

Vliv doby prozrálosti vybraných sýrů švýcarského typu na konzistenci tavených sýrů s různou skladbou tavicích solí

Bc. Simona Maděrová

Diplomová práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Simona Maděrová**
Osobní číslo: **T13444**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv doby prozrálosti vybraných sýrů švýcarského typu na konzistenci tavených sýrů s různou skladbou tavicích solí**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Stručně charakterizujte výrobu a vlastnosti tavených sýrů.
2. Popište mechanismus působení fosforečnanových a citronanových tavicích solí v tavených sýrech.
3. Charakterizujte vliv prozrálosti suroviny a podmínek skladování na vlastnosti tavených sýrů.

II. Praktická část

1. Vyrobte modelové tavené sýry, kde základní surovinou budou sýry švýcarského typu v různém stádiu prozrálosti.
2. Při výrobě modelových tavených sýrů použijte ternární směsi sodných solí fosforečnanů a polyfosforečnanů.
3. Modelové vzorky skladujte 60 dnů a v průběhu skladování provedte měření hodnot pH, texturní profilové analýzy a viskoelastických vlastností modelových vzorků.
4. Výsledky vyhodnoťte a formulujte závěry.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] CARIÉ, M., T.P. GIUNEE and M. KALAB. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. 2004, vol. 2, p. 349 394. ISSN 0-1226-3653-8.

[2] SHIRASHOJI, N., J.J. JAEGGI and J.A. LUCEY. Effect of Sodium Hexametaphosphate Concentration and Cooking Time on the Physicochemical Properties of Pasteurized Process Cheese. Journal of Dairy Science. 2010, vol. 93, p. 2827 2837.

[3] NAGYOVÁ, G., F. BUŇKA, R.N. SALEK, M. ČERNÍKOVÁ, P. MANČÍK, T. GRŮBER and D. KUCHAR. Use of Sodium Polyphosphates with Different Linear Lengths in the Production of Spreadable Processed Cheese. Journal of Dairy Science. 2014, vol. 97, p. 111 122.

[4] SHIRASHOJI, N., J.J. JAEGGI and J.A. LUCEY. Effect of Trisodium Citrate Concentration and Cooking Time on the Physicochemical Properties of Pasteurized Process Cheese. Journal of Dairy Science. 2006, vol. 89, p. 15 28.

[5] LEE, S.K., and H. KLOSTERMEYER. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese. LWT Food Science and Technology. 2001, vol. 34, p. 123 135.

[6] MOLINS, R.A. Phosphates in Food. Boca Raton: CRC Press. 1991. ISBN 978-0849345883.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Richardos Nikolaos Salek**

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **2. února 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **22. dubna 2015**

Ve Zlíně dne 2. února 2015


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

Příjmení a jméno: MADĚŘOVÁ SIMONA

Obor: CHTP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 15.4.2015

Maděřová

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce byla studie vlivu doby prozrálosti vybraných sýr –výcarského typu na konzistenci tavených sýr s různou skladbou tavicích solí v průběhu 60 denního skladování. Pro výrobu modelových vzorků tavených sýr byla použita 4, 8, 12 a 16 týdenní surovina. Jako tavicí soli byly použity citran sodný (TSC), hydrogenfosforenan sodný (DSP), disfosforenan sodný (TSPP) a sodná sůl polyfosforenanu (P20). Z těchto tavicích solí byly vytvořeny 4 kombinace ternárních směsí tavicích solí (DSP:TSC:P20, DSP:TSPP:TSC, TSC:TSPP:P20 a DSP:TSPP:P20)

Modelové vzorky tavených sýr byly podrobeny základní chemické analýze (stanovení obsahu sušiny a hodnot pH) a texturní profilové analýze (tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost). V experimentální části byl pozorován rostoucí trend tvrdosti modelových vzorků tavených sýr v průběhu skladování, naopak v závislosti na prozrálosti použité suroviny tvrdost vzorků klesala. Při stanovení tvrdosti výrobku byl pozorován specifický jev při aplikaci TSC:TSPP a DSP:TSPP v poměru 1:1 s nulovou koncentrací P20.

Klíčová slova: tavené sýry, tavicí soli, citran sodný, fosforenany, tvrdost

ABSTRACT

The aim of the current thesis was to study the effect of maturity stage of Swiss-type cheese on the consistency of processed cheese model samples, made with ternary mixtures of phosphate and citrate emulsifying salts during a 60-day storage period. For the manufacture of the model processed cheese samples was used cheese with 4, 8, 12, and 16 week of maturity as raw ingredient. The applied emulsifying salts were; sodium citrate (TSC), disodium phosphate (DSP), tetrasodium disphosphate (TSPP) and sodium salt of polyphosphate (P20). Moreover, of these emulsifying salts were created 4 combinations of ternary mixtures (DSP:TSC:P20, DSP:TSPP:TSC, TSC:TSPP:P20 a DSP:TSPP:P20).

The model processed cheese samples were subjected to basic chemical analysis (including determination of dry matter content and pH values, respectively) and texture profile analysis (hardness, relative adhesiveness, cohesiveness). The hardness of all observed model samples increased with the increasing storage period. However, with the increasing degree of maturity of the cheese (used as raw material) the hardness of the samples decreased. During the determination of the model samples hardness a specific trend was observed when TSC:TSPP and DSP:TSPP were applied (at ratio 1:1) with zero concentrations of P20.

Keywords: Processed cheese, emulsifying salts, sodium citrate, phosphates, hardness

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce, Ing. Richardosovi Nikolao-
sovi Salekovi za odborné vedení, konzultace, trpělivost, cenné rady a připomínky. Dále
bych chtěla poděkovat panu doc. Ing. Františkovi Bůžkovi, Ph.D. za spolupráci při konzul-
taci a vedení diplomové práce.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 TAVENÉ SÝRY	13
1.1 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝR	13
1.2 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝR	14
2 VLIV SKLADBY TAVICÍCH SOLÍ NA KONZISTENCI TAVENÝCH SÝR	17
2.1 CHARAKTERISTIKA TAVICÍCH SOLÍ A JEJICH ROZDĚLENÍ.....	17
2.2 FOSFORNANOVÉ A CITRANOVÉ SOLI.....	18
2.2.1 Soli na bázi fosforenanů	18
2.2.2 Soli na bázi citranů	20
3 PROTEOLYTICKÉ ZMĚNY SÝR TAVĚNÉHO TYPU B HEMLA PROCELU ZRÁNÍ.....	22
3.1 SÝRY TAVĚNÉHO TYPU	22
3.1.1 Výroba sýra taveného typu	22
3.2 PROCESY ZRÁNÍ U SÝR TAVĚNÉHO TYPU.....	25
3.2.1 Metabolismus laktózy, laktátu a citrátu.....	26
3.2.2 Lipolýza	26
3.2.3 Proteolýza.....	27
4 FAKTORY PŮSOJÍCÍ NA KONZISTENCI TAVENÝCH SÝR	29
4.1 VLIV SLOŽENÍ SUROVINOVÉ SMĚSI NA KONZISTENCI TAVENÝCH SÝR	29
4.2 VLIV ZPŮSOBU ZPRACOVÁNÍ TAVENINY NA KONZISTENCI TAVENÝCH SÝR	31
4.3 VLIV SKLADOVÁNÍ NA JAKOST TAVENÝCH SÝR	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
5 CÍL PRÁCE.....	33
6 MATERIÁL A METODIKA	34
6.1 POPIS EXPERIMENTU.....	34
6.2 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÝCH SÝR	34
6.3 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA	35
6.4 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA.....	35
6.5 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ DAT.....	36
7 VÝSLEDKY A DISKUZE	37
7.1 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA	37
7.1.1 Stanovení obsahu sušiny	37
7.1.2 Stanovení hodnot pH	37
7.2 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA.....	49
7.2.1 Tvrdost.....	49
7.2.2 Kohezivnost a relativní lepivost	61
ZÁVĚR.....	62
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	63
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	72

SEZNAM OBRÁZK	73
SEZNAM TABULEK	77
SEZNAM P ÍLOH	78

ÚVOD

Technologie výroby tavených sýr patří v oblasti mlékárenství k nejmladším výrobním postupům. Tavené sýry jsou mléčné výrobky vyráběné z p írodních sýr v r zném stupni prozrálosti a tepeln ě upraveny za p ídavku másla, vody, tavicích solí a dalších mléčných a nemléčných surovin. P ítomnost tavicích solí je nezbytn ě nutná pro vytvoření homogenní struktury. Základní úlohou tavicích solí je iontová výměna vápenatých iont ě v mléčné bílkovin ě p írodního sýra za ionty sodné. K výrob ě tavených sýr ě jsou vyuffívány, jak sodné soli fosforenan ě, tak i sodné soli citran ě. První zmínka o výrob ě tavených sýr ě za p ídavku tavicích solí pochází z roku 1911 od firmy Gerber. Jejich výroba se rychle rozšířila po celé Evrop ě a následn ě po celém sv ět ě. Tavené sýry jsou oblíbenou komoditou díky jejich variabilit ě poskytovaných produkt ě a mořnosti vyuffit ě jak pro domácnosti, tak například pro restaurační zařízen ě i fast-foody [2, 5, 10].

Teoretická část diplomové práce zahrnuje t ě i kapitoly. V první kapitole je pojednáno o charakteristice tavených sýr ě a jejich výrob ě. Druhá kapitola je zam ěna na klíčové slořky pro výrobu tavených sýr ě, kterými jsou tavicí soli. Jsou zde popisovány tavicí soli na bázi fosforenan ě a citran ě, zejména jejich základní úlohy p í výrob ě tavených sýr ě. T ět ě kapitola je zam ěna obecn ě na p írodní sýry –výcarského typu a na procesy zrání t ěchto sýr ě. Poslední kapitola popisuje faktory p ísobící na konzistenci tavených sýr ě, zejména vliv prozrálosti p írodních sýr ě na konzistenci taveného sýra.

Cílem praktické části diplomové práce bylo studovat vliv doby prozrálosti p írodních sýr ě –výcarského typu na konzistenci tavených sýr ě za pouřit ě r zné skladby tavicích solí. Byla provedena základní chemická a texturní analýza vzork ě. Experimentální část diplomové práce zahrnovala výrobu modelových vzork ě. Byl pouřit p írodní sýr –výcarského typu s obchodním názvem šMontana s r znou dobou prozrálosti. Jako tavicí soli byly pouřity hydrogenufosforenan sodný, difosforenan sodný, sodná s ěl polyfosforenanu a citran sodný. Z t ěchto druh ě tavicích solí byly vytvořeny 4 kombinace ternárních sm ěsí. Experimentální část byla provád ěna po dobu 60 dn ě v pravidelných intervalech (2., 9., 30. a 60. den skladování). V praktické části jsou shrnuty a diskutovány výsledky měření pH, obsahu sušiny a vybraných texturních vlastností (tvrdost, soudrřnost a relativní lepivost) taveného sýra.

I. TEORETICKÁ ÁST

1 TAVENÉ SÝRY

Zmínky o pokusech výroby tavených sýr pochází již z roku 1895 v Evropě (Švýcarsko, Švýcarské fondue) [2], v této době však nebyly dostatečně ověřeny funkce tavicích solí. Podobně ve stejném období byl v Německu vyvinut měkký sýr (Camembert), který byl vyroben za působení tepla v kovových plechovkách. Podobné výrobní metody byly aplikovány na výrobu sýr holandského typu, ale nejúspěšnější vynález se stal roku 1911 ve Švýcarsku, kde byly vyrobeny sýry za použití tavicí soli citranu sodného, jaké známe dnes. Komerční produkce taveného sýru začala v Evropě a USA mezi rokem 1910 a 1920. Pro výrobu byly použity sýry typu edar a tavicí soli citrany a fosforečnany [1 a 5].

Tavené sýry jsou vyráběny rozdílným způsobem u tvrdých sýrů, emulgací a hydratací slofků jednotlivých surovin (mléčného a nemléčného původu) za působení tavicích solí, kde působením teploty a podtlaku je dosaženo homogenní hmoty požadovaných vlastností [1 a 5]. Dle vyhlášky 77/2003 Sb. [6] tavené sýry jsou sýry, které byly tepelně upraveny za působení tavicích solí. Tyto sloučeniny mají za úkol upravit prostředí v tavenině tak, aby působivé bílkoviny (zejména frakce kaseinových bílkovin) mohly plnit roli emulgátorů. Touto vyhláškou jsou tavené sýry rozděleny na dvě skupiny a to na sýry nízkotučné s obsahem tuku v sušině nejméně 30 % a tavený sýr vysokotučný s obsahem tuku v sušině nejméně 60 %. Skupina tavených sýrů s obsahem tuku v sušině 30 až 60 % není ve vyhlášce definována, ale v praxi je však často označována jako sýry polotučné (30 až 45 %) a sýry plnotučné (45 až 60 %) [1 a 5, 7, 8].

Tavené sýry jsou rovněž výrobky, které lze na trhu najít v širokém sortimentu. Podle konzistence jsou tyto sýry děleny na roztíratelné, krájitelné, plátkované, i tekuté jako jsou různé polévky, omáčky a polevy. Sortiment také rozlišuje mnoho dodávaných příchutí (masové, zeleninové, houbové, různé kořeněné apod.) Tavené sýry jsou využívány nejen pro domácí spotřebu, ale také jako surovina pro přípravu různých pokrmů [1 a 10].

1.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Od tvrdých sýrů se tavené sýry liší tím, že nejsou vyráběny přímo z mléka, ale právě z daných tvrdých sýrů, které mohou být v různém stupni zralosti [1 a 10]. Při výrobě tavených sýrů lze využít tvrdé sýry s různými mechanickými vadami, které by byly pro domácí prodej spotřebiteli nevhodné. Neměly by se však používat sýry s mikrobiologickými vadami a to hlavně sýry napadené sporulujícími bakteriemi a plísními. Nejčastěji používají

vaným p írodním sírem pro výrobu tavených sýr v zahrani í je sýr edar a to hlavn ve Velké Británii, Austrálii, USA a v Kanad . Dal ími pou ívanými sýry v Kanad a USA jsou sýry Mozzarella a Gruyére. V eské republice jsou nej ast ji vyuffívány sýry eidamského typu, jako je Eidamská cihla í Eidamský blok, minoritn jsou vyuffívány sýry –výcarského typu, pop . Primátor í Moravský blok [1 ó 7].

Dal í p ídáváné suroviny lze rozd lit na suroviny mlé ného a nemlé ného p vodu. Jako suroviny mlé ného p vodu jsou pou ívány máslo a smetana, zvy újící obsah tuku v su in . Dal í pou ívanou surovinou m fle být tvaroh, který je do výrobku p ídáván hlavn pro zvý ení obsahu tukuprosté su iny a dodání tzv. intaktní bílkoviny, tedy kaseinu, u kterého neprob hly rozsáhlé hydrolyza ní procesy, zvlá t proteolýza, cofl má zásadní vliv na stabilitu výrobku a jeho konzistenci. Do surovinové skladby se m fle pou ít sýr jifl utavený tzv. nátavek í krém (rework) a to pro dosaflení jemn j í konzistence. Dal ími surovinami jsou pitná voda, která je p ídávána do výrobku zejména pro úpravu obsahu su iny a r zné p íchut (masová sloflka, zelenina, ko ení, houby aj.). Pro získání hladké, jemné a homogenní struktury taveného sýra jsou klí ovou surovinou tavicí soli, nej ast ji fosfore nany a citrany [1 ó 10].

Mimo tavených sýr lze na trhu nalézt í analogy tavených sýr . Jedná se o výrobky, kdy jsou mlé né sloflky zcela nebo áste n nahrazeny surovinami rostlinného p vodu. P í výrob jsou pou ívány kaseináty, bílkoviny jiného nefl mlé ného p vodu, rostlinné oleje, tavicí soli, látky ur ené k aromatizaci aj. Tyto výrobky mají p ednost spo ívající ve sníflení náklad na výrobu, nebo relativn nákladn j í surovina flivo í ného p vodu je nahrazena relativn levn j ími rostlinnými zdroji [7, 9, 13, 14].

1.2 Technologie výroby tavených sýr

Tavené sýry lze v dne ní dob vyráb t kontinuáln nebo diskontinuáln . Kontinuáln í proces tavení spo ívá v tavení sm si v nerezových trubkách v tenké vrstv , p í teplot 130 ó 140 °C po dobu 2 ó 3 s. Jedná se tedy o tzv. sterilované sýry, zatímco diskontinuáln í proces tavení zaji úje obvykle pouze pastera ní efekt [2, 3, 5, 10]. V eské republice se prioritn tavené sýry vyráb jí diskontinuáln v tzv. tavicích kotlích. Tento proces zahrnuje p ípravu sm si ur ené k tavení, ur ení sm sí tavicích solí, vlastní proces tavení p ípravené sm si a balení taveniny, chlazení, skladování a expedice [2 ó 5, 8, 10].

Úspěšná výroba je založena na vysoké kvalitě a výběru prourodních sýrů. Je možné používat více druhů sýrů s různou dobou zrání. Kritéria pro výběr prourodních sýrů a ostatních surovin závisí na obsahu sušiny a tuku, na chuti, struktuře, konzistenci a pH finálního výrobku [2, 5, 12]. Před samotným zpracováním jsou prourodní sýry očištěny a to tak, že jsou zbaveny obalových vrstev (kůry). Toto očištění před samotným zpracováním usnadňuje roztavení sýra, zajistí dobré spojení proudaných přísad a zjednoduší přístup tavicích solí k emulgované směsi [5, 8, 10].

Jako tavicí soli se využívají soli s vícevalentními anionty (především fosforenany) a monovalentními alkalickými kovy (zejména Na). Směs tavicích solí tvoří obvykle 2 až 3 % hmotnosti surovinové skladby výrobku [2, 5, 10, 15]. Vyhláška č. 4/2008 Sb., v platném znění [11], uvádí jako nejvyšší přípustné množství fosforenanových tavicích solí (vyjádřených jako P_2O_5) pro tavené sýry hodnotu 20 000 mg/kg, což odpovídá přibližně 3,5 % hmotnosti výrobku. Dle Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 je maximální povolené množství kyseliny fosforené, fosforenanů a jejich směsí obecně stanoveno na 40 000 mg [18]. Tavicí soli za působení teploty a mechanického míchání, způsobují fyzikálně chemické změny taveniny, které mají za následek shlukování směsi, tj. během procesu tavení se začínají navazovat polyvalentní anionty na proteiny, jejich hydrofilní charakter se tímto zvyšuje. Navázáním dodatečné vody za nerost viskozita taveniny vedoucí k tzv. krémování. Působením tavicích solí dojde také k mírnému zvýšení pH finálního výrobku. Optimální pH pro roztíratelné tavené sýry se pohybuje v rozmezí 5,6 až 6,1. Přídavek tavicích solí má značný vliv na zvýšení pH, strukturu a stabilitu výrobku [2 až 5, 12]. Guinee a kol. prohlásil [2], že tavicí soli jsou nositelem funkčních vlastností mléčných bílkovin. Základní funkcí tavicích solí je schopnost odtrpít vápník navázaný na proteinovou matici prourodního sýra a vymýty za ionty sodíku. Tudíž nerozpustné vápenaté soli jsou přeměněny na rozpustnější soli sodné. Klíčovou úlohou tavicích solí je tedy upravit prostředí v tavené směsi tak, aby přítomné proteiny (kaseinové frakce) mohly uplatnit své přirozené vlastnosti emulgátorů. I když použití tavicích solí je během výroby důležité, nadměrná dávka specifických emulgátorů může vést k horkosti finálního výrobku. O tavicích solích bude pojednáno v dalších kapitolách [3, 5, 10, 12].

Připravená a rozmělněná směs prourodních sýrů se dopraví do tzv. tavicího kotle, kde jsou přidány tavicí soli a další suroviny. Tavicí kotel se uzavře a za sníženého tlaku, hlavně kvůli odstranění vzduchových bublin z výrobku, se směs v krátkém časovém intervalu zahřeje až na tzv. tavicí teplotu, která se obvykle pohybuje v rozmezí 90 až 100 °C

[3, 8, 10, 15, 16]. Zároveň může být prováděn prostřednictvím meziplátno nebo v současnosti vstupem páry do tavené směsi. Protože pára v tavicím kotli zkondenzuje, je nutné ji zohlednit při dávku pitné vody. Tavicí teplota se za stálého míchání udržuje zpravidla několik desítek sekund z důvodu inaktivace možných vyskytujících se patogenních nebo sporulujících mikroorganismů a zároveň kvůli vytvoření tvorby stabilního finálního výrobku s požadovanými sensorickými a texturními vlastnostmi (vznik hustší a krémovitší směsi). S narůstající dobou tavení se zvyšuje tuhost finálního výrobku, dochází k tzv. pře krémování [5, 17]. Po kontrole požadovaných vlastností se tavenina balí, chladí a expeduje. Tavené sýry jsou nejčastěji baleny do hliníkových fólií, které jsou následně uzavřeny. V současné době jsou ve světě navíc používány i jiné obalové materiály jako jsou například plastové kelímky, tuby, sklenice, střívkové rýžové materiály nebo kovové konzervy. Při balení tavených sýrů je důležitá teplota, která by se měla pohybovat kolem 70 °C a to jak z důvodu mikrobiálního, tak z důvodu snadného balení. Zabalené a vychlazené výrobky se uchovávají při teplotách 4 až 8 °C [2 až 10].

2 VLIV SKLADBY TAVICÍCH SOLÍ NA KONZISTENCI TAVENÝCH SÝR

2.1 Charakteristika tavicích solí a jejich rozdělení

Dle Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) . 1333/2008 jsou tavicí soli látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy, za účelem homogenního rozložení tuku a ostatních složek [18]. Tavicí soli jsou často označovány jako emulgátory, přesněji jsou to však emulgátory inidla, která napomáhají upravit prostředí taveniny tak, aby přítomné proteiny (kaseinové frakce) mohly uplatnit své vlastnosti přítomných emulgátorů [2, 3, 19, 20].

Nejpoužívanějšími tavicími solemi jsou soli s vícevalentními anionty (fosforenany, jejich polymery a citrany) a monovalentními alkalickými kovy (zejména sodíkem a draslíkem). Používané tavicí soli můžeme rozdělit do tří skupin a to na monofosforenany (ortofosforenany), polyfosforenany a citrany. Tavicí soli se v procesu výroby taveného sýra mohou přidávat jednak jako jednosložkové tavicí soli nebo kombinace binárních, ternárních a kvartárních směsí tavicích solí v množství 3 g (celkového množství použitých tavicích solí) na 100 g směsi [2, 5, 8, 10, 21, 22]. Pro vznik homogenní hmoty taveného sýra, je klíčové použít do směsi správnou kombinaci těchto tavicích solí v určitém poměru, což závisí na typu, prozrálosti, a struktuře přirodního sýra [24]. Skladba a množství tavicích solí významně ovlivní výslednou konzistenci tavených sýrů. Čím je koncentrace přidávaných tavicích solí větší, tím získáme pevnější strukturu taveného sýra [8, 10, 23, 25].

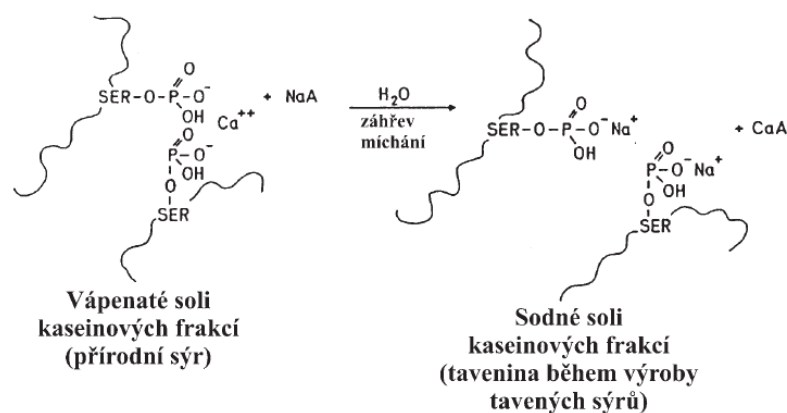
Základní schopnost tavicích solí spoívá v odštěpení vápenatých iontů z proteinové matrice, peptizace, hydratace proteinů, zvýšení jejich rozpustnosti a podpora schopnosti proteinů bobtnat. Tavicí soli dále napomáhají emulgaci a stabilizaci tuku [2, 3, 19, 20, 26]. Při záhřevu směsi bez přidavku tavicích solí by došlo k destrukci membrány na povrchu tukových kuliček a následné shlukování těchto tukových kuliček. Vlivem vysoké teploty a nízkého pH by došlo k agregaci a kontrakci kaseinu, což by způsobilo oddělení tuku, vody a bílkovin, tedy hydrofobní a hydrofilní fáze. Aby vznikla tedy homogenní hmota, je přidávek tavicích solí nezbytný [2, 3, 5].

2.2 Fofore nanové a citranové soli

2.2.1 Soli na bázi fosfore nan

Fosfore nany jsou slou eniny odvozené od kyseliny trihydrogenfosfore né (H_3PO_4) obsahující anion $(\text{PO}_4)^{3-}$. Jako ortofosfore nany jsou ozna ovány soli obsahující pouze jeden atom fosforu, jsou to tedy slou eniny s jednou skupinou $(\text{PO}_4)^{3-}$. Kondenzací ortofosfore nan vznikají soli se dv ma skupinami $(\text{PO}_4)^{3-}$ tzv. difosfore nany. Slou eniny vzniklé kondenzací ortofosfore nan , obsahující více jak dva atomy fosforu v molekule, se nazývají polyfosfore nany nebo taky kondenzované fosfore nany. Tyto polyfosfore nany m ůhou být dále rozd eleny do t í skupin a to na slou eniny tvo ící lineární et zec polyfosfore nan , slou eniny tvo ící uzav ený cyklus polyfosfore nan , které jsou nazývány jako metafosfore nany a slou eniny mající trojrozm rnou strukturu tzv. ultrafosfore nany [2 6 5].

Fosfore nanové tavicí soli mají vliv zejména na iontovou vým nu mezi vápníkem a jednomocnými ionty, úpravu pH prostředí a jeho stabilizaci (pufr ní schopnost), emulgaci tuku. Základní schopnost tavicích solí spo ívá v od-t pení vápenatých iont ů navázaných na proteinovou matici p írodního sýra a zároveň jejich vým nou za ionty sodné. Tímto je umožn ěna p em na nerozpustné vápenaté soli kaseinu (parakaseinanu vápenatého) na rozpustn ější soli sodné (parakaseinan sodný), což napomáhá proces ům hydratace a emulgace tuku. Tato vlastnost je klí ová, protože podmi ůje samotnou výrobu taveného sýra. Díky iontové vým n (Obrázek 1) je tedy možné získat p í výrob ě tavených sýr ů homogenní strukturu finálního výrobku [2, 3, 10, 15, 19, 21, 24].



Obrázek 1: Schématické vyjád ění vým ny iont ů sodíku za ionty vápníku p í tavení p írodních sýr ů [2, 3, 10].

Schopnost iontové výměny jednotlivých skupin fosforenanů se liší v závislosti na počtu fosforu v molekule [10, 30]. Lze tedy říci, že afinita ke kationtům roste se zvyšujícím se počtem fosforu ve sloučenině (polyfosforenany > difosforenany > ortofosforenany) [8, 10, 19, 31, 32]. Schopnost iontové výměny je dále ovlivněna pH a teplotou. S rostoucí hodnotou pH se schopnost iontové výměny zvyšuje, stejně jako se zvyšou teplotou [2, 10, 19].

Přisobením fosforenanových solí dochází také k úpravě pH prostředí a k stabilizaci pH, tedy k pufrací schopnosti. Jak už bylo výše zmíněno, optimální pH pro roztíratelné tavené sýry se pohybuje v rozmezí 5,6 až 6,1. Jednotlivé fosforenany mají různé pH, proto je třeba zvolit vhodnou kombinaci pro zajištění optimálních hodnoty pH a vhodným texturním vlastnostem finálního výrobku [2, 5, 12, 16, 19]. Vybrané fosforenany v koncentraci 3 % w/w a pH 1% vodných roztoků jsou uvedeny v Tabulce 1 [2, 10]. Pufrací schopnost fosforenanových tavicích solí je závislá na délce řetězce, tedy s rostoucí délkou řetězce se snižuje. Nejvíce stabilizující pH jsou ortofosforenany. Díky zvyšující se délce polyfosforenanů klesá hodnota pH roztoku i taveného sýra [2, 5, 16, 19].

Tabulka 1: Fosforenany používané jako tavicí soli při výrobě tavených sýrů [2, 10]

Skupina	Látka	Vzorec	pH 1% vodného roztoku	E - kódy
Ortofosforenany	Dihydrogenfosforenan sodný	NaH_2PO_4	4,5	E 339
	Monohydrogenfosforenan sodný	Na_2HPO_4	9,1	
	Fosforenan sodný	Na_3PO_4	11,9	
Difosforenany (pyrofosforenany)	Dihydrogendifosforenan sodný	$\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	4,1	E 450
	Difosforenan sodný	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	10,2	
Trifosforenany	Trifosforenan sodný	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	9,7	E 451
Polyfosforenany	Polyfosforenan sodný (Grahamova sůl)	$(\text{NaPO}_3)_n$	6,6	E 452

Další důležitá vlastnost fosforenanů spoívá ve zlepšení emulgace tuků proteiny. Velký vliv na emulgaci má pH prostředí, s jehož nárůstem je z kaseinových řetězců odebráno více vápenatých iontů, oddálí se řetězců a tím se zlepšuje pivozené emulgační schopnosti kaseinu. Dochází ke změně tukových kuliček a změně jeho specifického povrchu. Další změnování tukových kuliček může vést k tomu, že se proteinové řetězce znovu přiblíží k sobě a

za nou spolu interagovat. Typická emulgace způsobí vylučování tukových kuliček z taveného sýra, správná emulgace způsobí tvorbu měkkých tavených sýrů a tužších tavených sýrů [27].

Další vlastností fosforenanových tavicích solí je schopnost ovlivnit tvorbu gelu, která závisí na typu použitého fosforenanu [25, 30, 34]. Nízkomolekulární fosforenany (difosforenany a trifosforenany) podporují zesílení matrice gelu více než lineární polyfosforenany. Vysokomolekulární fosforenany jsou považovány za inhibitory tvorby gelu. Při tvorbě gelu vzniká komplex kaseinu a fosforenanů vápenatých, čímž dochází ke snížení odpudivých sil mezi kaseinovými částicemi [2, 24, 26, 33]. Během zpracování a skladování finálního výrobku dochází k hydrolýze lineárních kondenzovaných fosforenanů a na jednotlivé ortofosforenany. Nejrychlejší reakce je při rozkladu polyfosforenanů na difosforenany, s rozkladem a na ortofosforenany se rychlost reakce zpomaluje. Rozsah hydrolýzy je závislý na době a teplotě zpracování produktu, dále na délce a teplotě skladování, pH, na délce fosforenanové řetězce. Čím jsou uvedené hodnoty vyšší, tím hydrolýza fosforenanů roste [19, 24, 36]. Vlivem hydrolýzy dochází zejména ke zmenšení schopnosti tavicích solí a k poklesu afinity tavicích solí k vápenatým iontům. Rozklad fosforenanů může podporovat také neřádnou tvorbu krystalizovaných se v přítomnosti difosforenanů a ortofosforenanů. Při výrobě tavených sýrů dochází u proteinů v tavenině vlivem úniku teploty a mechanického namáhání ke zvýšení vaznosti vody, čímž dojde ke zvýšení viskozity celého systému [2, 3, 19, 21].

2.2.2 Soli na bázi citran

Citrany jsou soli trikarboxylové kyseliny citronové. Citran sodný byl první použitou tavicí solí při výrobě tavených sýrů [1–3]. Nejčastěji používanými tavicími soli na bázi citranů jsou využívány citrany trojsodné ($C_6H_5Na_3O_7$). Citrany monosodné a disodné jsou samostatně používány jen zřídka, protože silně okyselují finální produkt, což má za následek vznik nestabilní emulze, která velmi snadno uvolňuje vodu. Při výrobě tužších sýrů s lomivou konzistencí jsou citrany používány v kombinaci s jinými solemi, vytvářející optimální pH taveného sýra (zejména s polyfosforenany) [2, 4, 5, 19, 29]. Afinita citranů k vápenatým iontům je ve srovnání s fosforenany nízká, ovšem stále je vyšší než k sodným iontům. Citrany mají nízkou schopnost zvyšovat hydrataci proteinů i emulgaci tuku. Citrany jsou rovněž považovány za látky, které se nezapojují do zesílení proteinové matrice. Ve srovnání s fosforenany nebyla u citranů prokázána bakteriocidní ani bakteriostatická aktivita. Cit-

rany draselné nejsou p i výrob tavených sýr uplat ovány, jelikož vytvá í naho klou chu finálního výrobku [2 ó 10]. V tabulce 2 jsou znázorn ny citrany, které jsou využívány jako tavicí soli, a pH jejich 1% vodných roztok [2 ó 10].

