Vybrané směsi sodných a draselných tavicích solí a jejich vliv na konzistenci tavených sýrů

Bc. Tereza Pakhofferová

Diplomová práce
2023

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	**Bc. Tereza Pakhofferová**
Osobní číslo:	**T21459**
Studijní program:	**N0721A210004 Technologie potravin**
Forma studia:	**Prezenční**
Téma práce:	**Vybrané směsi sodných a draselných tavících solí a jejich vliv na konzistenci tavených sýrů**

Zásady pro vypracování

I.Teoretická část
Základní charakteristika tavených sýrů.
Tavící solí a jejich role při výrobě tavených sýrů.
Faktory působící na kvalitu tavených sýrů.
II.Praktická část
Vyrobte modelové vzorky tavených sýrů.
Proveďte vybrané analýzy.
Vyhodnoťte získané výsledky a zformulujte závěry.

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

Seznam doporučené literatury:

[1] Chavhan, G. B., Kanawjia, S. K., Khetra, Y., & Puri, R. (2015). Effect of potassium-based emulsifying salts on sensory, textural, and functional attributes of low-sodium processed Mozzarella cheese. *Dairy Science & Technology*, *95*(3), 265-278. https://doi.org/10.1007/s13594-014-0207-0

[2] Hoffmann, W., Gärtner, J., Lück, K., Johannsen, N., & Maurer, A. (2012). Effect of emulsifying salts containing potassium on the quality of block-type processed cheese. *International Dairy Journal*, *25*(1), 66-72. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.11.010

[3] Salek, R. N., Černíková, M., Maděrová, S., Lapčík, L., & Buňka, F. (2016). The effect of different composition of ternary mixtures of emulsifying salts on the consistency of processed cheese spreads manufactured from Swiss-type cheese with different degrees of maturity. *Journal of Dairy Science*, *99*(5), 3274-3287. https://doi.org/10.3168/jds.2015-10028

[4] Weiserová, E., Doudová, L., Galiová, L., Žák, L., Michálek, J., Janiš, R., & Buňka, F. (2011). The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. *International Dairy Journal*, *21*(12), 979-986. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.06.006

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2023**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 20. února 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA
DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou 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);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

……..
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo zjistit vliv vybraných směsí sodných a draselných tavicích solí na konzistenci tavených sýrů (směs č.1 $Na_4P_2O_7$ a KH_2PO_4, směs č.2 NaH_2PO_4 a $K_4P_2O_7$) . V experimentální části byly vyrobeny vzorky tavených sýrů s obsahem sušiny 40 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 50 % (w/w) Byly u nich sledovány hodnoty pH, aktivita vody a stabilita vzorku. Vzorky byly také podrobeny stanovení texturních parametrů (tvrdost, relativní lepivost, gumovitost, kohezivnost a roztíratelnost), stanovení komplexní viskozity, stanovení ztrátového a elastického modulu pomocí oscilační reometrie. U analýzy roztíratelnosti se podařilo prokázat, že přídavek draselných solí nezhoršuje roztíratelnost vzorku. V případě reometrických stanovení bylo prokázáno, že změny poměru sodných a draselných mohu zapříčinit růst elasticity vzorku. Byl sledován vývoj hodnot komplexního modulu pružnosti v souvislosti se zvyšující se teplotou.

Klíčová slova: Tavený sýr, tavení směsi, tavicí soli, textura, tvrdost, roztíratelnost, reometrie.

ABSTRACT

The goal of this thesis was to find out what influence have selected sodium and potassium salts on the consistency of processed cheese. (mixture n.1 consisted of $Na_4P_2O_7$ and KH_2PO_4, mixture n.2 consisted of NaH_2PO_4 and $K_4P_2O_7$).

The experimental part of this thesis consisted of making processed cheese samples containing 40% of dry matter (w/w) with 50% fat in the dry matter (w/w). The samples were tested for pH values, water activity and sample stability. Samples were also tested for their textural parametres (hardness, relative stickness, rubberiness, cohesivity and spreadability) and complex viscosity. Loss modulus and elasticity modulus were determined by using oscillatory rheometry. Analysis of the results of spreadability tests showed that the addition of potassium salts does not worsen the spreadability of the sample. According to rheometry assessment, the change of ratio of sodium and potassium salts can cause growth of elasticity in the samples. While raising temperature of the sample, the development of complex elasticity modulus values was monitored.

Keywords: Processed cheese, mixture melting, melting salts, texture, hardness, spreadability, rheometry

Poděkování patří mému vedoucímu diplomové práce, kterým byl doc. Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D. Hlavně za jeho cenné rady a trpělivost. Taktéž děkuji Ing. Vendule Kůrové za její poradenství během měření praktické části diplomové práce.Poslední poděkování patří mé rodině a přátelům za psychickou podporu.

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

OBSAH

ÚVOD **9**
I TEORETICKÁ ČÁST **10**
1 TAVENÉ SÝRY **11**
1.2 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ 11
2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ **14**
2.1 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝ SÝRŮ 14
2.1.1 Přírodní sýr 14
2.1.2 Tavicí soli 16
2.1.3 Nátavek 17
2.2.1 Tavení 17
2.2.2 Chlazení a balení 19
2.2.3 Jiné konečné úpravy 19
3 TAVICÍ SOLI A JEJICH ROLE PŘI VÝROBĚ TAVENÝCH SÝRŮ **21**
3.1 FOSFOREČNANY SODNÉ 21
3.2 FOSFOREČNANY DRASELNÉ 22
3.3 CITRÁTOVÉ TAVICÍ SOLI 22
3.4 VLASTNOSTI TAVICÍCH SOLÍ 23
3.4.1 Sekvestrace vápníku 23
3.4.2 Iontová výměna 24
3.4.3 Korekce pH směsi 25
3.4.4 Stabilita (Hydrolýza) 25
3.4.5 Kaseinová disperze, hydratace a emulgace tuku 25
3.4.6 Chelatace 26
3.4.7 Zvýšení pH směsi 26
3.4.8 Emulgace tuků 27
Krémování 27
3.4.9 Tvarování během chlazení 28
3.4.10 Antimikrobiální aktivita 28
3.4.11 Tvorba krystalů 28
3.4.12 Změny barvy 29
4.1.1 Pudingová struktura 30
4.1.2 Tuhá sktruktura 30
4.1.3 Překrémování 32
4.1.4 Krystaly v taveném sýrů 32
4.2 SENZORICKÉ VADY TAVENÉHO SÝRA 34
4.2.1 Změny barvy taveného sýra 35
4.2.2 Vady chuti - mýdlová chuť 36
4.3 MIKROBIOLOGICKÉ VADY 36
II PRAKTICKÁ ČÁST **38**
5 CÍL PRÁCE **39**

5.2 POUŽITÉ SUROVINY 40
5.2.1 Surovinová skladba modelových vzorků taveného sýra 40
6 CHEMICKO -FYZIKÁLNÍ ANALÝZY 43
6.1 ANALÝZA PH 43
6.3 STANOVENÍ SUŠINY 43
6.4 TEST STABILITY VZORKU 44
7 VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ 52
7.2 STANOVENÍ STABILITY VZORKU 54
7.3 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA 55
7.3.2 Relativní lepivost 57
7.3.3 Kohezivnost a gumovitost 59
7.5 DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE 62
7.5.1 Komplexní Viskozita 62
7.5.2 Elastický a ztrátový modul pružnosti 64
9 ZÁVĚR 75
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 78
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 85
SEZNAM OBRÁZKŮ 86
SEZNAM TABULEK 87

ÚVOD

Tavený sýr je vyráběn tavením přírodního sýra spolu s tavicími solemi a dalšími mléčnými a nemléčnými přísadami. Tavené sýry se díky velké rozmanitosti používaných surovin vyrábí v mnoha texturách (měkké, tvrdé, polotvrdé), příchutích (přírodní, ochucené kořením nebo zeleninou) a provedení (samostatně balené plátky, ve střívkách nebo hliníkových obalech. Chuť a texturní vlastnosti taveného sýra jsou stěžejními faktory pro jeho kvalitu a oblíbenost. Texturní vlastnosti taveného sýra udává velké množství faktorů. Tyto faktory začínají správným výběrem vstupní suroviny (druh, zralost přírodního sýra) a výběrem ostatních surovin mléčného a nemléčného původu. Nejdůležitější surovinou pro výrobu taveného sýra jsou tavicí soli. Jde o soli odvozené od kyseliny fosforečné, draselné a citronové. Dalším faktorem ovlivňujícím konečné vlastnosti taveného sýra je samotný postup výroby (teplota tavby směsi, plnění, chlazení, balení a jiné konečné úpravy). Tavicí soli, které jsou předmětem této práce, mají zásadní vliv na vlastnosti konečného produktu, protože jsou během výroby schopny výměny monovalentního iontu s dvojmocným vápníkovým iontem kaseinu. Díky tomu dojde k destabilizaci sil, které navazují vápník v kaseinu a tím celý udrží kasein pohromadě, a následně se utvoří homogenní směs. Nejčastěji se využívají soli kyseliny fosforečné. Důvodem přídavku draselných tavicích solí do taveného sýra je snaha o snížení obsahu sodíku v tavených sýrech. Spotřeba taveného sýra je v České republice 2 – 3 kg na osobu. U některých jedinců tak může dojít k přílišnému příjmu sodíku, což může vézt k onemocnění hypertenzí a končit až infarktem myokardu. Tato práce se mimo jiné zabývala změnou barvy u tavených sýrů s draselnými solemi. Změna barvy taveného sýra může mít za následek jeho neprodejnost , protože zákazníci jsou zvyklí na jistou uniformitu výrobku, kterou je u taveného sýra bílá barva.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY

1.1 Historie tavených sýrů

První výrobky označované jako,, tavený sýr“ se začaly vyrábět v Evropě ke konci 19. století. Impulsem pro výrobu tohoto druhu sýra mohl být pokus o prodloužení trvanlivosti čerstvého sýra, nebo snaha o vyrobení nového produktu, který by přitáhl zákazníky hledající výrobek s jemnější chutí. První tavený sýr určený pro trh byl vyroben ve Švýcarsku firmou Walter Gerber a Fritz Stettler jako sýr, který by mohlo Švýcarsko dodávat do zemí teplejšího podnebí bez poškození jeho trvanlivosti. Byl vyroben rozkrájením přírodního ementálského sýru, který byl zahříván spolu s citronanem sodným, až do bodu, kdy došlo k homogenizaci všech surovin. Výrobek byl schlazen a nadávkován do skleněných nebo hliníkových obalů [1, 2, 3].

