

# **Vliv zralosti Čedaru a skladby tavících solí na konzistenci tavených sýrů**

Bc. Petr Žíla, DiS.

---

Diplomová práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr ŽÍLA**

Osobní číslo: **T14431**

Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie potravin**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vliv zralosti Čedaru a skladby tavících solí na konzistenci tavených sýrů**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část:

1. Popište technologii výroby a charakterizujte vlastnosti tavených sýrů.
2. Charakterizujte a popište mechanismus působení tavících solí na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů.
3. Charakterizujte vliv prozrálости sýru Čedar na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů.

### II. Praktická část:

1. Vytvořte modelové vzorky tavených sýrů, za použití sýru Čedar s různým stupněm zralosti.
2. Pro výrobu vzorků tavených sýrů, použijte ternární směsi, skládající se ze sodných solí fosforečnanů a citrátů.
3. Modelové vzorky skladujte 60 dnů a v průběhu skladování proveďte základní chemickou analýzu, texturní profilovou analýzu a reologickou analýzu modelových vzorků.
4. Vyhodnoťte výsledky a vytvořte závěr.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] LU, Y., SHIRASHOJI, N. a LUCEY, J. A. Rheological, textural and melting properties of commercial samples of some of the different types of pasteurized processed cheese. *International Journal of Dairy Technology*. 2007, 60(2): 74–80. DOI: 10.1111/j.1471-0307.2007.00314.x.

[2] BRICKLEY, C.A., AUTY, M.A.E., PIRAINO, P., MCSWEENEY, P.L.H. The effect of natural Cheddar cheese ripening on the functional and textural properties of the processed cheese manufactured therefrom. *Journal of Food Science*. 2007, 72(9): C483–C490. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00539.x. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1750-3841.2007.00539.x>.

[3] BUŇKA, F., DOUDOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., KUCHAR, D., PONÍŽIL, P., ZAČALOVÁ, D., NAGYOVÁ, G., PACHLOVÁ, V. a MICHÁLEK, J. The effect of ternary emulsifying salt composition and cheese maturity on the textural properties of processed cheese. *International Dairy Journal*. 2013, 29(1): 1–7. DOI: 10.1016/j.idairyj.2012.09.006.

[4] DIMITRELI, G. a THOMAREIS, A. S. Instrumental textural and viscoelastic properties of processed cheese as affected by emulsifying salts and in relation to its apparent viscosity. *International Journal of Food Properties*. 2009, 12(1): 261–275. DOI: 10.1080/10942910802256164.

[5] PISKA, I. a ŠTĚTINA, J. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering*. 2004, 61(4): c1–c8. DOI: 10.1002/9781444341850.ins.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Richardos Nikolaos Salek**

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

**3. února 2017**

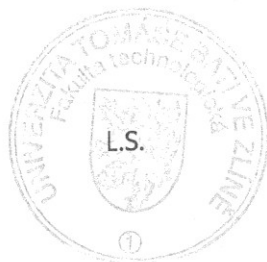
Termín odevzdání diplomové práce:

**28. dubna 2017**

Ve Zlíně dne 3. února 2017



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



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

Příjmení a jméno: Žíla Petr

Obor: Technologie potravin

## 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 <sup>1)</sup>;
- 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 <sup>3)</sup> 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, považuji 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 20.4.2017



.....

<sup>1)</sup> 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 nevýdělečně 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.

<sup>2)</sup> 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).

<sup>3)</sup> 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 jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## ABSTRAKT

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv stupně zralosti sýru Čedar a složení ternárních směsí tavících solí na konzistenci taveného sýru. Modelové vzorky taveného sýru byly vyrobeny ze 4, 8, 12 a 16 zralého sýru Čedar pomocí čtyř kombinací tavících solí (DSP: TSPP: P20, DSP: TSPP: TSC, DSP: TSC: P20 and TSC: TSPP: P20) v různém poměru fosforečnanu disodného ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  - DSP), difosforečnanu sodného ( $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$  - TSPP), polyfosforečnanu sodného s průměrnou délkou řetězce  $n \approx 20$  (P20) a citrátu trisodného ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$  - TSC). Modelové vzorky taveného sýru byly skladovány po dobu 2, 9, 30 a 60 dnů při teplotě  $6 \pm 2^\circ\text{C}$ . Během tohoto období byly podrobeny základnímu chemickému rozboru (obsahu sušiny a stanovení hodnoty pH) a texturní profilové analýze. Hodnota pH pozorovaných vzorků klesala s rostoucím množstvím P20 ve směsi. Dále s rostoucím stupněm zralosti sýru Čedar vzrostla hodnota pH vzorků. Použití DSP: TSPP (v poměru 1: 1) vedlo u vzorků k vyšším hodnotám tvrdosti bez ohledu na stupeň zralosti použitého přírodního sýra.

Klíčová slova: tavený sýr, tavící soli, Čedar, fosforečnany, citronany.

## **ABSTRACT**

The aim of the thesis was to evaluate the influence of Cheddar cheese maturity degree and composition of ternary mixtures of emulsifying salts on the consistency of processed cheese. The model processed cheese samples were produced from 4, 8, 12 and 16 week maturity Cheddar cheese using four combination emulsifying salts (DSP:TSPP:P20, DSP:TSPP:TSC, DSP:TSC:P20 and TSC:TSPP:P20) varying in ratios of disodium hydrogenphosphate ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  – DSP), tetrasodium diphosphate ( $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$  – TSPP), sodium salt of polyphosphate with mean chain length  $n \approx 20$  (P20) and trisodium citrate ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$  – TSC). Moreover, the model processed cheese samples were stored for 2, 9, 30 and 60 days at  $6 \pm 2$  ° C. During this period they were subjected to basic chemical analysis (dry matter content and pH) and texture profile analysis. The pH values of the observed samples decreased with the rising amount of P20 within the mixture. On the other hand, with the increasing maturity degree of Cheddar cheese the pH of the samples rose. Furthermore, the application of DSP:TSPP (in a ratio 1:1), resulted in samples with the greater values of hardness, regardless of the maturity level of the applied natural cheese.

Keywords: processed cheese, emulsifying salts, cheddar, phosphates, citrate.

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, Ph.D. za věnovaný čas, odborné konzultace, trpělivost, cenné rady a připomínky.

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



# OBSAH

ÚVOD.....	11
<b>I</b> <b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1</b> <b>TAVENÉ SÝRY</b> .....	<b>13</b>
1.1    LEGISLATIVA.....	13
1.1.1    Dělení tavených sýrů.....	14
<b>2</b> <b>TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ</b> .....	<b>15</b>
2.1    SESTAVENÍ SMĚSI SUROVIN .....	15
2.2    PŘÍPRAVNÉ PRÁCE .....	15
2.3    TAVENÍ.....	15
2.4    HOMOGENIZACE.....	16
2.5    BALENÍ.....	16
2.6    CHLAZENÍ .....	17
<b>3</b> <b>FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KONZISTENCI TAVENÝCH SÝRŮ</b> .....	<b>18</b>
3.1    TAVÍCÍ SOLI.....	18
3.1.1    Hlavní typy tavících solí .....	18
Citráty .....	18
Fosforečnany.....	19
3.1.2    Význam tavících solí.....	20
3.2    SLOŽENÍ SUROVINOVÉ SMĚSI.....	21
3.2.1    Sýry .....	22
3.2.2    Tuk .....	23
3.2.3    Vlhkost .....	23
3.2.4    Mléčné komponenty.....	24
3.3    PH 25	
3.4    ZPŮSOB ZPRACOVÁNÍ TAVENINY .....	25
3.5    CHLAZENÍ A SKLADOVÁNÍ FINÁLNÍHO PRODUKTU.....	26
<b>4</b> <b>VÝROBA SÝRU ČEDAR A FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ PRŮBĚH ZRÁNÍ</b> .....	<b>29</b>
4.1    VÝROBA SÝRU ČEDAR.....	29
4.2    BIOCHEMICKÉ PROCESY BĚHEM ZRÁNÍ SÝRU ČEDAR.....	31
<b>II</b> <b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>37</b>
<b>5</b> <b>CÍL PRÁCE</b> .....	<b>38</b>
<b>6</b> <b>MATERIÁL A METODIKA</b> .....	<b>39</b>

6.1	ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA SUROVIN POUŽITÝCH K VÝROBĚ.....	39
6.2	POUŽITÉ PŘÍSTROJE .....	39
6.3	POPIS EXPERIMENTU.....	39
6.4	ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA .....	40
6.5	TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA.....	41
<b>7</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>	<b>43</b>
7.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY .....	43
7.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ HODNOT PH.....	43
7.3	VYHODNOCENÍ TEXTURNÍ PROFILOVÉ ANALÝZY .....	54
7.3.1	Vyhodnocení tvrdosti .....	54
7.3.2	Vyhodnocení kohezivnosti a relativní lepivosti .....	65
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>81</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>82</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>85</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.</b>

## ÚVOD

Mléko a mléčné výrobky jsou spojené s výživou lidské společnosti po mnoho let a do počátku 19. století se trh s těmito komoditami vyvíjel jen velmi pomalu, jelikož tvorba mléčných produktů byla jen výhradou zemědělců, kteří svou produkcí především pokrývali svoji potřebu. V průběhu 19. století dochází ke změnám v zemědělské výrobě, která vyústí zvýšenými přebytky mléka, které je nutné zpracovat a exportovat. Tato nutnost zapříčiní zakládání mlékáren a prodej mlékárenských výrobků do vzdálenějších míst. Vzhledem k nemožnosti chlazení započínají snahy o tvorbu produktů, které by tuto cestu vydržely. Z této potřeby vzniká: „*Tavený sýr, což je mléčný výrobek s nejvyšším stupněm zušlechtění, jelikož žádný jiný výrobek z mléka neprojde tolika stupni zpracování*“ [1, 2, 3].

Tavený sýr je sýr, který byl tepelně upraven z přírodních sýrů s různým stupněm zralosti za přídavku tavících solí a dalších surovin. Dnes je jeho výroba v České republice a ve světě velmi rozšířena, i když konzumace tohoto mléčného výrobku spíše klesá. V roce 2015 činila spotřeba taveného sýru 2 kg na osobu a rok to je o 0,6 kg méně na osobu a rok než v roce 2007 [4, 5, 6, 7].

Diplomová práce studuje vliv zralosti sýru Čedar a tavících solí na texturní vlastnosti tavených sýrů. Je rozdělena na dvě části teoretickou a praktickou.

Teoretická část diplomové práce je zaměřena na faktory, které ovlivňují výrobu tavených sýrů: od legislativních požadavků, kterou jsou kladeny na výrobu a označování tavených sýrů, technologii výroby tavených sýrů a její možnosti, faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů jako je surovinové složení, včetně tavících solí až po vliv zpracování v poslední kapitole teoretické části je popisována výroba sýru Čedar a průběh zrání.

Praktická část diplomové práce je zaměřena na popis a vyhodnocení experimentu. Je rozdělena na materiálovou a metodickou část, kde je popisován materiál použitý k výrobě modelových vzorků tavených sýrů a způsob analýzy vyrobených vzorků. Dále následuje kapitola diskuze a výsledky, kde jsou publikovány získaná data z analýz a srovnávána s obdobnými publikovanými výsledky prací.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 TAVENÉ SÝRY

Tavený sýr ve své podstatě není novou výrobou a objevem 20. století, hlavně co se týká přeměny surovin působením tepla. Za předky nebo sourozence této skupiny, lze považovat sýry tzv. vařené nebo pečené, u kterých nebyli použity tavící soli, ale došlo pouze k nahřání suroviny s různými výsledky [8, 9].

Tavené sýry, které pod tímto pojmem označujeme dnes, mají původ ve Švýcarsku. Zde je začal vyrábět v roce 1911 Walter Gerber po neúspěšných pokusech vývozu ementálského sýra do zemí s tropickým klimatem. Ementálský sýr totiž nevydržel vysoké teploty, vlhkost a dlouhou cestu. K jejich přeměně v tavený sýr vytvořil tavící sůl, která byla složena z kyseliny citrónové, uhličitanu, vody a vápna [1, 11, 12].

V roce 1915 byla firmou Kraft v USA zahájena výroba taveného sýru, k jehož přípravě se používal sýr Čedar a jako tavící sůl směs fosforečnanu sodného s citrátem [8, 13, 14].

Po 1. Světové válce se výroba tavených sýrů rozšířila do celého světa a započínají snahy je právně definovat. Jedna z prvních právních definic byla vydána Švýcarskem: *Tavené sýry jsou výrobky připravené z obchodních druhů sýrů přepracováním za vyšší teploty a za přídavku určitých roztoků solí, které mají emulgační účinky* [10, 15].

### 1.1 Legislativa

Legislativa České republiky definuje tavené sýry ve vyhlášce 397/2016 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje ve znění pozdějších předpisů: *Tavený sýr je sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavících solí* [4]. Ve srovnání s vyhláškou Slovenské republiky, která tavený sýr definuje analogicky jako Codex Alimentarius [15], podrobněji ve vyhlášce č. 343/2016, o některých výrobcích z mléka ve znění pozdějších předpisů definuje: *Tavené sýry jsou výrobky vyrobené z jednoho druhu sýru nebo více druhů sýrů drcením, mletím, mícháním s tavícími solemi tepelným záhřevem při teplotě nejméně 70°C v trvání nejméně 30 sekund s přidáním nebo bez přidání jiných složek* [5]. V těchto dvou právních předpisech můžeme nalézt pro České výrobce i pozitivní rozdíl, a to že vyhláška č. 343/2016 ve znění pozdějších předpisů umožňuje: *množství tuku v sušině může být nižší o 2,0 hmotnostní procenta v porovnání s deklarovanou hodnotou* [5]. Toto legislativa České republiky neumožňuje: *Záporné technologické tolerance se nepřipouštějí* [4].

### 1.1.1 Dělení tavených sýrů

Tavené sýry je možné dělit podle různých hledisek, dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. ve znění pozdějších předpisů je můžeme rozdělovat na: *druhově pojmenované a druhově nepojmenované* nebo podle konzistence na: *roztíratelné a sýry s lomem* [4]. Odborná literatura pojednává o větší různorodosti dělení tavených sýrů podle konzistence od pevné (blokové sýry, sušené, s lomem, plátkové) přes roztíratelnou (roztíratelné, krémovité) až po tekutou (omáčky, dressingy) [2, 10, 16, 17].

Dřívější dělení tavených sýrů podle tučnosti na nízkotučný a vysokotučný se již ve vyhlášce nevyskytuje [4, 5, 6]. Toto dělení nám může poskytnout například odborná literatura, která může rozdělovat tavené sýry podle tučnosti v rozmezí hodnot na: [18, 19]

- Nízkotučný, obsahuje-li výrobek tuku v sušině nejvýše 30% hmotnostních.
- Polotučný, obsahuje-li výrobek tuku v sušině v rozmezí 30 – 45% hmotnostních.
- Plnotučný, obsahuje-li výrobek tuku v sušině v rozmezí 45 – 60% hmotnostních.
- Vysokotučný, obsahuje-li výrobek tuku v sušině nejméně 60% hmotnostních.

V odborné literatuře např. Zadražil (2002) [20] nebo Šustová (2013) [18] můžeme nalézt jiné rozpětí hodnot pro dělení tavených sýrů podle tučnosti.

## 2 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ

Výroba tavených sýrů probíhá v několika technologických etapách, které jsou důležité pro dosažení požadovaného jakostního výrobku: [16, 21]

- Sestavení směsi
- Přípravné práce
- Tavení
- Homogenizace
- Balení
- Chlazení

### 2.1 Sestavení směsi surovin

Sestavení správné směsi je klíčovým parametrem pro výrobu tavených sýrů a je podmínkou pro dosažení dokonalé jakosti výsledného produktu [10, 16]. Sestava směsi musí být počítána tak, aby veškeré její složky umožnily vyrobit sýr s předepsaným obsahem sušiny a tuku v sušině, s optimálním pH (5,6 – 6,0) a konzistencí [3, 21]. Z tohoto důvodu musí být suroviny kontrolovány a podle potřeby výrobní receptura upravována včetně tavících solí [10, 16, 22]. Pro výrobu mohou být použity sýry jednoho druhu nebo více druhů s různou zralostí [22].

### 2.2 Přípravné práce

Přípravné práce spočívají v rozbalování, kontrole, očištění, mletí, vážení a popřípadě mícháním surovin [22, 23, 24]. Při kontrole suroviny můžeme narazit na sýry s vadami např. mechanickými, které nejsou na škodu. Je ale nevhodné používat surovinu mikrobiálně závadnou. Tato surovina by mohla posléze způsobit vady taveného sýru [18, 25, 26]. Čištěním sýrů vznikají ztráty, které se odhadují na zhruba 5 – 6% hmot. [18]. Mletím sýrů můžeme docílovat nárůstu plochy, čímž umožňujeme lepší interakci s přidanými složkami a vodou. Ohřev ve varném zařízení je účinnější. Míchací zařízení nám umožňuje přípravu homogenních a jednotných směsí [27].

### 2.3 Tavení

Proces tavení má především fyzikálně chemický charakter, kdy dochází ke koloidním a disperzním změnám v hmotě taveného sýru. Zvyšuje se obsah rozpustného dusíku, což je

výsledkem tvorby rozpustných (sodných) sloučenin kaseinu s tavíci soli. Tavení je působení tepla, tavících solí a intenzivního míchání, čímž dochází ke spojení přírodního sýru s vodou a přídatnými látkami za tvorby homogenní konzistence. Na vlastní průběh tavení má vliv kvalita použité suroviny, stupeň zralosti sýrů, jejich pH, pufrční kapacita, teplota, doba záhřevu, složení a kvalita a množství tavících solí [16, 18, 28, 29].

Tavící zařízení může být konstruováno jako kontinuální tavící zařízení, avšak pro Českou republiku jsou stále typičtější diskontinuální tavící zařízení [10]. Základem diskontinuálních tavících zařízení je kotel, do kterého je umístována připravená a rozmělněná směs přírodních sýrů a dalších surovin např. máslo, tvaroh, tavící soli apod. [18, 28, 29]. Po nadvádění surovin dochází k uzavření kotle pomocí víka, na němž je umístěno míchadlo. Ve spodní části kotle se dle tavícího zařízení můžou vyskytovat i nože, které dále svým pohybem promíchávají, ale i rozmělnují suroviny. Pomocí vývěvy je v tavícím zařízení vytvořen mírný podtlak (0,04 až 0,05 MPa) a za stálého míchání dochází k zahřívání. Zahřívání je docilováno pomocí přímého vstřiku ostré páry do tavícího zařízení nebo současně i ohřevem do pláště [19, 29, 30, 31]. Tavící teplota se pohybuje na kotli mezi 70 – 95°C s celkovou dobou tavení kolem 10 – 15 minut, z toho doba výdrže 4 – 5 minut, čímž je dosahováno i pasteračního efektu [24, 29, 32, 33].

V případě kontinuálního procesu se drcené sýry a další suroviny nejprve míchají ve vyhřívaném duplikátoru a následné tavení se provádí v nerezových trubkách v tenké vrstvě při teplotě 130 – 145°C po dobu 2 – 3 sekund, zde může být dosahováno sterilačního efektu [30, 32, 34].

## 2.4 Homogenizace

Tavenina se může zpracovávat v homogenizátorech, čímž se zvyšuje lesk, zjemňuje se chuť taveniny, zastírá se nepříznivá chuť použitých sýrů, podporuje se její roztíratelnost a zlepšuje se rozdělení tuků [10, 18]. Homogenizace taveniny, která má tendenci k překrémování, může mít za následek podpoření toho jevu a výsledkem může být tavenina, která má hustou a pevnou konzistenci [10].

## 2.5 Balení

Horká tavenina je přepravována do formovacího zařízení potrubím nebo čerpacími vozíky. Teplota balení tavených sýrů by neměla klesnout pod teplotu 65 – 75 °C, aby nebyla po-



škozena konzistence tavených sýrů a zároveň se teplem ošetřil obalový materiál. Tavené sýry jsou baleny do hliníkových, plastových nebo skleněných obalů [18, 29, 35].

## 2.6 Chlazení

Pro chlazení tavených sýrů se ve výrobě používají stojany, kde jsou tavené sýry vyskládané po jednotlivých kusech nebo baleních. Stojany jsou umístěny v chlazených prostorech, kde se teplota pohybuje od 10 °C do 20 °C se stojacím nebo proudícím vzduchem. K chlazení tavených sýrů ve větších výrobních závodech můžeme využít i různé konstrukce chladičích tunelů. Vychlazené tavené sýry jsou baleny a převáženy do chlazených skladů s teplotou od 2°C do 8°C [2, 17].

### 3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KONZISTENCI TAVENÝCH SÝRŮ

Konzistenci tavených sýrů, lze ovlivňovat množstvím faktorů od použitých surovin a přísad až po podmínky působící během výroby na daný tavený sýr.

#### 3.1 Tavicí soli

Tavicí soli jsou klíčovou komponentou pro výrobu tavených sýrů. Z chemického hlediska to jsou soli slabých kyselin (citronové, fosforečné) a alkalických kovů (sodíku, draslíku) [36, 37]. Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ve znění pozdějších předpisů definuje: *tavicí soli jako látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek* [38].

##### 3.1.1 Hlavní typy tavicích solí

Tavicí soli jsou na trh od výrobců dodávány ve formě směsí, jejichž složení je předmětem výrobního tajemství. Výběr správné tavicí soli „směsi solí“ je dán hlavními faktory, které určují směsnou kompozici a základní materiální vlastnosti, způsob zpracování, jakož i druh taveného sýru, který má být vyroben. Obvyklá dávka tavicích solí se pohybuje v rozmezí 2 – 3% hmotnosti surovinové skladby [27, 39, 40]. Kvůli různorodosti suroviny a specifických požadavků na konzistenci je šíře dávkování v praxi určena pomocí pokusů [2]. V tabulce 1 jsou uvedeny základní skupiny tavicích solí a jejich vliv na jednotlivé vlastnosti taveného sýru.

**Tabulka 1.:** Srovnání skupin tavicích solí

Skupina	Výměna iontů	Posun pH	Krémování	Změna barvy	Ovlivnění chuti	Trvanlivost
Citrát	+	++	0	(neg.+)	++	0
Monofosforečnany	+	++	0	0	(neg.+)	0
Polyfosforečnany	++	+	++	0	0	++

Přepřepočováno podle JOHA BK Ladenburg

#### *Citráty*

Citráty jsou soli odvozené od trikarboxylové kyseliny citronové [2, 17, 32]. Nejčastějším nedostatkem sýrů, tavených jen s citronanem je trvanlivost výrobků, vyšší okyselení výrobku a výsledná konzistence. Jedná se především o monosodný a disodný citrát. U těchto dvou solí nebývá dosahováno ideální struktury a mohou se vyskytovat texturní vady jako např. vylučování tuku, moučnatost nebo drobitost. Tyto soli nacházejí své uplatnění jako

korekční soli ve směsích pro úpravu hodnoty pH [16, 17, 41]. Největší uplatnění z citrátů nachází citronan trojsodný dihydrát, jelikož nepřekyseluje prostředí a má vyšší iontovou výměnu než dva výše uvedené. Je úspěšně využíván při výrobě blokových tavených sýrů [16, 17, 21, 42]. Výhodou citrátů je velice dobrá rozpustnost. Kasein v jejich přítomnosti neobtná a tavený sýr si udržuje původní strukturu. Citronany se neúčastní zesíťování proteinové matrice [10, 16, 43].

**Tabulka 2.:** Citronany používané jako tavící soli

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

Přepřacováno podle Buňka (2016)

### *Fosforečnany*

Fosforečnany jsou soli odvozené od kyseliny trihydrogenfosforečné ( $H_3PO_4$ ) a tvoří skupinu sloučenin, pro něž je společné to, že obsahují anion  $(PO_4)^{3-}$ . Fosforečnany v potravinách respektive v tavených sýrech významně ovlivňují vlastnosti přítomných proteinů (výměna iontů, změna pH, iontové síly roztoku, tvorby gelu atd.) [16, 44]. Obsah fosforečnanů v tavených sýrech je limitován Nařízením Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1129/2011 ve znění pozdějších předpisů, který určuje limit pro obsah fosforečnanů o maximálním obsahu 20 g (vyjádřeno jako  $P_2O_5$ ) na 1 kg taveného sýra [45].

Fosforečnany respektive fosforečnan sodný (MSP), fosforečnan disodný (DSP) a fosforečnan trisodný (TSP) jsou využívány především jako pufrý pro stabilizaci pH nebo korekci pH. Tato schopnost klesá s rostoucí délkou řetězce [16, 17, 41].

Kondenzované fosforečnany s krátkým řetězcem jsou fosforečnany mající ve svém řetězci 2 až 3 fosforečnanové báze. Tyto fosforečnany mají dobrou vazebnou kapacitu pro více-mocné anionty. Pro výrobu tavených sýrů jsou používány tři varianty: dihydrogendifosforečnan sodný (SAPP), difosforečnan sodný (TSPP) a trifosforečnan sodný (STPP). [17]

Dihydrogenfosforečnan sodný (SAPP) dle Dimitreli a Thomareis [46] má dobrou pufráční kapacitu a je schopný udržet pH taveného sýru téměř konstantní hodnotě blízké 6 pH. To potvrzuje i Fox [41] v intervalu 5,3 – 6,0 pH. Avšak Sádliková a kol. [47] pojednává, že u taveného sýru vyrobeného pomocí SAPP došlo k poklesu pH to potvrzuje i HUI a kol. [48]. Difosforečnan sodný (TSPP) má z výše uvedených nejnižší rozpustnost dle Lu [43] je

schopný tvořit příčné vazby s kaseinem v blízkosti hodnoty 6 pH to potvrzuje i Sádliková [47]. Trifosforečnany (STPP) je doporučeno používat v menším množství, jelikož mohou předávat výrobku hořkost. [17]

Kondenzované fosforečnany s dlouhým řetězcem, které mají stupeň kondenzace vyšší než 4 příkladem je tzv. „Grahamova sůl“ (polyfosforečnan sodný) se stupněm kondenzace 10 až 25 jsou úspěšně používány jako tavicí soli pro výrobu roztíratelných tavených sýrů. U těchto fosforečnanů se můžeme setkat s horší rozpustností [17]. Tyto fosforečnany mají vysokou schopnost iontové výměny, emulgace, peptizace, antibakteriální aktivitu, ale velice malou pufrční kapacitu [41].

**Tabulka 3.:** Fosforečnany používané jako tavicí soli

Skupina	Látka	E-kód	Vzorec	Obsah P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	pH 1% vodného roztoku
Monofosforečnany	Dihydrogenfosforečnan sodný	E339(i)	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	59,15	4,5
	Monohydrogenfosforečnan sodný	E339(ii)	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	50,00	9,1
	Monofosforečnan sodný	E339(iii)	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	43,94	11,9
Difosforečnany	Dihydrogendifosforečnan sodný	E450 (i)	Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	63,95	4,1
	Difosforečnan sodný	E450 (ii)	Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	53,38	10,2
Trifosforečnany	Trifosforečnan sodný	E451 (i)	Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	57,88	9,7
Polyfosforečnany	Polyfosforečnan sodný	E452 (i)	(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>n</sub>	65-70	7,2 – 5,1

Přepřacováno podle Buňka (2016)

### 3.1.2 Význam tavicích solí

Záhřevem surovinové směsi (s přírodními sýry) bez použití tavicích solí (případně látek s obdobným účinkem) by došlo ke sledu reakcí, které by měly za následek destrukci membrán pokrývající tukové kuličky. To by zapříčiňovalo spojování tukových kuliček do větších shluků. Dále by v důsledku vyšší teploty, nízkého pH 4,6 – 5,6 a vysrážení rozpustného vápníku a fosforu docházelo k agregaci a kontrakci kaseinových micel, což by mělo za následek oddělení hydrofilní a hydrofobní fáze. Pro dosažení jemné a homogenní struktury bez separace hlavních složek (vody, tuku a agregace proteinů) je v rámci tradičního výrobního postupu nutný přídavek tavicích solí [16, 34].