Tabulka 2: Citrany používané jako tavicí soli p i výrob tavených sýr [2, 10]

Skupina	Látka	Vzorec	pH 1% vodného roztoku
Citrany	Citran sodný	$\text{NaH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$	3,7
	Citran disodný	$\text{Na}_2\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7$	4,5
	Citran trisodný	$\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$	5,6

3 PROTEOLYTICKÉ ZMĚNY SÝR TYPŮ VÝCARSKÉHO TYPU B HEM PROCESU ZRÁNÍ

3.1 Sýry –výcarského typu

Sýr je dle vyhlásky Mze R. 77/2003 sb. definován jako mléčný výrobek, vyrobený vysrážením mléčné bílkoviny z mléka působením syřidla nebo jiných vhodných koagulantů, inidel, prokysáním a oddělením podílu syrovátky [7].

Sýry –výcarského typu byly původně vyráběny v údolí Emmen ve Švýcarsku a předchůdci těchto sýrů byly sýry horské. Ementál je pravděpodobně nejznámější sýr –výcarského typu. Jejich struktura odpovídá tvrdým a polotvrdým sýrům [37, 38]. Podle Codex alimentarius je ementál definován jako zrající tvrdý sýr s výskytem ok velikosti vlašského ořechu. Ementál má typickou voninu ořechu a sladkou chuť [39]. Pro docílení charakteristických ok v sýru a mírně ořechové a sladké chuti je při výrobě sýrů –výcarského typu použita propionová kultura. Základními vlastnostmi sýrů ementálského typu je válcovitý tvar s průměrem 1000 až 2000 mm a délkou 1 až 4 cm s pevnou a suchou kůrou na povrchu sýra o hmotnosti v rozmezí 60 až 130 kg. Vonina a chuť je v průběhu zrání sýrů intenzivnější [37, 38].

3.1.1 Výroba sýrů –výcarského typu

K výrobě sýrů –výcarského typu je používáno mléko, které je obvykle na začátku výroby podrobeno standardizaci tuku a to smícháním odstředěného mléka a smetany v daném poměru, který udává konečnou tuhost sýra. V čerstvém mléce se mohou vyskytovat patogenní mikroorganismy (např. *Enterobacteriaceae* a stafylokoky), které by mohly vést k zdravotním problémům i znehodnocení konečného výrobku v průběhu zrání (dužňování sýra, sívovitost, hořká chuť a další) a z tohoto důvodu je mléko tepelně ošetřeno vysokými teplotami za krátký čas tzv. –etrnou pasterací [37, 38, 40, 41]. Třetí pasterace mléka probíhá dle Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) 853/2004 obvykle po dobu 15 s při teplotě 72 °C [81]. Aby bylo dosaženo definovaných charakteristických vlastností pro tvorbu ok v sýru, je nezbytné při výrobě sýrů brát ohled na pH prostředí, obsah vody a obsah vápníku v syřenině. Po provedení tepelného ošetření mléka a následného zchlazení na teplotu 32 ± 2 °C následuje před samotným syřením inokulace kyselinotvornými kulturami [37]. Termofilní bakterie mléčného kvašení *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus helveticus* a propionové bakterie *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* jsou běžně užívanými kyselinotvornými kulturami při výrobě ementálu [38, 40 až 44].

K nezákysovému kvašení jsou používány bakterie mléčného kvašení např. *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus plantarum* nebo *Lactobacillus rhamnosus*. A pokud jsou nezákysové kultury součástí syrového mléka či sýra, bývají díky jejich schopnosti urychlit proteolýzu přidávány při výrobě sýra [38, 40 a 44].

Mikrobiální kultury mají nenahraditelnou funkci při výrobě sýra, jelikož činnost svých enzymů jsou přeměňují složky mléka (např. rozklad laktózy, bílkovin, tuků), je usměrněn při zrání sýra a jsou tak ovlivňovány jeho organoleptické vlastnosti. Aroma, chuť a texturní vlastnosti jsou vytvářeny primárně proteolýzou během procesu zrání sýra. Tento proces je zahájen působením proteolytických enzymů nebo činností komplexu plazmin-plazminogen. Proteolytické a peptidolytické enzymy mikrobiálního původu jsou zodpovědné za proteolýzu vedoucí k tvorbě malých peptidů, volných aminokyselin a jiných dusíkatých látek tvořících aroma finálního výrobku [43, 44, 45, 46]. Používané kultury jsou nejčastěji do výrobku přidávány v kombinaci s druhovými kulturami, ve kterých dva nebo více druhů mezofilních a termofilních bakterií vegetují v symbióze, z čehož významného úinku na zrání a vytváření tak charakteristických vlastností sýra –výcarského typu [43, 44, 45, 46]. Nejčastěji používanými mikrobiálními kulturami jsou mezofilní kultury s optimální teplotou růstu při 20 a 40 °C a termofilní kultury, které jsou schopny růst až při teplotách 45 °C. Tyto heterofermentativní kultury produkují kyselinu mléčnou, aromatické látky a oxid uhličitý, který hraje klíčovou roli při vytváření vůně sýra [37, 38, 44]. Mezi nejčastěji používanými mezofilními kulturami patří bakterie mléčného kvašení *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, který snižuje obsah laktózy v syrenině, což je efektivní způsob snížení kyselosti syreniny. Jako kultury termofilních mikroorganismů jsou dalšími používanými laktobacily, například *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus lactis* [37, 38, 40, 41]. Propionové kultury se při výrobě sýra ementálského typu podílejí na tvorbě pravých vůní a tvorbě chuťových vlastností. Využívají produkty mléčného kvašení, hlavně kyselinu mléčnou k tvorbě kyseliny propionové, octové a oxidu uhličitého. Nejvýznamnějšími propionovými bakteriemi jsou *Propionibacterium germanii* a *Propionibacterium freudenreichii* [37, 38, 40, 41]. Při výrobě sýra –výcarského typu se zpravidla provádí enzymatické neboli sladké srážení. Podstatou sladkého srážení je působení proteolytických enzymů (syridel) na strukturu kaseinu. Jako syridlo byl dříve nejčastěji používán chymozin, který je získáván extrakcí z telecích slivků. Vzhledem k jeho nedostatku a k náročnosti získávání je toto syridlo v dnešní době nahrazováno syridlovými preparáty, například preparáty izolované z plísní (*Rhizomucor miehei*) nebo vnesením genu pro tvorbu chymozinu do produkčního

mikroorganismu (*Escherichia coli*, *Aspergillus niger*) tzv. rekombinantní chymozin [37, 38, 40, 41]. Sy idla p sobí na mlé nou bílkovinu ve t ech fázích. V primární fázi sý ení dochází k enzymovému t pení specifické peptidové vazby, konkrétn 105 ó 106 aminokyselinou (Phe ó Met) v kaseinové frakci , ze které tak vznikne hydrofobní para ó ó kasein a hydrofilní glykomakropeptid (GMP). Sekundární fáze ozna ována jako koagula ní fáze má za následek tvorby trojrozm rného gelu. Dochází k synerezi sý eniny za sou asného vylu ování syrovátky. Klí ovou podmínkou tvorby gelu je p ítomnost vápenatých iont a teplota vy í jak 15 °C. Terciární fáze probíhá pomocí dal řho p sobení proteolytických enzym afl do pr b hu zrání sý r. V pr b hu této fáze se m fle vyskytovat vznik í tzv. ho kých peptid , které m flou mít negativní vliv na sensorické vlastnosti finálního výrobku. Po uplynutí doby sý ení je sý enina krájena pomocí sý ra ských harf [37, 38, 40, 41, 51]. ím tufl í t sto má mít sý r a ím vy í má být obsah su iny, tím zvo líme drobn j í krájení. Velké kusy sý eniny jsou dále drobeny harfou na men í ástice, afl má sý rové zrno pofladovanou velikost odpovídající druhu vyráb ného sý ra. U sý r ementálského typu je fládoucí nadrobit zrno na co nejmen í ástice velikosti rýfle. P í výrob tvrdých sý r je sý enina doh ívána. Vzniklá sý rová zrna jsou doh ívána na teplotu 52 ó 54 °C po dobu 30 ó 60 min [38, 40, 45, 46, 48, 51]. Po doh ívání sý eniny následuje dosou ení, které probíhá za stálého míchání sý rových zrn, ímfl dochází k pozvolnému sniflování teploty. Po ochlazení jsou sý rová zrna spole n se syrovátkou vypou t na do forem, kde dochází k jejímu samovolnému odkapávání. Lisování tvrdých sý r je d leflitý technologický postup. V pr b hu tvarování a lisování sý r nesmí dojít k poklesu teploty pod 40 °C b hem 24 hodin. V této fázi ú inkem vysoké teploty je zp sobena eliminace mikroorganism a úplná inaktivace sy idla chymozinu. Eliminace mikroorganism není d leflitá jen pro zdravotní nezávadnost finálního výrobku, ale také podporuje sniflení p sobení proteolytických enzym a tím snifluje intenzivní pr b h proteolýzy (rozpadu bílko vin), která vede k drobivé struktu e sý ra a ke vzniku trhlin v pr b hu zrání sý r [37, 38, 40, 41]. Solení sý r trvá 24 afl 72 hodin ve slané vod o koncentraci 20 ó 22 %. Pr m rný obsah soli ve v ýcarském sý ru Ementál se pohybuje v rozmezí 3 afl 5 g/kg [38, 40, 45, 46, 48]. Proces solení vede ke vzniku pevné a suché k ry na povrchu sý ra, která redukuje ztráty oxidu uhli ítého b hem propionového kva ení a tím je podpo eno utvá ení sý rových ok v procesu zrání. P í výrob sý ru v ýcarského typu je klí ovým krokem p ídání vody do mlé ka nebo sý eniny. Tento p ídavek vody je p ídáván po p sobení bakterií mlé ného kva ení, cofil zp sobí zv ý ení hodnoty pH a následné urychlí propionové

kvašení. Tento krok má za následek vysoký obsah vápníku v sýru a vznik m k k a pružné struktury [38, 50, 51].

3.2 Procesy zrání u sýr –výcarského typu

Zrání sýru je komplex fyzikálních, chemických a hlavně biochemických změn, jejichž výsledkem je vznik sensoricky aktivních látek a typických vlastností sýra (barva, konzistence, chuť a vůně). Během zrání se stává sýr m k í, což je způsobeno hydrolyzou kaseinové micely pomocí proteolýzy, změnou vaznosti vody v sýru a změnou pH. Biochemické změny v procesu zrání mohou být rozděleny do dvou fází. Fáze primární zahrnuje metabolismus laktózy, laktátu a citrátu, dále lipolýzu a proteolýzu. Fáze sekundární, hrající významnou roli v utváření chuti, zahrnuje metabolismus mastných kyselin a aminokyselin [37, 38, 51, 52].

Tvorba chuti sýra je velmi závislá na mikrobiální flóře mléka. Zatímco p vodní flóra mléka je obecně složená z mnoha mikroorganismů, které mohou ovlivňovat chuť sýra díky fermentační aktivitě nebo dalšími enzymatickými reakcemi. Požadované bakterie mléčného kvašení musejí být přidány do mléka jako kyselé nebo doplňkové kultury. Přidání sydlu a dalších operací ve výrobě sýra ovlivňuje zraje vývoj finálního výrobku. Ve Švýcarsku je sýr Ementál vyráběn ze syrového kravského mléka. Vývoj chuti je podpořen tepelnými zákroky během výroby (terminace, pasteurace). Vysoká pasteurace v krátkém čase je klíčová pro rozvoj chuti sýra. Dalšími důležitými faktory ovlivňující chuť výrobku jsou fermentace a samotný zraje proces. Během zrání se po 3 až 12 měsících intenzivně zvyšuje chuť, slanost a kyselost, zatímco sladkost a hořkost sýra se mírně snižuje kvůli bakteriím propionového kvašení [37, 38, 52]. Warmke a kol. [53], sledoval chuťové látky v sýru Ementál a to kyselinu octovou, propionovou, mléčnou, jantarovou a glutamovou a jejich soli (sodné, draselné, hořčičné a vápenaté soli). Bylo prokázáno, že soli propionát hořčičný a propionát vápenatý způsobily nasládlou chuť v sýru Ementál. V sýru se dále vyskytovaly hořké aminokyseliny a peptidy, které však nebyly v chuti detekovány. Z analytických údajů byly chuťové látky obecně rozděleny na dvě hlavní skupiny a to na t k a net k a látky. T k a sloučeniny jsou produkty vytvořené během zrání biochemickými procesy (glykolýza, proteolýza a lipolýza). Takové sloučeniny mohou být například primární a sekundární alkoholy, methylketony, aldehydy, estery, alkany, laktony, aromatické uhlovodíky a jiné sloučeniny. Kyselina octová a propionová jsou nejdůležitější t k a kyseliny pro vznik typické chuti sýru Ementál [37, 38, 52].

Tvoření ok v sýru –výcarského typu je podmíněno přítomností CO₂ produkovaný bakteriemi propionového kvašení. Oxid uhličitý je v malém množství vyprodukován již během mléčného kvašení a degradace citranu. Tvorba ok je dlouhý proces, který začíná okolo 30 dne po výrobě. Nejvýraznější tvorba ok probíhá po 50 dnech ode dne výroby. Pro optimální působení propionové kultury zrají sýry při teplotě 21 až 23 °C po dobu sedmi týdnů. Jakmile je vývoj ok v sýru dostatečný, je snížena teplota na 11 až 14 °C, čímž je ukončeno působení propionové kultury a tím je podpořeno další zrání sýra. Během zrání jsou sýry pravidelně omývány, obráceny a je-li to nutné osušeny na povrchu. Zrání sýra trvá nejméně 4 měsíce. Relativní vlhkost prostředí se pohybuje okolo 70 až 80 %. Tato vlhkost prostředí a solení sýra vedou k tvorbě pevné a suché kůry, která redukuje ztrátu oxidu uhličitého a vede k pevnému tvaru sýra [37, 38, 52].

3.2.1 Metabolismus laktózy, laktátu a citrátů

Klíčový proces při zrání sýra je metabolismus laktózy na laktát pomocí bakterií mléčného kvašení (BMK) známé jako kyselé kultury (např. *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*). Rozsah okyselení syřeniny má vliv na její porézní strukturu. Zrání sýra je ovlivněno pH, které ovlivňuje přímo texturu tím, že ovlivňuje rozpustnost kaseinu. Sýry s vyšším pH jsou měkčí než sýry s nižším pH. Také enzymová aktivita je pH ovlivněna. V fázi laktózy přítomné v mléce je během výroby sýra vyloučena do syrovátky, nicméně v syřenině jí část zůstává. Proto je důležitá kompletní fermentace laktózy, což zabrání vývoji nevhodné sekundární mikroflóry. Zbytková laktóza je metabolizována na zátku zrání pomocí kyselých bakterií za vzniku laktátu [52, 54, 55]. Laktóza, která zůstává nezfermentovaná kyselými BMK je pravděpodobně metabolizována nezákladními BMK (např. *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus plantarum* nebo *Lactobacillus rhamnosus*) [56].

3.2.2 Lipolýza

Je metabolismus triacylglycerolů na mastné kyseliny, které přispívají významně k tvorbě chuti prodozrávaného sýra. Vzniklé mastné kyseliny jsou prekurzory pro vznik tukových složek. V sýrech –výcarského typu je fládoucí nízká úroveň lipolytické aktivity, protože nadměrné působení lipolytických enzymů může způsobit fluktuaci finálního výrobku. Během zrání je lipolýza zprostředkovávána přítomností kyselých a nezákladních kultur a přítomné zbytkové mléčné lipázy (plazmin, lipoprotein lipáza), která je sice termolabilní, ale tepelnými záhřevy nad 50 °C je její aktivita snížena. Aktivita enzymů je ovlivněna

membránou na povrchu tukové kuličky, která je tvořena proteiny a fosfoproteiny. Jestliže se membrána podléhá mechanickým působením např. homogenizací a přímým, nastane zvýšení povrchového napětí tukové kuličky a lipolytické enzymy mohou snadno proniknout skrz membránu do tukové kuličky a svou vysokou lipolytickou aktivitou vytvořit neřádnou chuť finálního výrobku [45, 47, 48, 49, 52]. Bakterie mléčného kvašení mají poměrně malou lipolytickou aktivitu na rozdíl od propionových bakterií, které mají tuto aktivitu 10 až 100 krát větší než bakterie mléčného kvašení [57]. Lipolýza v sýru tvárského typu je tedy způsobena hlavně bakteriemi propionového kvašení. Množství volných mastných kyselin se redukuje od 2 až 7 g/kg [58]. Nicméně, vyšší obsah těchto kyselin je ve finálním výrobku nežádoucí, z důvodu tvorby nepříjemné chuti výrobku [59]. Uvolňování volných mastných kyselin začíná v teplé místnosti současně s růstem propionových bakterií. Netěkavé látky ovlivňující chuť zahrnují peptidy, volné aminokyseliny, aminy, volné mastné kyseliny, soli a minerální látky (hořčík, sodík, vápník). Zajímavostí je, že volná glutamová kyselina je zodpovědná hlavně za chuť umami. Výskyt cizích pachů je závislý na procesu syření mléka. Výfiva dojnic se často odrazí na chuti mléka, které následně tvoří cizí pachy. Také některé enzymy mohou vytvořit nepříjemnou chuť výrobku a to například fluklost indukovanou lipázou [38, 52].

3.2.3 Proteolýza

Proteolýza je nejdůležitější primární biochemickou reakcí, která se vyskytuje v sýrech během zrání. Proteolýza přispívá k změně struktury sýra během zrání vlivem hydrolyzy kaseinové matrice a snížením vodní aktivity. Má přímý vliv na chuť sýra z důvodu produkce krátkých peptidů a aminokyselin, které jsou prekurzory sekundárních biochemických reakcí. Proteinázy a peptidázy katalyzující proteolýzu pocházejí ze dvou primárních zdrojů a to ze sráfkového inidla, mléka, kyselých (primárních) a nezákladových BMK a sekundárních kultur (např. *Propionibacterium freudenreichii* v sýrech tvárského typu). Mléko je důležitým zdrojem proteolytických enzymů. Hlavní proteolýzou v mléce je plazmin. Další proteolýzou v mléce mohou vzniknout z leukocytárních buněk. Tyto buňky obsahují mnoho proteináz včetně katepsinů typu B, D, G, H, L a elastázy [60]. Dle Magboul a kol., se katepsin B v mléce běžně vyskytuje [61]. Zpravidla termofilní laktobacily mají vyšší proteolytický účinek než mezofilní laktokoky, které mají spíše vyšší peptidázovou aktivitu. V posledních letech jsou laktokoky s vyšší peptidázovou aktivitou běžně používány při usnadnění propionového kvašení v sýrech tvárského typu. Pro výrobu sýru tvárského typu je použito syrové mléko a jeho mikroflóra může být plně zapojena

do proteolýzy. Aktivita proteolytických enzymů závisí především na množství laktobacilů v mladém sýru, proto je důležitý výběr a přidavek startérových kultur během výroby. Kasein je zpočátku hydrolyzován zbytkovým sráflécím činidlem a plazminem, poté jsou peptidy hydrolyzovány proteinázami a peptidázami kyselých a nezákladových BMK a sekundární mikroflórou na krátké peptidy a aminokyseliny. Rozsah proteolýzy se liší mezi variantami sýra díky rozdílným výrobním procesům a procesům zrání, které závisí na době zrání, obsahu vody ve finálním výrobku, obsahu zbytkového sráflécího činidla, aktivace plazminogenu na plazmin a na vývoji sekundární mikroflóry [38, 51, 52]. Proteolytická aktivita je dále závislá na obsahu vody, koncentraci kyseliny mléčné, pH, koncentraci soli, vodní aktivitě, skladovací teplotě a času [52].

Produkty vytvořené katabolizmem aminokyselin jsou aldehydy, ketony, alkoholy, aromatické látky, uhlovodíky, aminy, amoniak a sírné sloučeniny. BMK jsou hlavními iniciátory katabolizmu aminokyselin, ale propionové bakterie mají také vysokou schopnost proměnit rozvětvený et zec aminokyseliny (izoleucin, leucin) na rozvětvený et zec mastné kyseliny (kyselina izovalerová) [51].

4 FAKTORY P SOBÍCÍ NA KONZISTENCI TAVENÝCH SÝR

Vedle chuti a v n je hlavním pozorovaným znakem konzistence výrobku [10, 62]. Tavené sýry se vyskytují v ad konzistencí od lomivé p es dob e roztíratelnou aíl po tekutou. Konzistence taveného sýra je dána mnoha aspekty, nap . pouflitím tavicích solí, sloflením a stupn m zralosti p írodního sýra, p ísadami, podmínkami p í zpracování a vzájemnou interakcí mezi jinými faktory. Obecn m fíeme tyto faktory ovliv ující konzistenci taveného sýra rozd ílit do t í skupin:

- skladba surovinové sm si
- zp sob zpracování a chlazení taveniny
- podmínky skladování [10, 62]

4.1 Vliv sloflení surovinové sm si na konzistenci tavených sýr

Sloflení surovinové sm si zejména druh pouflitého p írodního sýra a stupe jeho zralosti, obsah su-íny a obsah tuku v su-ín , hodnota pH, podíl vápenatých iont v tavenin , mnoflství tzv. krému a obsah laktózy ovliv ují konzistenci tavených sýr . Podstatným ínitem ovliv ujícím konzistenci tavených sýr je mnoflství a pom r tavicích solí [2, 8, 10].

Základní surovinou pro výrobu tavených sýr je p írodní sýr. P írodní sýr má zna ný vliv na konzistenci finálního výrobku a to obsahem vápníku, kaseinu a hodnotou pH. Tyto vlastnosti sýra se v pr b hu zrání m ní. Proto je p í jeho výb ru nutné zohlednit druh p írodního sýra, stupe zralosti, jeho sloflení, hodnotu pH i pofladované vlastnosti finálního výrobku. Pouflitím nedozrálé suroviny má zpravidla za následek tufl-í a gumovit j-í konzistenci [10, 62]. Mladé sýry jsou pouflívány zejména na výrobu plátkových sýr . Nevýhodou mladých sýr je prázdnot chuti kv í nízkému obsahu sensoricky aktivních látek, hor-í tavitelnost, nebezpe í nadm rného bobtnání a moínost tvorby vzduchových bublin v d sledku vysoké viskozity utavené sm si. Naopak pouflitím dozrálého sýra docílíme jemn j-í a roztírateln j-í konzistenci, protoífe sm s zralých sýr je snadn í tavitelná a finální výrobek má zpravidla pln j-í a výrazn j-í aroma. B íem zrání p írodních sýr dochází k proteolýze. Proteolýza je jeden z nejkomplexn j-ích a nejd íleflit j-ích mikrobiologických a biochemických d í, který probíhá b íem zrání v t-íny p írodních sýr . B íem tohoto procesu dochází k hydrolýze kaseinu na peptidy a volné aminokyseliny. K proteolýze kaseinu dochází pomocí enzym zahrnující zbytkovou aktivitu nativních enzym mléka, sráfecího ínidla a exogenního enzymatického systému zákysových a nezákysových kultur

bakterií mlé něho kva- ení. Obsah neporu- eného kaseinu v kaseinové matrici snižuje lomi-
vost a pevnost sýr . Při pouflití neproзраlé suroviny s nízkým stupn ěm proteolýzy, vzniká u
finálního výrobku tufl- í a gumovit j- í konzistence. Při pouflití dozrálého sýra s vysokým
stupn ěm proteolýzy, je získána snadno tavitelná sm ěs a finální výrobek má jemnou a roztí-
ratelnou konzistenci [2 ó 5, 10, 12, 64].

Dal- ím d ěležitým faktorem ovliv ůující konzistenci tavených sýr ě je i vztah su- iny a tuku
v su- in . Tufl- í konzistence výrobku je mořné dosáhnout při konstantním obsahu tuku
v su- in zvy- ováním podílu su- iny. Naopak zvy- ováním obsahu tuku při konstantním ob-
sahu su- iny lze dosáhnout roztírateln j- í konzistence [2, 3, 10]. Konzistenci tavených sýr ě
m ůe ovlivnit obsah vápenatých iont ě, které se do výrobku dostávají prost ednictvím při-
rodních sýr ě. Kapoor a kol. [62], sledovali ů ěnek zvy- ůujícího se obsahu vápenatých iont ě
v sýru ědar na konzistenci taveného sýra. Bylo zji- t no, ůe vysoký obsah vápenatých
iont ě v surovinové skladb ě výrobku má za následek vznik tuhého finálního výrobku [62].
D ěležitým faktorem ovliv ůující konzistenci výrobku je jeho pH. Tato hodnota je dána při-
dev- ím druhem a koncentrací pouflitých tavicích solí a hodnotou pH při rodního sýra. ěm
star- í (zralej- í) při rodní sýr je při výrob ě taveného sýra pouflit, tím vzniká výsledný pro-
dukt s vy- í hodnotou pH. Při dávané tavicí soli neslouří pouze k podpo ě emulga ních
vlastností protein ě, ale musí upravit hodnotu pH taveniny právn ě na optimální hodnotu
pH [21]. Dle Marchesseau kol. [12], optimální pH taveného sýra se ve finálním výrobku
taveného sýra pohybuje okolo hodnot 5,6 ó 6,1. ěm více se hodnota pH taveného sýra
p ěblířuje k izoelektrickému bodu kaseinu (pH ~ 4,6), tím vzniká tufl- í konzistence finální-
ho výrobku. Podle Lee a Klostermeyer [64], bylo vytvo ěeno nízké pH (4,8 ó 5,2) za pouflití
tavicích solí citranu sodného, fosfore nanu sodného a metafosfore nanu sodného. Vznikl
tavený sýr suchý, tvrdý a drobivý. Ve vysokých hodnotách pH (> 6,0) dochází k poklesu
elektrostatických interakcí a nár ěstu negativního náboje protein ě, což zp ůsobuje jejich
odpuzování. Takto oslabený gel se poté projevuje zejména velmi m ěkkou konzistencí
[12, 64]. Podstatnou roli při utvá ění konzistence tavených sýr ě sehrávají tavicí soli, jejich
mnořství a skladba. Obecn ě lze říci, ůe s nár ěstem obsahu pouflitých tavicích solí fosfore -
nanového a citranového typu (p ěblířn ě 0 ó 3 % w/w) se zvy- uje i tuřost finálních výrobk
[10, 29].

4.2 Vliv zp sobu zpracování taveniny na konzistenci tavených sýr

Tavicí teplota, intenzita a délka míchané horké taveniny i rychlost chlazení jsou faktory podílející se na konzistenci taveného sýra. Nejd leffit j-ím parametrem je tavicí teplota. Guinee a kol. tvrdí, fle se zvy-ující se hodnotou tavicí teploty se snifluje pevnost sýra [2, 5, 8, 10]. Ov-em nadm rná výdrfl p i teplotách 75 ó 90 °C m fle vést k p ekrémování této sm si, cofl se projeví pevnou, matnou a pudinkovou konzistencí finálního výrobku asto uvol ující tuk. Konzistence taveného sýra m fle být ovlivn na i zp sobem zpracování taveniny. Velký vliv na konzistenci má rostoucí délka a intenzita míchání taveniny. Tyto parametry ur ují velikost tukových kuli ek. S rostoucí délkou a intenzitou míchání dochází k lep-í emulgaci tuku, cofl se projeví nár stem tuhosti sýra. Rychlost chlazení je faktor ovliv ující konzistenci výrobku. P i pomalém zchlazování dochází k r stu tuhosti finálního výrobku, naopak rychlejší zchlazení zaru uje finální výrobek mén tuhý [2, 5, 8, 10, 29].

4.3 Vliv skladování na jakost tavených sýr

Konzistence tavených sýr je ovliv ována i v pr b hu skladování, které probíhá dle Vyhlá-ky . 77/2003 Sb., v platném zn ní [7], p i teplotách 4 ó 8 °C. V pr b hu skladování dochází k postupnému tuhnutí tavených sýr [19, 24, 36]. Polyfosfore nany jsou postupn hydrolyzovány afl na jednoduché fosfore nany. Sniflování po tu monomer v lineárním et zci polyfosfore nan má za následek pokles afinity k vápenatým iont m, cofl vede k postupnému uvol ování t chto iont z tavicích solí a k následnému zapojování do proteinové matrice. V d sledku t chto proces m fle dojít ke zvy-ování tuhosti tavených sýr b hem skladování [3, 10, 21]. Vy-í teploty skladování (25 ó 30 °C) by mohly vést k nár stu tuhosti tavených sýr [24, 25]. Dle Awad a kol. bylo prokázáno [24], fle p i vy-ích skladovacích teplotách (20 ± 2 °C) byla pozorována intenzivn j-í tvorba tmav-ího odstínu nefl u výrobk uchovávaných p i niř-ích teplotách (7 ± 2 °C) b hem skladování [10, 24]. P i dlouhodobém skladování tavených sýr se m fle vyskytnout problém s mikrobiologickou údrflností t chto produkt . Mikrobiologické zm ny jsou ovlivn ny n kolika faktory, a to druhem pouffitého p írodního sýra, obsahem su-iny, hodnotou pH i teplotou záh evu [64, 65]. Údrflnost tuř-ích tavených sýr je vy-í nefl u m k ích výrobk , jelikořl produkty roztírateln j-í konzistence v t-inou obsahují vy-í množství vody [64, 65].

II. PRAKTICKÁ ÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo studovat vliv doby prozrálosti vybraných sýrů švýcarského typu na konzistenci tavených sýrů s různou skladbou tavicích solí.

Cílem teoretické části diplomové práce bylo:

- zpracování literární rešerše, zaměřené na charakteristiku tavených sýrů a na popis tavicích solí, zejména na fosforenanové a citranové tavicí soli,
- dále popis procesů zrání sýrů švýcarského typu.

Cílem praktické části diplomové práce bylo:

- vyrobit modelové vzorky tavených sýrů se čtyřmi typy kombinací ternárních směsí tavicích solí,
- zkoumání vlivu ternárních směsí tavicích solí na texturní vlastnosti tavených sýrů a vlivu prozrálosti přírodních sýrů na texturní vlastnosti tavených sýrů po základní chemické analýze a texturní profilové analýze.

6 MATERIÁL A METODIKA

6.1 Popis experimentu

Experimentální část diplomové práce zahrnovala výrobu modelových vzorků tavených sýr pomocí 4 druhů tavicích solí. Jako tavicí soli byly použity citran sodný (TSC; $\text{NaH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$), hydrogenfosforenan sodný (DSP; Na_2HPO_4), difosforenan sodný (TSPP; $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$) a sodná sůl polyfosforenanu se střední délkou řetězce $n \sim 20$ (P20; $(\text{NaPO}_3)_n$). Z těchto druhů tavicích solí byly vytvořeny 4 kombinace ternárních směsí a to DSP:TSPP:P20, DSP:TSPP:TSC, DSP:TSC:P20 a TSC:TSPP:P20. Každá kombinace ternárních směsí tavicích solí byla aplikována v určitém procentuálním poměru ve 12 variantách (100:0:0, 50:50:0, 0:100:0, 40:40:20, 40:20:40, 20:40:40, 50:0:50, 0:50:50, 40:0:60, 20:20:60, 0:40:60, 0:0:100).

Pro úpravu pH při výrobě modelových vzorků tavených sýr byl použit zásaditý roztok chloridu sodného (NaCl) o $c = 1 \text{ mol/l}$ nebo kyselý roztok kyseliny chlorovodíkové (HCl) o $c = 1 \text{ mol/l}$ v potřebném množství k dosažení optimálního pH v intervalu 5,60 až 5,80. Vypotené množství roztoku bylo odečteno od celkového množství přísady vody, a to z důvodu zachování požadované sušiny finálního výrobku. Tyto roztoky byly do taveniny přidávány během tavicího procesu za teploty $85 \text{ }^\circ\text{C}$. Všechny typy modelových vzorků byly vyrobeny dvakrát. Vyroběné vzorky byly dále skladovány při teplotě $6 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ a dále podrobeny následným analýzám 2., 9., 30. a 60. den skladování.

Byla provedena základní chemická analýza, která zahrnovala měření pH vzorků a stanovení obsahu sušiny tavených sýrů a dále texturní profilová analýza zaměřená na sledování texturních vlastností vzorků a to zejména tvrdost, kohezivnost a relativní lepivost vzorků.

6.2 Výroba modelových vzorků tavených sýrů

Experimentální část diplomové práce byla zahájena výrobou modelových vzorků tavených sýrů o sušině $40 \pm 2 \text{ } \%$ (w/w) a obsahu tuku v sušině $50 \pm 2 \text{ } \%$ (w/w).

