot 70–90 °C může dojít k tzv. překrémování, při kterém dochází ke vzniku tuhého a málo stabilního produktu, který má sklon k uvolňování vody [3,17].

Dalším faktorem ovlivňujícím konzistenci tavených sýrů v průběhu zpracování taveniny je rychlost míchání surovinové směsi Garimella *et al.* [74] zkoumali tuhost tavených sýrů ihned po výrobě a to v závislosti na různé rychlosti míchání (450 a 1050 otáček za minutu). Bylo zjištěno, že při vyšší rychlosti vykazovala výsledná matrice tužší konzistenci.

Součástí procesu výroby je také chlazení vyrobeného produktu. Rychlost chlazení je faktor ovlivňující konzistenci výrobku. Při pomalém zchlazování roste tuhost finálního taveného sýra, rychlejší zchlazení poskytuje méně tuhý výrobek [69,73].

4.3.4 Skladování tavených sýrů

Konzistence tavených sýrů je ovlivňována také v průběhu skladování. Dle vyhlášky č. 77/2003 Sb., se tavené sýry skladují při teplotě 4–8 °C [8]. V průběhu skladování dochází k postupnému tuhnutí tavených sýrů [27,34,41,52,88].

Ke změně konzistence přispívá hydrolyza polyfosforečnanových tavicích solí, které byly při výrobě tavených sýrů použity. Rozkladné procesy začínají již při tavicím procesu a pokračují dále během skladování [57,63,89]. Polyfosforečnany jsou postupně hydrolyzovány až na jednoduché fosforečnany. V důsledku poklesu počtu $(\text{PO}_4)^{3-}$ skupin v řetězci dochází ke snížení afinity k vápenatým iontům, což vede k postupnému uvolňování těchto iontů z tavicích solí. Uvolněné vápenaté ionty jsou následně začleněny do proteinové matrice, čímž dochází k nárůstu tuhosti finálního výrobku v průběhu skladovacího procesu [4,28,52]. V průběhu hydrolyzy s rostoucí délkou skladování dochází ke snižování hodnoty pH výrobků, což také přispívá ke zvyšování tuhosti.

Vyšší teploty skladování (25–30 °C) by mohly vést k nárůstu tuhosti tavených sýrů [34,41]. Při skladování tavených sýrů za vyšších teplot může být pozorován vznik tmavšího zabarvení (oproti výrobkům skladovaným za nižších teplot), který je pravděpodobně způsoben Maillardovou reakcí [34,90,91]. Skladování tavených sýrů za vyšších teplot je možné u speciálních výrobků, jako jsou sterilované tavené sýry. Ty byly využívány jako součást tzv. bojových dávek potravin Armády České republiky či k zajištění stravovacího režimu členů Integrovaného záchranného systému při jejich nasazení. V takových případech jsou sterilované tavené sýry významným zdrojem bílkovin [15].

Při dlouhodobém skladování tavených sýrů se může vyskytnout problém s mikrobiologickou údržností těchto produktů. Mikrobiologické změny jsou ovlivněny několika faktory, např. druhem použitého přírodního sýra, obsahem sušiny, hodnotou pH či teplotou záhřevu [92–94]. Údržnost tužších tavených sýrů je vyšší než u měkčích výrobků, jelikož produkty roztíratelnější konzistence většinou obsahují vyšší množství vody [51,94].

U tavených sýrů vyráběných kontinuálním způsobem (130–145 °C, několik sekund) by byl dosažen sterilační efekt a obsah spor by byl v takovém produktu značně redukován. U diskontinuálně vyráběných výrobků (90–100 °C, několik minut) je dosaženo (za daného pH) pasteračního efektu a v takovém případě jsou deaktivovány vegetativní formy buněk většiny bakterií, kvasinek a plísní. Tavené sýry však mohou obsahovat životaschopné spory mikroorganismů, zejména rodů *Bacillus* a *Clostridium*, pocházející již z mléka a dalších surovin, které byly použity při výrobě (kontaminující mikroflóra) nebo kontaminací z prostředí. [3,4,52]. Vhodné podmínky pro klíčení spor nastávají již v průběhu samotného procesu tavení, kdy jsou spory aktivovány vysokou teplotou,

prostředím s nízkým obsahem kyslíku a s vyšším obsahem vody. Během skladování může dojít k vyklíčení spor a tím k rozkladu proteinů a vzniku sensoricky nežádoucích látek [3].

Přídavek tavicích solí může prodloužit údržnost tavených sýrů, jelikož některé tavicí soli vykazují antimikrobiální účinky [27,92]. Fosforečnanové tavicí soli vykazují bakteriostatický (brání růstu bakterií) i baktericidní (usmrcuje bakterie) účinek na některé mikroorganismy. Polyfosforečnany a monofosforečnany dokážou inhibovat růst bakterií různých druhů - např. druhy *Bacillus subtilis*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium sporogenes*, aj. Antimikrobní účinky těchto látek pravděpodobně spočívají především ve schopnosti vázat vápenaté či hořečnaté kationty (obecněji divalentní kationty), které jsou nezbytné pro fyziologické funkce mikroorganismů (např. pro činnost mikrobiálních enzymů či pro správnou tvorbu buněčné stěny grampozitivních bakterií) [3,22,27].

5 CÍL PRÁCE

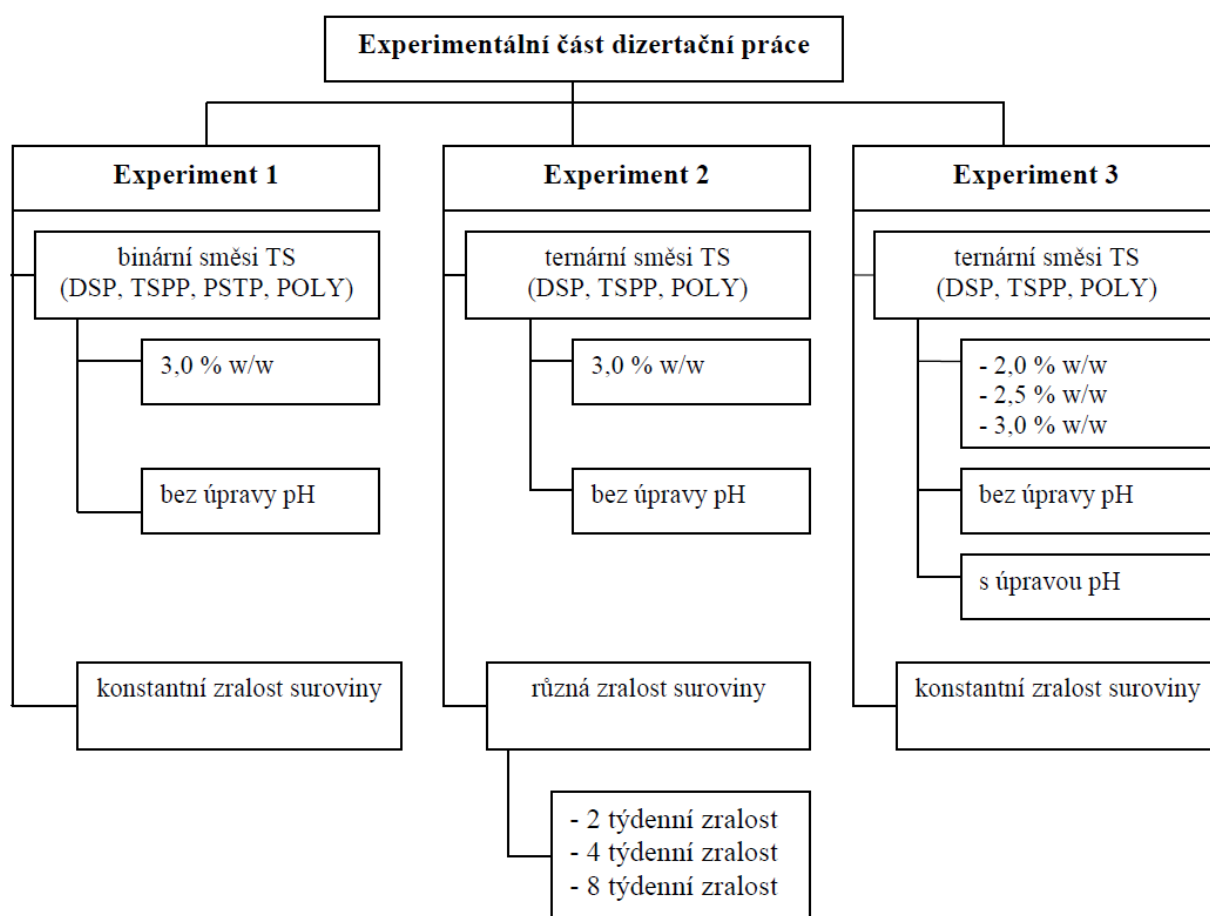
Cílem dizertační práce je sledovat texturní parametry tavených sýrů v závislosti na použití binárních a ternárních směsí vybraných sodných solí fosforečnanů anebo polyfosforečnanů. Pro dosažení tohoto cíle bylo nezbytné naplnit následující dílčí cíle:

- provést literární rešerši se zaměřením na technologii výroby tavených sýrů,
- popsat úlohu tavicích solí v tomto systému,
- popsat interakce vybraných fosforečnanů s kaseinovými bílkovinami,
- laboratorně vyrobit modelové vzorky tavených sýrů za použití binárních směsí tradičních tavicích solí; jako tavicí soli byly použity monofosforečnan sodný (DSP; Na_2HPO_4), difosforečnan sodný (TSPP; $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), trifosforečnan sodný (PSTP; $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) a polyfosforečnan sodný (POLY; $(\text{NaPO}_3)_n$),
- laboratorně vyrobit modelové vzorky tavených sýrů za použití ternárních směsí tavicích solí bez úpravy i s úpravou hodnoty pH taveniny; jako tavicí soli byly použity monofosforečnan sodný (DSP; Na_2HPO_4), difosforečnan sodný (TSPP; $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) a polyfosforečnan sodný (POLY; $(\text{NaPO}_3)_n$),
- studovat vliv různé prozrálosti výchozí suroviny (eidamské cihly) na texturní vlastnosti modelových vzorků s různými tavicími solemi fosforečnanového typu,
- studovat vliv snižujícího se množství tavicích solí na texturní vlastnosti modelových vzorků s různými tavicími solemi fosforečnanového typu,
- při sledování texturních vlastností tavených sýrů se zaměřit na parametry tvrdosti, relativní lepivosti a také kohezivnosti,
- u všech vyrobených vzorků provést stanovení obsahu sušiny a hodnoty pH.

6 ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

6.1 Popis experimentu

Praktická část dizertační práce byla rozdělena do 3 experimentů. Cílem Experimentu 1 bylo studovat závislost vybraných texturních parametrů tavených sýrů na složení binárních směsí fosforečnanových tavicích solí. Záměrem Experimentu 2 bylo zjistit vliv použitých ternárních směsí tavicích solí na texturní parametry a pH modelových tavených sýrů. Další proměnnou, která byla v tomto experimentu sledována, byla zralost přírodního sýra. Cílem Experimentu 3 bylo studovat vliv použitých ternárních směsí tavicích solí na texturní vlastnosti modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na snižujícím se množství tavicích solí. Experiment 3 probíhal ve dvou sériích: (i) standardní, kdy nedocházelo k žádným úpravám hodnot pH a (ii) za podmínek, kdy byla pomocí činidel (NaOH nebo HCl) upravena hodnota pH taveného sýra na přibližně stejnou hodnotu.



Obr 6.1: Schéma experimentální části dizertační práce

6.1.1 Charakteristika Experimentu 1

V první experimentální části byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrů za přídavku tradičních tavicích solí fosforečnanového typu, a to monofosforečnan sodný (DSP; $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), difosforečnan sodný (TSPP; $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), trifosforečnan sodný (PSTP; $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) a polyfosforečnan sodný (POLY; $(\text{NaPO}_3)_n$). Jednotlivé tavicí soli byly použity v celkem 6 binárních směsích (DSP:TSPP; DSP:PSTP; DSP:POLY; TSPP:PSTP; TSPP:POLY; PSTP:POLY) a to v poměrech 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90, 0:100. Celkový přídavek tavicích solí byl 3 % w/w (přepočteno na finální hmotnost výrobku a bezvodé formy fosforečnanů). Pro výrobu modelových vzorků tavených sýrů byl použit přírodní sýr o konstantní zralosti 7 týdnů.

Vzorky byly po 1., 3., 6., 10., 15. a 29. dni skladování (6 ± 1 °C) podrobeny chemickým analýzám (stanovení obsahu sušiny, měření hodnoty pH) a stanovení texturních vlastností. Dny, ve kterých analýzy probíhaly, byly voleny s ohledem na co největší pokrytí možných změn texturních vlastností tavených sýrů v průběhu jejich jednoměsíčního skladování.

6.1.2 Charakteristika Experimentu 2

Pro výrobu modelových vzorků tavených sýrů byl použit přírodní sýr o zralosti 2, 4 a 8 týdnů. Jako tavicí soli byly použity monofosforečnan sodný (DSP; $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), difosforečnan sodný (TSPP; $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) a polyfosforečnan sodný (POLY; $(\text{NaPO}_3)_n$). V tomto experimentu již nebyl používán trifosforečnan sodný, jelikož vliv této tavicí soli na námi vybrané parametry byl velmi obdobný působení difosforečnanu sodného. Vybrané fosforečnany byly použity v ternární směsi (DSP:TSPP:POLY), s krokem po 10 % (0:0:100, 0:90:10, 0:80:20, ...50:50:0, 50:40:10,... 90:10:0, 100:0:0; celkem 66 variant). Celkový přídavek tavicích solí byl 3 % w/w (přepočteno na finální hmotnost výrobku a bezvodé formy fosforečnanů).

Vzorky byly po 1., 9. a 30. dni skladování (6 ± 1 °C) podrobeny chemickým analýzám (stanovení obsahu sušiny, měření hodnoty pH) a stanovení texturních vlastností. Z výsledků v předchozím Experimentu 1 vyplynulo, že změny probíhají zejména v prvních deseti dnech skladování (proto byl z praktických důvodů zvolen 9. den po výrobě) a poté probíhají již velmi pozvolna (proto byl zvolen až 30. den po výrobě).

Stupeň prozrálosti byl monitorován pomocí stanovení obsahu volných aminokyselin, jako markeru hloubky proteolytických změn.

6.1.3 Charakteristika Experimentu 3

Tyto tavené sýry byly vždy vyrobeny ve dvou sériích, přičemž jedna série vzorků byla vyrobena bez úpravy hodnoty pH, u druhé série výrobků byla hodnota pH upravena na přibližně stejnou hodnotu, resp. cílový interval pro hodnoty pH: 5,7–5,8. Hodnota pH byla upravena za účelem eliminace vlivu hodnoty pH jako faktoru ovlivňujícího zejména texturní vlastnosti tavených sýrů.

V tomto experimentu byly opět použity ternární směsi tavicích solí, stejně jako v přecházející části se jednalo o monofosforečnan sodný (DSP; $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), difosforečnan sodný (TSPP; $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) a polyfosforečnan sodný (POLY; $(\text{NaPO}_3)_n$). Vybrané fosforečnany byly použity v ternární směsi (DSP:TSPP:POLY), s krokem po 10 % (0:0:100, 0:90:10, 0:80:20, ...50:50:0, 50:40:10, ... 90:10:0, 100:0:0; celkem 66 variant). Celkový přírůstek tavicích solí byl nejprve 3,0 % w/w, dále 2,5 % w/w a 2,0 % w/w (všechny koncentrace byly přepočteny na finální hmotnost výrobku a bezvodé formy fosforečnanů). Pro výrobu tavených sýrů byl použit přírodní sýr o konstantní zralosti 6 týdnů.

Úprava hodnoty pH byla provedena pomocí přídatku potřebného množství zásady (NaOH , $c = 1 \text{ mol.l}^{-1}$) či kyseliny (HCl , $c = 1 \text{ mol.l}^{-1}$). Potřebné množství činidel pro úpravu hodnoty pH jednotlivých taveb bylo stanoveno v pilotním experimentu, který není součástí této dizertační. Vypočtené množství daného činidla pro jednotlivé tavy bylo k tavenině přidáno v průběhu výroby při dosažení teploty taveniny 85–86 °C (výroba vzorků viz kapitola 6.2). Toto množství bylo předem odečteno od celkového množství přídatku vody, a to z důvodu zachování požadované sušiny finálního výrobku.

Vzorky byly po 28. dni skladování (6 ± 1 °C) byly podrobeny chemickým analýzám (stanovení obsahu sušiny, měření hodnoty pH) a stanovení texturních vlastností. Den, ve kterém byly prováděny analýzy, byl volen s ohledem na výsledky v Experimentu 1 a 2 a časové proveditelnosti měření (30. den nebyl možný z časových důvodů, jelikož tyto dny připadaly na víkend). Sledování v prvním a devátém dnu by bylo pouhým opakováním Experimentu 2.

6.2 Výroba vzorků

Pro přípravu modelových vzorků tavených sýrů (40 % sušiny, 50 % tuku v sušině;) byl použit přírodní sýr (Eidamská cihla; ~50 % w/w sušina, ~30 % w/w tuku v sušině; o různém stupni prozrálosti), máslo (~84 % w/w sušina, ~82 % w/w tuk), pitná voda a vybrané fosforečnanové tavicí soli (Fosfa akciová společnost, Břeclav, Česká republika). Jako tavicí soli byly použity:

monofosforečnan sodný (DSP; $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), difosforečnan sodný (TSPP; $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), trifosforečnan sodný (PSTP; $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) a polyfosforečnan sodný (POLY; $(\text{NaPO}_3)_n$, kde střední hodnota $n \approx 16\text{--}20$).

K výrobě modelových vzorků bylo použito zařízení Vorwerk Thermomix TM 31 (Vorwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Německo). Stejné zařízení bylo použito k výrobě tavených sýrů i v práci Lee *et al.* [84], Macků *et al.* [58] a Sádliková *et al.* [41]. Po nadávkování všech surovin do tavicího zařízení a vytvoření homogenní směsi byla tato tavenina zahřátá na teplotu 90 °C. Tato teplota byla za stálého míchání udržována po dobu 1 minuty. Horká tavenina byla dávkována do válcových polypropylenových kelímků (průměr 52 mm, výška 50 mm) a uzavřena hliníkovými víčky. Po vychladnutí byly vzorky skladovány při teplotě 6 ± 1 °C. Každý vzorek v každém experimentu byl vyroben nejméně dvakrát.

6.3 Základní chemická analýza

Z chemických analýz byly u modelových vzorků tavených sýrů prováděny stanovení obsahu sušiny a hodnoty pH jednotlivých vzorků.

Stanovení obsahu sušiny u tavených sýrů bylo provedeno vysušením sýrů při teplotě 102 ± 2 °C do konstantních úbytků hmotnosti [96]. Hodnoty pH byly získány vpichovým pH-metrem Spear se skleněnou elektrodou (Eutech Instruments, Oakton, Malajsie). U každého modelového vzorku bylo stanovení obsahu sušiny i měření pH provedeno čtyřikrát.

6.4 Texturní analýza

Texturní parametry modelových vzorků byly provedeny pomocí texturního analyzátoru TA.XT.plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie). Vzorky byly měřeny přímo ve válcových kelímcích (viz výše). Texturní analýzy byly prováděny dvojitou penetrací sondy (válcová nerezová ocelová sonda P20 o průměru 20 mm) do taveného sýru (proniknutí do hloubky 10 mm, rychlost sondy $2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$).

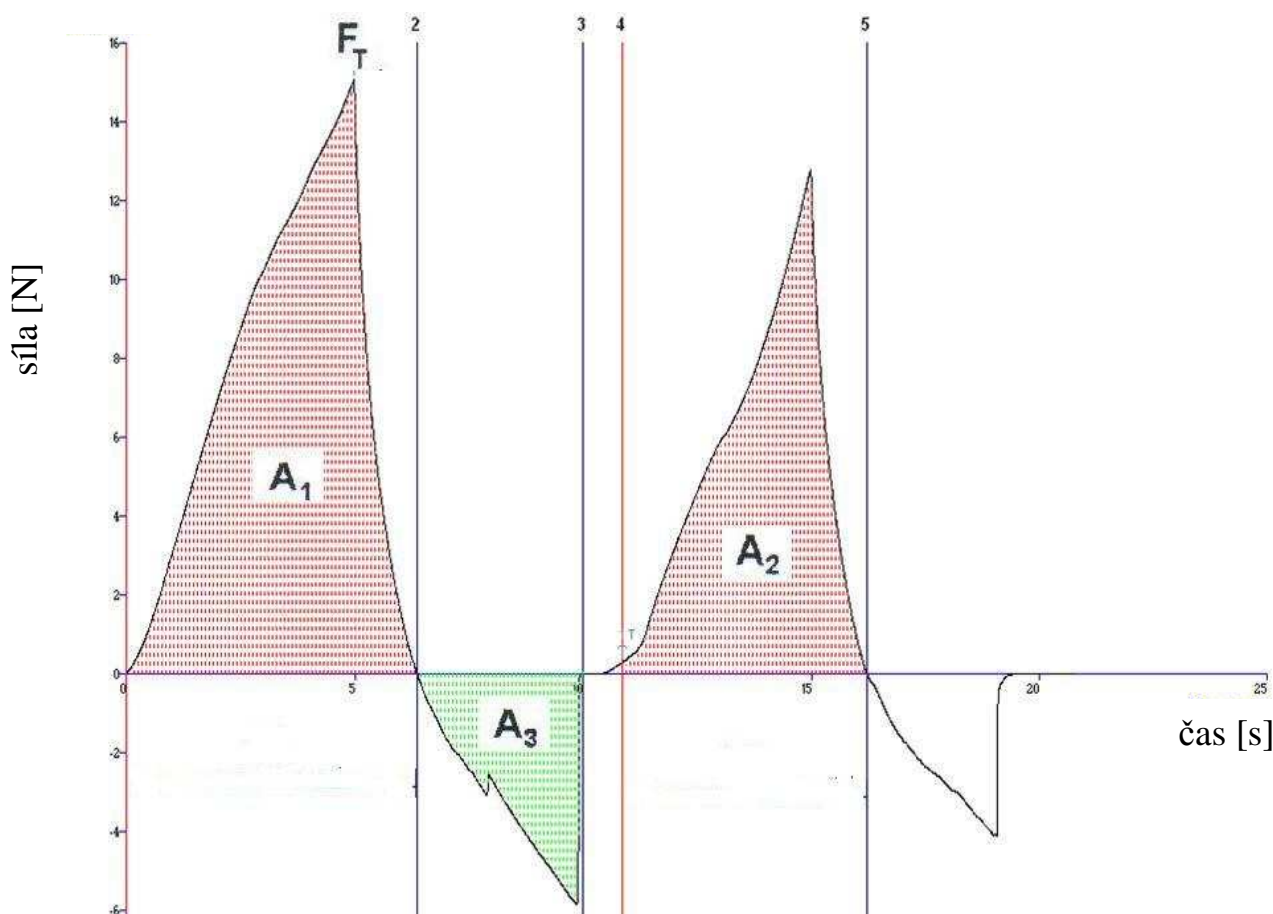
Sledovanými parametry byly tvrdost, kohezivnost a relativní lepivost (obr. 6.4). Tvrdost (pevnost) je definována jako maximum síly, která je potřebná k dosažení požadované deformace. V ústech je tvrdost výrobku vnímána při deformaci mezi zuby (u tuhých látek) nebo mezi paterem a jazykem (polotuhé látky) [73,97–101]. Na obrázku 6.4 je tato síla vyjádřena maximem prvního píku (A1) – bod F_T .

Lepivost označuje práci potřebnou k překonání přitažlivosti mezi povrchem taveného sýru a povrchem sondy. Parametr lepivosti je dle Fiszman & Damásio

[102] obtížně korelovatelný se sensorickými vlastnostmi. Při vytahování sondy penetrované do vzorku je navíc možno očekávat měřitelný (zejména postranní) odpor materiálu, který bude mimo jiné záviset i na síle měřeného gelu. Vzhledem k různé síle gelu vzniklých modelových vzorků tavených sýrů bychom obdrželi vyšší hodnoty lepivosti u vzorků s vyšší tuhostí. Proto byla lepivost (na obr. 6.4 je zobrazena jako plocha prvního záporného píku – A3) vyjádřena relativně k ploše prvního píku (A1); $A3/A1$. Použita byla absolutní hodnota vypočteného podílu.

Kohezivnost (soudržnost) je popisována jako síla vnitřních vazeb, které tvoří potravinu. Tento parametr je dán poměrem plochy třetího píku k ploše prvního píku – $A2/A1$ [73,97,99,100–103].

Analýzy probíhaly za teploty $16 \pm 1^\circ\text{C}$ (vzorek byl temperován v teplotní komoře 4 h). Každý modelový vzorek byl měřen nejméně čtyřikrát.



Obr. 6.4: Zátěžová křivka závislosti síly deformace (N) na čase

[upraveno dle 104]

6.5 Stanovení obsahu volných aminokyselin

Přírodní sýr použitý k výrobě modelových vzorků tavených sýrů v Experimentu 2 (výchozí surovina) byl nakrájen na kousky velikosti přibližně 1 x 1 x 1 cm a tyto kousky byly promíchány. Poté bylo naváženo 100 g vzorku, nastrouháno a promícháno. Jeden gram nastrouhaného vzorku sýra byl dán do 15 ml zkumavky a volné aminokyseliny byly extrahovány pomocí litno-citrátového pufru (hodnota pH 2,2; extrakce každého sýra byla provedena třikrát). Obsah volných aminokyselin byl analyzován pomocí iontově výměnné kapalinové chromatografie s postkolonovou ninhydrinovou derivatizací a fotometrickou detekcí (AAA 400, Ingos, Praha, Česká republika). Extrakce a chromatografické stanovení byly použity dle Pachlová *et al.* [105] a Buňková *et al.* [106]. Každý extrakt byl analyzován dvakrát. Celkový obsah volných aminokyselin byl stanoven jako součet koncentrací dvaadvaceti volných aminokyselin a jejich derivátů (kyselina asparagová, threonin, serin, asparagin, kyselina glutamová, glutamin, prolin, glycin, alanin, valin, methionin, cystein, isoleucinu, leucin, tyrosin, fenylalanin, lysin, histidin, arginin, ornitin, citrulin, γ -aminomáselné kyseliny).