Tavicí soli, jsou látky, které mají různé vlastnosti, pomocí nichž jsme schopni vyrobit tavený sýr (výměna iontů, úprava pH, dispergace kaseinu, hydratace kaseinu, emulzifikace tuku, krémování, vliv na strukturu, antimikrobiální vlastnosti atd.) [2, 17].

Iontová výměna je schopnost tavící soli odštěpovat z prostředí a vázat na sebe monovalentní i polyvalentní kationty kovů [16]. Tato schopnost se zvyšuje s rostoucím počtem atomů fosforu, zvýšením pH prostředí (dochází ke zvýšení negativního náboje na para-kaseinu) nebo zvýšením teploty [16, 34]. Iontová výměna zahrnuje výměnu vápníku připojeného pomocí fosfoserinových zbytků, anebo karboxylovými skupinami na kyselých aminokyselinách v para-kaseinové síti a nahrazením monovalentním sodíkem z tavící soli [32, 34].

Tím dochází k demineralizaci kaseinu, což vede ke větší schopnosti vázat vodu. Proteinová matrice přírodních sýrů je rozptýlena a transformována na kaseinát sodný nebo disperzní para-kasein. Tyto změny potvrzuje zvýšení ve vodě rozpustného proteinu v průběhu zpracování (od 5 - 20% z celkového proteinu v přírodních sýrech na 60 – 80% v tavených sýrech) a vysokou hladinu nerozpustného vápníku (60 – 90% z celkového počtu) [49].

K emulzifikaci tuku dochází působením tepla, mechanického namáhání a tavících solí k rozpuštění původních tukových kuliček a rozpadu jejich membrán v průběhu zpracování. Tukové kuličky se dále zmenšují a rozdělují [50]. Hydratované proteiny váží vodu, emulgují volný tuk v průběhu zpracování a tím přispívají ke vzniku homogenní a hladké struktury [49].

Tavené sýry patří mezi typicky nekyselé potraviny ( $\text{pH} > 4$ ) a představují prostředí, které vyhovuje mnohým mikroorganismům včetně sporulujících bakterií [51]. Z hlediska výroby nepředstavují takové riziko jako výroba přírodních sýrů, jelikož je při výrobě dosahováno průměrně  $80^\circ\text{C}$  [25]. K jejich odolnosti proti kažení mohou přispívat antimikrobiální vlastnosti některých tavících solí [17]. Citrátové soli nejsou obvykle používány jako antimikrobiální látka i když bylo prokázáno, že vykazují aktivitu proti některým plísním a bakteriím [52]. Polyfosforečnany jsou více využívány jako antimikrobiální látka. Projevují se především, proti grampozitivním bakteriím (*Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* atd.), některým mikromycétám a kvasinkám. Jelikož mohou tvořit v bakteriálních buňkách kanálky, které zvyšují propustnost pro inhibiční látky [44, 53, 54].

### 3.2 Složení surovinové směsi

Tavené sýry je možné vyrobit s různou skladbou surovin mléčného původu (přírodní sýry, máslo, tvaroh, sušené mléko atd.) za přídavku tavících solí. Při výrobě lze použít i suroviny

nemléčného původu (zelenina, koření, šunka, hydrokoloidy atd.). Touto velkou kombinací surovin lze vyrobit výrobky s různou chutí a konzistencí [39, 45, 55, 56].

### 3.2.1 Sýry

Sýry jsou hlavní složkou pro výrobu tavených sýrů. Mezi hlavní typy sýrů, které se pro výrobu tavených sýrů používají, patří Čedar, Eidam, Ementál nebo plísňové sýry. Čedar je pro výrobu tavených sýrů používán v USA, Kanadě a Velké Británii. Naproti tomu v Evropě vyjma Velké Británie jsou to sýry typu Eidam, Gouda nebo Ementál [57]. Správný výběr přírodních sýrů je nanejvýš důležitý pro úspěšnou výrobu. Hlavními kritérii pro jejich výběr jsou typ, chuť, zralost, konzistence a pH. Volba je dána především typem taveného sýru, který má být vyroben a nákladovými faktory [18, 22, 26, 34].

Sýr jako surovina ovlivňuje charakter vyráběného produktu významně obsahem bílkovin a zejména množstvím intaktního kaseinu, který má vliv na mikrostrukturu, reologii a texturní vlastnosti po výrobě [36, 49, 55].

Mladý zrající sýr např. Ementál nebo Čedar s poměrem rozpustného dusíku (SN) ku celkovému dusíku (TN) 0,15 – 0,25 má za následek u tavených sýrů vytváření dlouhých struktur v matici taveného sýra, hladkou strukturu, dobrou krájitelnost, schopnost vázat velké množství vody. Jejich využití má i své nevýhody jako je např. méně intenzivní aroma, sklon k tvrdnutí při skladování a přítomnost malých vzduchových bublinek, které vznikají v důsledku vysoké viskozity směsi [27, 55, 58]. Tato surovina se především používá pro blokové a plátkové sýry [59].

Sýry s intenzivnější proteolýzou ( $SN/TN > 0,40$ ) jsou vhodné spíše pro roztíratelné tavené sýry [27]. Jejich začleněním do surovinové skladby se dosahuje jemnější konzistence, více intenzivnějšího aroma a dle Formana [19] i možného snížení dávky tavící soli to potvrzuje i Tita a kol. (2013) [60] [2]. To je zapříčiněno hydrolyzovanou bílkovinou, která může vést i k nestabilitě emulze [16, 17]. Tyto sýry mohou také předávat tavenému sýru hořkou či štiplavou příchut' a nepříjemné aroma [2, 10].

Z výše popsaných důvodů se v praxi doporučuje kombinovat vyzrálé a mladé sýry pro dosažení požadované jakosti taveného sýra [10, 16].

Pro zvýšení stability emulze bývá přidáván do směsi tavených sýrů nehydrolyzovaný kasein tzv. intaktní. Může být přidáván ve formě tvarohu, čerstvého sýra, sušeného mléka nebo formou kaseinátů [2, 32]. Zvýšením obsahu intaktního kaseinu v taveném sýru o 1%

dle výzkumu firmy Gold Peg [61] z 7,5% na 8,5% se zvýší viskozita o 8%, pevnost o 11% a namáhání při lomu o 10%.

Obsah vápníku v sýru může mít vliv na výslednou strukturu taveného sýru, jak popisuje Guine a kol. (2009) [62] snížení obsahu vápníku v přírodním sýru typu Čedar z (29,8 na 19,6 mg/g kaseinu) mělo značný dopad na výslednou strukturu tavené sýra. Došlo ke snížení pevnosti a zvýšení tekutosti finálního výrobku. To potvrzuje i Kapoor a kol. (2007) [63]. Zdůvodnění pravděpodobně spočívá v zapojení vápenatých iontů do proteinové matrice [16]. Vlivem nižšího obsahu vápenatých iontů v sýru Čedar oproti jiným sýrům (např. Eidam), dochází k rychlejšímu krémování [64]. Tím dochází k lepší dispergaci kaseinů a emulgaci tuku [16].

Krém tzv. nátavek (rework) je do surovinové skladby často zařazován z důvodu zlepšení a stabilizování konzistence taveného sýra. Obecně se doporučuje přidávat 1 – 3%, tuto hodnotu je nutné korigovat podle požadavků na danou taveninu a vlastností jakých dosahuje nátavek (obsah vody, intaktního kaseinu, pH a další) [16, 41].

### 3.2.2 Tuk

Pro zvýšení obsahu tuku v sušince taveného sýra se přidává do surovinové směsi máslo, bezvodý mléčný tuk nebo smetana [2, 29, 49]. Zvyšováním tučnosti taveného sýra se viskozita snižuje [55]. To je způsobeno narušením kompaktnosti proteinové matrice. Výsledkem je tavený sýr s jemnou a roztíratelnou konzistencí [32, 55]. Naopak se snižujícím se obsahem tuku při zachování obsahu sušiny roste tuhost taveného sýra, což je způsobeno větším množstvím dusíkatých látek [27, 32].

Výsledná velikost tukových kuliček v proteinové matici taveného sýru se pohybuje obvykle v intervalu 0,3 – 5  $\mu\text{m}$ . V porovnání s mlékem, kde se tuková globule pohybuje v intervalu 0,1 – 20  $\mu\text{m}$  (se středovou hodnotou 3 – 5  $\mu\text{m}$ ). Velikost tukových kuliček u sýru Čedar se pohybuje v intervalu od 2 – 5  $\mu\text{m}$  [49, 65, 66].

### 3.2.3 Vlhkost

Při procesu tavení sýru dochází k rozsáhlé tvorbě parakaseinového solu. Působením mechanických sil, tepla, tavící soli s nezbytnou účastí prostředí, které tvoří voda. Jelikož vlhkost obsažená v každém sýru není většinou dostatečná, musí se do surovinového složení přidávat voda [2, 19, 28, 29]. Její množství se dopočítává z obsahu sušiny surovin. Voda se

přidává jednorázově na začátku tavení, anebo ve dvou stupních, kdy první část se přidává na začátku a druhá část na konci tavicího procesu. Při tomto postupu kasein s koncentrovaným roztokem tavicí soli reaguje lépe, než při jednorázovém přidavku vody [10, 18].

Vyšší vlhkost v taveném sýru snižuje soudržnost proteinové matrice a výsledkem je tavený sýr s měkčí konzistencí [67]. Naopak snížením vlhkosti dochází ke zpevnění proteinové matrice a dle Lee a kol. (2004) [68] ke zmenšování velikosti tukových kuliček, čímž se zvětšuje jejich povrch, váží se na ně proteiny, a tím se lépe zabudovávají do proteinové matrice.

### 3.2.4 Mléčné komponenty

Sušené mléčné komponenty jako sušené mléko, syrovátka, podmáslí, syrovátkové koncentráty, syrovátkové izoláty, kaseiny a kaseináty jsou používány při výrobě tavených sýrů. Použití těchto komponentů při výrobě ovlivňuje řada faktorů např. rozpustnost, způsob získání, denaturace atd. [2, 16, 17]. Maximálně doporučený přírůstek těchto komponentů se pohybuje v rozmezí pro sušené odstředěné mléko od 10 do 12 g na 100 g taveniny, pro kaseináty a syrovátkové proteinové koncentráty v množství maximálně 5 – 7 g na 100 g taveniny [17].

Hlavním problémem sušené syrovátky a mléka je vyšší obsah laktózy, avšak může se vyskytovat sušená syrovátka i bez laktózy [10, 17, 69]. Vyšší množství laktózy v taveném sýru může způsobovat tzv. Maillardovu reakci, karamelizovat nebo tvořit krystaly, které porušují kompaktnost proteinové matrice, což se projeví snížením tuhosti. Z tohoto důvodu je nutné nepřekračovat maximálně doporučený obsah laktózy ve vodné fázi v množství vyšší než 17% při 20°C, jelikož nad touto hranicí dochází ke krystalizaci laktózy. Avšak z dalších výše popsaných důvodů je doporučováno udržovat obsah laktózy pod 4% v konečném produktu [28, 42, 70].

Mimo výše uvedené nevýhody má použití sušené syrovátky k výrobě tavených sýrů své výhody. Syrovátka je složena především z  $\beta$ -laktoglobulinu a  $\alpha$ -laktoalbuminu [65].  $\beta$ -laktoglobulin obsahuje volné sulfhydrylové skupiny, které jsou schopny při vystavení teplotě kolem 70°C zesítnění. Toto zesítnění probíhá mezi molekulami  $\beta$ -laktoglobulinu tak dochází i k navázání na molekuly  $\kappa$ -kaseinu pomocí disulfidových vazeb. Vyšší obsah těchto bílkovin může vést ke změně sensorických vlastností, zvýšení pevnosti a snížení tavitelnosti [42, 69, 71]. To potvrzuje ve svém experimentu i Solowiej (2007) [72].



V případě syrovátkového koncentrátu získaného ultrafiltrací se syrovátková bílkovina vyskytuje v tzv. nativní podobě, která není schopna se účastnit tvorby sítě v matrici taveného sýru a chová se jako plnivo [2].

Z kaseinátů se pro výrobu tavených sýrů využívá kyselý kasein, sladký kasein, natrium kaseinát nebo kalcium kaseinát. Jejich využití ve výrobě tavených sýrů má svá omezení, jež jsou ovlivněna způsobem získání nebo navázáním iontu [2, 16]. Jednotlivé formy jsou využívány především ve výrobě tavených sýrových analogů [2, 17].

Kyselý kasein je využíván pro zvýšení obsahu enzymaticky neodbourané bílkoviny v taveném sýru. Tato bílkovina má dobré emulgační schopnosti, avšak není schopna tvořit rozsáhlé struktury. Oproti tomu sladký kasein, který byl získán enzymatickými pochody, které zapříčinily odštěpením glymakropeptidu. Získal hydrofobní charakter podobný sýru, čímž je schopný tvořit struktury v taveném sýru [73, 74]. Toto potvrzuje ve svém výzkumu i Solowiej a kol. (2014) [71], který porovnával tavený sýr vyrobený s přídavkem kyselého a sladkého kaseinu. Tvrdost a přilnavost vzorků vyrobených s přídavkem sladkého kaseinu byla vyšší než vzorků vyrobených s přídavkem kyselého kaseinu.

### 3.3 pH

Hodnota pH má významný vliv na kvalitu, strukturu a typ proteinových interakcí v taveném sýru. Optimální hodnota pH pro tavený sýr se různí podle typu vyráběného taveného sýru a může se měnit v rámci odlišnosti surovinového složení při výrobě daného taveného sýru [42, 43]. Při pH pod 5,0 dochází k vysrážení, což je zapříčiněno zintenzivněním proteinových interakcí a jejich vysoké agregaci [16, 48]. To potvrzuje i Solowiej (2007) [72] tavený sýr při pH 5,2 vykazoval zrnitost s velkými proteinovými agregáty a tuk nebyl dobře emulgován. Při pH vyšším než 6,5 pH se stává tavených sýr příliš měkký, což je zapříčiněno snížením intenzity elektrostatických interakcí [16, 48]. Optimální hodnota pH pro roztíratelné tavené sýry se pohybuje přibližně v rozmezí 5,6 až 6,0 pH [32]. V tomto rozmezí 5,6 až 6,0 pH tavené sýry vykazují pevnou strukturu, rovnoměrné rozložení bílkovin ve struktuře a rovnoměrné rozložení tuku [72].

### 3.4 Způsob zpracování taveniny

Minimální teplota potřebná pro proces tavení a krémování je 70 – 75°C, avšak optimální je 80 – 90°C po dobu 4 až 15 minut [75]. Pro výrobu blokových sýrů bývá využíváno krat-

ších časů [48]. Působením teploty a mechanického namáhání dochází ke snížení viskozity, což naznačuje pseudoplastické chování. To je způsobeno ovlivněním orientace makromolekul ve směru proudění. Po zamezení působení smykového namáhání taveniny dochází k náhodné orientaci a snížení pohyblivosti hydratovaných proteinů, což se projeví zvýšením viskozity [76]. Toto zvýšení viskozity může být umocněno prodloužením doby působení mechanického namáhání anebo udržováním taveného sýru při vysoké teplotě. Vyšší teplota může vést k agregaci a dehydrataci para-kaseinu tzv. „překrémování“ může tak docházet k nárůstu pevnosti a pružnosti. Což je způsobeno snížením úrovně rozpustného dusíku [34, 77]. Působením teploty, míchání a vytvoření vakua umožňuje z taveniny odstranit vzduchové bubliny, ale i těkavé látky [10, 49].

Z výzkumu Thomaires [78] vyplývá, že tuk při teplotě vyšší než 39°C se vyskytuje v taveném sýru v tekuté formě. To potvrzuje i Fox [41]. Působením teploty a mechanického namáhání na tukové kuličky dochází k jejich emulgaci a posléze nárůstu viskozity [32]. Avšak viskozita disperzní fáze u tučných tavených sýrů je nižší ve srovnání s viskozitou kontinuální fáze, skládající se převážně z proteinů a minerálních látek [76].

Z výzkumu Lee a Anema (2009) [79] vyplývá, že v průběhu zpracování taveniny může mít vliv na finální strukturu hodnota pH i při konečné úpravě na požadovanou hodnotu pro daný tavený sýr.

V průběhu zpracování taveniny může mít vliv na finální konzistenci i počáteční a konečná vlhkost taveniny jak už bylo výše zmíněno. Zvyšováním obsahu vlhkosti se zvyšuje index toku chování a tavenina má sklon k newtonovskému chování [76]. To je způsobeno narušováním kontinuity a kompaktnosti proteinové matrice [16]. Postupným zvyšováním vlhkosti ve více dávkách vody můžeme docílit lepší interakce tavících solí se surovinou na začátku výroby a tím i ovlivňovat výslednou konzistenci [17, 18].

### 3.5 Chlazení a skladování finálního produktu

Chlazením tavených sýrů se homogenní viskózní hmota mění na charakteristický výrobek, který v závislosti na složení, podmínkách zpracování a rychlosti ochlazování se může druhově odlišovat od roztíratelných po blokové tavené sýry [80, 81]. Ochlazovaná dispergovaná fáze taveného sýru prochází významnými změnami. Jako je změna kapalného tuku, který částečně krystalizuje, což způsobuje zvýšení viskozity [27].

Proteinová síť se vytváří před krystalizací tuku, což vede k zahrnutí tuků do proteinové sítě a jejich interakci tuk-protein [76]. Pomalejším chlazením taveniny dle Zhong a kol. [82] dochází k tvorbě pevnější sítě, což potvrzují i další Fox a kol. [41] jako vhodné pro výrobu blokových sýrů. Oproti tomu roztíratelné tavené sýry se musí ochlazovat rychleji, jelikož u tohoto druhu taveného sýru proběhl intenzivnější krémovací proces v tavícím kotli [10, 17].

Při chlazení záleží i na objemu taveného sýru v jednom balení, jestliže ochlazujeme větší jednotlivé kusy, musí probíhat chlazení o to intenzivněji, jinak by mohlo docházet k tzv. překrémování a hnědnutí (Maillardově reakci) [2].

Tavené sýry se skladují dle vyhlášky č. 397/2016 ve znění pozdějších předpisů od 2°C do 8°C [4]. V průběhu skladování tavených sýrů dochází k dotváření struktury, avšak může docházet i k negativním změnám.

Tyto změny jsou ovlivňovány zejména čtyřmi faktory: [16]

- Složením taveného sýra
- Podmínkami při tavení
- Podmínkami při skladování
- Obalovým materiálem

Ztráta vody je jedním z faktorů, ke kterému může docházet během skladování. Závisí především na skladovací teplotě a času, stejně jako na použitém obalovém materiálu. Použitím nevhodného obalu, může docházet působením světla a kyslíku ke změnám barvy a chuti [26, 41]. Avšak ne všechny změny barvy a chuti jsou způsobeny těmito faktory. Během skladování může docházet tzv. Maillardově reakci. Reakci redukujících cukrů a aminokyselin, které způsobují nahnědlou barvu a ovlivňují chuť a texturu výrobku [2, 28, 70].

Skladováním tavených sýrů dochází k hydrolyze polyfosforečnanů, z nichž vznikají postupně trifosforečnany, disfosforečnany až nakonec monofosforečnany. Ztráta vody a hydrolyza polyfosforečnanů má vliv na iontovou rovnováhu. Tím může docházet k poklesu pH, interakcí mezi proteiny, tavící soli a vápníkem. Tyto faktory zapříčiní zpevnění proteinové matrice a může dojít ke změně vázání vody a její vylučování [28, 32]. Podle Carić a Kaláb (1985) [57] je již před skladováním asi 50% polyfosforečnanů hydrolyzováno již během tavení a zbytek se zhydrolyzuje po 7 až 10 týdnech skladování.

V taveném sýru se po výrobě a během skladování může vyskytnout písčítost, která je způsobena vznikem krystalů [2, 10]. Výskyt krystalů v taveném sýru nemusí být vždy půvo-

dem jen z procesu výroby a následného skladování. Tyto krystaly mohou mít původ v surovině např. tyrosin u ementálských sýrů nebo mléčnanu vápenatého pocházejícího z Čedaru [41]. Tvorba krystalů může být zapříčiněna vznikem nerozpustného fosforečnanu vápenatého. Ten je výsledkem interakce aniontu z tavící soli a vápníku z para-kaseinu. Pravděpodobnost vzniku těchto krystalů roste s vyšším obsahem vápníku často kombinací sýrů, sladkého kaseinu a kaseinátu vápenatého. Nerozpuštěné tavící soli mohou být další příčinou jejich výskytu, což může být způsobeno vysokou dávkou nebo nedostatkem vody pro jejich rozpuštění [26, 41]. Vysoká hodnota pH taveného sýru má také vliv na tvorbu krystalů. Zvláště tam, kde je použita, jako tavící sůl fosforečnan sodný to je způsobeno, tím že pH určuje stupeň disociace a tím i poměr solí a kyselin. Tyto formy solí a kyselin se liší v jejich rozpustnosti ve vodném prostředí [49, 55].

## 4 VÝROBA SÝRU ČEDAR A FAKTORY OVLIVLIVŇUJÍCÍ PRŮBĚH ZRÁNÍ

Sýr Čedar je nejoblíbenější, nejznámější a nejrozšířenější sýr na světě pocházející z Britských ostrovů z hrabství Somerset rozkládající se na jihozápadě Anglie. Sýr je pojmenován podle města *Cheddar*, v jehož blízkosti vznikl [83, 84, 85, 86]. Rozšířením výroby sýru Čedar po světě vzniklo velké množství druhů (Farm-house Cheddar, Cheshire, Red leicester), které se nejčastěji liší v parametru barvy. Sýr typu Čedar se může vyskytovat v barvě od světle žluté až po sytě červenou, které je docíleno přidavkem šafránu, annatta nebo beta-karotenu [83, 85, 87]. Základním parametrem vyznačujícím se sýr Čedar, oproti jiným druhům sýrů je textura, které je docíleno speciálním technologickým procesem tzv. Čedarováním [88].

### 4.1 Výroba sýru Čedar

Základem každé výroby sýrů je výběr mléka. Pro výrobu sýru typu Čedar je používáno kravské mléko, které musí vyhovovat požadavkům na hustotu mléka (1,028 – 1,032 g/cm<sup>3</sup>), kyselost mléka (6,2 – 7,8 SH), kysací schopnost, sýřitelnost mléka a mikrobiální jakost dle Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ve znění pozdějších předpisů, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu [18, 65, 89].

Mléko pro výrobu sýrů typu Čedar o obsahu 50% hmot. tuku v sušině je standardizováno na obsah tuku přibližně 3,3% hmot., avšak tato hodnota se během roku může upravovat podle obsahu bílkovin v mléce. Jestliže během roku klesá obsah bílkovin v mléce musí klesnout i obsah tuku při standardizaci mléka, avšak na výrobu 1 kg sýru spotřebujeme větší množství mléka [25, 90, 91]. Pro usmrcení vegetativních forem patogenních mikroorganismů v mléce (*Mycobacterium tuberculosis*, *Salmonella Typhi*, koliformní bakterie a další) je použita šetrná pasterace 72 až 75°C po dobu 15 až 20 sekund [18, 25, 65]. Mléko se po pasteraci přímo zchlazuje na teplotu 32 až 34°C a napouští se do výrobního zařízení k dalšímu zpracování nebo se vychlazuje na teplotu 8 až 12 °C a napouští se do úchovných tanků, ve kterých předezrává [92]. Mléko v případě většiny sýrů Čedar se dobarvuje pomocí již výše zmíněnými barvivy: annatto (připravuje se ze semen *Bixa orleana*) nebo β-karotenu [49].

Mléko po pasteraci se dále zaočkovává mezofilní zákysovou kulturou, která obsahuje bakterie: *Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. cremoris* a další, pro obnovení mléčné mikroflóry, která zabezpečuje optimální prokysání na hodnotu 7,5 až 8,0 SH [25, 93, 94]. Společně s mezofilní zákysovou kulturou se mléko zaočkovává Čedarovou nezákysovou kulturou, která může obsahovat mikroorganismy: *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum* a další. Složení zákysových kultur se může odlišovat dle typu Čedaru, zvyklostem dané země, jelikož v průběhu zrání ovlivňují chuťové vlastnosti sýru Čedar a rychlost zrání [93, 95]. Po prokysání mléka je upravena sýřitelnost mléka přidávkem nasyceného roztoku chloridu vápenatého v množství 10 až 40 ml na 100 l mléka [21, 92, 96]. Po úpravě teploty mléka na sýřicí teplotu 32 až 34°C následuje přidávek takového množství syřidla, aby za stanovený čas dle technologického postupu (přibližně za 30 minut) došlo k vytvoření charakteristické sýřeniny [88, 92]. Vytvořená sýřenina je dále krájena a míchána na požadovanou velikost a posléze dohřívána na teplotu přibližně 39°C. Krájením, mícháním a posléze dohříváním dochází v sýřenině postupně ke snižování obsahu syrovátky. Syrovátka je dále vylučována ze sýřeniny také udržováním při dané teplotě a zvyšováním kyselosti [49, 87].

Po dosažení požadovaných vlastností zrna je syrovátka odpuštěna a sýřenina, která klesá na dno je podrobena tzv. Čedarování. Čedarování spočívá v usazení sýřeniny na dno výrobničku, její lisování, krájení a dělení do vrstev, aby uprostřed vnikla volná plocha pro odtok syrovátky. Po dosažení požadované kyselosti syrovátky (12 SH) je slepená sýřenina podrobena procesu mletí a solení na požadovanou hodnotu 1,6 až 2,5 % hmot. NaCl v sýru [25, 88, 96, 97]. Solením se snižuje obsah syrovátky v sýřenině a inhibuje se proces tvorby další kyseliny mléčné. Posléze je zrno nadávkováno do lisovacích forem (tradičně válec o váze 24 – 27,5 kg, výšce 26 – 40 cm a průměru 32 – 40 cm) a lisováno do druhého dne [84, 97]. Lisování sýru by mělo probíhat postupně se zvyšujícím se tlakem, aby nedošlo k uzavření vnější vrstvy sýru. Tlak potřebný pro lisování je závislý na velikosti bochníku a technologii výroby [91, 92].

Jelikož sýr obsahuje velmi nízký obsah vody okolo 39%, může se využívat zracích obalů s různou propustností od plátna, parafinového vosku až po plastické fólie s nízkou propustností [49]. Tradičně sýr zraje od šesti až do osmnácti měsíců při teplotě od 6°C do 10°C [84].