Podobný postup si nechal roku 1916 patentovat James Lewis Craft v USA. Patent popisuje homogenní teplý sýr vzniklý zahříváním čedaru, který byl následně dávkován do skleněných obalů. Patent ovšem nepopisuje přidání jakýkoliv tavicích solí.Mezi další patenty, které byly Craftovi přiznány patřil patent na bochník taveného sýra o hmotnosti přes 2 kg. Tento blok taveného sýra získal u obyvatel USA velkou oblibu pro svou jednoduchost použití. Díkytomu zvýšil spotřebu taveného sýra v USA o polovinu. Craft získal i patent na výrobní tavicí zařízení, které tavilo sýr přímým vstřikováním páry při výrobě. To ovšem zvyšovalo obsah vody ve výrobku a hrozilo, že by nemusel být klasifikován jako tavený sýr. Na využití tavicí soli, a to konkrétně fosforečnanu vápenatého, byl udělen patent až v roce 1921 Georgi Herbertu Garstinovi z Phoenix Cheese Company V následujících letech došlo k revoluci zejména tavicích zařízení, čímž se zlepšila emulgace surovin, a výrobky byly celistvější. Ve čtyřicátých letech dvacátého století. si nechal Craft patentovat tavený sýr ve formě plátků [1, 2, 3].

1.2 Základní charakteristika tavených sýrů

Již z názvu vyplývá, že jde o tavený sýr, který je vyroben tavbou přírodního sýra a dalších surovin při vyšších teplotách. Tyto sýry mají dlouhou dobu trvanlivosti a jsou dobrým zdrojem vápníku a bílkovin. Jejich cena se často pohybuje v nižších kategoriích, i když mají vysokou rozmanitost chutí, textur způsobů balení a dalších využití, například v gastronomii [1, 2, 3].

Tavený sýr je charakterizován ve vyhlášce čc.397/2016 jako sýr, který byl upraven tavením.

Dále vyhláška charakterizuje tavený sýrový výrobek, který byl vyroben tavením a obsahuje min 50 hm % sušiny ze sýra a obsahuje maximálně 5% laktózy. Dále charakterizuje tavený mléčný výrobek. Ten nemá danou podmínku na min obsah sušiny pocházející ze sýra, je zde stanoveno že, může obsahovat více jak 5% laktózy [4].

Ovšem v literatuře tavený sýr definován jako, více složková stabilní emulze oleje ve vodě. Tavený sýr Vzniká tavbou přírodního sýra ve směsi s tavicími solemi a ostatními mléčnými a nemléčnými surovinami za podtlaku při teplotě vyšší než 85 °C [2, 3, 5].

Vstupní surovinu zde tvoří přírodní sýr v rozdílném stádiu zralosti, a to samostatně nebo ve směsích. Mísí se například tvrdé, polotvrdé a měkké, či různě aromatické sýry. Dále se používají suroviny mléčného a nemléčného původu. Mléčného původu kromě sýru jsou máslo, nátavek, sýrové polotovary, mléčné koncentráty (sušené mléko, sušená syrovátka, kaseináty). Nemléčného původu jsou hlavně tavicí soli (soli kyseliny fosforečné a citronové), dále se jedná například o zeleninu, koření, med, kakao, stabilizátory, barviva, vodu, nebo konzervační látky. Směs těchto surovin se taví při dané teplotě a otáčkách v tavicích přístrojích [5, 6, 7].

Hlavními důvody výroby tavených sýrů jsou delší doba trvanlivosti, větší rozmanitost díky různorodým směsím přírodních sýrů a dochucovadel, roztíratelnost a možnost kusového balení. Je možné využít i přírodní sýry, které neodpovídají kritériím na daného produktu (krátká doba zrání), ale jsou zdravotně nezávadné [5,7].

Označení tavený sýr nesou výrobky různých kategorií. Do nich se sýry dělí podle požadavků. Mezi tyto požadavky se řadí: [5, 6]

- **minimální obsah tuku v konečném výrobku**
    a. S vysokým obsahem tuku (60 % a víc tuku v sušině)
    b. Plnotučné (max 55% tuku v sušině)
    c. Středně tučné (max 45% tuku v sušině)
    d. Nízkotučné (max 30 % tuku v sušině)
- **složení směsi**
    a. Přírodní
    b. Druhové

c. Směsné

d. Ochucené

- Podle způsobu balení

a. Kelímky a vaničky

b. Hliníkové folie

c. Plastové tuby, střívka

d. Plátky v samostatných obalech [5]

Tavený sýr může nabývat různých konzistencí, díky tomu se zvyšuje i jeho využitelnost. Od stolního sýra pro přímou spotřebu, který je krémovité struktury, až po pevné tavené sýry, které lze krájet. Tavené sýry lze využít při přípravě pokrmů, a to jako základní surovinu pro výrobu sýrových omáček, nebo můžeme dělené plátky taveného sýra nalézt v cheesburgerech. Jako tavený sýr by měl být označován výrobek s chutí odpovídající použitému přírodnímu sýru s lesklým povrchem, homogenní strukturou bez hrbolků s neměnícím se zabarvením a bez kavern po plynech vznikajících fermentací [5 ,6].

2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ

2.1 Suroviny pro výrobu tavený sýrů

2.1.1 Přírodní sýr

Přírodní sýry jsou hlavní složkou směsi určené pro výrobu tavených sýrů. Přírodní sýr je zdrojem proteinů, které tvoří základní strukturu taveného sýra. Proteiny zvyšují viskozitu vodní fáze a snižují mezifázové rozhraní mezi vodou a tukem v emulzi. Druh a kvalita přírodního sýra má vliv na vlastnosti konečného produktu, jako je chuť, aroma, kyselost, tvrdost a jiné. Pro výrobu taveného sýra se může využít jeden druh přírodního sýru, nebo více druhů s různým stupněm zralosti. Druhy přírodních sýrů použitých ve směsi pro tavené sýry se mohou lišit v závislosti na zemi, kde se vyrábějí. Například v USA se nejvíce setkáme s využitím čedaru, ale v ostatních zemích může jít o sýr Colby, Gouda, Mozzarella, či sýr švýcarského typu. Pro základ směsi lze použít i neprodejné sýry. Neprodejné sýry jsou sýry s poškozením svrchní vrstvy sýra, odštěpky, které vznikají při porcování sýrů a také sýry, u kterých nebyl dokončen proces zrání pro výrobu daného taveného sýru. Sýry jsou vybírány zpravidla na základě předchozích zkušeností, aby bylo možné vyrobit odpovídající výrobek. Pro výrobu se používají směsi méně a více prozrálých sýrů. Je to pro to, že i když vyzrálejší sýry jsou chuťově výraznější, tak je v nich vlivem delšího působení enzymů méně inaktivovaného kaseinu, který je během procesu zrání hydrolyzován. Vyzrálejší přírodní sýr pak obsahuje více kaseinů s krátkým řetězcem, což má za následek špatnou emulgaci směsi. Tento jev může vést až k oddělení tukové a vodní fáze ve výrobku [2, 6, 7, 8, 9].

Příliš velký poměr mladých sýrů má za následek výrobek příliš tuhé, gumovité konzistence bez výrazného chuťového charakteru. Směsi těchto sýrů se proto míchají podle požadavků na konečný výrobek. Například na blokový tavený sýr se využije více vyzrálého sýra, kde je od 65% do 75 % kaseinu v inaktivovaném stavu. Výsledný tavený sýr bude tuhý a bude ho možné roztírat. Na výrobu plátkových tavených sýrů se využije méně vyzrálých přírodních sýrů, kde bude obsah inaktivního kaseinu od 75 - 95 %, díky tomu vznikne měkká textura. Dalším důvodem, proč musí být směs ve správném poměru, je stabilita konečného výrobku. Je to dáno tím, že stupeň zralosti a druh sýra přímo ovlivňuje pH konečného výrobku. Pro správnou výslednou strukturu se doporučuje, aby pH konečného taveného sýra bylo v rozmezí hodnot 5,4 - 6. Pokud bude hodnota pH výrazně nižší či vyšší než hraniční hodnoty, nebude emulgace správná a výrobek nebude stabilní [2, 6, 7, 8, 9].

Právě během zrání taveného sýra dochází ke změně všech výše uvedených faktorů, které mají vliv na texturu a reologické vlastnosti taveného sýra. Tyto změny probíhají během zrání ve třech základních biochemických operací, kterými jsou [10]

- **Proteolýza**

  Nejsložitější proces, který během zrání probíhá a má přímí dopad na chuť a texturu přírodního sýra. Textura je proteolýzou ovlivňována kvůli rozpadu bílkovinové sítě, poklesu aktivity vody a zvýšením pH. Během proteolýzy dochází k tvorbě peptidů, volných aminokyselin a k deaminaci, dekarboxylaci, transaminaci a dalším reakcím. Katabolické rekce aminokyselin pak mají za následek změnu chuti u výrobku. Změna chuti je zapříčiněna vznikem těkavých látek ovlivňujících chuť. Právě sirné aminokyseliny, methionin a aromatické látky (fenylalanin, tyrosin, tryptofan) jsou prekurzory pro sirné aromatické látky jako methional, dimethylsulfát a z aromatický látek jde například o benzaldehyd, fenylacetaldehyd a další. Dále vznikají těkavé kyseliny a alkoholy, jako je kyselina 2-methyl máselná [6, 10].