6.6 Statistické vyhodnocení dat

Naměřená a zjištěná data z měření obsahu sušiny, stanovení hodnot pH a obsahu volných aminokyselin byla vyhodnocována pomocí neparametrických metod, především Kruskal-Wallisova testu a Wilcoxonova testu. Všechna statistická hodnocení byla provedena na hladině významnosti 5 %. Pro výpočty byl využit software Unistat ver. 5.5 (Unistat, Londýn, Velká Británie).

Statistická analýza dat texturní analýzy byla provedena Odborem statistiky a optimalizace, Ústav matematiky, Fakulta strojího inženýrství, Vysoké učení technické v Brně. Analýza byla provedena pomocí lineárních regresních metod. Metody lineární regrese byly použity pro posouzení globální závislosti vybraných texturních parametrů (závisle proměnná; Z) na doprovodných proměnných. V případě Experimentu 1 byly nezávisle proměnnými délka skladování a poměr fosforečnanů v binárních směsích. U Experimentů 2 a 3 byly doprovodnými proměnnými pouze procentuelní zastoupení jednotlivých fosforečnanů. Použité lineární modely pro vystižení sledovaných závislostí byly polynomického tvaru. Data texturní profilové analýzy Experimentu 1 byly vyhodnoceny s použitím funkce (1) a v případě Experimentů 2 a 3 pomocí funkce (2).

$$Z = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2 + \beta_3x^3 + \beta_4y + \beta_5y^2 + \beta_6y^3 + \beta_7xy + \varepsilon \quad (1)$$

$$Z = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2y + \beta_3x^2 + \beta_4xy + \beta_5y^2 + \beta_6x^3 + \beta_7x^2y + \beta_8xy^2 + \beta_9y^3 + \varepsilon \quad (2)$$

kde β_0, \dots, β_9 jsou neznámé parametry ε je chybový člen. Optimální podmodel byl hledán pomocí dopředné a zpětné korokové regrese. Cílem bylo optimálně popsat sledovanou závislost, ale s menším počtem parametrů než obsahuje plný model. Hladina významnosti, která byla použita ve všech statistických testech, byla také 0,05. Použité statistické techniky vycházely z Draper & Smith [107] a Brook & Arnold [108] a pro vlastní výpočty byly použity produkty MATLAB version 7.7.0 (The MathWorks, Inc., Natick, MA, USA) a Statistica 9 (StatSoft, Praha, Česká republika).

V prezentovaných grafech jsou zobrazeny odhadnuté hodnoty texturních parametrů na základě optimalizovaných modelů.

7 HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE

7.1 Výsledky Experimentu 1

V rámci tohoto experimentu byly měřeny texturní vlastnosti modelových vzorků tavených sýrů, které byly vyrobeny za použití binárních směsí fosforečnanových tavicích solí v poměrech 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90, 0:100. Pro výrobu vzorků byl použit přírodní sýr o konstantní zralosti (7 týdnů).

7.1.1 Základní chemická analýza

Obsah sušiny tavených sýrů se v rámci jednotlivých binárních směsí vzájemně téměř nelišil a byl srovnatelný ve všech vyrobených variantách. Hodnota obsahu sušiny se pohybovala v intervalu 40,84–41,91 % (w/w). Texturní vlastnosti tavených sýrů jsou významnou měrou ovlivněny právě obsahem vlhkosti, proto jsou obdobné hodnoty obsahu sušiny v testovaných produktech nutné pro zabezpečení srovnatelnosti modelových vzorků [84].

Hodnoty pH vzorků tavených sýrů utavených za použití jednotlivých fosforečnanů v průběhu jejich skladování jsou uvedeny v Tab. 3. Po 1 dnu skladování se hodnoty pH vzorků vyrobených s DSP, TSPP a PSTP pohybovaly v rozmezí 6,48–6,59 a byly vyšší ($P < 0,05$) než pH produktů vyrobených s POLY ($\text{pH} = 5,47 \pm 0,02$).

Binární směsi vykazovaly po 1 dnu skladování (6 ± 1 °C) hodnoty pH, které odpovídaly obsahu jednotlivých použitých tavicích solí. Binární směsi, které ve svém složení obsahovaly pouze DSP, TSPP nebo PSTP měly hodnoty pH velmi podobné a to shodně u všech měřených poměrů. Oproti tomu binární směsi, které obsahovaly POLY, vykazovaly snižující se hodnotu pH v závislosti na rostoucím zastoupení POLY v dané binární směsi.

Vzorky tavených sýrů vyrobených za použití binární směsi DSP, TSPP nebo PSTP nevykazovaly hodnotu pH v optimální oblasti pro roztíratelné tavené sýry (5,6–6,1). Při použití těchto směsí byla hodnota pH vyšší než 6,1 a dané vzorky byly měkké. Optimální hodnoty pH byly nalezeny u vzorků tavených sýrů, které byly vyrobeny za použití binárních směsí s POLY, a to za podmínky, že obsah POLY se nacházel mezi 60–80%. Pokud byl obsah POLY > 80 %, tak bylo pozorováno snížení hodnoty pH pod optimální hladinu, oproti tomu při poklesu obsahu POLY < 60 % došlo k nárůstu pH opět mimo požadovanou oblast.

V průběhu skladování po dobu 29 dní (6 ± 1 °C) byl pozorován pokles hodnoty pH a to u všech studovaných binárních směsí fosforečnanových tavicích solí. Pokles hodnoty pH byl v rozmezí 0,1–0,2 ($P < 0,05$). Toto snížení hodnoty

pH bylo zaznamenáno především v průběhu prvních 15 dnů skladování. V průběhu dalšího skladování u většiny vzorků nebyla pozorována staticky významná změna hodnoty pH ($P \geq 0,05$).

Tab. 3: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených za použití jednotlivých fosforečnanových tavicích solí*

Tavicí sůl	Doba skladování (dny)			
	1	6	15	29
DSP	6,51 ± 0,02 ^a A	6,46 ± 0,02 ^b A	6,42 ± 0,01 ^c A	6,40 ± 0,02 ^c A
TSPP	6,59 ± 0,02 ^a B	6,54 ± 0,02 ^b B	6,42 ± 0,02 ^c A	6,43 ± 0,02 ^c A
PSTP	6,48 ± 0,03 ^a A	6,45 ± 0,01 ^a A	6,39 ± 0,02 ^b A	6,41 ± 0,02 ^b A
POLY	5,47 ± 0,02 ^a C	5,40 ± 0,01 ^b C	5,36 ± 0,02 ^c B	5,34 ± 0,02 ^c B

* Hodnoty (průměr±S.D.; n=8) v řádku (vliv délky skladování) s odlišnými malými písmeny se liší ($P < 0,05$). Hodnoty ve sloupci (vliv rozdílu jednotlivých tavicích solí) s různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

7.1.2 Texturní profilová analýza modelových vzorků tavených sýrů

Měření texturních vlastností patří v dnešní době mezi významné metody stanovení fyzikálních vlastností potravin [97,99]. Sledovanými texturními charakteristikami byla tvrdost, kohezivnost a relativní lepivost (viz kapitola 6.4). Na grafech jsou zobrazena jak experimentální data (označena *), tak i data odhadnutá lineární regresní analýzou (vytvářející plochu grafu).

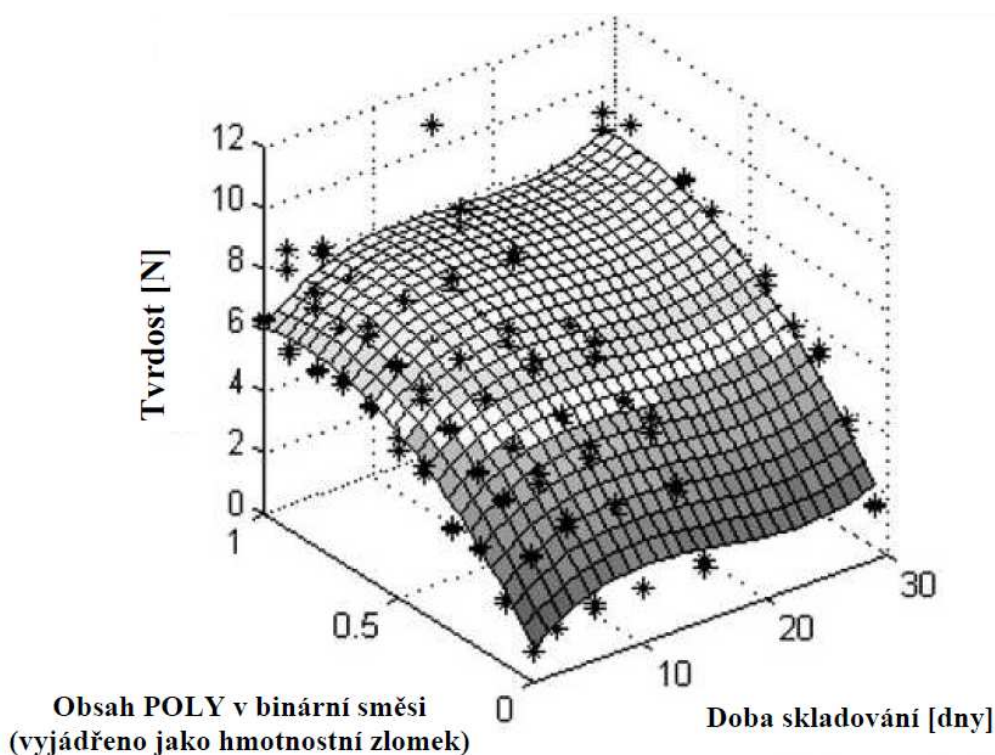
Tvrđost

Tvrđost je definována jako síla potřebná k dosažení požadované deformace [101]. Výsledky měření tvrdosti jsou vyobrazeny na Obr. 7.1–7.6.

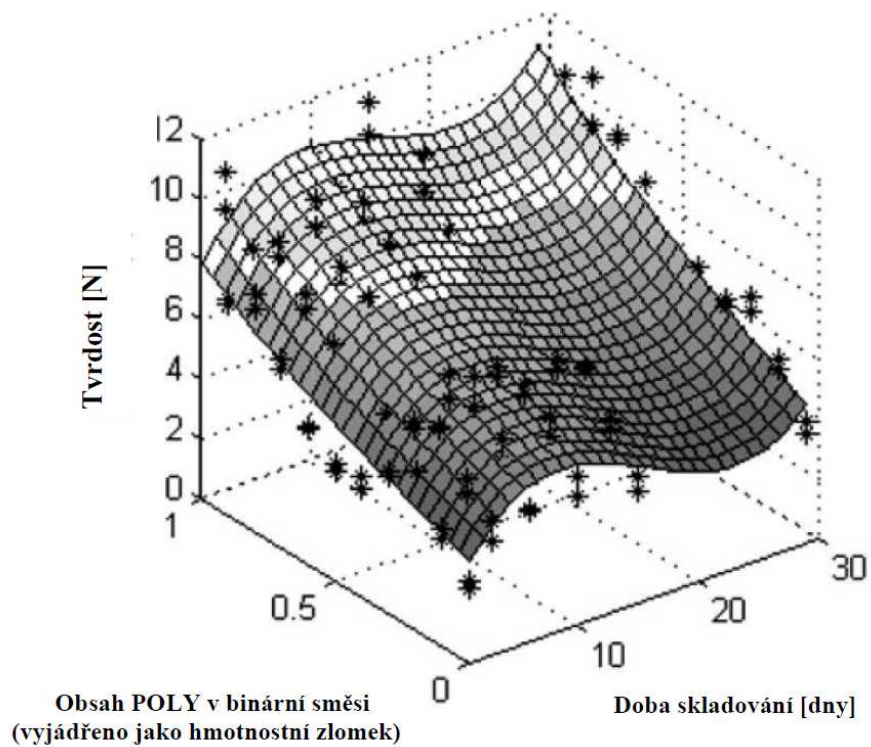
Hodnoty tvrdosti jednotlivých fosforečnanů se po 1 dnu skladování pohybovaly v rozmezí 0,77–1,08 N (DSP), 2,47–2,82 N (TSPP), 3,65–3,86 N (PSTP) a 6,41–7,39 N (POLY).

U všech binárních směsí POLY s ostatními fosforečnany (DSP, TSPP, PSTP) byl pozorován nárůst parametru tvrdosti a to se zvyšujícím se podílem POLY ve směsi (obr. 7.1–7.3.). U binární směsi TSPP a PSTP byl pozorován pozvolný nárůst tvrdosti a to při zvyšování obsahu PSTP na úkor TSPP (obr. 7.4). Tavené sýry vyrobeny za použití binární směsi monofosforečnanu (DSP) s difosforečnanem (TSPP; obr. 7.5) nebo trifosforečnanem (PSTP; obr. 7.6) vykazovaly naprosto odlišný průběh závislosti všech sledovaných texturních

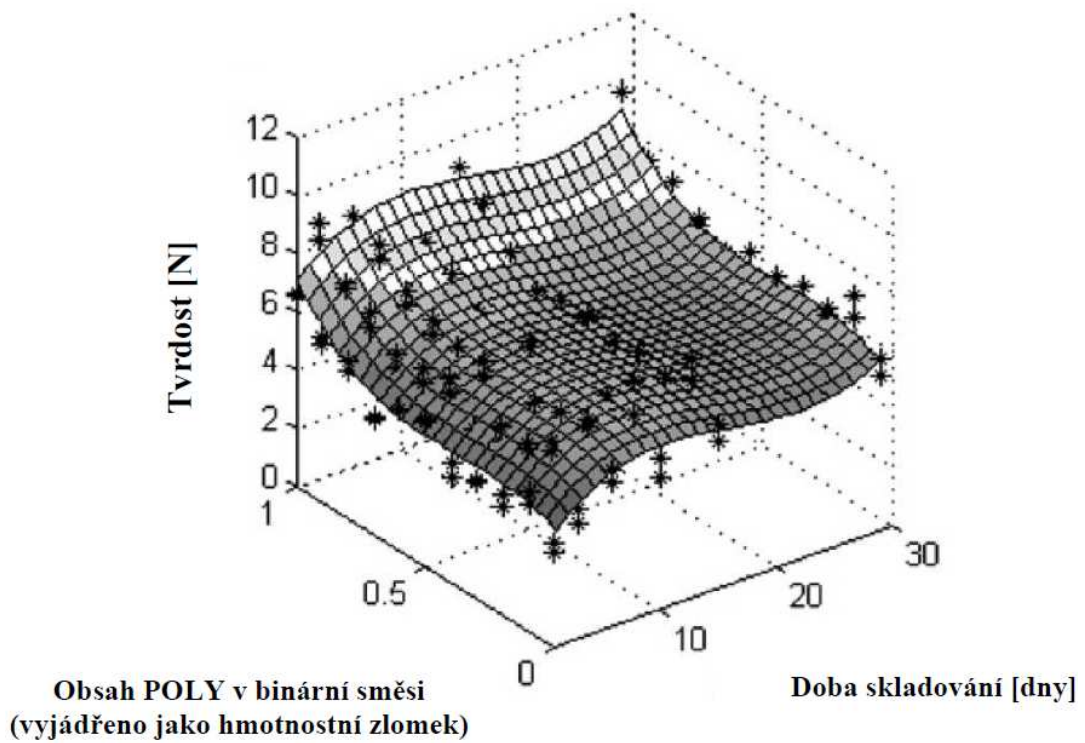
vlastností oproti ostatním binárním směsím. Při použití směsi DSP:TSPP byl pozorován rostoucí trend parametru tvrdosti s přibývajícím množstvím TSPP ve směsi (do 50 % TSPP). U vzorků tavených sýrů vyrobených za použití směsi DSP:PSTP byl taktéž pozorován nárůst tvrdosti společně s rostoucím obsahem PSTP ve směsi, a to do vzájemného poměru 40:60 (DSP:PSTP). S následujícím zvyšujícím se obsahem PSTP byl zaznamenán pokles tvrdosti. Obecně lze říci, že se tvrdost prudce zvyšovala při nárůstu obsahu TSPP nebo PSTP na hodnotu 50–60% (obr. 7.5 pro DSP:TSPP; obr. 7.6 pro DSP:PSTP). Oproti tomu, při dalším růstu podílu fosforečnanu s dvěma či třemi fosfory v molekule nad 60 % byl pozorován rapidní pokles tvrdosti taveného sýra. Hodnoty tvrdosti taveného sýra vyrobeného za použití této binární směsi byly také signifikantně vyšší ve srovnání s tvrdostí modelového taveného sýra se samostatně použitým POLY (6,40–7,01 N; $P < 0,05$).



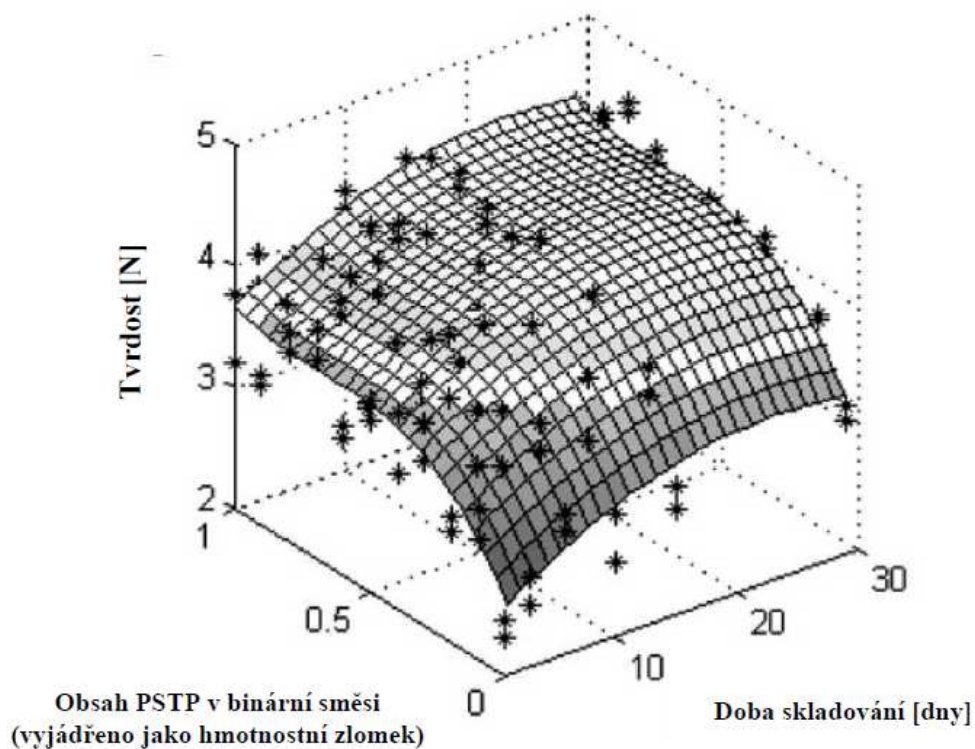
Obr. 7.1: Tvrdost v závislosti na složení binární směsi DSP:POLY a délce skladování



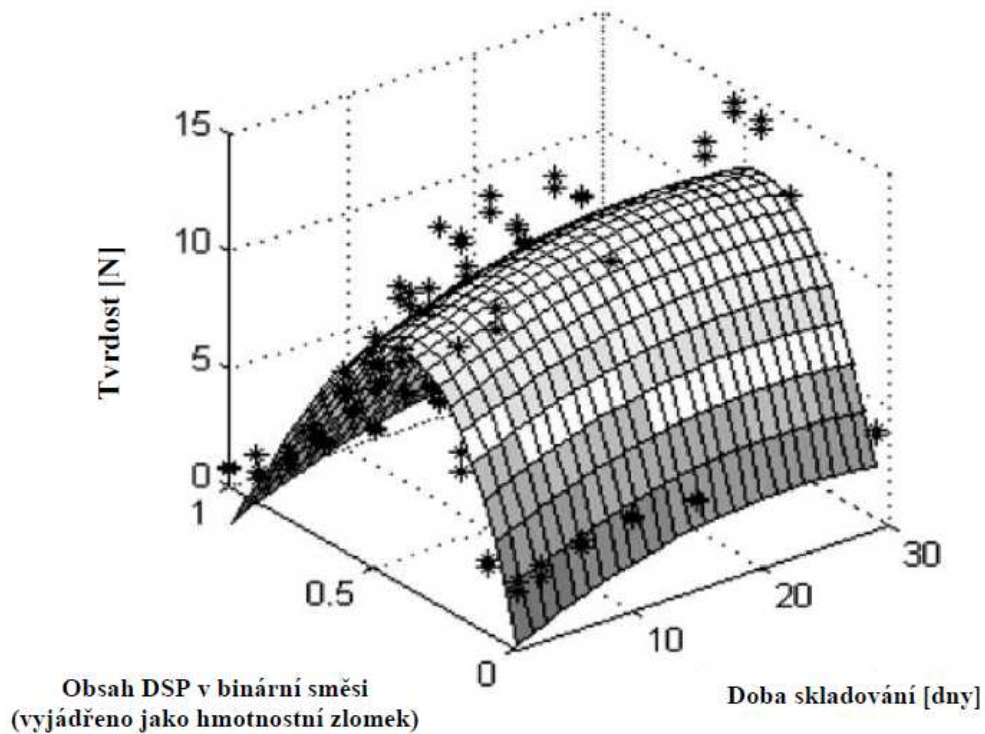
Obr. 7.2: Tvrdost v závislosti na složení binární směsi TSPP:POLY a délce skladování



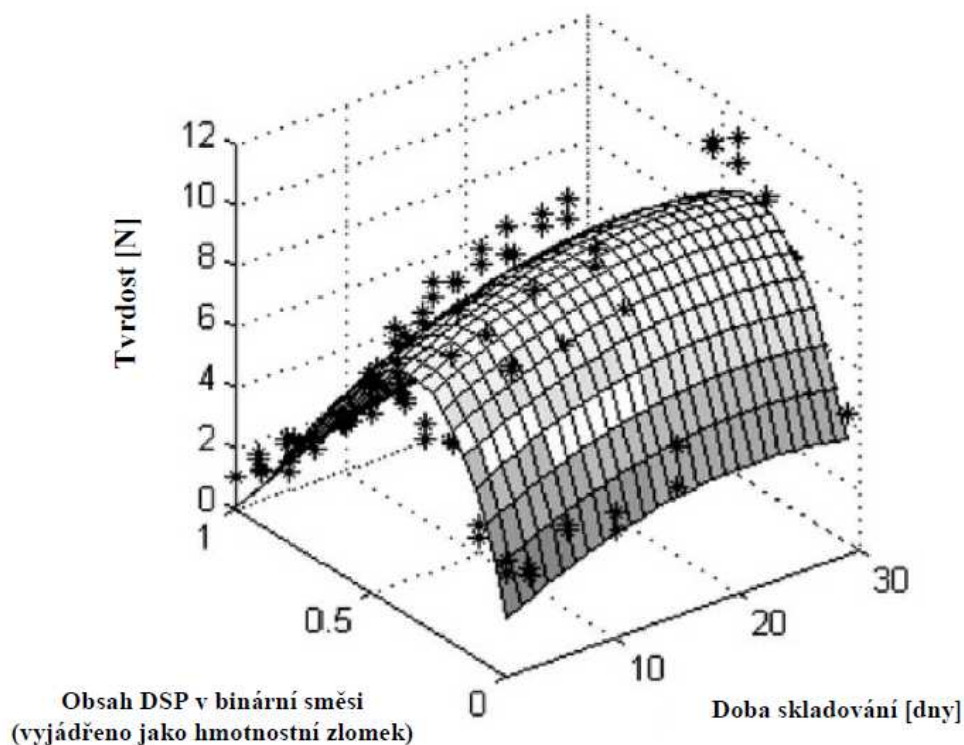
Obr. 7.3: Tvrdost v závislosti na složení binární směsi PSTP:POLY a délce skladování



Obr. 7.4: Tvrdość v závislosti na složení binární směsi TSPP:PSTP a délce skladování



Obr. 7.5: Tvrdość v závislosti na složení binární směsi DSP:TSPP a délce skladování



Obr. 7.6: Tvrdość v závislosti na složení binární směsi DSP:PSTP a délce skladování

Vzorky vyrobené za použití jednotlivých fosforečnanů i binárních směsí byly skladovány po dobu 29 dní při teplotě 6 ± 1 °C. V průběhu skladovacího procesu byl pozorován nárůst hodnot parametru tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů. K nejvýraznějšímu navýšení hodnot docházelo v průběhu prvních šesti dní. Poslední den skladování (29. den) dosáhly vzorky monofosforečnanu s TSPP hodnot 14,29–14,73 N a s PSTP hodnot 10,69–10,89 N. Tyto hodnoty byly i nadále významně vyšší ($P < 0,05$) než hodnoty vzorků taveného sýra vyrobeného pouze za použití polyfosforečnanu (8,58–10,10 N).