## 4.2 Biochemické procesy během zrání sýru Čedar

Typickou chuť, vůni, konzistenci a vzhled získává sýr zráním respektive přeměnou především třech základních složek mléka: mléčného cukru (laktózy), bílkovin a tuků. Jelikož k výše uvedeným změnám dochází již během zpracování mléka na výrobníku. Můžeme rozdělovat proces zrání na tzv. předběžné zrání a tzv. vlastní zrání [62, 123].

Předběžným zráním rozumíme především procesy probíhající od zrání mléka až po vysolení sýrů: pomnožení bakterií, prokysání mléka a působení syřidla. Během technologického procesu přeměny mléka dochází k pomnožení bakterií především mezofilních kysylových bakterií (*Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. cremoris*, a další), jejichž základní úlohou je produkce především kyseliny mléčné [25, 97]. Mohou tak přispívat k tvorbě prostředí pro nezákysové bakterie a společně tvoří „masu“, která slouží jako zdroj enzymů (intracelulárních), především pro průběh vlastního zrání sýrů. Rozmnožení a metabolismus kysylových bakterií je velmi rychlý a v průběhu lisování je přítomno již v počtu  $10^8$  KTJ/ml [91, 93, 96].

### Metabolismus laktózy

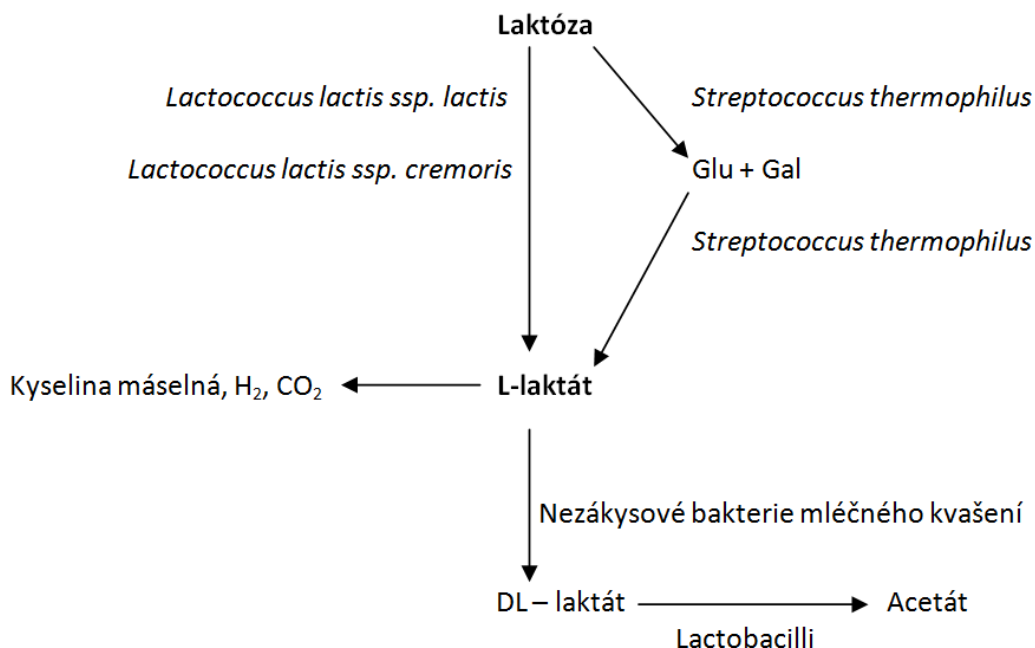
Sýr je fermentovaný mléčný výrobek, který při výrobě prochází biochemickými procesy. Jedním z hlavních biochemických procesů je metabolismus laktózy. Pomocí mezofilních kysylových bakterií (*Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. cremoris*, a další), je laktóza fermentována především na kyselinu mléčnou, která v průběhu procesu výroby sýrů snižuje pH mléka a posléze i sýra [25, 98]. Hlavním izomerem kyseliny mléčné při fermentaci laktózy pomocí mezofilních kysylových bakterií je L-kyselina mléčná [93, 99]. Mimo kyselinu mléčnou je produkováno množství chuťových látek: diacetyl, kyselina octová a další. Rychlost fermentace laktózy závisí na množství bakterií mléčného kvašení obsažených v mléce a podmínkách vhodných pro jejich pomnožení (např. teplota, pH) [25, 91, 100]. Produkce kyseliny mléčné pomocí mezofilních kysylových bakterií je závislá i na obsahu soli, kterou sýr získá v průběhu solení. Jestliže množství soli je vyšší než odolnost mezofilních kysylových bakterií je zbývající množství laktózy zfermentováno pomocí nezákysových mléčných bakterií, které jsou více halotolerantní. Tyto bakterie kromě L-kyseliny mléčné tvoří i D-kyselinu mléčnou [25, 49, 91, 101]. Demineralizace kaseinových micel působením kyseliny mléčné má významný vliv na texturu a proteolýzu sýru. Sýry typu Čedar dosahují působením kyseliny mléčné nízkého pH, čímž dochází k již zmíněné demineralizaci a tvorbě charakteristické drobné textury sýru Čedar [96, 99].

### Metabolismus laktátu a citrátu

Kyselina mléčná vzniklá z laktózy působením mikroorganismů. Je důležitým substrátem pro velké množství reakcí, které probíhají během zrání sýrů [98]. Celkové množství kyseliny mléčné v sýru Čedar se pohybuje okolo 1,5 % hmot., z toho obsahuje i určité množství D-kyseliny mléčné, kterou vytvořily fermentací zbytkové laktózy laktobacily nebo racemizací L-kyseliny mléčné. Tato změna je závislá na obsahu soli v sýru a hodnotě pH [99].

Poměr obsahu L a D – kyseliny mléčné v sýru Čedar nemá vliv na jeho chuťové vlastnosti, avšak D – mléčnan vápenatý může být méně rozpustný než L – mléčnan vápenatý a může tak docházet k tvorbě krystalů [91, 142]. Oxidací kyseliny mléčné dochází k tvorbě acetátu a oxidu uhličitého. Oxidační aktivita je závislá na populaci nezákysových mléčných bakterií, dostupnosti kyslíku, která je určena velikostí bochníku a propustností obalového materiálu [99, 103]. Vytvořený acetát je obsažen ve vyšším množství, jež se podílí na vytváření chuťových vlastností [102]. Sýr Čedar obsahuje kolem 0,2 až 0,5% hmot. citrátu, jelikož většina citrátu obsaženého přirozeně v mléce během výroby (přibližně 90%) zůstane v syrovátce. Citrát je důležitým prekurzorem pro tvorbu chuťových látek [98]. Je metabolizován především *Lactococcus lactis* subs. *lactis* biovar *diacetylactis* a *Leuconostoc* spp., což vede k tvorbě aromatických sloučenin jako je diacetyl, acetoin, 2,3-butylen glykol. Avšak metabolismus citrátu v sýru Čedar může způsobovat vady, jestliže je metabolizován na větší množství kyseliny octové a oxidu uhličitého, které mohou zapříčinit tvorbu tvarohovité konzistence nebo tvorbu malých ok [102, 104, 105].



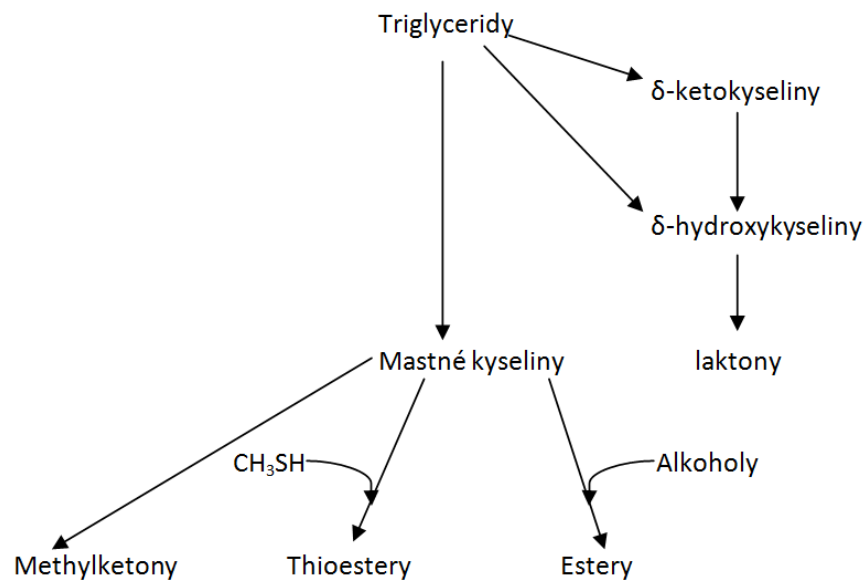


**Obrázek 1.:** Stručné shrnutí metabolismu laktózy (přepřacováno podle McSweeney P.L.H. (2011))

### Lipolýza

Tuky obecně v potravinách procházejí oxidačními a hydrolytickými reakcemi, což zapříčiňuje rozvoj typické i netypické chutě, vůně a změn v textuře. Avšak oxidačně-redukční potenciál sýrů je velmi nízký asi 250 mV a mléčný tuk obsahuje nízké hladiny polynenasycených mastných kyselin, oxidaci lipidů téměř během zrání sýru Čedar nedochází [77, 91].

K rozkladu tuků dochází působením lipáz, což je důležitá biochemická reakce během zrání sýrů. Lipázy jsou enzymy, které pocházejí z: mléka, syřidla, zákysových mléčných baterií, nezákysových mléčných bakterií a dalších přidávaných látek do mléka [77, 98]. Lipázy katalyzují hydrolýzu triacylglycerolu, kterého je v sýru obsaženo více než 98% z celkového množství tuku, což vede k produkci volných mastných kyselin, diacylglycerolu, monoacylglycerolu, mastných kyselin a glycerolu [99, 103, 106]. Významnou roli ve vývoji chutě a vůně sýru Čedaru, hrají volné mastné kyseliny např. máselná kyselina, která ale ve vyšším množství tvoří žluklou příchut' [107]. Volné mastné kyseliny slouží jako prekurzory v katalytických reakcích pro tvorbu dalších významných sloučenin, které se podílejí na vývoji chutě a vůně: methylketony, laktony, estery, alkany a sekundární alkoholy [91, 102].



**Obrázek 2.:** Stručné shrnutí lipolýzy (přepřacováno podle McSweeney P.L.H. (2011))

### Proteolýza

Proteolýza je primárně zodpovědná za změnu struktury, vývoj chutě, vůně tvorbou aminokyselin a malých peptidů, z nichž se dále tvoří významné aromatické látky [49, 98]. K proteolýze dochází působením proteináz a peptidáz, které pocházejí z: mléka, syřidla, kyselých mléčných bakterií a nezákysových mléčných bakterií [91, 96].

Proteolýza je v průběhu výroby sýru Čedar započata již během srážení mléka a to přídavkem syřidla. Jako syřidlo pro výrobu sýrů se využívá proteolytický enzym chymosin, který je respektive byl získáván ze čtvrtého žaludku sajících telat, krmených mlékem. Tento proteolytický enzym se vyznačuje vysokou specifitou, oproti jiným enzymům např. hovězímu pepsinu, který je spíše nevhodný pro výrobu sýrů, jelikož sýřenina vzniká pomalu a je méně tuhá. Z důvodu vysoké poptávky po enzymu chymosinu a humánního hlediska se dnes ve výrobě využívají syřidla, která jsou spíše mikrobiálního původu [41, 49].

Na tyto syřidla jsou kladeny vysoké nároky: rozpustnost ve vodě, nesmí mít vyšší proteolytickou aktivitu, aby nebyla sýřenina hydrolyzována a nedocházelo tak k rozsáhlé proteolýze jejich působením během zrání sýru, neměla by mít výraznější lipázovou aktivitu a ani vykazovat aktivitu jiných enzymů atd. Tyto nároky splňují mikrobiální syřidla, která jsou extrahována např. z *Kluyveromyces lactis*, *Aspergillus niger* nebo z plísní *Rhizomucor miehei* do nichž byl vnesen specifický gen pro tvorbu enzymu [26, 65, 108].

Proces srážení mléka probíhá působením syřidla (proteolytického enzymu) na κ-kaseinovou frakci, která je rozštěpena mezi 105. (Phe) a 106. (Met) aminokyselinou. Čímž

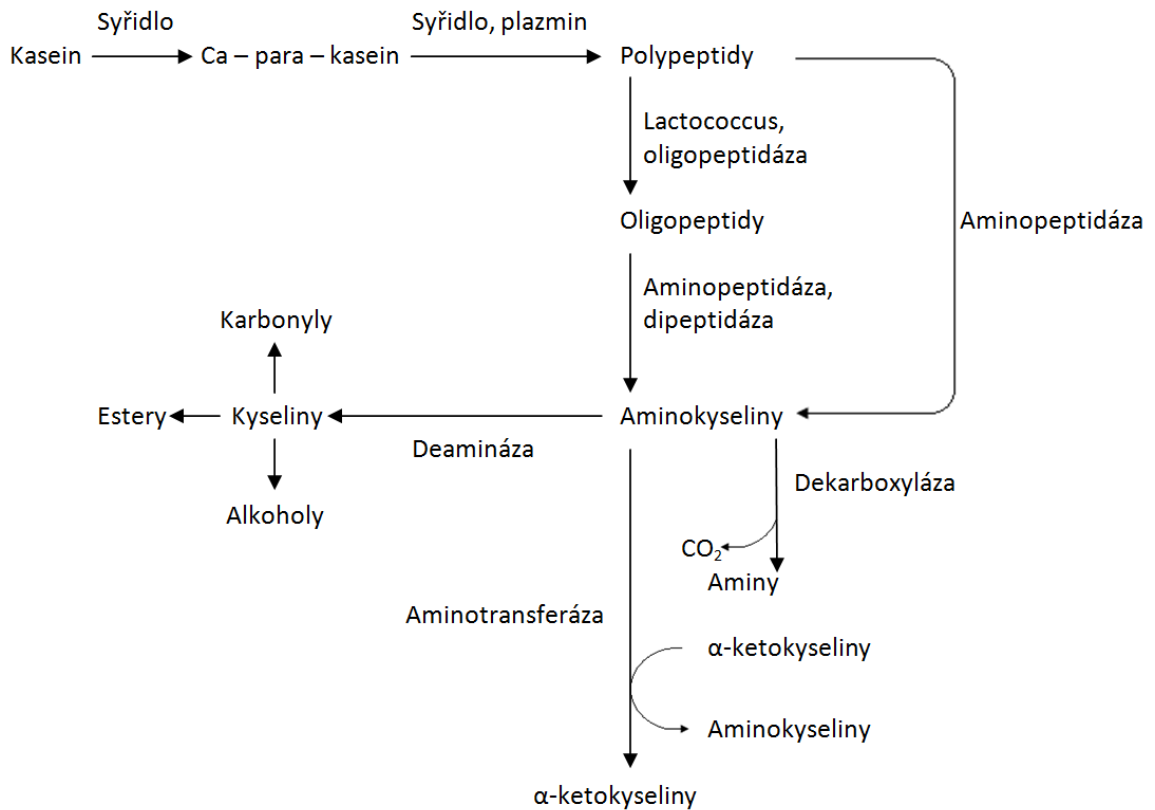
dojde ke vzniku hydrofobního para- $\kappa$ -kaseinu (frakce 1. až 105. aminokyselina) a hydrofilního  $\kappa$ -kaseinmakropeptidu (frakce 106. až 169. aminokyselina) odcházející do syrovátky. Odštěpením  $\kappa$ -kaseinmakropeptidu ztrácí kaseinová micela svou stabilizační vrstvu, čímž následně dochází ke spojování kaseinových micel prostřednictvím vazby vápenatých iontů na fosfoserinové zbytky jednotlivých frakcí kaseinu [18, 37, 91]. Působení syřidla je ovlivňováno mnoha faktory: druhem mléka, koncentrací kaseinu, koncentrací syřidla, teplotou, pH mléka, koncentrací vápenatých iontů, tepelným ošetřením mléka, tučností mléka a homogenizací. Tyto faktory v průběhu výroby mohou ovlivnit působení syřidla a může docházet k vadám [109, 110]. Přibližně 6% syřidla zůstává po výrobě uzavřeno v sýru, avšak toto množství je závislé na pH v průběhu výroby. S klesající hodnotou pH narůstá množství syřidla uzavřeného v sýru, které posléze může tvořit hořké štěpné produkty [49, 91]. Zbytkové množství syřidla v sýru Čedar hydrolyzuje  $\alpha_{s1}$ -kasein mezi Phe<sub>23</sub>-Phe<sub>24</sub> a vzniká frakce (frakce 1. až 23. aminokyselina a frakce 24. až 199. aminokyselina). V průběhu zrání dále hydrolyzuje na Leu<sub>101</sub>-Lys<sub>102</sub>, Phe<sub>32</sub>-Gly<sub>33</sub> a Leu<sub>109</sub>-Glu<sub>110</sub>. Peptidy vzniklé štěpením těchto vazeb byly identifikovány jako ve vodě nerozpustné. Další hydrolyza peptidů je dosažena působením plazminu, a nebo proteinázami bakterií např. laktokoků [49].

Plazmin je nejvýznamnější endogenní proteináza bovinního mléka, která může mít nepříznivé působení v případě produkce pasterovaného mléka, ale i příznivý vliv v případě výroby sýrů. Obsah plazminu v sýru Čedar se pohybuje v rozmezí 3 až 4,5  $\mu\text{g/g}$ , jeho hlavní funkcí je hydrolyza  $\beta$ -kaseinu, který je více odolný než  $\alpha_{s1}$ -kasein. V průběhu zrání hydrolyzuje pouze 50% obsaženého  $\beta$ -kaseinu na množství frakcí, které jsou ve vodě nerozpustné (Lys<sub>28</sub>-Lys<sub>29</sub>, Lys<sub>105</sub>-Gln<sub>106</sub>, a Lys<sub>107</sub>-Glu<sub>108</sub>) [48, 111, 112].

Za primární proteolýzu jak je zmíněno výše zodpovídá působení plazminu a chymosinu. Tato hydrolyza vede k vytvoření velkých až středně velkých peptidů, které jsou rozložitelné na menší peptidy. Na menší peptidy a aminokyseliny jsou rozloženy pomocí enzymů, které se uvolnily po buněčné lýze ze zákysových a nezákysových bakterií [91, 99, 102]. Každá bakterie (laktokoky, laktobacily) respektive kmen bakterie, může mít různé složení intracelulárních peptidáz, jež jsou kódovány plazminem. Intracelulární peptidázy zahrnují: oligoendopeptidázy, aminopeptidázy, karboxypeptidázy, aminopeptidázy a další [49].

Dalším působením těchto bakterií a enzymů jsou aminokyseliny dále rozkládány na aromatické sloučeniny (aminy, aldehydy, alkoholy, amoniak, estery, thioly), které dávají sýru Čedar charakteristické aroma [91, 99, 102].

Katabolismus aminokyselin je způsoben aminotransferázami, což jsou intracelulární enzymy. Degradace aminokyselin je hlavní proces pro formování aroma sýru Čedar a aromatických aminokyselin (fenylalanin, tyrosin, tryptofan, leucin, izoleucin a valin). Z leucinu následně může vznikat: 3-methylbutanal, 3-methylbutanová kyselina; z fenylalaninu fenylethylacetat a další [49, 107]. Výsledná chuť sýra je kombinací aromatických látek a jejich koncentrací [49, 98, 102].



**Obrázek 3.:** Stručné shrnutí proteolýzy (přepřacováno podle McSweeney P.L.H. (2011))

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo zkoumat vliv zralosti sýru Čedar a vliv složení ternárních směsí tavících solí na viskoelastické vlastnosti vyrobených modelových vzorků taveného sýra v průběhu jeho skladování.

Cíle teoretické části diplomové práce:

- popsat technologii výroby a charakterizovat vlastnosti tavených sýrů
- charakterizovat a popsat mechanismus působení na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů
- charakterizovat vliv prozrálости sýru Čedar na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů

Cíle praktické části diplomové práce:

- vyrobit modelové vzorky tavených sýrů, za použití sýru Čedar s různým stupněm zralosti
- pro výrobu vzorků tavených sýrů, použít ternární směsi, skládající se ze sodných solí fosforečnanů a citrátů
- modelové vzorky skladovat po dobu 60 dnů a v průběhu skladování provést základní chemickou analýzu, texturní profilovou analýzu a reologickou analýzu modelových vzorků

## 6 MATERIÁL A METODIKA

Experiment byl prováděn na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně, Fakultě technologické na Ústavu technologie potravin. V rámci experimentu byl sledován parametr zralosti sýru Čedar a jeho vliv na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů, ovlivněnou různou skladbou ternárních směsí tavících solí a různou dobou skladování modelových vzorků při konstantní teplotě.

### 6.1 Základní charakteristika surovin použitých k výrobě

- sýr Čedar; sušina 62% hmot., tuk v sušině 50% hmot., bílkovina 25 % hmot., soli 1,4 % hmot.; Coburger, Německo
- máslo; sušina 84% hmot., tuk 82 % hmot., netuky méně než 2 % hmot., obsah vody maximálně 16% hmot.; Moravialacto a.s., Jihlava
- směs ternárních směsí tavících solí:
  - o citronan sodný (TSC); Merck, Německo
  - o hydrogenfosforečnan sodný (DSP); Fosfa a.s., Břeclav
  - o difosforečnan sodný (TSPP); Fosfa a.s., Břeclav
  - o polyfosforečnan sodný (P20); Fosfa a.s., Břeclav
- roztok kyseliny chlorovodíkové o  $c_{\text{HCl}} = 1$  [mol/l]
- roztok hydroxidu sodného o  $c_{\text{NaOH}} = 1$  [mol/l]
- pitná voda

### 6.2 Použité přístroje

- tavící zařízení; Vorwerk Thermomix TM 31 – 1, Vorwerk &Co., GmbH, Wuppertal, Německo
- pH metr se skleněnou vpichovou elektrodou; pH Spear, Eutech Instruments, Oakton, Malaysia
- texturní analyzátor; TA.XT2 Plus Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie; s válcovou sondou o průměru 20 mm

### 6.3 Popis experimentu

Praktická část diplomové práce zahrnovala výrobu modelových vzorků tavených sýrů (o obsahu sušiny  $40 \pm 2\%$  hmot.). Modelové vzorky tavených sýrů byly vyrobeny z jedné šarže

sýru Čedar v časových odstupech, aby bylo dosaženo různé doby zralosti sýru od výroby (4, 8, 12 a 16 týdnů). Sýr Čedar byl po dobu zrání skladován ve zracích sklepech, vakuovém zracím obalu z polyethylenu při teplotě 9°C a relativní vlhkosti vzduchu 75%.

Tavicí soli pro výrobu modelových tavených sýrů byly použity: citran trisodný (TSC;  $C_6H_5Na_3O_7$ ), hydrogenfosforečnan disodný (DSP;  $Na_2HPO_4$ ), difosforečnan sodný (TSPP;  $Na_4P_2O_7$ ), polyfosforečnan sodný (P20;  $(NaPO_3)_n$ ). Z výše uvedených druhů tavicích solí byli sestaveny 4 kombinace v zastoupení 3 druhů tavicích solí ve směsi: DSP:TSPP:P20, DSP:TSPP:TSC, DSP:TSC:P20 a TSC:TSPP:P20. Vytvořené kombinace ternárních směsí tavicích solí byly aplikovány v různém procentuálním poměru v dané směsi, tak vzniklo 12 variant: 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.

Jako ideální hodnota pH pro roztíratelné tavené sýry bylo určeno rozpětí 5,60 až 5,80. Pro korekci na výše zmíněnou hodnotu byl použit roztok: zásaditý roztok hydroxidu sodného o  $c_{NaOH} = 1$  [mol/l], a nebo kyselý roztok kyseliny chlorovodíkové o  $c_{HCl} = 1$  [mol/l] v potřebném množství. Vypočtené potřebné množství roztoku bylo odečteno od celkového přídatku pitné vody, aby nedocházelo ke snižování obsahu sušiny vyrobených modelových vzorků taveného sýra.

Po přípravě a rozmělnění surovin uvedených výše byly suroviny nadávkovány do tavicího zařízení, kde probíhal tavicí proces. Celkový čas tavení se pohyboval v rozmezí  $10 \pm 2$  minuty při 4000 ot/min s cílenou teplotou  $90 \pm 1^\circ C$  a výdrží 1 minutou.

Po ukončení tavicího procesu byla tavenina nadávkována do polypropylenových kelímků přibližně po  $40 \pm 2$  g. Kelímek byl posléze uzavřen zavařením hliníkového víčka. Vzorky tavených sýrů byly po dobu 1 hodiny uchovány při  $20^\circ C$  a posléze přesunuty do skladovacího boxu, kde byli skladováni po určenou dobu při teplotě  $6 \pm 2^\circ C$ .

#### 6.4 Základní chemická analýza

Modelové vzorky taveného sýru byly podrobeny základní chemické analýze, která zahrnovala stanovení hodnoty pH a stanovení obsahu sušiny modelového taveného sýru.

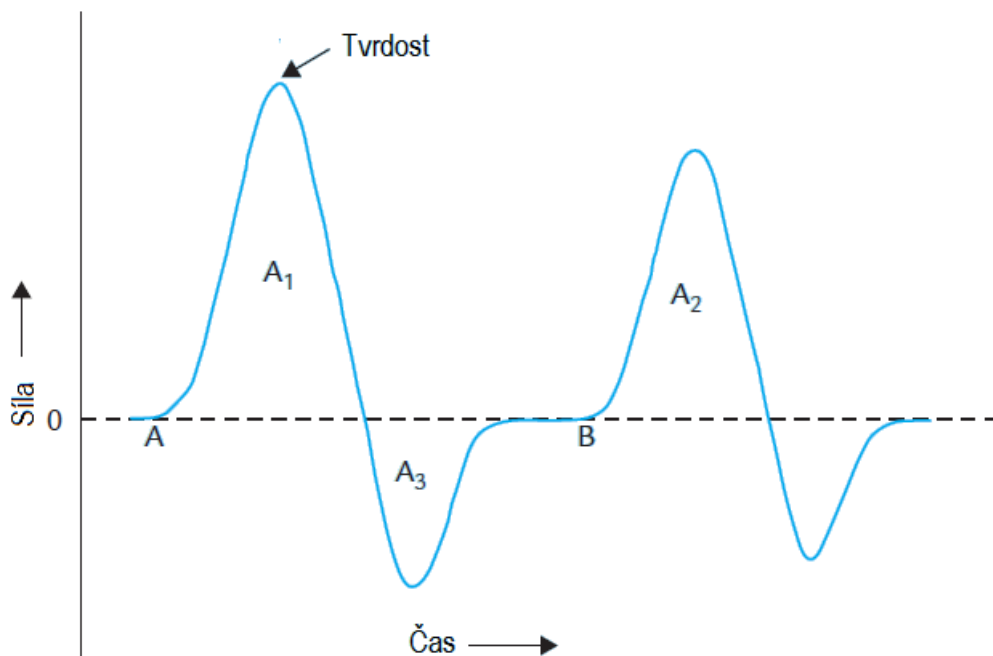
Při stanovení hodnoty pH se postupovalo: pomocí již výše zmíněného pH metru byli provedeny tři měřicí vpichy do různých částí jednoho vzorku, přičemž každá šarže obsahovala tři totožné vzorky, tím bylo získáno 9 hodnot pH z jedné šarže.