Základní použité suroviny pro výrobu sýrů :

- sýr vycarského typu s obchodním názvem šMontanaõ (obsah sušiny $60 \text{ } \%$ (w/w), obsah tuku v sušině $45 \text{ } \%$ (w/w), zralost 4, 8, 12 a 16 týdnů, výrobce Moravia Lacto, a.s., Jihlava, ČR)

- máslo (obsah sušiny 85 % (w/w), tuk v sušině 82 % (w/w), výrobce Sachsenmilch Leppersdorf GmbH, Německo)
- směs ternárních směsí tavicích solí: hydrogenfosforenan sodný (DSP), difosforenan sodný (TSPP), sodná sůl polyfosforenanu (P20), výrobce Fosfa a.s., Brno, R, citronan sodný (TSC) výrobce Merck, Dormstadt, Německo
- pitná voda

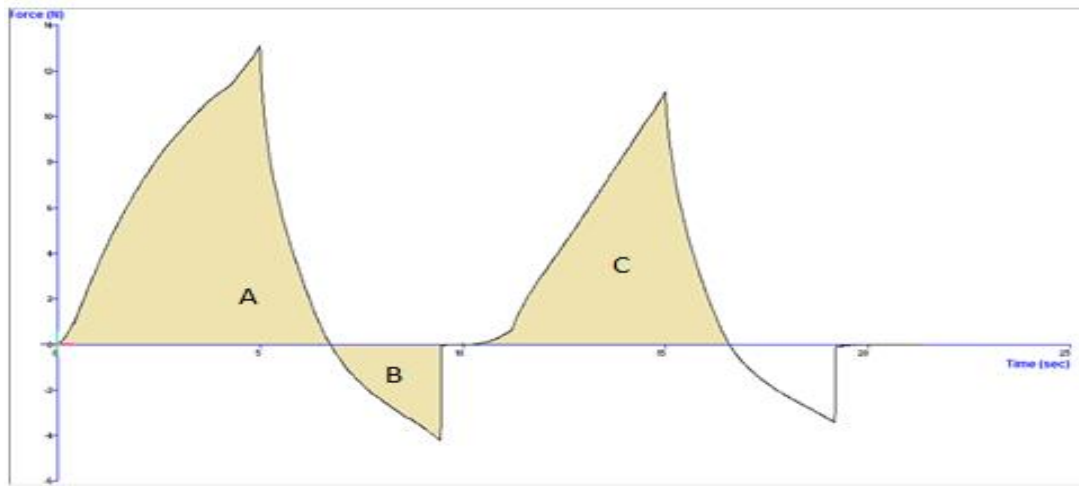
Výroba tavených sýr probíhala pomocí přístroje Vorwerk Thermomix TM 31 (Vorwerk &Co., GmbH, Wuppertal, Německo) při tavicí teplotě 90 ± 1 °C s výdrží 1 minutu. Při výrobě modelových vzorků byla při teplotě 85 °C přidávána sůl (NaCl, HCl), z čehož voda úpravy pH modelových vzorků tavených sýr s cílem dosáhnout hodnot v intervalu 5,60 až 5,80 (optimální pH rozdíratelných tavených sýr). Celkový čas tavení činil 10 ± 2 minuty. Po ukončení procesu tavení byla vzniklá tavenina dávkována do polypropylenových kelímků (průměr 52 mm, výška 50 mm), které byly následně uzavřeny hliníkovými víčky. Tyto vzorky byly dále skladovány při teplotě 6 ± 2 °C do okamžiku probíhajících analýz.

6.3 Základní chemická analýza

Základní chemická analýza zahrnovala měření pH a stanovení obsahu sušiny vzorků. Hodnoty pH byly zjištěny pomocí pH metru s vpichovou sklenou elektrodou (pH Spear, Eutech Instruments, Oakton, Malajsia). Při experimentu byl pH metr aplikován do každého kelímku celkem třikrát a to do náhodných míst. Stanovení obsahu sušiny bylo prováděno dle normy SN EN ISO 5534 sušením při teplotě 102 ± 2 °C do konstantního úbytku hmotnosti [63].

6.4 Texturní profilová analýza

Pro texturní profilovou analýzu byl použit přístroj TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie). Analýza textury byla provedena dvojnásobnou penetrací vzorku válcovou sondou o průměru 20 mm do hloubky 10 mm. Rychlost této sondy činila $2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obrázek 2: Zátřívová křivka popisující závislosti síly deformace (N) na čase (s), upraveno dle [68]

Pomocí analýzy byla sledována tvrdost, kohezivnost (soudržnost) a relativní lepivost vzorku. Na Obrázku 2 lze vidět zátřívové křivky popisující závislosti síly použité k deformaci (N) na čase (s), ze kterých byly vlastnosti stanoveny.

Tvrdost (pevnost) vzorku je definována jako síla potřebná k dosažení deformace výrobku.

Čím vyšší hodnoty dosahuje maximální pík křivky A, tím tvrdší je výrobek a tím více síly je potřeba k deformaci taveného sýra [27, 66, 67].

Relativní lepivost je dána prací potřebnou k překonání přítahových sil mezi povrchem tavených sýrů a povrchem sondy. Relativní lepivost byla stanovena jako poměr absolutní hodnoty záporného píku B k ploše kladného píku A [27, 66, 67].

Kohezivnost je definována jako síla vnitřních vazeb, které tvoří potravinu. Při vyhodnocování je dána poměrem ploch C:A [27, 66, 67].

6.5 Statistické vyhodnocení dat

Naměřená a zjištěná data byla podrobena statistické analýze pomocí Kruskal-Wallisova testu a Wilcoxonova testu. Vešchna statistická hodnocení byla provedena na hladině významnosti 5 %. Pro výpočty byl využit software Unistat ver. 5.5 (Unistat, Londýn, Velká Británie).

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

7.1 Základní chemická analýza

7.1.1 Stanovení obsahu sušiny

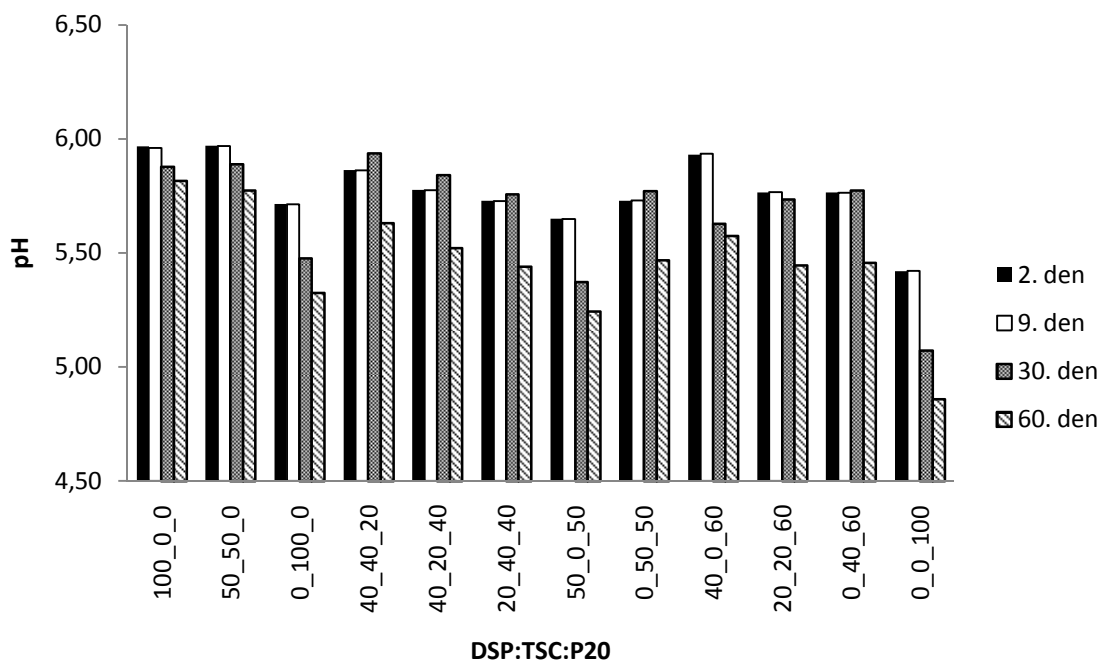
Hodnoty obsahu sušiny vyrobených modelových vzorků tavených sýrů se pohybovaly v rozmezí 40,16 až 41,11 % hmotnostních. Toto rozptýlení odpovídalo stanovené cílové hodnotě obsahu sušiny vyrobených vzorků, která činila 40 % hmotnostních. Srovnatelné hodnoty obsahu sušiny jsou nezbytné pro zajištění standardnosti analyzovaných vzorků, protože obsah sušiny významně ovlivňuje texturní vlastnosti tavených sýrů [76, 77, 78].

7.1.2 Stanovení hodnot pH

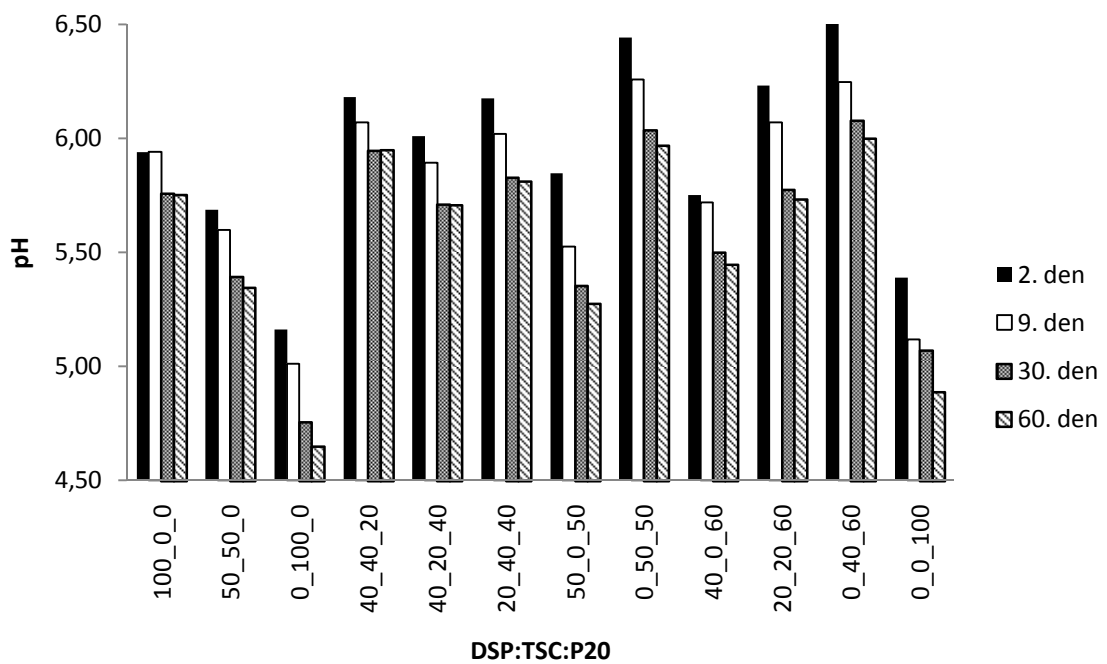
Hodnoty pH taveniny významně ovlivňují konzistenci tavených sýrů a jsou závislé na složení ternárních směsí tavicích solí [12, 66]. Při vyhodnocování výsledků pH bylo zjištěno, že při aplikaci samostatných tavicích solí, nejvyšší hodnoty pH vykazoval hydrogenfosforenan sodný a difosforenan sodný (dále jen DSP a TSPP). Hodnoty pH se pohybovaly v rozmezí intervalu 5,51 až 6,27. Naopak nejnižší hodnoty pH v intervalu 4,74 až 5,42 byly sledovány při aplikaci samotné soli polyfosforenanu (dále jen P20). Hodnoty pH u tavených sýrů s individuálně aplikovaným citranem sodným (dále jen TSC) se chovaly podobně jako soli DSP a TSPP. Optimální pH pro roztíratelné tavené sýry se obvykle pohybuje v rozmezí 5,6 až 6,1. Tyto hodnoty jsou uváděny Marchesseau a kol. [12], Lu a kol. [74], Buška a kol. [8]. Naším cílem bylo vytvoření optimálního pH v intervalu 5,6 až 5,8. Obecně lze říci, že s nárůstem obsahu poufletých tavicích solí (příbližně 0 až 3 % w/w) se zvyšuje i tuhost finálních výrobků [10, 29]. Lee a Klostermeyer [66] uvádí, že vytvořením nízkého pH (4,8 až 5,2) za poufletí tavicích solí citranu sodného, fosforenanu sodného a metafosforenanu sodného vznikl tavený sýr suchý, tvrdý a drobný. Studie Marchesseau a kol. [12] uvádí, že při nižším pH, než je optimum, jsou kaseiny přibližovány k izoelektrickému bodu. Dochází ke snížení negativního náboje, čímž je posílena agregace a oslabena emulgační fáze v taveném sýru. Proteinové molekuly nejsou dostatečně hydratovány, čímž je způsobena produkce suchých a zrnitých tavených sýrů [12]. Při vysokých hodnotách pH (> 6,0) dochází k poklesu elektrostatických interakcí (nárůst negativního náboje proteinů), což způsobuje jejich odpuzování. Takto oslabený gel se poté projevuje zejména velmi nízkou konzistencí [12, 16], což lze potvrdit i na základě našich výsledků.

V následujících grafech (Obrázek 3 ó 18) jsou prezentovány výsledky stanovení hodnot pH za pouflití 4, 8, 12 a 16 týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi a délce skladování (60 dn).

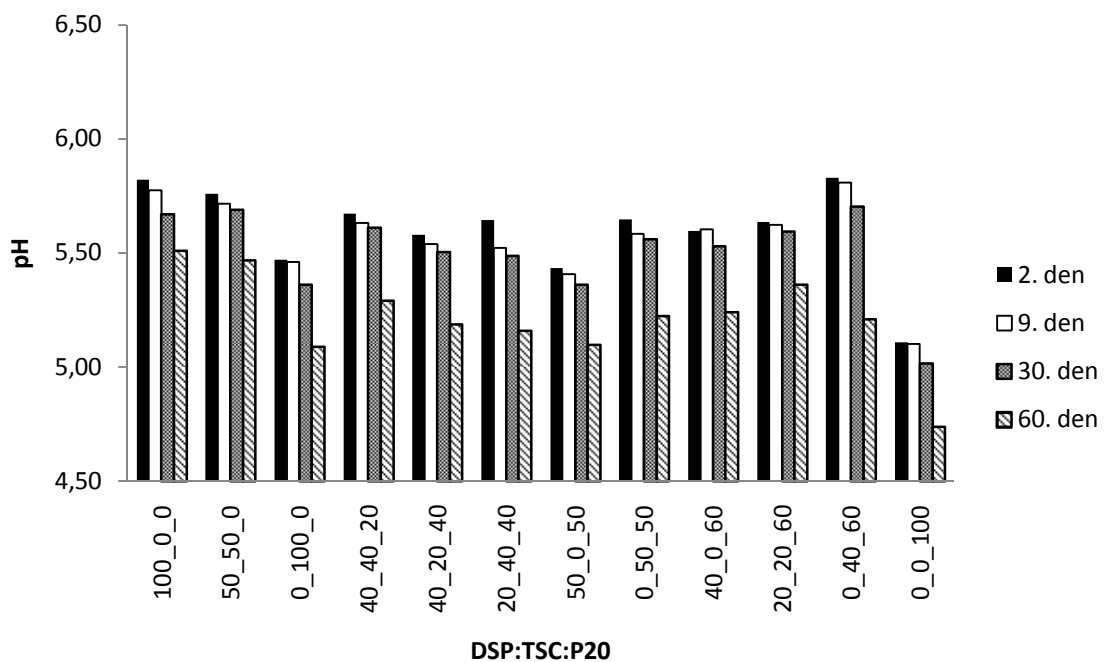
Hodnoty pH pro směs DSP:TSC:P20 jsou uvedeny na Obrázku 3 ó 6.



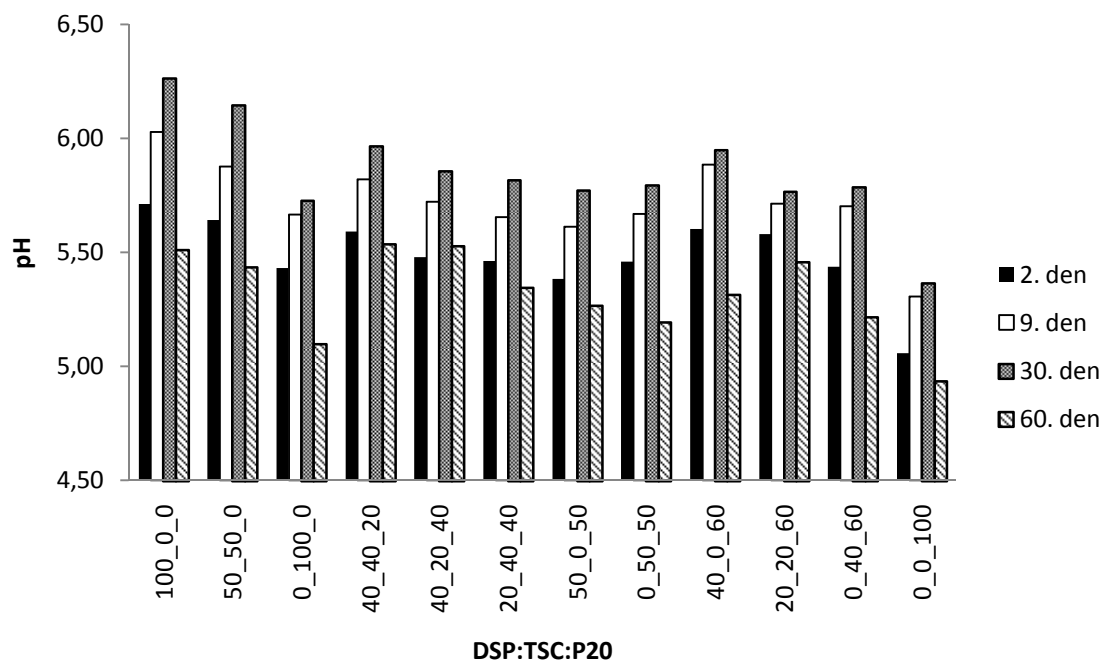
Obrázek 3: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených ze čtyřtýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dn)



Obrázek 4: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z osmítýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dn)



Obrázek 5: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dn)



Obrázek 6: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z 12-týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dn)

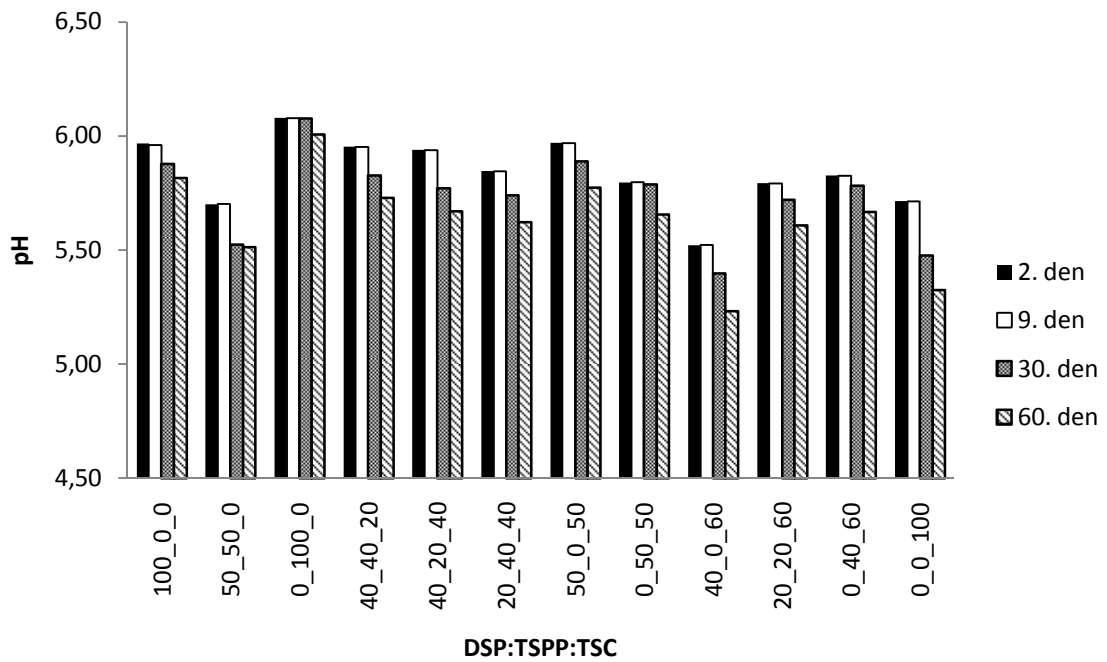
Na základě výsledků pH tavených sýrů za použití kombinace ternární směsi DSP:TSC:P20 při různých stupních prozrálости použité suroviny lze říci, že během skladování modelových vzorků tavených sýrů byl zaznamenán mírný pokles hodnot pH a to u všech vzorků do použití 12. týdenní suroviny. Toto snížení hodnot pH vysvětluje Awad a kol. [69] ve své práci hydrolyzou fosforenanových tavicích solí v průběhu skladovacího procesu [31, 69]. Pokles hodnot pH byl pozorován nejen u kondenzovaných fosforenanů, ale také u monofosforenanů, u nichž není další hydrolyza předpokládána. Změny hodnoty pH v této situaci lze vysvětlit možnou změnou formy vazby pátomných tavicích solí. Hydrolyza polyfosforenanu probíhá již během výroby tavených sýrů. Rozsah těchto rozkladných procesů závisí na délce a množství polyfosforenanu, délkou doby tavení, teplotou tavení, případně dobou skladování. Hydrolyza se zvětšuje s rostoucími hodnotami výše uvedených parametrů [19, 24, 36]. Pátomné polyfosforenany jsou postupně hydrolyzovány a přecházejí na monofosforenany. Důsledkem hydrolyzy fosforenanů je změna pufrační schopnosti tavicích solí a pokles afinity tavicích solí k vápenatým iontům, což způsobí pokles hodnot pH. Tento jev popisují ve své práci Muslow a kol. [21], Shirashoji a kol. [25] a dále Mizuno a Lucey [33].

Při použití 16 týdenní suroviny byl pozorován specifický trend u všech modelových vzorků tavených sýrů bez ohledu na použití ternárních směsí tavicích solí. Byly zaznamenány rostoucí hodnoty v průběhu 2. a 9. a 30. dne skladování, ale u 60. dne skladování měly hodnoty pH klesající trend. Změny těchto hodnot v závislosti na prozrálosti výchozí suroviny je možno vysvětlit nárůstem pH samotné suroviny v průběhu jeho zrání. Nárůst hodnoty pH pro řodního 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.) [12, 52, 64], což mohlo být důvodem chování hodnoty pH.

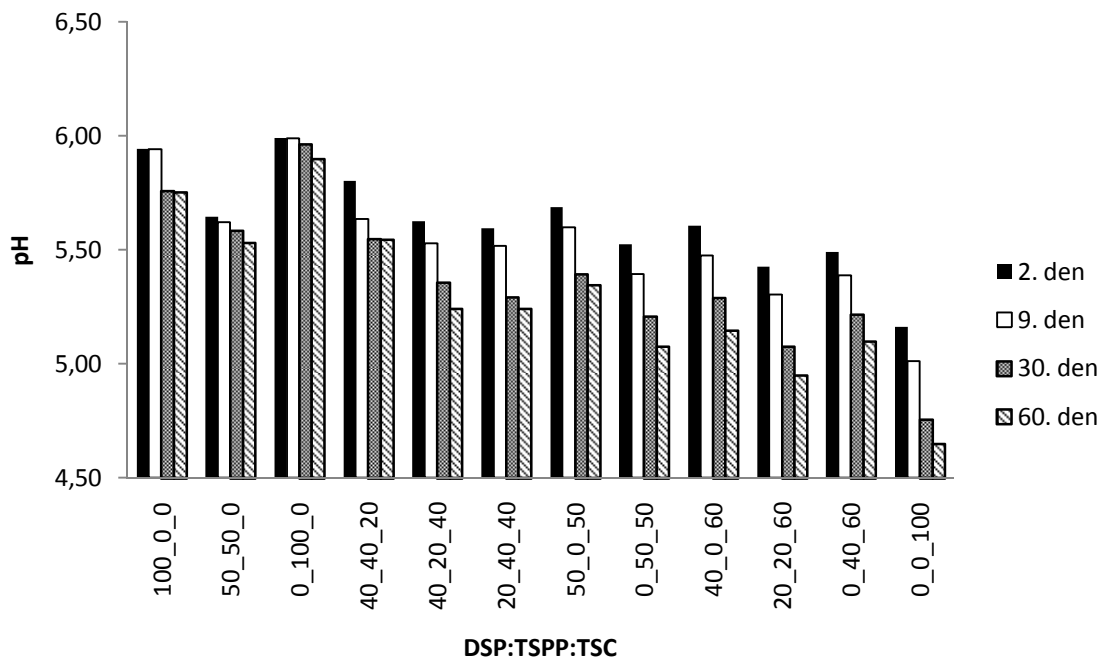
Při použití kombinace ternární směsi DSP:TSC:P20 byly pozorovány nejnižší hodnoty pH při aplikaci samotné soli TSC u 8 týdenní suroviny, které činily $4,65 \pm 0,02$. Naopak maximální hodnota pH u 8 týdenní suroviny, která činila $6,52 \pm 0,02$, byla pozorována u ternární směsi v poměru 0:40:60. Tento jev může být vysvětlen funkčními vlastnostmi tavicích solí. V důsledku přidavku P20 dochází k zvýšení intenzity negativního náboje na kaseinových zřetích, čímž dochází k tvorbě volnější matrice a tím ke vzniku rozvedlé konzistence výrobku s vysokými hodnotami pH [25, 33, 35].

Dle níže uvedených grafů (Obrázek 7 a 10) lze říci, že v průběhu skladování modelových vzorků při použití ternární směsi tavicích solí DSP:TSPP:TSC dochází k mírnému poklesu hodnoty pH. Bylo pozorováno, že klesající obsah TSPP v ternárních směsích má za následek pokles hodnoty pH výrobku. Při 100% zastoupení TSPP ve směsi byly pozorovány maximální hodnoty pH v intervalu 5,71 až 6,08. Tento jev lze vysvětlit pomocí funkčních vlastností TSPP. Mizuno a Lucey [35] udává ve své práci, že TSPP podporuje tvorbu gelu pro ítomných proteinů a následně snižuje negativní náboj kaseinů [35, 79]. Lze tedy říci, že se zvyšujícím se poměrem TSPP ve směsi roste negativní náboj a tím i pH konečného výrobku.

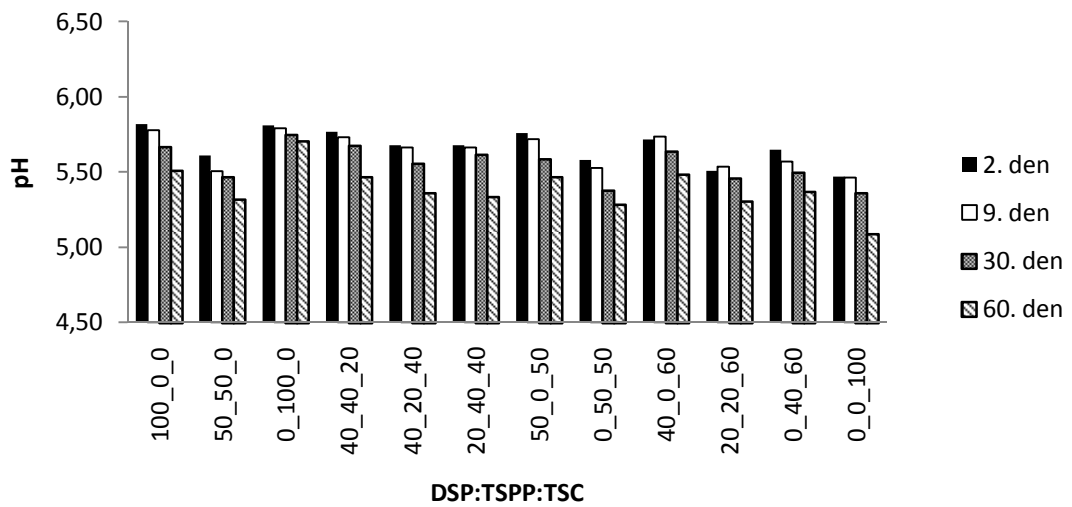
Opět se objevuje při použití 16 týdenní suroviny specifický trend u všech modelových vzorků tavených sýrů bez ohledu na použití ternárních směsí tavicích solí.



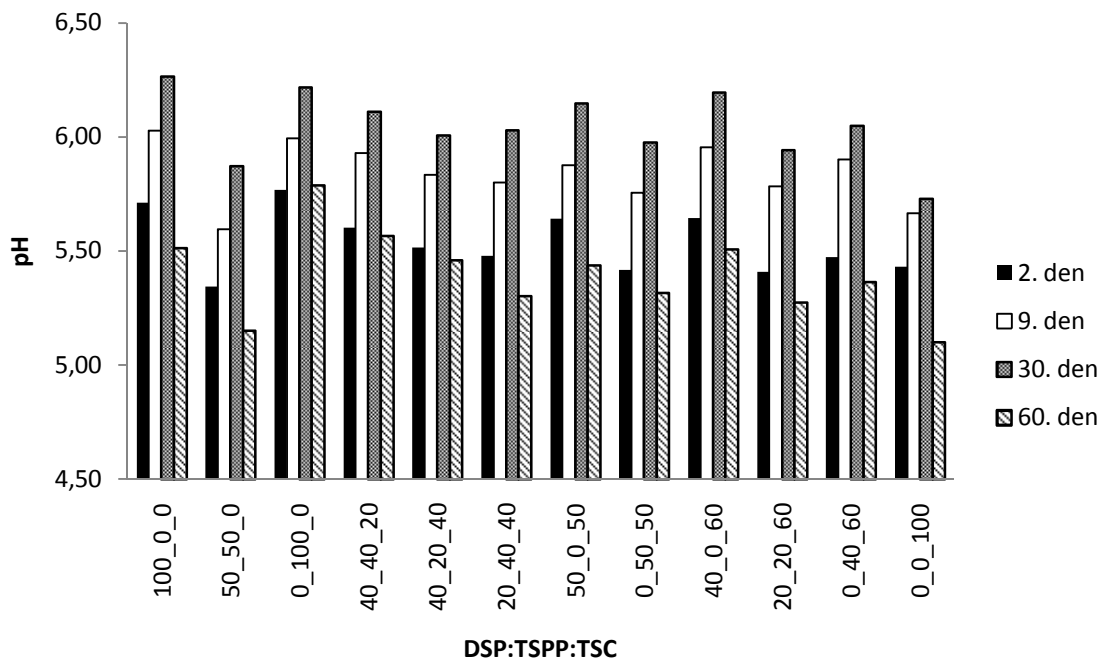
Obrázek 7: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených ze 7-týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn)



Obrázek 8: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z 14-týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn)

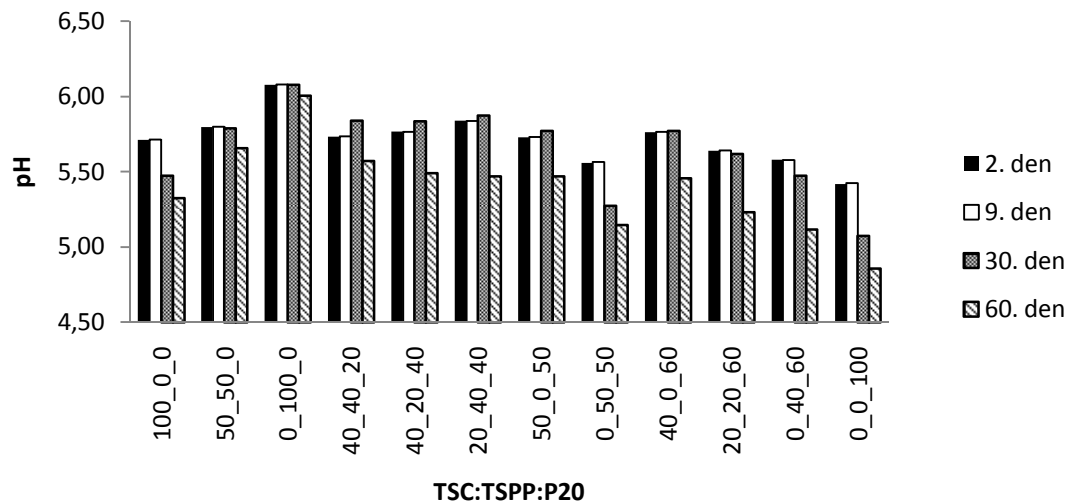


Obrázek 9: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn)

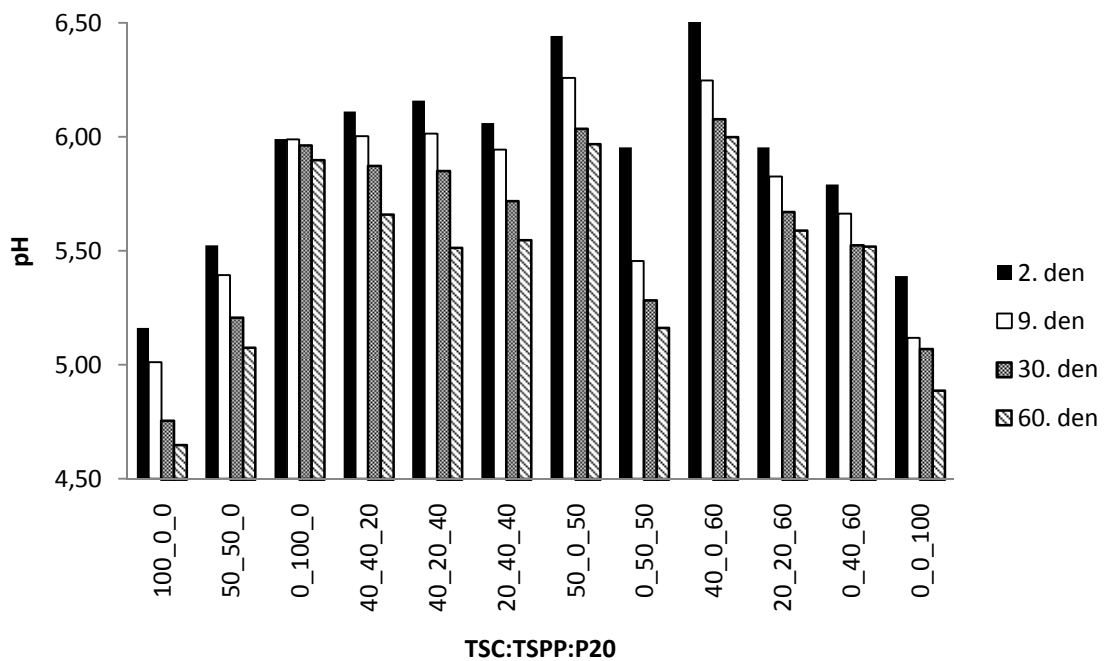


Obrázek 10: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z třináctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn)

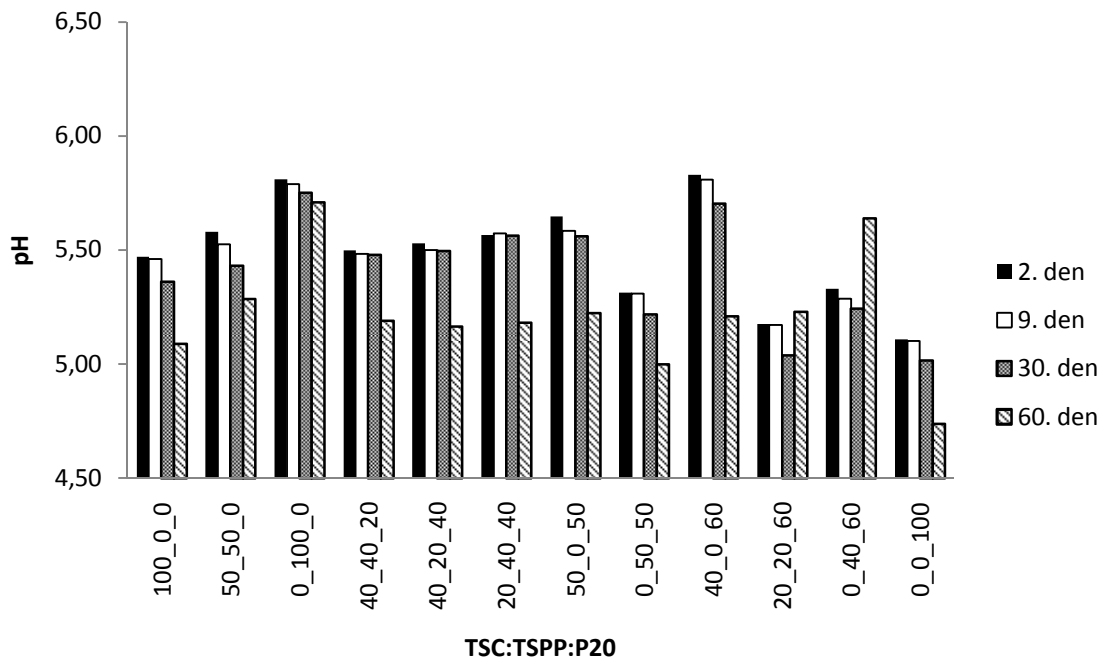
V následujících grafech (Obrázek 11 ó 14) jsou vyjádřeny hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů za použití ternární směsi TSC:TSPP:P20.