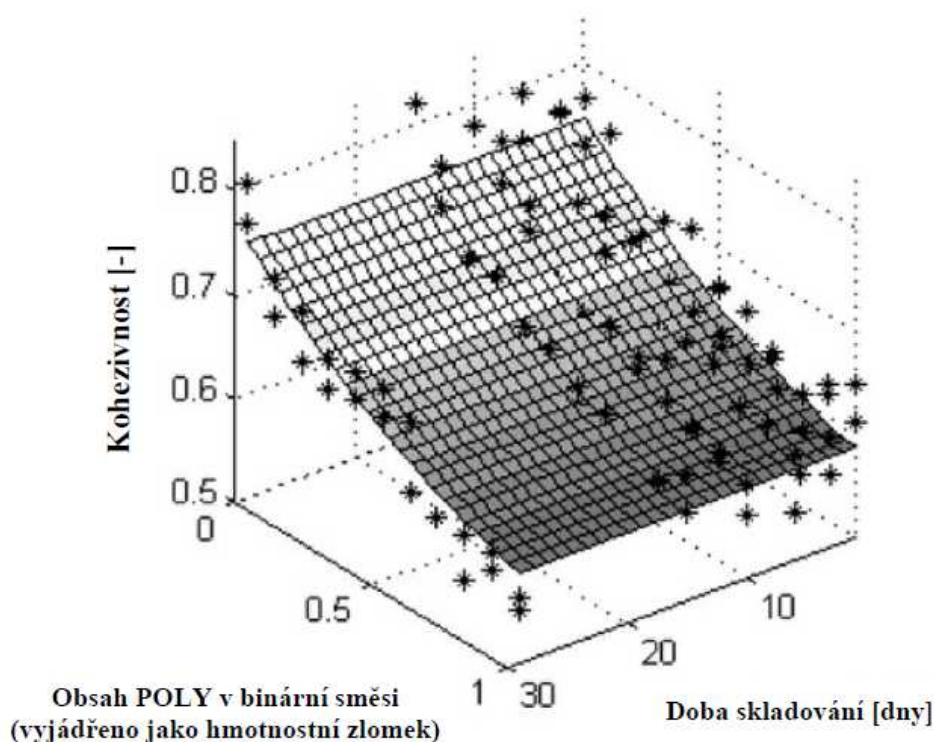
Hodnoty tvrdosti jednotlivých vzorků tavených sýrů se v průběhu skladování zvyšovaly, avšak trendy závislosti tvrdosti na složení binárních směsí fosforečnanových tavicích solí se neměnily.

Kohezivnost

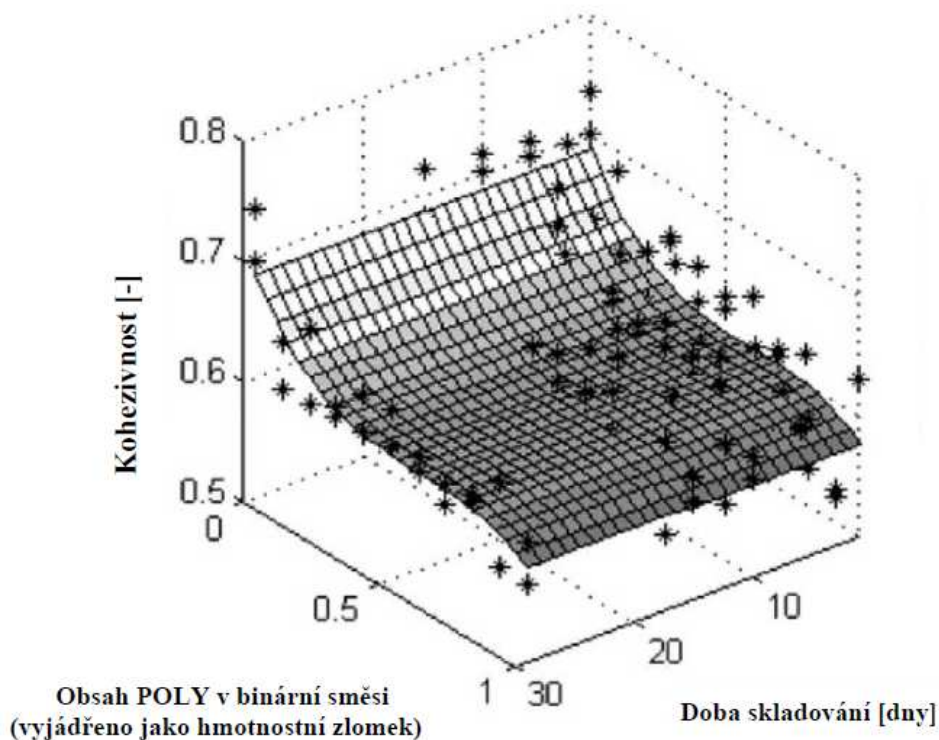
Kohezivnost (soudržnost) vyjadřuje sílu vnitřních vazeb, které tvoří danou potravinu [97]. Hodnoty parametru vyhodnoceného metodami lineární regresní analýzy jsou vyobrazeny na obr. 7.7–7.12.

U binárních směsí POLY s fosforečnanů s jedním (DSP; obr. 7.7) a dvěma (TSPP; obr. 7.8) atomy fosforu bylo pozorováno snižování soudržnosti vzorků v souvislosti s rostoucím poměrem POLY ve směsi.

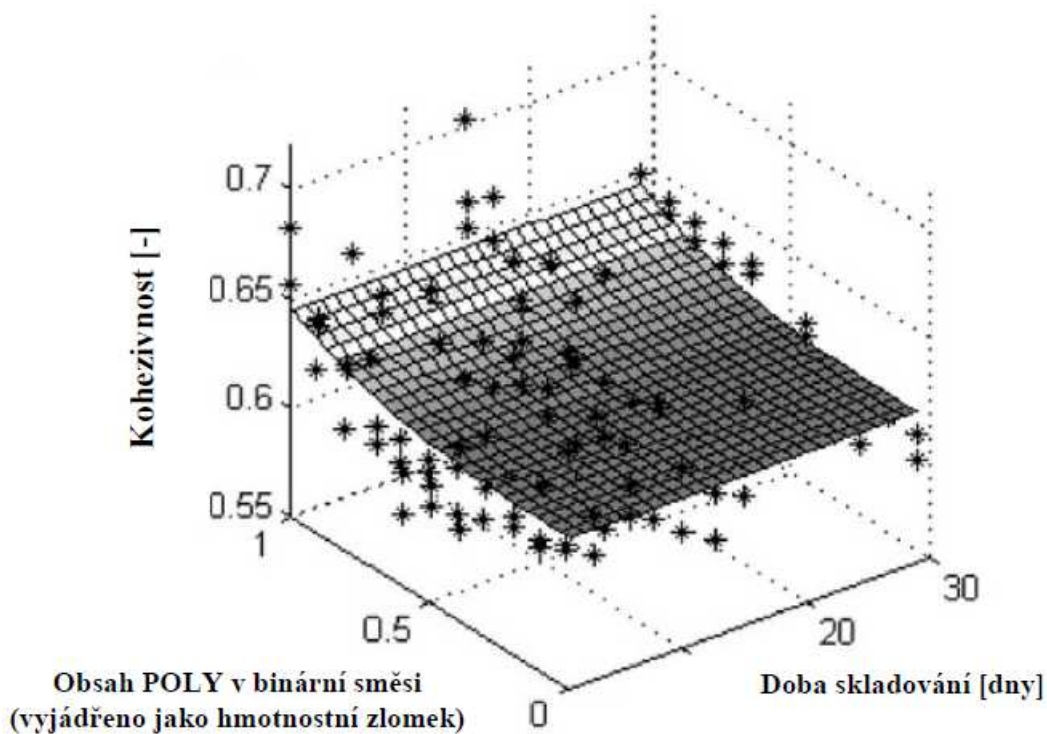
Kohezivnost produktů vyrobených s binárními směsmi PSTP a POLY se neprakticky neměnila v závislosti na odlišných poměrech obou fosforečnanů (7.9). U binární směsi TSPP a PSTP byly pozorovány zvyšující se hodnoty soudržnosti při snižujícím se obsahu TSPP v modelových tavených sýrech (obr. 7.10).



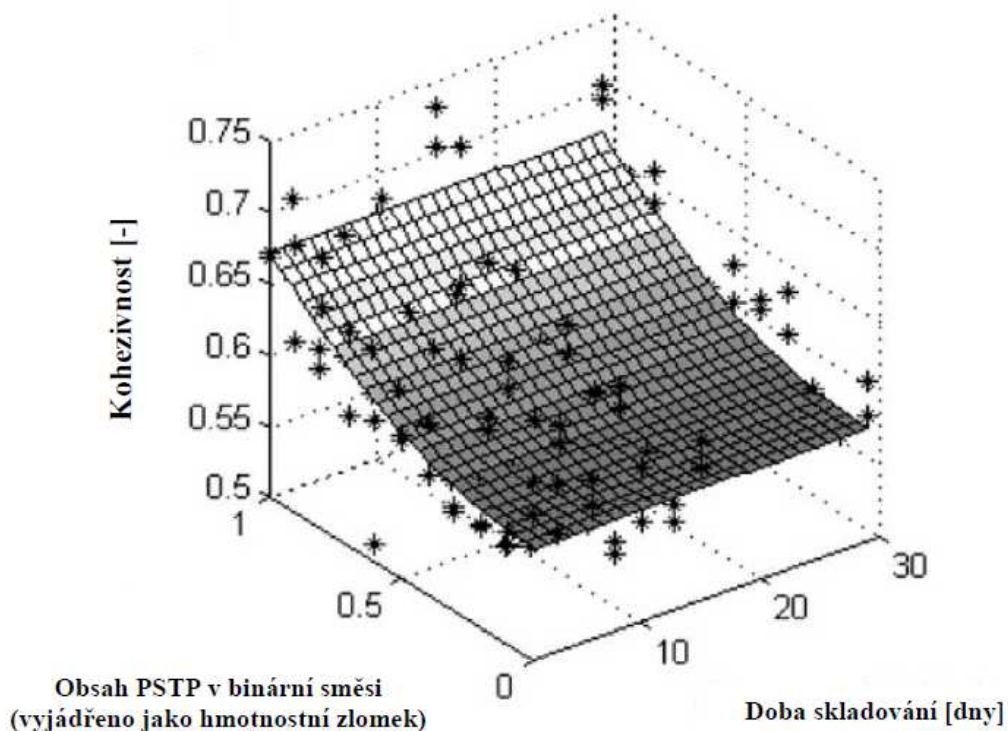
Obr. 7.7: Kohezivnost v závislosti na složení binární směsi DSP:POLY a délce skladování



Obr. 7.8: Kohezivnost v závislosti na složení binární směsi TSPP:POLY a délce skladování

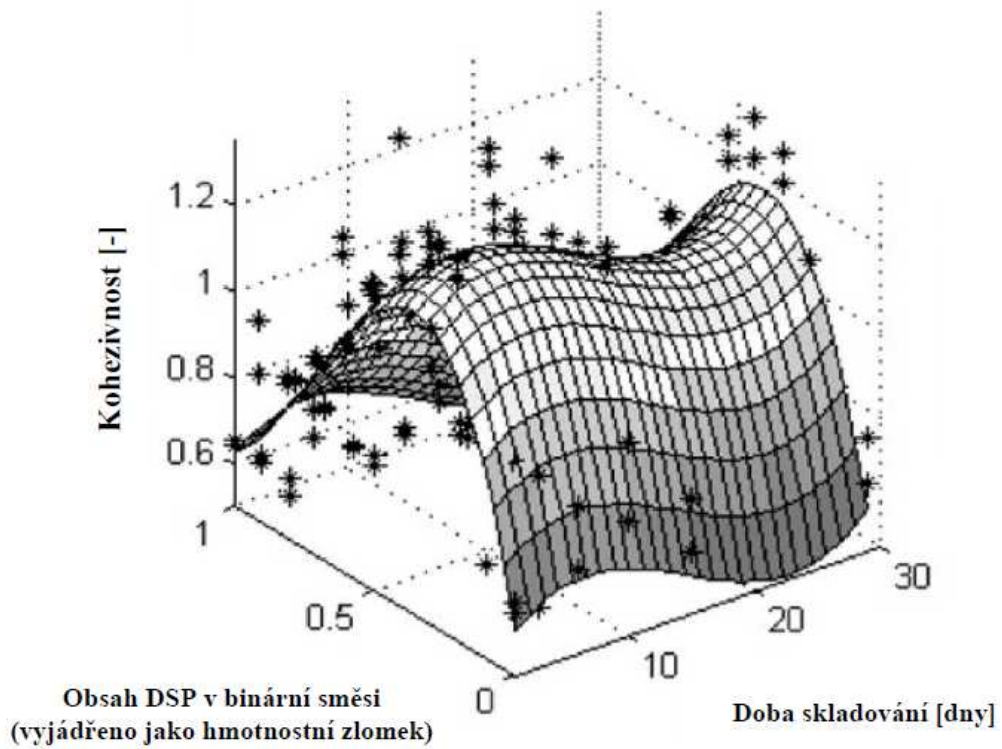


Obr. 7.9: Kohezivnost v závislosti na složení binární směsi PSTP:POLY a délce skladování

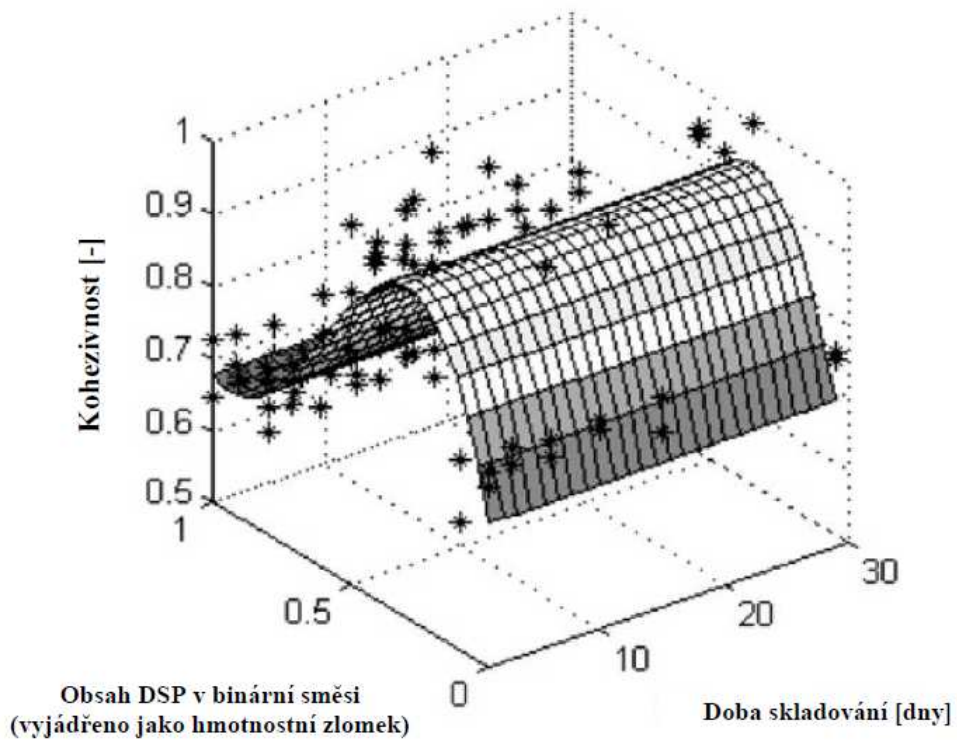


Obr. 7.10: Kohezivnost v závislosti na složení binární směsi TSPP:PSTP a délce skladování

Trend závislosti hodnot soudržnosti u vzorků s binárními směsmi DSP s TSPP (obr. 7.11) nebo PSTP (obr. 7.12) se shodoval s vývojem hodnot tvrdosti (viz výše). Maximální hodnoty soudržnosti byly dosahovány u vzorků, ve kterých byly aplikovány binární směsi DSP s ~50 % obsahem TSPP a PSTP. Během skladování testovaných vzorků nedocházelo k podstatným změnám hodnot kohezivnosti.



Obr. 7.11: Kohezivnost v závislosti na složení binární směsi DSP:TSP a délce skladování



Obr. 7.12: Kohezivnost v závislosti na složení binární směsi DSP:PSTP a délce skladování

Relativní lepivost

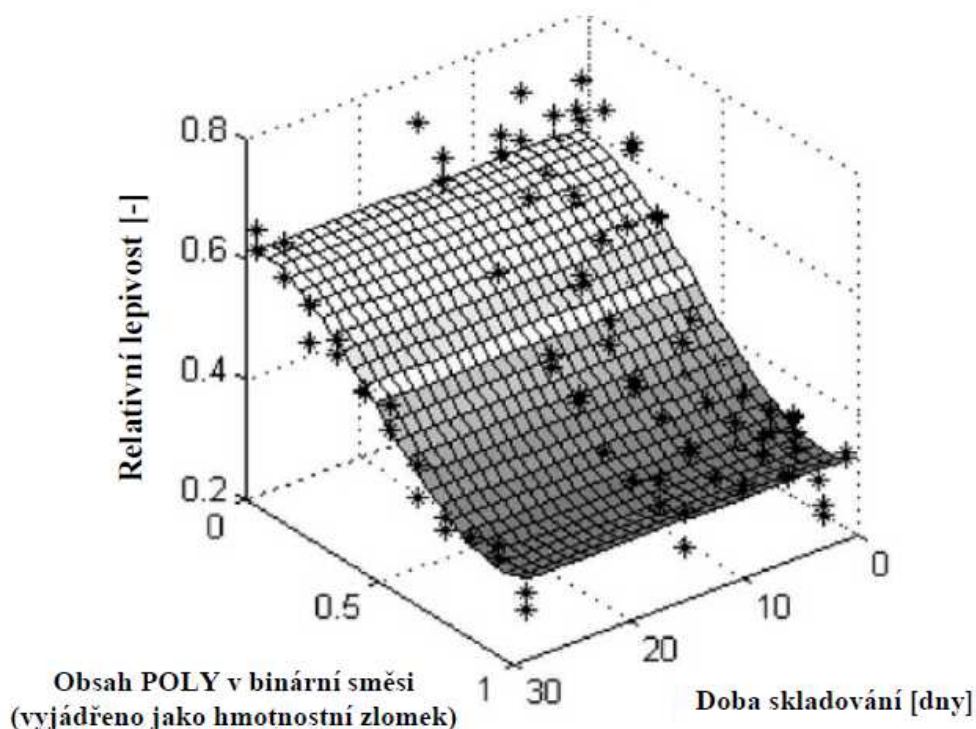
Hodnoty relativní lepivosti tavených sýrů, které byly vyhodnoceny lineárními regresními metodami, jsou zobrazeny na obr. 7.13–7.18.

Binární směsi POLY s ostatními fosforečnanovými tavicími soli vykazovaly shodně klesající trend relativní lepivosti a to v závislosti na rostoucím zastoupení POLY v dané směsi (obr. 7.13 pro směs s DSP, 7.14 pro směs s TSPP, 7.15 pro směs s PSTP).

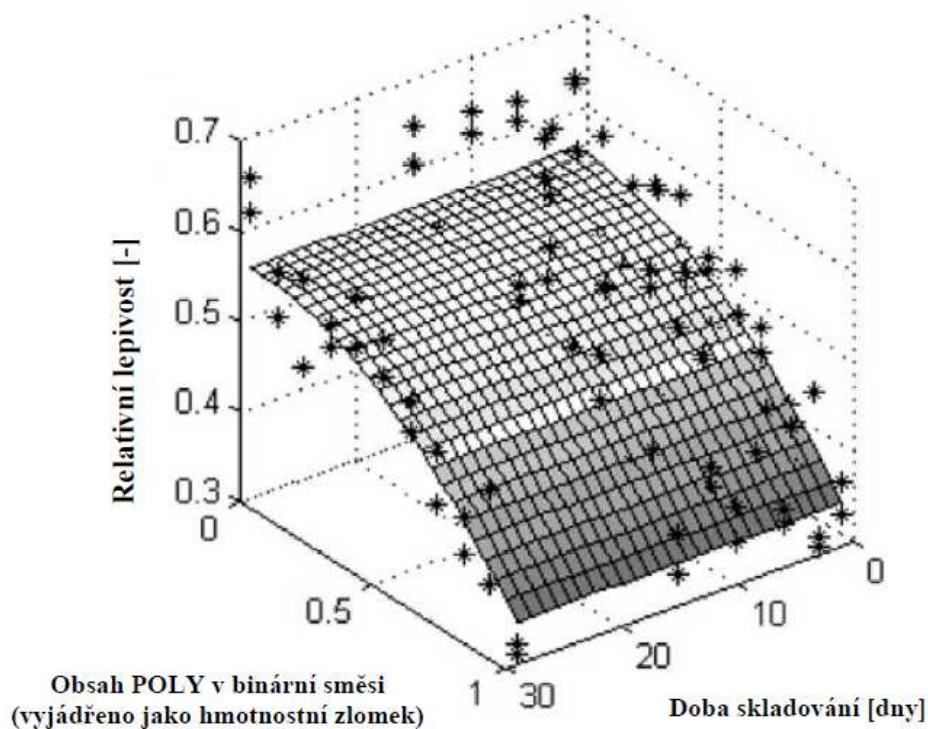
Zvyšující se obsah PSTP v binární směsi TSPP a PSTP (obr. 7.16) má za následek rostoucí trend relativní lepivosti modelových tavených sýrů.

Nárůst podílu DSP v binární směsi DSP a TSPP (obr. 7.17) do ~50 % se na relativní lepivosti tavených sýrů projevoval zvyšováním jeho hodnot. Naopak při dalším zvyšování obsahu DSP v posledně zmíněných binárních směsích (> 50 %) již hodnoty tohoto parametru nerostly nebo se dokonce mírně snižovaly. Binární směs DSP a PSTP (obr. 7.18) vykazovala vyšší hodnoty parametru vzorků při rostoucím poměru DSP ve směsi.

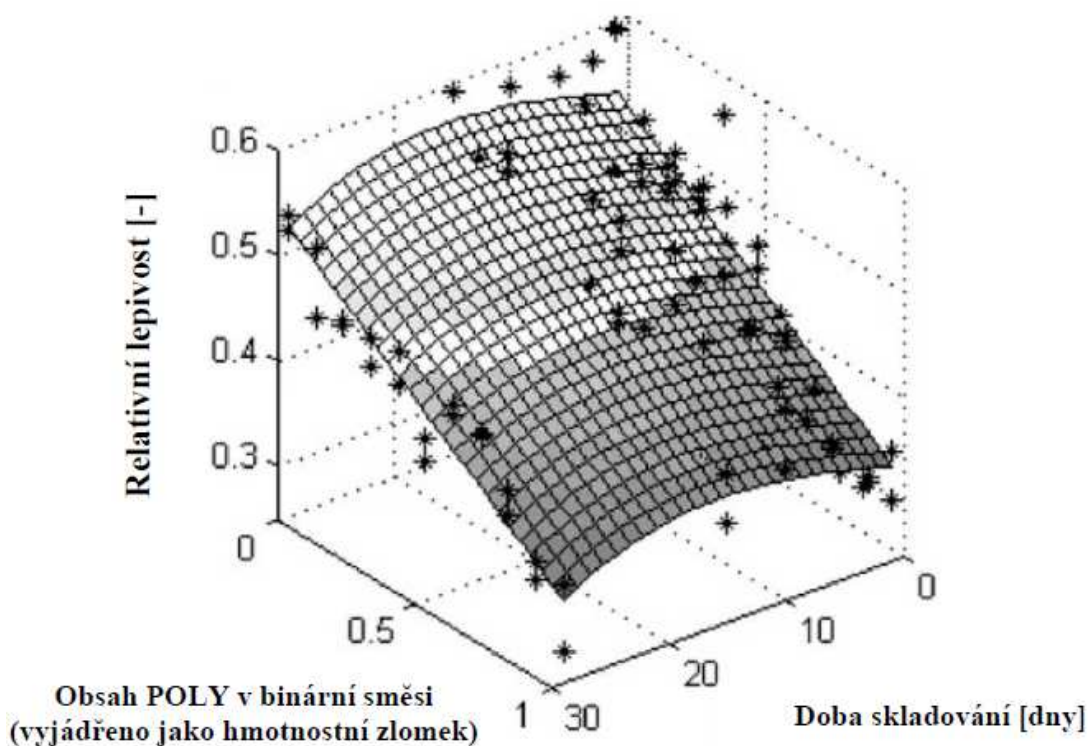
V průběhu 29denního skladování nedocházelo k průkazným změnám hodnot tohoto parametru studovaných vzorků.