Při stanovení obsahu sušiny se postupovalo podle: ČSN EN ISO 5534, což zahrnovalo sušení při teplotě  $102\pm 2^\circ\text{C}$  do konstantní hmotnosti [113].

## 6.5 Texturní profilová analýza

Texturní profilová analýza modelových vzorků tavených sýrů zahrnovala sledování parametru: tvrdosti, relativní lepivosti a soudržnosti (kohezivnosti). Měření bylo prováděno na již výše zmíněném texturní analyzátoru TA-TX2 Plus (StableMicro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie). Texturní analýza modelových vzorků tavených sýrů byla provedena po temperaci vzorku na teplotu  $16\pm 2^\circ\text{C}$  hliníkovou sondou o průměru 20 mm, dvojitou penetrací do hloubky 10 mm a s rychlostí sondy 2 mm/s.



**Obrázek 4.:** Typická křivka texturní profilové analýzy (přepřacováno podle Bourne M. C. (2002))

Na výše uvedeném obrázku č. 4. je grafické vyobrazení zátěžových křivek popisující závislosti: (A) je začátek prvního stlačení, (B) je začátek druhého stlačení.

Tvrdost je definována jako síla potřebná k porušení či rozbití vzorku, během prvního působení síly [92, 114, 115]. Na obrázku č. 4 je vyobrazena písmenem ( $A_1$ ), čím vyšší hodnoty dosahuje pík, tím byla potřeba vyvinout větší sílu k porušení modelového vzorku taveného sýru.

Relativní lepivost (přilnavost) je definována jako negativní oblast na grafu ( $A_3$ ) představuje sílu potřebnou pro vytažení kompresní sondy ze vzorku [92, 114, 115].

Soudržnost (kohezivnost) je definována jako poměr sil (pozitivních oblastí na grafu) potřebných k proniknutí sondy do vzorku při druhé penetraci ( $A_2$ ) a první penetraci ( $A_1$ ), čímž jsou charakterizovány síly vnitřních vazeb [92, 114, 115].

## 7 VÝSLEDKY A DISKUZE

U modelových vzorků tavených sýrů byla provedena základní chemická analýza (stanovení sušiny, stanovení hodnoty pH) a dále texturní profilová analýza.

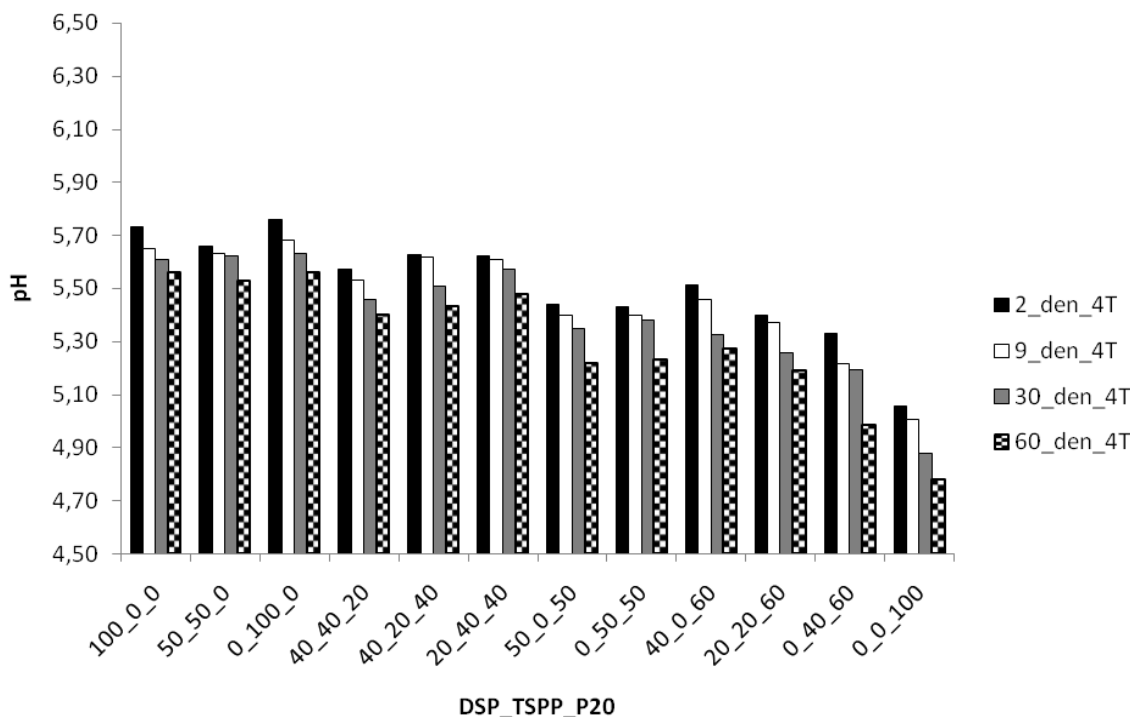
### 7.1 Výsledky stanovení obsahu sušiny

Stanovené hodnoty obsahu sušiny se pohybovaly v rozmezí 40,11 až 40,58% hmot., tyto hodnoty odpovídají požadavku na sušinu, který byl stanoven pro modelové vzorky tavených sýrů na hodnotu obsahu sušiny  $40 \pm 2\%$  hmot. Vyšší rozpětí hodnot obsahu sušiny by mohl způsobit nesrovnatelnost získaných výsledků především v texturní profilové analýze, ale mohl by mít také vliv na naměřené hodnoty pH u vzorků tavených sýrů.

### 7.2 Výsledky stanovení hodnot pH

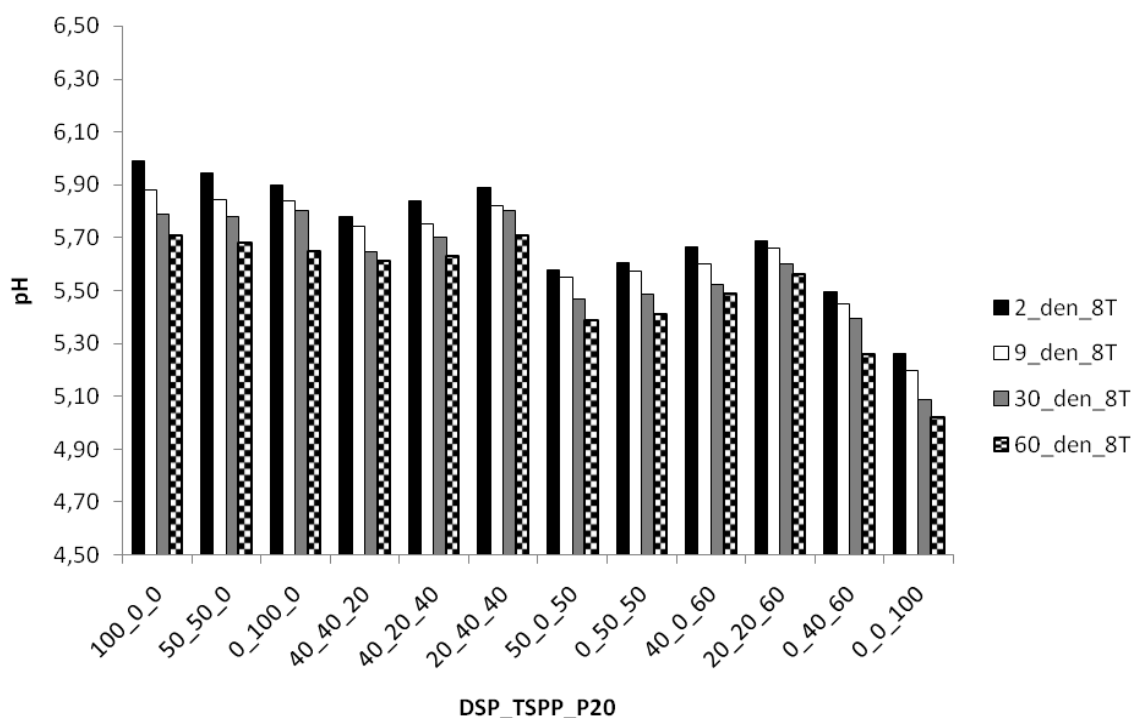
Grafické vyhodnocení naměřených hodnot pH v závislosti prozrálosti suroviny na použité směsi ternárních tavících solí jsou prezentovány níže na obrázcích 5 až 20.

Při vyhodnocení použití tavících solí bylo zjištěno, že nejnižší hodnoty pH dosahoval vzo-



**Obrázek 5:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSPP\_P20

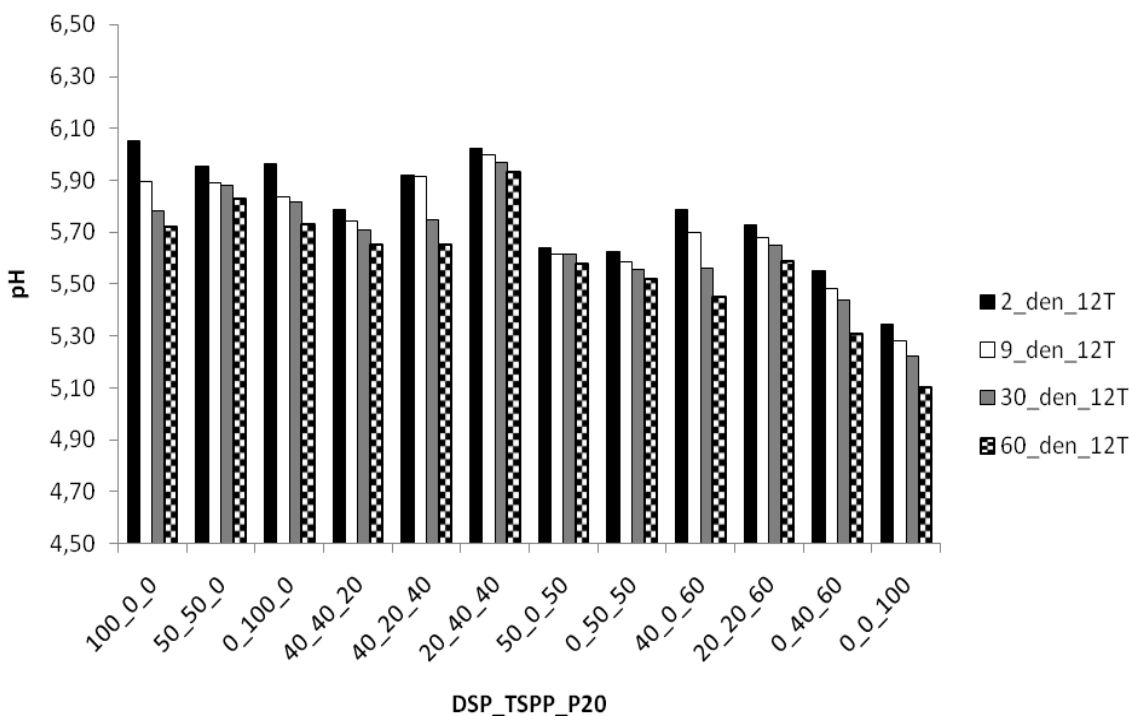
rek taveného sýru, u kterého byla použita tavící sůl složená pouze z polyfosforečnanu sodného (dále jen P20). Tento vzorek vykazuje, oproti jiným modelovým vzorkům tavených sýrů nejnižší hodnoty pH v rozmezí 4,78 až 5,47 jak je uvedeno na obrázku 5, 13 a 17. To je pravděpodobně způsobeno nízkou pufrací kapacitou polyfosforečnanových tavících solí, čímž pH taveného sýru je přibližně stejné jako pH surovinové směsi. [18] Podobný výsledek působení tavící soli P20 potvrzují i Weiserová a kol. (2011) [116] a Buňka a kol. (2012) [117].



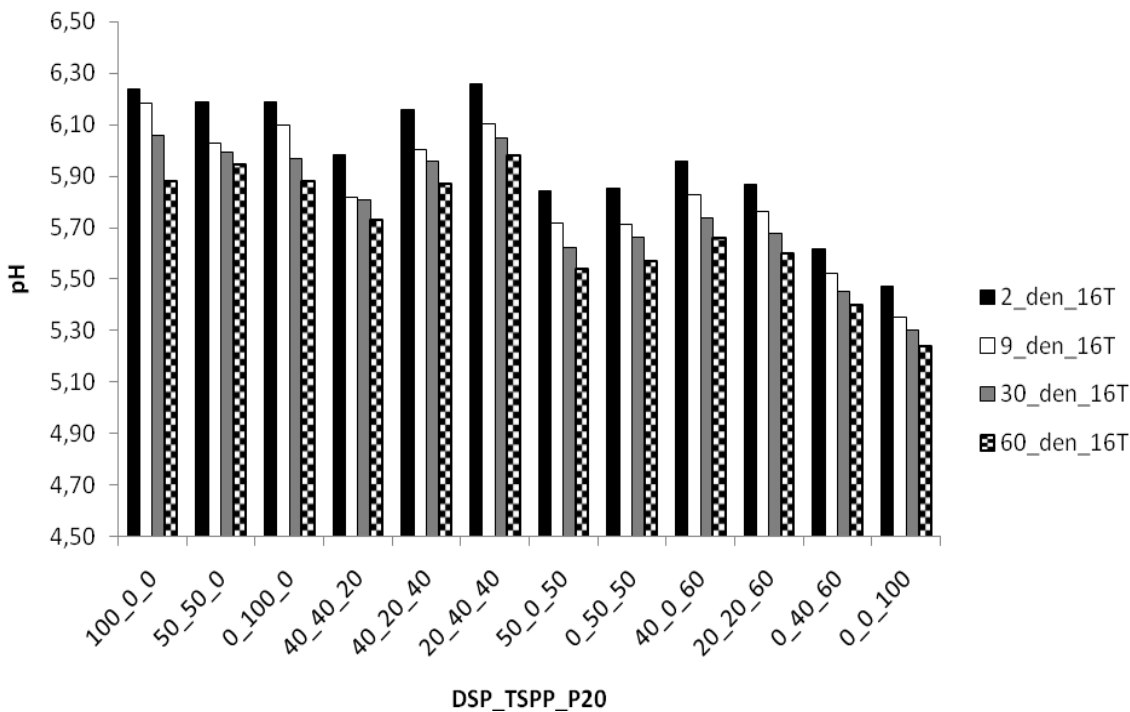
**Obrázek 6:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSPP\_P20

Mimo výše uvedené byl u modelového vzorku taveného sýru zaznamenán v průměru (4, 8, 12 i 16 týdnů zralosti přírodního sýru Čedar) pokles pH o 0,3 a to v průběhu skladování mezi 2. dnem a 60. dnem obrázek 5 až 8. Tento trend poklesu hodnot pH byl zaznamenán u všech vyrobených modelových vzorků tavených sýrů v rozmezí hodnot 0,05 až 0,4 mezi 2. dnem a 60. dnem skladování, jak je možné sledovat na obrázcích 5 až 20.

Tento trend poklesu hodnoty pH můžeme vysvětlit, tím že v průběhu skladování dochází k hydrolyze polyfosforečnanových tavících solí, z nichž postupně vznikají trifosforečnany, které se dále rozkládají na difosforečnany a dále na monofosforečnany. Tento faktor má následně vliv na snížení hodnoty pH [28, 32]. Avšak, na obrázcích 5 až 20 je patrné, že

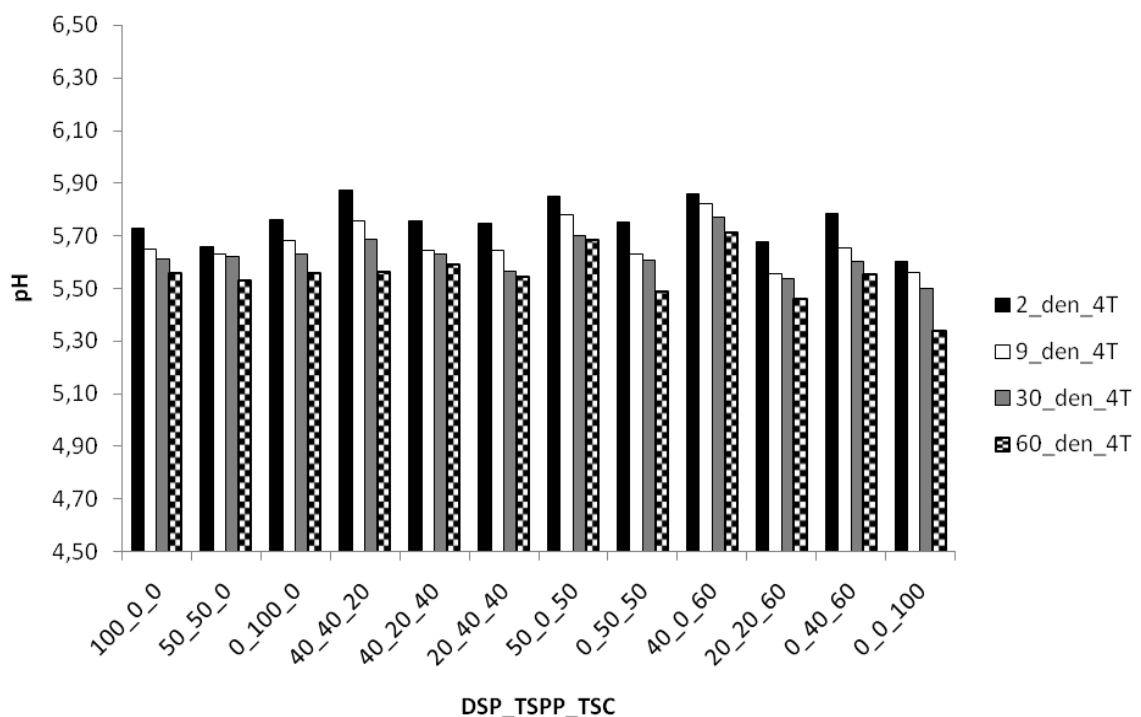


**Obrázek 7:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSP\_P20



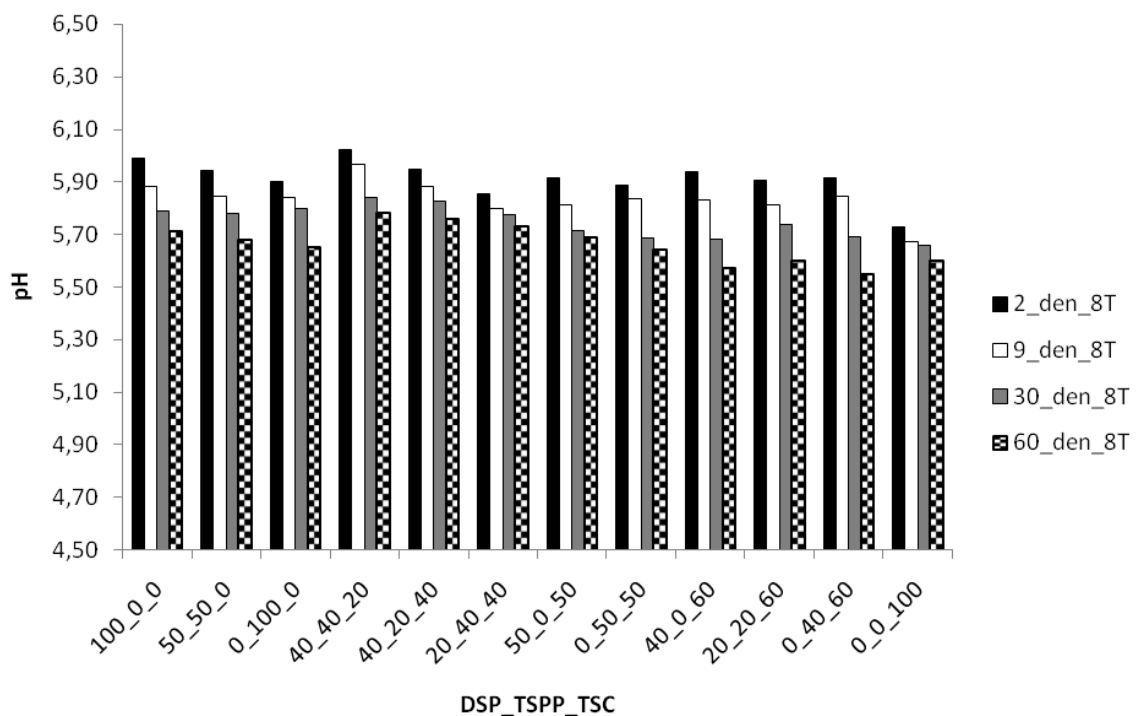
**Obrázek 8:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSP\_P20

k poklesu hodnot pH nedochází rovnoměrně dle Carić a Kaláb [26] jsou tavící soli hydrolyzovány již během procesu tavení, což může být jeden z faktorů, který zapříčiňuje odlišnost naměřených hodnot. Hydrolýza a rychlost jejího průběhu je závislá jak během výroby, tak i během skladování a závisí na druhu použitého fosforečnanu, jeho koncentraci, teplotě (se zvyšující teplotou dochází k rychlejší hydrolýze), pH (v kyselém prostředí dochází k rychlejší hydrolýze), přítomnosti  $\text{Ca}^{2+}$  (se zvyšující koncentrací dochází k rychlejší hydrolýze) a čase [2, 16, 49,].



**Obrázek 9:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSPP\_TSC

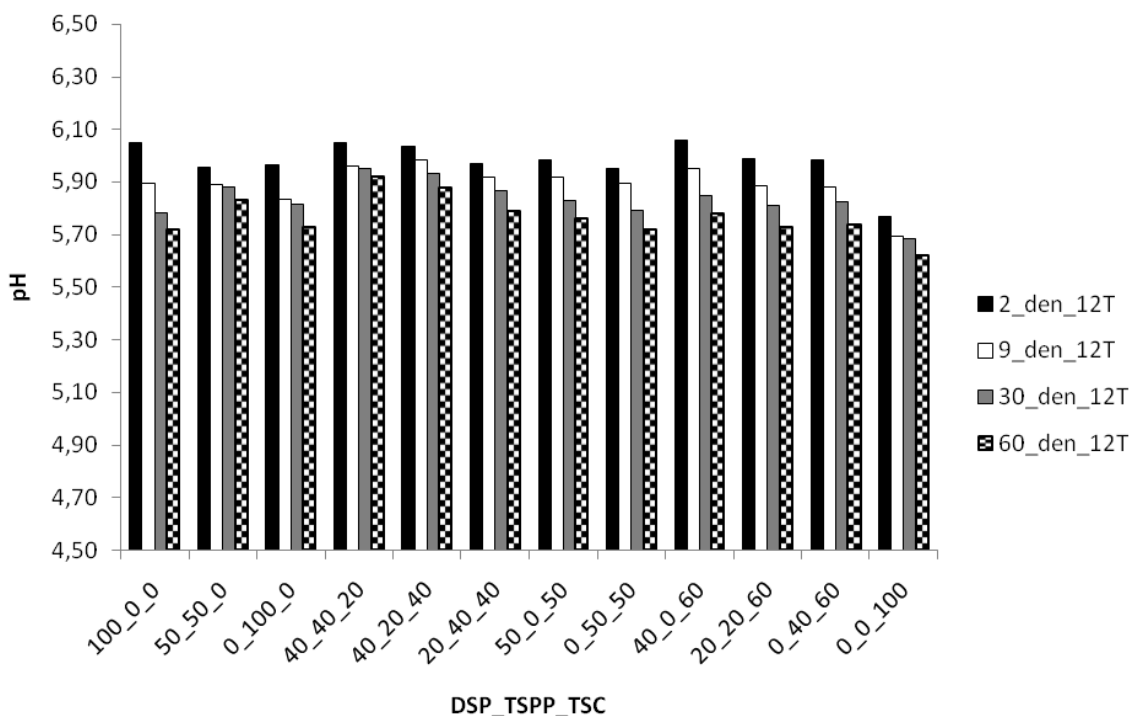
Pokles pH v průběhu skladování byl zaznamenán i u tavící soli citran trisodný (dále jen TSC) a také u hydrogenfosforečnanu disodného (dále jen DSP) jak je možné sledovat na obrázcích 5 až 20. U těchto tavících solí již není předpokládána další hydrolýza. Tato změna pH může být způsobena změnou vazeb v tavící soli. Především s ionty  $\text{Ca}^{2+}$ , jelikož citronany a monofosforečnany mají k vápenatým iontům nízkou afinitu. Dochází tak v průběhu skladování k opětovnému navázání na para-kaseinovou síť [28, 34].



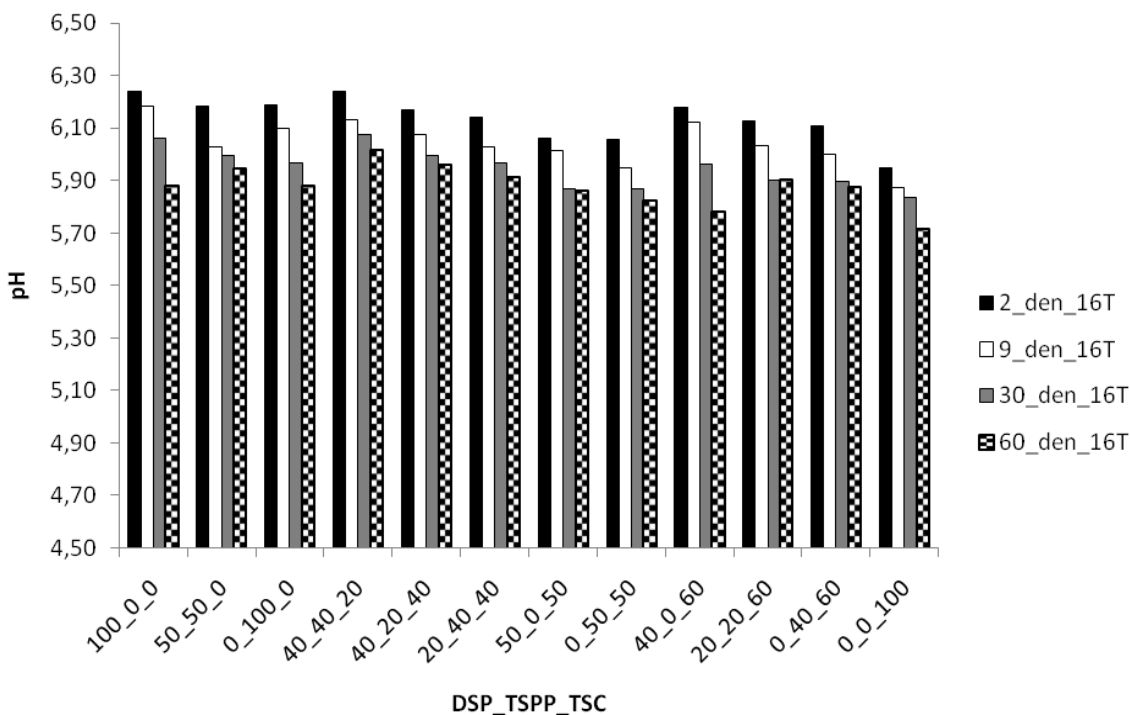
**Obrázek 10:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavicích solí DSP\_TSPP\_TSC

Vyšší hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených ze samostatně použitých solí byly zaznamenány u tavicích solí tvořených pouze DSP, a nebo difosforečnanem sodným (dále jen TSPP) uvedené na obrázcích 9 až 12. Pro DSP se hodnoty pH pohybovali v rozmezí 5,56 až 6,24 a pro TSPP v rozmezí 5,56 až 6,19 pH. U těchto dvou tavicích solí bylo dosahováno podobných hodnot i ve směsi DSP\_TSPP\_P20. To je nejvíce patrné při kombinaci 50\_0\_50 a 0\_50\_50 na obrázcích 4 až 7. Vyšší hodnota pH taveného sýru s tavicími solemi DSP nebo TSPP v porovnání s P20 je dána jejich vyšší pufrací kapacitou [17].