  Během proteolýzy dochází ke vzniku peptidů způsobujících hořkou chuť přírodního sýru. Jejich koncentrace roste se stupněm zralosti přírodního sýra a jejich vznik je zapříčiněn působením startovacích a koagulačních proteináz. Stoupající koncentrace je dána nedostatečným mikrobiálním rozkladem peptidů, nebo přílišnou intenzitou jejich produkce. Mezi další látky způsobujících hořkou chuť se řadí některé aminokyseliny, amidy, aminy, soli s dlouhým řetězcem a jiné [6].

- **Lipolýza**

  Tuk slouží jako rozpouštědlo aromatických látek přecházejících do sýra. Na jím tvořeném rozhraní mezi tukem a bílkovinami probíhají reakce ovlivňující chuť produktu. Tuk ovšem představuje i riziko. Tuk dobře podléhá oxidaci, zvláště pak polynenasycené mastné kyseliny. Při jejich oxidaci vznikají aldehydy s negativním aromatickým projevem a mají za následek chuťové a pachové znehodnocené výrobku. Tento problém lze vyřešit přidáním látky s antioxidačními schopnostmi, jako je vitamín E, který nemá vliv na chuť sýra. Opačný efekt má enzymatická hydrolýza tryacylglycerolů. Vznikem glyceridů dochází k rozvoji chuti. Intenzita lipolýzy se u sýrů liší od nízké (sýr gouda) po vysoce intenzivní (sýry s plísní či sýry zrající pod mazem). Dalším procesem jsou reakce volných MK. Při beta oxidací a dekarboxylací MK vznikají laktony, které taky ovlivňují aroma a chuť sýru [6].

- **Dekompozice laktózy a citrátu**

  Laktóza je spolu s oběma předchozími komponenty také zodpovědná za aroma sýra. Rozklad sacharidů označovaný jako glykolýza je proces přeměny laktózy na kyselinu mléčnou za pomoci bakterií mléčného kvašení. Tato kyselina se přímo podílí na chuti sýrů vznikajících kyselým sražením. Sacharidy jsou částečně výchozí látkou pro tvorbu aromatických sloučenin, jako je biacetyl, acetoin a ethanol. Metabolizmem citrátu vzniká pyruvát, který je základní látkou pro vznik sloučenin s krátkým řetězcem, jako je například ethanol nebo, acetaldehyd [6].

2.1.2 Tavicí soli

Tavicí soli, často označované také jako emulgační činidla, jsou důležitou přidanou látkou pro výrobu taveného sýra. Jde o soli kyseliny fosforečné a citronové. Nejvíce účinné jsou soli, které jsou tvořeny jednomocným kationtem a vícemocným aniontem. Tavicí soli se používají ve směsích, protože při samostatném použití nemusí být konečný výrobek vyhovující [5, 11, 12, 13, 14, 15].

Tavicí soli se prodávají v bílé krystalické formě a do výrobku se přidávají v předpřipravené surovinové směsi anebo samostatně. Pro zlepšení jejich vlastností se mohou rozpustit před přidáním v části vody, která se do výrobku přidává. Tyto soli jsou některými autory označované jako emulgátory. Toto mylné označení vychází z chybných předpokladů, že tavicí soli mají tzv. amfifilní charakter (zároveň hydrofilní i hydrofobní vlastnosti). Správně se tavicí soli označují jako emulgační činidla, protože napomáhají k emulgaci lipidů kaseiny a zlepšují jejich schopnost vázat vodu. Tavicí solí napomáhají tavení výrobku a stabilizaci vlastností konečného výrobku. Při použití správného poměru tavicích solí má konečný výrobek homogenní strukturu [5, 8, 11, 12, 13, 14, 15].

Tavicí soli také napomáhají k rozptylování tuku. Jejich hlavním účelem je spojení tukové a vodní fáze do homogenní hmoty. Jejich schopnost iontové výměny, která podporuje emulgační schopnosti bílkovin, je ovlivňována působením tepla, nízkou hodnotou pH směsi 5,0 – 5,5 (tato hodnota se přidáním tavicích solí se zvýší na hodnotu pH 5,5 – 6). Tyto podmínky způsobí, že se přemění nerozpustný parakaseinát vápenatý na hydratovanější, rozpustnější parakaseinát sodný, který má schopnost vázat vodu a emulguje volný tuk z přírodního sýru. Re-solubilizovaný sýrový protein je tedy primárním stabilizačním činidlem při tvorbě tavených sýrových výrobků, a to i ačkoli jiné materiály jako hydrokoloidy, například škrob, mohou mít také funkci upravující texturu. Konečný produkt

je gelová proteinová matrice zadržující kapičky tuku. Výsledný výrobek má homogenní strukturu a udrží si tvar [8, 9, 11, 14, 15].

2.1.3 Nátavek

Nátavek je sýrová složka, která byla již dříve zpracována. Tato sýrová složka může být tvořena odřezky hran, nebo taveným výrobkem, který nesplňoval požadavky (překrémování, moc viskózní hmota aj.) na uvedení do oběhu použit může být i tavený sýr který zůstal ve výrobním zařízení. Nátavkem je i již jednou tavený sýr, který byl skladován v chladícím nebo mrazícím zařízení. Nátavek se přidává v malém množství, aby nezměnil kvalitu výsledného výrobku, protože již obsahuje dávku tavicích solí a proteinů s upravenými vlastnostmi. Při přílišném použití nátavku by byla snížena tavitelnost hmoty a výsledný výrobek by byl velmi tvrdý. Obecně se doporučuje přidávat maximálně 4% přetaveného sýra z celkové hmotnosti směsi, aby nedošlo k nežádoucím účinkům. V některých případech je nátavek, který nemá správnou texturu (obsahuje krystalky) vhodný ke zlepšení krémování směsi a lepší konečné struktuře výrobku. Předpokládá se, že pozitivním účinkem nátavku je lepší elasticita produktu, protože ve znovu zahřívaném produktu je lepší agregace proteinů. To samé platí pro tavicí soli, které jsou delší dobu v kontaktu s taveninou, díky tomu rychleji dochází k hydrataci parakaseinu v nové směsi. Zvýšením obsahu proteinů o proteiny z nátavku se lépe emulgují i tuky v tavenině [2, 8].

2.2 Proces výroby tavených sýrů

2.2.1 Tavení

Je proces, při kterém jsou suroviny podrobeny působení fyzikálních a chemických vlivů.

- **Fyzikálními vlivy** jsou teplota, při které se sýr taví, tlak (podtlak, přetlak), mechanická síla (nože v tavicím zařízení).
- **Chemickými vlivy** jsou vliv vody (hydratace) a tavicí soli (iontová výměna, peptizace.)

Přírodní sýr se v prvním kroku očistí od možných nečistot a pokud je zabalený, zbaví se obalové vrstvy (plast, vosk a jiné). Původní struktura sýra se musí dezintegrovat mechanicky (strouháním), aby se zvětšil aktivní povrch. Dojde ke zvětšení povrchu směsi, snížení velikosti částic, zlepší se prostup tepla a ke zlepšení jejích interakce s tavicími solemi,

vodou. K dezintegraci se využívají mlýnky, šnekové mlýnky, mlýnky s proti sobě jdoucími válci (ty se využívají hlavně na kůru u tvrdých sýrů) [6, 7, 16].

Dezintegrovaná směs a další suroviny jsou přemístěny do tavicího kotle, kde se smíchají s ostatními přísadami. Přísady jsou přidávány postupně nebo jako premix vyrobený dříve. Výhodnou premixu je, že fyzikálně-chemické reakce mezi přísadami probíhají za nižších teplot než var, který by mohl reakce zastavit. Působením teploty dochází k uvolnění vody a tuku z částic a hmota ztrácí svou stabilitu. Nejčastějšími základními parametry jsou teplota záhřevu 80°C – 110°C a záhřevu 5 - 20 minut, konečné parametry závisí na druhu výrobku. V takto destabilizované směsi se lépe promíchají její složky a rozpustí se tavicí soli. Tavicí soli destabilizaci směsi zastaví a zároveň mezi solemi a parakseinátem sodným dojde k iontové výměně. Sůl vymění ionty vápníku se směsí za ionty sodíku a vznikne parakaseinát sodný. Dochází tak ke změně elektrického náboje a tím pádem i ke snížení povrchového napětí mezi vodou a bílkovinami. Dojde také k tvorbě hydratovaných kuliček. Peptizovaný parakaseinát je lépe dispergovatelný a spolu s tavicími solemi a aminokyselinami, které jsou ve směsi původem z přírodního sýru, lépe emulguje tuk ve směsi. Stejně tak snižuje iontová výměna povrchové napětí mezi bílkovinami a tukem a stabilizuje celou emulzi. Zvyšuje se schopnost polyvalentních aniontů absorbovat vodu přidanou do směsi, a tím se zvyšuje hustota směsi. Tento jev se označuje pojmem krémování [6, 7, 16].

- **Krémování** Jde o strukturální změnu směsi zapříčiněnou hydratací bílkovin. Krémování se musí včas zastavit, aby nedošlo k překrémování a poškození struktury konečného výrobku [6, 7, 16].

K výrobě emulze, u které nedochází k destabilizaci, která by měla za následek vznik heterogenní struktury (oddělení tuku a vody), je nutná přítomnost peptidů s nízkým stupněm hydrolyzace [17].