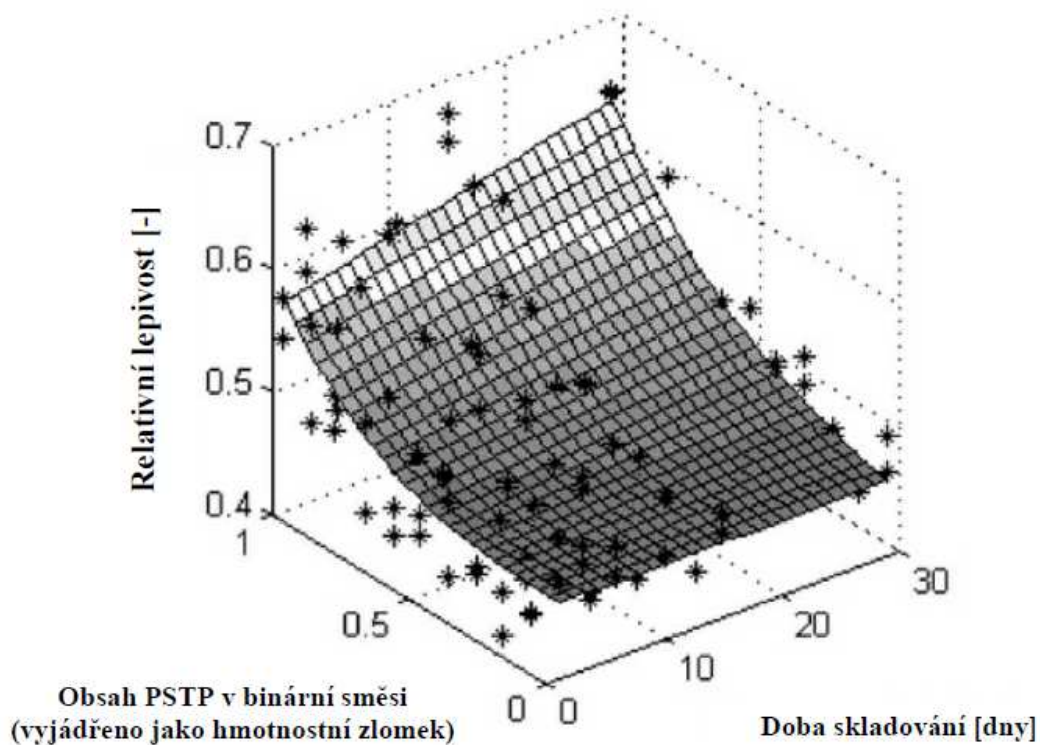
Obr. 7.13: Relativní lepivost v závislosti na složení binární směsi DSP:POLY a délce skladování



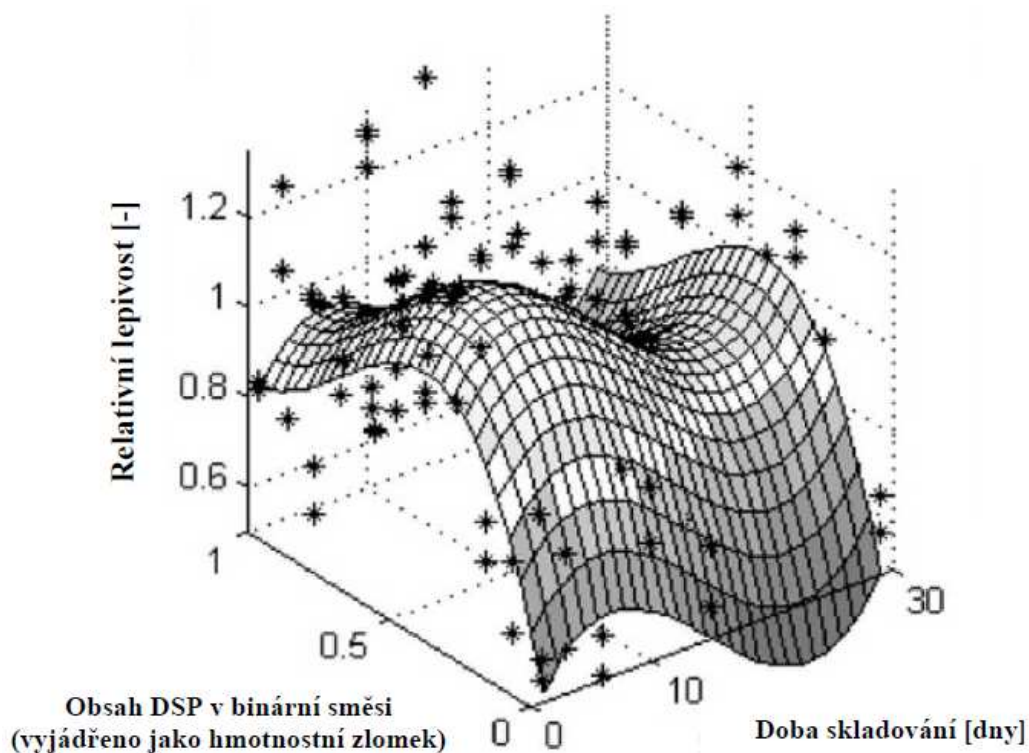
Obr. 7.14: Relativní lepivost v závislosti na složení binární směsi TSPP:POLY a délce skladování



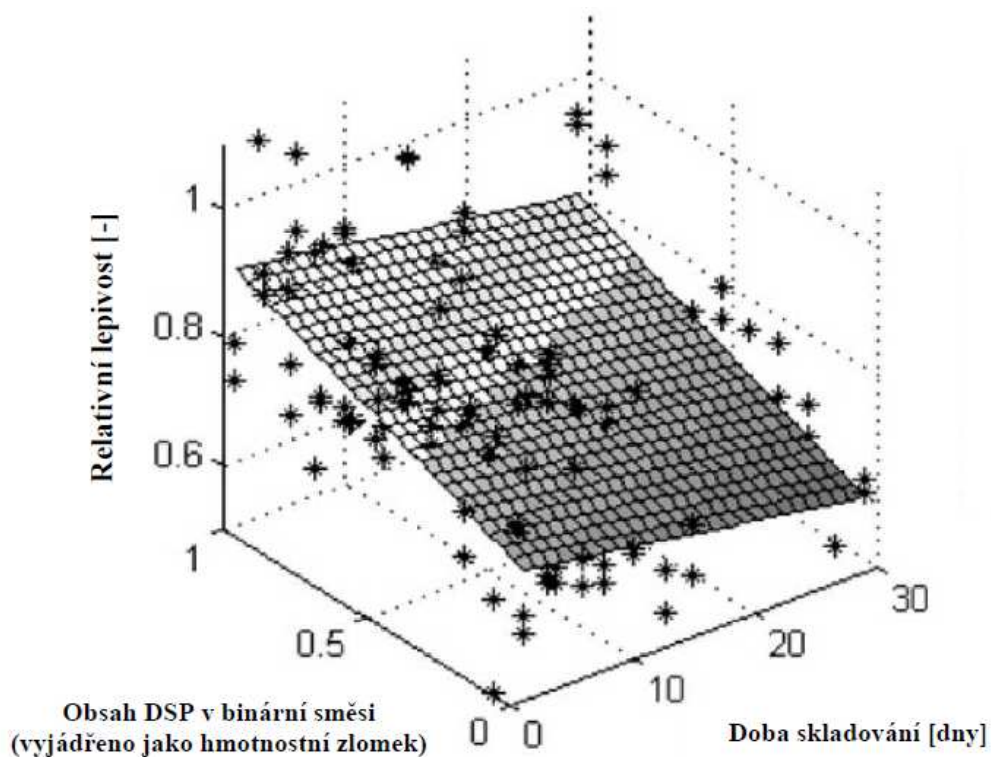
Obr. 7.15: Relativní lepivost v závislosti na složení binární směsi PSTP:POLY a délce skladování



Obr. 7.16: Relativní lepivost v závislosti na složení binární směsi TSP:PSTP a délce skladování



Obr. 7.17: Relativní lepivost v závislosti na složení binární směsi DSP:TSP a délce skladování



Obr. 7.18: Relativní lepivost v závislosti na složení binární směsi DSP:PSTP a délce skladování

Z výsledků tohoto Experimentu vyplývá, že chování difosforečnanu sodného (TSPP) a trifosforečnanu sodného (PSTP) je obdobné, tudíž byl pro následující experimenty PSTP vyřazen.

7.2 Výsledky Experimentu 2

V rámci tohoto experimentu byly měřeny texturní parametry vzorků tavených sýrů, které byly vyrobeny za použití (i) ternárních směsí tavicích solí a (ii) odlišné zralosti výchozí suroviny. Přírodní sýr pro výrobu modelových vzorků byl ve zralosti 2, 4 a 8 týdnů. Vzorky byly podrobeny analýzám 2., 9. a 30. den skladování.

7.2.1 Základní chemická analýza

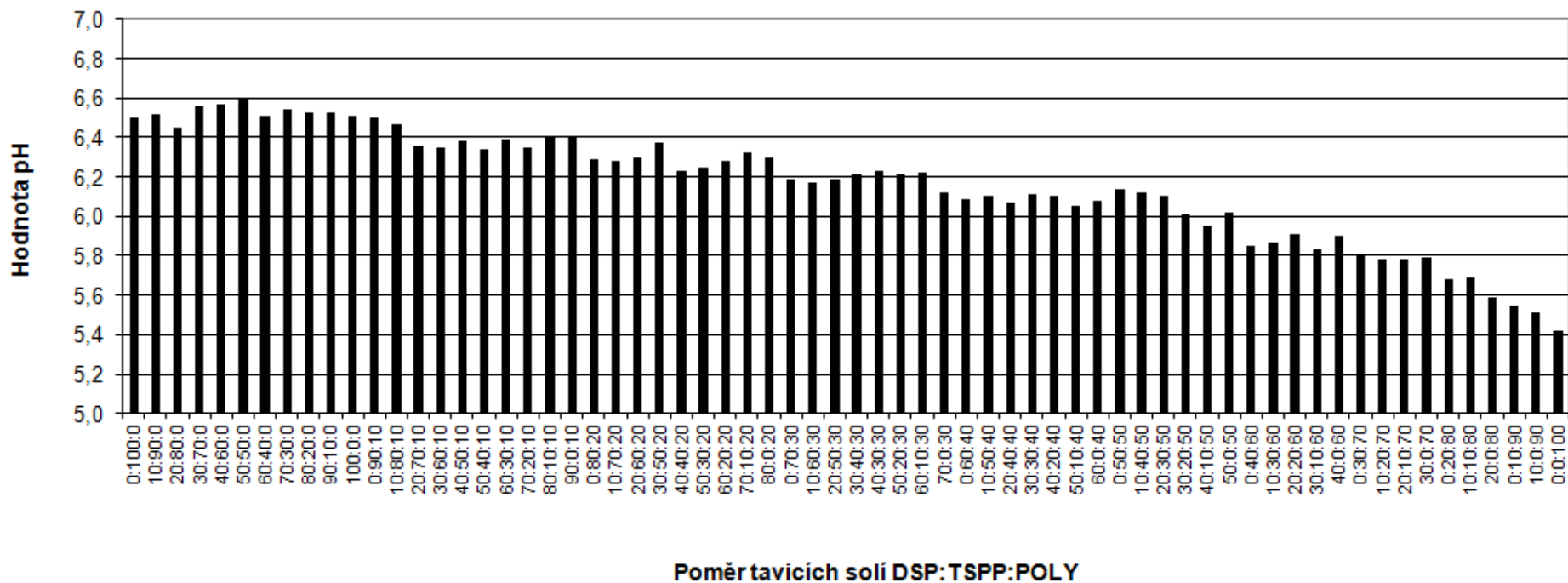
Hodnoty sušiny všech vzorků tavených sýrů se pohybovaly v rozmezí 40,07–41,43 % (w/w). Srovnatelné hodnoty obsahu sušiny jsou nezbytné pro zajištění standardnosti analyzovaných vzorků, jelikož obsah sušiny významně ovlivňuje texturní vlastnosti tavených sýrů [84].

Hodnota pH přírodního sýra – respektive výchozí suroviny pro výrobu modelových vzorků tavených sýrů byla $\text{pH}=5,18\pm 0,02$ pro 2 týdenní surovinu, $\text{pH}=5,35\pm 0,03$ pro 4 týdenní surovinu a $\text{pH}=5,56\pm 0,03$ pro 8 týdenní surovinu.

Hodnoty pH modelových vzorků jsou závislé na složení ternární směsi tavicích solí. Bylo pozorováno, že klesající obsah POLY v ternárních směsích měl za následek nárůst hodnoty pH výrobků. Tento jev lze demonstrovat na hodnotách pH vzorků, které byly vyrobeny ze dvoutýdenní suroviny a byly měřeny 30. den od výroby (obr. 7.19). Modelové vzorky, které byly vyrobeny pouze za pomoci POLY, měly hodnotu pH v rozmezí 5,32–5,39. Oproti tomu modelové vzorky, pro jejichž výrobu nebyla použita POLY jako tavicí sůl, vykazovaly hodnotu pH v oblasti 6,45–6,59.

Modelové vzorky tavených sýrů, které byly vyrobeny pouze za využití DSP a TSPP v ternární směsi (nulové zastoupení POLY) neposkytovaly vhodné pH (hodnota pH byla mimo optimální oblast 5,6 – 6,1. Žádoucí hodnoty pH byly naměřeny u studovaných vzorků tavených sýrů, které byly vyrobeny za pomoci přídavku POLY v intervalu 50–70%.

V průběhu experimentu bylo pozorováno, že s rostoucím stupněm prozrálosti výchozí suroviny docházelo k pozvolnému a mírnému nárůstu hodnot pH modelových vzorků ($P < 0,05$). Modelové vzorky vyrobené ze 4 týdenní suroviny vykazovaly vyšší hodnotu pH zhruba o 0,04–0,11 (oproti vzorkům vyrobeným z 2 týdenní suroviny; vyjádřeno jako interval, ve kterém se změna pohybovala). Při použití 8 týdenní suroviny byl nárůst přibližně o 0,10–0,23 (oproti vzorkům z 2 týdenní suroviny; vyjádřeno jako interval, ve kterém se změna pohybovala).



Obr. 7.19: Hodnota pH vzorků vyrobených z dvou týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY

7.2.2 Stanovení obsahu volných aminokyselin

Proteolytické změny v základní surovině pro výrobu tavených sýrů byly monitorovány pomocí obsahu volných aminokyselin jako konečného produktu proteolýzy. V sýrech byly zjištěny koncentrace volných aminokyselin $1,93 \pm 0,15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $3,49 \pm 0,23 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ a $6,49 \pm 0,51 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ pro surovinu zralou 2, 4 a 8 týdnů. Průběh proteolýzy suroviny odpovídá běžnému vývoji obsahu volných aminokyselin sýrů eidamského typu [105,109].

7.2.3 Výsledky texturní analýzy modelových vzorků tavených sýrů

Tvrдость

Závislost tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů na složení ternární směsi tavicích solí byla modelována pomocí regresní analýzy. Predikované hodnoty tvrdosti získané pomocí optimálního modelu v závislosti na stupni dozrání výchozí suroviny a délce skladování je zobrazena na obr. 7.19 (pro dvoutýdenní surovinu), 7.20 (pro čtyřtýdenní surovinu) a 7.21 (pro osmitýdenní surovinu).

Srovnání tvrdosti vzorků vyrobených za pomoci jednotlivých tavicích solí bylo obdobné jako v předcházejícím experimentu. I zde bylo pozorováno, že nejméně tuhé vzorky tavených sýrů byly vyrobeny za použití samotného DSP, oproti tomu nejvíce tuhé byly získány při použití samotného POLY jako tavicí soli. Při použití studovaných fosforečnanových tavicích solích v jejich ternárních směsích z níže uvedených grafů vyplývá, že pokud bylo v ternární směsi DSP:TSPP:POLY nulové zastoupení DSP, tak docházelo k nárůstu parametru tvrdosti. Nárůst tvrdosti zde byl podmíněn zvyšujícím se obsahem POLY a snižujícím se množstvím TSPP v ternární směsi. Stejný trend byl pozorován v případě, že ve směsi ternární směsi bylo nulové zastoupení TSPP.

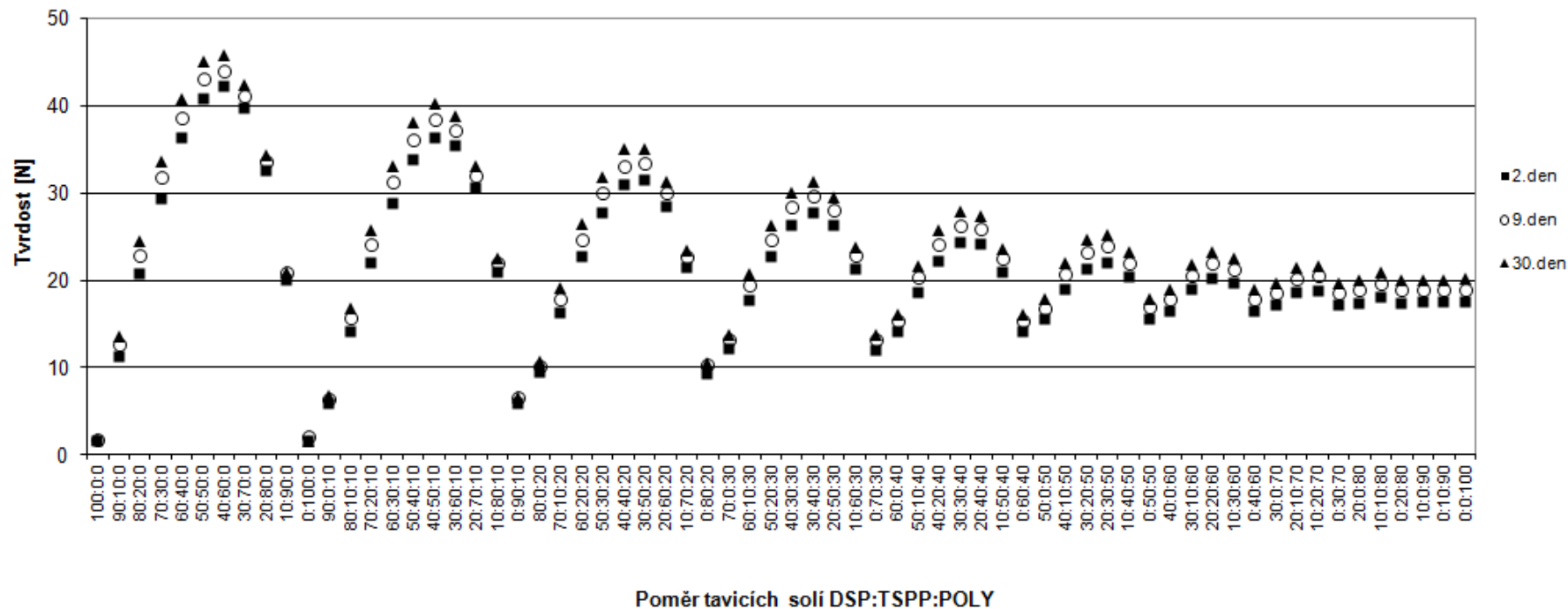
V průběhu experimentu byl zjištěn zajímavý trend vývoje tvrdosti v závislosti na měnícím se obsahu všech tří studovaných tavicích solí. Tento trend byl nejvýraznější, pokud byl obsah POLY $\leq 60 \%$. Za těchto podmínek bylo zjištěno, že pokud se vzájemný poměr DSP a TSPP pohybuje v rozmezí 1:1–3:4, tak docházelo k prudkému nárůstu tvrdosti. Tento jev byl tím patrnější, čím méně POLY se v dané ternární směsi vyskytovalo. Nejvyšší tvrdost byla pozorována při nulovém zastoupení POLY ve směsi a při obsahu DSP:TSPP v poměru 40:60. Pokud došlo k odklonu od intervalu poměru DSP:TSPP 1:1–3:4

(za jinak konstantního obsahu POLY), tak byl pozorován pokles parametru tvrdosti.

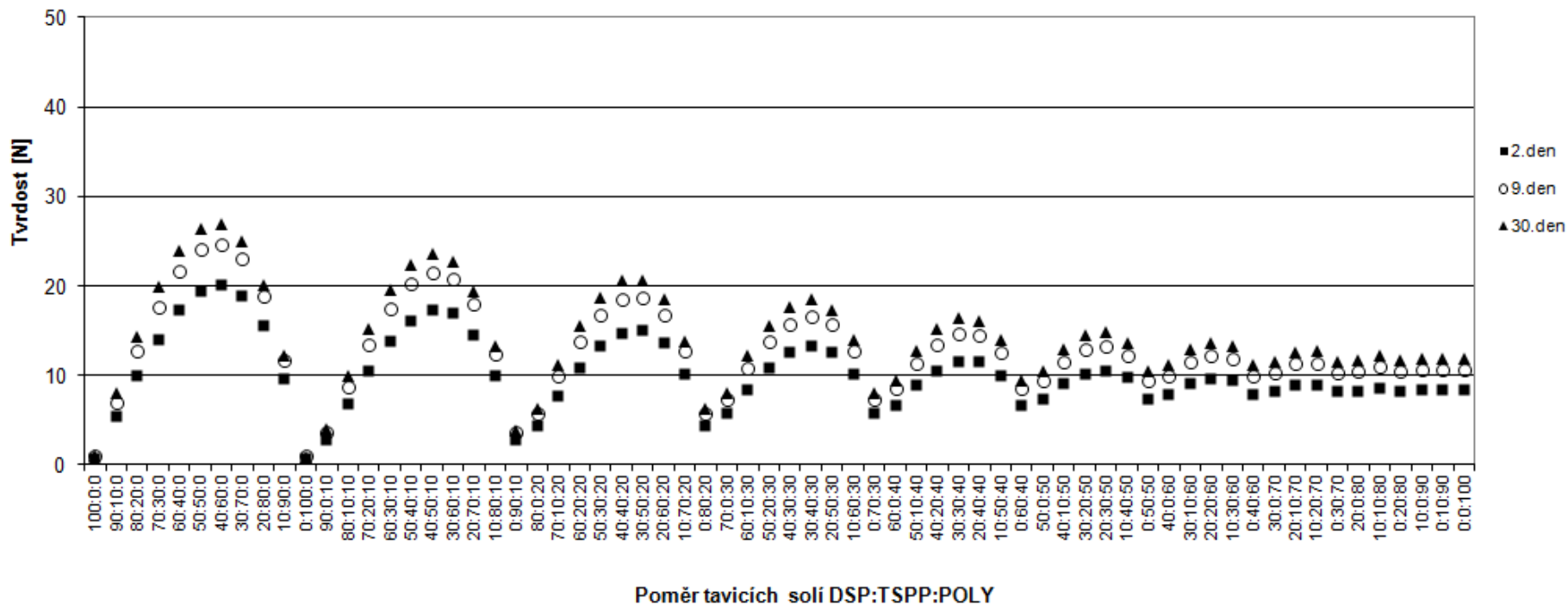
Dále bylo shledáno, že při narůstajícím obsahu POLY v ternární směsi docházelo ke snižování vlivu vzájemného specifického poměru DSP:TSPP. Jakmile dosahoval obsah POLY v ternární směsi nad 60 %, tak vzájemný poměr DSP:TSPP tvrdost vzorků již prakticky neovlivňoval ($P \geq 0,05$).

Popsaný trend závislosti tvrdosti na složení použité ternární směsi tavicích solí byl patrný u všech modelových vzorků, a to bez ohledu na délku skladování vzorků či stupeň prozrálости výchozí suroviny.

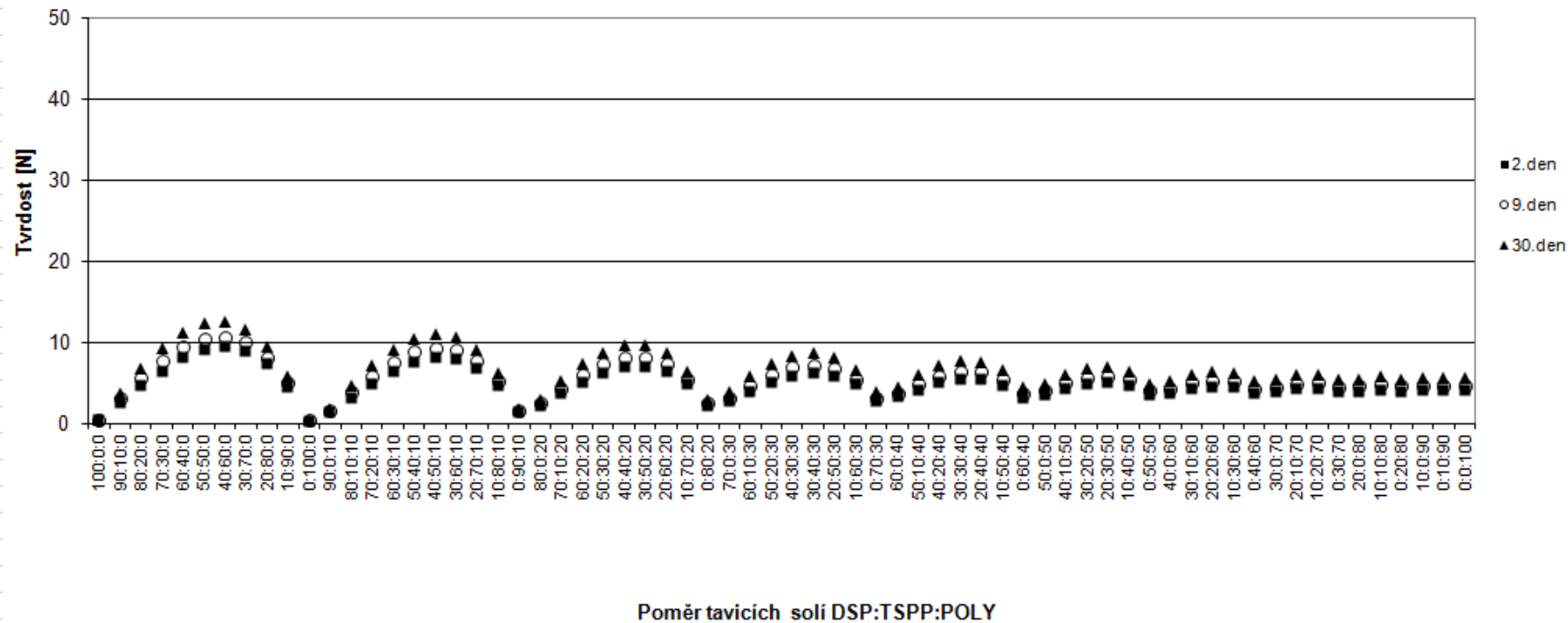
Odlišná zralost použitého přírodního sýra se měla vliv na hodnoty tvrdosti, nikoliv na průběh výše popsaného obecného trendu vývoje. Bylo zjištěno, že s rostoucím stupněm prozrálости klesala tvrdost vyrobených modelových vzorků tavených sýrů ($P < 0,01$). Oproti tomu, rostoucí délka skladování měla za následek mírný nárůst tohoto parametru ($P < 0,05$).