Tavicí sůl TSC použitá samostatně, vykazovala ve vzorcích taveného sýru průměrně o 0,17 pH nižší hodnotu než samostatný DSP nebo TSPP, avšak v průměru o 0,5 vyšší než samostatně použitá tavicí sůl P20. Zahnutí TSC do směsi tavicích solí DSP\_TSPP\_TSC mělo podobný vliv na hodnotu pH jako kombinace tavicí soli DSP nebo TSPP, respektive změna poměru množství těchto solí ve směsi se významně neprojevila na hodnotě pH jak je možné sledovat na obrázcích 9 až 12. To potvrzuje i Sálek a kol. (2015) [118] Dále Shirashoji N. a kol. (2006) [119] potvrzují nárůst hodnoty pH pomocí TSC v taveném sýru Čedar.

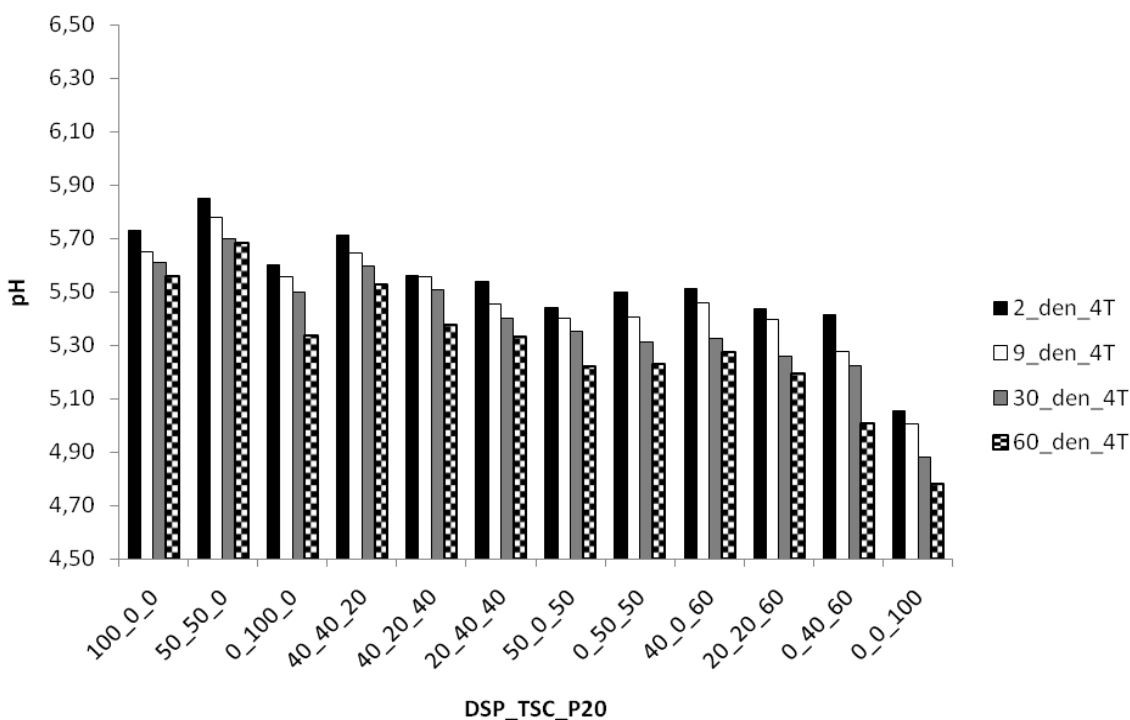


**Obrázek 11:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSPP\_TSC

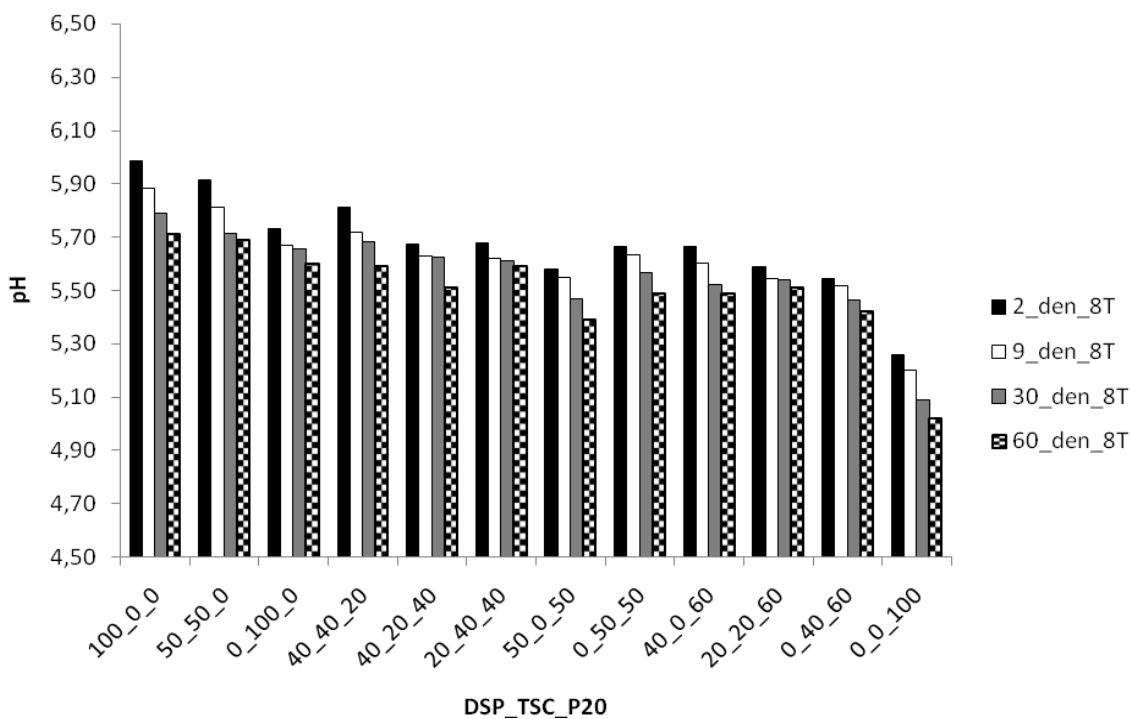


**Obrázek 12:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSPP\_TSC

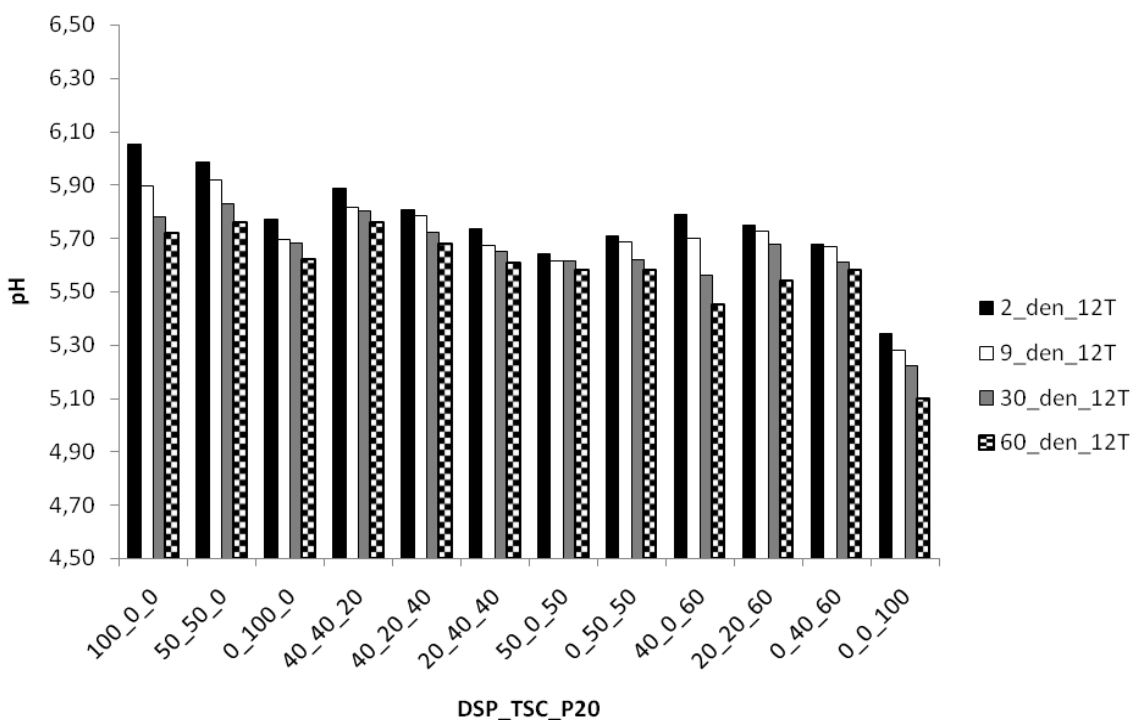




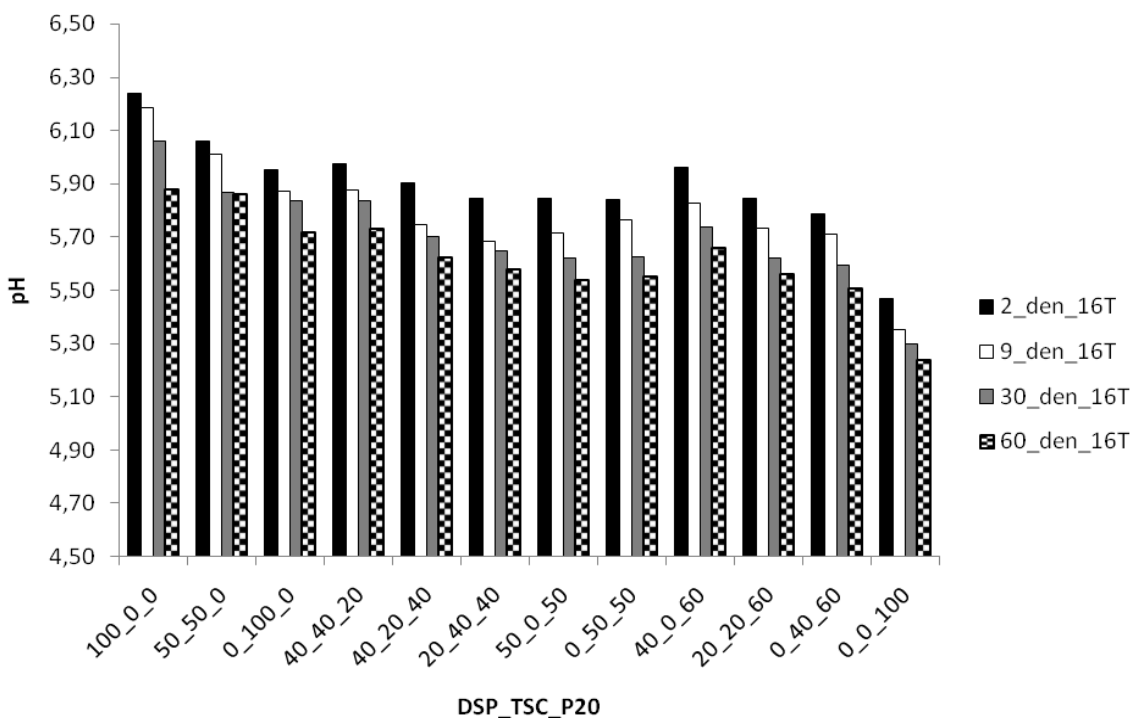
**Obrázek 13:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSC\_P20



**Obrázek 14:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSC\_P20

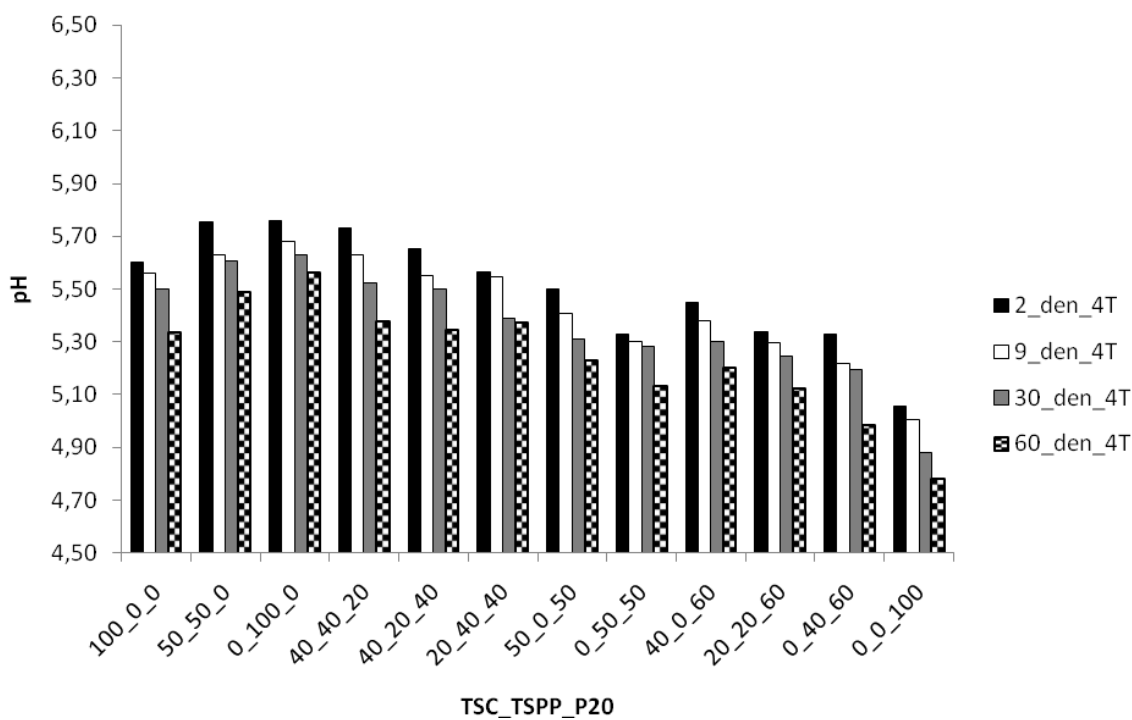


**Obrázek 15:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSC\_P20

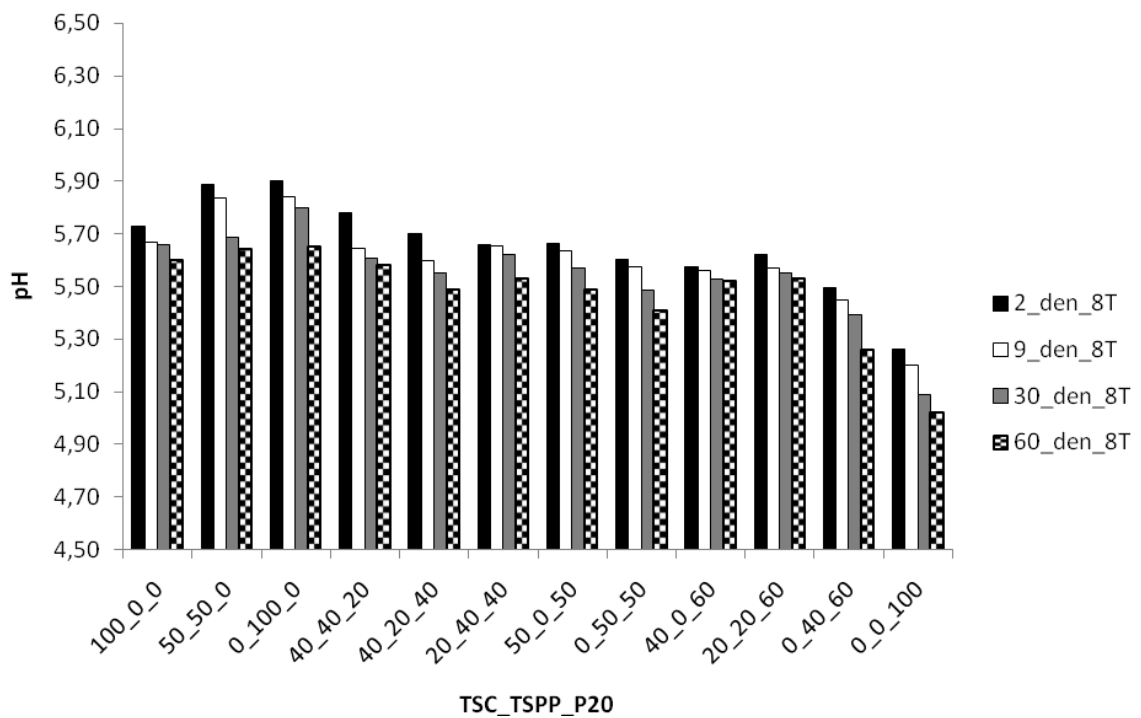


**Obrázek 16:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSC\_P20

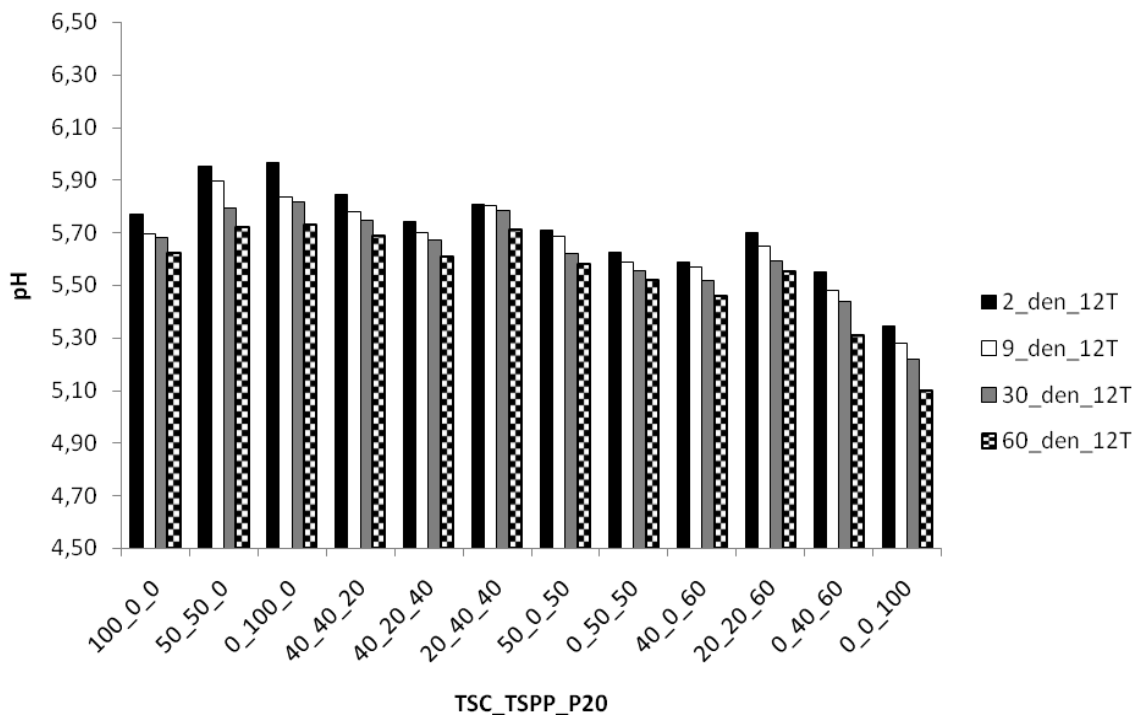
Zvyšování obsahu tavicí soli P20 má za následek snížení hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů jak je patrné na obrázcích 17 až 20. To potvrzuje i Sálek a kol. (2015) [118]. Z výše uvedených obrázků 17 až 20 má kromě poklesu hodnoty pH vlivem P20 mírný vliv na pokles hodnoty pH i TSC.



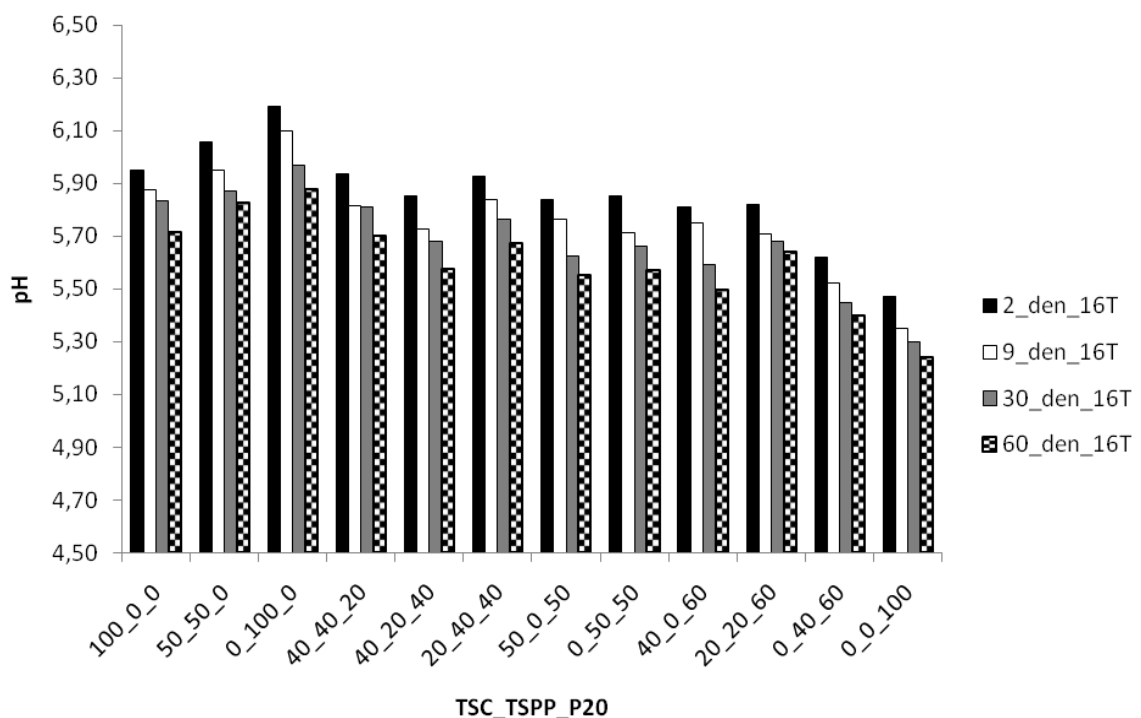
**Obrázek 17:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavicích solí TSC\_TSPP\_P20



**Obrázek 18:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC\_TSPP\_P20



**Obrázek 19:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC\_TSPP\_P20



**Obrázek 20:** Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC\_TSPP\_P20

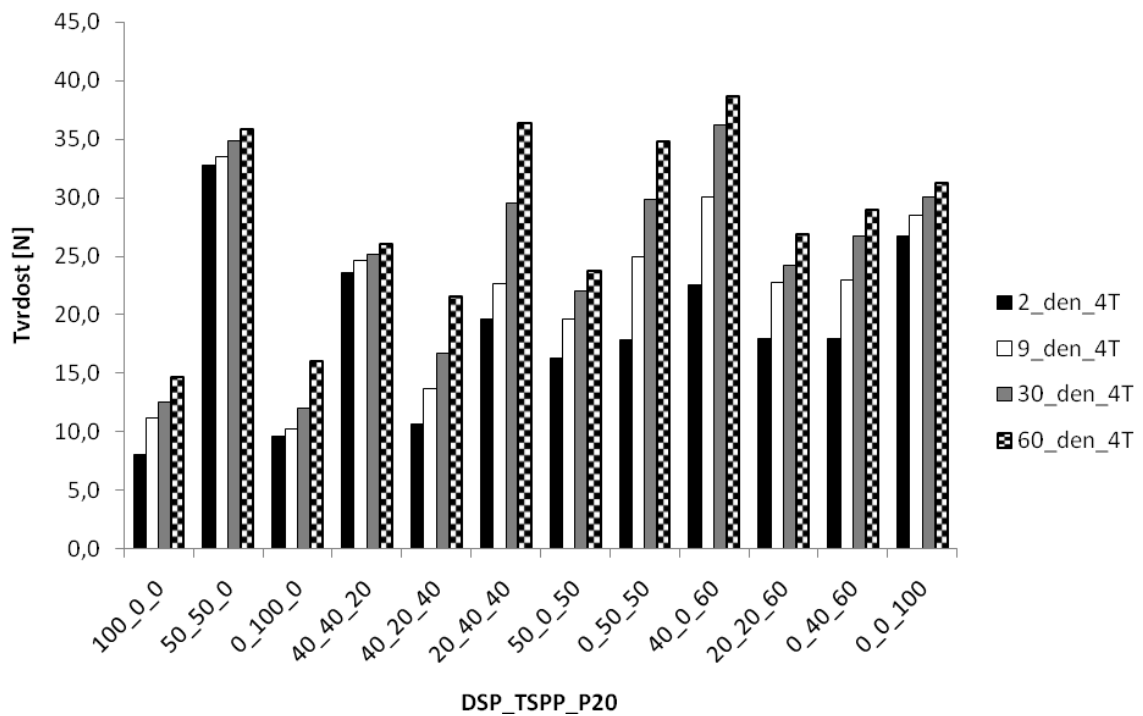
K výše uvedeným obrázkům 5 až 20 můžeme prohlásit, že zráním sýru Čedar od 4 do 16 týdnů stoupl průměrně pH vyrobených modelových vzorků taveného sýru o 0,4 pH. Avšak ke změnám v hodnotě pH sýru Čedar v průběhu zrání by nemělo docházet podle McSweeney P.L.H. [98] (2011), jelikož hodně blízké ~5,2 pH dokáže sýr Čedar udržovat konstantní pH. To ve své práci potvrzuje i Brickley C.A. a kol. (2007) [120], který sledoval zrání sýru Čedar po dobu 168 dnů, hodnota pH sýrů Čedar na počátku zrání se pohybovala okolo 5,27 pH (7 den) a na konci zrání 5,18 (168 den). Podle Upreti P. a kol (2006) [121] je pufrací kapacita sýru Čedar v rozmezí 4,5 až 5,5 pH způsobena převážně amorfním koloidním fosforečnanem vápenatým. Avšak v průběhu zrání sýrů dochází působením mikroorganismů a enzymů k rozkladným procesům, které zapříčiní tvorbu látek zásadité povahy. Jedná se především o proteolýzu kaseinu, čímž vznikají aminokyseliny, aminy a další nižší dusíkaté látky [25, 26, 98]. Z výše uvedeného, lze předpokládat, že tavícím procesem dochází k porušení pufrací schopnosti sýru Čedar a v taveném sýru se již neprojevuje.