Aromata se do směsi přidávají až po dohotovení výrobku, aby nedošlo ke ztrátě senzoricky aktivních látek a jejich použití se tak nestane zbytečným [5, 6, 7, 8, 16].

Průmyslové linky na výrobu taveného sýra bývají diskontinuální, ale nalezneme i kontinuální. Předpřipravené suroviny jsou po předešlých úpravách jsou dopravovány na zásobních vozících do tavicích kotlů. Lze využít i dopravu pomocí žlabů a potrubí. Při kontinuální výrobě se dezintegrovaný sýr míchá ve šnekovém mixéru s ostatními surovinami a pak se dávkuje do tavicích kotlů. U větších strojů se kotle s hydraulickým poklopem naplní do ¾ svého objemu a nádoba se uzavře poklopem. U některých modelů může být poklop také vyhřívaný. V přístroji se nachází míchací zařízení, které má několik stupňů rychlosti

otáček a svým pohybem zajišťuje promíchávání surovin, jejich stírání ze stěn kotle a rovnoměrný záhřev směsi. Směs se zahřívá na teploty 110°C – 125 °C. Tavicí kotle mají často dvě vrstvy a jsou zahřívány nepřímo, a to vodu proudící mezi vrstvami pláště stěn kotle. Pro rychlejší zvýšení teploty a lepší mikrobiologickou stabilitu se do směsi přímo vstřikuje horká pára pro potravinářské účely. Hlavními sledovanými kritérii při výrobách ve větších zařízeních je kontrola tlaku a teploty páry, tlaku a teploty ohřevu v tavicím kotli. Stejné parametry se sledují i u chladící vody. V moderních provozech vše kontrolují nastavená čidla [5, 6, 7, 8, 16].

Proces tavení se ukončí, jakmile vznikne homogenní, tekutá, hladká hmota. Pokud se vyrábí sýr s tužší konzistencí, bude z kotle sýr vytékat v dlouhých pruzích, pokud má být výsledkem snadno roztíratelný sýr, budou pruhy tenké. Sýr se vypouští z tavicích kotlů do potrubí s gravitačním uspořádáním. Pokud jsou v provozovně 2 kotle, pracují nezávisle na sobě, kdy jeden taví a druhý se vypustí a následně plní novými surovinami [5, 16].

2.2.2 Chlazení a balení

Pokud nedochází k homogenizaci, musí být bez časových prodlev tavený sýr přemístěn do plnících strojů k okamžitému plnění. Plnění probíhá potrubím s gravitačním spádem. Urychlené balení a následné chlazení zastaví nebezpečí přetavení. Během chlazení dochází ke tvorbě finální textury sýra. V sýru se tvoří vodíkové disulfidické vazby. Chlazení je rozdílné podle druhu taveného sýra. Roztíratelný se chladí rychle, kdežto tavený sýr tuhé konzistence postupně. Chlazení taveného sýru probíhá po jeho zabalení, kdy výrobek projíždí chladícím tunelem při teplotách 25°C – 35°C max. 1 hodinu, nebo se chladí v chlazených místnostech. Takový produkt má dobu trvanlivosti v řádech měsíců. Balené tavené sýry se poté balí do spotřebitelských obalů. Další skladování probíhá při teplotách od 4°C - 8°C [5, 8, 16, 17].

2.2.3 Jiné konečné úpravy

Tavené sýry se mohou zauzovat a následně plnit do střívek. Další možností úpravy je krájení na plátky, kdy se sýrová směs za horka nalije na chlazený kovový pás a vytvoří na kterém několik milimetrů vysoký povlak tuhé konzistence. Hmota se pak porcuje na cílové plátky, které se pak odděleně balí a štosují na sebe. Tento způsob se využívá při výrobě plátkového sýru čedar. Plátky taveného sýra Ty se pak balí do prodejních balení. Tavené sýrové plátky mohou plnit do fóliové tuby, která je pak zploštěna a vytvoří se plátky které v nekonečném

řetězci procházejí vodní lázní, kde se teplota sýra sníží pod 10°C. Poté se voda odsaje a z plátu se nakrájí finální čtvercové plátky [8, 16].

3 TAVICÍ SOLI A JEJICH ROLE PŘI VÝROBĚ TAVENÝCH SÝRŮ

Jde o soli, které jsou nutné k výrobě stabilního produktu, který bude homogenní, beze změn barvy, či konzistence. Soli jsou odvozeny od kyseliny fosforečné a citronové a přidávají se v množství 1% - 3 % hmotnosti celé surovinové směsi. Tavicí soli působí jak na fyzické, tak i na chemické vlastnosti taveného sýra [5, 15, 16, 18].

3.1 Fosforečnany sodné

Fosforečnany jsou soli kyseliny fosforečné zbavené nečistot, tak aby byla vhodná pro potravinářské účely. V potravinářství se využívají mono a polymerní fosforečnany. Pro výrobu polyfosfátů se využívají kondenzované kyselé ortofosforečnany, ze kterých se působením tepla eliminuje molekula vody. Takto dehydrované tetraedry pak kondenzují a vytvoří polymer. Získané polymerní fosforečnany se dělí do skupin podle toho, jaký utvářejí řetězec [5, 8, 14, 15].

Polyfosforečnany tvoří kruhový řetězec, síťovanou strukturu, nebo lineární řetězec. Pro výrobu sýra však využíváme jen polyfosforečnany s lineárním řetězcem. Ty se dále dělí na polyfosforečnany s dlouhým a krátkým řetězcem (di, tri a polyfosforečnany), které jsou vhodné pro výrobu taveného sýra. Počet fosfátových jednotek ve fosfátech s lineárním řetězcem ovlivňuje vlastnosti soli. Různorodost řetězců ovlivňuje v první řadě schopnost výměny sodných a draselných iontů mezi solí a kaseinovou strukturou přírodního sýra. Tato výměna je při výrobě taveného sýra podpořena vysokou teplotou, která zrychluje výměnu iontů a následnou disperzi a správným pH směsi v rozmezí 5,6 – 6 stupňů. Výsledné pH výrobku neovlivňují jen vybrané suroviny, ale i samotná agregace kaseinů. Pokud by hodnota pH směsi klesla příliš blízko izoelektrickému bodu kaseinu, došlo by k přílišné agregaci a disperze proteinů by byla nízká, a proto by nedošlo k hydratování proteinů a emulgací tuku. V potravinářské výrobě se používají fosforečnany sodné, draselné, amonné, vápenaté, hořečnaté anebo sodno-hlinité. V literatuře lze dohledat, že fosforečnany sodno-hlinité se používají pro konečné výrobky s měkkou texturou a je u nich menší riziko oddělení tukové fáze při zahřívání. Kondenzované fosforečnany se používají naopak pro tvrdší výrobky, bez oddělení tukové fáze, ovšem s horšími tavebními vlastnostmi. Tavicí soli lze podle účinnosti řadit od nejúčinnější [5, 8, 14, 15].

Citronan sodný → ortofosforečnan disodný → tripolyfosforečnany sodné → polyfosforečnany s delším řetězcem. Fosforečnany draselné

3.2 Fosforečnany draselné

Draselné soli jsou ve výrobě využívávány spíše ke zlepšení textury výrobku. Je prokázáno že ortofosforečnany a pyrofosforečnany s draselným kationtem poskytují lepší strukturu výrobku, než výrobky s jejich sodnými ekvivalenty [19, 20, 21].

Draselné tavicí soli fungují na stejné bázi jako ty sodné. Přidávají se do taveného sýra, aby za tepelného záhřevu a míchání spustily sekvestraci vápníku v koloidním komplexu fosforečnanu vápenatého, aby došlo k hydrataci parakaseinu a dalším akcím. Viz kapitola vlastnosti tavicích solí. Draselné tavicí soli se používají ve směsích se sodnými tavicími solemi. Při jejich částečné náhradě probíhá během zahřívání iontová výměna vápníku za draslík. Tavené sýry pak mají rozdílné senzorické vlastnosti. Výsledný výrobek má pevnější strukturu, ale jeho chuť může nabývat hořkých tónů. Mezi nevýhody těchto solí lze řadit i jejich nižší rozpustnost ve vodě. Proto je lepší je používat ve směsích se sodnými solemi [19, 20, 21].

Draselné tavicí soli se nevyužívají jen kvůli vlivu na texturu, ale částečně jako náhražky sodných solí s cílem snížit obsah sodíku produktu. Protože denní příjem je pro člověka stanoven na hranici 5g NaCl a asi 2 g sodíku na den. Výrobky, jako tavené sýry, které jsou nedílnou součástí stravy ve vyspělých zemích tak obsahují až 3x více sodíku, než je maximální hodnota příjmu sodíku spotřebitelem. Toto množství se také zvýší, přidá-li se tento sýr například do omáček na další výrobky, které samy o sobě obsahují sodík. Nahrazením sodných tavicích solí částečně draselnými se pak omezí riziko hypertenze spojené se zadržování vody v těle a s tím souvisejícími chorobami [19, 20, 21, 22, 23, 24, 25].

3.3 Citrátové tavicí soli

Stejně jako soli kyseliny fosforečné jsou citrátové soli odvozeny od kyseliny, a to od kyseliny citronové. Vznikají výměnou vodíkových iontů za trojmocné kationty této kyseliny. Při reakci s vápenatými kationty dojde k neutralizaci vodíkových iontů a konečným produktem je citrátová sůl. Nejvíce používanou solí je citronan sodný se třemi sodíkovými atomy v molekule. Citronan sodný se používá ve formě bílých krystalků, nalezneme jej pod E - kódem E331. Citrátové tavicí soli se většinou se používají jako látky měnící pH, například pokud je vstupní surovinou sýr s vyšším stupněm zralosti. Pokud by se citronany používaly samostatně, byl by výsledný výrobek kyselý a moučný, se sypkou strukturou. Ve větším množství způsobují oddělení tuku a snížení tavitelnosti směsi. Často je nalezneme ve

směsích na výrobu tavených sýrů ve formě plátků a jiných sýrů, které se dají krájet. Taktéž jimi jde nahradit část forforečnanových tavicích solí [14, 15, 18, 19].