Obr. 7.20: Tvrdost vzorků vyrobených z dvoutýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSP:POLY a délce skladování



Obr. 7.21: Tvrdost vzorků vyrobených z čtyřtýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSP:POLY a délce skladování



Obr. 7.22: Tvrdost vzorků vyrobených z osmítýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSP:POLY a délce skladování

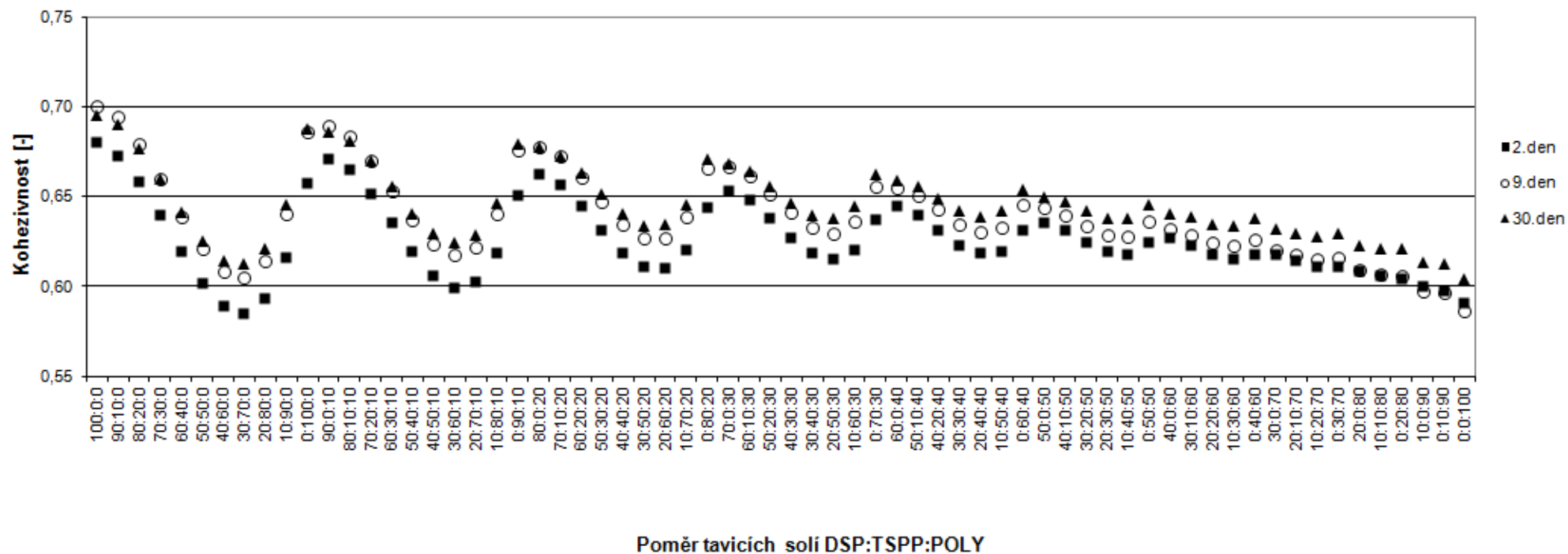
Kohezivnost

Kohezivnost vzorků tavených sýrů a její závislost na složení ternárních směsí tavicích solí byla vyhodnocena regresní analýzou. Grafické vyjádření těchto závislostí je zobrazeno na obr. 7.22 (pro dvou týdenní surovinu), 7.23 (pro čtyř týdenní surovinu) a 7.24 (pro osmi týdenní surovinu).

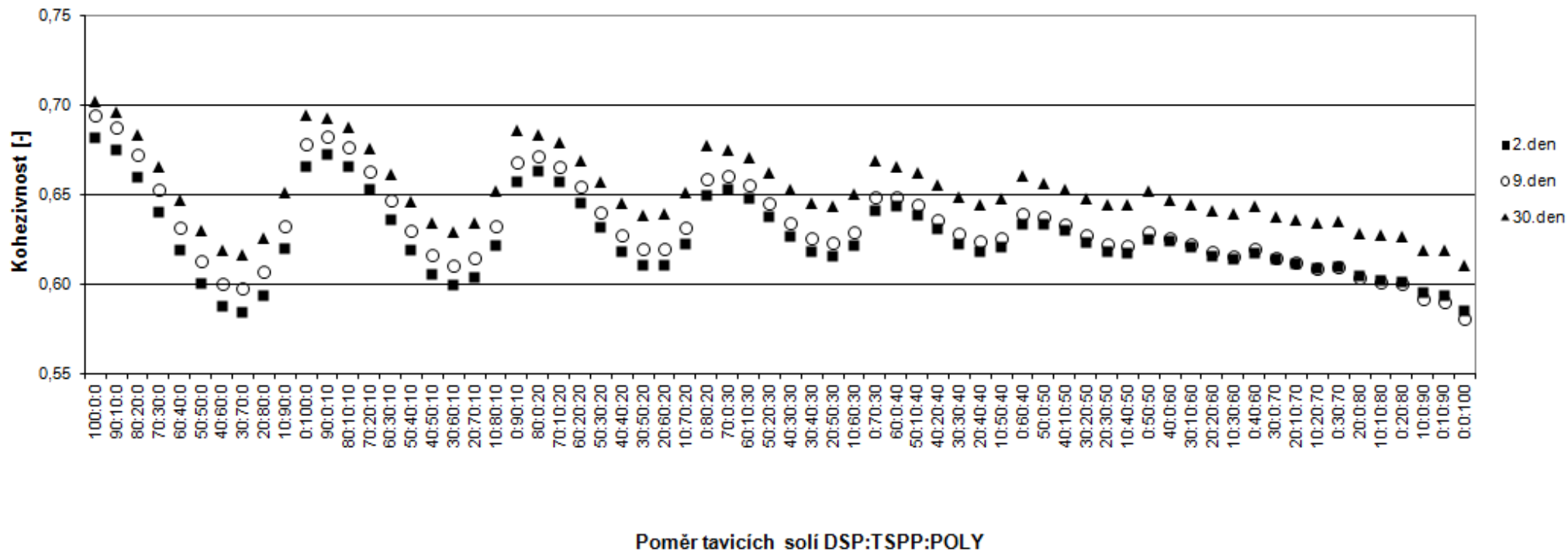
Trend vývoje závislosti soudržnosti na složení ternárních směsí je obdobný, jako u parametru tvrdosti. Při obsahu POLY ≤ 60 % docházelo k rapidnímu poklesu soudržnosti vzorků, a to při vzájemném poměru DSP:TSPP v intervalu 1:1–1:2. Při odklonu od tohoto poměru byl pozorován nárůst kohezivnosti vzorků tavených sýrů. S rostoucím zastoupením POLY v ternární směsi (do 60 %) klesal vliv specifického poměru DSP:TSPP. Další nárůst obsahu POLY (nad 60 %) se projevil už jen mírným poklesem soudržnosti, a to již bez ohledu na poměr DSP a TSPP.

Tento vývoj závislosti parametru kohezivnosti nebyl ovlivněn ani odlišným stupněm zralosti výchozí suroviny, ani dobou skladování.

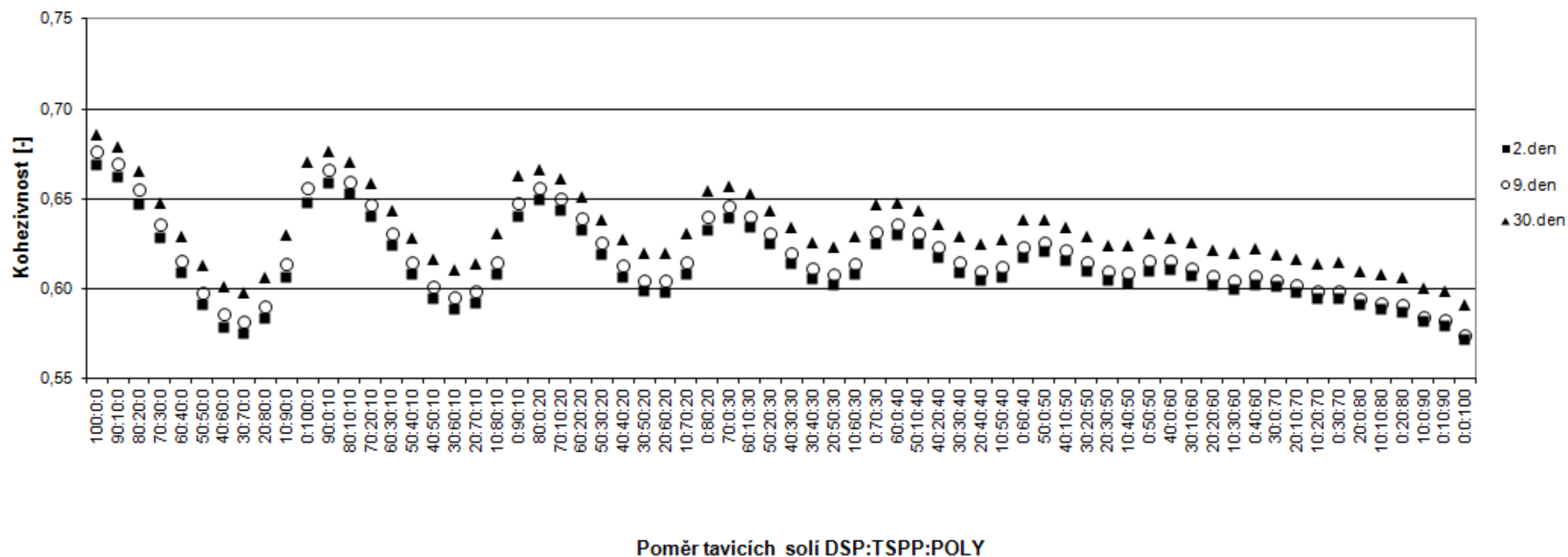
Narůstající prozrálost přírodního sýra se na modelových vzorcích tavených sýrů projevila mírným poklesem hodnot soudržnosti. Oproti tomu, v průběhu 30 denního skladování byl zjištěn nepatrný nárůst hodnot soudržnosti (porovnány modelové tavené sýry vyrobené s konstantním poměrem DSP, TSPP and POLY v ternární směsi tavicích solí a pro jejichž výrobu byly použity sýry o konstantním stupni prozrálosti). Změny kohezivnosti v závislosti na stupni dozrállosti sýra a době skladování nebyly statisticky významné ($P \geq 0,05$).



Obr. 7.23: Kohezivnost vzorků vyrobených z dvoutýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSP:POLY a délce skladování



Obr. 7.24: Kohezivnost vzorků vyrobených z čtyřtýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSP:POLY a délce skladování



Obr. 7.25: Kohezivnost vzorků vyrobených z osmítýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSP:POLY a délce skladování

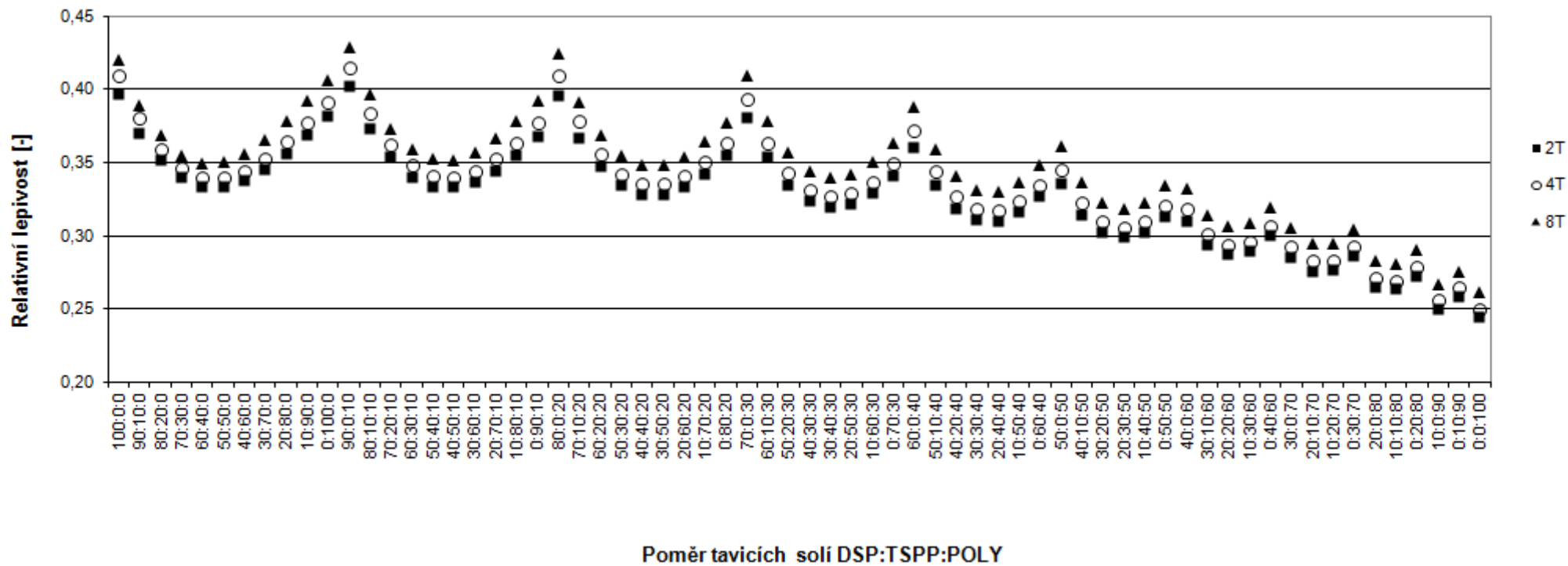
Relativní lepivost

Závislost relativní lepivosti modelových vzorků na složení ternárních směsí tavicích solí byla vyhodnocena pomocí regresní analýzy. Výsledky této analýzy pro modelové sýry vyrobené z dvoutýdenní, čtyřtýdenní a osmitýdenní suroviny skladované 30 dnů jsou zobrazeny na obr. 7.25.

Pokud obsah POLY nepřekročil hranici 60 %, tak bylo pozorováno snížení relativní lepivosti modelových vzorků tavených sýrů a to při vzájemném poměru DSP:TSPP v intervalu 1:1–3:4. Došlo-li k odchýlení od tohoto specifického intervalu, tak relativní lepivost studovaných vzorků rapidně rostla. Vliv specifického intervalu slábl s rostoucím zastoupením POLY (do 60 %) v ternární směsi. Hodnoty relativní lepivosti klesaly se zvyšujícím se obsahem POLY ve směsi. Při nárůstu POLY (nad 60 %) v ternární směsi byl zjištěn pokles relativní lepivosti a to již bez ohledu na poměr DSP:TSPP. Popsaný trend závislosti relativní lepivosti platil u všech modelových vzorků tavených sýrů, a to bez ohledu stupeň zralosti výchozí suroviny či dobu skladování.

Bylo zjištěno, že vlivem rostoucího stupně prozrálости suroviny dochází k nárůstu relativní lepivosti vzorků. Rozdíly mezi vzorky vyrobeny z dvou týdenní a čtyř týdenní suroviny nebyly statisticky významné ($P \geq 0,05$). Oproti tomu však hodnoty relativní lepivosti vzorků vyrobených z osmi týdenní suroviny byly signifikantně vyšší ($P < 0,05$) než vzorky, které byly vyrobeny z dvou týdenní či čtyř týdenní suroviny.

Po 30 dnech skladování nebyla prokázána změna hodnot relativní lepivosti ($P \geq 0,05$). Z tohoto důvodu jsou v níže prezentovaném grafu vyobrazena pouze data z 30. dne skladování.



Obr. 7.26: Relativní lepiivost vzorků v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSP:POLY a délce skladování (2T - 2 týdenní surovina, 4T – týdenní surovina, 8T – 8 týdenní surovina)

7.3 Výsledky Experimentu 3

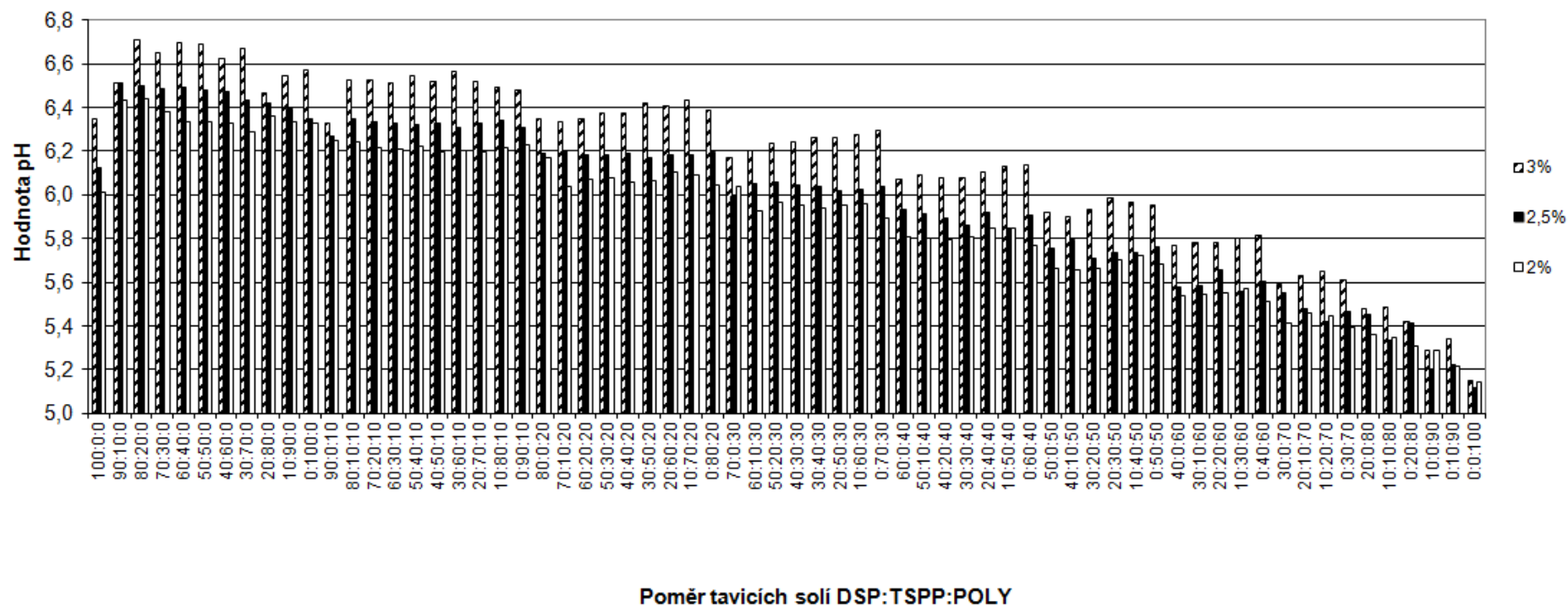
Modelové vzorky tavených sýrů byly v tomto experimentu vyrobeny ve dvou sériích. První série vzorků byla vyrobena bez úpravy hodnoty pH, u druhé série výrobků byla hodnota pH upravena na přibližně stejnou hodnotu. Cílový interval hodnoty pH byl 5,7–5,8. Hodnota pH byla upravena za účelem eliminace vlivu hodnoty pH jako faktoru ovlivňujícího zejména texturní vlastnosti tavených sýrů. V tomto experimentu byl studován vliv ternárních směsí tavicích solí ve třech různých finálních přídavicích: 3,0 % w/w, dále 2,5 % w/w a 2,0 % w/w (všechny koncentrace byly přepočteny na finální hmotnost výrobku a bezvodé formy fosforečnanů). Dále byl zkoumán vliv hodnoty pH na texturní vlastnosti modelových vzorků tavených sýrů.

7.3.1 Základní chemická analýza

Hodnoty sušiny všech vzorků tavených sýrů se pohybovaly v rozmezí 40,31–40,96 % (w/w). Obdobné hodnoty obsahu sušiny jsou základem pro možnost srovnání jednotlivých vzorků, jelikož obsah sušiny významně ovlivňuje texturní vlastnosti tavených sýrů [84].

Hodnoty pH modelových vzorků jsou závislé na složení ternární směsi tavicích solí. Vzorky s DSP a TSPP vykazovaly vyšší hodnotu pH než vzorky vyrobené s POLY ($P < 0,05$). V ternárních směsích bylo pozorováno, že v důsledku klesajícího obsahu POLY v ternárních směsích docházelo ke zvyšování hodnoty pH finálních produktů.

Vliv snižujícího se celkového obsahu tavicích solí se projevil snižováním hodnoty pH (obr. 7.27. pro sérii vzorků, které byly vyrobeny bez úpravy pH).



Obr. 7.27: Hodnota pH vzorků v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY a jejím snižujícím se obsahu (série vzorků vyrobených bez úpravy hodnoty pH)

Klesající obsah tavicích solí se u studovaných vzorků projevilo poklesem hodnoty pH. Při srovnání vzorků vyrobených se samostatně použitými tavicími solemi byl pozorován výrazný rozdíl zejména mezi koncentracemi 3 % (w/w) a 2,5 % (w/w) u tavicích solí DSP a TSPP. Rozdíl mezi koncentracemi 2,5 % (w/w) a 2 % (w/w) již nebyl tak výrazný. U POLY jako tavicí soli byl zaznamenán pouze mírný pokles v hodnotě pH a to postupně mezi jednotlivými rozdílnými koncentracemi.

U druhé série vzorků, které byly vyrobeny za pomoci úpravy pH taveniny se hodnoty pH pohybovaly v rozmezí 5,59–5,84.

7.3.2 Texturní profilová analýza modelových vzorků tavených sýrů

Tvrдость

Závislost tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů na složení ternární směsi tavicích solí je zobrazena na obr. 7.26 (pro 3 % w/w tavicích solí), 7.27 (pro 2,5 % w/w tavicích solí) a 7.28 (pro 2 % w/w tavicích solí). V jednotlivých grafech jsou zahrnuty jak hodnoty tvrdosti první série vzorků bez úpravy pH, tak i druhé série vzorků, u kterých byla hodnota pH upravena do požadovaného intervalu.

Při srovnání tvrdosti vzorků tavených sýrů za použití jednotlivých tavicích solí lze konstatovat, že nejméně tuhé vzorky modelových vzorků tavených sýrů byly vyrobeny za použití samotného DSP, nejvíce tuhé byly vyrobeny pomocí POLY jako tavicí soli. Vývoj trendu tvrdosti byl obdobný jako v Experimentu 2. Bylo pozorováno, že pokud byl v ternární směsi DSP:TSPP:POLY nulové zastoupení TSPP, tak docházelo k nárůstu parametru tvrdosti, a to v závislosti na zvyšujícím se obsahu POLY a snižujícím se množství DSP v dané směsi. Stejný trend byl pozorován v případě, že ve směsi ternární směsi bylo nulové zastoupení DSP.

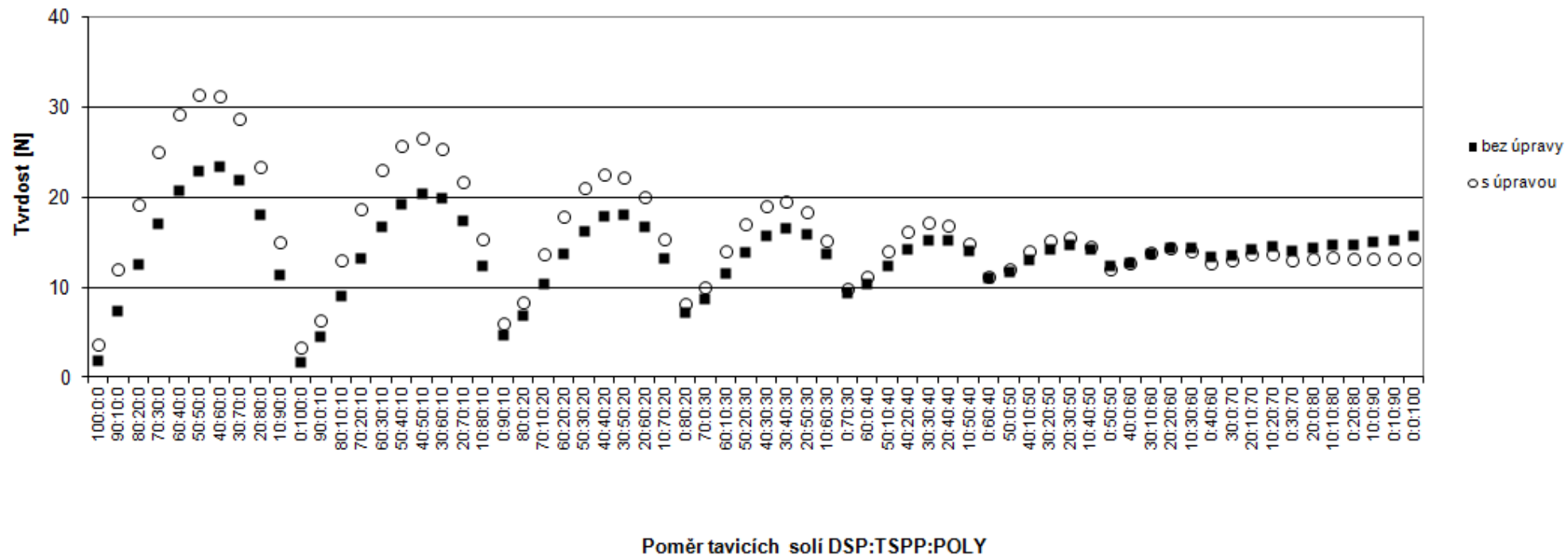
V důsledku měnících se poměrů ternárních směsí tavicích solí bylo zjištěno, že je-li obsah POLY $\leq 60\%$ a poměr DSP a TSPP se pohybuje v intervalu 1:1–3:4, tak dochází k rapidnímu nárůstu parametru tvrdosti. Tento jev byl markantnější, čím nižší obsah POLY se v ternární směsi vyskytoval. Nejvyšší tvrdost byla pozorována při nulovém zastoupení POLY ve směsi. Při vychýlení od specifického intervalu poměru DSP:TSPP 1:1–3:4 (za jinak konstantního obsahu POLY) došlo ke snížení hodnot tvrdosti.

Dalším rysem účinků ternárních směsí s různým zastoupením jednotlivých fosforečanů bylo, že v důsledku zvyšujícího se obsahu POLY v ternární směsi bylo pozorováno snižování vlivu tohoto specifického poměru DSP:TSPP. Po překročení hranice 60 % obsahu POLY neměl poměr solí DSP:TSPP již téměř žádný vliv na tvrdost daných vzorků.