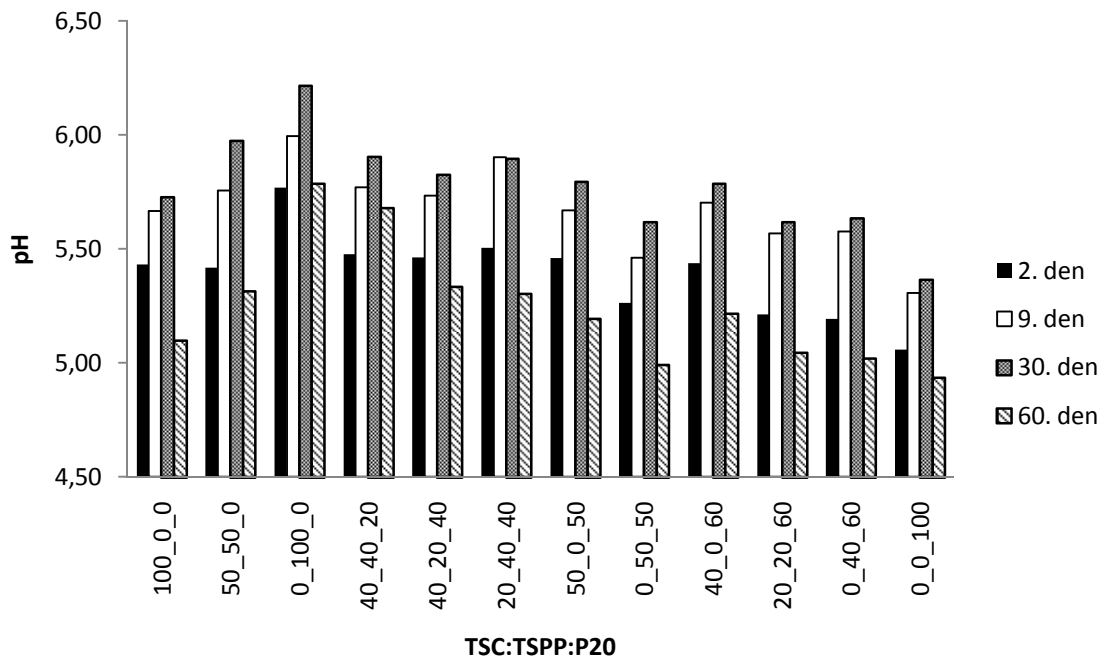
Obrázek 11: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených ze čtyřtýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dnů)



Obrázek 12: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z osmítýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dnů)



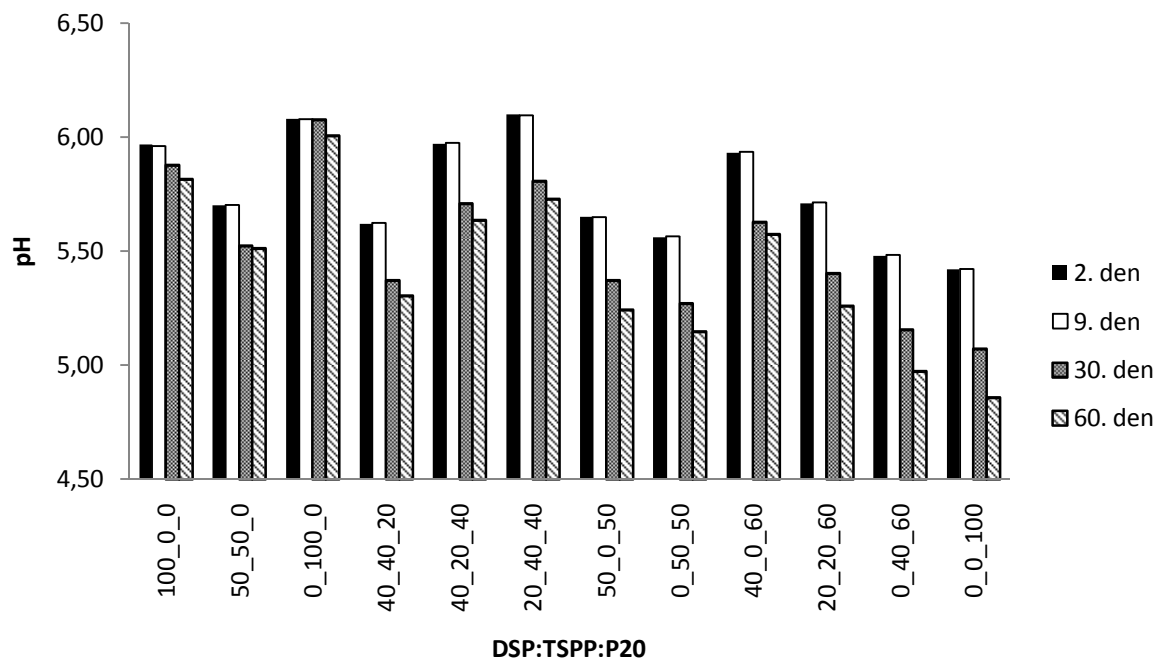
Obrázek 13: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn)



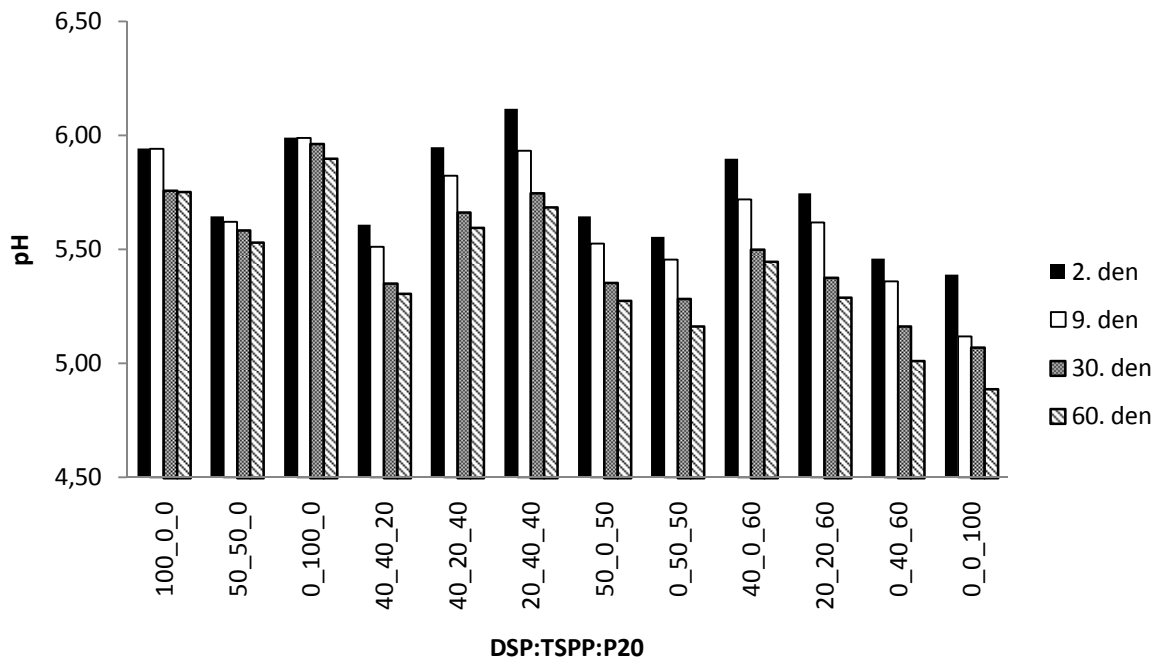
Obrázek 14: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z třináctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn)

Dle grafu lze říci, že pH tavených sýr se zvyšujícím se množstvím TSPP ve směsi s TSC a nulovou koncentrací P20 rostlo. Při zvyšujícím se P20 ve směsi pH modelových vzorků byl pozorován klesající trend. Při aplikaci ternární směsi v poměru 40:0:60 při výrobě za použití 8 týdenní suroviny byla pozorována maximální hodnota pH, která činila $6,52 \pm 0,02$.

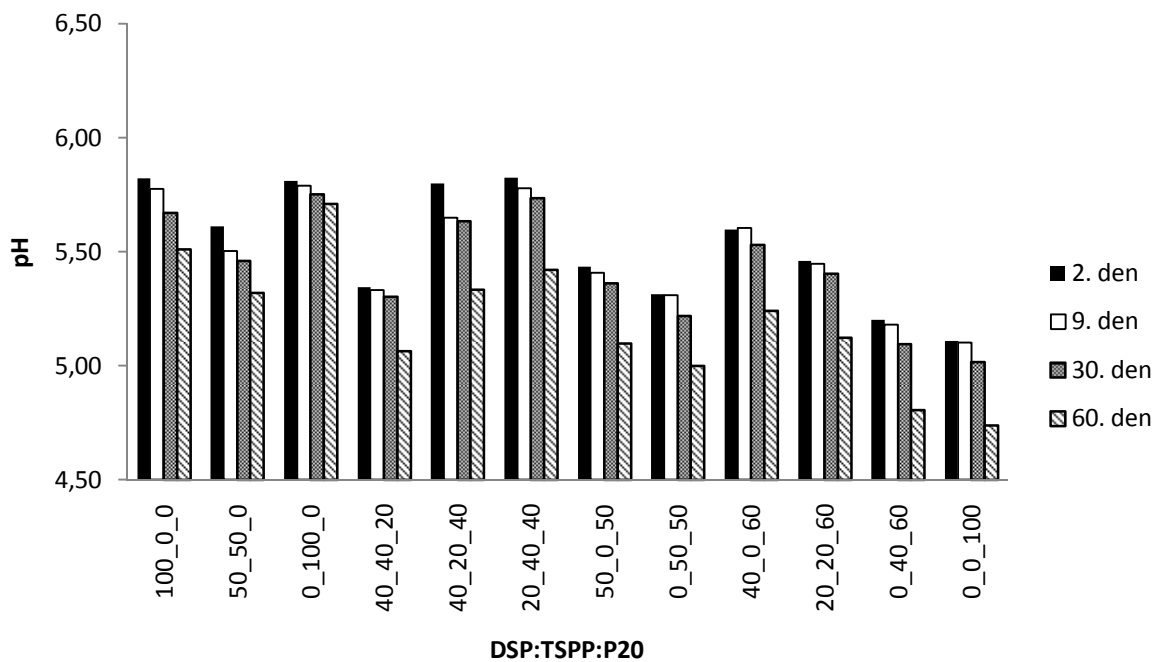
V následujících grafech (Obrázek 15-18) jsou zaznamenány hodnoty pH ternární směsi DSP:TSPP:P20.



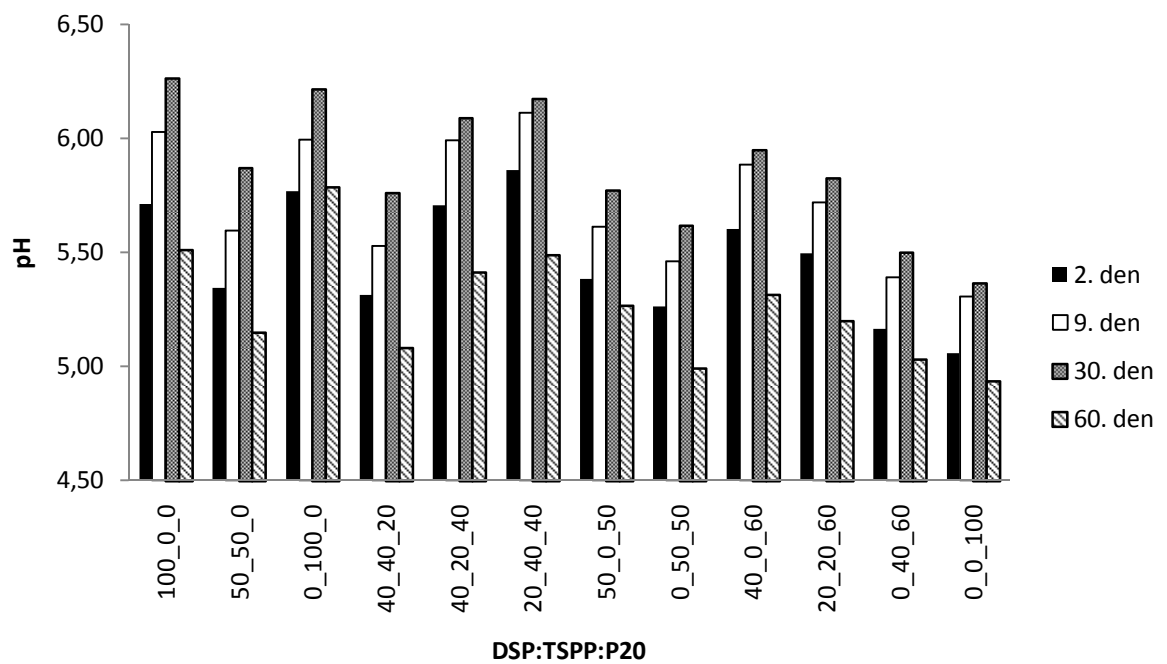
Obrázek 15: pH modelových vzorků tavených sýr vyrobených ze 8 týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn)



Obrázek 16: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z osmítýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn)



Obrázek 17: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn)



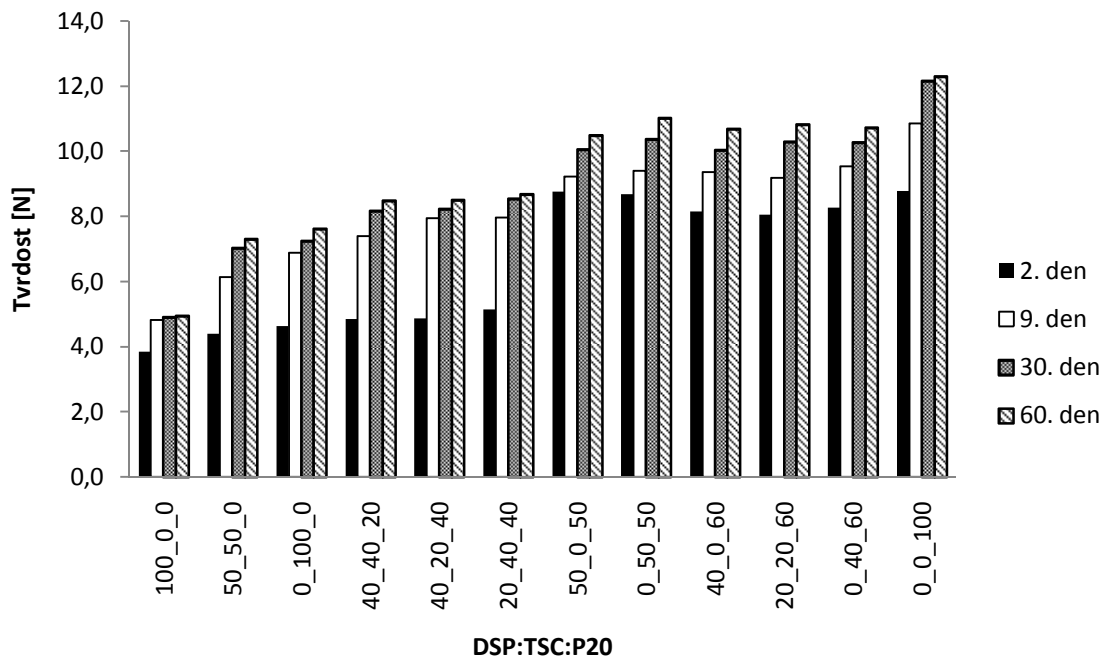
Obrázek 18: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z –estnáciitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn)

Na základě výše uvedených grafů lze ujmout, že pH modelových vzorků za použití ternární směsi DSP:TSPP:P20 při použití různých dozrálých surovin má v průběhu skladování modelových vzorků tavených sýrů došlo k mírnému poklesu pH u všech vzorků bez ohledu na prozrálou použitou surovinu. Při aplikaci ternární směsi v poměru 20:40:40 dosáhly hodnoty pH svého maxima $6,11 \pm 0,02$. Dále má vliv se snižujícím se obsahem P20 ve směsi hodnoty pH významně rostly. Naopak při 100% zastoupením P20 ve směsi bylo dosaženo minima hodnoty pH, které činily $5,39 \pm 0,02$.

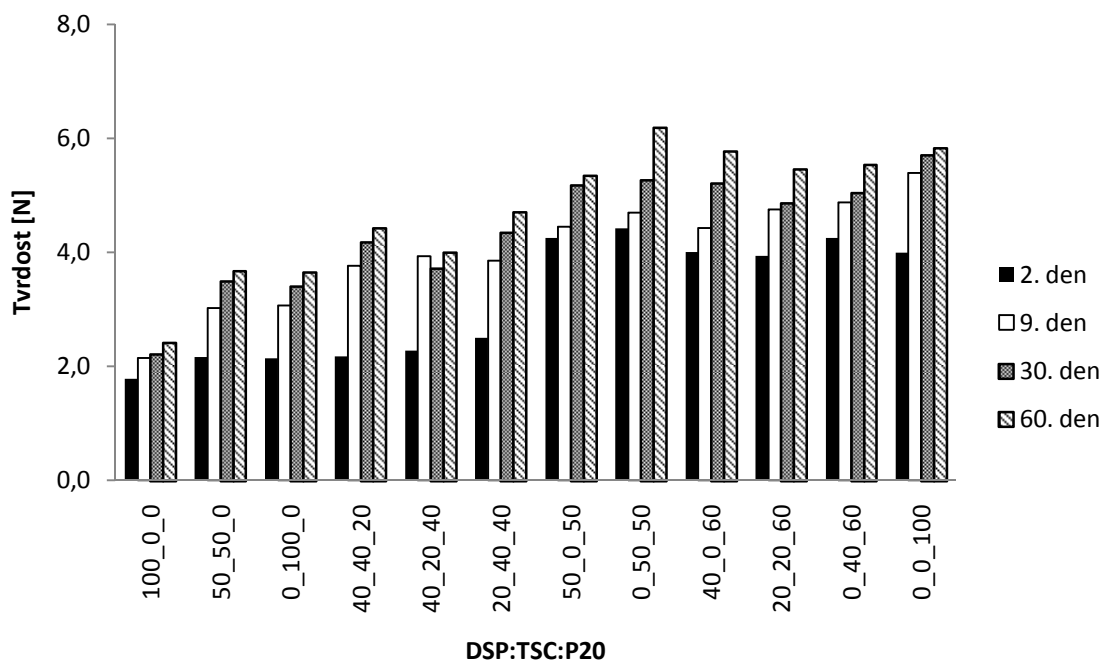
7.2 Texturní profilová analýza

7.2.1 Tvrdost

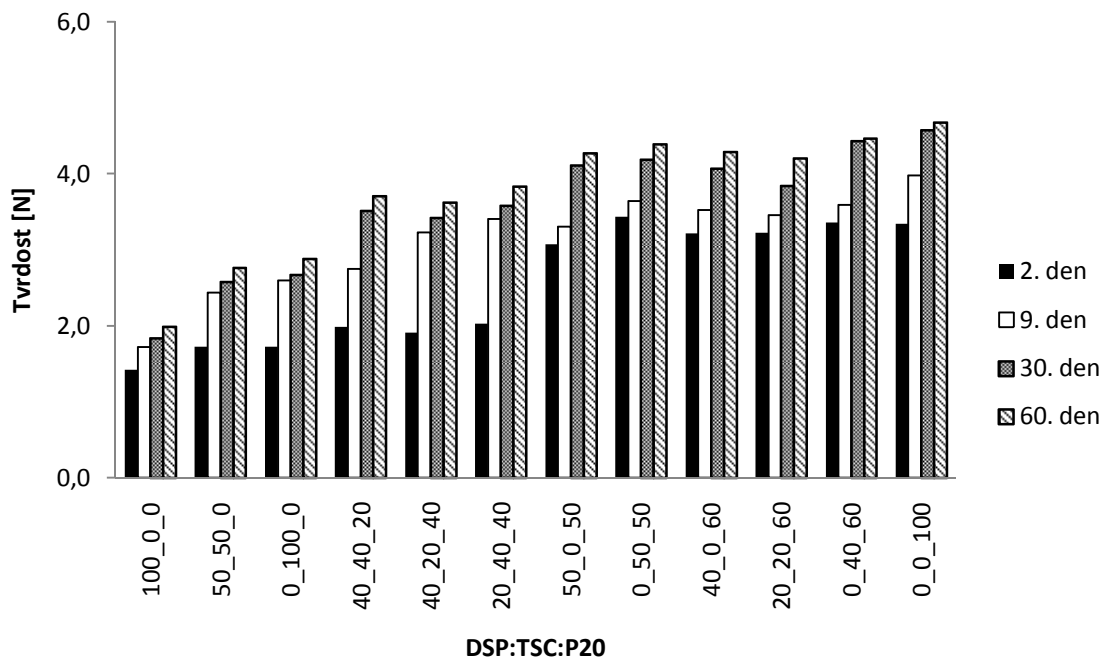
Výsledky měření tvrdosti modelových vzorků tavených sýr jsou uvedeny na Obrázku 19 a 34. V následujících grafech jsou prezentovány výsledky stanovení tvrdosti za použití 4, 8, 12 a 16 týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi a délce skladování.



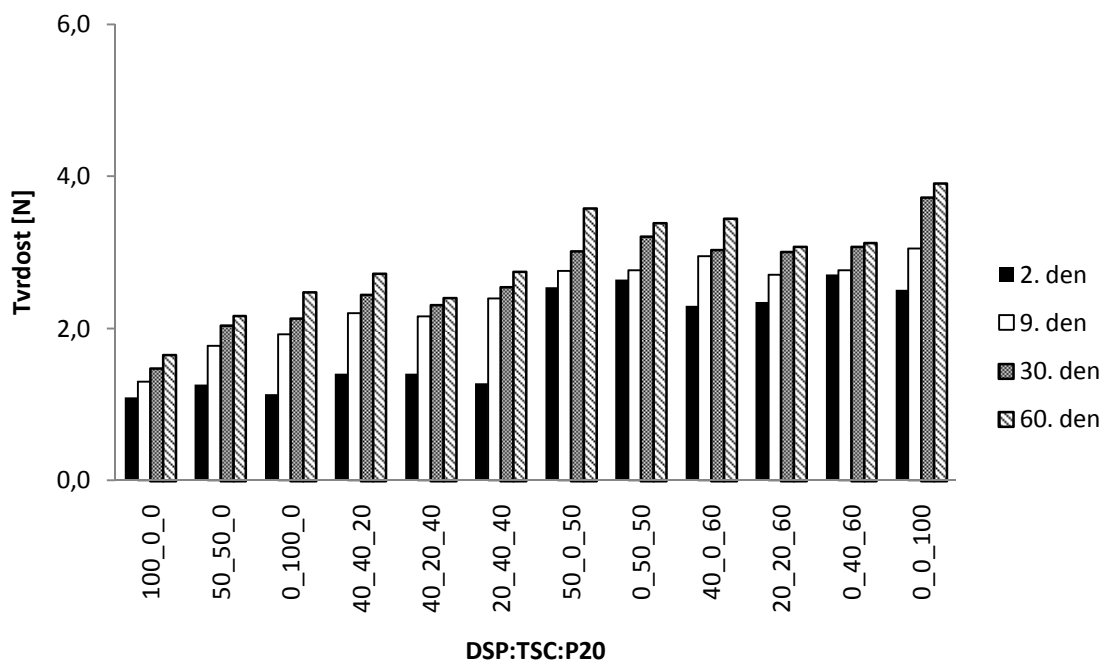
Obrázek 19: Tvrdost modelových vzorků tavených sýr vyrobených ze čtyřtýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dn)



Obrázek 20: Tvrdość modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z osmitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dnů)



Obrázek 21: Tvrdość modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z dvanáctýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dnů)



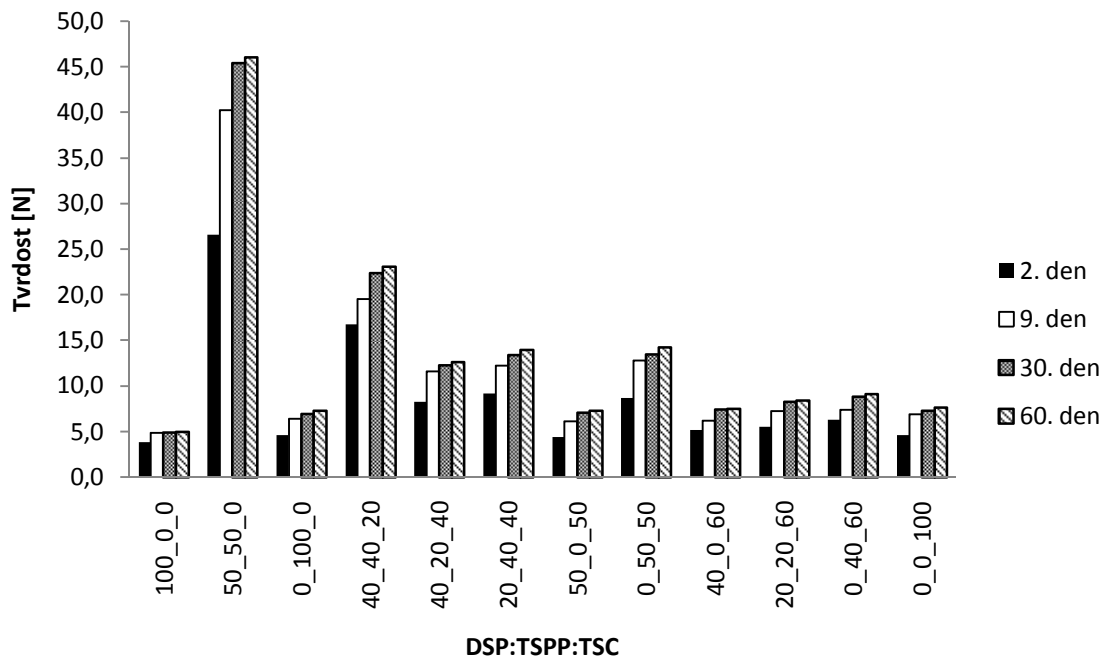
Obrázek 22: Tvrdość modelových vzorků tavených sýr vyrobených z -estnáctidenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dn)

Ke změně konzistence výrobků přispívá hydrolyza polyfosfore nanových tavicích solí, které byly při výrobě tavených sýr poufity, což vyplývá i z naměřených hodnot. Při poufění kombinace ternární směsi DSP:TSC:P20 (Obrázek 19 a 22), byly pozorovány zvyšující se hodnoty tvrdosti v průběhu 60 denního skladování. Intenzivnější tvrdosti vzorků byl pozorován mezi 2. a 9. dnem skladování, což bylo způsobeno intenzivnější hydrolyzou polyfosfore nanů. Rozkladné procesy začínají již při tavicím procesu a pokračují dále během skladování. Polyfosforenany jsou postupně hydrolyzovány a na jednoduché fosforenany. V důsledku poklesu početnosti $(\text{PO}_4)^{3-}$ skupin v řetězci dochází ke snížení afinity k vápenatým iontům, což vede k jejich postupnému uvolnění. Ke zvýšení tvrdosti výrobků dochází díky zařazení uvolněných vápenatých iontů do proteinové matrice. Zvýšení hodnot tvrdosti vzorků v průběhu skladování vysvětluje ve své práci Mizuna a Lucey [33], Shirashoji a kol. [25], Nagyová a kol. [26], i Awad a kol. [69]. Zvýšení hodnot tvrdosti v průběhu skladování lze vysvětlit nejen hydrolyzou poufitych tavicích solí (se dvěma a více atomy fosforu v molekule) ale i dále možnými změnami vazeb předaných solí a jejich stupně disociace [3, 21, 25 a 26, 69].