3.4 Vlastnosti tavicích solí

Výroba tavených sýrů byla historicky spíše uměním. Vlastnosti tavicích solí a jejich použití se zakládalo na zkušenostech výrobce, který měl danou recepturu na směs přírodních sýrů tak i solí. Dnes je díky množství informací zjištěných vědeckým pozorováním již mnohem jednoduší sestavit recepturu kvalitního produktu. Dalším zjednodušením procesu výroby ulehčením je průmyslová produkce tavicích solí podle požadavků výrobce. Poměry solí ve směsích a také jejich použití si výrobci patentují [5, 14, 15].

Tavicí soli mají důležitou funkci při produkci tavených sýrů. Jejich působením během záhřevu a mísení směsi jsou sýry ovlivňovány chemickými a fyzikálními reakcemi. Mezi tyto reakce se řadí: vazba vápníku, iontová výměna, změna hodnoty pH výrobku, dispergace kaseinu, hydratace a agregace proteinů. Přídavkem tavicích solí do směsi se zabrání vzniku heterogenní hmoty hutné konzistence. Přídavek solí z pravidla bývá 1-3% celkové hmotnosti směsi [5, 14, 15].

3.4.1 Sekvestrace vápníku

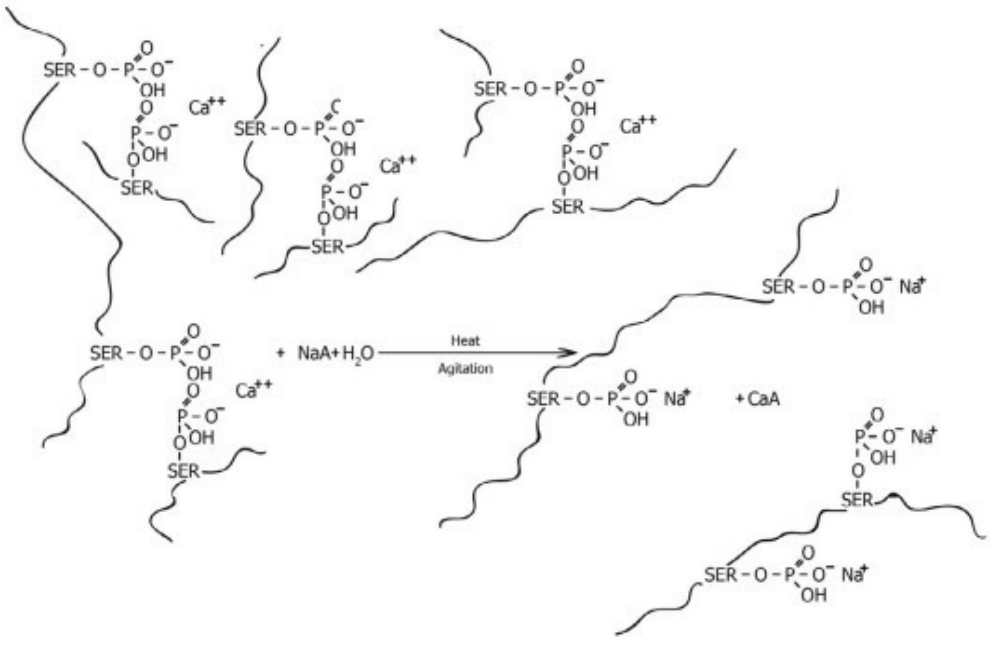
Ortofosforečnany a polyfosforečnany jsou schopny spolu s kovovými ionty tvořit rozpustné komplexy. Tyto komplexy nemají velký význam, pokud jsou tvořeny alkalickými kovy a kovy alkalických zemin, mnohem stabilnější komplexy tvoří například s ionty železa. Tento problém nemají ovšem polyfosforečnany, které tvoří silné komplexy s kovy, se kterými to orthofosforečnany nedokáží. Tato schopnost vázat kov se zvyšuje s délkou řetězce. Soli nejčastěji spojují jednomocný kationt s polyvalentním aniontem. Vazba mezi vápníkem a tavicí solí je dána rovnováhou mezi tvorbou rozpustného komplexu a sraženiny. Stabilita komplexu nebo sraženiny je závislá na účinnosti samotných solí, druhu iontových látek tvořících sůl, pH, iontové síle, teplotě a další faktorech. Oproti orthofosforečnanům schopným ionizace při vysokých koncentracích, se schopnost ionizace polyfosforečnanů odvíjí od délky jejich řetězců [8, 13, 14, 15].

Účinnost dispergace kaseinů je u solí jednomocných kationtů vyšší než u vícemocných kationtů. Schopnost soli vázat vápenné kationty roste s rostoucím mocenstvím aniontu.

Soli tak tvoří komplexy s vápenatými ionty oproti ionizaci, která je ovlivněna délkou řetězce soli, je tak ovlivněna hodnotou pH směsi a počtem molů fosforu [8, 15].

3.4.2 Iontová výměna

Při použití orthofosfátů se tvoří fosforečnany vápenaté, ovšem schopnost orthofosfátů vázat vápenaté kationty je funkční jen pokud má roztok hodnotu pH přibližně 6. Tento jev se označuje jako iontová výměna nebo ionizace. Při tepelném záhřevu s dostačeným množstvím vody ve směsi a správné rychlosti míchaní se sodné ionty ze sodných forforečnanových solí vymění s ionty vápníku ze vstupních surovin. Z toho vyplývá, že se nerozpustný parakaseinát vápenatý se mění na rozpustný parakaseinát sodný a ten se pak rozptýlí v objemu celé taveniny. Rychlost iontové výměny ovlivňuje délka řetězce u emulgačních solí a konečná teplota použitá pro výrobu taveného sýra. Pro zlepšení disperze kaseinu a iontové výměny lze využít zvýšení teploty směsi a použít tavicí fosfátové soli s delším řetězcem. Dalším faktorem, který ovlivňuje iontovou výměnu, je hodnota pH směsi surovin a přírodního sýra. Ionizační (ionexová) schopnost tavicích solí je vyšší, pokud má směs nižší hodnotu pH, v rozmezí hodnot pH 5 - 6,5. Pokud dojde ke špatné volbě emulgační soli, má nadměrná agregace bílkovin a špatná ionizační schopnost za následek špatnou emulgaci tuku a hydrataci bílkovin. To má za následek nevhodnou strukturu výrobku. [8, 14, 15].



Obrázek 1_Znázornění výměny vápníkových iontů se sodíkovými [14]

3.4.3 Korekce pH směsi

U tavených sýrů je hodnota pH konečného výrobku jedním z důležitých faktorů, ovlivňuje totiž rozpustnost bílkovin a účinnost vazebné funkce vápenatých iontů tavicích solí. Tavicí soli jsou zásadité látky a při jejich použití stoupá pH výrobku. Výsledné pH taveného sýra závisí na množství použitých tavicích solí a na jejich pufračních schopnostech. Například citronan draselný nebo hexamonophosporečnan sodný mají stejně jako polyfosforečnany s dlouhými řetězci nízkou pufrovací schopnost. Snížená pufrovací schopnost je dána zmenšujícím se množstvím kyselých skupin v molekule, které se nacházejí na konci polyfosfátových řetězců. Pro dosažení správné hodnoty pH taveného sýra se používají směsi tavicích solí. Zvýšení pH taveného sýra vede ke zvýšení záporného náboje kaseinů ve směsi a zvyšuje se elektrostatický odpor v kaseinové matrici, a to vede k silnější vazbě vody ve směsi, zastavení hydrofobních interakcí mezi molekulami kaseinu a vede tak k lepší emulgaci surovin ve výrobku. Hodnota pH u výrobku má vliv na tvrdost sýra. Měnící se pH u sýrů, při jichž výrobě se použil například difosforečnan sodný, má za následek snížení tvrdosti výrobku se zvyšující se hodnotou pH směsi. Naopak pokud by se ke zvýšení pH použil například citronan vápenatý, výsledný sýr by byl měkčí, Rozdíl by nastal, kdyby se místo citronanu použil difosforečnan tetra sodný. Při jeho použití při pH 5,6 -5,9 vzniká pevný tvrdý tavený sýr [8, 14, 15].

3.4.4 Stabilita (Hydrolýza)

Lineární fosforečnany používané v tavených sýrech podléhají hydrolýze. Rychlejší postup má hydrolýza u pyrofosfátů oproti orthofosfátům, kvůli odlišné délce jejich fosfátového řetězce. Tento proces probíhá během celé výroby a skladování taveného sýra a zrychluje se zvyšující se s teplotou během těchto operací i s délkou jejich trvání. Následkem hydrolýzy je ovlivnění sekvestrace vápníku tavicími solemi, ovlivněno j také konečného výrobku a úroveň emulgace kaseinu. Hydrolýza může negativně ovlivnit tavený sýr během skladování a způsobit tvrdou texturu výrobku. Hlavně u výrobků, kde jsou použity soli s delšími řetězci, protože procesy probíhají delší dobu. Dalším problémem může být krystalizace, na kterou jsou hydrolyzované fosforečnany náchylnější [8, 15].