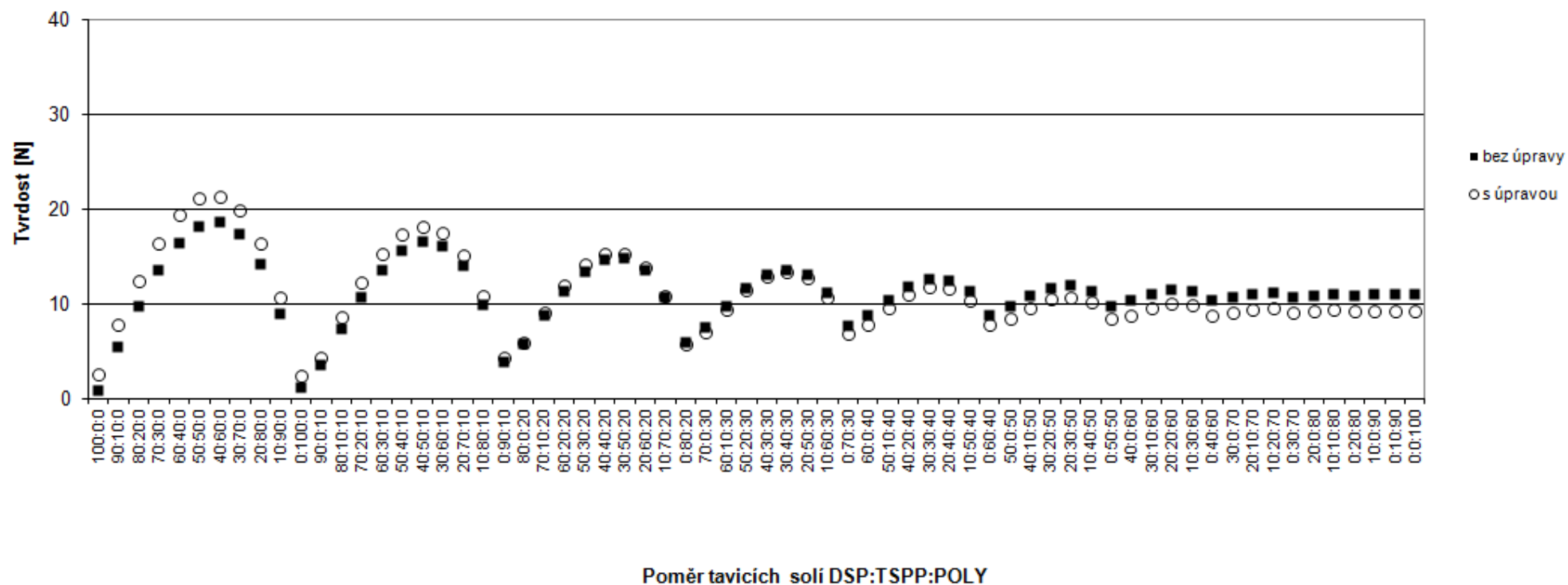
Výše popsaný vývoj závislosti tvrdosti na složení použité ternární směsi tavicích solí byl patrný u všech modelových vzorků, a to bez ohledu na celkový obsah tavicích solí ve vzorku. Dalším zajímavým výsledkem tohoto experimentu je fakt, že tento trend vývoje byl patrný nejen u vzorků, u kterých nebyla upravena finální hodnota pH, ale i u série vzorků, u kterých byla hodnota pH upravena pomocí činidla.

Vliv na hodnotu tvrdosti tavených sýrů vykazovalo přidané množství tavicích solí. Z vyobrazených grafů je patrné, že se snižujícím se přídatkem množstvím tavicích solí klesají také hodnoty tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů.

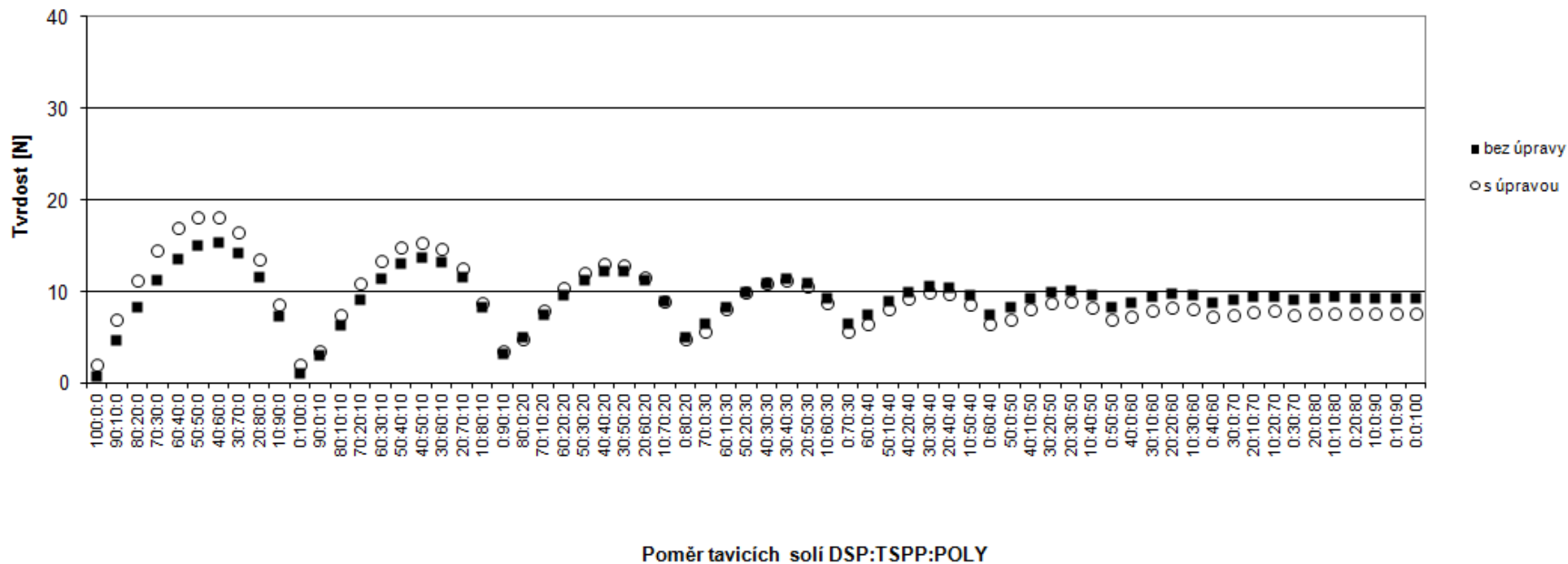
Při použití 3 % (w/w) bylo shledáno, že pokud je obsah POLY vyšší než 60 %, tak vyšší tvrdost vykazují vzorky vyrobené bez úpravy pH taveniny. Pokud je obsah POLY menší než 60 %, tak jsou více tuhé vzorky, které byly vyrobeny za pomoci úpravy hodnoty pH taveniny. Při poklesu přidaného množství tavicích solí na 2,5 % (w/w) či 2 % (w/w) byl pozorován stejný jev, s rozdílem, že přelomovou hranicí byl obsah POLY 30 %.



Obr. 7.28: Tvrdość vzorků v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY (3% w/w) a úpravě hodnoty pH taveniny



Obr. 7.29: Tvrđost vzorků v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY (2,5 % w/w) a úpravě hodnoty pH taveniny



Obr. 7.30: Tvrdost vzorků v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY (2 % w/w) a úpravě hodnoty pH taveniny

Kohezivnost

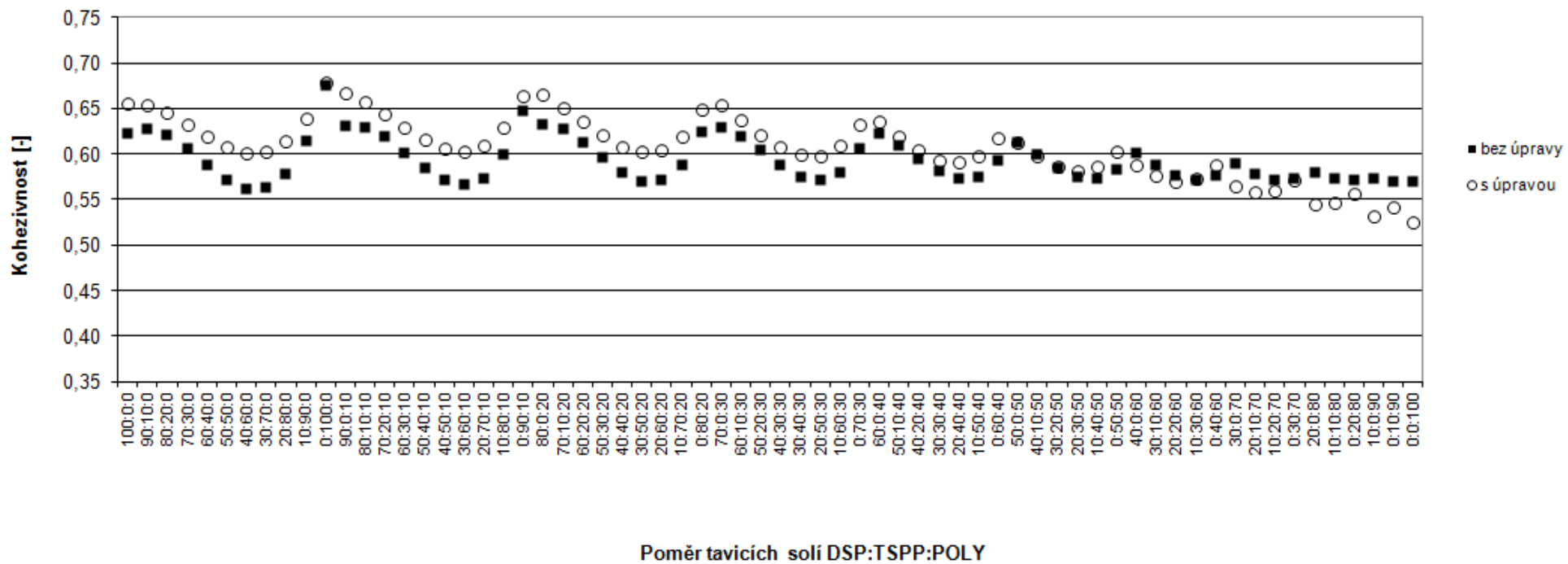
Kohezivnost vzorků tavených sýrů, které byly vyrobeny za použití odlišného celkového množství tavicích solí je zobrazeno na obr. 7.29 (pro 3 % w/w), 7.30 (pro 2,5 % w/w) a 7.31 (pro 2 % w/w).

Trend vývoje závislosti není tak jednoznačný jako v předešlém experimentu. Při obsahu POLY \leq 60 % sice docházelo k poklesu kohezivnosti, ale nikoliv tak prudkému jako v předcházejícím experimentu. Tento pokles byl podmíněn poměrem tavicích solí DSP:TSPP, a to v rozmezí 1:1–1:2. Při odklonu od tohoto intervalu byl zjištěn rostoucí trend parametru kohezivnosti modelových vzorků tavených sýrů. Se zvyšujícím se obsahem POLY v ternární směsi (do 60 %) docházelo k poklesu vlivu poměru DSP:TSPP. Další zvýšení množství POLY ve směsi (nad 60 %) měl za následek mírný pokles soudržnosti. Tento pokles nebyl ovlivněn poměrem DSP:TSPP.

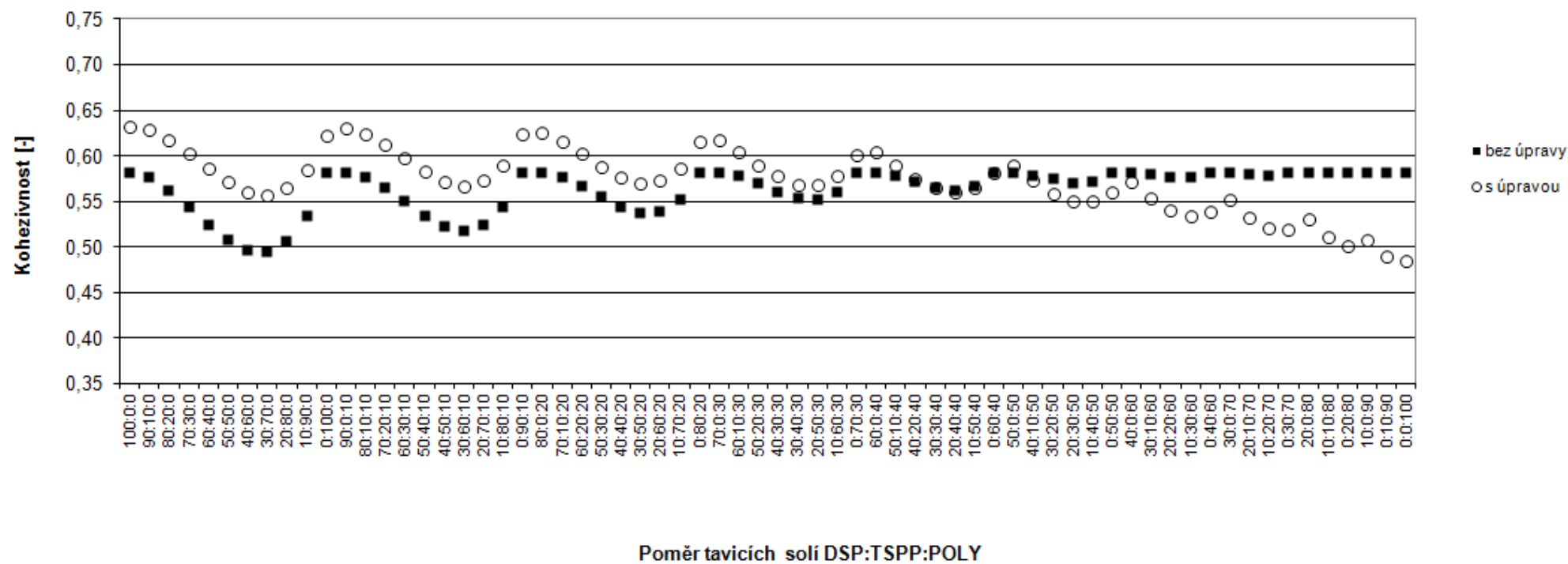
Výše popsaný obecný vývoj parametru kohezivnost nebyl významně ovlivněn snižujícím se obsahem tavicích solí. Celkové množství tavicích solí ovlivnilo pouze vyšší hodnot – s klesajícím obsahem tavicích solí klesal také tento parametr.

Stejně jako v předešlém případě, tak i u parametru soudržnosti lze konstatovat, že ačkoli druhá série vzorků byla ovlivněna úpravou hodnot pH ve všech studovaných vzorcích, tak na trendu vývoje se tato úprava neprojevila a vzorky s úpravou hodnoty pH vykazují stejný trend vývoje tohoto parametru jako vzorky, u kterých hodnota pH upravena nebyla.

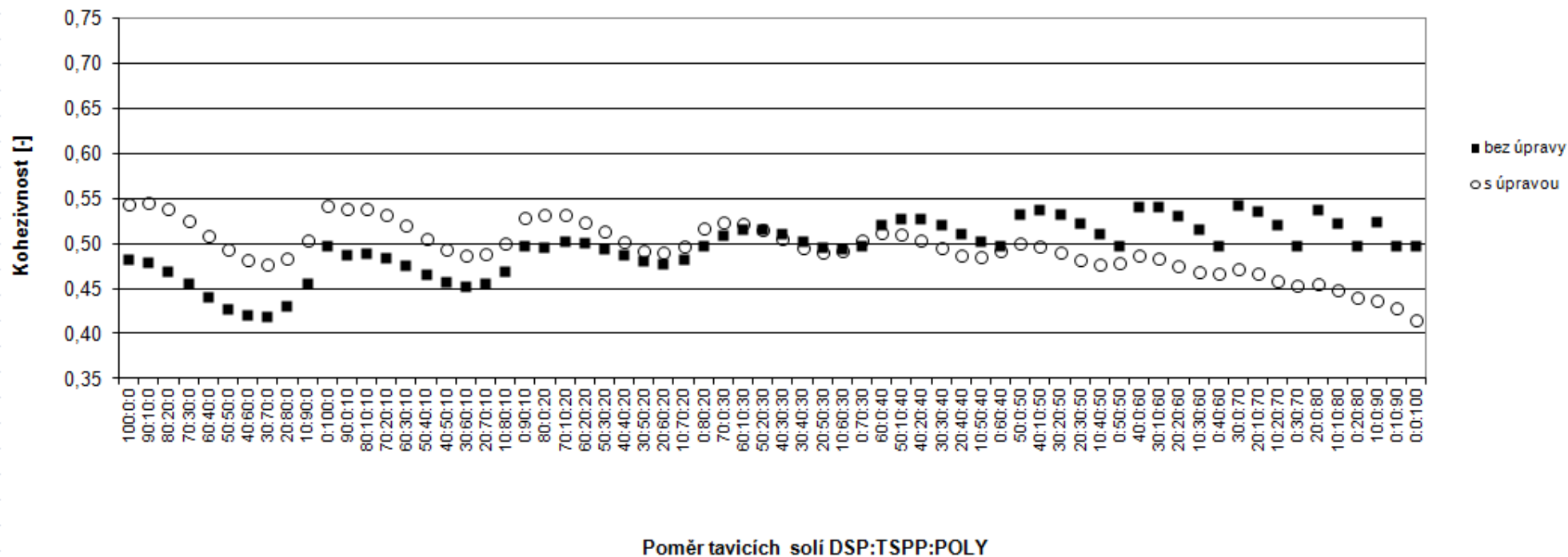
Vlivem hodnoty pH a jeho úpravy bylo pozorováno, že v důsledku snižujícího se celkové přídávku tavicích solí bylo zjištěno, že při celkovém obsahu 3 % (w/w) a obsahu POLY nad 60 % vykazují vyšší soudržnost vzorky, které byly vyrobeny bez úpravy hodnoty pH. Pokud byl obsah POLY nižší než 60 %, tak vyšší hodnoty tvrdosti vykazovaly vzorky vyrobeny s úpravou hodnoty pH. Při snížení obsahu tavicích solí docházelo i ke snižování hranice obsahu POLY jako přelomového bodu tohoto trendu. Při použití 2,5 % (w/w) tavicích solí, byla hranice obsahu POLY 50 % a při použití 2 % (w/w) byla tato hranice 30 %.



Obr. 7.31: Kohezivnost vzorků v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSP:POLY (3% w/w) a úpravě hodnoty pH taveniny



Obr. 7.32: Koheznivnost vzorků v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY (2,5 % w/w) a úpravě hodnoty pH taveniny



Obr. 7.33: Kohezivnost vzorků v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:POLY (2 % w/w) a úpravě hodnoty pH taveniny

Relativní lepivost

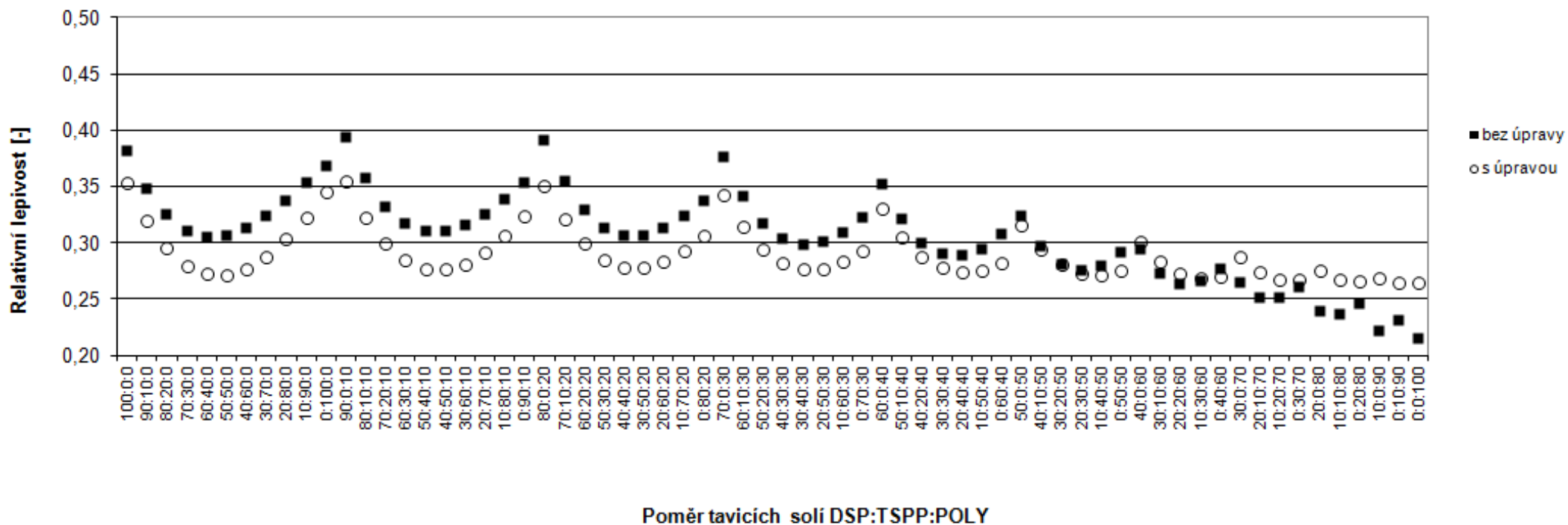
Relativní lepivost a její závislost na obsahu tavicích solí je zobrazena na obr. 7.32 (pro 3 % w/w tavicích solí). Rozdíly v grafickém vyjádření parametru relativní lepivosti byly minimální, proto je zde vyobrazeno pouze chování ternární směsi (3 % w/w).

Pokud obsah POLY nepřekročil hranici 60 %, tak bylo pozorováno snížení relativní lepivosti modelových vzorků tavených sýrů a to při poměru DSP:TSPP v intervalu 1:1–3:4. Došlo-li k odklonu od tohoto intervalu, tak se relativní lepivost studovaných vzorků zvyšovala. Vliv intervalu tavicích solí DSP:TSPP byl tím méně výrazný, čím rostl obsah POLY (do 60 %) v použité ternární směsi. Hodnoty relativní lepivosti klesaly s rostoucím množstvím POLY ve směsi. Při dalším zvyšujícím se množství POLY (nad 60 %) v ternární směsi byl pozorován pokles tohoto parametru. Při takto vysokém obsahu POLY ve směsi již poměr DSP:TSPP nebyl významný.

Pozorovaný trend závislosti relativní lepivosti byl zjištěn u všech modelových vzorků tavených sýrů, a to bez ohledu na celkový obsah tavicí soli.

V průběhu experimentu bylo zjištěno, že vlivem snižujícího se množství celkového obsahu tavicích solí dochází k mírnému nárůstu tohoto parametru.

V důsledku vlivu hodnoty pH se snižující se přídavek tavicích solí projevil odlišným chováním modelových vzorků vyrobených bez úpravy hodnoty pH a s úpravou hodnoty pH. Pokud byla použita 3 % (w/w) tavicích solí a obsah POLY byl >60 %, tak vyšší hodnotu tohoto parametru vykazovaly vzorky modelových sýrů, které byly vyrobeny za pomoci úpravy hodnoty pH. Pokud byl obsah nižší než 60 %, tak vyšší hodnoty toho parametru měly vzorky bez úpravy pH. Při výrobě vzorků za použití 2,5 % (w/w) byl hranicí obsah POLY 50 % a při použití 2 % (w/w) to bylo 40 %.



Obr. 7.34 Relativní lepkavost vzorků v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSP:POLY (3% w/w) a úpravě hodnoty pH taveniny

8 SOUHRNNÁ DISKUSE

Výsledná hodnota pH taveniny výraznou měrou ovlivňuje finální konzistenci tavených [19,38,39,60,110]. V jednotlivých experimentech bylo zjištěno, že při použití jednotlivých tavicích solí vykazovaly nejnižší hodnoty pH vzorky vyrobeny za použití POLY. Tavené sýry vyrobeny s přidavkem samostatně použitého DSP, TSPP nebo PSTP měly hodnotu pH výrazně vyšší ($\text{pH} > 6$). S rostoucím obsahem POLY v binární (Experiment 1) či ternární směsi (Experiment 2 a část Experimentu 3) docházelo k postupnému snižování hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů. Tyto výsledky se shodují s dostupnou literaturou [41,51,111].

V průběhu Experimentu 1 a Experimentu 2 nebyla použita úprava hodnoty pH výsledné taveniny a to z důvodu (i) studia vlivu jednotlivých binárních a ternárních směsí tavicích solí a jejich složení na hodnotu pH; a (ii) studia texturních charakteristik ovlivněných právě přidavkem binárních a ternárních směsí tavicích solí. Studiu vzorků tavených sýrů bez úpravy pH se věnovali také Awad *et al.* [34,42], Dimitreli & Thomareis [40], a Lu *et al.* [43]. V Experimentu 3 byla zvolena úprava hodnoty pH taveniny přidavkem kyseliny či zásady a to z důvodu (i) eliminace vlivu hodnoty pH jako faktoru ovlivňující texturní vlastnosti tavených sýrů; a (ii) přiblížení se hodnotě pH, kterou vykazují obvyklé komerční roztíratelné tavené sýry. Úpravu hodnoty pH vzorků ve své práci použil také Shirashoji *et al.* [35].

V průběhu jednotlivých experimentů byly kromě skladby tavicích solí zkoumány další faktory, které ovlivňovaly výslednou hodnotu pH a to (i) doba skladování (Experiment 1 a 2), (ii) rozdílná prozrálost výchozí suroviny (Experiment 2), a (iii) rozdílný přírůstek tavicích solí (Experiment 3).

Během skladování (Experiment 1 a 2) byl zjištěn pokles hodnot pH a to u všech modelových vzorků tavených sýrů. Snížení hodnoty pH může být vysvětleno hydrolyzou tavicích solí v průběhu skladovacího procesu [40,42,111]. Pokles hodnot pH byl ovšem pozorován nejen u fosforečnanů se dvěma a více atomy fosforu, ale i u monofosforečnanu, u něhož není předpoklad pro další hydrolyzu. Změnu hodnoty pH v této situaci lze sledovat v možné změně formy vazby přítomných tavicích solí.

Experiment 2 byl zaměřen na zjištění závislosti hodnoty pH a odlišné prozrálosti výchozí suroviny. V průběhu experimentu bylo pozorováno, že s rostoucím stupněm prozrálosti docházelo k mírnému nárůstu hodnot pH modelových vzorků tavených sýrů ($P < 0,05$). Tento jev může být vysvětlen nárůstem pH samotné výchozí suroviny v průběhu jejího zrání. Nárůst hodnoty pH přírodního sýra je dán zejména mikrobiálním rozkladem kyseliny mléčné, proteolýzou kaseinů a vzniku volných aminokyselin a jejich dalším metabolismem za vzniku látek se zásaditou reakcí (amoniak, aminy, aj.)

[105,109,112]. Nárůst hodnoty pH zcela nekorespondoval se zvýšením pH přírodního sýra. Tento fakt lze vysvětlit pufrací kapacitou tavicích solí [3,19,60,111,113].