### 7.3 Vyhodnocení texturní profilové analýzy

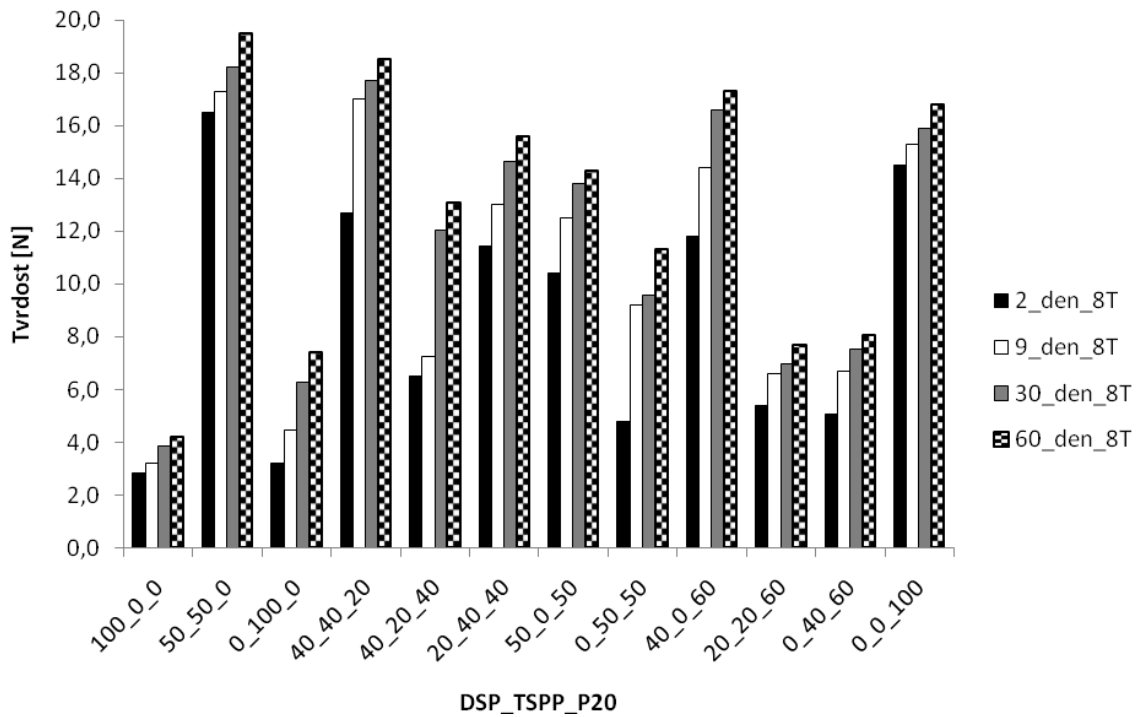
Vyhodnocení texturní profilové analýzy modelových vzorků tavených sýrů zahrnovalo sledování parametru: tvrdosti, relativní lepivosti a soudržnosti (kohezivnosti).

#### 7.3.1 Vyhodnocení tvrdosti

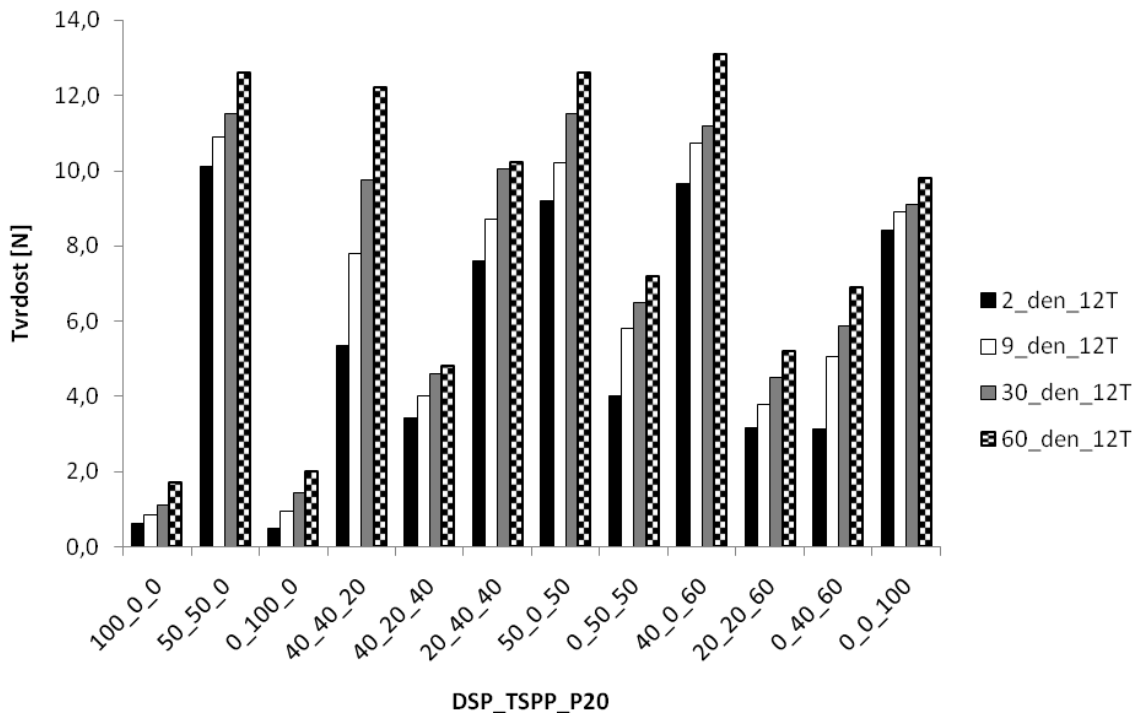
Grafické vyhodnocení naměřených hodnot tvrdosti v závislosti prozrállosti suroviny na použité směsi ternárních tavících solí jsou prezentovány níže na obrázcích 21 až 36.



**Obrázek 21:** Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSPP\_P20

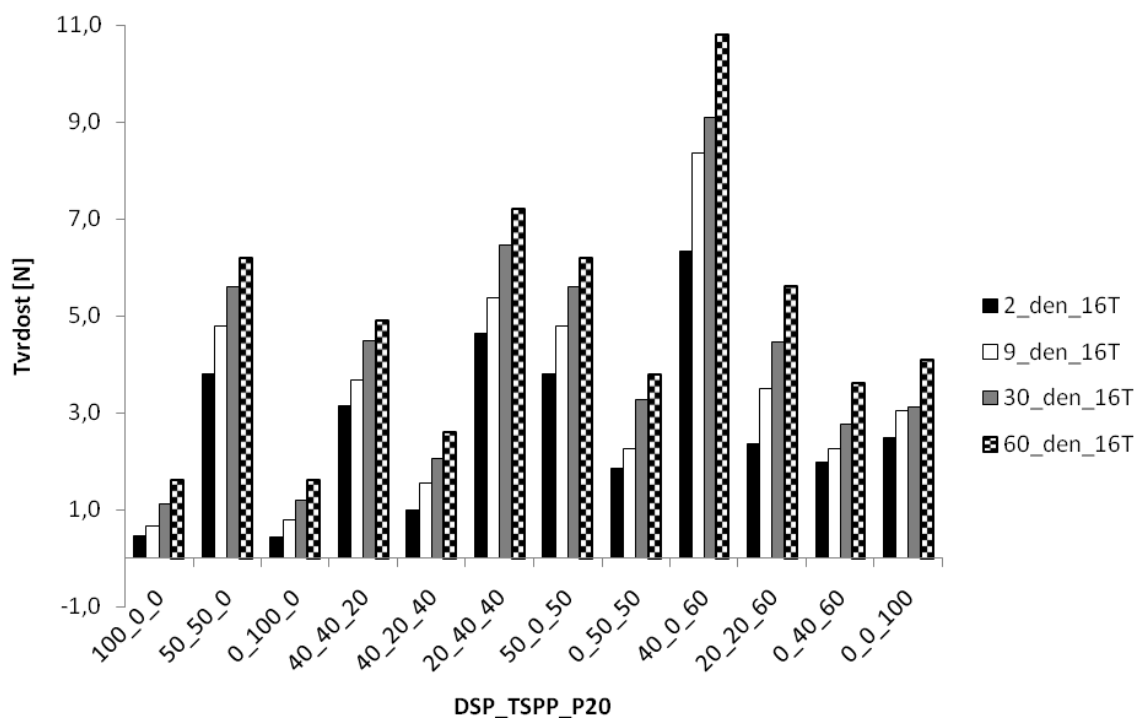


**Obrázek 22:** Tvrдость modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSPP\_P20



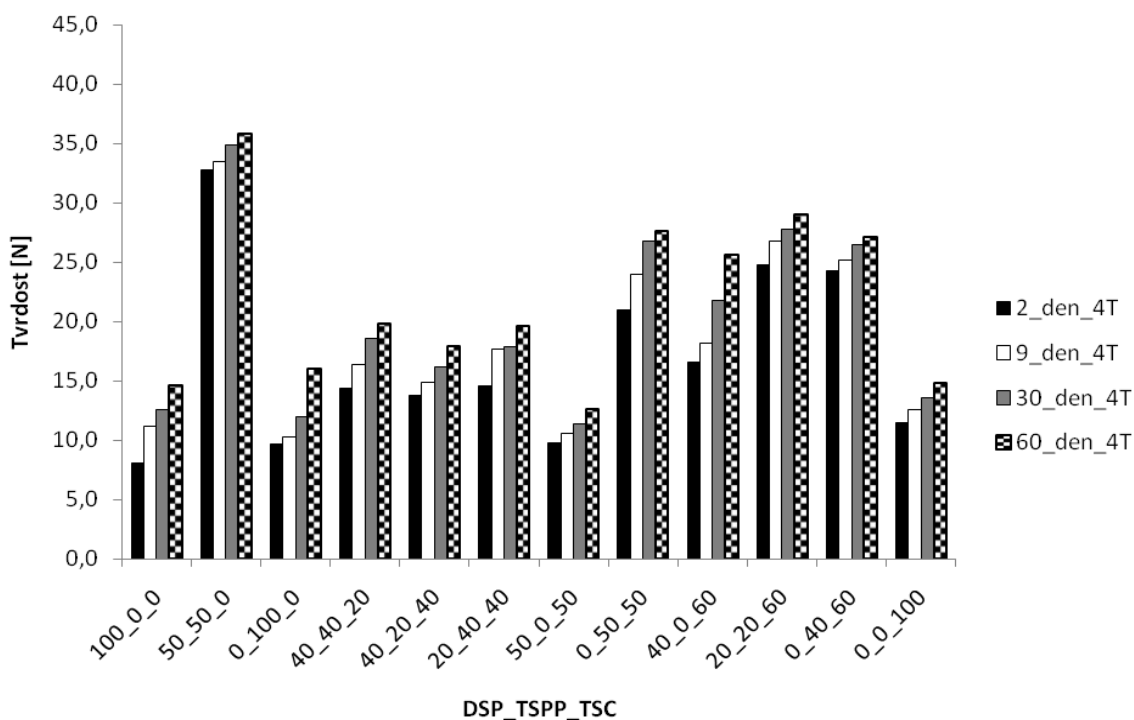
**Obrázek 23:** Tvrдость modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSPP\_P20

Z výsledků TPA pro kombinaci tavící soli DSP\_TSPP\_P20 vyplynulo, že tuhost vzorků roste při zvyšující se koncentraci soli P20, jestliže zároveň dochází k poklesu v obsahu soli DSP a TSPP to je možné sledovat na obrázcích 21. až 24. Toto koreluje s poklesem hodnoty pH (obrázek 5. až 8.), která byla sledována v závislosti na nárůstu koncentrace soli P20 ve směsi jak je uvedeno výše. To potvrzuje i Dimitreli G. a kol. (2009) [122]. Použitím tavící soli s dlouhým řetězcem (P20) na úkor tavících solí s krátkým řetězcem nebo monofosforečnanů (TSPP, DSP) dochází k nárůstu množství fosforu v tavenině. Tím dochází k většímu vyvázání vápníku z přítomných kaseinů a jejich lepší dispergaci, což se následně projeví i vyšší tvrdostí [16]. Naopak pokles množství P20 ve směsi na úkor nárůstu DSP a především TSPP ve směsi jak je možné sledovat na obrázcích 21. až 24. se projevil nárůstem tuhosti. Tento jev se nejvíce projevil při kombinaci soli DSP a TSPP v poměru 1:1. Tento jev potvrzuje i Weiserová a kol. (2012) [37]. To je pravděpodobně způsobeno schopností TSPP tvořit silné gely s proteiny. Tato schopnost TSPP je podpořena monofosforečnanem DSP, který je schopen pronikat do zesíťované matrice taveného sýru, kde je schopen pevně vázat vodu. Mezi TSPP a DSP tak vzniká malý prostor, ve kterém se dále utvářejí specifické interakce, které podporují další zpevnění matrice modelového vzorku taveného sýru [16, 17].

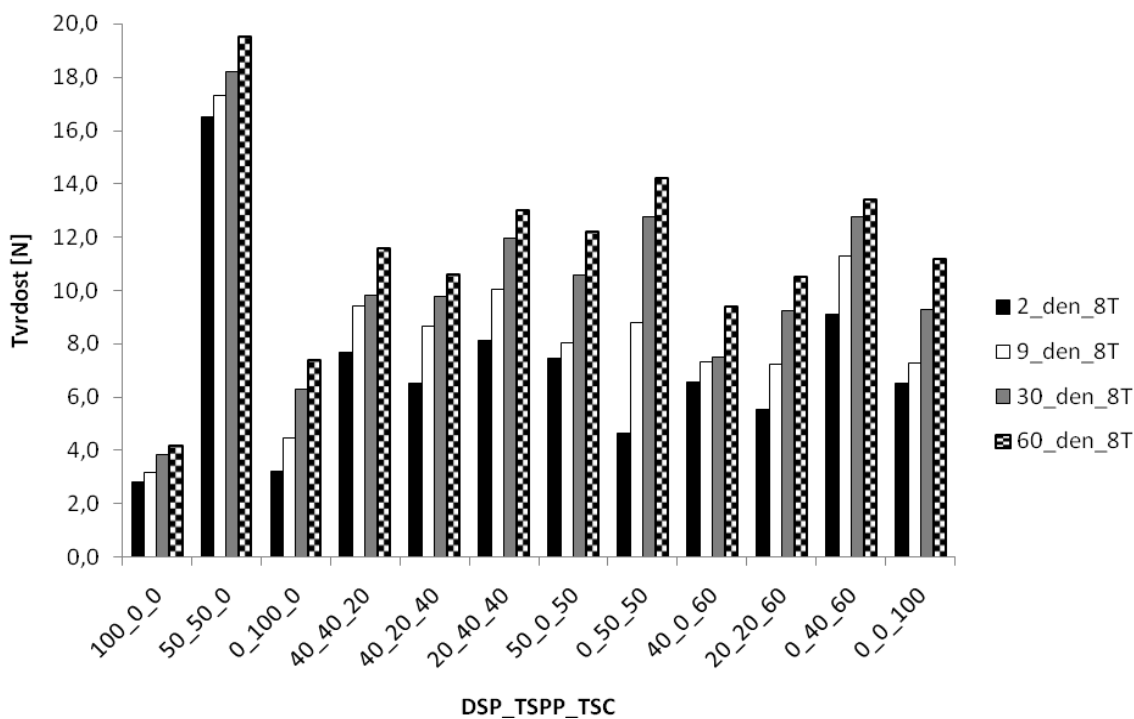


**Obrázek 24:** Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé surovi-  
ny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSPP\_P20

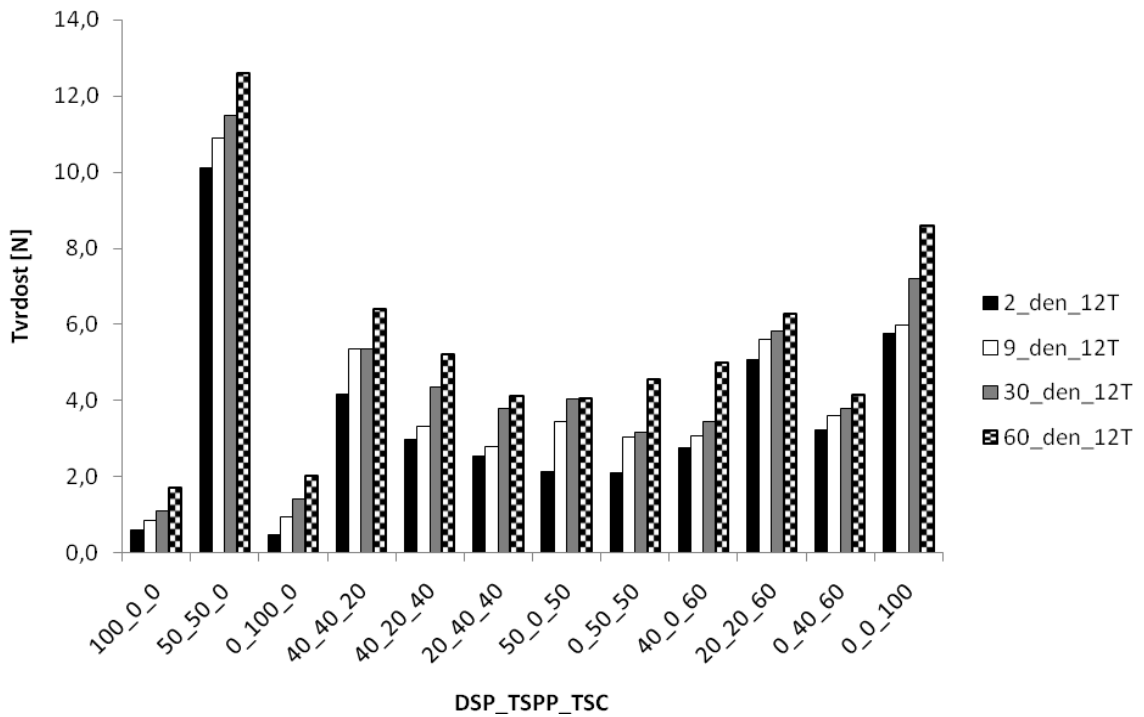




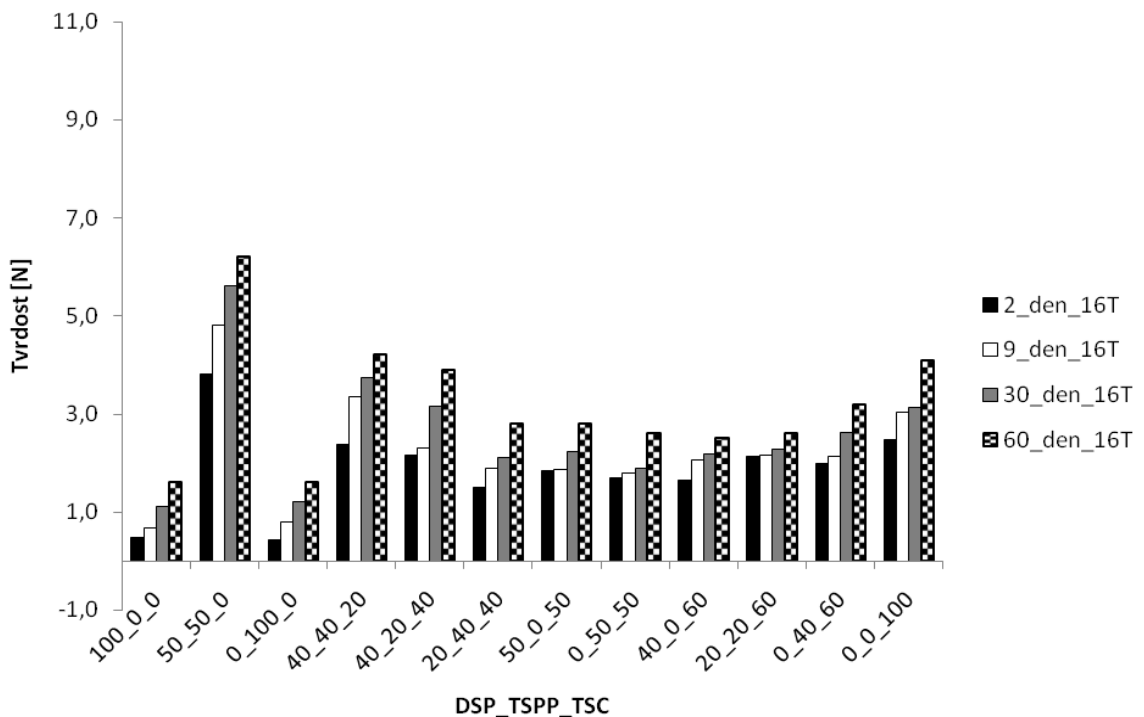
**Obrázek 25:** Tvrdość modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSPP\_TSC



**Obrázek 26:** Tvrdość modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSPP\_TSC

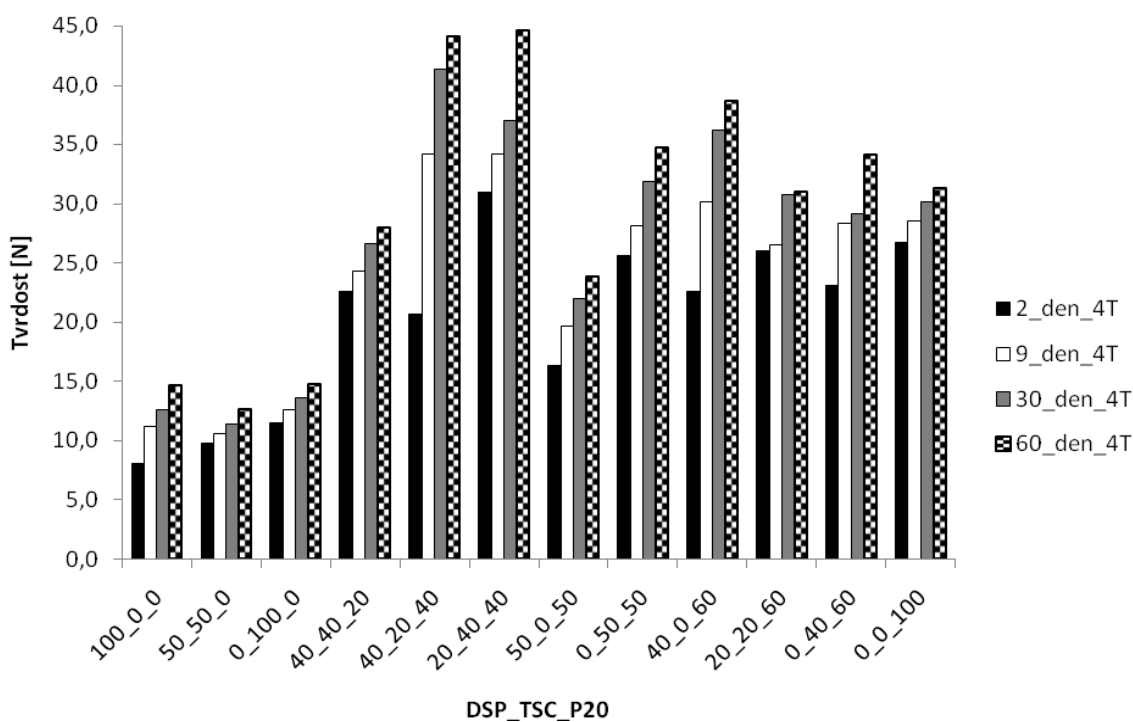


**Obrázek 27:** Tvrдость modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé surovi-  
ny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSPP\_TSC

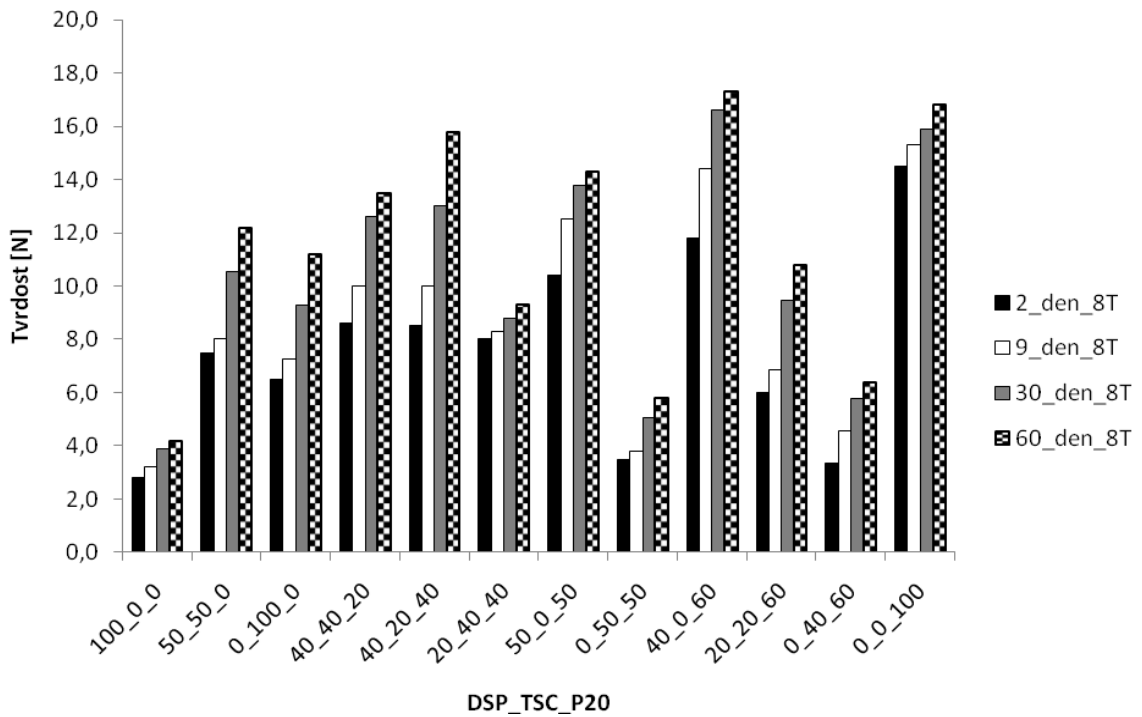


**Obrázek 28:** Tvrдость modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé surovi-  
ny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSPP\_TSC

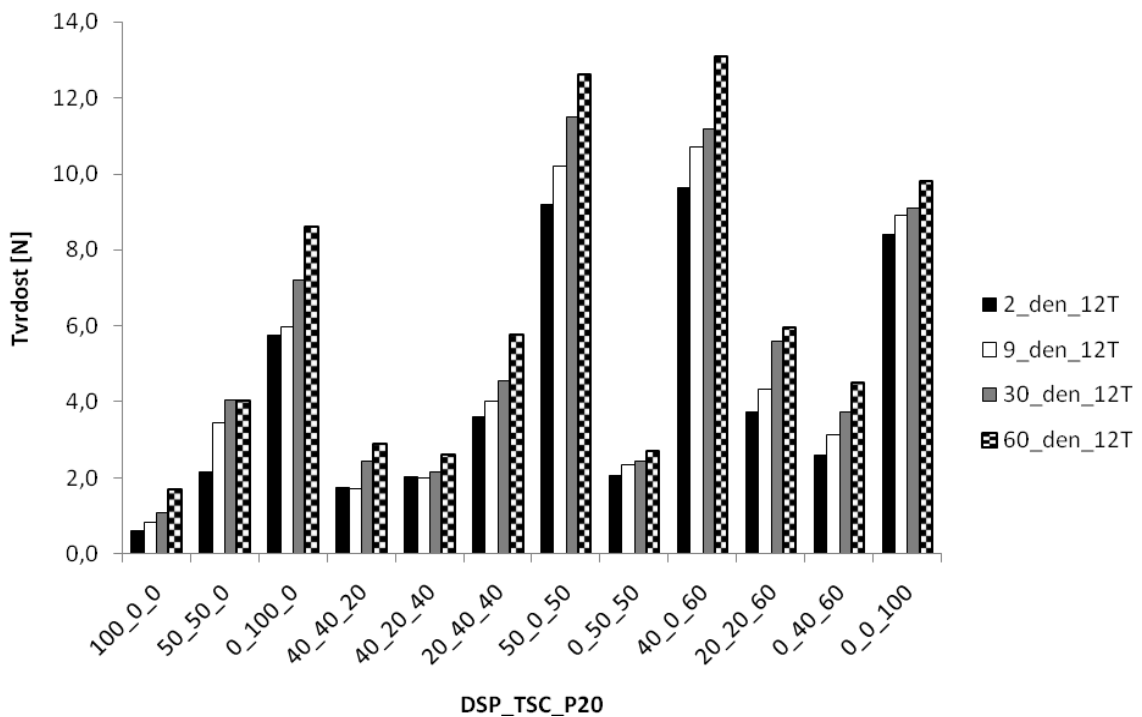
Z obrázků 25. až 28. TPA pro směs tavící soli DSP:TSP:TSC, lze vyčíst, že se zvyšujícím množstvím tavící soli TSC ve směsi DSP:TSP:TSC na úkor DSP roste tvrdost modelového vzorku taveného sýru. Jelikož TSC není schopna zapojení do proteinové matrice, má nízkou schopnost zvýšení hydratace proteinů, avšak má nízkou afinitu k vápenatým iontům, čímž během skladování dochází k jejich vyvázání a opětovnému zabudování a zpevnění proteinové matrice taveného sýru [17, 32]. Použití samotného TSC jako tavící soli se dosáhne pevnější konzistence než použitím samotné tavící soli DSP to potvrzuje ve své práci i Bakry M. a kol (2011) [123]. Účinky TSC na tavený sýr Čedar také studoval Shirashoji N. a kol. (2006) [119], který potvrzuje nárůst tvrdosti a snížení koncentrace nerozpustného koloidního fosforečnanu vápenatého.