3.4.5 Kaseinová disperze, hydratace a emulgace tuku

Zahřívání a promíchávání jsou důležité operace pro tvorbu hladké, homogenní, tekuté hmoty. Tyto operace také snižují viskozitu směsi pro výrobu tavného sýra. Zahřívání slouží kromě likvidace patogenních mikroorganismů také k rozpuštění tavicích solí. Čím rychleji

je směs zahřívána na cílovou teplotu, tím tekutější je výrobek. Samotná kaseinová disperze je výsledkem působení tepelné a dynamické energie na směs. Rozpuštěné kaseiny pak emulgují tuk ve směsi a následným snížením teploty směsi se tvoří nová struktura taveného sýra. Používají se tavicí soli schopné destabilizovat vápenaté můstky a kaseiny uvolnit. Pokud by při výrobě nebyly použity tavicí soli, tak by při pH 5 - 5,5 nedošlo k agregaci kaseinů a hydrofilní část směsi (která je tvořena převážně vodou a bílkovinami) by se oddělila od hydrofobní (tuková část) a vznikla by nehomogenní směs. Takovou nehomogenní směs již nelze prodat spotřebiteli. Dispergace kaseinu je z velké části ovlivňována chelatačními schopnostmi tavicích solí a jejich schopností korekce hodnot pH [8, 14, 15].

3.4.6 Chelatace

Chelatace vápenatých iontů z kaseinů vázaných na fosforečnan vápenatý, za pomoci soli, která váže výše zmíněný fosforečnan vápenatý. Při tomto ději dojde k odkrytí fosfoserinových zbytků a ke zvýšení odpuzující síly mezi kasinovými částicemi ve směsi [8, 15].

3.4.7 Zvýšení pH směsi

Přidáním a emulgátoru se zvýší pH a dojde ke zvýšení odpuzujících síly mezi kaseiny. Proto je správné rozptýlení kaseinů během záhřevu závislé na vybrané směsi tavicích solí. Disperze bílkovin má za úkol zvyšovat absorpci vlhkosti v taveném sýru. Zvýšením dispergaci kaseinů je tak možné dosáhnout navýšením koncentrace tavicích solí ve směsi. Výsledný výrobek z vysoce dispergované směsi je po ochlazení hladký, ale i tvrdý, protože tvrdost roste s koncentrací tavicích solí ve výrobku. V minulosti se vědci pokoušeli určit výši disperze kaseinu několika metodami, a to metodami měření dusíku rozpustného ve vodě anebo jako peptizaci kaseinu (to je hodnota rozpustného kaseinového dusíku z celkového obsahu kaseinu). Obě tyto veličiny ovlivňují druh a koncentrace solí v taveném sýru. Bylo zjištěno, že ve srovnání s pyrofosforečnany mají například ortofosforečnany mnohem menší schopnost dispergovat kasein. Z toho vyplývá fakt, že disperze roste se vzrůstající hodnotou pH směsi. K dispergaci je možné použít polyfosforečnany, mají silný aniontový náboj, a proto jsou přitahovány k polyelektrolitům se silným pozitivním nábojem. Takovým polyelektrolitem jsou právě proteiny. Při tomto ději dojde k posílení odpuzujícího náboje kaseinů i při hodnotách pH vyšších než jejich izoelektrický bod, díky tomu se zintenzivní jejich rozpustnost. K takovému zvýšení hydratace se může použít $NaPO_3$ [8, 14, 15].

3.4.8 Emulgace tuků

Emulgace tuků je jednou z klíčových vlastnosti tavicích solí. K výrobě tavených sýrů se používají mléčné výrobky obsahující tuk. Pokud by se směs zahřívala na 90°C – 100 °C bez tavicích solí, došlo by ke zničení membrán kapiček tuku a k následnému roztavení. Takto roztavený tuk by se poté začal slučovat do větších tvarů bez lipoproteinové ochranné vrstvy a oddělil by se od zbytku směsi. Emulgace se dá urychlit zvýšením rychlosti otáček míchadla v tavicím kotli, nebo homogenizací, ta je spíše vhodná pro výrobu tavených sýrových omáček. Pokud by nebyl proveden žádný typ homogenizace, tak by nedošlo k vytvoření kvalitní gelové sítě. Vlivem homogenizace dochází k tvorbě většího povrchu na proteiny stabilizovaných tukových kuliček a zároveň k omezení schopnosti pohybu kaseinových vláken. Homogenizace je tak prevencí proti tání výrobku. Další texturní vlastnosti ovlivňuje záhřev. Se zvyšující se délkou záhřevu dochází ke snížení velikosti tukových kuliček ve směsi. Samotná emulgace tuku je zapříčiněna již dříve dispergovanými kaseiny a menším počtem lipoproteinových membrán. Tuk ovlivňuje samotnou bílkovinovou matrici a konečnou konzistenci výrobku. Tuk narušuje stabilitu tak, že omezí interakce mezi kaseiny a vznikne tavený sýr s nízkou viskozitou. Podobně funguje v taveném sýru také voda [8, 14, 15].

Krémování

Během fáze krémování dochází k tvorbě struktury taveného sýra. Tento efekt je ovlivněn délkou a intenzitou záhřevu směsi, podpořit použitím speciálních směsí tavicích solí. Dochází k navýšení viskozity tavného sýra. Pokud je však doba záhřevu příliš dlouhá, dochází k nežádoucí tvorbě tuhého gelu až suché drobivé konzistence. Pro podporu krémování se používá difosforečnan tetra sodný, kdy se musí dbát zvýšené opatrnosti na tvorbu tuhé gelové struktury při příliš vysokých koncentracích této tavicí soli ve směsi. Pokud se používá, je nutné udržovat ve směsi hodnotu pH maximálně 6, jinak může mít sůl želírovací schopnosti. Proto se difosforečnan tetra sodný používá jen jako složka ve směsi, samotný způsobuje tvrdou strukturu konečného výrobku a nadměrné krémování. Intenzivnější krémování je nutné u sýrů s vyšším obsahem vody, protože je v nich méně proteinů, které dokáží vázat vodu a tuk ve výrobku. Pokud se doba záhřevu během krémování prodlouží a agregace bílkovin se nezastaví, dojde u směsi ke stavu uvolnění tukové fáze a následně i vodní fáze a celá směs ý systém se nenávratně poškodí. Tento efekt se nazývá překrémování [8, 14, 15].

Tvorbu nové struktury a krémování dále podporují hydrofobní interakce, vodíkové a disulfidové vazby a další [14, 15].

3.4.9 Tvarování během chlazení

Během této fáze dochází díky vodíkovým vazbám k asociaci kaseinů. Druh vzniklé struktury a množství interakcí které vzniknou závisí na míře dispergace, intenzitě zesíťovaní kaseinů vzniklými vápenatými fosforečnany a na podmínkách chlazení. Pokud je doba chlazení delší, Kaseiny mají více času na určení vhodnějších způsobů agregace, a tím snížit odpuzujících síly mezi částicemi. Tavený sýr má pak vyšší tvrdost. Používá se například u tavených blokových sýrů. Naopak rychlé ochlazení je vhodné pro pomazánky s vysokým stupněm krémování, aby se předešlo tvorbě silného hustého gelu [14, 15].

3.4.10 Antimikrobiální aktivita

V tavených sýrech se mohou vyskytovat bakterie, které mohou mít vliv na kvalitu výrobku a zdraví konzumenta. Aktivita patogenů je ve výrobku ovlivněna tavicími solemi, tepelným záhřevem během výroby, speciálním složení směsí vstupních surovin anebo například hodnotou pH výrobku. Hodnota pH směsi a obsah solí jsou důležité pro likvidaci spor odolných vůči tepelnému záhřevu. Některé tavicí soli mají znatelnou antimikrobiální aktivitu. Jde hlavně o citrátové soli, poly a pyro fosforečnany. Polyfosforečnany stejně jako pyrofosforečnany aktivně inhibují růst G- Salmonel a také vybraných G+ bakterií jako *Bacilus cereus* nebo *Bacillus substtilis.* Samotný difosforečnan tetra sodný ve spojitosti s chloridem sodným, vodou, správnou teplotou tavby, aktivitou vody a pH směsi je schopen zamezit růstu bakterie *Clostridium botulinum* v plnotučných výrobcích. Tyto bakterie mohou pocházet ze sýrů, nebo i z dochucovadel, například z koření. Schopnost polyfosforečnanů inhibovat bakterie spočívá ve dvou mezích. Za prvé jsou schopny chelatovat dvojmocné ionty ve vazebných místech v buněčných stěnách a tím přerušit tvorbu příčných vazeb mezi jednotkami kyseliny teichoové ve stěnách buňky a tím narušit stabilitu buněčné stěny buňky. Dále se přepokládá, že jsou schopny negativně ovlivňovat metabolické pochody a samotnou RNA buňky Stejně tak polyfosforečnany účinkují jako inhibitor klíčení spor u G+ bakterií [5, 8, 14, 15].

3.4.11 Tvorba krystalů

U tavených sýrů je nutné rozlišovat mezi krystaly vznikajícími na povrchu sýru a krystaly vznikajícími v celé hmotě sýru. Projevy krystalizace tavicích solí mohou být následkem

přidání tavicích solí až do roztavené hmoty. Takto přidaná sůl je špatně rozpustná a její část zůstává ve formě krystalků v konečném výrobku, kde se může, ale i nemusí rozpustit. Další příčinou tvorby krystalků je druh použité tavicí sůl. Krystalky tvoří častěji citrátové soli než soli fosfátové. Polyforforečnany v porovnání s ortofosforečnany tvoří méně krystalů, protože ve směsi rozpouští vápník vázaný k proteinu v sýru. Aby se předešlo tvorbě krystalů u sýrů s vyšší koncentrací tavicích solí, navýší se obsah vody ve výrobku. Povrchové krystaly také vznikají v důsledku vady obalu, kdy je ve výrobku přítomen vzduch a dochází tak ke kondenzaci tekutiny a ostatních látek. Povrchové krystaly lze zaznamenat někdy jen samotným pohledem na sýr. Projevuje se práškovitým povlakem. Urychlení růstu takových krystalků je dáno kolísáním teploty pří skladování. Pokud kolísá skladovací teplota, dochází k urychlení migrace vody ve výrobku. Pokud se krystalky soli tvoří v celém sýru, může to znamenat, že je v receptuře přebytek přírodního sýru. Dále tento jev podporuje nadměrné použití tavicích solí, hlavně těch, které jsou přirozeně náchylnější ke krystalizaci. Ke krystalizaci vede i pH vyšší než 6 v kombinaci s nízkou teplotou, protože se snížením teploty klesá rozpustnost solí. Pokud se v sýru krystalky vytvoří a následně rozpustí, zůstane ve výrobku otvor, kvůli kterému může dojít k narušení integrity výrobku. Problému krystalizace se dá předejít rozpuštěním tavicích solí v části vody předem, sůl lépe působí a zároveň se plně rozpustí [5, 8, 14, 15].