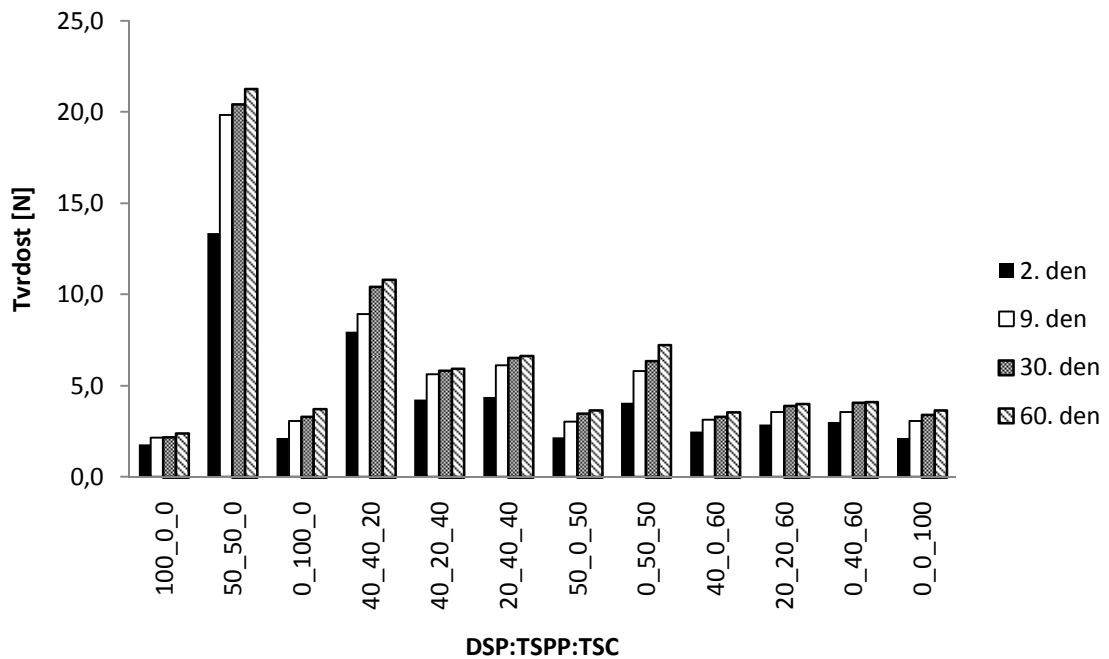
Bez ohledu na prozrálost pouflité suroviny byly pozorovány maximální hodnoty u výrobku p i samotné aplikaci tavicí soli P20. P i absenci tavicí soli P20 vykazoval výrobek nejmenší tvrdost. Minimální hodnoty tvrdosti ($1,5 \pm 0,2$ N) byly zaznamenány u 100% zastoupení tavicí soli DSP. Se zvyšujícím se obsahem tavicí soli P20 ve směsi rostla i tvrdost výrobku. Již od 20% koncentrace P20 byl patrný nárůst tvrdosti výrobku, který si zachoval konstantní trend a to až do koncentrace 50:0:50. Jak už bylo výše zmíněno, minimální hodnoty byly pozorovány p i samotné aplikaci tavicí soli DSP. U modelových vzorků se 100% zastoupením tavicí soli TSC se hodnoty tvrdosti oproti DSP mírně zvýšily. Tento jev lze vysvětlit odlišným stupněm dispergace kaseinů. P i výrob tavených sýrů hrají fosforenanové tavicí soli velmi důležitou roli p i dispergaci kaseinů a také p i utváření finální matrice tavených sýrů. Mizuno a Lucey uvádí [33], že čím vyšší je stupeň dispergace kaseinů, tím intenzivněji je umožněno těmto bílkovinám projevit své hydratační a emulgační schopnosti a zároveň je vytvořena více síťovaná struktura [25, 29 a 30, 33]. Čím vyšší je stupeň zesíťování v matici výrobku, tím tužší tavený sýr je možné očekávat [25, 30, 33, 34]. Autoři Mizuno a Lucey [33] dále uvádí, že se zvyšujícím se počtem fosforu vázaných v molekule fosforenanu (polyfosforenan > trifosforenan > difosforenan > monofosforenan), roste i stupeň dispergace kaseinu [33]. Proto může p i samotné aplikaci P20 poskytovat nejvíce tuhé vzorky.

P i porovnání výsledků na základě prozrálosti pouflité suroviny byla pozorována klesající tendence hodnot tvrdosti v závislosti na zvyšujícím se prozrálosti výchozí suroviny. Změny hodnot tvrdosti v závislosti na prozrálosti výchozí suroviny lze vysvětlit zkracující se délkou řetězce kaseinových frakcí, a to v důsledku probíhajících rozsáhlejších proteolytických změn, které probíhají v průrodním sýru během procesu zrání. Proteolýza je jeden z nejdůležitějších mikrobiologických dějů, který probíhá v procesu zrání průrodních sýrů. Během tohoto procesu dochází k hydrolýze bílkovinné složky na peptidy a volné aminokyseliny [45 a 48]. Brickley a kol. [70] studovali vliv prozrálosti průrodního sýra (cheddar) na texturní a viskoelastické vlastnosti taveného sýra. Stupeň proteolýzy nejrychleji vzrůstal v průběhu 28 dní po jeho výrobě. Tento jev se shodoval s nejvyšším poklesem tuhosti vyrobeného taveného sýra. Zkracování délek kaseinových frakcí v důsledku prozrálosti průrodního sýra způsobuje tvorbu méně stabilní struktury, což má za následek pokles hodnot tvrdosti vzorků tavených sýrů. Tuto skutečnost uvádí ve své studii Brickley a kol. [70], Wang a kol. [71].

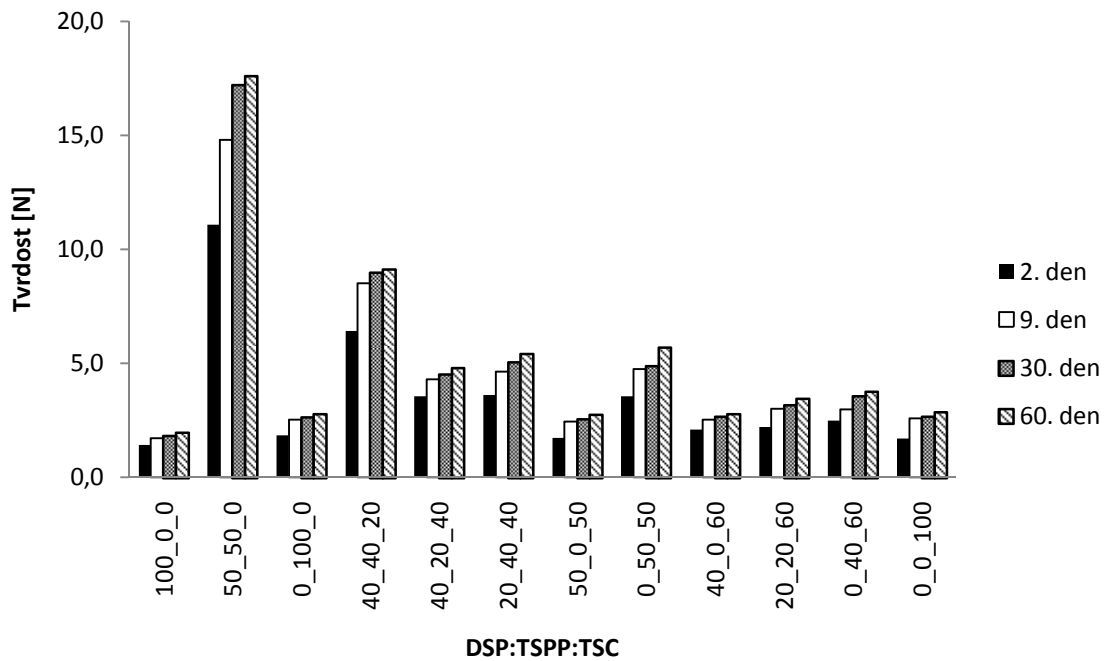
Následující grafy (Obrázek 23 ó 26) znázor ují chování hodnot tvrdosti p i pouflití ternární sm si DSP:TSPP:TSC.



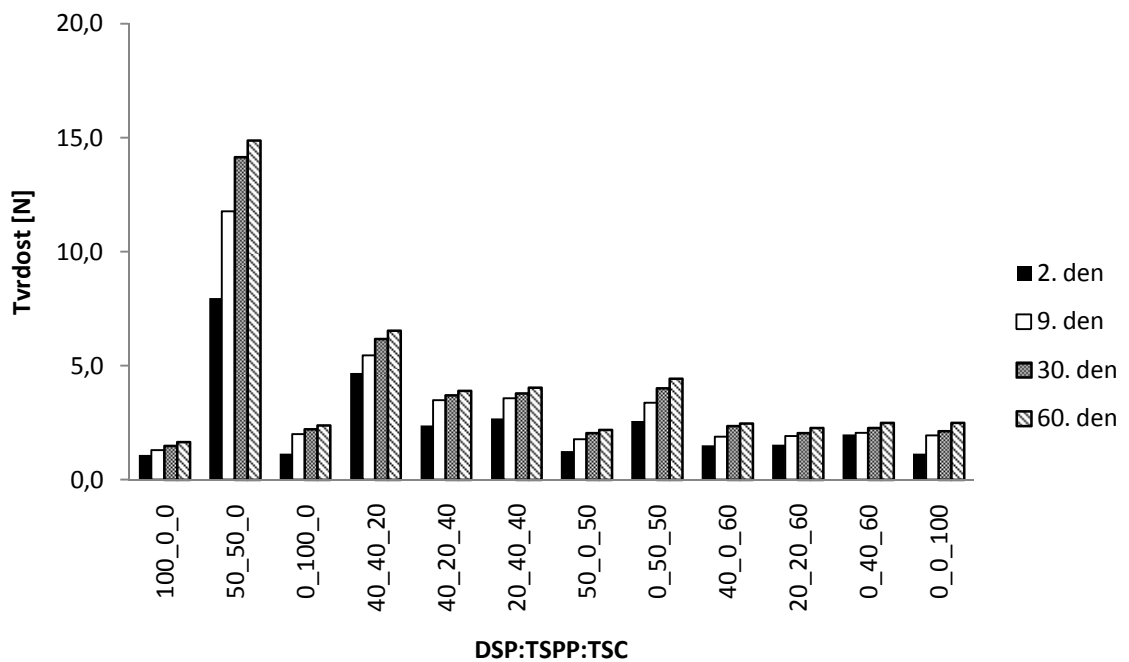
Obrázek 23: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených ze ty týdenní suroviny v závislosti na složení ternární sm si DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn)



Obrázek 24: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z osmítýdenní suroviny v závislosti na složení ternární sm si DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn)



Obrázek 25: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn)



Obrázek 26: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z třináctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn)

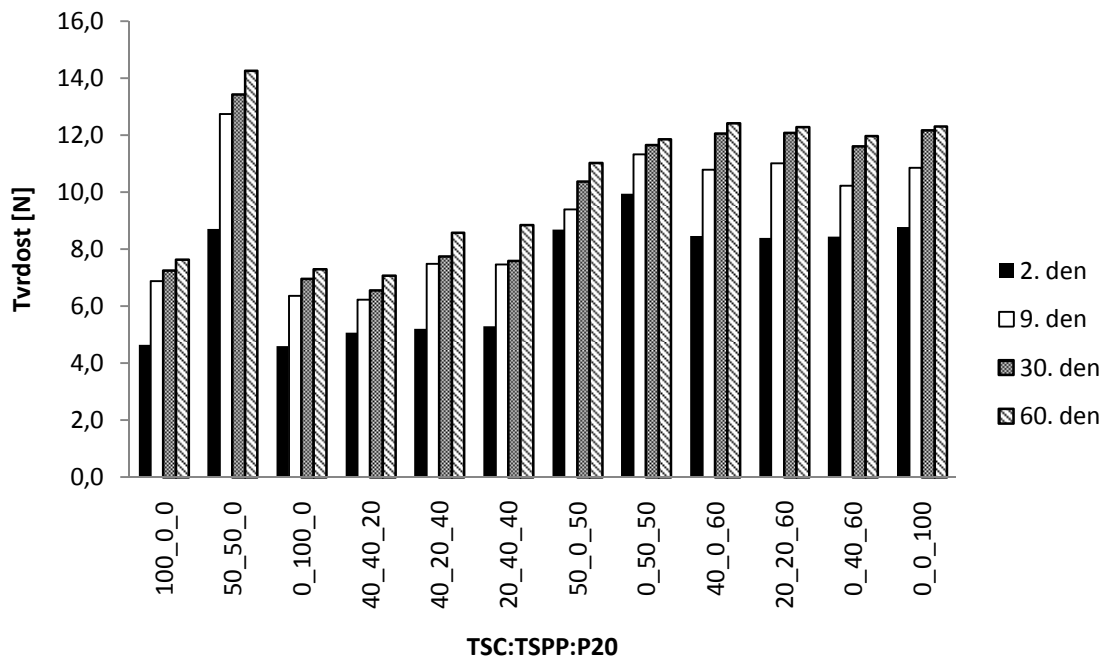
Z výsledků tvrdosti při pouflití ternární směsi DSP:TSPP:TSC (viz Obrázek 23 a 26) lze vyvodit následující jevy. Během skladování vzorků tavených sýrů se hodnoty tvrdosti opět zvyšovaly. Nejnižší tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vykazoval vzorek obsahující 100% zastoupení soli DSP. Vzorky se 100% zastoupením TSPP a TSC vykazovaly podobné hodnoty tvrdosti. Byl pozorován mírný nárůst hodnot tvrdosti vzorků se snižující se koncentrací TSC, konkrétně u vzorků v poměru 40:40:20, 40:20:40, 20:40:40 a 0:50:50.

Za pouflití ternární směsi DSP:TSPP:TSC byl pozorován zajímavý trend vývoje tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů. Při absenci TSC ve směsi bylo dosaženo maximálních hodnot tvrdosti pouflitím směsi DSP a TSPP v poměru 1:1. Tento rapidní nárůst tvrdosti vzorků byl sledován již v práci Bueka a kol. [72], Kaliappan a Lucey [73] a Shirashoji a kol. [25] Mizuno a Lucey [33]. Pro objasnění výše zmíněného jevu je třeba zohlednit specifické vlastnosti jednotlivých fosforenanů. Zdrovná existence specifického poměru DSP:TSPP bylo hledáno zejména ve schopnosti difosforenanů podporovat tvorbu gelu mléčných bílkovin. Svou roli zde pravděpodobně sehraje i schopnost monofosforenanů proniknout mezi síťující se kaseiny a vázat zde pevnou vodu a tím podpořit vznik pevného gelu [25, 35, 74].

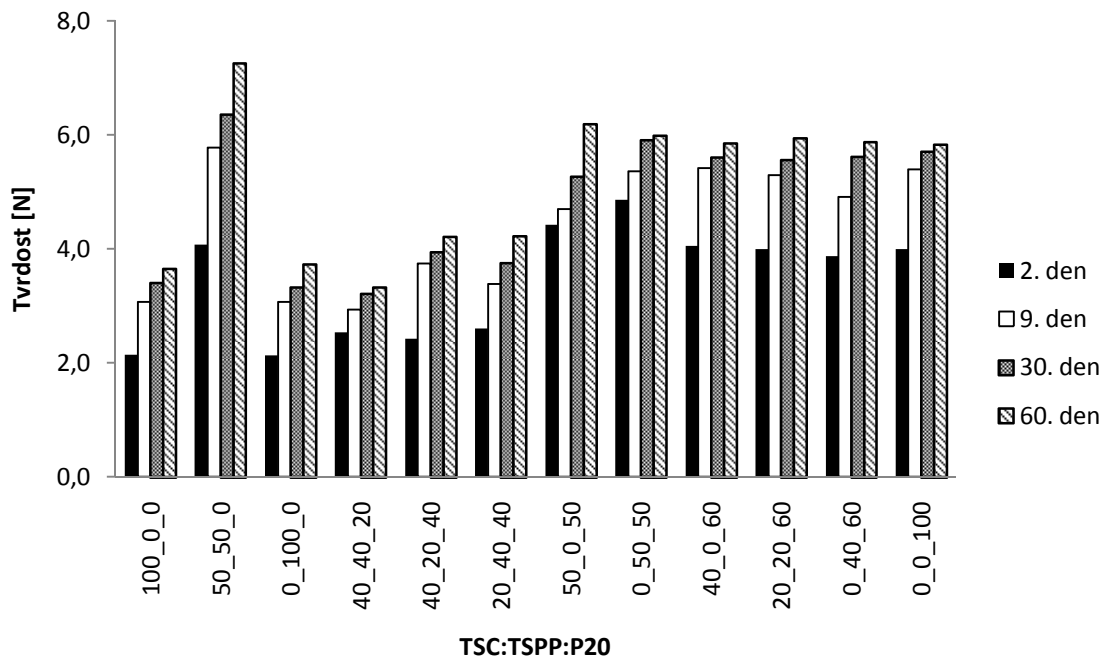
Mizuno a Lucey dodává [33], že existuje určitá optimální koncentrace difosforenanů, která je schopna efektivní tvorby gelu. Při nadměrné i naopak nedostatečné koncentraci difosforenanů, může docházet k tvorbě slabých gelů [33]. Kaliappan a Lucey [73] uvádí, že směsí tavicích solí složená z monofosforenanů a difosforenanů silně podporuje tvorbu gelu v modelových systémech mléka, což bylo vysvětleno schopností monofosforenanů vázat se na molekuly kaseinu a touto vazbou podpořit hydrataci proteinu.

V případě obsahu TSC a TSPP v poměru 1:1 byl pozorován mírný nárůst tvrdosti. Dle Mizuno a Lucey [33] a Lu a kol. [74] se TSC neváže na kaseiny a nezapojuje se do procesu zesíťování kaseinové matrice difosforenanů. Přídatkem TSC může být však koncentrace TSPP upravena tak, že dosáhne svého optima pro podporu tvorby gelu kaseinových proteinů [33, 73, 74].

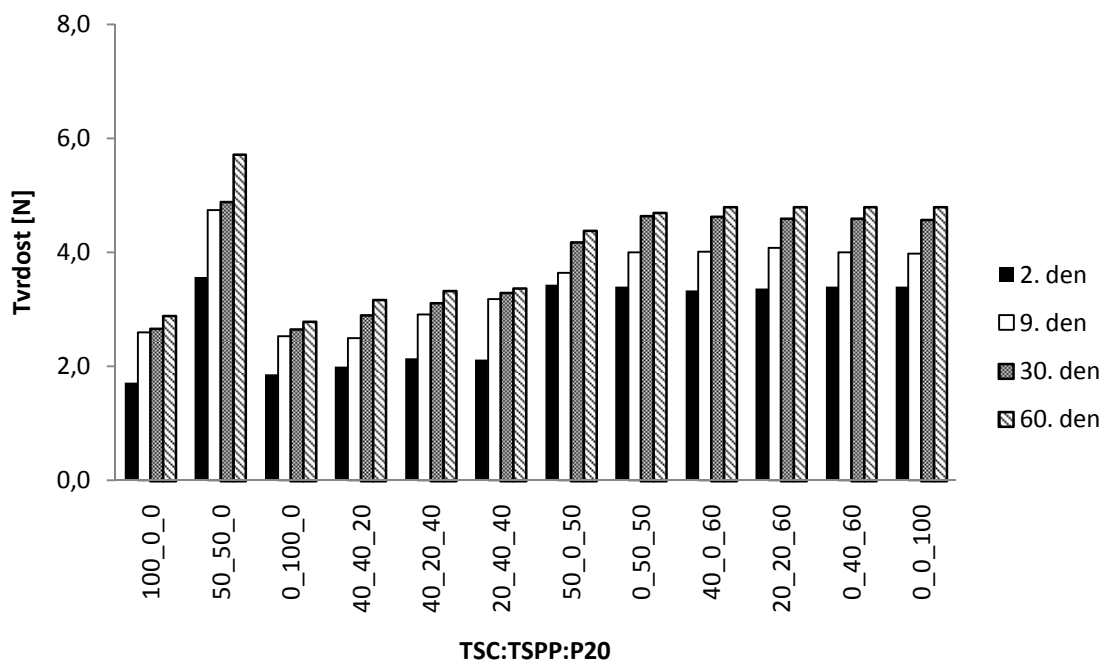
Na obrázku 27 ó 30 lze pozorovat chování hodnot tvrdosti za pouflití ternární sm si TSC:TSPP:P20.



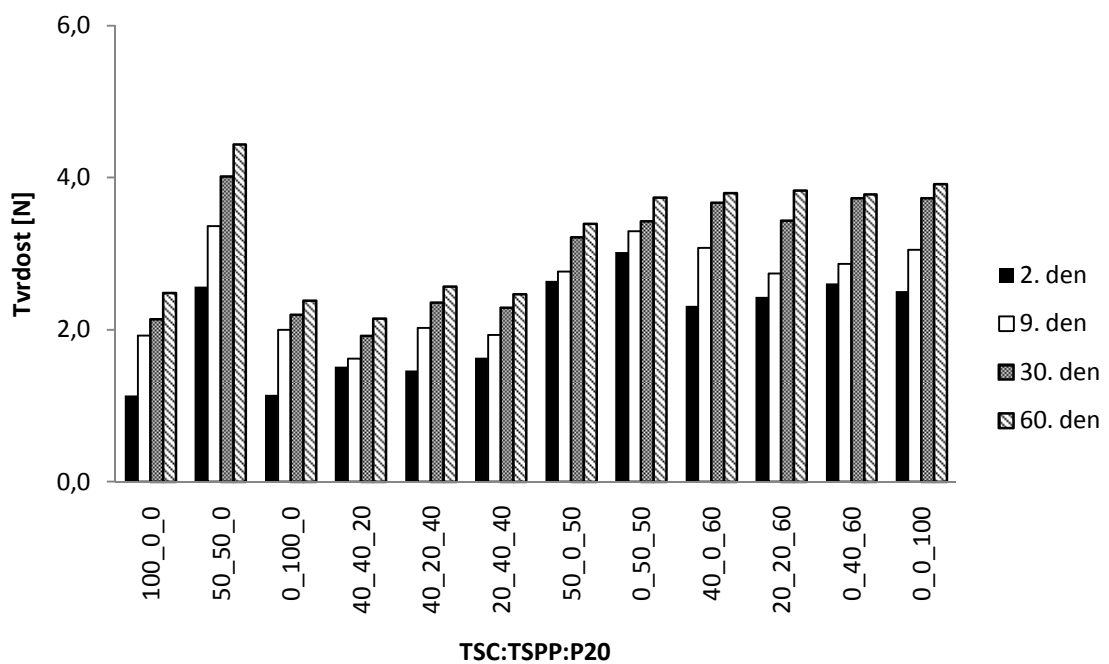
Obrázek 27: Tvrdość modelových vzorků tavených sýrů vyrobených ze čtyřtýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dnů)



Obrázek 28: Tvrdość modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z osmitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dnů)



Obrázek 29: Tvrdość modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn)



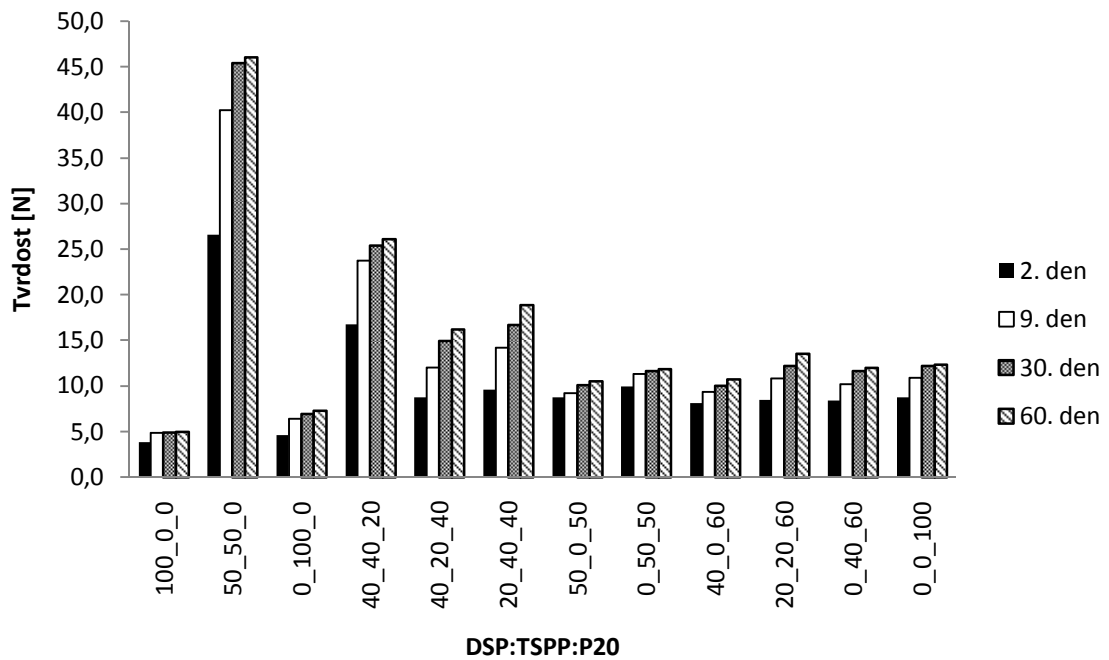
Obrázek 30: Tvrdość modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z třináctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn)

Při použití ternární směsi TSC:TSPP:P20 (Obrázek 27 a 30) byl sledován podobný trend jako u ternární směsi předcházející (DSP:TSPP:TSC). Při absenci P20 ve směsi bylo pozorováno, že od 100% zastoupení TSC ve směsi, tvrdost tavených sýr postupně nabývala rostoucího trendu až do poměru TSC:TSPP v poměru přibližně 1:1, kde dosáhla maximálních hodnot tvrdosti. I tento specifický poměr má značný vliv na texturní vlastnosti modelových vzorků sýr. Pro tento jev neznáme žádné jasné vysvětlení s ohledem na vzájemné interakce mezi tavicími solemi TSC a TSPP. Lu a kol. [74], Kaliappan a Lucey [73], Mizuno a Lucey [33] a Buška a kol. [72] uvádí, že TSC se neváže na kaseinové proteiny, a tudíž se nezapojuje do procesu tvorby nové sítě. TSC proto nenaružuje efekt difosforenanů na zesílení kaseinů. Možným vysvětlením, dle Mizuno a Lucey [33], může být fakt, že difosforenany podporují tvorbu gelu kaseinových proteinů pouze tehdy, jsou-li v optimální koncentraci vzhledem k obsahu proteinů. Při dávce TSC v optimální koncentraci vzhledem k obsahu proteinů. Při dávce TSC může být upravena koncentrace TSPP tak, že dosáhne své optimální koncentrace pro podporu tvorby gelu kaseinových proteinů [35].

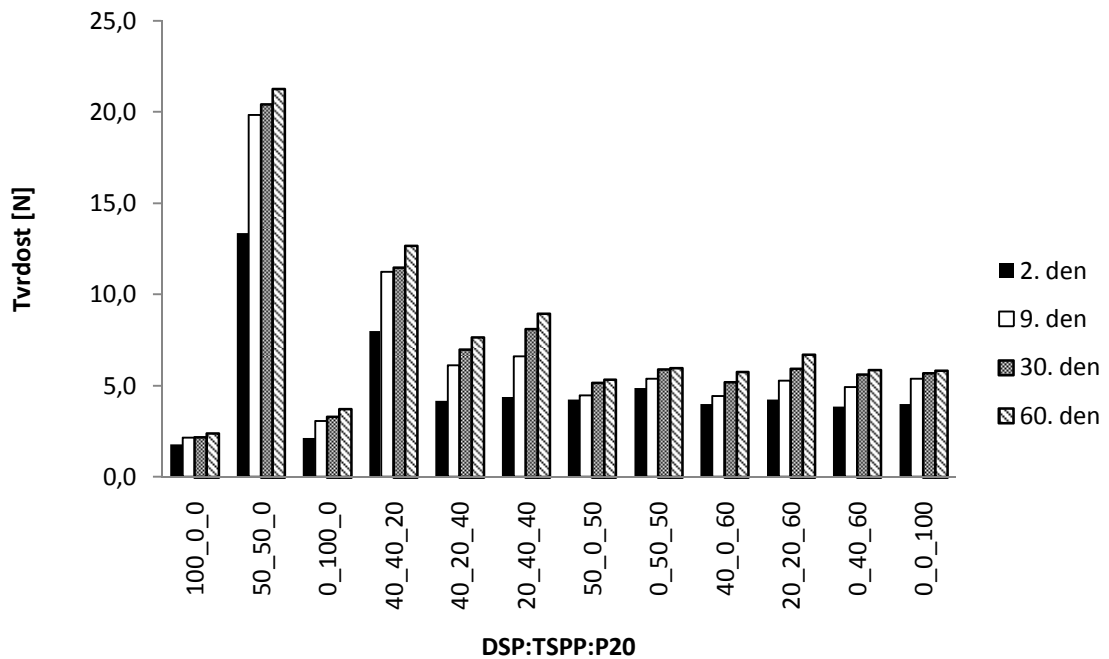
Při 20% zastoupení P20 ve směsi tvrdost tavených sýr začala růst až do koncentrace 50:0:50, kde se rostoucí trend změnil v trend konstantní. Při samostatném 100% zastoupení TSC a samostatném zastoupení TSPP byly shledány minimální hodnoty tvrdosti modelových vzorků tavených sýr, zatímco u 100% zastoupení P20 byly tyto hodnoty maximální.

Tak jako v předcházejících případech byl i při použití ternární směsi TSC:TSPP:P20 pozorován rostoucí trend tvrdosti v závislosti na době skladování a naopak trend klesající v závislosti na prozrálosti výchozí suroviny.

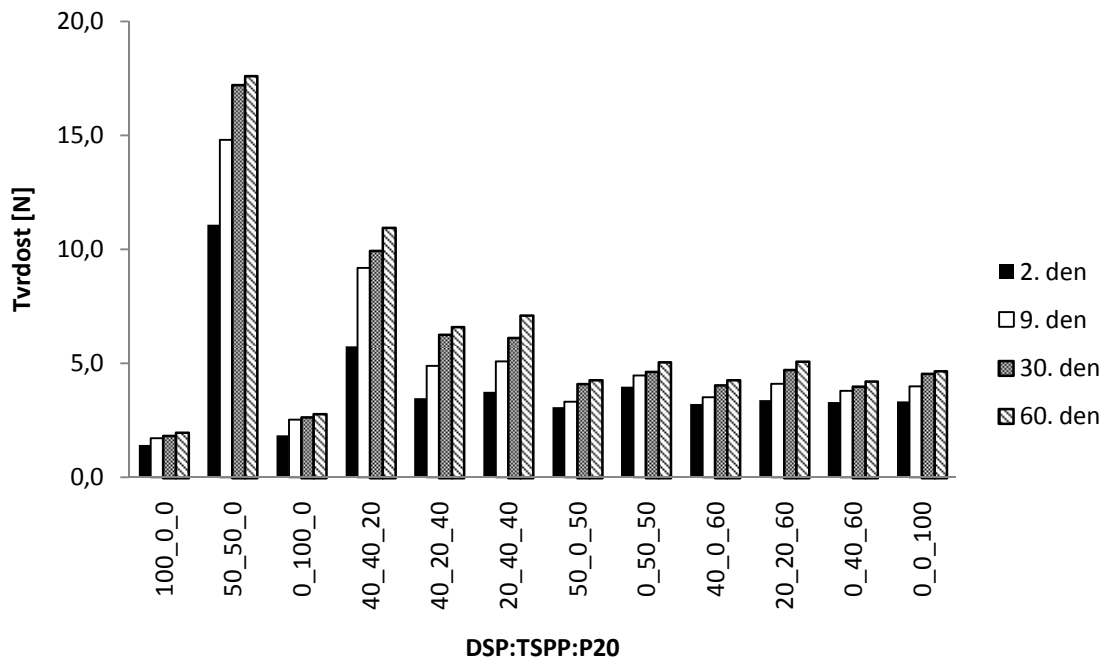
Na obrázku 31 ó 34 m feme pozorovat hodnoty tvrdosti za pouflití ternární sm si tavicích solí DSP:TSPP:P20.



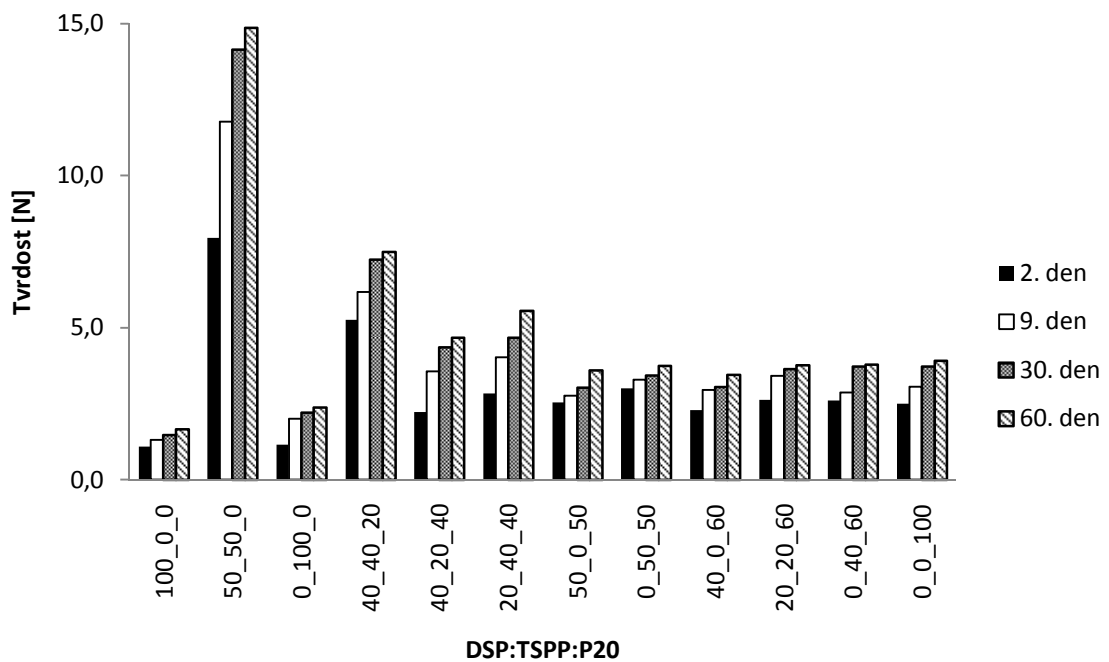
Obrázek 31: Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobených ze čtyřtýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dnů)



Obrázek 32: Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z osmítýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dnů)



Obrázek 33: Tvrdość modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dnů)



Obrázek 34: Tvrdość modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z třináctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dnů)

Úinky fosfore nanových tavicích solí na texturní vlastnosti tavených sýr byly již předem mnoha studií, proto nám tyto grafy (Obrázek 31 a 34) slouží pouze pro srovnání výsledků. Byla použita ternární směs tavicích solí DSP:TSPP:P20. Při poměru 50:50:0 byly pozorovány maximální hodnoty tvrdosti, bez ohledu na prozrálost použité suroviny. Při zvýšeném zastoupení P20 ve směsi se tvrdost u všech vzorků snížila a to až o 50 %. Při poměru 50:0:50 nabývaly hodnoty konstantního trendu. Tento jev lze vysvětlit funkčními vlastnostmi tavicí soli P20. Dle Shirashoji a kol. [25, 80] a Mizuno a Lucey [33, 35], polyfosforenany vykazují schopnost tvorby pevných komplexů s vápníkem a dobré dispergace kaseinu. Naproti tomu jsou považovány spíše za inhibitory gelu. V důsledku přidávky P20 dochází ke zvýšení intenzity negativního náboje na kaseinových zrcích, čímž dojde k nárůstu odpudivých sil mezi těmito polymery a následnému snížení hodnot tvrdosti.