V Experimentu 3 byl studován vliv snižujícího se obsahu tavicích solí na výslednou hodnotu pH modelových vzorků. Bylo zjištěno, že snižující se přidavek tavicích solí se u studovaných vzorků projevil poklesem hodnoty pH vzorků. Mnohé studie poukazují na fakt, že vzorky s nižším obsahem tavicích solí vykazují nižší tuhost [16,24,46,47,48]. Snížení množství tavicích solí způsobuje snížení hydratace bílkovin, což následně vede k prodloužení doby zpracování taveniny, aby došlo k emulgaci tuku a jeho začlenění do matrice [24,48,49,50]. Základním předpokladem technologie výroby tavených sýrů je úprava hodnoty na požadovanou hladinu právě přidavkem tavicích solí. S hodnotou pH také souvisí zmiňované texturní vlastnosti, kdy je hodnota pH determinantou, která texturní vlastnosti velkou měrou ovlivňuje. V této části experimentu bylo prokázáno, že ačkoliv byla hodnota pH u jednotlivých vzorků upravena na obdobnou hodnotu, tak vliv skladby tavicích solí se ukázal jako markantnější činitel ovlivňující texturu finálního výrobku.

Texturní vlastnosti modelových vzorků roztíratelných tavených sýrů byly studovány pomocí texturní analýzy. V naší práci jsme se zaměřili zejména na využití deformací velkého rozsahu, které pomáhají simulovat zpracování potravin v ústech. Stejná geometrie byla využita i v dalších pracích, např. Rozehnal *et al.* [77], Breuil & Meullenet [103].

Při srovnání jednotlivých tavicích solí, které byly použity k výrobě tavených sýrů u všech Experimentů, bylo zjištěno, že nejnižší hodnoty tvrdosti a zároveň nevyšší hodnoty relativní lepivosti byly zjištěny u vzorků vyrobených za přídatku DSP. Tyto závěry korespondují s pracemi Guinee [10], Awad *et al.* [42], Shirashoji *et al.* [44]. Přídavek samostatného TSPP a PSTP způsobil vyšší tvrdost a soudržnost vzorků při použití PSTP než za přídatku TSPP. Toto konstatování je podpořeno studiemi [41,43,117]. Oproti tomu práce Dimitreli *et al.* [40] popisuje vyšší hodnoty tuhosti u vzorků s přídatkem TSPP. Aplikace POLY způsobila nevyšší hodnoty tvrdosti a nejnižší hodnoty nejen soudržnosti, ale i relativní lepivosti. Těchto výsledků dosáhli při svém měření i Dimitreli & Thomareis [40] a Cunha *et al.* [114]. Odlišné výsledky publikovali Guinee *et al.* [3], Sádličková *et al.* [41] či Abdel-Hamid *et al.* [51], kteří dospěli k závěrům, že modelové vzorky tavených sýrů s POLY jsou méně tuhé než vzorky vyrobené s TSPP či PSTP. Je třeba zdůraznit, že autorský kolektiv Sádličková *et al.* [41] k měření vzorku použil deformace malého rozsahu (dynamická oscilační reometrie), tudíž srovnatelnost výsledných hodnot je obtížná.

Rozdílnost texturních parametrů studovaných vzorků tavených sýrů za použití jednotlivých tavicích solí lze vysvětlit odlišným stupněm dispergace kaseinů. Během počátečních fází tavení, probíhá tvorba komplexů použitých tavicích solí s přítomným vápníkem. Ve druhé fázi výrobního procesu, resp. v průběhu chlazení dochází v tavenině ke znovuspořádání dříve dispergovaných kaseinů a vytváření gelové matrice. Literatura uvádí, že čím vyšší je stupeň dispergace kaseinů, tím intenzivněji probíhá vazba vody, emulgace tuku a je vytvořena více síťovaná struktura [23,35,44,57,115]. S rostoucí rozsahem hydratace proteinů a emulgace tuku dochází k nárůstu intenzity interakcí v tavenině a tím k tvorbě vazeb mezi kaseiny. Se zvyšujícím se výskytem vazeb ve studované matici lze předpokládat vytvoření tužšího taveného sýra [23,26,44,48,57,62,89].

Stupeň dispergace kaseinů a ovlivnění výše zmíněných procesů souvisí zejména se schopností iontové výměny a schopností vazby vápníkových kationtů do komplexů [44]. Schopnost odštěpit vápník a následně jej vázat klesá dle dostupné literatury v následujícím pořadí: polyfosforečnan > trifosforečnan > difosforečnan > monofosforečnan. Z tohoto důvodu může POLY poskytovat nejvíce tuhé vzorky ze studovaných tavicích solí, které byly pro výrobu modelových vzorků samostatně použity [44,57,63].

V Experimentu 1 byly studovány texturní charakteristiky tavených sýrů vyrobených za pomoci binárních směsí vybraných tavicích solí (DSP, TSPP, PSTP a POLY). Vzorky vyrobené za použití POLY v binární směsi s dalšími tavicími solemi vykazovaly nárůst tvrdosti a pokles relativní lepivosti v závislosti na zvyšujícím se obsahu POLY v dané směsi. Vysvětlení tohoto jevu je připisováno výše zmíněnému vlivu jednotlivých fosforečnanových tavicích solí na dispergaci kaseinů. Z naměřených výsledků lze usuzovat, že s rostoucím obsahem POLY ve směsi se zvyšuje množství tavicích solí schopných lépe dispergovat kasein, což pravděpodobně vede k tvorbě intenzivněji zesíťované matrice. Shodné výsledky popisují práce [34,41,42,44]. Touto hypotézou může být vysvětlen trend vývoje texturních vlastností vzorků vyrobených za použití binární směsi TSPP s PSTP.

Naprosto odlišný vývoj texturních parametrů vykazovaly vzorky vyrobené za přídatku binární směsi DSP s TSPP a DSP s PSTP. S odvoláním se na předcházející vysvětlení existoval předpoklad, že vývoj sledovaných parametrů bude pozvolný, a to zejména v závislosti na změně jednotlivých poměrů tavicích solí. Tato hypotéza je však pro vysvětlení specifického průběhu nedostačující. Obdobné anomálie byly pozorovány také v Experimentu 2 a 3, kdy byl zkoumán vliv přídatku ternárních směsí tavicích solí (DSP, TSPP a POLY) na texturní vlastnosti modelových vzorků tavených sýrů.

Zdůvodnění tohoto trendu vývoje je potřeba hledat ve funkčních vlastnostech jednotlivých tavicích solí. Monofosforečnan (DSP) je schopen vázat se na molekuly kaseinu a touto vazbou podpořit hydrataci proteinů [24,27]. Difosforečnan (TSPP) podporuje tvorbu gelu přítomných proteinů a je schopen snižovat negativní náboj, čímž napomůže vzniku vazby mezi hydrofobními segmenty kaseinu. Negativní dopad vysokého přídávku TSPP spočívá v nadměrné vazbě vápníku, čímž dojde k zamezení jeho dalšího podílení se na tvorbě vazeb [54,89]. Polyfosforečnany vykazují schopnost tvorby pevných komplexů s vápníkem a dobré dispergace kaseinů. Naproti tomu jsou považovány spíše za inhibitory gelu. V důsledku přídávku POLY dochází ke zvýšení intenzity negativního náboje na kaseinových řetězcích, čímž dojde k nárůstu odpuzivých sil mezi těmito polymery [27,44,53,54,57].

Vzorky roztíratelných tavených sýrů s obsahem POLY pod 60 % vykazovaly specifický vývoj texturních vlastností. Pokud se vyskytovaly zbývající dvě tavicí soli – DSP a TSPP ve vzájemném poměru 1:1–3:4, tak byl pozorován prudký nárůst tvrdosti a pokles kohezivnosti a relativní lepidlosti studovaných vzorků. S rostoucím přídávkem POLY byl tento trend vývoje méně patrný a při obsahu POLY nad 60 % již nebyl prakticky zaznamenán.

Nízký obsah POLY v ternárních směsích dovoluje TSPP indukovat vznik pevných kaseinových gelů. Komplexy TSPP a vápenatých kationtů zapříčiňují snížení intenzity záporného náboje, čímž usnadňují interakce mezi hydrofobními sekcemi kaseinů. Zároveň dochází pravděpodobně k proniknutí molekul DSP mezi kaseiny, kde pevně vážou vodu a tím dochází k podpoře vzniku pevného gelu. Existuje předpoklad, že je potřeba určité optimální koncentrace TSPP ve směsi. Při nízkém obsahu TSPP není v tavenině dostatek činidla, které by napomohlo zesílení kaseinů. Oproti tomu, nadměrné množství TSPP způsobuje zvýšenou vazbu vápníku, který dále nemůže být využit k tvorbě vazeb (vápenatých můstků).

Postupným nárůstem obsahu POLY (do 60 %) v ternární směsi dochází k oslabení síly vzniklého gelu při specifické koncentraci mono- a difosforečnanu. Toto oslabení by pravděpodobně mohlo být způsobeno přídávkem POLY. Vlivem této tavicí soli zřejmě dochází ke zvýšení negativního náboje kaseinů, který znemožňuje reasociaci kaseinových molekul [44,54]. V důsledku tohoto jevu má specifický vzájemný poměr DSP a TSPP se zvyšujícím se obsahem POLY ve směsi méně výrazný vliv na tvorbu finální struktury výrobku. Při nárůstu obsahu POLY nad 60 % je už vliv poměru DSP a TSPP téměř zanedbatelný a struktura gelu je utvářena přídávkem POLY.

Výše uvedené principy je možné vztáhnout také na vysvětlení anomálního chování binárních směsí monofosforečnanu s difosforečnanem nebo trifosforečnanem. Předně je možné se opřít o (i) schopnost TSPP a PSTP vytvářet s kaseiny silné a pevné gely, která je u těchto fosforečnanů vyšší

než u POLY a (ii) schopnost vazby DSP na kasein a tím zvýšit stupeň jeho hydratace [3,27,53,54,116].

Kromě vlivu složení binárních směsí tavicích solí byl v Experimentech 1 a 2 dále zkoumán vliv doby skladování na texturní vlastnosti modelových vzorků roztíratelných tavených sýrů. Pozorované trendy vývoje texturních vlastností se neměnily s rostoucí délkou skladování. V průběhu skladování byl pozorován mírný nárůst hodnot tvrdosti studovaných vzorků. Kohezivnost a relativní lepivost vykazovaly v průběhu skladování pouze mírné změny. Zvýšení hodnot parametru tvrdosti lze vysvětlit hydrolýzou použitých tavicích solí (se dvěma a více atomy fosforu v molekule) a dále možnými změnami vazeb přidaných solí. V důsledku změn vazeb dochází také ke změnám disociačních vlastností přidaných tavicích solí [3,42,44]

V Experimentu 2 byla kromě složení tavicích solí studována také zralost výchozí suroviny jako činitel, který může ovlivňovat texturní parametry modelových vzorků tavených sýrů. S narůstající prozrálostí přírodního sýra byl následně u vzorků tavených sýrů pozorován pokles tvrdosti i kohezivnosti a naopak mírný nárůst relativní lepivosti. Bylo zjištěno, že narůstající prozrálost výchozí suroviny neměla vliv na obecné trendy vývoje závislostí texturních charakteristik tavených sýrů.

Změny hodnot jednotlivých texturních charakteristik v závislosti na zvyšující se prozrálosti výchozí suroviny lze vysvětlit zkracující se délkou řetězce kaseinových frakcí, a to právě v důsledku rozsáhlejších proteolytických změn, které probíhají v přírodním sýru v průběhu zráního procesu. Zkracující se délka kaseinových frakcí způsobuje vytvoření méně stabilní struktury, což ústí v pokles hodnot tvrdosti studovaných vzorků tavených sýrů. Toto vysvětlení je podpořeno studiiem Brickley *et al.* [72], Piska & Štětina [73], Wang *et al.* [81]. Dostupná literatura uvádí, že v důsledku rostoucího stupně prozrálosti suroviny by mělo docházet k nárůstu lepivosti tavených sýrů [3,85]. V průběhu našeho měření byl sice detekován mírný nárůst tohoto parametru, ovšem tyto změny nebyly signifikantní. Nesoulad tvrzení může být vysvětlen nižší citlivostí použité geometrie (deformace velkého rozsahu) pro zachycení změn hodnot relativní lepivosti. Na obtížnost měření tohoto parametru a nízkou citlivost některých metod používaných k měření texturních vlastností upozorňuje Fiszman & Damásio[102].

Experiment 3 byl zaměřen nejen na vliv měnícího se složení ternárních směsí tavicích solí, ale také na jeho klesající celkový přídavek a úpravu hodnoty pH taveniny. Z výsledků tohoto Experimentu vyplývá, že klesající celkový přídavek tavicích solí (přepočten na finální hmotnost výrobku a bezvodé formy

fosforečnanů) má za následek pokles hodnot tvrdosti. S poklesem přídatku tavicích souvisí nižší možnost iontové výměny a tudíž slabší solubilizace kaseinů, které jsou přítomny v tavenině a snížení intenzity hydratace bílkovin [35,46,47,117]. Snížení přídatku tavicích solí tedy vede k prodloužení doby zpracování taveniny, aby mohlo dojít k dostatečné emulgaci tuku [24,48,49]. Za stejných podmínek tavení (stejný čas, stejné otáčky) v Experimentu 3 došlo k emulgaci tuku a jeho začlenění do matrice, nicméně stupeň emulgace nebyl tak vysoký a tudíž vznikl méně tuhý tavený sýr.

Vliv hodnoty pH je dán přídatkem jednotlivých tavicích solí. Hodnota pH ovlivňuje vlastnosti přítomných bílkovin a tím i texturní vlastnosti finálních produktů [3,4,17,28]. I po odstranění vlivu hodnoty pH jako faktoru ovlivňující texturní vlastnosti tavených sýrů byly pozorovány obdobné trendy vývoje texturních parametrů (ve srovnání se vzorky, u kterých hodnota pH nebyla upravena).

Vzorky tavených sýrů s použitím jednotlivých tavicích solí vykazovaly stejné trendy jako vzorky bez úpravy pH, tj. nejméně tuhé vzorky byly získány za použití DSP, oproti tomu nejvíce tuhé byly zjištěny při použití POLY. U vzorků se samostatně přidanou POLY bylo úpravou hodnoty pH taveniny docíleno vzdálením se hodnoty pH od izoelektrického bodu kaseinu a tím došlo ke zvýšení záporného náboje molekul. V důsledku tohoto jevu dochází k rozsáhlejšímu odpuzování proteinových řetězců a ke změně prostorové konformace molekuly [3,4,27,60].

I přes úpravu hodnoty pH na optimální hladinu bylo zjištěno, že vliv vlastností jednotlivých tavicích solí a jejich kombinací přetrvává při utváření finální struktury taveného sýra.

9 PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI

Sortiment tavených sýrů poskytuje široký výběr produktů, které se neodlišují pouze chutí a vůní, ale i konzistencí. Je nutná znalost faktorů, které mohou ovlivnit výsledné texturní vlastnosti finálních produktů. Nezbytnou surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou tavicí soli, které nejen svými různými poměry v tavicích směsích, ale i celkovou koncentrací, ovlivňují výsledné texturní parametry. Mezi další činitele ovlivňující finální konzistenci tavených sýrů patří například zralost výchozí suroviny či délka skladování.

Z předložené dizertační práce vyplývají následující přínosy v oblasti vědy:

- V rámci práce byly charakterizovány možné interakce tavicích solí s kaseiny.
- Byly popsány změny texturních vlastností vlivem přídavku různých poměrů tavicích solí v reálných vzorcích.
- Závislosti texturních parametrů na složení směsí tavicích solí byly zjišťovány za použití statistických modelů.
- Jsou zde charakterizovány různé faktory ovlivňující texturu tavených sýrů, zejména vliv přídavku různých surovin do tavené směsi (fosforečnany, odlišná zralost výchozí suroviny).
- Byly vyrobeny ucelé řady vzorků, které poskytují ucelenou studii a je možná srovnatelnost výsledků.

Z předložené dizertační práce vyplývají následující přínosy v oblasti praxe:

- Ze získaných výsledků je možno využít modely závislosti texturních parametrů na změně složení směsí tavicích solí při plánování výroby tavených sýrů o různých konzistenčních vlastnostech.
- V praxi může být aplikován získaný model změn texturních vlastností měnící se na prozrálosti přírodního sýra a obsahu tavicích solí.
- Na základě získaných výsledků lze doporučit vhodné směsi tavicích solí k výrobě produktů s požadovanou konzistencí.

10 ZÁVĚR

Cílem dizertační práce bylo zkoumat vliv složení binárních a ternárních směsí tavicích solí an texturní vlastnosti tavených sýrů. Dalšími zkoumanými faktory byla rozdílná prozrálost výchozí suroviny, snižující se přidávek tavicích solí a úprava hodnoty pH taveniny. Závěry, které vyplývají z dizertační práce lze shrnout do následujících bodů:

- tvrdost tavených sýrů se snižovala s přidávkem jednotlivých fosforečnanů v následujícím pořadí: polyfosforečnany > trifosforečnany > difosforečnany > monofosforečnany;
- s rostoucím obsahem di- nebo trifosforečnanu (do 50–60 %) v binární směsi s monofosforečnanem se hodnoty tvrdosti tavených sýrů rapidně zvyšují;
- při následném zvýšení podílu di- nebo trifosforečnanu (nad 60 %) v binární směsi s monofosforečnanem dojde k prudkému snižování tvrdosti tavených sýrů;
- pokud se vzájemný poměr monofosforečnanu s difosforečnanem v ternární směsi pohyboval v rozmezí 1:1–3:4, byly tavené sýry velmi tvrdé;
- vliv specifického poměru monofosforečnanu s difosforečnanem byl pozorován při obsahu polyfosforečnanu do 60 %, přičemž s rostoucím obsahem polyfosforečnanu se vliv výše zmíněného specifického poměru snižoval;
- při obsahu polyfosforečnanu nad 60 % již vliv specifického poměru mono- a difosforečnanu nebyl téměř patrný;
- hodnota specifického poměru mono- a difosforečnanu ovlivnila také kohezivnost a relativní lepivost modelových vzorků;
- rostoucí zralost výchozí suroviny solí má za následek pokles tvrdosti, soudržnosti a nárůst relativní lepivosti;
- snižující se koncentrace tavicích solí způsobuje pokles tvrdosti, kohezivnosti a nárůst relativní lepivosti;
- vzorky vyrobené s úpravou hodnoty pH taveniny vykazovaly stejné trendy jako vzorky bez úpravy hodnoty pH;
- absolutní hodnoty studovaných texturních parametrů vzorků vyrobené s úpravou hodnoty pH ovlivněny byly.

11 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ANONYM. Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů (na obyvatele a rok) v ČR v letech 2001 – 2010. In: *Český statistický úřad České republiky* [online]. [cit. 2012-01-21]. Dostupné z: [http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/53004FB2E0/\\$File/30041101.pdf](http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/53004FB2E0/$File/30041101.pdf)
- [2] DOSTÁLOVÁ, J. a ČURDA, L. Význam tavených sýrů ve výživě. In: *Fórum zdravé výživy* [online]. [cit. 2011-08-10]. 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>.
- [3] GUINEE, T. P., M. CARIĆ, a M. KALÁB. *Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products*. In: Fox, P.H. (Ed.) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 2, Major cheese Gross. 3rded. London: Elsevier, 2004, 349-394. ISBN 0-1226-3653-8.
- [4] CARIĆ, M. a KALÁB, M.. *Processed cheese products*. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol. 2, Major Cheese Groups, 2nd ed. P.F.Fox, ed., Chapman & Hall, London, 1997, 467-505. ISBN 0-412-535106.
- [5] FOX, P.F. a McSWEENEY, P.L.H. *Dairy Chemistry and Biochemistry*, SpringerVelag, 1998. ISBN 978-0-412-72000-0.
- [6] ANONYM. Codex General Standard for process(ed) cheese food and process(ed) cheese spreads. [online] [cit. 2012-03-26] Dostupné: [www.http://std.gdciq.gov.cn/gssw/JiShuFaGui/CAC/CXSA08ce.pdf](http://std.gdciq.gov.cn/gssw/JiShuFaGui/CAC/CXSA08ce.pdf)
- [7] ANONYM. Food Drug Administration. [online] [2012-03-26] Dostupné z: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfCFR/CFRSearch.cfm?fr=133.169>
- [8] ANONYM. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb. v platném znění, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění. In: *Sbírka zákonů České republiky*.
- [9] FORMAN, L. *Mlékárenské technologie II.*, 2.vydání, Praha, VŠCHT, 1996. ISBN 80-7080-250-2.
- [10] GUINEE, T.P. *Pasteurized Processed Cheese Product*. *Encyclopedia of Dairy Science*, 2003, 1, 411-418. ISBN 0122272358.
- [11] BACHMANN, H.P. Cheese Analogues: A Review. *International Dairy Journal*, 2001, 11, 505- 515. ISSN 0958-6946.

- [12] IMESON, A.P. *Carrageenan*. In Handbook of hydrocolloids. Eds. Philips, G.O & Williams, P.A., Woodhead Publishing Limited and CRC Press: Boca Raton. 2000, 87-102. ISBN 0-8493-0850-X.
- [13] CUNHA, C.R., DIAS, A.I., a VIOTTO, W.,H. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*, 2010, 43, 723–729. ISSN 0963-9969.
- [14] LIU, H., XU, X.M., a GUO, S.H. Comparison of full-fat and low-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis. *International Journal of Food Science and Technology*, 2008, 43, 1581–1592. ISSN 1365-2621.
- [15] BUŇKA, František. *Vliv sterilačního záhřevu na jakost tavených sýrů určených pro krizové situace*. Vyškov, 2004. Dizertační práce. Vysoká vojenská škola pozemního vojska ve Vyškově.
- [16] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., a KRÁČMAR, S. *Základní principy výroby tavených sýrů*, Folia MZLU, Brno, II, 2009. ISBN 978-80-7375-336-8.
- [17] KAPOOR, R. a METZGER, L.E. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects – A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2008, 7(2), 194-214. ISSN 1541-4337.
- [18] GAJDŮŠEK, S. *Mlékařství II*, 1. Vyd., Brno: MZLU, 1998, 86 – 91, ISBN 80-7157-342-6.
- [19] LEE, S.K. a KLOSTERMEYER, H. The effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads, *LWT-Food Sci. Technol.*, 2001, 34 (5), 288 – 292. ISSN 0023-6438.
- [20] ANONYM. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb. v platném znění, kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin. In: *Sbírka zákonů České republiky*.
- [21] BERGER, W., KLOSTERMEYER, H., MERKENICH, K. a UHLMANN, G. *Processed cheese manufacture*. A Joha Guide, Ladenburg: BK Giulini Chemie GmbH & Co. OHG, 2002.
- [22] BUŇKA, F. a BUŇKOVÁ, L. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská revue*, 2009,1, 13–16. ISSN 1801-9102.
- [23] EL-BAKRY, M., DUGGAN, E., O'RIORDAN, E. D., a O'SULLIVAN, M. Effects of emulsifying salts reduction on imitation cheese manufacture and functional properties. *Journal of Food Engineering*, 2010,100, 569–603. ISSN 0260-8774.

- [24] EL-BAKRY, M., DUGGAN, E., O'RIORDAN, E. D., a O'SULLIVAN, M. Effect of chelating salt type on casein hydration and fat emulsification during manufacture and post-manufacture functionality of imitation cheese. *Journal of Food Engineering*. 2010, 102, 145–153. ISSN 0260-8774.
- [25] OHTAKI, H. Structure and Dynamics of Hydrated Ions. *Chemical Reviews*, 1993, 93, 1157–1204. ISSN 0009-2665.
- [26] EL-BAKRY, M., DUGGAN, E., O'RIORDAN, E. D. a O'SULLIVAN, M. Effect of chelating salt type on casein hydration and fat emulsification during manufacture and post-manufacture functionality of imitation cheese. *Journal of Food Engineering*, 2011, 102, 145–53. ISSN 0260-8774.
- [27] MOLINS, R.A. *Phospates in food*. CRC Press, Boca Raton, 1991.
- [28] MULSOW, B.B., JAROS, D. a ROHM, H. *Processed Cheese and Cheese Analogues*. In Tamime, A.Y. (Ed.) *Structure of Dairy Products*, 1st ed. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, 2007. p. 210-235.
- [29] BUŇKA, F. a HRABĚ, J. Tavené sýry. *Potravinářská revue*, 2006, 4, 13–16. ISSN 1801-9102.
- [30] LI, Y., WHITE, TJ. a LIM, S.H. Low-temperature synthesis and microstructural control of titania nanoparticles. *Journal of Solid State Chemistry*, 2004, 177, 1372–1381. ISSN 0022-4596.
- [31] ZEHREN, V.L. a NUSBAUM, D.D. *Process cheese*. 2nd ed. Madison, Wisconsin, USA: Cheese Reporter Publishing, Co, Inc., 2000.
- [32] BARTOVSKÁ, L. a ŠIŠKOVÁ, M. Co je co v povrchové a koloidní chemii [online]. In: *VŠCHT v Praze* (elektronická publikace). [cit. 2012-01-21]. Dostupné Z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/index.html
- [33] BOWLAND, E.L. a FOEGEDING, E.A. Small strain oscillatory sudar and Microstructural analyse of a model processed cheese. *Journal of Dairy Science*. 2001,84(11), 2372-2380. ISSN 0022-0302.
- [34] AWAD, R.A., ABDEL-HAMID, L.B., EL-SHABRAWY, S.A. a SINGH, R.K. Physical and Sensory Properties of Block Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *International Journal of Food Properties*. 2004, 7, 429-448. ISSN 1094-2912.
- [35] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J. J., a LUCEY, J. A. Effect of trisodium citrate concentration and cooking time on physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal of Dairy Science*, 2006, 89, 15–28. ISSN 0022-0302.