3.4.12 Změny barvy

Tavicí soli mohou být u tavených sýrových výrobků příčinou změn chuti a barvy. Mohou být zdrojem hořké až mýdlovité chuti. Zdrojem hořké chuti jsou často draselné tavicí soli zvláště u výrobku, kde se používají jejich vyšší koncentrace ke snížení obsahu sodíku v konečném výrobku [15].

4 VADY TAVENÝCH SÝRŮ

Tavený sýr není stabilní produkt s neomezenou trvanlivostí. Během skladování se mění struktura a chuť (ztráta vlhkosti, hydrolýza tuků, bílkovin atd.). Sýry se také mění neenzymatickým hnědnutím a oxidací lipidů. Některé defekty u taveného sýra mohou být způsobeny samotným postupem výroby, surovinovou skladbou výrobku, nebo špatnou hygienou [14, 15, 26].

4.1 Texturní defekty

4.1.1 Pudingová struktura

Pudingová struktura je problém vznikající uvolňováním tuku ze směsi. Oddělení tukové fáze je příčinou koalescence nebo agregace kuliček tuku. Agregace je způsobena nedostatečnou emulgací tuku ve směsi během jejího záhřevu a promíchávání. Agregace může být zapříčiněna i přílišnou emulgací a dehydratací bílkovin [8, 14, 15, 26].

Přírodní sýr se vlivem záhřevu a míchání mění v heterogenní směs s hutnou texturou, ze které se odděluje tuk a vlhkost. Tuto vadu způsobuje špatná emulgace mléčného tuku v sýru. Ten přechází do tekuté konzistence a dochází k agregaci tuku důsledkem míchání směsi. Následkem je dehydratace a smrštění parakaseinové sítě kvůli hydrofobním reakcím. Dochází k tvorbě neemulgovaného tuku a proteinová část výrobku pak nabyde porézní, hutnou strukturu a produkt je bez lesku [8, 14, 15, 26].

Tento problém se jednoduše odstraní při použití správné teploty, rychlosti otáček, složení směsi, doby záhřevu a správného poměru tavicích solí. Tavicí soli usnadňují hydrataci a rozpustnost parakaseinu a upravují pH výrobku na požadovanou hodnotu. Výsledkem je lesklý homogenní produkt [8, 14, 15, 26].

Pudingová konzistence může přesto vzniknout i za určitých podmínek. Pokud se roztavený sýr nechá příliš dlouho při vysoké teplotě (víc něž 115 °C) dochází k překrémování, následkem toho vznikne tuhá, tvrdá, hutná konzistence a produkt bez lesku, protože směs přestane zadržovat vodu. Pokud by k problému došlo u plátkového nebo bochníkového taveného sýra, měl by výrobek drsnou tuhou povrchovou strukturu na jejímž povrchu by prosakovala vlhkost a tuk [8, 14, 15, 26].

4.1.2 Tuhá sktruktura

Tato vada je důsledkem hned několika problémů vyskytujících se v taveném sýru. Jde hlavně o příliš nízké pH, nízkou vlhkost, nedostatečnou hydrataci parakaseinu, překrémování spolu

ve spojitosti s vysokou spojitostí tuku. Nedostatečně hydratované parakaseináty jsou málo flexibilní pro výstavbu nové struktury. Nedochází tak k emulgaci tuku a samotná struktura tavného sýra je pak nestabilní. Výsledný sýr je tvrdý, drobivý a může dojít k uvolnění tuku z hmoty. Nejčastější příčinou je použití špatné tavicí soli, která má za následek přílišné snížení pH (citrátové soli), nebo příliš velkým zastoupením tvarohu ve směsi. Při nízkých hodnotách pH nemusí být tavicí soli dostatečně disociovány, aby poskytly a zabezpečily dostatečnou chelataci vápníku a hydrataci kaseinu, k zajištění tvorby stabilního produktu během krátké doby tavby směsi. Přílišná kyselost směsi má za následek i senzorické vady výrobku. Jejich projevem je znatelná kyselá chuť. Problém tuhé struktury se dá řešit úpravou obsahu vody ve směsi, zvýšením podílu vyzrálejšího sýra, přídavkem sušeného mléka, kaseinátů (s dobrou vazností vody) nebo zvýšením přídavku nátavku, který už obsahuje aktivované tavicí soli. Struktura výrobku je pak měkčí a roztíratelnější [8, 14, 26, 27].

Tabulka 1_ Faktory způsobující tuhost TS a jejich řešení [8, 14, 26, 27]

Faktory způsobující tuhou strukturu	**Řešení**
Příliš kyselý výrobek pH <5,6- příliš tvarohu ve směsi, nebo málo pufrující soli	Změna recepturního složení a poměru tavicích solí ve směsi, více sýrů s vyšším pH ve směsi
Nízká vlhkost – špatná hydratace proteinů	Zvýšit recepturní obsah vody, použití sýrů s vyšší vlhkostí
Málo volného tuku	Využití více vyzrálých sýrů, použití více TS, které mají menší emulgační schopnosti -citrát trisodný Snížení doby a intenzity míchání
Vznik heterogenní struktury	Změna rychlosti míchání a tavicích solí

I když je měkká struktura u tavených sýrů žádoucí, aby byl sýr dobře roztíratelný, může se stát i problémem. Faktory ovlivňující měkkou jsou obsah vody ve výrobku 50% - 60%, stupeň vyzrálosti přírodního sýra s delším průběhem proteolýzy a použití správného poměru ve směsi tavicích solí. Například trifosforečnany a pyrofosforečnany sodné, které podporují Krémování, ve spojitosti s vyššími otáčkami míchadla v tavicím kotli a delší dobou výroby tvoří pevnější gel. Pokud se tyto faktory správně nedodrží, dojde ke vzniku měkké, lepivé konzistence, která může být až roztékavá. Narozdíl od tavených výrobků, kde tento probltato vada v určité míře není problémem, je měkká a lepivá struktura velmi vážným problémem u plátkových tavených sýrů. Primárním faktorem defektu textury je nadměrná vlhkost, nízký

obsah inaktivního kaseinu ve směsi (přezrálý přírodní sýr), pH vyšší než 6 (příliš vysoká koncentrace tavicích pufrovacích solí.), příliš dlouhá a intenzivní doba míchání (větší sekvestrace vápníku), rychlé ochlazení [26, 27].

Problém lze řešit snížením pH směsi, snížením obsahu vody ve směsi, použitím mladšího sýra, nebo jeho nahrazení kaseináty a snížením intenzity chlazení. U blokových a plátkových sýrů značné zkrácení doby intenzity otáček míchadla [26, 27].

4.1.3 Překrémování

Vada známá jako překrémování se projevuje sníženou rozpustností dusíku ve směsi. Předpokládá se, že tento jev vzniká například delší dobou záhřevu a míchání, které příliš zvyšuje emulgaci tuku, něž je nutné a souvisí s hydrofobně vyvolaným spojováním parakaseinu. Tím se sníží jeho schopnost stabilizovat kuličky tuku, aby nedošlo k jejich agregaci. Zvýšením agregace proteinu pak dojde k tvorbě tvrdé proteinové matice a výrobek je tuhý, suchý a křehký. Dalším důvodem je přílišná emulgace tuku [8, 14, 26].

Tabulka 2_Příčiny emulgace a její vady u tavených sýrů [8, 14, 26].

Faktory způsobující defekt emulgace	**Faktory způsobující vadu emulgace**
Nedostatečná disperze a zmenšení tukových kuliček – špatná rychlost otáček míchadla	Spojování emulgovaných látek – překrémování směsi
Nedostatečná hydratace parakaseinu - špatné krémování	Příliš dlouhý a intenzivní tepelný záhřev (t > 95°C) a míchání směsi - přílišná emulgace tukových kuliček
Použití tavicích solí s nízkou chelatační aktivitou – pH <5,6	Příliš velký poměr mladého přírodního sýra ve směsi
Špatná doba a intenzita tepelného zpracování – krátká Velká dávka prozrálých přírodních sýrů	Příliš silná pufrovací schopnost použitých tavicích solí

4.1.4 Krystaly v taveném sýrů

V tavených sýrech se mohou vyskytovat krystaly z přírodních sýrů (mléčnan vápenatý z čedaru, vápník, mastné kyseliny, volné aminokyseliny a další) nebo vykrystalizovaná laktóza a tavicí soli (různých forem fosforečnanu vápenatého, dodekahydrátu fosforečnanu

sodného, monoklinického dihydrátu pyrofosforečnanu vápenatého a citrátu vápenatého, nezreagované ES) [26, 28, 29].

Krystaly jsou vážnou vadou výrobku zapříčiňující pískovou strukturu, bílé skvrny v celé hmotě taveného sýra, nebo bělavý vzhled povrchu plátků nebo bloků.