Při pohledu na hodnoty tavicích solí se 100% zastoupením ve směsi měly očekávat nejvyšší hodnoty tvrdosti vykazovaly vzorky se 100% zastoupením P20.

V průběhu 60 denního skladování modelových vzorků tavených sýr docházelo k významným změnám tvrdosti. S narůstající dobou skladování byla zvyšována pevnost tavených sýrů.

7.2.2 Kohezivnost a relativní lepivost

V průběhu 60 denního skladování byl u vzorků tavených sýrů pozorován nárůst hodnot kohezivnosti a pokles relativní lepivosti.

Při použití tavicích solí DSP:TSPP v poměru 1:1 docházelo u modelových vzorků tavených sýrů k rychlému poklesu hodnot kohezivnosti a relativní lepivosti. S rostoucím přidávky P20 ve směsi byl tento klesající trend méně výrazný.

Čím zralější použita surovina tím byly pozorovány nižší hodnoty kohezivnosti. Stejný trend byl sledován i u hodnot tvrdosti. Tento pokles s rostoucí zralostí přirodního sýra je stejný jako u tvrdosti způsoben proteolýzou a rozpadem proteinové sítě přirodního sýra [74]. Při sledování hodnot relativní lepivosti vzhledem k prozrálosti výchozí suroviny byl zaznamenán mírný nárůst, což je potvrzeno i literaturou [3, 75].

ZÁV R

Diplomová práce byla zaměřena na studium vlivu doby prozrálosti vybraných sýrů –výcarského typu, na konzistenci tavených sýrů s různou skladbou tavicích solí v průběhu 60 denního skladování. Byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrů za použití 4 kombinací ternárních směsí tavicích solí, které byly v průběhu skladování (2., 9., 30. a 60. den) podrobeny základní chemické analýze a texturní profilové analýze.

Na základě naměřených výsledků lze říci, že:

- obsah sušiny modelových vzorků tavených sýrů se pohyboval v rozmezí 40,16 až 41,11 % hmotnostních, což odpovídalo stanovené cílové hodnotě obsahu sušiny vyrobených vzorků, která činila 40 % hmotnostních,
- při individuální aplikaci tavicích solí DSP, TSPP a TSC byly pozorovány hodnoty pH přesahující hranici $6,20 \pm 2$,
- při 100% aplikaci P20 se hodnoty pH pohybovaly v intervalu 5,36 až 5,42,
- v průběhu 60 denního skladování byl zaznamenán mírný pokles hodnot pH modelových vzorků tavených sýrů a to až do použití 12 týdenní suroviny,
- za použití 16 týdenní suroviny byl pozorován specifický trend u všech modelových vzorků tavených sýrů bez ohledu na použití ternárních směsí tavicích solí,
- při 100% koncentraci jednotlivých tavicích solí bylo zjištěno, že nejvyšší tvrdost dosahoval vzorek za použití P20, u TSPP a TSC byla tvrdost modelových vzorků vyšší než u 100% zastoupení DSP ($P20 > TSPP \sim TSC > DSP$),
- s prodlužující se dobou prozrálosti byla pozorována klesající tendence hodnot tvrdosti bez ohledu na kombinaci ternárních směsí,
- byl pozorován náhlý nárůst tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů u tavicí soli DSP a TSPP v poměru 1:1,
- v průběhu 60 denního skladování byl u vzorků tavených sýrů pozorován nárůst hodnot kohezivnosti a pokles relativní lepidlosti,
- s prodlužující dobou prozrálosti použité suroviny byly pozorovány nižší hodnoty kohezivnosti a zvyšující se hodnoty relativní lepidlosti.

Závěrem diplomové práce lze s jistotou říci, že tvrdost modelových vzorků tavených sýrů byla ovlivněna jak složením ternárních směsí tavicích solí, tak dobou skladování a prozrálosti výchozí suroviny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HUI, Y. *Dairy science and technology handbook*. 3. vydání. New York, N.Y.: VCH, 1993. ISBN 35-272-8162-2.
- [2] GUINEE, T. P., CARI , M. and KALÁB, M. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. Vol. 2, Major cheese Gross. 3. vydání. In. Fox, P.H. (Ed.), London: Elsevier, 2004, s. 349-394. Pasteurized processed cheese and substitute/Imitation cheese products. ISBN 0-1226-3653-8.
- [3] CARI , M. and KALÁB, M. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, Vol. 2, Major Cheese Groups, 2. vydání. P.F.Fox, ed., Chapman & Hall, London, 1997, s. 467-505. Processed cheese products. ISBN 0-412-535106.
- [4] KAPOOR, R. and METZGER, L. E., Process cheese: Scientific and technological aspects ó A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2008, s. 194-214. ISSN 1541-4337.
- [5] TAMIME, A., Processed cheese and analogues. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2011, s. 350, *Society of Dairy Technology series*. ISBN 14-051-8642-9.
- [6] BERGER, W., KLOSTERMEYER, H., MERKENISH, K. and UHLMANN, G., *Process cheese manufacture*, 1998, B.K. Guilini Chemie GmbH & Co., Ladenberg, Germany.
- [7] Vyhlá-ka Ministerstva zem d lství . 77/2003 Sb. v platném zn ní, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mlé né výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném zn ní. In: *Sbírka zákon eské republiky*.
- [8] BU KA, F., BU KOVÁ, L., ERNÍKOVÁ, M. a HLADKÁ K. Základní charakteristika tavených sýr a jejich analog : *Potraviná ská revue.*, 2010, vol. 6, s. 29 - 32. ISSN 1801-9102.
- [9] FOX, P. F. and McSWEENEY, P. L. H. *Dairy chemistry and biochemistry*, Chemistry and biochemistry of cheese and fermented milks. 1. Vydání. Thomson Science, 1998. s. 421 ó 428. ISBN 978-0-412-72000-0.
- [10] BU KA, F., BU KOVÁ, L. a KRÁ MAR, S. *Základní principy výroby tavených sýr* , Folia MZLU, Brno, II, 2009. ISBN 978-80-7375-336-8.

- [11] Vyhlá-ka Ministerstva zdravotnictví R . 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití p ídatných látek a extrak ních rozpou-t del p í výrob potravin, v platném zn ní.
- [12] MARCHESSEAU, S., GASTALDI, E., LAGAUDE, A. and CUQ, J. L. Influence of pH on protein interactions and microstructure of process cheese. *Journal of Dairy Science*, 1997, s. 148361489. ISSN 0022- 0302.
- [13] BACHMANN, H. P. Cheese Analogues: A Review. *International Dairy Journal*, 2001, 11, s. 505- 515. ISSN 0958-6946.
- [14] CUNHA, C. R., DIAS, A. I. and VIOTTO, W. H. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*, 2010, 43, s. 7236729. ISSN 0963-9969.
- [15] GUINEE, T. P. Pasteurized processed cheese product. *Encyclopedia of dairy science*, 2003, 1, s. 411-418. ISBN 0122272358.
- [16] LEE, S. K. and KLOSTERMEYER, H. The effect of pH on the rheological properties of reduced-fat model processed cheese spreads, *LWT-Food Sci. Technol.*, 2001, 34 (5), s. 288 ó 292. ISSN 0023-6438.
- [17] CARIÉ, M., GIUNEE T. P. and KALAB, M. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. 2004, vol. 2, p. 349 394. Pasteurized processed cheese and substitute/Imitation cheese products. ISSN 0-1226-3653-8.
- [18] Na ízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) . 1333/2008 o potraviná ských p ídatných látkách. In: *Ú ední v stník Evropské unie*.
- [19] MOLINS, R. A. *Phospates in food*. CRC Press, Boca Raton, 1991.
- [20] ZEHREN, V. L. and NUSBAUM, D. D. *Process cheese*. 2nd ed. Madison, Wisconsin, USA: Cheese Reporter Publishing, Co, Inc., 2000.
- [21] MULSOW, B. B., JAROS, D. and ROHM, H. Processed cheese and cheese analogues. In: *Structure of Dairy Products*. s. 2106235. Blackwell Publishing Ltd, 2007. ISBN 9780470995921.
- [22] FOX, P. *Fundamentals of Cheese Science*. 1 vydání. Springer, 2000. 608 s. ISBN 0834212609.
- [23] BU KA, F. a kol. Úloha tavicích solí p í výrob tavených sýr . *Potraviná ská revue*. 2009. .1. [online]. s. 13-16. 2012, [cit. 2012-02-28].

- [24] AWAD, R. A., ABDEL-HAMID, L. B., EL-SHABRAWY, S. A. and SINGH, R. K. Physical and sensory properties of block processed cheese with formulated emulsifying salt mixtures. *International Journal of Food Properties*. 2004, 7, s. 429-448. ISSN 1094-2912.
- [25] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J. J. and LUCEY, J. A. Effect of sodium hexameta-phosphate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal of Dairy Science*. 2010, vol. 93, s. 2827-2837. DOI: 10.3168/jds.2009-2960.
- [26] NAGYOVÁ, G., BU KA, F., SALEK, R. N., ERNÍKOVÁ, M., MAN ÍK, P., GR BER, T. a KUCHA , D. Use of sodium polyphosphates with different linear lengths in the production of spreadable processed cheese. *Journal of Dairy Science*. 2014, vol. 97, s. 111-122. DOI: 10.3168/jds.2013-7210.
- [27] CUNHA, C. R. and VIOTTO, W. H. Casein peptization, functional properties, and sensory acceptance of processed cheese spreads made with different emulsifying salts. *Journal of Food Science*, 2010, **75**, s. 1136-120. ISSN 1750-3841.
- [28] BU KA, F., NAGYOVÁ, G., SALEK, R. N., ERNÍKOVÁ, M., BA OVÁ, H. a KRÁ MAR, S. The effect of individual phosphate emulsifying salts and their selected binary mixtures on hardness of processed cheese spreads. *Potravinarstvo*. 2013-07-09, vol. 7, issue 1, s. -. DOI: 10.5219/312.
- [29] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J. J. and LUCEY J. A. Effect of trisodium citrate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal of Dairy Science*. 2006, vol. 89, s. 15-28. DOI: 10.3168/jds.s0022-0302(06)72065-3.
- [30] EL-BAKRY, M., DUGGAN, E., O'RIORDAN, E. D. and O'SULLIVAN, M. Effects of emulsifying salts reduction on imitation cheese manufacture and functional properties. *Journal of Food Engineering*, 2010, 100, s. 569-603. ISSN 0260-8774.
- [31] DIMITRELI, G. and 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, s. 261-275. ISSN 1532-2386.

- [32] BRICKLEY, C. A. and GOVINDASAMY-LUCEY, S. Influence of emulsifying salts on the textural properties of nongat process cheese made from direct acid cheese bases, *Journal of Dairy Science*, 2008, 91, s. 39648. ISSN 0022-0302.
- [33] MIZUNO, R. and LUCEY, J. A. Effects of emulsifying salts on the turbidity and calcium-phosphate-protein interactions in kasein micelles. *Journal of Dairy Science*, 2005, 88, s. 3070-3078. ISSN 0022-0302.
- [34] EL-BAKRY, M., DUGGAN, E., O'RIORDAN, E. D. and 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, vol. 102, issue 2, s. 145-153. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.08.012.
- [35] MIZUNO, R. and LUCEY, J. A. Properties of milk protein gels formed by phosphates. *Journal of Dairy Science*, 2007, 90, s. 45264531. ISSN 0022-0302.
- [36] SÁDLÍKOVÁ, I., BU KA, F., BUDÍNSKÝ, P., VOLDÁNOVÁ, B., PAVLÍNEK, V. a HOZA, I. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese, *LWT ó Food Science and Technology*, 2010, 43, s. 1220 ó 1225. ISSN 0023-6438.
- [37] BACHMANN H. P., BÜTIKOFER, U. and ISOLINI, D., *Swiss-Type Cheeses*, Agroscope Liebefeld-Posieux Research Station ALP, Berne, Switzerland Volume 1, s. 3636371, 2011, Elsevier Ltd
- [38] FOX P. F., MCSWEENEY P. L. H., COGAN T. M. and GUINEE T. P. Cheeses with propionic acid fermentation. In: *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, Vol. 2: Major Cheese Groups, London: Elsevier, Academic Press., 1997, s. 1416156. ISBN 0-412-535106.
- [39] Codex Standard for Emmental, Codex Standard 269-1967. Established 1967, Revision 1 2007, Amendment 1 2008. Codex Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO food standards programme, Rome, Italy.
- [40] SCOTT, R., ROBINSON, R. and WILBEY, R. *Cheesemaking practice*. 3rd ed. Gaithersburg, Md.: Aspen Publication, 1998, xxiii, s. 449. ISBN 07-514-0417-9.
- [41] KADLEC, P. *Technologie potravin II*. 1. vyd. Praha: V^TCHT, 2002, s. 236. ISBN 80-708-0510-2.

- [42] JI, T., ALVAREZ, V. B. and HARPER W. J. Influence of starter culture ratios and warm room treatment on free fatty acid and amino acid in Swiss cheese. 2004. *Journal of Dairy Science*. s. 1986-1992. DOI: 10.3168/jds.s0022-0302(04)70015-6.
- [43] WEINRICHTER, B., SOLLBERGER, H., GINZINGER, W., JAROS, D. and ROHM, H. Adjunct starter properties affect characteristic features of Swiss-type cheeses. 2004. *Food/Nahrung*. s. 73-79. DOI: 10.1002/food.200300424.
- [44] PRABHAKAR, V., KOCAOGLU-VURMA, N., HARPER, J. and RODRIGUEZ-SAONA L. Classification of Swiss cheese starter and adjunct cultures using Fourier transform infrared microspectroscopy. *Journal of Dairy Science*. 2011, vol. 94, issue 9, s. 4374-4382. DOI: 10.3168/jds.2011-4457.
- [45] FOX, P. and MCSWEENEY, P. *Dairy chemistry and biochemistry*. 1st ed. New York: Blackie Academic, 1998, xiv, s. 478. ISBN 04-127-2000-0.
- [46] SCOTT, R., ROBINSON, R. and WILBEY, R. *Cheesemaking practice*. 3rd ed. Gaithersburg, Md.: Aspen Publication, 1998, xxiii, s. 449. ISBN 07-514-0417-9.
- [47] CHANDAN, R. C., KILARA, A. and SHAH, N. *Dairy processing and quality assurance*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2008, xii, s. 586. ISBN 08-138-2756-6.
- [48] FOX, P. F. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier, 2004, xi, s. 434. ISBN 0-1226-3653-82.
- [49] WEIMER, B. C. *Improving the flavour of cheese*. Abington: Woodhead Publishing Limited, 2007. s. 567. ISBN 978-1-84569-007-6.
- [50] BISIG, W., FROHLICH-WYDER, M., JAKOB, E. and WECHSLER, D. Comparison between Emmentaler PDO and generic emmental cheese production in Europe, *The Australian Journal of Dairy Technology*. Vol. 65, No. 3 ó November 2010, Switzerland. s. 206 ó 213. ISSN : 0004-9433.
- [51] BACHMANN, H. P., BUTIKOFER, U. and ISOLINI, D., Cheese: Swiss-Type Cheese. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences* (Eds H. Roginski, J.W. Fuquay and P.F. Fox). (2002), Elsevier Academic Press, London, pp 363-371.
- [52] MCSWEENEY, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*. 2004, ro . 57, . 2-3, s. 1276144. DOI: 10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x.

- [53] WARMKE, R., BELITZ, H. D. and GROSCH, W. Evaluation of taste compounds of Swiss cheese (Emmentaler). *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*. 1996. 203, s. 230-235. DOI: 10.1007/bf01192869.
- [54] TURNER K. W. and THOMAS T. D., Lactose fermentation in Cheddar cheese and the effect of salt. *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, 1980. s. 265- 276. ISSN 0300 6 1342.
- [55] PARENTE E. and COGAN T. M., Starter cultures: general aspects. In *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, Vol 1: General Aspects, 3rd edn, Fox P F, McSweeney P L H, Cogan T M and Guinee T P, eds. London: Elsevier. 2004. s. 123-148. DOI: 10.1016/S1874-558X(04)80065-4.
- [56] MCSWEENEY P. L. H. and FOX P. F., Metabolism of residual lactose and of lactate and citrate. In *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, Vol 1: General Aspects, 3rd edn,. Fox P F, McSweeney P L H, Cogan T M and Guinee T P, eds. London: Elsevier. 2004. s. 3616372. DOI: 10.1016/S1874-558X(04)80074-5.
- [57] DUPUIS, C. Activites proteolytiques et lipolytiques des bacteries propioniques laitieres. These ENSA, Rennes. 1994.
- [58] ISOLINI, D., CASEY, M. G., FROHLICH-WYDER, M. T., MEYER, J., SOLLBERGER, H. and COLLOMB, M. Propionsaurebakterien und ihre lipolytische Aktivitat: *eine mogliche Screening-Methode*. FAM Intern. Bericht 35, 2001. s. 1-9.
- [59] BACHMANN, H. P. Lipolyse im Kase: nicht zu viel, nicht zu wenig. *Agrarforschung* 5, 1998. s. 293-295.
- [60] KELLY, A. L. and MCSWEENEY P. L. H. Indigenous proteolytic enzymes in milk. In *Advanced Dairy Chemistry*. I. Proteins, 3rd edn. Fox P F and McSweeney P L H, eds. New York: Kluwer. 2003. s. 4956521. ISBN: 978-0-306-47271-8.
- [61] MAGBOUL A. A. A., LARSEN L. B., MCSWEENEY P. L. H. and KELLY A. L. Cysteine protease activity in bovine milk. *International Dairy Journal*. 2001. s. 865-872. DOI: 10.1016/s0958-6946(01)00126-1.
- [62] KAPOOR, R., METZGER, L. E., BISWAS, A. C. and MUTHUKUMMARAPPAN, K. Effect of natural cheese characteristics on process cheese properties. *Journal of Dairy Science*. 2007, vol. 90, issue 4, s. 1625-1634. DOI: 10.3168/jds.2006-746.

- [63] ANONYM. SN EN ISO 5534. *Sýry a tavené sýry o Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda)*. Český normalizační institut, Praha, 2005, 12 s. Třídící znak 571003.
- [64] BUKOVÁ, L., PLEVA, P., BUKA, F., VALÁNEK, P. a KRÁMAR, S. Antibacterial effects of commercially available phosphates on selected microorganisms. *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun.*, 2008, LVI, 5, s. 166. ISSN 211-8516.
- [65] ABDEL-HAMID, L. B., EL-SHABRAWY, S. A. and AWAD, R. A. Chemical properties of processed ras cheese spreads as affected by emulsifying salt mixtures. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2000, 24, s. 1916208. ISSN 1745-4549.
- [66] LEE, S. K. and KLOSTERMEYER, H. The effect of pH on the rheological properties of reduced-fat model processed cheese. *LWT Food Science and Technology*. 2001, vol. 34, s. 123-135. DOI: 10.1006/fstl.2001.0761.
- [67] SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*. 2002, vol. 13, issue 4, s. 215-225. DOI: 10.1016/S0950-3293(01)00039-8.
- [68] ANONYM. Křivka texturní profilové analýzy. *Software Texture Exponent Lite* (Stable Micro Systéme, Ltd.).
- [69] AWAD, R. A., ABDEL-HAMID, L. B., EL-SHABRAWY, S. A. and SINGH, R. K. Texture and microstructure of block type processed cheese with formulated emulsifying salt mixtures. *LWT-Food Science and Technology*, 2002, 35, s. 54-61. ISSN 0023-6438.
- [70] BRICKLEY, C. A., AUTY, M. A. E., PIRAINO, P. and 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, s. 4836490. ISSN 0022-1147.
- [71] WANG, F., ZHANG, X., LUO, J., GUO, H., ZENG, S. S. and 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, s. 2486253. ISSN 0022-1147.

- [72] SALEK, R. N., ERNÍKOVÁ, M., NAGYOVÁ, G., KUČHA , D., BAŮOVÁ, H., MINARÍKOVÁ, L. a BUKA F. The effect of composition of ternary mixtures containing phosphate and citrate emulsifying salts on selected textural properties of spreadable processed cheese. *International Dairy Journal* [online]. 2015, vol. 44, s. 37-43 [cit. 2015-04-15]. DOI: 10.1016/j.idairyj.2014.12.009.
- [73] KALIAPPAN, S. and LUCEY, J. A. Influence of mixtures of calcium-chelating salts on the physicochemical properties of casein micelles. *Journal of Dairy Science*, 94, 2011. s. 4255 - 4263. DOI: 10.3168/jds.2010-3343.
- [74] LU, Y., SHIRASHOJI, N. and LUCEY, J. A. Effects of pH on the textural properties and meltability of pasteurized process cheese made with different types of emulsifying salts. *Journal of Food Science*, 2008. s. 363 - 369. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2008.00914.x.
- [75] BENNETT, R. J., TRIVEDI, D., HEMAR, Y., REID, D. C. W., ILLINGWORTH, D. and 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.
- [76] LEE, S. K., ANEMA, S. and KLOSTERMEYER, H. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 2004. s. 763 - 771. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.00842.x.
- [77] NORONHA, N., O'RIORDAN, E. D. and O'SULLIVAN, M. Replacement of fat with functional fibre in imitation cheese. *International Dairy Journal*, 17, 2007. s. 1073-1082. DOI: 10.1016/j.idairyj.2007.01.011.
- [78] WEISEROVÁ, E., DOUDOVÁ, L., GALIOVÁ, L., FIÁK, L., MICHÁLEK, J., JANÍK, R. a BUKA, F. The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. *International Dairy Journal*. 2011, vol. 21, issue 12, s. 979-986. DOI: 10.1016/j.idairyj.2011.06.006.
- [79] MIZUNO, R. and LUCEY, J. A. Effects of two types of emulsifying salts on the functionality of nonfat pasta filata cheese. *Journal of Dairy Science*, 2005, 88, s. 341163425. ISSN 0022-0302.

- [80] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J. J. and 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. s. 363 ó 369. ISSN 0022-0302.
- [81] Na ízení Evropského parlamentu a Rady (ES) . 853/2004, kterým se stanoví zvlá–tní hygienická pravidla pro potraviny flivo i–ného p vodu. *Ú ední v stník Evropské unie*.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DSP Hydrogenfosfore nan sodný

TSPD Difosfore nan sodný

P20 Sodná s 1 polyfosfore nanu

TSC Citran sodný

SEZNAM OBRÁZK

Obrázek 1: Schématické vyjádření výměny iontů sodíku za ionty vápníku při tavení přírodních sýr [2, 3, 10].	18
Obrázek 2: Zátlaková křivka popisující závislosti síly deformace (N) na čas (s), upraveno dle [68].	36
Obrázek 3: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených ze čtyřtýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dn).	38
Obrázek 4: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z osmitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dn).	39
Obrázek 5: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dn).	39
Obrázek 6: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z třináctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dn).	40
Obrázek 7: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených ze čtyřtýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn).	42
Obrázek 8: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z osmitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn).	42
Obrázek 9: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn).	43
Obrázek 10: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z třináctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn).	43
Obrázek 11: pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených ze čtyřtýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).	44

Obrázek 12: pH modelových vzork tavených sýr vyrobených z osmitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).....	44
Obrázek 13: pH modelových vzork tavených sýr vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).....	45
Obrázek 14: pH modelových vzork tavených sýr vyrobených z –estnáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).....	45
Obrázek 15: pH modelových vzork tavených sýr vyrobených ze ty týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).....	46
Obrázek 16: pH modelových vzork tavených sýr vyrobených z osmitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).....	47
Obrázek 17: pH modelových vzork tavených sýr vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).....	47
Obrázek 18: pH modelových vzork tavených sýr vyrobených z –estnáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).....	48
Obrázek 19: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených ze ty týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dn).....	49
Obrázek 20: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z osmitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dn).....	50
Obrázek 21: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dn).....	50
Obrázek 22: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z –estnáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSC:P20 a délce skladování (60 dn).....	51

Obrázek 23: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených ze ty týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn).....	53
Obrázek 24: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z osmitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn).....	53
Obrázek 25: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn).....	54
Obrázek 26: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z –estnáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:TSC a délce skladování (60 dn).....	54
Obrázek 27: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených ze ty týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).....	56
Obrázek 28: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z osmitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).....	56
Obrázek 29: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).....	57
Obrázek 30: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z –estnáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi TSC:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).....	57
Obrázek 31: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených ze ty týdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).....	59
Obrázek 32: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z osmitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).....	59
Obrázek 33: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z dvanáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn).....	60

Obrázek 34: Tvrdost modelových vzork tavených sýr vyrobených z -estnáctitýdenní suroviny v závislosti na složení ternární směsi DSP:TSPP:P20 a délce skladování (60 dn)..... 60

SEZNAM TABULEK

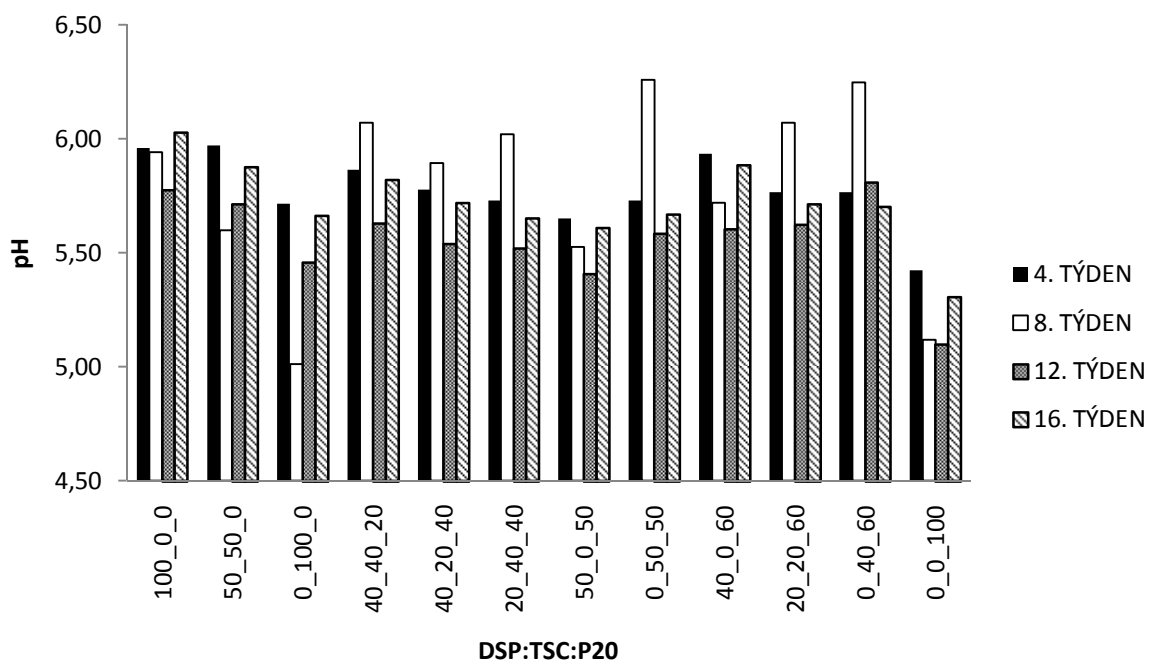
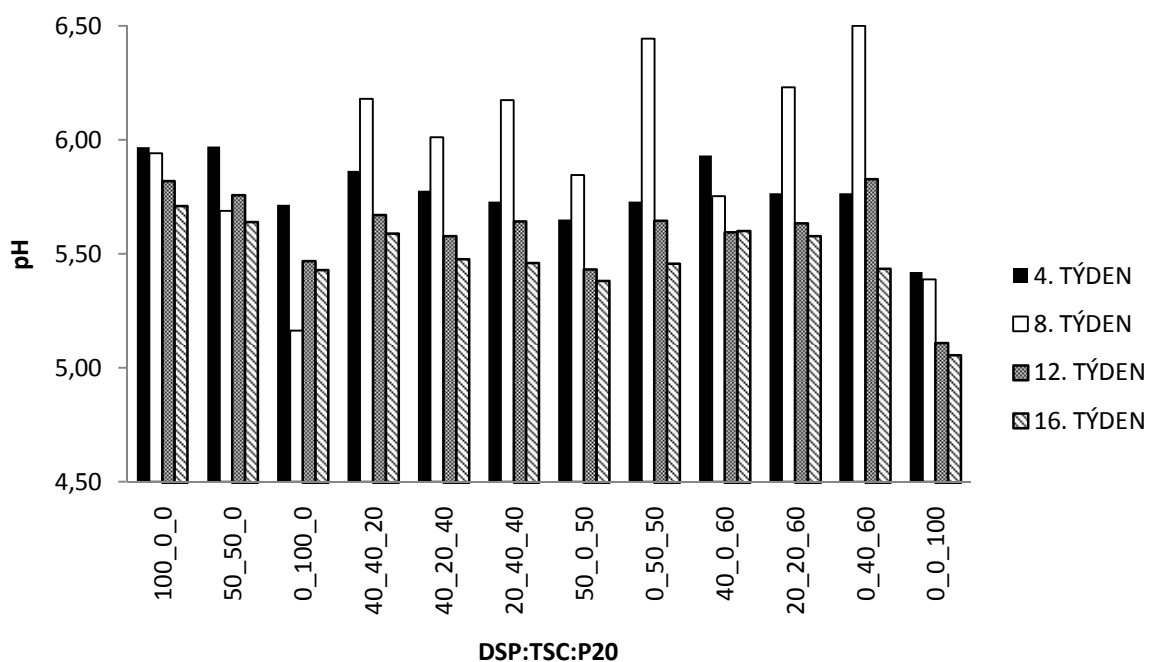
Tabulka 1: Fosforenany používané jako tavicí soli při výrobě tavených sýr [2, 10] 19