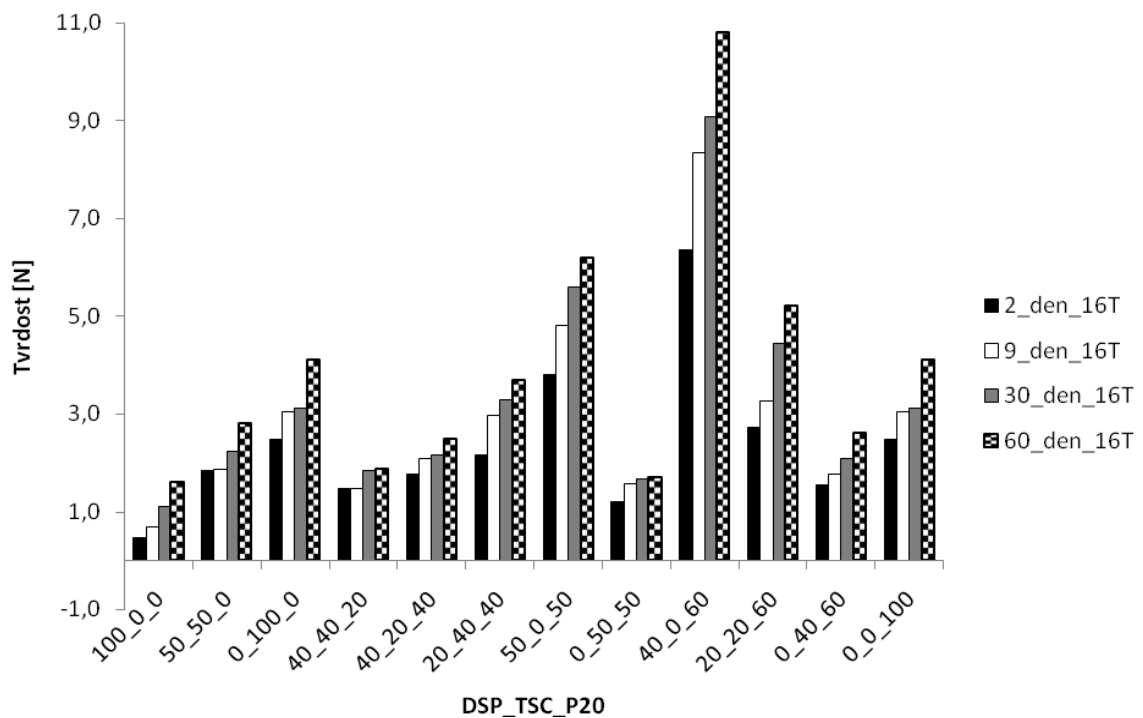
**Obrázek 29:** Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé surovi-  
ny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSC\_P20



**Obrázek 30:** Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSC\_P20



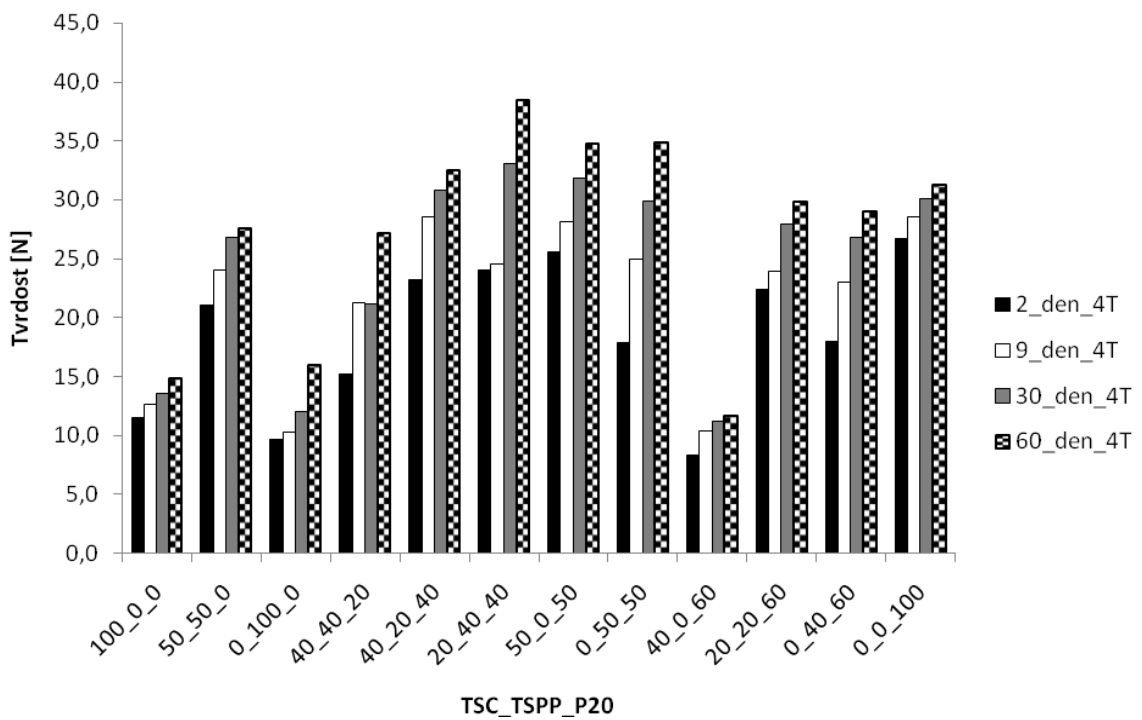
**Obrázek 31:** Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP\_TSC\_P20



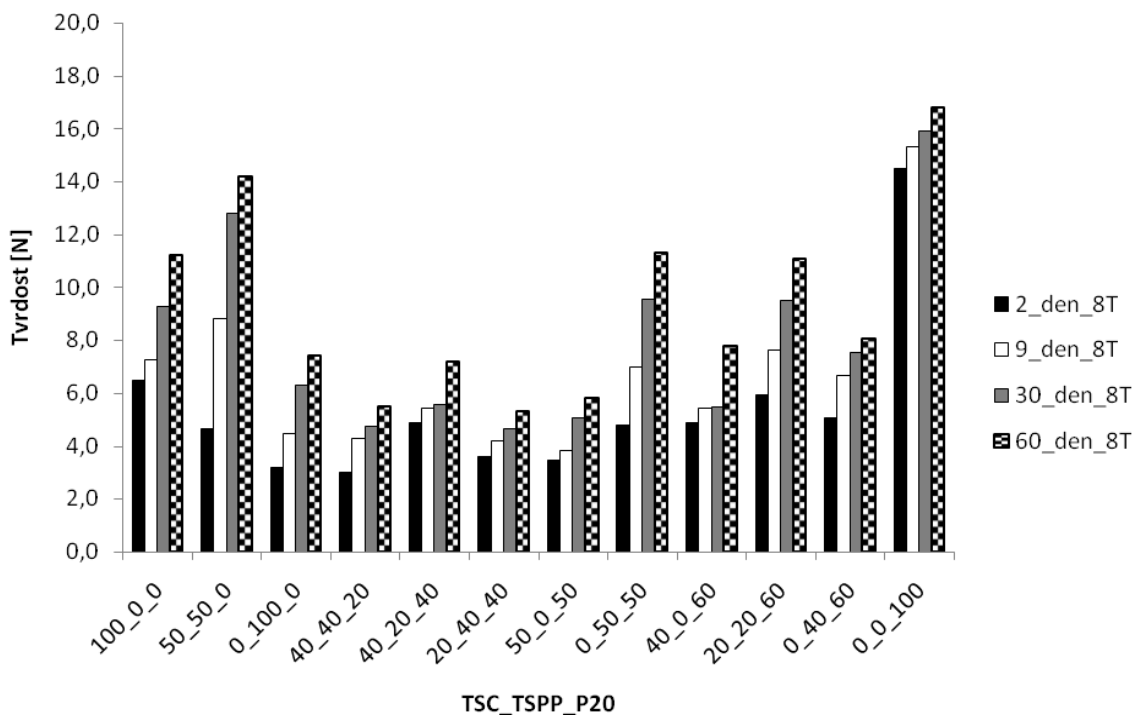
**Obrázek 32:** Tvrdość modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavicích solí DSP\_TSC\_P20

Výsledky texturní profilové analýzy modelového vzorku taveného sýru s použitím směsi tavicí soli DSP:TSC:P20 je možné sledovat na obrázcích 29. až 32. Použití směsi tavicích solí DSP a P20 v poměru přibližně 1:1, lze sledovat nárůst tvrdosti modelových vzorků taveného sýru s použitím kombinace této tavicí soli bez ohledu na dozrálость suroviny. Nárůst tvrdosti je pravděpodobně způsoben nižším pH v taveném sýru, které zapříčinil zvýšený obsah tavicí soli P20. To má za následek u taveného sýru vyrobeného s DSP a P20 zvýšení tvrdosti. Podobný výsledek působení hodnoty pH na tavený sýr vyrobený s DSP publikoval Lu Y. a kol. (2008) [43], který porovnával působení pH na tavené sýry vyrobené z různých tavicích solí.

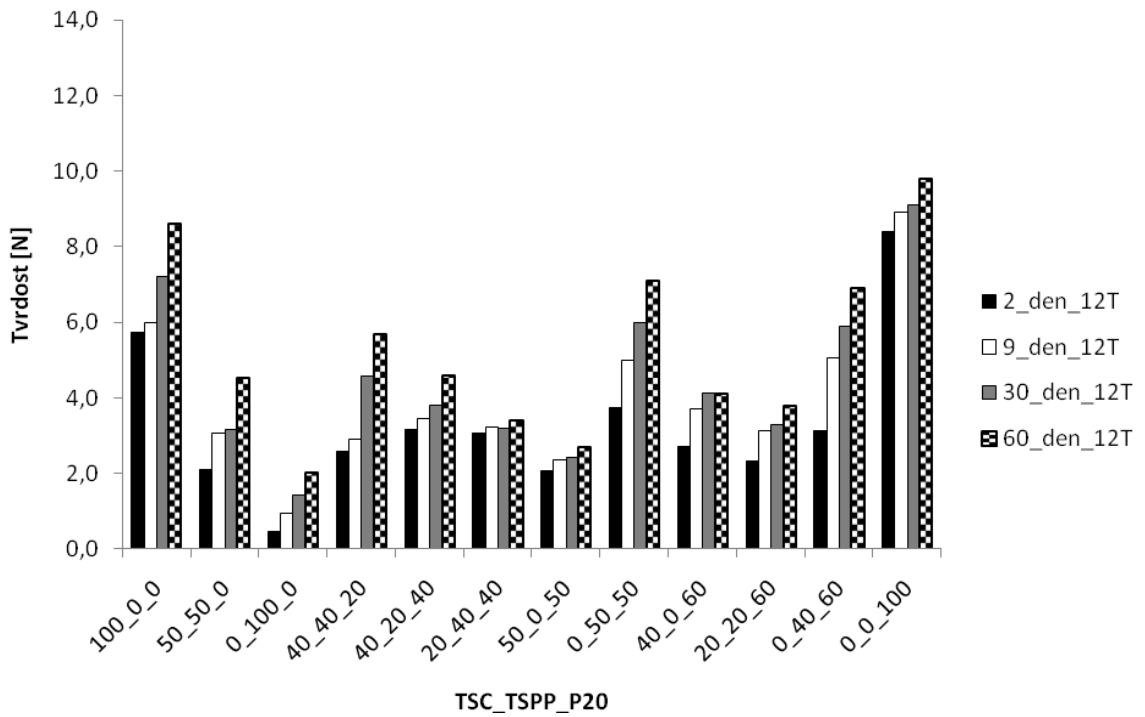
Tavicí sůl DSP použitá samostatně poskytla vzorky s nejmenší tvrdostí. To potvrzuje i Dimitri N. a kol. (2009) [122], Buňka F. a kol. (2014) [124] a Caric M. a kol (1985) [57]. To je způsobeno nízkou afinitou k vápenatým iontům a malou schopností hydratace kaseinu. Dimitri N. a kol (2009) [122] dále popisují srovnatelné výsledky v působení DSP a TSC, avšak TSC oproti DSP vykazovala v experimentu vyšší než srovnatelnou tvrdost. To potvrzuje i Shirashoji N. a kol. (2006) [119] při aplikování TSC a DSP.



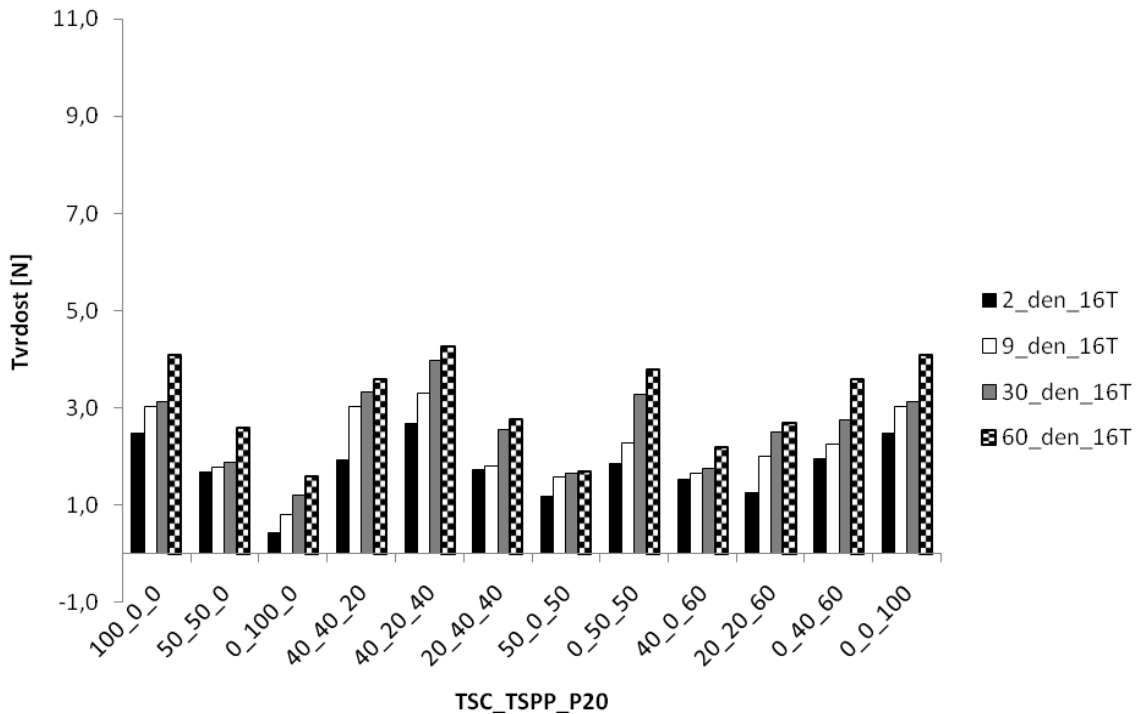
**Obrázek 33:** Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC\_TSPP\_P20



**Obrázek 34:** Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC\_TSPP\_P20



**Obrázek 35:** Tvrдость modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC\_TSPP\_P20



**Obrázek 36:** Tvrдость modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC\_TSPP\_P20

Výsledky TPA modelového vzorku taveného sýru s použitím kombinace směsi tavící soli TSC\_TSPP\_P20 je možné sledovat na obrázcích 33. až 36. Z výsledku je patrné, že tvrdší modelové vzorky taveného sýru poskytla kombinace tavící soli TSSP a P20 v poměru přibližně 1:1 nebo s použitím jen P20 či TSC.

Z grafického vyobrazení prezentovaných dat, lze vyčíst, že nejvyšší hodnoty tvrdosti dosahovali modelové vzorky tavených sýrů ve 4 týden zralosti sýru Čedar a 60 den skladování taveného sýru v kombinaci ternárních směsí DSP\_TSPP\_P20 jak je výše uvedeno. Nejnižších hodnot dosahovaly vzorky vyrobené z 16 týdnů zralého Čedaru druhý den po výrobě při použití samotných tavících solí DSP nebo TSPP.

Porovnáním výsledků TPA obrázků 21 až 36, lze prohlásit, že tvrdost modelových vzorků taveného sýru je nejvíce ovlivněna zralostí sýru Čedar, přičemž v závislosti na době zrání klesá i tvrdost vyrobených modelových vzorků tavených sýrů. Tento pokles je způsoben během zrání proteolytickými změnami ve struktuře kaseinu, čímž dochází k nárůstu obsahu rozpustného dusíku (SN) ku celkovému dusíku (TN). Nárůstem SN/TN matrice modelového vzorku taveného sýru obsahuje nedostatek neporušeného kaseinu, který by byl schopen tvořit dlouhé struktury a tak tvořit pevnou síť [27, 24]. To potvrzuje i Brickley a kol. (2007) [120], který sledoval vliv doby zralosti sýru Čedar a zjistil, že obsah (SN)/(TN) během 4 až 16 týdne skladování stoupl více jak o 50%, čímž došlo i ke snížení tvrdosti ~19,5%.

Na vyšší tvrdost modelových vzorků taveného sýru má vliv i hodnota pH, jejíž pokles uvedený výše na obrázcích 5. až 20., koreluje s nárůstem tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů na obrázcích 21. až 36. během doby skladování. Pokles hodnoty pH způsobuje přibližování proteinů k jejich isoelektrickému bodu, čím dochází k zintenzivnění interakcí a zpevnění proteinové matrice [29, 34]. Závislost pH na tvrdosti ve svých pracích potvrzují Lu Y. a kol. (2008) [43], Marchesseau S. a kol. (1997) [75] a Solowiej B. a kol. (2007) [125].

Na zvýšení tvrdosti během skladování má vliv i hydrolýza přítomných tavících solí především polyfosforečnanů, čímž dochází ke snižování počtu monomerů v jejich lineárním řetězci. Tato změna má za následek změnu schopnosti vázat vápenaté ionty, které se postupně uvolňují a zabudovávají zpět do proteinové matrice, čímž ji i zpevňují [16, 41]. To potvrzuje i Guine a kol. (2009) [62].



### 7.3.2 Vyhodnocení kohezivnosti a relativní lepivosti

Skladováním modelových vzorků tavených sýrů v průběhu 60 dnů při teplotě  $6\pm 2^\circ\text{C}$  došlo k nárůstu hodnot kohezivnosti a poklesu hodnot relativní lepivosti. Se zvyšujícím se množstvím tavící soli P20 ve směsi byl nárůst hodnoty kohezivnosti a pokles hodnoty relativní lepivosti méně výrazný. Nárůst hodnot kohezivnosti a pokles hodnot relativní lepivosti koreluje i s poklesem hodnoty pH během skladování.

U vyrobených modelových vzorků taveného sýru z vyzrálejšího sýru Čedar byl zaznamenán pokles hodnoty kohezivnosti a mírný nárůst hodnot relativní lepivosti, což ve svém výzkumu potvrzuje i Brickley a kol. (2007) [120]. Tento jev je způsoben proteolytickými změnami ve struktuře kaseinu během zrání, což se následně projeví i poklesem tvrdosti, kohezivnosti a mírným nárůstem relativní lepivosti taveného sýru [27, 49].

## ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na vliv zralosti sýru Čedar a skladby tavících solí s ohledem na ovlivnění konzistence vyrobených modelových vzorků taveného sýru. Sýr Čedar pro výrobu taveného sýru byl použit s 4, 8, 12 a 16 týdenní zralostí. Z něhož byly vyrobeny modelové vzorky tavené sýru s použitím 4 kombinací směsí tavících solí o obsahu sušiny v rozmezí 40,11 až 40,58% hmot. Vyrobené modelové vzorky taveného sýru byly skladovány po dobu 2, 9, 30 a 60 dnů při teplotě  $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Tyto modelové vzorky taveného sýru byly následně podrobeny základní chemické analýze a texturní profilové analýze.

Z výsledků analýzy vyplynulo, že:

- hodnota pH je ovlivněna složením tavící soli, přičemž při aplikaci solí DSP, TSPP a TSC individuálně nebo ve směsi v různém poměru nebyly zaznamenány větší rozdíly. Rozdíly se pohybovaly v rozmezí  $\sim 0,3$  pH při porovnání jednotlivých šarží (vzorků v den výroby). Se stoupajícím množstvím tavící soli P20 ve směsi, klesá hodnota pH modelových vzorků taveného sýru. Nejnižší hodnota pH byla zaznamenána při samotné aplikaci tavící soli P20 ve 4 týden zralosti sýru Čedar a 60 den skladování.
- hodnota pH je ovlivněna dobou skladování taveného sýru, přičemž hodnota pH během 60 denního skladování klesla průměrně o  $\sim 0,23$  pH.
- hodnota pH je ovlivněna v závislosti na zralosti použitého sýru, přičemž hodnota pH vyrobených modelových vzorků taveného sýru stoupla v průměru o  $\sim 0,33$  pH při použití sýru 16 týdnů zralého v porovnání s 4 týdny zralým sýrem.
- tvrdost tavených sýrů je ovlivněna složením směsí tavících solí, přičemž nejnižších tvrdostí bylo dosaženo aplikací samostatných tavících solí DSP<TSPP~TSC, avšak tavící sůl P20 použitá ze 100% dosahovala spíše vyšších hodnot tvrdosti. Nejvyšší tvrdosti bylo dosaženo kombinací tavících solí TSPP a DSP v poměru přibližně 1:1.
- tvrdost tavených sýrů je ovlivněna dobou skladování taveného sýru, přičemž s prodlužující dobou skladování roste i tvrdost tavených sýrů.
- tvrdost tavených sýrů je ovlivněna zralostí sýru Čedar, přičemž se zvyšující se zralostí sýru Čedar, klesá tvrdost vyrobených tavených sýrů.
- rostoucí tvrdost tavených sýrů během skladování je ovlivněna poklesem hodnoty pH během skladování.

Z výsledků analýz vyplynuly informace, které potvrdily již publikované práce soustředící se na výzkum vlivu doby zralosti sýrů a vlivu složení tavících solí s ohledem na konzistenci taveného sýru.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] SMITH-HOWARD, K., *Pure and Modern Milk: An Environmental History since 1900*. Oxford University Press, 2017. ISBN 9780190655785.
- [2] BERGER, W., KLOSTERMEYER, H., MERKENICH, K., UHLMAN, G., *Processed Cheese Manufacture, a JOHA Guide*. BK Giulini Chemie GmbH & Co, OHG, Ladenburg, Germany; 1998x
- [3] JAVORSKÝ, J. *Historie Mlékařského družstva táborského – Madety: od založení do roku 1960*. Brno, 2009. Diplomová práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce: Vaculík, J.,
- [4] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb. v platném znění, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění. In: *Sbírka zákonů České republiky*.
- [5] Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka č. 343/2016 Z. z., o niektorých výrobkoch z mlieka v platném znění. In: *Zbierka zákonov Slovenskej republiky*
- [6] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb. v platném znění, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění. In: *Sbírka zákonů České republiky*.
- [7] VODIČKOVÁ, R., *Spotřeba potravin v roce 2015* [online]. In: Český statistický úřad, 2016 [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2015>
- [8] DVORÁK, J., *Tavené sýry*. Praha: Svaz mlékařských družstev, 1933, 69s
- [9] LAXA, O., *Sýrařství: popis výroby a úpravy sýra jako potraviny*. 2. oprav., dopl. a část. přeprac. vyd. Praha: Českomoravské podniky tiskařské a vydavatelské, 1924, 539 s. Zemědělská knihovna.
- [10] BOHÁČ, V. *Výroba tavených sýrů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964. Řada potravinářské literatury.
- [11] KOPÁČEK, J., a LIKLER, L., 100 let tavených sýrů. *Potravinářská revue*. Agral, 2010(6). ISSN 1801-9102.

- [12] USTUNOL, Z., Processed Cheese: What is that Stuff Anyway? *Michigan Dairy Review*. 2009, (Vol. 14 No. 2): 16-17. Dostupné také z: <https://msu.edu/~mdr/vol14no2/ustunol.html>
- [13] MAURE R. A., 100 let tavených sýrů = 100 let tavících solí. *Potravinářská revue*. Agral, 2012(1). ISSN 1801-9102.
- [14] CORBRIDGE, D. E. C., *Phosphorus: chemistry, biochemistry and technology*. 6th ed. Boca Raton: Taylor & Francis, c2013. ISBN 9781439840887.
- [15] *Codex General Standard for Named Variety Process(ed) Cheese and Spreadable Process(ed) Cheese: Milk and Milk Products*. Rome: F.A.O. a W.H.O., 2007.
- [16] ŠNIRC, J., GOLIAN, J., HERIAN, K., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., a ČANIGOVÁ, M., *Mlieko a mliečne výrobky*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2016. ISBN 978-80-552-1451-1.
- [17] TAMIME, A. Y., *Processed cheese and analogues*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2011. Society of Dairy Technology series. ISBN 1405186429.
- [18] ŠUSTOVÁ, K., a SÝKORA, V. *Mlékárenské technologie*. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-704-5.
- [19] FORMAN, L., *Mlékárenská technologie II*. Vyd. 2. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1996. ISBN 80-7080-250-2.
- [20] ZADRAŽIL, K. *Mlékařství: (přednášky)*. Praha: ISV, 2002. Živočišná výroba (Česká zemědělská univerzita). ISBN 80-86642-15-1.
- [21] PIJANOWSKI, E. *Základy chémie a technológie mliekárstva 2*. Bratislava: Príroda, 1978.
- [22] SELECKÝ, J. *Slovenské syry: syry slovenského pôvodu*. 2013. ISBN 9788080791681.
- [23] WALSTRA, P., WOUTERS, J. T. M., a GEURTS, T. J., *Dairy science and technology*. 2nd ed. Boca Raton: CRC/Taylor & Francis, 2006. Food science and technology (Taylor & Francis), 146. ISBN 0824727630.
- [24] BYLUND, G., *Dairy processing handbook*. 2., rev. ed. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB, 2003. ISBN 9163134276.
- [25] GÖRNER, F. a VALÍK, L. *Aplikovaná mikrobiológia požívatin: princípy mikrobiológie požívatin, potravinársky významné mikroorganizmy a ich skupiny, mikrobiológia po-*

*travínárskych výrob, ochorenia mikrobiálneho pôvodu, ktorých zárodoky sú prenášané požívatínami*. Bratislava: Malé centrum, 2004. ISBN 80-967064-9-7.