- [36] LEE, S.K., BUWALDA, R.J., EUSTON, S.R., FOEDING, E.A., a McKENNA, A.B. Changes in the rheology and microstructure of processed cheese during cooking. *LWT-Food Science and technology*, 2003, 36(3), 339–345. ISSN 0023-6438.
- [37] KAWASAKI, Y. Influence of „creaming“ on the properties of processed cheese and changes in the structure of casein during cheese making. *Milchwissenschaft – Milk Science International*, 2008, 63, 149–153. ISSN 00263788.
- [38] LEE, S.K., KLOSTERMEYER, H., SCHRADER, K. a BUCHHEIM, W. Rheological properties and microstructure of model processed cheese containing low molecular weight emulsifiers. *Nahrung*, 1996, 40, 189–194. ISSN 1521-3803.
- [39] TEMPLETON, H. L. a SOMMER, H. H. Studies on the emulsifying salts used in processed cheese. *Journal of Dairy Science*, 1936, 19, 561–72. ISSN 1525-3198.
- [40] DIMITRELI, G. a THOMAREIS, A.S. Instrumental textural and viscoelastic properties of processed cheese as affected by emulsifying salts and in relation to its apparent viscosity. *International Journal of Food Properties*, 2009, 12, 261–275. ISSN 1532-2386.
- [41] SÁDLÍKOVÁ, I., BUŇKA, F., BUDÍNSKÝ, P., VOLDÁNOVÁ, B., PAVLÍNEK, V. a HOZA, I. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese, *LWT – Food Science and Technology*, 2010, 43, 1220 – 1225. ISSN 0023-6438.
- [42] AWAD, R.A., ABDEL-HAMID, L.B., EL-SHABRAWY, S.A. a 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.
- [43] LU, Y., SHIRASHOJI, N. a LUCEY, J.A. Effects of pH on the textural properties and meltability of pasteurized process cheese made with different type sof emulsifying salts, *Journal of Food Science*, 2008, 73, 363–369. ISSN 1750-3841.
- [44] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J. J., a LUCEY, J. A. Effect of sodium hexametaphosphate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal of Dairy Science*, 2010, 93, 2827–2837. ISSN 0022-0302.
- [45] SWENSON, B. J., WENDORFF, W. L. a LINDSAY, R. C. Effect of ingredients on the functionality of fat-free process cheese spreads. *Journal of Food Science*, 2000, 65, 822-825. ISSN 0022-1147.

- [46] GUPTA, V.K. a REUTER, H. (1993). Firmness and melting quality of processed cheese foods with added whey protein concentrates. *Lait*, 1993, 73, 381–388. ISSN 1297-9694.
- [47] RAVAL D. M. a MISTRY, V. V. Application of Ultrafiltered Sweet Buttermilk in the Manufacture of Reduced Fat Processed Cheese. *Journal of Dairy Science*, 1999, 82, 2334–2343. ISSN 0022-0302.
- [48] EL-BAKRY, M., DUGGAN, E., O'RIORDAN, E. D. a O'SULLIVAN, M. Casein hydration and fat emulsification during manufacture of imitation cheese, and effects of emulsifying salts reduction. *Journal of Food Engineering*, 2011, 103, 179–87. ISSN 0260-8774.
- [49] LUCEY, J.A. Formation and Physical Properties of Milk Protein Gels, *Journal of Dairy Science*, 2002, 281–292. ISSN 0022-0302.
- [50] LUCEY, J.A., JOHNSON, M.E. a HORNE, D.S. Invited review: Perspectives on the basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86, 2725–2743. ISSN 0022-0302.
- [51] ABDEL-HAMID, L.B., EL-SHABRAWY, S. A. a AWAD, R. A. Chemical properties of processed ras cheese spreads as affected by emulsifying salt mixtures. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2000, 24, 191–208. ISSN 1745-4549.
- [52] SCHÄR, W. a BOSSET, J.O. Chemical and Physicochemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue during Storage. A Review. *LWT-Food Science and Technology*, 2002, 35, 15-20. ISSN 0023-6438.
- [53] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J.J. a LUCEY, J.A. Effects of various emulsifying salts on the rheological and textural properties of pasteurized process Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 2005, 88. ISSN 0022-0302.
- [54] MIZUNO, R., a LUCEY, J.A. Properties of milk protein gels formed by phosphates. *Journal of Dairy Science*, 2007, 90, 452–4531. ISSN 0022-0302.
- [55] BRICKLEY, C.A, a GOVINDASAMY-LUCEY, S. Influence of emulsifying salts on the textural properties of nongrat process cheese made from direct acid cheese bases, *Journal of Dairy Science*, 2008, 91, 39–48. ISSN 0022-0302.
- [56] CARIĆ, M. a KALÁB, M. (1987). *Processed cheese products*. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 2, Major Cheese Groups, P.F.Fox, ed., Chapman & Hall, London, 339–383.

- [57] MIZUNO, R. a LUCEY, J.A. Effects of Emulsifying Salts on the Turbidity and Calcium-Phosphate-Protein Interactions in Casein Micelles. *Journal of Dairy Science*, 2005, 88, 3070-3078. ISSN 0022-0302.
- [58] MACKŮ, I., BUŇKA, F., VOLDÁNOVÁ, B. a PAVLÍNEK, V. Effect of addition of selected solid cosolutes on viscoelastic properties of model processed cheese containing pectin. *Food Hydrocolloids*, 2009, 23, 2078-2084. ISSN 0268-005X.
- [59] MACKŮ, Ivana. *Viskoelastické a senzorické vlastnosti tavených sýrů s přidavkem pektinu*. Zlín, 2009. Dizertační práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [60] MARCHESSEAU, S., GASTALDI, E., LAGAUDE, A. a CUQ, J.L. Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science*, 1997, 80 (8), 1483–1489. ISSN 0022-0302.
- [61] FURIA, T.E. *Status of Direct Food Additives*, CRC Press, BocaRaton, FL, 1980.
- [62] KAPOOR, R. a METZGER, L. E. Small-scale manufacture of process cheese using a rapid visco analyzer. *Journal of Dairy Science*, 2005, 88, 3382–91. ISSN 0022-0302.
- [63] CARIĆ, M., GANTAR, M. a KALÁB, M. Effects of emulsifying agents on the microstructure and other characteristics of process cheese - A review. *Food Microstructure*, 1985, 4, 297–312. ISSN 0730-5419.
- [64] POMMERT, J. F., KLAEBE, A., PERIE, J., LEBUGLE, A. a PUECH, J. Observation and Analysis of Crystalline Phases in Processed Cheese. *Journal of Food Science*, 1988, 53, 1367–1369. ISSN 0022-1147.
- [65] GUINEE, T.P., AUTY, M.A.E. a FENELON, M.A. The effect of fat content on the rheology, microstructure and heat-induced functional characteristics of Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 2000, 10. ISSN 0958-6946.
- [66] ANONYM. Zákon č. 242/2000 Sb. v platném znění, o ekologickém zemědělství a o změně zákona č.368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*.
- [67] ANONYM. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 263/2003 Sb. v platném znění, kterou se provádí zákon č. 242/2000 Sb., o ekologickém zemědělství a o změně zákona č.368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*.

- [68] FAGAN, C. C., EVERARD, C., O'DONNELL, C. P., DOWNEY, G., SHEENAN, E. M., DELAHUNTY, C. M., O'CALLAGHAN, D. J. a HOWARD, V. Prediction of processed cheese instrumental texture and meltability by mid-infrared spectroscopy coupled with chemometric tools. *Journal of Food Engineering*, 2007, 80, 1068–1077. ISSN 0260-8774.
- [69] ZHONG, Q., DAUBERT, CH.R. a FARKAS., B.E. Cooling effects on processed cheese functionality. *Journal of Food Process Engineering*, 2004, 27, 392–412. ISSN 1745-4530.
- [70] MUTHUKUMARAPPAN, K., WANG, Y.-C. a GUNASEKARAN, S. Modified Schreiber test for evaluation of Mozzarella cheese meltability. *Journal of Dairy Science*, 1999, 82, 1068–1071. ISSN 0022-0302.
- [71] KAPOOR, R., METZGER, L. E., BISWAS, A. C. a MUTHUKUMMARAPPAN, K. Effect of Natural Cheese Characteristics on process Cheese Properties, *Journal of Dairy Science*, 2007, 90, 1625–1634. ISSN 0022-0302.
- [72] BRICKLEY, C.A., AUTY, M.A.E., PIRAINO, P. a McSWEENEY, P.L.H. The effect of cheddar cheese ripening on the functional and textural properties of the processed cheese manufactured therefrom. *Journal of Food Science*, 2007, 72, 483–490. ISSN 0022-1147.
- [73] PISKA, I. a ŠTĚTINA, J. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering*, 2004, 61, 551–555. ISSN 0260-8774.
- [74] GARIMELLA PURNA, S.K., POLLARD, A. a METZGER, L.E. Effect of Formulation and manufacturing Parameters on Process Cheese Food Functionality – I. Trisodium Citrate. *Journal of Dairy Science*, 2006, 89 (7), 2386–2396. ISSN 0022-0302.
- [75] CORREDIG, M. *Dairy derived ingredients - Food and Nutraceutical Uses*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2009. ISBN 978-1-84569-465-4.
- [76] OLSON, N. F., VAKALERIS, D. G., PRICE, W. V. a KNIGHT, S. G. Acidity and age of natural cheese as factors affecting the body of pasteurized processed cheese spread. *Journal of Dairy Science*, 1958, 41, 1005-1016. ISSN 0022-0302.
- [77] ROZEHNAL, Z., BEZDĚKA, Z., BŘEZINA P., BARTOŠEK, V. A a BOHÁČ, V. Vliv suroviny na jakost tavených sýrů. *Průmysl potravin*, 1987, 38, s. 533.
- [78] FOX, P.F. a McSWEENEY, P.L.H. Proteolysis in cheese during ripening, *Food Reviews International*, 1996, 12, 457 – 509. ISSN 1525-6103.

- [79] FORDE, A. a FITZGERALD, G.F. Biotechnological approaches to the understanding and improvement of mature cheese flavour. *Current Opinion in Biotechnology*, 2000, 11, 484–489. ISSN 0958-1669.
- [80] BŘEZINA, P., KOMÁR, A. a HRABĚ, J. *Technologie, zbožiznalství a hygiena potravin*, Vyškov, 2001. ISBN 8072310798.
- [81] WANG, F., ZHANG, X., LUO, J., GUO, H., ZENG, S.S. a REN, F. Effect of Proteolysis and Calcium Equilibrium on Functional Properties of Natural Cheddar Cheese during Ripening and the Resultant Processed cheese. *Journal of Food Science*, 2011, 76, 248–253. ISSN 0022-1147.
- [82] FRENCH, S. J., LEE, K. M., DECASTRO, M. a HARPER, W. J. Effect of different protein concentrates and emulsifying salt conditions on the characteristics of a processed cheese. *Milchwissenschaft*, 2002, 57. ISSN 0026-3788.
- [83] HENNING, D. R., BAER, R. J., HASSAN, A. N. a DAVE, R. Major Advances in Concentrated and Dry Milk Products, Cheese and Milk fat-Based Spreads. *Journal of Dairy Science*, 2006, 89, ISSN 0022-0302.
- [84] LEE, S. K., ANEMA, S., a KLOSTERMEYER, H. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology*, 2004, 39, 763–771. ISSN 0950-5423.
- [85] BENNETT, R.J., TRIVEDI, D., HEMAR, Y., REID, D.C.W., ILLINGWORTH, D. a LEE, S.K. The effect of starch addition on the rheological and microstructural properties of model processed cheese. *The Australian Journal of Dairy technology*, 2006, 61, ISSN 0004-9433.
- [86] BUŇKA, František. *Vybrané faktory ovlivňující jakost tavených sýrů*. Nitra, 2009. Habilitační práce. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitře.
- [87] MEYER, A. *Processed Cheese Manufacture*. London: Food Trade Press, 1973.
- [88] BUŇKA, F., ŠTĚTINA, J. a HRABĚ, J. The effect of storage temperature and time on the consistency and color of sterilized processed cheese. *European Food Research and Technology*, 2008, 228, 223–229. ISSN 1438-2385.
- [89] MIZUNO, R. a LUCEY, J.A. Effects of two types of emulsifying salts on the functionality of nonfat pasta filata cheese. *Journal of Dairy Science*, 2005, 88, 3411–3425. ISSN 0022-0302.
- [90] BYLUND, G. *Dairy Processing Handbook*. Lund: Tetra Pak Processing Systems, 1995.

- [91] ARNOLDI, A. Thermal processing and nutritional quality. In Henry, C.J.K., Chapman, C. *The nutrition handbook for food processors*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2002, 265–292. ISBN 1-85573-464-8.
- [92] BUŇKOVÁ, L., PLEVA, P., BUŇKA, F., VALÁŠEK, P. a KRÁČMAR, S. Antibacterial effects of commercially available phosphates on selected microorganisms. *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Bru.*, 2008, LVI, 5, 1–6, ISSN 211-8516.
- [93] BUŇKOVÁ, L., BUŇKA, F. a DOLEŽÁLKOVÁ, I. Faktory ovlivňující mikroflóru tavených sýrů. *Mlékařské listy*, 2010, 121, VIII-XII. ISSN 1212-950X.
- [94] BUŇKOVÁ, L., BUŇKA, F. a DOLEŽÁLKOVÁ, I. Mikrobiologie tavených sýrů. *Mlékařské listy*, 2010, 120, 32-37. ISSN 1212-950X.
- [95] GLASS, K. a DOYLE, M.E. Safety of Processed Cheese. Food Research Institute, 2005.
- [96] ANONYM. ČSN EN ISO 5534. (2005). Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Český normalizační institut, Praha.
- [97] ROSENTHAL, A.J. *Food Texture – Measurement and Perception*, A Champman & Hall Food Science Book, Aspen Publisher, Inc., Gainthersburg, Maryland, 1999. ISBN 0-8342-1238-2.
- [98] FLOURY, J., CAMIER, B., ROUSSEAU, F., LOPEZ, C., TISSIER, J.P. a FAMELART, M.H. Reducing salt level in food: Part 1: Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationships. *LWT–Food Science and Technology*, 2009, 42, 1611–1620. ISSN 0023-6438.
- [99] GENOVESE, D. B., YE, A. a SINGH, H. High methoxyl pectin/apple particles composite gels: effect of particle size and particle concentration on mechanical properties and gel structure. *Journal of Texture Studies*, 2010, 41, 171–189. ISSN 0022-4901.
- [100] ANONYM. ČSN ISO 5492. (1999). *Senzorická analýza – Slovník*. Český normalizační institut, Praha.
- [101] JOOYANDEH, H. Effect of fermented whey protein concentrate on texture of iranian white cheese. *Journal of Texture Studies*, 2009, 40, 497–510. ISSN 0022-4901.
- [102] FISZMAN, S. M. a DAMÁSIO, M. H. Instrumental measurement of adhesiveness in solid and semi-solid foods. A survey. *Journal of Texture Studies*, 2000, 31, 69–91. ISSN 0022-4901.

- [103] BREUIL, P. a MEULLENET, J. F. A comparison of three instrumental tests for predicting sensory texture profiles of cheese. *Journal of Texture Studies*, 2001, 32, 41-55. ISSN 0022-4901.
- [104] ANONYM. *Křivka texturní profilové analýzy*. [online] [cit. 2012-02-15], software Texture Exponent Lite (Stable Micro Systéme, Ltd.).
- [105] PACHLOVÁ, V., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., ŽALUDEK, M. a KRÁČMAR, S. The effect of three different ripening/storage conditions on distribution of selected parameters in individual parts of Dutch-type cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 2011, 46, s. 101–108. ISSN 0950-5423.
- [106] BUŇKOVÁ, L., BUŇKA, F., HLOBILOVÁ, M., VAŇÁTKOVÁ, Z., NOVÁKOVÁ, D. a DRÁB, V. Tyramine production of technological important strains of *Lactobacillus*, *Lactococcus* and *Streptococcus*. *European Food Research and Technology*, 2009, 229. 533-538. ISSN 1438-2385.
- [107] DRAPER, N.R., a SMITH, H. *Applied Regression Analysis*. Wiley Series in Probability and Statistics, 1998.
- [108] BROOK, R.J., a ARNOLD, G.C. *Applied regression analysis and experimental design*. Marcel. Dekker, Inc., New York, 1985.
- [109] FOX, P.F., GUINEE, T.P., COGAN, T.M. a& McSWEENEY, P.L.H. *Fundamentals of Cheese Science*. Gaithersburg, USA: Aspen Publication, 2000.
- [110] LU, Y., SHIRASHOJI, N. a LUCEY, J.A. Effects of pH on the Textural properties and Meltability of Pasteurized Precess Cheese Made with Different Types of Emulsifying Salts. *Journal of Food Science*, 2008,73. ISSN 1750-3841.
- [111] GUPTA, S. K., KARAHADIAN, C. a LINDSAY, R. C. Effect of emulsifier salts on textural and flavor properties of processed cheese. *Journal of Dairy Science*, 1984, 67, 764–778. ISSN 1525-3198.
- [112] McSWEENEY, P.L.H. Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 2004, 57, 127–144. ISSN 1471-0307.
- [113] CAVALIER-SALOU, C. a CHEFTEL, J. C. Emulsifying Salts Influence On Characteristics Of Cheese Analogs From Calcium Caseinate. *Journal of Food Science*, 1991, 56, 1542–1547. ISSN 1750-3841.
- [114] CUNHA, C. R. & VIOTTO, W. H. (2010). Casein peptization, functional properties, and sensory acceptance of processed cheese spreads made with different emulsifying salts. *Journal of Food Science*, **75**, 113–120. ISSN 1750-3841.

- [115] UDAYARAJAN, C. T., LUCEY, J. A., a HORNE, D. S. Use of Fourier transform mechanical spectroscopy to study the melting behaviour of cheese. *Journal of Texture Studies*, 2005, 36, 489–515. ISSN 1745-4603.
- [116] OZCA, T., LUCEY, J.A., HORNE, D.S. Effect of Tetrasodium pyrophosphate on the Physicochemical properties of Yogurt gels. *Journal of Dairy Science*, 2008, 91, 4492–4500. ISSN 1525-3198.

12 SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA

Příspěvky v impaktovaných časopisech

BUŇKA, F., DOUDOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., MICHÁLEK, J., SLAVÍKOVÁ, Š., KRÁČMAR, S. The effect of different ternary mixtures of sodium phosphates on hardness of processed cheese. *International Journal of Food Science and Technology* – accepted for publication.

WEISEROVÁ, E., DOUDOVÁ, L., GALIOVÁ, L., ŽÁK, L., MICHÁLEK, J., JANIŠ, R., BUŇKA, F. (2011). The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads, *International Dairy Journal*, 21 (12), 979-986, ISSN 0958-6946.

PACHLOVÁ, V., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., ŽALUDEK, M., KRÁČMAR, S. (2011). The effect of three different ripening/storage conditions on distribution of selected parameters in individual parts of Dutch-type cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 104-108.

Příspěvky ve vědeckých recenzovaných časopisech

HANÁKOVÁ, Z., BUŇKA, F., WEISEROVÁ, E., JANIŠ, R. (2012). The viscosity of processed cheese sauces depending on addition type and concentration of 1-monoglycerides. *Potravinářstvo*, 6 (2), 23-25. ISSN 1337-0960.

PACHLOVÁ, V., WEISEROVÁ, E., ŽALUDEK, M., HLADKÁ, K., KRÁČMAR, S., BUŇKA, F. (2010). Změny vybraných jakostních parametrů u přírodních sýrů v průběhu půlročního zrání/skladování za různých podmínek. *Potravinářstvo*, 4, 217-223. ISSN 1337-0960.

PACHLOVÁ, V., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., HLADKÁ, K., VOJTÍŠKOVÁ, P., KRÁČMAR, S. (2009). Vliv průběhu zrání na obsah vybraných složek v přírodním sýru eidamského typu. *Potravinářstvo*, 1, 33-36. ISSN 1337-0960.

Příspěvky v ostatních časopisech

BUŇKA, F., PACHLOVÁ, V., BUŇKOVÁ, L., WEISEROVÁ, E. (2011). Je každý kousek sýra stejný? *Potravinářská revue*, 7, 29-32. ISSN 1801-9102.

Príspevky ve sbornících z konferencí v českém jazyce

BUŇKA, F., DOUDOVÁ, L., **WEISEROVÁ, E.**, SLAVÍKOVÁ, Š., KUCHAR, D., MICHÁLEK, J. (2012). Vliv složení ternárních směsí fosforečnanových tavicích solí na pevnost tavených sýrů. In *Celostátní přehlídka sýrů 2012: Výsledky přehlídek a sborník přednášek semináře „Mléko a sýry“*, VŠCHT Praha, 23.-24.1.2012, v tisku.

DOUDOVÁ, L., ŽÁK, L., **WEISEROVÁ, E.**, BUŇKA, F., MICHÁLEK, J. (2011). Fuzzy a regresní přístup k odhalování změn konzistence sýrů ovlivněnou záměnou směsi tavicích solí. In *Sborník referátů Biometrické metody a modely v současné vědě a výzkumu. 19. letní škola biometrie*. Brno: Central institute of Supervision and Testing in Agriculture, 2011, s. 67 – 74. ISBN 978-80-7401-028-6.

WEISEROVÁ, E., BUŇKA, F., ZAČALOVÁ, D., PONÍŽIL, P., JANIŠ, R., (2011). Roztékavost tavených sýrů v závislosti na použité ternární směsi fosforečnanů. In *Sborník: Hygiena a technologie potravin, XLI. Lenfeldovy a Hökleho dny*, VFU v Brně 12. – 13.10.2011, ISBN 978-80-7305-594-3.

CIPRYSOVÁ, Z., BUŇKA, F., **WEISEROVÁ, E.**, JANIŠ, R. (2011). Vliv druhu tuku, obsahu sušiny a tuku v sušině na tvrdost tavených sýrů. In *Zborník: Bezpečnost a kontrola potravin*, SPU v Nitre, 30. – 31. 3. 2011, ISBN 978-80-552-0559-5.

WEISEROVÁ, E., BUŇKA, F., CIPRYSOVÁ, Z., SLAVÍKOVÁ, Š., JANIŠ, R. (2011). Roztékavost tavených sýrů při záhřevu v závislosti na použitém poměru monofosforečnanů, difosforečnanů a polyfosforečnanů v ternárních směsích. In *Zborník: Bezpečnost a kontrola potravin*, SPU v Nitre, 30. – 31. 3. 2011, ISBN 978-80-552-0559-5.

CIPRYSOVÁ, Z., **WEISEROVÁ, E.**, BUŇKA, F., HORÁKOVÁ, K., JANIŠ, R. (2010). Závislost vybraných texturních parametrů na obsahu a druhu tuku v tavených sýrech. In *Zborník: Bezpečnost a kontrola potravin*, SPU v Nitre, 24. – 25. 4. 2010, ISBN 978-80-552-0350-8.

CIPRYSOVÁ, Z., **WEISEROVÁ, E.**, ŠINDLEROVÁ, J., JANIŠ, R., BUŇKA, F. (2010). Vliv přísadky lokustové a arabské gumy na tvrdost analogů tavených sýrů. In *Sborník: Hygiena a technologie potravin, XL. Lenfeldovy a Hökleho dny*, VFU v Brně 14. – 15.10.2010, ISBN 978-80-7305-121-1.

PACHLOVÁ, V., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., **WEISEROVÁ, E.**, HLADKÁ, K., KRÁČMAR, S. (2010). Změny dusíkatých látek v přírodních sýrech v závislosti na podmínkách zrání a skladování. In *Celostátní přehlídka sýrů 2010: Výsledky přehlídek a sborník přednášek semináře „Mléko a sýry“*, VŠCHT Praha, 20.-21.1.2010, ISBN 978-80-7080-760-6.

WEISEROVÁ, E., BUŇKA, F., CIPRYSOVÁ, Z., GALIOVÁ, L., JANIŠ, R. (2010). Závislost texturních vlastností tavených sýrů na poměru mono- a polyfosforečnanů s vysokým kondenzačním stupněm. In *Zborník: Bezpečnosť a kontrola potravín*, SPU v Nitre, 24. – 25. 4. 2010, ISBN 978-80-552-0350-8.

WEISEROVÁ, E., GALIOVÁ, L., JANIŠ, R., BUŇKA, F. (2010). Roztékavost tavených sýrů při záhřevu v závislosti na použitém poměru monofosforečnanů, difosforečnanů a polyfosforečnanů v binárních směsích. In *Sborník: Hygiena a technologie potravin, XL. Lenfeldovy a Hökleho dny*, VFU v Brně 14. – 15.10.2010, ISBN 978-80-7305-121-1.

13 CURRICULUM VITAE

OSOBNÍ ÚDAJE:

Jméno a příjmení: Ing. Eva WEISEROVÁ
Datum narození: 21. 9. 1984
Adresa: tř. 17. listopadu 12, 750 02 Přerov
E-mail: weiserova@ft.utb.cz

VZDĚLÁNÍ:

2000–2004 **Gymnázium Jakuba Škody, Přerov**
2004–2007 **UTB ve Zlíně, Fakulta technologická**
bakalářské studium; obor Chemie a technologie potravin
2007–2009 **UTB ve Zlíně, Fakulta technologická**
navazující magisterské studium; obor Technologie, hygiena
a ekonomika výroby potravin
Cena děkana za diplomovou práci
2009–doposud **UTB ve Zlíně, Fakulta technologická**
doktorské studium; obor Technologie potravin

PROJEKTY ŘEŠENÉ V RÁMCI INTERNÍ GRANTOVÉ AGENTURY UTB

2010 **IGA/6/FT/10/D**
Tavicí soli jako determinanta texturních vlastností tavených
sýrů
2011 **IGA/18/FT/11/D**
Vliv různých kombinací fosforečnanových tavicích solí a
použití vybraných hydrokoloidů na texturní vlastnosti
tavených sýrů

ŠKOLENÍ:

5/2008 Školení „Požadavky standardů IFS/BRC“, Brno
1/2009 Školení pořádané AV ČR – „Kurz základů psaní vědecké práce“

JAZYKOVÉ ZNALOSTI:

Angličtina Pokročilá znalost
Němčina Základní znalost

OSTATNÍ DOVEDNOSTI:

Práce s PC OS Windows, MS Office
Řidičský průkaz Skupina B