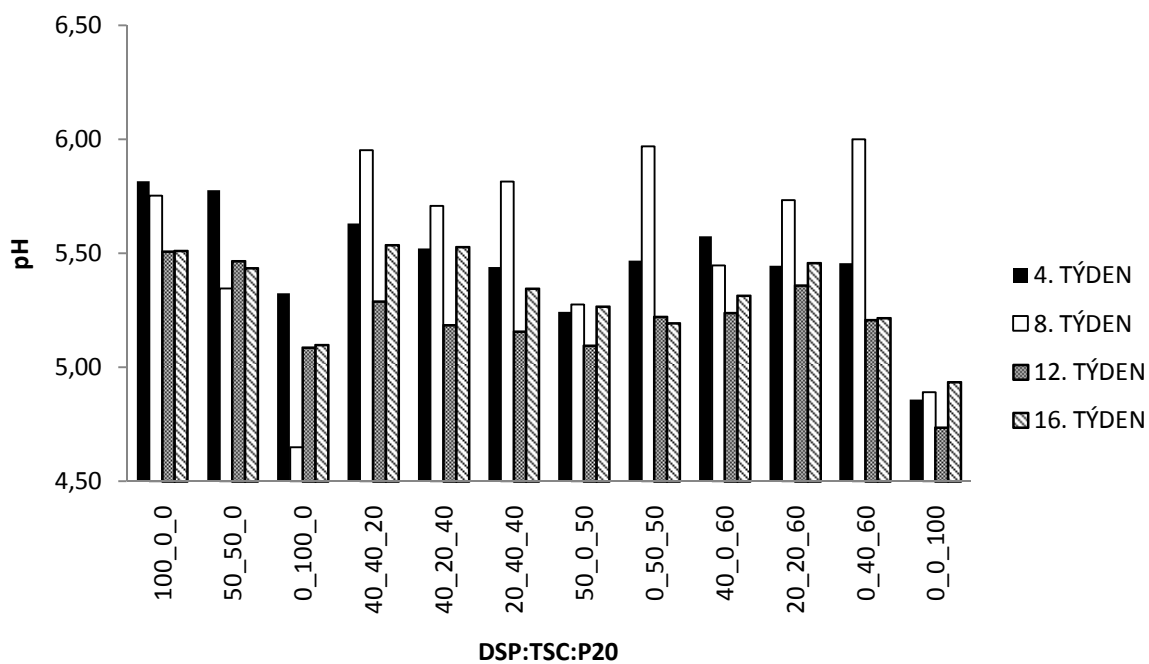
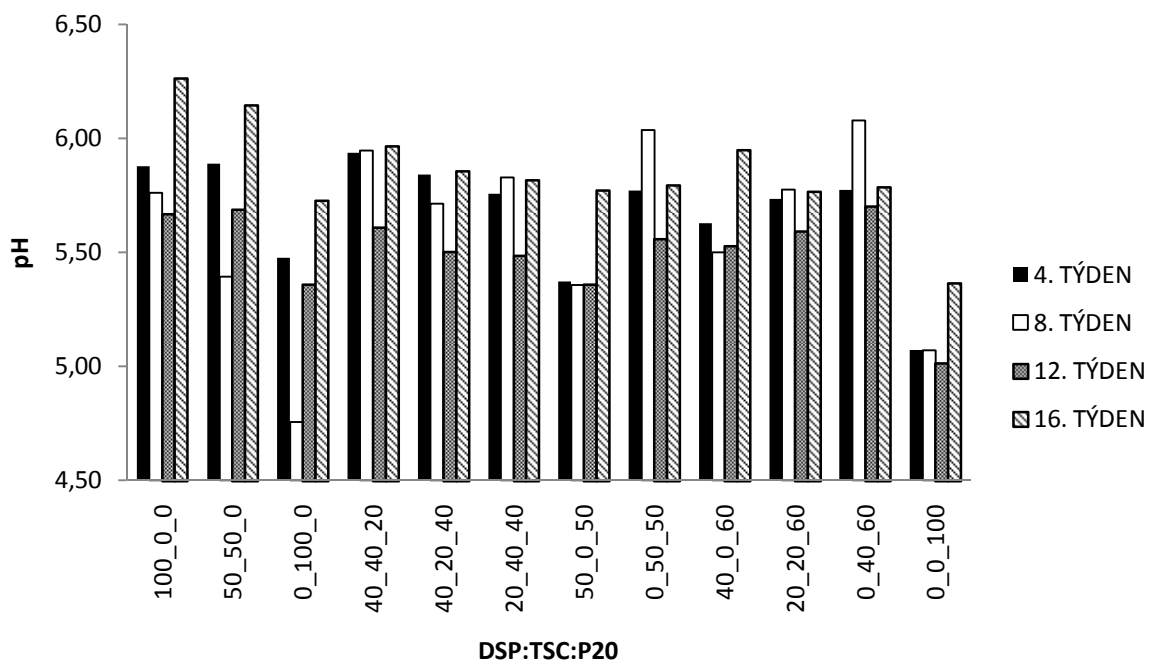
Tabulka 2: Citrany používané jako tavicí soli při výrobě tavených sýr [2, 10]..... 21

SEZNAM P ÍLOH

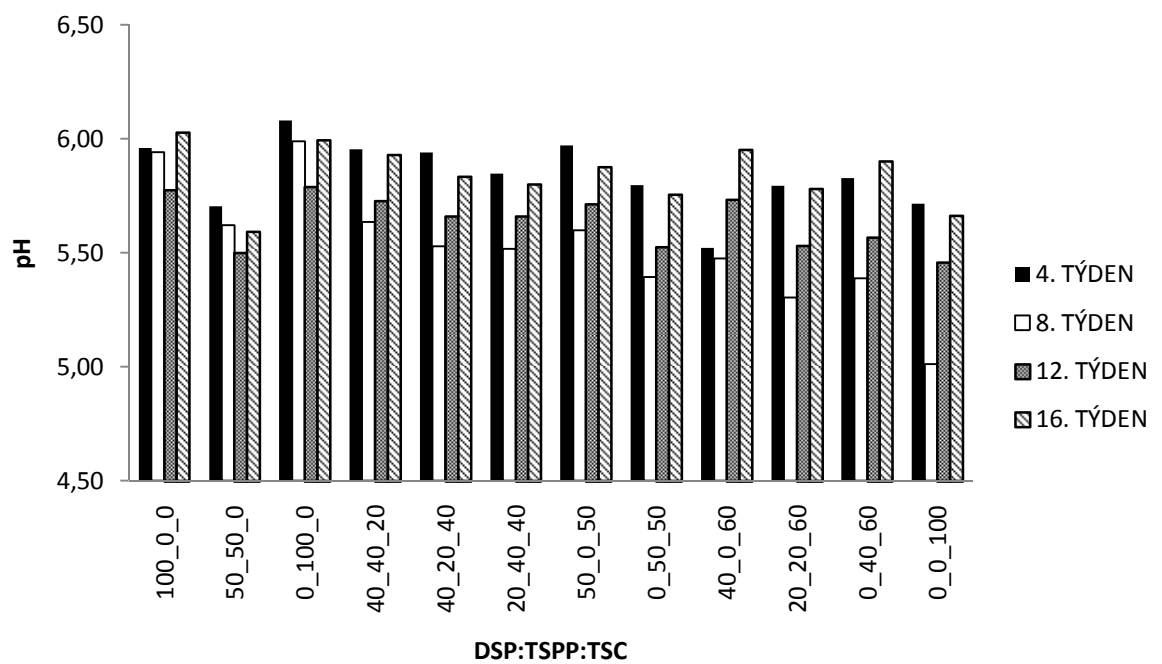
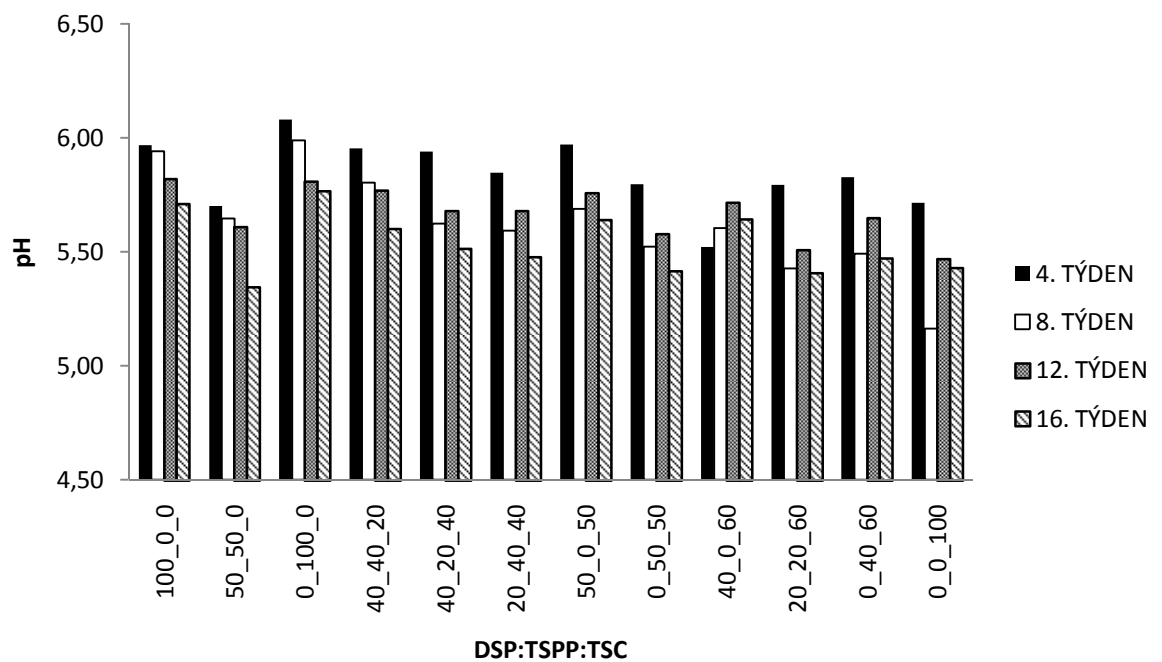
- P ÍLOHA I:** Hodnoty pH modelových vzork tavených sýr s ternární sm sí DSP:TSC:P20 v závislosti na prozrálosti pouflité suroviny í í í í í í í í í í í 79
- P ÍLOHA II:** Hodnoty pH modelových vzork tavených sýr s ternární sm sí DSP:TSPP:TSC v závislosti na prozrálosti pouflité suroviny í í í í í í í í í í í 81
- P ÍLOHA III:** Hodnoty pH modelových vzork tavených sýr s ternární sm sí TSC:TSPP:P20 v závislosti na prozrálosti pouflité suroviny í í í í í í í í í í í 83
- P ÍLOHA IV:** Hodnoty pH modelových vzork tavených sýr s ternární sm sí DSP:TSPP:P20 v závislosti na prozrálosti pouflité suroviny í í í í í í í í í í í 85
- P ÍLOHA V:** Hodnoty tvrdosti modelových vzork tavených sýr s ternární sm sí DSP:TSC:P20 v závislosti na prozrálosti pouflité suroviny í í í í í í í í í í í 87
- P ÍLOHA VI:** Hodnoty tvrdosti modelových vzork tavených sýr s ternární sm sí DSP:TSPP:TSC v závislosti na prozrálosti pouflité suroviny í í í í í í í í í í í 89
- P ÍLOHA VII:** Hodnoty tvrdosti modelových vzork tavených sýr s ternární sm sí TSC:TSPP:P20 v závislosti na prozrálosti pouflité suroviny í í í í í í í í í í í 91
- P ÍLOHA VIII:** Hodnoty tvrdosti modelových vzork tavených sýr s ternární sm sí DSP:TSPP:P20 v závislosti na prozrálosti pouflité suroviny í í í í í í í í í í í 93

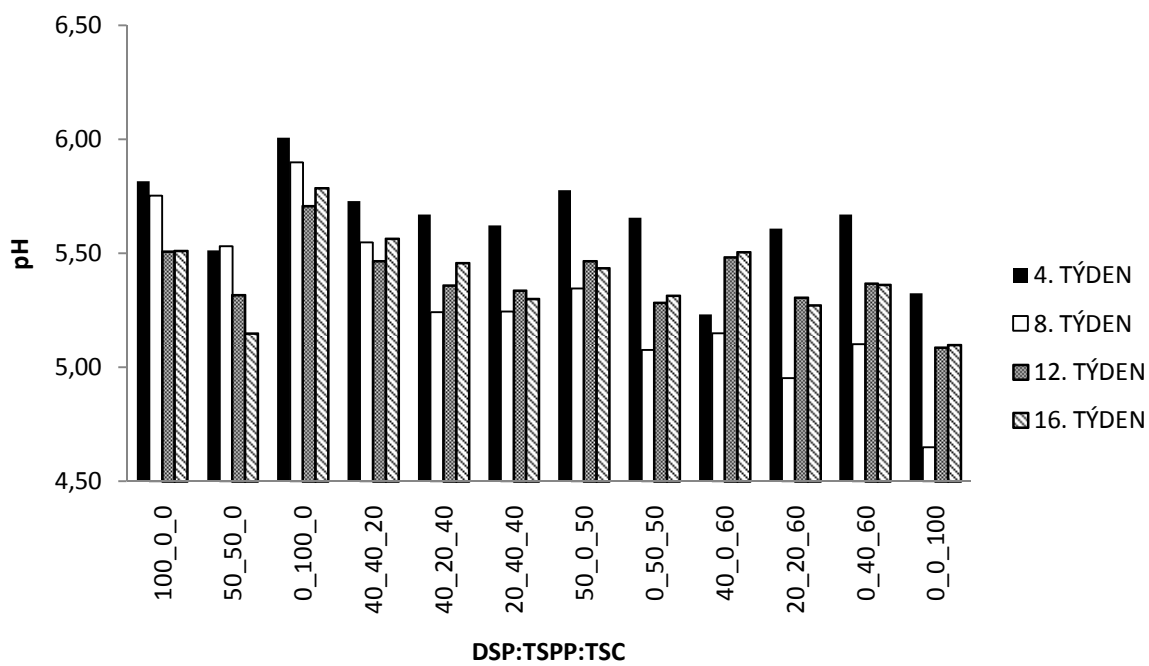
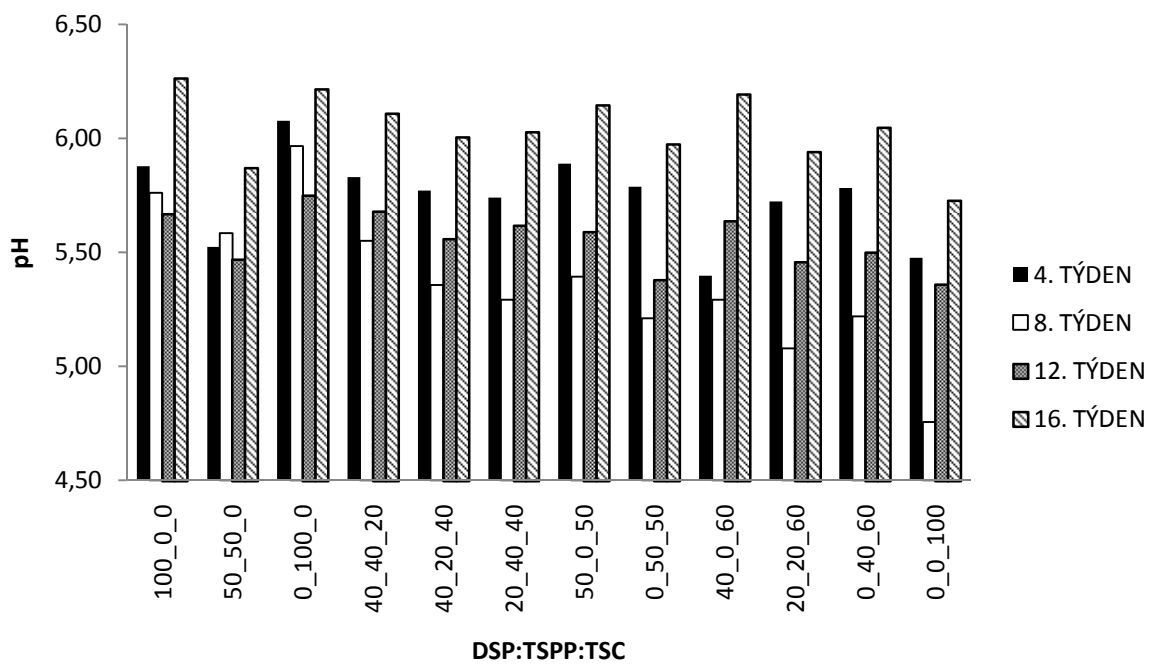
P ÍLOHA I: HODNOTY pH MODELOVÝCH VZORK TAVENÝCH SÝR S TERNÁRNÍ SM SÍ DSP:TSC:P20 V ZÁVISLOSTI NA PROZRÁLOSTI POUŽITÉ SUROVINY



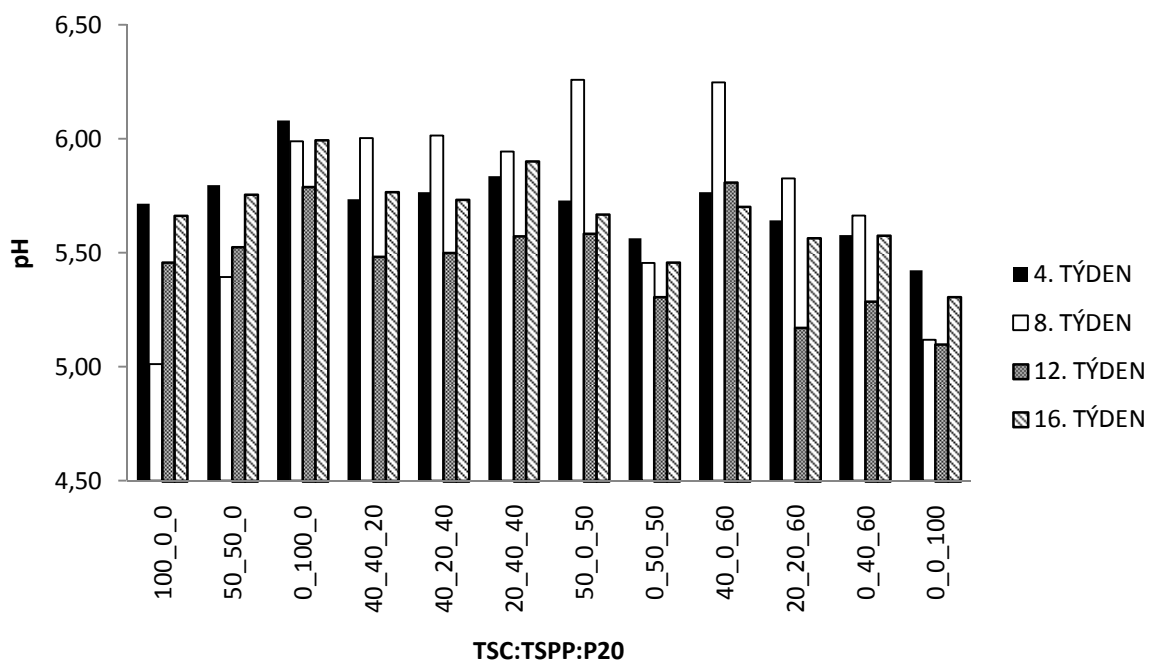
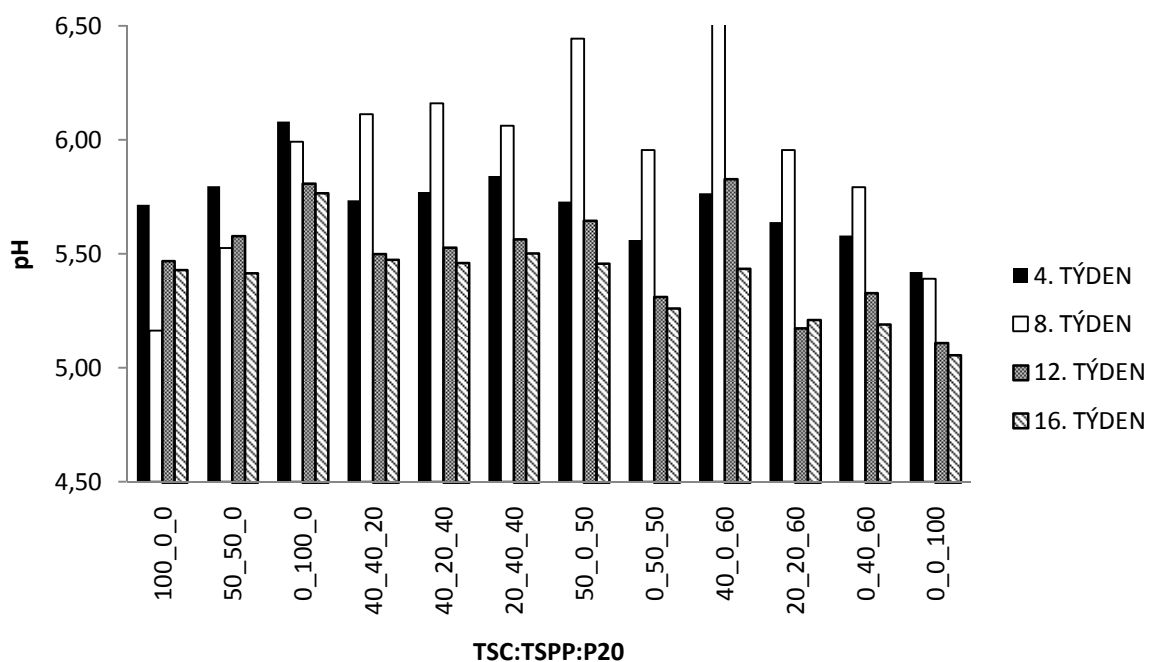


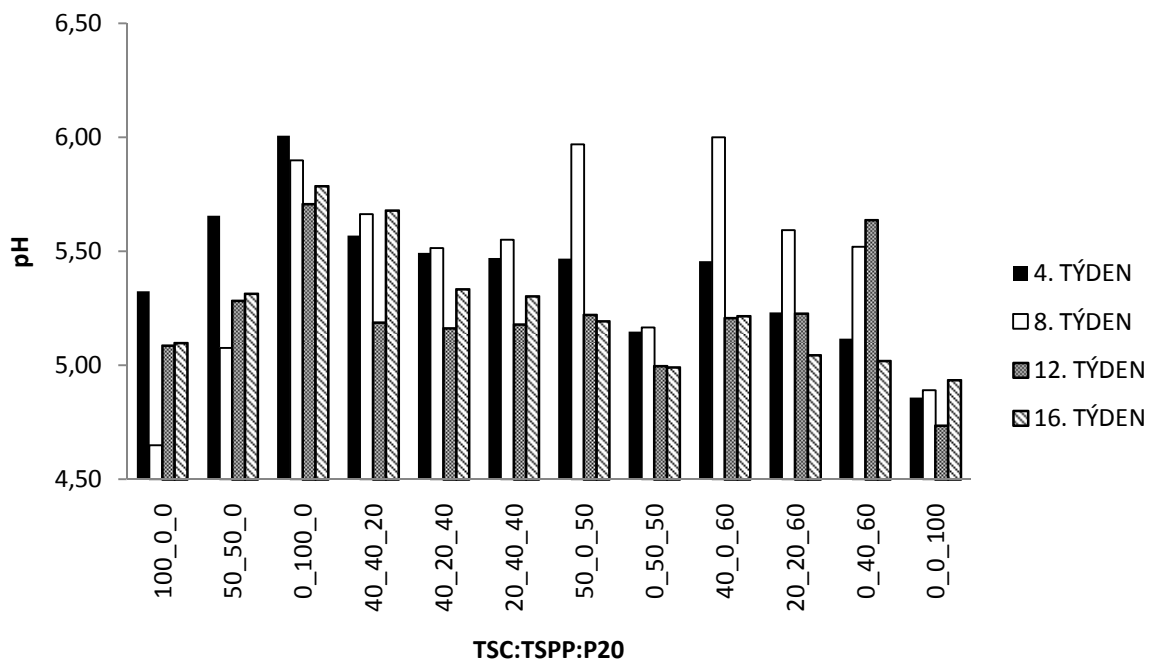
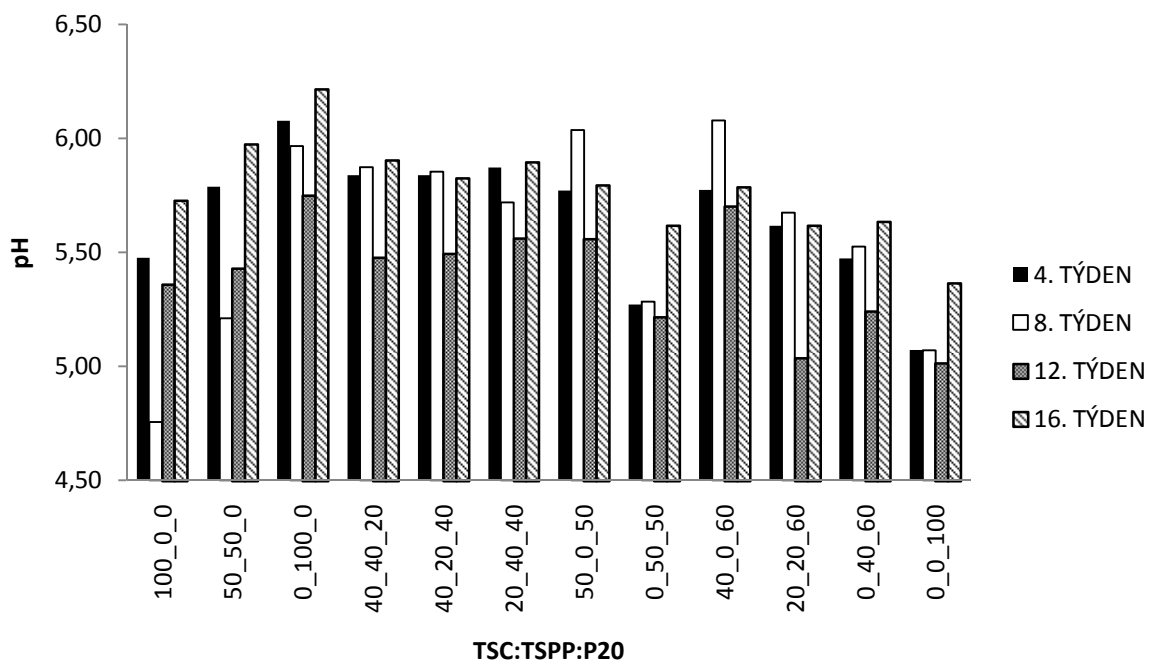
P ÍLOHA II: HODNOTY pH MODELOVÝCH VZORK TAVENÝCH SÝR S TERNÁRNÍ SM SÍ DSP:TSPP:TSC V ZÁVISLOSTI NA PROZŘÁLOSTI POUŽITÉ SUROVINY



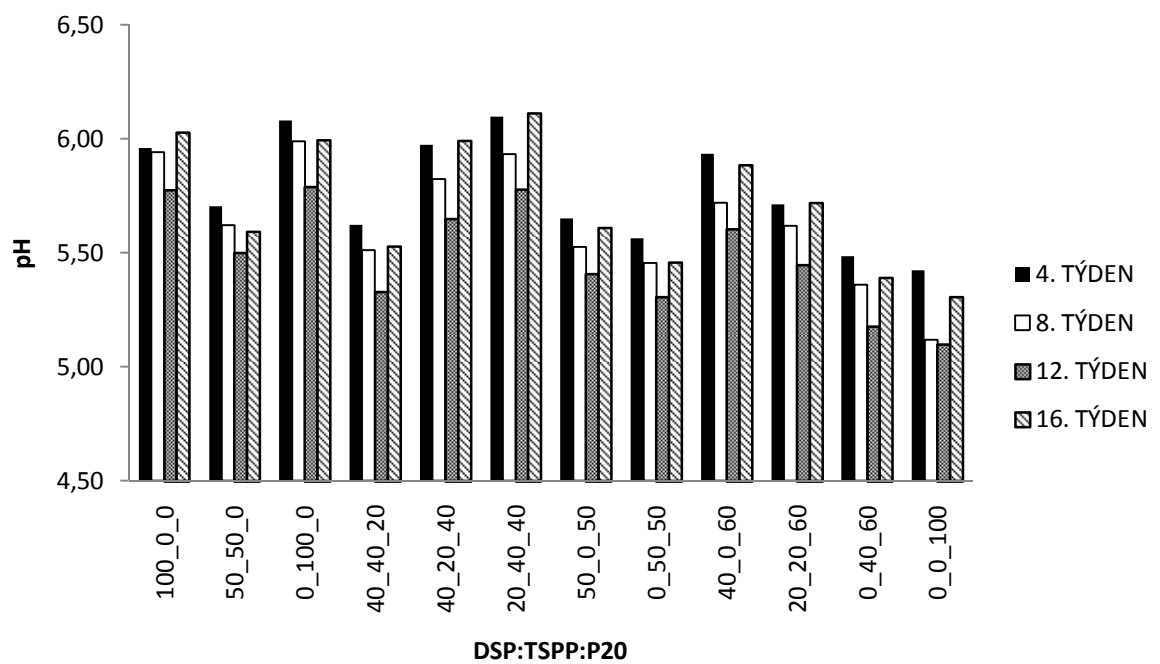
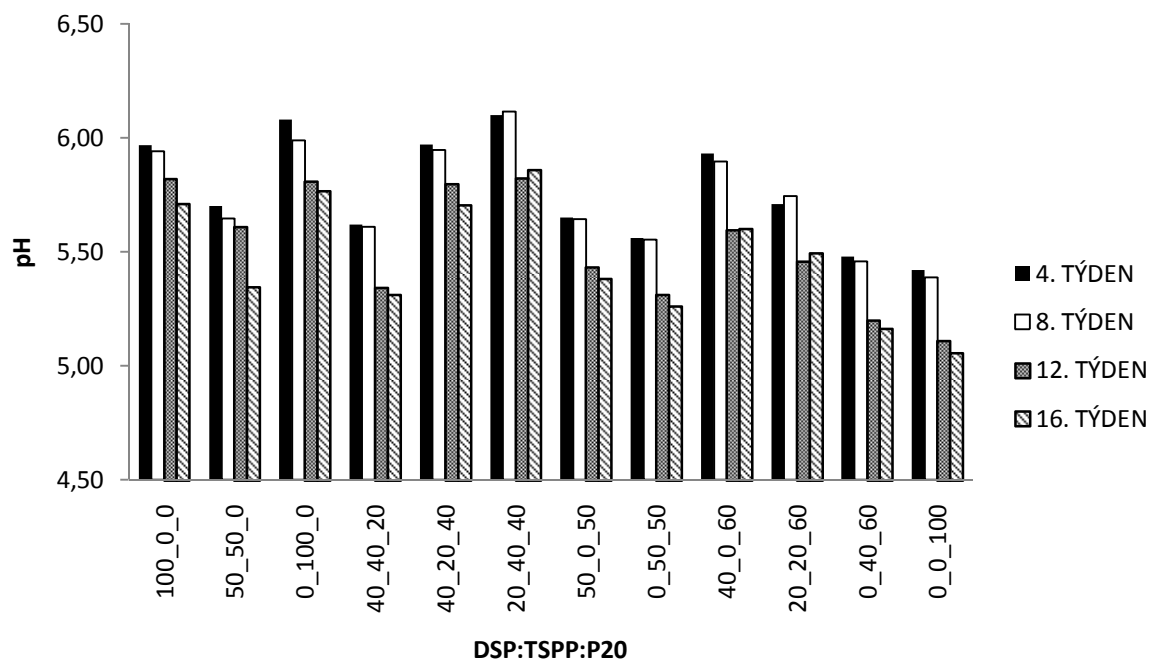


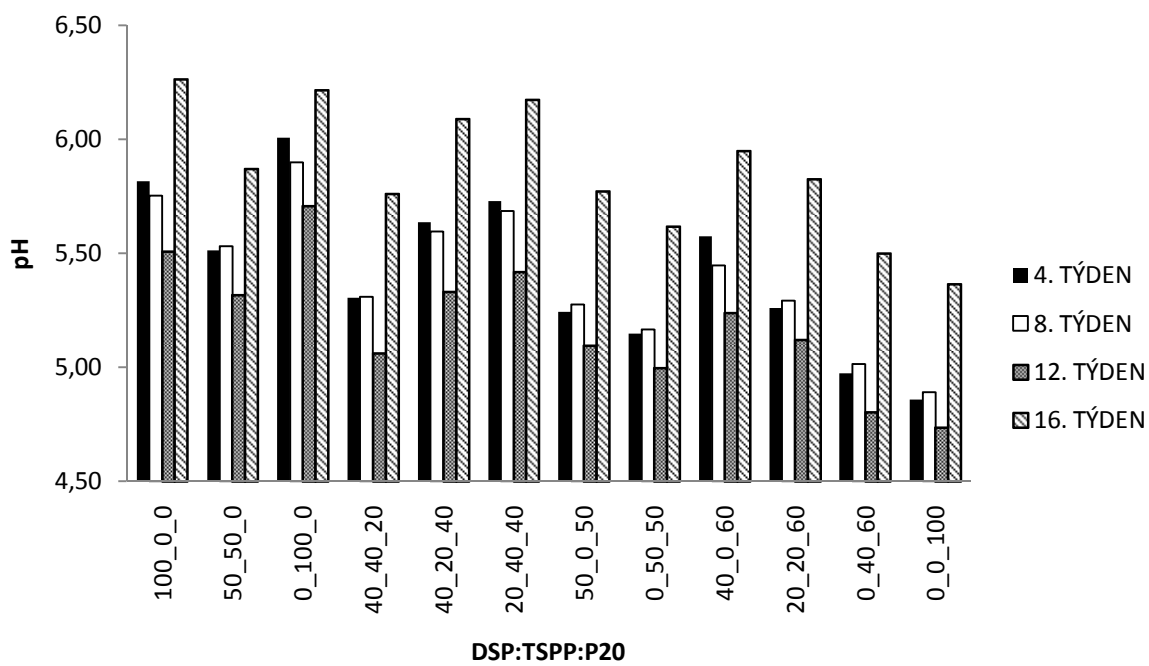
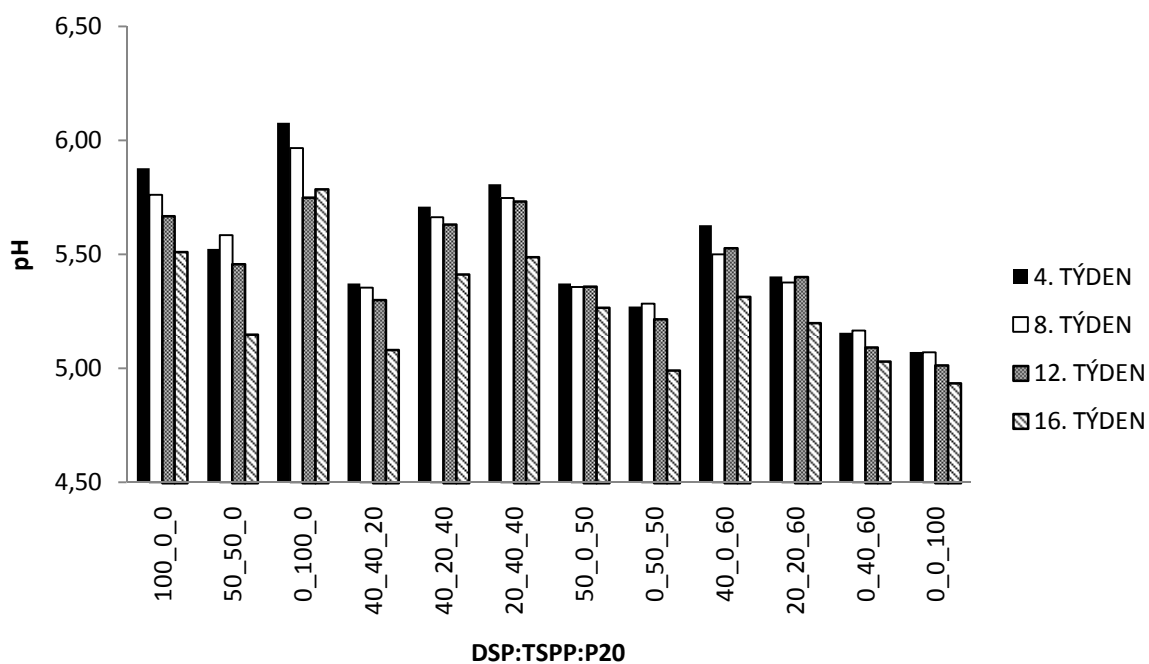
**P ÍLOHA III: HODNOTY pH MODELOVÝCH VZORK
TAVENÝCH SÝR S TERNÁRNÍ SM SÍ TSC:TSPP:P20
V ZÁVISLOSTI NA PROZRÁLOSTI POUŽITÉ SUROVINY**