[26] FOX., P. F., *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 2 Major Cheese Groups*. Second edition. Boston, MA: Springer US, 1993. ISBN 9781461526483.

[27] TAMIME, A. Y. *Structure of dairy products*. Ames, Iowa: Blackwell Pub., 2007. Society of Dairy Technology series.

[28] MCSWEENEY., P.L.H., *Cheese problems solved*. Boca Raton: CRC Press, 2007. ISBN 9781420043945.

[29] GAJDŮŠEK, S. *Mlékařství II*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. ISBN 80-7157-342-6.

[30] VRANÍK, E. *Strojnictví pro 4. ročník SPŠ mlékárenské*. Praha: SNTL, 1984.

[31] *Stephan UM 130: Technical documentation*. Germany: Stephan food processing machinery, 2013.

[32] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ L. a KRÁČMAR, S. *Základní principy výroby tavených sýrů: Basic principles of processed cheese production : monografie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7375-336-8.

[33] ROBINSON, R. K., *Modern Dairy Technology Advances in Milk Products*. Blackie Academic & Professional, 1993. ISBN 978-146-8481-747.

[34] MCSWEENEY, P. L. H., *Advanced dairy chemistry – Proteins B*. New York, NY: Springer Science Business Media, 2015. ISBN 9781493927999.

[35] JANŠTOVÁ, B., *Technologie mléka a mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012. ISBN 978-80-7305-635-3.

[36] HUI, Y. H. *Dairy science and technology handbook*. New York, N.Y.: VCH, c1993. ISBN 3527281622.

[37] BUŇKA, F., DOUDOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., KUCHAR, D., MICHÁLEK, J., SLAVÍKOVÁ, Š., a KRÁČMAR, S., The effect of different ternary mixtures of sodium phosphates on hardness of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. 2012, 47(10), 2063-2071 [cit. 2016-12-24]. DOI:

10.1111/j.1365-2621.2012.03070.x. ISSN 09505423. Dostupné z:  
<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2012.03070.x>

[38] Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách. In: *Úřední věstník Evropské unie*.

[39] ČANIGOVÁ, M., BOBKO, M., DUCKOVÁ V., a KROČKO, M., *Technologie potravin živočišného původu*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2015. ISBN 978-80-552-1292-0.

[40] ABDEL-HAMID, L. B., EL-SHABRAWY, S.A., AWAD R.A., a SINGH, R.K., Chemical properties of processed ras cheese spreads as affected by emulsifying salt mixtures. *Journal of Food Processing and Preservation* [online]. 2000, 24(3), 191-208 [cit. 2017-04-16]. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2000.tb00413.x. ISSN 0145-8892. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-4549.2000.tb00413.x>

[41] FOX, P. F., GUINEE, T. P., COGAN, T. M. a MCSWEENEY, P. L. H., *Fundamentals of cheese science*. New York, NY: Springer Science Business Media, 2016. ISBN 9781489976796.

[42] KAPOOR, R., a METZGER, L. E., Process Cheese: Scientific and Technological Aspects - A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2008, 7(2), 194-214 [cit. 2016-12-24]. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x>

[44] BUŇKOVÁ, L., PLEVA, P., BUŇKA, F., VALÁŠEK, P., a KRÁČMAR, S., Antibacterial effects of commercially available phosphates on selected microorganisms. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* [online]. 2008, 56(5), 19-24 [cit. 2016-12-25]. DOI: 10.11118/actaun200856050019. ISSN 1211-8516. Dostupné z: <https://acta.mendelu.cz/56/5/0019/>

[46] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A. S., a SMITH, P. G., Effect of Emulsifying Salts on Casein Peptization and Apparent Viscosity of Processed Cheese. *International Journal of Food Engineering* [online]. 2005-01-6, 1(4), - [cit. 2017-01-15]. DOI: 10.2202/1556-3758.1019. ISSN 1556-3758. Dostupné z: <http://www.degruyter.com/view/j/ijfe.2005.1.4/ijfe.2005.1.4.1019/ijfe.2005.1.4.1019.xml>

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

- [49] FUQUAY, J. W., a FOX, P. F., MCSWEENEY, P. L. H., *Encyclopedia of dairy sciences*. 2. ed. Amsterdam: Academic Press, 2011. ISBN 9780123744029.
- [50] TUNICK, M. H. *Chemistry of Structure-function Relationships in Cheese*. Springer science, 2013. ISBN 978-1-4613-5782-7.
- [51] BUBELOVÁ, Z., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., HRABĚ, J., KRÁČMAR, S., a VALÁŠEK, P., Application of different sterilising modes and the effects on processed cheese quality. *Czech Journal of Food Sciences*. 2010, 2010(28-3), 168-176.
- [52] BRANEN, A. L., *Food additives*. 2nd ed., rev. and expanded. New York: Marcel Dekker, 2002. Food science and technology (Marcel Dekker, Inc.), 116. ISBN 0824793439.
- [53] TANAKA, N., TRAISMAN, E., PLANTINGA, P., FINN L., a FLOM, W., Evaluation of Factors Involved in Antibotulinal Properties of Pasteurized Process Cheese Spreads. *Journal of Food Protection*. 1986, (Volume 49, Number 7).
- [54] GLASS, K. a M.E. DOYLE. *Safety of Processed Cheese: A Review of the Scientific Literature*. Madison: Food Research Institute, 2005, , 9.
- [55] TAMIME, A. Y. *Structure of dairy products*. Ames, Iowa: Blackwell Pub., 2007. Society of Dairy Technology series.
- [57] CARIC, M., GANTAR, M., a KALAB, M., Effects of Emulsifying Agents on the Microstructure and Other Characteristics of Process Cheese - A Review. *Food structure*. USA - Chicago, 1985, (Vol. 4).
- [58] GUINEE, T. P., a O'CALLAGHAN, D. J., Effect of increasing the protein-to-fat ratio and reducing fat content on the chemical and physical properties of processed cheese product. *Journal of Dairy Science* [online]. 2013, 96(11), 6830-6839 [cit. 2016-12-26]. DOI: 10.3168/jds.2013-6685. ISSN 00220302. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030213005912>
- [59] AWAD, R. A., ABDEL-HAMID, L. B., EL-SHABRAWY, S. A. SINGH, R. K., Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *LWT - Food Science and Technology*. 2002, vol. 35, no. 1 s. 54-61. ISSN:0023-6438.



- [60] TITA, M., KETNEY, O., TITA, O., a RAMZAN, M., The influence of the degree of cheese maturation used as raw materials in the manufacture of processed traditional cheese on emulsifying salts consumption. *Romanian Biotechnological Letters*. Romania: University of Bucharest, 2013, 2013(18).
- [61] ASTLY, M., The influence of Intact Casein in Processed Cheese. *Gold Peg* [online]. 2012 [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.goldpeg.com/The-Influence-of-Intact-Casein-in-Processed-Cheese.pdf>
- [62] GUINEE, T., a O'KENNEDY, B., The Effect of Calcium Content of Cheddar-style Cheese on the Biochemical and Rheological Properties of Processed Cheese. *Dairy Science & Technology*. 2009, vol. 89, no. 3 s. 317-333. ISSN:1958-5586.
- [63] KAPOOR, R., METZGER, L.E., BISWAS, A.C., a MUTHUKUMMARAPPAN, K., Effect of Natural Cheese Characteristics on Process Cheese Properties. *Journal of Dairy Science*. 2007, 90(4), 1625-1634. DOI: 10.3168/jds.2006-746. ISSN 00220302. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002203020771648X>
- [64] WANG, F., ZHANG, X., LUO, J., GUO, H., ZENG, S. S., a REN, F., Effect of Proteolysis and Calcium Equilibrium on Functional Properties of Natural Cheddar Cheese during Ripening and the Resultant Processed Cheese. *Journal of Food Science* [online]. 2011, 76(3), E248-E253 [cit. 2017-01-28]. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2011.02085.x. ISSN 00221147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1750-3841.2011.02085.x>
- [67] DIMITRELI, G. A THOMAREIS, A. S., Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity. *Journal of Food Engineering* [online]. 2007, 79(4), 1364-1373 [cit. 2017-02-12]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2006.04.043. ISSN 02608774. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877406003566>
- [68] LEE, S. K., ANEMA S., a KLOSTERMEYER, H., The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology* [online]. 2004, 39(7), 763-771 [cit. 2017-01-29]. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.00842.x. ISSN 0950-5423. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2004.00842.x>
- [69] SUKOVÁ, I., *Syrovátka v potravinářství*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2006. Potravinářské informace. ISBN 80-7271-173-3.

- [70] VELÍŠEK, J., a CEJPEK, K., *Biosynthesis of food components*. Tábor: OSSIS, 2008. ISBN 978-80-86659-12-1.
- [71] SOUZA, A. B., COSTA, G. L. C., PERRONE, Í. T., STEPHANI, R., a ALMEIDA, F. D., Parâmetros de textura em queijos processados: influência da utilização de concentrados proteicos de leite e de soro. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes* [online]. 2014, 69(3), 181- [cit. 2017-04-17]. DOI: 10.14295/2238-6416.v69i3.279. ISSN 2238-6416. Dostupné z: <http://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/279>
- [72] SOLOWIEJ, B., Effect of pH on rheological properties and meltability of processed cheese analogs with whey products. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. Lublin: Agricultural University, 2007, 2007(57).
- [73] IGOE, R. S., a HUI, Y. H., *Dictionary of food ingredients*. 4th ed. Gaithersburg, Md.: Aspen, 2001. ISBN 0-8342-1952-2.
- [74] BOER, R., *From milk by-products to milk ingredients: Upgrading the Cycle*. 1. Wageningen University Netherlands: Wiley Blackwell, 2014. ISBN 978-0-470-67222-8.
- [75] MARCHESSEAU, S., GASTALDI, E., LAGAUDE, A., CUQ, J. L., Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science*. 1997, vol. 80, no. 8 s. 1483-1489. ISSN:0022-0302.
- [76] DIMITRELI, G. A THOMAREIS, A. S., Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. *Journal of Food Engineering* [online]. 2004, 64(2), 265-271 [cit. 2017-02-12]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2003.10.008. ISSN 02608774. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877403004126>
- [77] FOX, P. F., a MCSWEENEY, P. L. H., *Advanced dairy chemistry - Lipids*. 3rd ed. New York, N.Y.: Springer, 2009. ISBN 9780387848655.
- [78] THOMAREIS, A.S., a HARDY, J., Evolution de la chaleur spécifique apparente des fromages fondus entre 40 et 100°C. Influence de leur composition. *Journal of Food Engineering* [online]. 1985, 4(2), 117-134 [cit. 2017-04-16]. DOI: 10.1016/0260-8774(85)90015-9. ISSN 02608774. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0260877485900159>
- [79] LEE, S. K. a ANEMA, S. G., The effect of the pH at cooking on the properties of processed cheese spreads containing whey proteins. *Food Chemistry* [online]. 2009, 115(4),

1373-1380 [cit. 2017-02-12]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.01.057. ISSN 03088146. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814609000995>

[80] PISKA, I., a ŠTĚTINA, J., Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering* [online]. 2004, 61(4), 551-555 [cit. 2016-12-25]. DOI: 10.1016/S0260-8774(03)00217-6. ISSN 02608774. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877403002176>

[81] ZHONG, Q., DAUBERT, CH. R., FARKAS, B. E., Cooling Effects on Processed Cheese Functionality. *Journal of Food Process Engineering*. 2004, vol. 27, no. 5 s. 392-412. ISSN:0145-8876.

[82] ZHONG, O. *Cooling Effects on the Functionality and Microstructure of Processed Cheese*. New York, 2003. New York State University.

[83] IBURG, A. *Dumont's Lexicon of Cheese*. 1. Booksales, 2005. ISBN 9789036616898.

[84] RIDGWAY, J. *The Cheese Companion: The Connoisseur's Guide*. 1. Running Press Book Publishers, 2004. ISBN 9780762405008.

[85] CALLEC, CH. *The Complete Encyclopedia of Cheese*. 1. Book Sales, 2010. ISBN 9789036615990.

[86] DALBY, A. *Cheese: A Global History*. 1. Reaktion Books, 2009. ISBN 978-1-86189-523-3.

[87] CHAPMAN, HELEN R., S. Y. THOMPSON a HESTER M. SLADE. The use of carotenoid preparations for colouring Cheddar cheese. *International Journal of Dairy Technology* [online]. 1980, 33(4), 162-164 [cit. 2017-03-05]. DOI: 10.1111/j.1471-0307.1980.tb02336.x. ISSN 1364-727x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1471-0307.1980.tb02336.x>

[88] GORDON, E., *Cheddar: A Journey to the Heart of America's Most Iconic Cheese*. 1. United States: Chelsea Green, 2015. ISBN 9781603585651.

[89] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu. *Úřední věstník Evropské unie*.

- [90] O'CONNOR, C., *Traditional cheesemaking manual*. Addis Ababa, Ethiopia: International Livestock Centre for Africa, 1993. ISBN 92-9053-273-4.
- [91] MURTAZA, M. A., Cheddar-type Cheeses. *Reference Module in Food Science* [online]. Elsevier, 2016 [cit. 2017-04-17]. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.00659-4. ISBN 9780081005965. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081005965006594>
- [92] GUNASEKARAN, S. a MEHMET, M. A. K., *Cheese rheology and texture*. Boca Raton, FL: CRC Press, c2003. ISBN 978-1587160219.
- [93] FERNANDES, R., *Microbiology handbook*. Cambridge: Leatherhead Pub., and Royal Society of Chemistry, c2009. ISBN 978-1-905224-62-3.
- [94] HUTKINS, R. W. *Microbiology and technology of fermented foods*. Ames, Iowa: Blackwell Pub., 2006. ISBN 978-0-8138-0018-9.
- [95] DONNELLY, C. W. *Cheese and microbes*. ISBN 978-1555815868.
- [96] LAW, B. A. a TAMIME, A. Y., *Technology of cheesemaking*. 2nd ed. Malden, MA: Blackwell, 2010. ISBN 978-1-4051-8298-0.
- [97] BECKETT, F., *Cheese Course*. 1. Ryland, Peters & Small, 2009. ISBN 978-1-84597-916-4.
- [98] MCSWEENEY, P. L. H., Biochemistry of Cheese Ripening. *International Journal of Dairy Technology*. 2004, vol. 57, no. 2-3 s. 127-144. ISSN:1364-727X.
- [99] MURTAZA, M. A., UR-REHMAN, S., ANJUM, F. M., HUMA, N., a HAFIZ, I., Cheddar Cheese Ripening and Flavor Characterization: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2014, 54(10), 1309-1321 [cit. 2017-04-17]. DOI: 10.1080/10408398.2011.634531. ISSN 1040-8398. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2011.634531>
- [100] MARTH, E. H., a STEELE, J. L., *Applied dairy microbiology*. 2nd ed., rev. and expanded. New York: M. Dekker, c2001. Food science and technology (Marcel Dekker, Inc.), 110. ISBN 9780824705367.
- [101] MCCARTHY, C. M., WILKINSON, M. G., KELLY, P. M., a GUINEE, T. P., Effect of salt and fat reduction on the composition, lactose metabolism, water activity and microbiology of Cheddar cheese. *Dairy Science & Technology* [online]. 2015, 95(5), 587-

611 [cit. 2017-04-17]. DOI: 10.1007/s13594-015-0245-2. ISSN 1958-5586. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s13594-015-0245-2>.

[102] MURTAZA, M. A., UR-REHMAN, S., ANJUM, F. M., HUMA, N., a HAFIZ, I., Cheddar Cheese Ripening and Flavor Characterization: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2014, 54(10), 1309-1321 [cit. 2017-04-17]. DOI: 10.1080/10408398.2011.634531. ISSN 1040-8398. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2011.634531>

[103] SINGH, T.K., DRAKE, M.A., a CADWALLADER, K.R., Flavor of Cheddar Cheese: A Chemical and Sensory Perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2003, 2(4), 166-189 [cit. 2017-04-17]. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2003.tb00021.x. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00021.x>

[104] GARCÍA-QUINTÁNS, N., MAGNI, C., MENDOZA, D., LÓPEZ, P., The Citrate Transport System of *Lactococcus Lactis* Subsp. *Lactis* Biovar *Diacetylactis* is Induced by Acid Stress. *Applied and Environmental Microbiology*. 1998, vol. 64, no. 3 s. 850-857. ISSN:0099-2240.

[105] CHOU, Y. E., EDWARDS, C. G., LUEDECKE, L.O., BATES, M.P., a CLARK, S., Nonstarter Lactic Acid Bacteria and Aging Temperature Affect Calcium Lactate Crystallization in Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 2003, 86(8), 2516-2524 [cit. 2017-03-25]. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73846-6. ISSN 00220302. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030203738466>

[106] O'MAHONY, J. A., E. M. SHEEHAN, C. M. DELAHUNTY a P. L. H. MCSWEENEY. Lipolysis and sensory characteristics of Cheddar cheeses ripened using different temperature-time treatments. *LeLait Dairy Science and Technology*. University College Cork, Ireland, 2006. DOI: 10.1051/lait:2005041.

[107] CADWALLADER, K. R., DRAKE, M., a MCGORRIN, R. J., *Flavor of dairy products*. New York: Distributed by Oxford University Press, c2007. ISBN 978-0-8412-3968-5.

[108] NEELAKANTAN, S., MOHANTY, A., KAUSHIK, J., Production and Use of Microbial Enzymes for Dairy Processing. *Current Science*. 1999, vol. 77, no. 1 s. 143-148. ISSN:0011-3891.

- [109] BANSAL, N., FOX, P. F., a MCSWEENEY, P. L. H., Factors Affecting the Retention of Rennet in Cheese Curd. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2007, 55(22), 9219-9225 [cit. 2017-04-17]. DOI: 10.1021/jf071105p. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf071105p>
- [110] LANDFELD, A., NOVOTNÁ, P., a HOUŠKA, M., Influence of the Amount of Rennet, Calcium Chloride Addition, Temperature, and High-Pressure Treatment on the Course of Milk Coagulation. *Journal Food Science*. Prague: Food Research Institute Prague, 2002, 2002(20).
- [111] PHELAN, J. A., GUINEY, J., a FOX, P. F., Proteolysis of  $\beta$ -casein in Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Research* [online]. 1973, 40(01), 105- [cit. 2017-03-25]. DOI: 10.1017/S0022029900014400. ISSN 0022-0299. Dostupné z: [http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S0022029900014400](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0022029900014400)
- [112] ISMAIL, B. a NIELSEN, S.S., Invited review: Plasmin protease in milk. *Journal of Dairy Science* [online]. 2010, 93(11), 4999-5009 [cit. 2017-03-25]. DOI: 10.3168/jds.2010-3122. ISSN 00220302. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030210005400>
- [113] ČSN EN ISO 5534. *Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda)*. Český normalizační institut, Praha, 2005, 12 s. Třídící znak 571003.
- [114] BOURNE, M. C. *Food texture and viscosity: concept and measurement*. 2nd ed. San Diego: Academic Press, c2002. ISBN 0121190625.
- [115] SZCZESNIAK, A. S., Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference* [online]. 2002, 13(4), 215-225 [cit. 2017-04-17]. DOI: 10.1016/S0950-3293(01)00039-8. ISSN 09503293. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950329301000398>
- [116] WEISEROVÁ, E., DOUDOVÁ, L., GALIOVÁ, L., ŽÁK, L., MICHÁLEK, J., JANIŠ, R., a BUŇKA, F., The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. *International Dairy Journal* [online]. 2011, 21(12), 979-986 [cit. 2017-04-02]. DOI: 10.1016/j.idairyj.2011.06.006. ISSN 09586946. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694611001828>
- [117] BUŇKA, F., NAGYOVÁ, G., SALEK, R. N., ČERNÍKOVÁ, M.,x BACOVA, M., a KRÁČMAR, S., The effect of individual phosphate emulsifying salts and their selected

binary mixtures on hardness of processed cheese spreads. *Potravinarstvo* [online]. 2013, 7(1), - [cit. 2017-04-02]. DOI: 10.5219/312. ISSN 1337-0960. Dostupné z: <http://www.potravinarstvo.com/journal1/index.php/potravinarstvo/article/view/312>

[118] SALEK, R. N., ČERNÍKOVÁ, M., NAGYOVÁ, G., KUCHAR, D., BAČOVÁ, H., MINARČÍKOVÁ, L., a BUŇKA, F., The effect of composition of ternary mixtures containing phosphate and citrate emulsifying salts on selected textural properties of spreadable processed cheese. *International Dairy Journal* [online]. 2015, 44, 37-43 [cit. 2017-04-03]. DOI: 10.1016/j.idairyj.2014.12.009. ISSN 09586946. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694614002611>

[119] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J.J., a LUCEY, J.A., Effect of Trisodium Citrate Concentration and Cooking Time on the Physicochemical Properties of Pasteurized Process Cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 2006, 89(1), 15-28 [cit. 2017-04-15]. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72065-3. ISSN 00220302. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030206720653>

[120] BRICKLEY, C.A., AUTY, M.A.E., PIRAINO, P., a MCSWEENEY, P.L.H., The Effect of Natural Cheddar Cheese Ripening on the Functional and Textural Properties of the Processed Cheese Manufactured Therefrom. *Journal of Food Science* [online]. 2007, 72(9), C483-C490 [cit. 2017-04-17]. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00539.x. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1750-3841.2007.00539.x>

[121] UPRETI, P., BÜHLMANN, P., a METZGER, L.E., Influence of Calcium and Phosphorus, Lactose, and Salt-to-Moisture Ratio on Cheddar Cheese Quality: pH Buffering Properties of Cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 2006, 89(3), 938-950 [cit. 2017-04-04]. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72159-2. ISSN 00220302. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030206721592>

[122] DIMITRELI, G., a THOMAREIS, A. S., Instrumental Textural and Viscoelastic Properties of Processed Cheese as Affected by Emulsifying Salts and in Relation to its Apparent Viscosity. *International Journal of Food Properties* [online]. 2009, 12(1), 261-275 [cit. 2017-04-16]. DOI: 10.1080/10942910802256164. ISSN 1094-2912. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10942910802256164>

[123] EL-BAKRY, M., DUGGAN, E., O'RIORDAN, E.D., a O'SULLIVAN, M., Effect of chelating salt type on casein hydration and fat emulsification during manufacture and post-manufacture functionality of imitation cheese. *Journal of Food Engineering* [online].

2011, 102(2), 145-153 [cit. 2017-04-15]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.08.012. ISSN 02608774. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877410004000>

[124] BUŇKA, F., DOUDOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., et al. The effect of concentration and composition of ternary emulsifying salts on the textural properties of processed cheese spreads. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2014, 58(1), 247-255 [cit. 2017-04-15]. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.02.040. ISSN 00236438. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643814001169>

[125] SOŁOWIEJ, B., CHEUNG, I. W.Y., a LI-CHAN, E. C.Y., Texture, rheology and meltability of processed cheese analogues prepared using rennet or acid casein with or without added whey proteins. *International Dairy Journal* [online]. 2014, 37(2), 87-94 [cit. 2017-04-17]. DOI: 10.1016/j.idairyj.2014.03.003. ISSN 09586946. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694614000612>



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

TSC	Citronan trisodný
DSP	Fosforečnan disodný
TSPP	Difosforečnan sodný
P20	Polyfosforečnan sodný
TPA	Texturní profilová analýzy
SN	Rozpustný dusík
TN	Celkový dusík

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<b>Obrázek 1.:</b> Stručné shrnutí metabolismu laktózy (přepřacováno podle McSweeney P.L.H. (2011)) .....	33
<b>Obrázek 2.:</b> Stručné shrnutí lipolýzy (přepřacováno podle McSweeney P.L.H. (2011)) ..	34
<b>Obrázek 3.:</b> Stručné shrnutí proteolýzy (přepřacováno podle McSweeney P.L.H. (2011))	36
<b>Obrázek 4.:</b> Typická křivka texturní profilové analýzy (přepřacováno podle Bourne M. C. (2002)) .....	41
<b>Obrázek 5:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_P20 .....	43
<b>Obrázek 6:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_P20 .....	44
<b>Obrázek 7:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_P20 .....	45
<b>Obrázek 8:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_P20 .....	45
<b>Obrázek 9:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_TSC .....	46
<b>Obrázek 10:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_TSC .....	47
<b>Obrázek 11:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_TSC .....	48
<b>Obrázek 12:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_TSC .....	48
<b>Obrázek 13:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSC_P20.....	49
<b>Obrázek 14:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSC_P20.....	49
<b>Obrázek 15:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSC_P20.....	50
<b>Obrázek 16:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSC_P20.....	50
<b>Obrázek 17:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC_TSPP_P20 .....	51

<b>Obrázek 18:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC_TSPP_P20 .....	52
<b>Obrázek 19:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC_TSPP_P20 .....	52
<b>Obrázek 20:</b> Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC_TSPP_P20 .....	53
<b>Obrázek 21:</b> Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_P20 .....	54
<b>Obrázek 22:</b> Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_P20 .....	55
<b>Obrázek 23:</b> Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_P20 .....	55
<b>Obrázek 24:</b> Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_P20 .....	56
<b>Obrázek 25:</b> Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_TSC .....	57
<b>Obrázek 26:</b> Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_TSC .....	57
<b>Obrázek 27:</b> Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_TSC .....	58
<b>Obrázek 28:</b> Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSPP_TSC .....	58
<b>Obrázek 29:</b> Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSC_P20 .....	59
<b>Obrázek 30:</b> Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSC_P20 .....	60
<b>Obrázek 31:</b> Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSC_P20 .....	60
<b>Obrázek 32:</b> Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí DSP_TSC_P20 .....	61
<b>Obrázek 33:</b> Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené ze 4 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC_TSPP_P20 .....	62
<b>Obrázek 34:</b> Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 8 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC_TSPP_P20 .....	62

**Obrázek 35:** Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 12 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC\_TSPP\_P20 ..... 63

**Obrázek 36:** Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobené z 16 týdnů zralé suroviny a ternární směsi tavících solí TSC\_TSPP\_P20 ..... 63

**SEZNAM TABULEK**

<b>Tabulka 1.:</b> Srovnání skupin tavících solí .....	18
<b>Tabulka 2.:</b> Citronany používané jako tavící soli.....	19
<b>Tabulka 3.:</b> Fosforečnany používané jako tavící soli .....	20