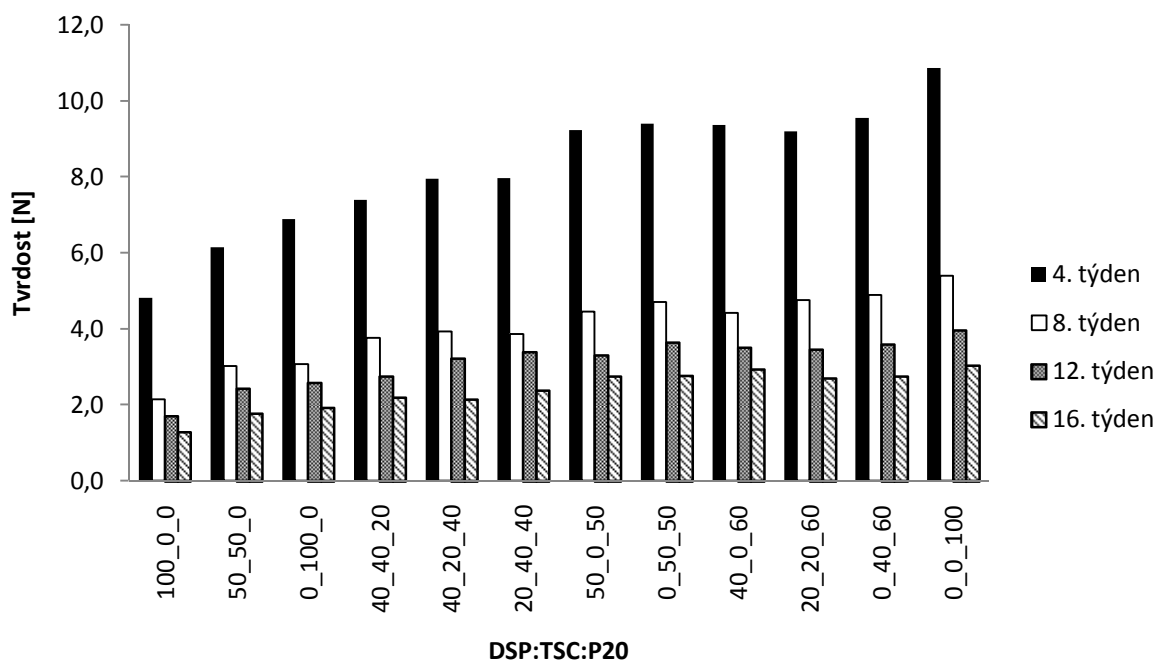
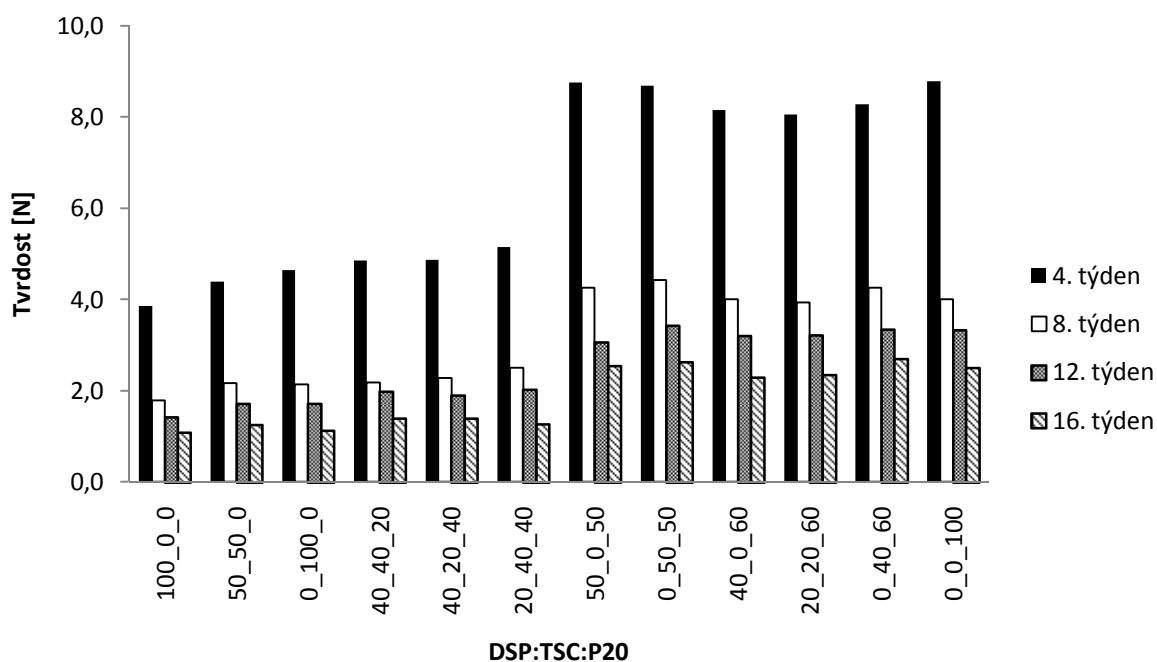


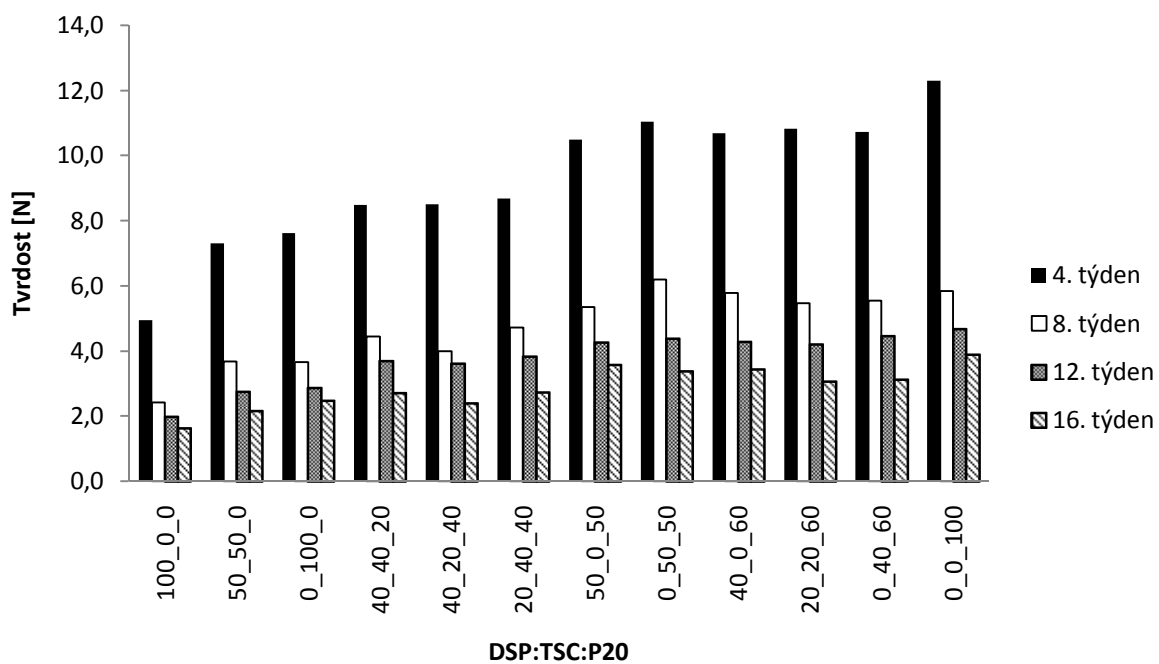
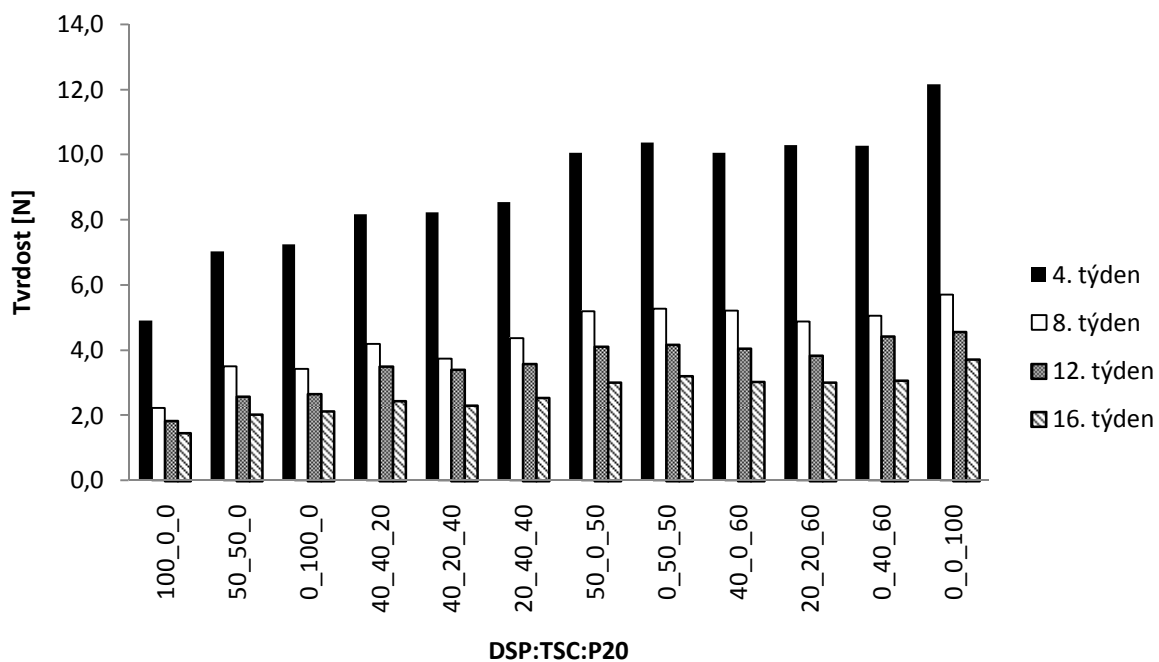
P ÍLOHA IV: HODNOTY pH MODELOVÝCH VZORK TAVENÝCH SÝR S TERNÁRNÍ SM SÍ DSP:TSPP:P20 V ZÁVISLOSTI NA PROZRÁLOSTI POUŽITÉ SUROVINY



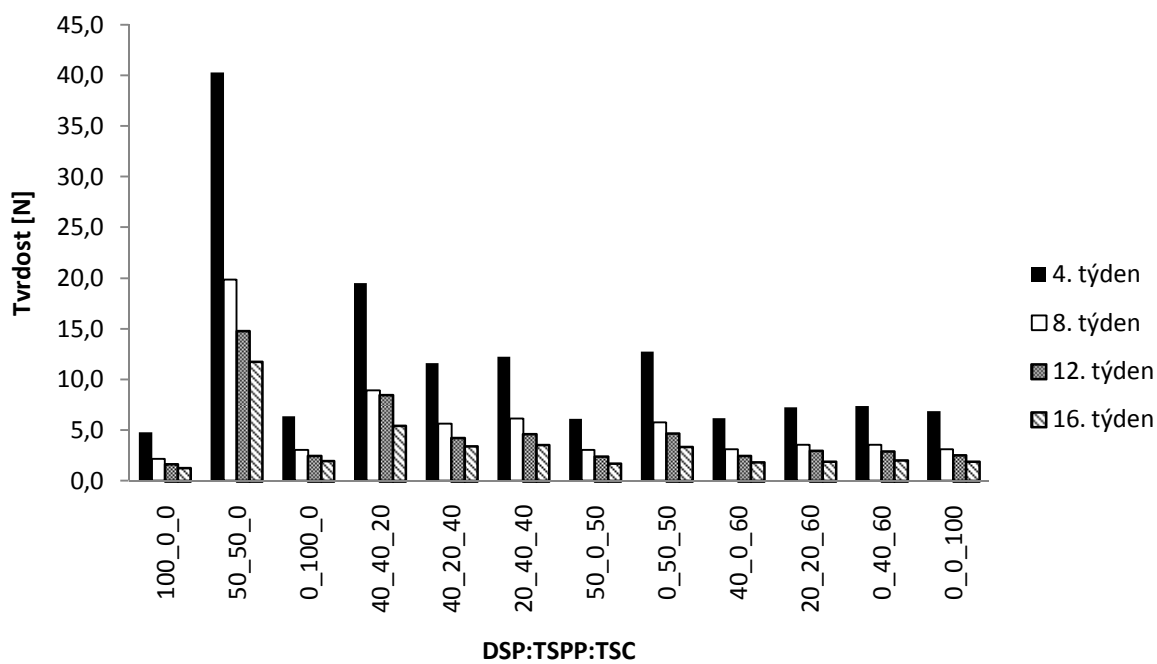
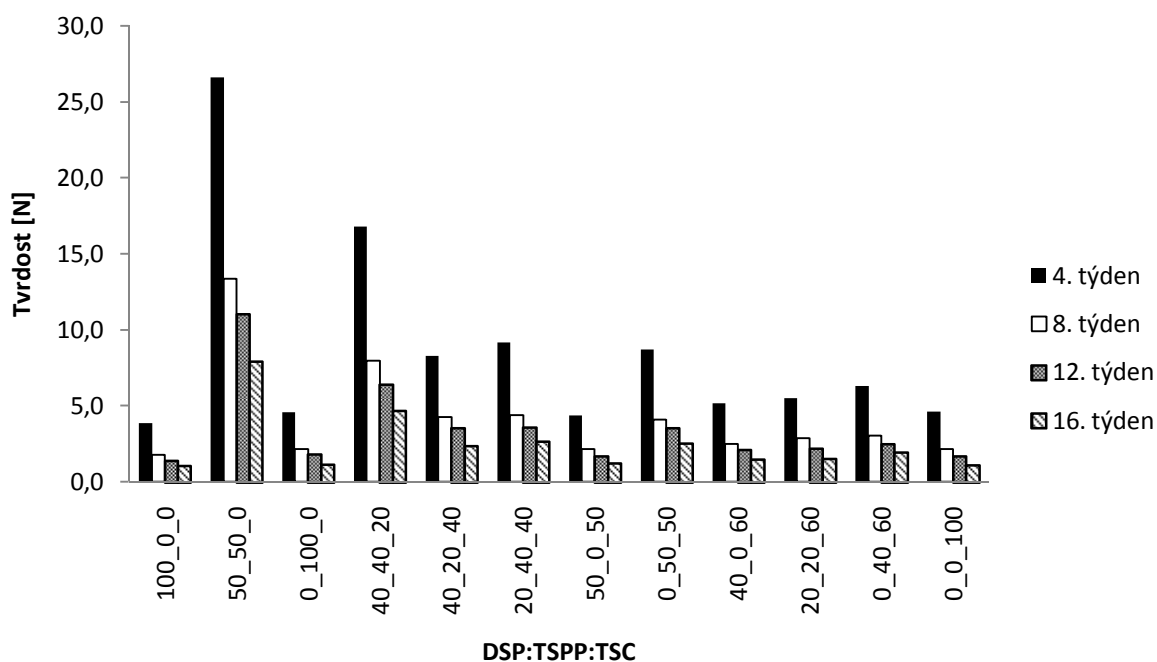


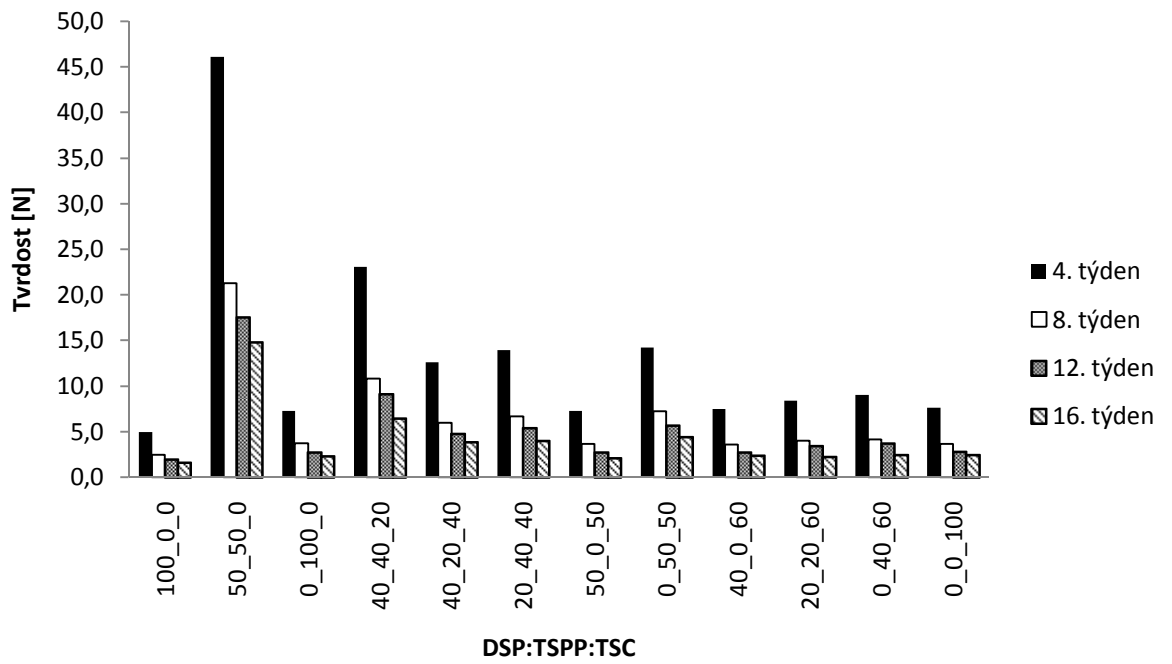
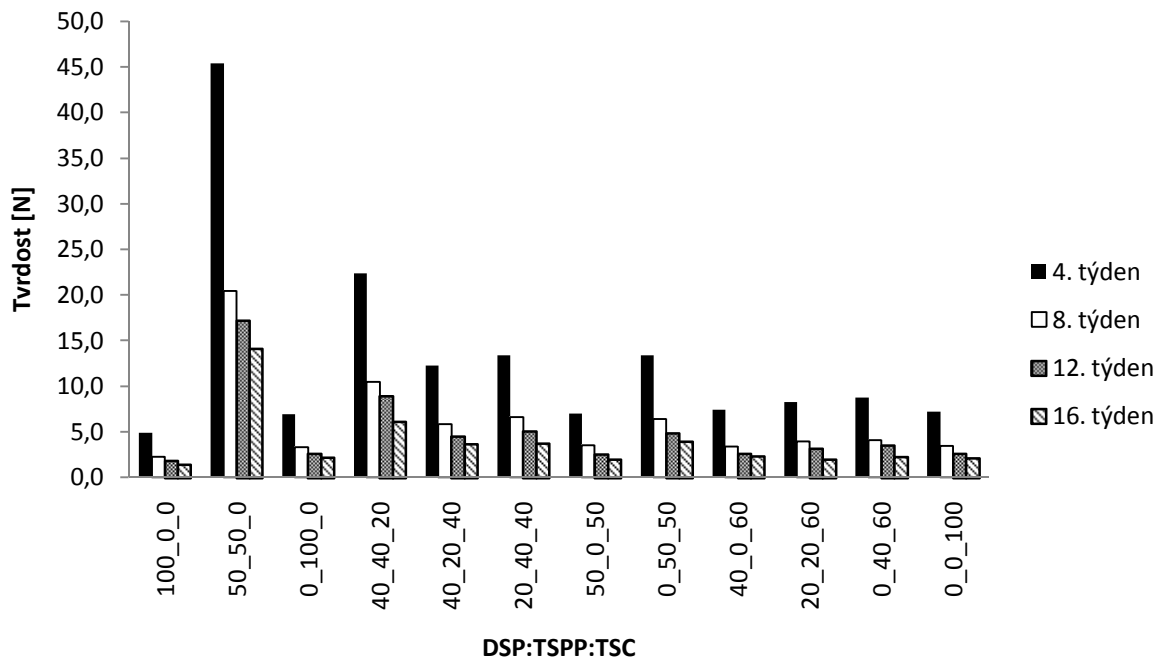
**P ÍLOHA V: HODNOTY TVRDOSTI MODELOVÝCH VZORK
TAVENÝCH SÝR S TERNÁRNÍ SM SÍ DSP:TSC:P20
V ZÁVISLOSTI NA PROZÁRALOSTI POUŽITÉ SUROVINY**



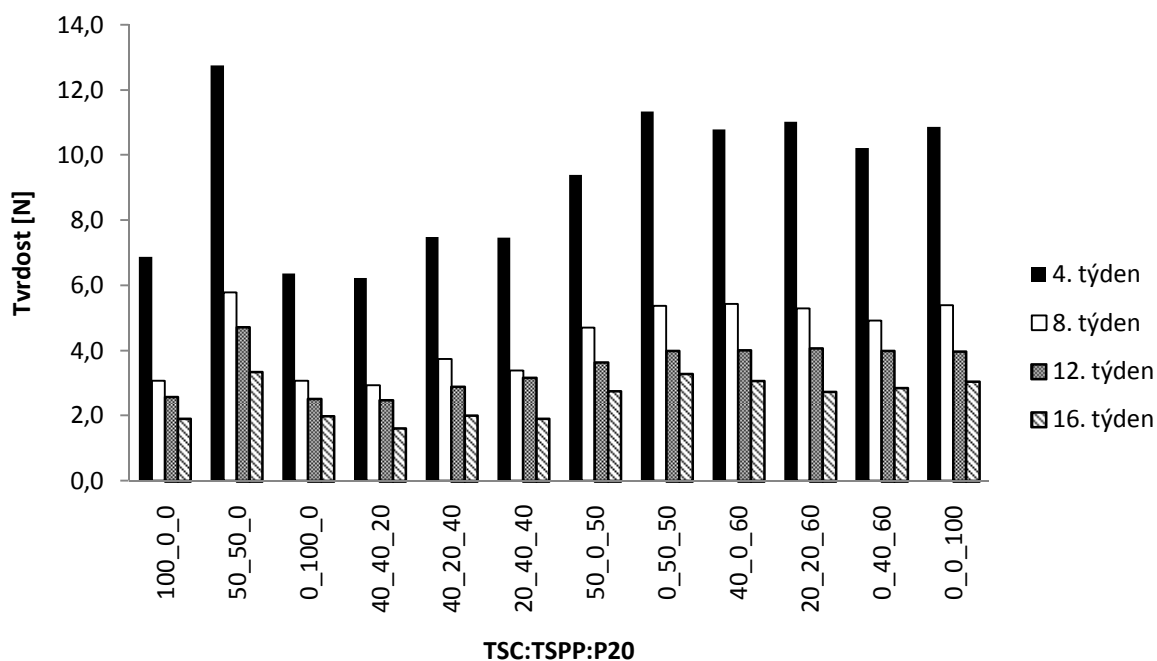
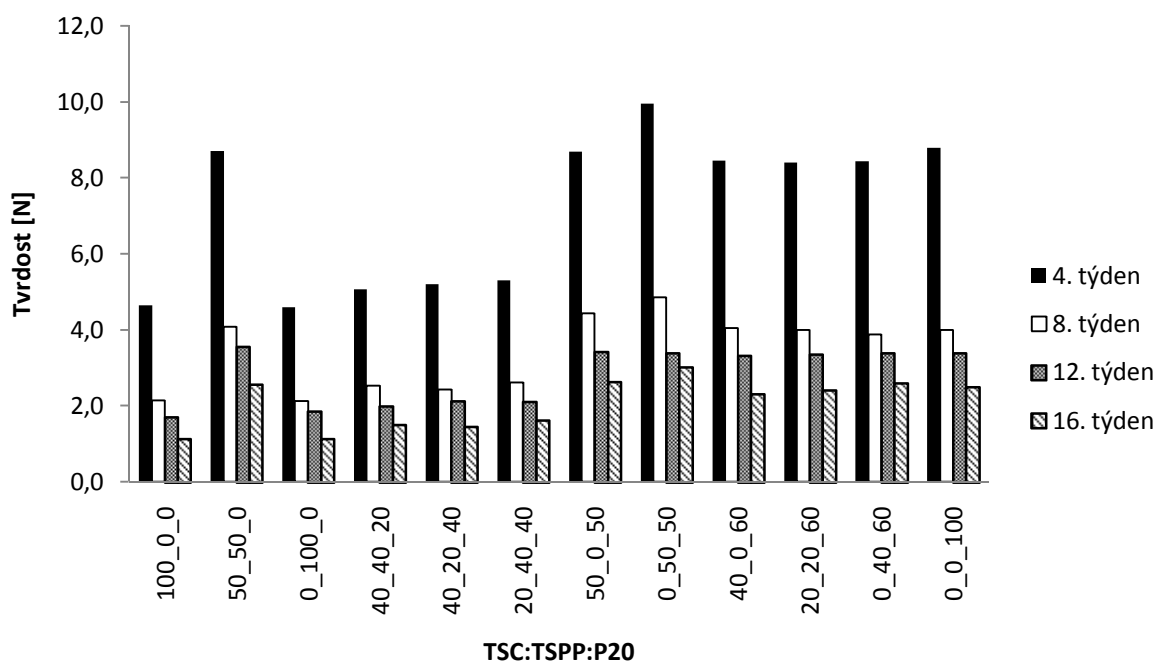


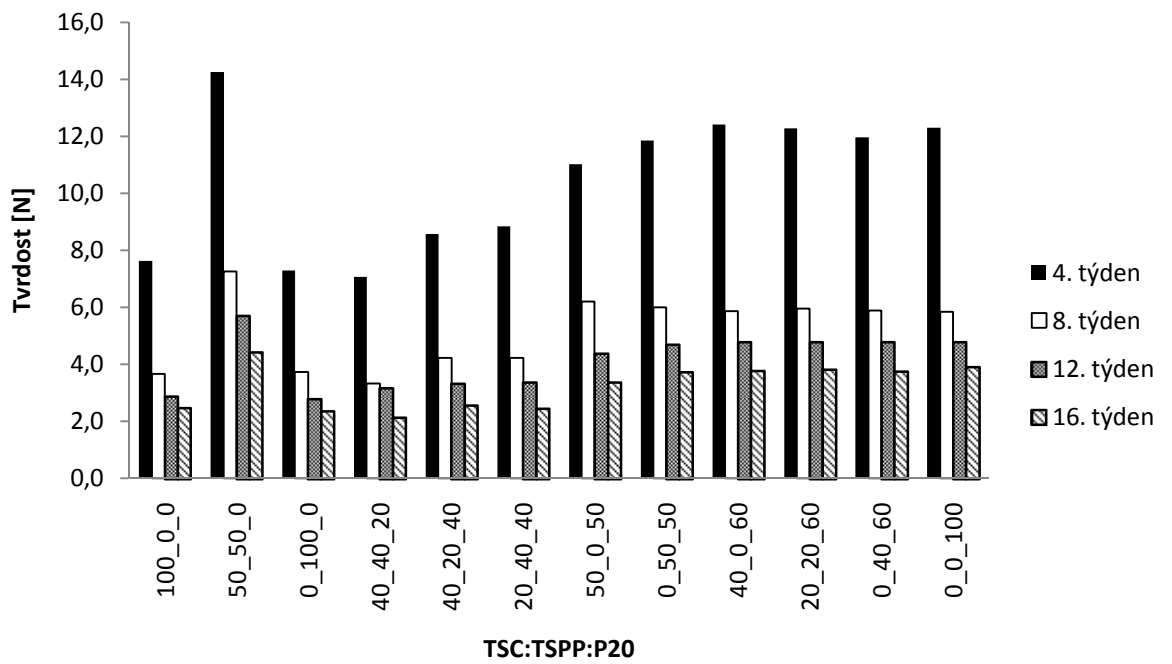
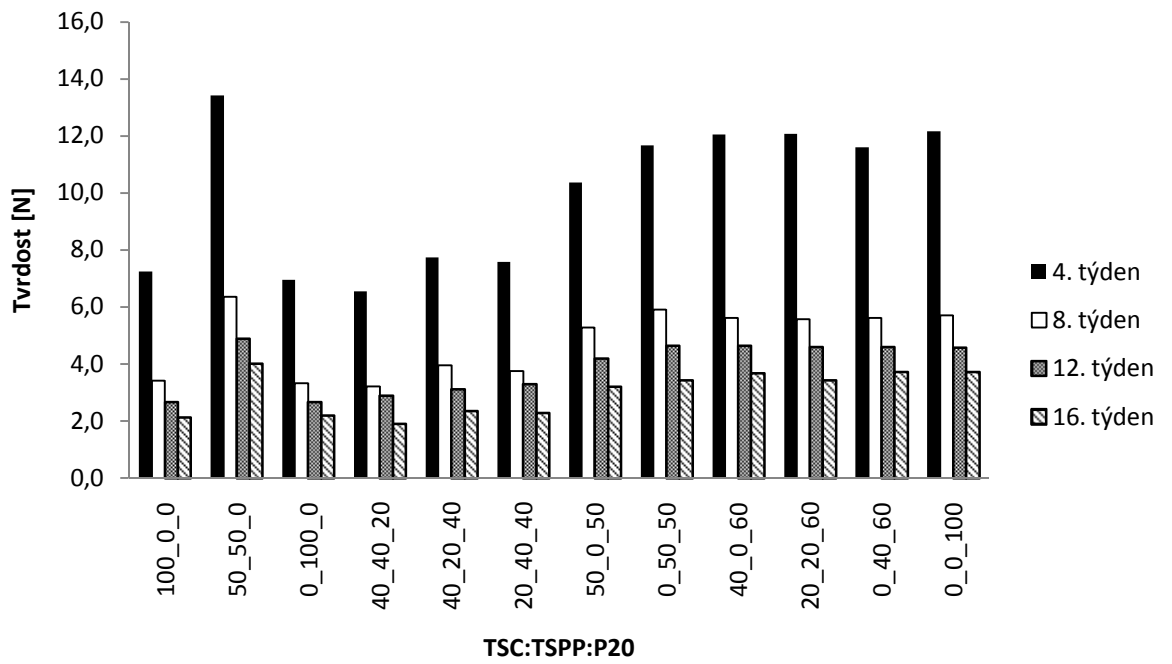
**P ÍLOHA VI: HODNOTY TVRDOSTI MODELOVÝCH VZORK
TAVENÝCH SÝR S TERNÁRNÍ SM Í DSP:TSPP:TSC
V ZÁVISLOSTI NA PROZÁRALOSTI POUŽITÉ SUROVINY**





**P ÍLOHA VII: HODNOTY TVRDOSTI MODELOVÝCH VZORK
TAVENÝCH SÝR S TERNÁRNÍ SM SÍ TSC:TSPP:P20
V ZÁVISLOSTI NA PROZÁRALOSTI POUŽITÉ SUROVINY**





**P ÍLOHA VIII: HODNOTY TVRDOSTI MODELOVÝCH VZORK
TAVENÝCH SÝR S TERNÁRNÍ SM SÍ DSP:TSPP:P20
V ZÁVISLOSTI NA PROZÁRALOSTI POUŽITÉ SUROVINY**