Krystaly původem z přírodních sýrů se vyskytují v tavených sýrech, ve kterých bylo použito velké procento přírodních sýrů. Velká část těchto krystalů se v taveném sýru rozpustí ve vodě, která je ve směsi přidána navíc k té, která je v sýru. Nejčastější tvorba krystalů je výsledkem reakce tavicí soli a parakaseinu vápenatého. Tuto vadu kromě sýra může způsobit i vysoký obsah kaseinátů přidaných do směsi. Pro snížení jejich tvorby se do směsí přírodních sýrů přidává například sýr gouda [26, 28].

K vykrystalizování tavicích solí dochází hlavně při nadpřídavku, kdy soli nejsou schopné úplného rozpuštění. Krystalizace tavicích solí je ovlivněna i hodnotou pH výrobku. Hodnota pH výrobku, ovlivňuje stupeň disociace tavicí soli a její náchylnost ke krystalizaci. Krystalky tavicích solí však nejsou ve hmotě senzoricky znatelné. Inkluze, ze kterých vyrostou krystaly se tvoří už při tepelném záhřevu. Vytvoří základ, ze kterého v řádech týdnů vyrostou krystaly. Krystalky způsobují na povrchu bílý povlak, který je považován za defekt výrobku. Povlak je často projevem vykrystalizováním citronanu vápenatého. Krystalizace tavicích solí se dá řešit několika způsoby:[26]

Tabulka 3_Příčiny krystalizace TS a její řešení [26, 28, 29]

Důvod krystalizace TS	**Řešení defektu**
Nesprávné pH směsi, pH> 6	Snížení obsahu di-tri, forforečnanových solí a solí s pufračním účelem (citráty), polyfosforečnanů s dlouhým řetězcem Použití méně vyzrálého přírodního sýru (nižší pH)
Nerozpuštění tavicí soli při záhřevu	Místo krystalické látky použít roztoky solí s vodou Zvýšení otáček míchadla Korekce obsahu vody ve směsi
Srážení teplem (fosforečnan vápenatý)	Snížení teploty a délky záhřevu Použít jinou Použití jiného druhu tavicí soli

Vysoká koncentrace orthofosfátů	Snížení přídavku orthofosfátů Kontrola vyřazení surovin, které jej obsahují Snížení doby skladování v chladícím zařízení (zastavení hydrolýzy fosfátů) Výběr přírodních sýrů s výším obsahem vody a tuku Skladování v obalech s co nejmenším prostupem vzduchu
Krystalky TSSP	Sůl nesmí přijít do kontaktu s volnou vodou
Krystaly citronanu vápenatého	Zlepšení hydratace bílkovin (sýry s větším obsahem vody, nižším pH - méně zralé sýry) Vyhnout se výraznému okyselení tavné směsi (vápník tak nepodléhá solubilizaci) Předcházet deformacím obalu, aby na otevřených místech nevznikal povlak

Krystalizace laktózy je vzácná a nastává, pokud jí je ve směsi příliš vysoká koncentrace. Tento problém se dá řešit snížením koncentrace laktózy na méně než 16 % z obsahu vody ve směsi a zabránění zmrznutí vody ve výrobku [26, 28, 29].

Krystaly v tavených sýrech se odhalují pomocí vědeckých technik jako je elektronová mikroskopie, infračervená mikroskopie a další. Tyto postupy napomohly k identifikaci několika typů krystalů podle jejich vzhledu (velikost, tvar atd.) [26].

4.2 Senzorické vady taveného sýra

Senzorické vlastnosti taveného sýra mohou být ovlivněny zpracováním a stavem mléčných výrobků použitých ve směsi pro výrobu tavených sýrů a použitím tavicích solí, které mohou způsobit negativní příchuť kvůli možnému zvýšení hodnoty pH> 6. Také některé cukry, které se používají v tavených sýrech k vyrovnání kyselosti, přispívají k mírně sladké chuti a u některých typů tavených sýrů může přidání vitamínů a barviv rozpuštěných v rostlinných olejích přispívat k oxidaci tuku. Některé organické kyseliny (kyselina propionová a sorbová) přidané jako antibakteriální činidlo mohou způsobit kyselou pachuť. Tyto vady vyžadují zvláštní pozornost, aby byl získán vysoce kvalitní sýr [26, 28, 29, 30].

Tabulka 4_Faktory způsobující senzorické vady TS a jejich projevy [26, 28, 29, 30].

Faktor způsobující vadu	**Projev faktoru**
Příliš vyzrálý přírodní sýr ve směsi	Sirné /palčivé aroma /chuť připomínající vejce
Špatné skladování sýra	žluklá pachuť, starý olej
Oxidace tuků v sýru	Mýdlová chuť
Způsobena oxidací MK s dlouhým řetězcem	Kyselá chuť
Vysoký obsah draselných solí	Hořká chuť
Denaturace laktózy teplem (neenzymatické hnědnutí)	Hnědé zabarvení

4.2.1 Změny barvy taveného sýra

U tavených sýrů může dojít hned k několika barevným změnám které jsou nežádoucí pro výrobek a jsou způsobeny jak špatným technologickým postupem výroby, tak mohou být i ukazatelem mikrobiologického rizika [26, 30, 31].

a) Hnědé zabarvení

   Neenzymatické hnědnutí. Je způsobeno průběhem Mailardovy reakce. Jde o důsledek působení vysokých teplot na redukující cukry ve směsi (laktóza). K neenzymatickému hnědnutí jsou náchylnější sýry, do jejichž směsi bylo přidáno sušené mléko. Aby se předešlo tomuto defektu, je důležité použít pro výrobu správnou teplotu, u sýrů s přídavkem sušeného mléka by teplota neměla přesáhnout 85°C. Prevencí hnědnutí je snížení hodnoty pH pod 5,9 a skladování sýra v menším množství a menších obalech, ve kterých dojde k ochlazení směsi mnohem rychleji [26, 29, 30].

b) Růžové zabarvení výrobku

   Může být následkem několika faktorů a v některých případech je důvodem vyhodnocení sýra jako nekvalitního až nevyhovujícího. Buď můžeme toto zabarvení pozorovat v celém taveném sýru nebo jen na povrchové vrstvě. Tento problém byl dříve způsobován přítomností karotenoidu Norbixinu obsaženého v barvivu, kterým

se sýry přibarvovaly. Může být ovšem i následkem použití vstupní suroviny ve vysokém stupni proteolýzy (vyzrálý přírodní sýr) [29, 31].

4.2.2 Vady chuti - mýdlová chuť

Mýdlová chuť se vyskytuje mnohem méně často než hořká chuť. Tento defekt je způsoben tvořením palmitátu sodného, díky interakci draselných a sodných kationtů tavicích solí s mastnými kyselinami ve směsi při vysokém pH a vysoké teplotě úpravy. Mýdlovitost v tavených sýrech může být přenesena také z přírodního sýra (sýry s plísní na povrchu) a z čedaru. Tyto sýry mají vysoký obsah MK s delší řetězcem, které snáz podléhají oxidaci. Pokud je mýdlová chuť sýra málo intenzivní, může být překonána samotným aromatem taveného sýra a použitých surovin [14, 26, 30].

4.3 Mikrobiologické vady

Patogenní mikroorganizmy a jejich spory se v tavených sýrech vyskytují při nedodržení správného postupu zpracování surovin, použití surovin, které bakterie obsahují, nebo nedodržení hygieny a špatné sanitace, nebo sekundární kontaminace. Mikrobiální nebezpečí se neodstraní ani během záhřevu, protože teplotu záhřevu dokáží přežít spory bakterii. Během diskontinuální výroby se teplota nedosáhne hodnoty 80°C. Záhřev na takovou teplotu je destruktivní pro plísně a koliformní bakterie, ale přežijí je bakteriální spory. Nejjčastějšími kontaminanty, které znehodnocují tavené sýry, jsou spory mikroorganismů *Clostridium spp.* a *Bacillus spp* [8, 17, 31].

Bakterie rodu Clostridium se projevují tvorbou plynu a duřením struktury taveného sýra. Bakterie rodu Clostridium produkují kyseliny butanovou a octovou, které mají negativní vliv na senzorickou jakost výrobku. Přítomnosti těchto bakterií se dá zabránit zlepšením hygieny

Bakterie rodu Clostridium mohou být příčinou vady chuti výrobku, protože mají schopnost rozkládat proteiny ve směsi. Produkty, které by bakterii obsahovaly, by se při kontrole projevovaly vypouknutím povrchu sýra, protože bakterie produkuje plyn. Přítomnosti této bakterie se dá předcházet použitím vyšších teplot zpracování, což může vést k vadám textury výrobku. Na tyto bakterie působí inhibičně také přítomnost solí. U emulgačních spíše fosforečných než citrátových. Inhibice mikrobiálního růstu je ovlivněna faktory jako je hodnota pH, aktivita vody a obsah soli ve výrobku. Podle některých prací lze tvrdit, že tavené sýry podléhající mikrobiálnímu kažení, mají aw >0,96 a pH >5,7 [8, 17].

Bakterie rodu Clostridium, které nejsou inaktivované pasterizačním zákrokem a jsou schopny růstu i v anaerobních podmínkách. Proto je nutné produkty udržovat po vychladnutí při nízkých teplotách. Bakterie rodu Baccilus produkují enzymy štěpící tuky, proteiny, sacharidy a esterové vazby a spory bakterií *L. monocytogenes S. aureus* a *E. coli 0157:H7.* Dalšími patogeny jsou laktobacily, plísně a kvasinky. provozu a úpravou technologie chlazení [8, 17].

Pro prevenci mikrobiologických vad tavených sýrů je možné do výrobních směsí přidávat antimikrobiální látky. Nislaktin, jehož přídavek se doporučuje maximálně dvojnásobek objemu celé směsi, brání tvorbě kyseliny butanové a duření sýrů bakteriemi rodu Clostridium [5].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo zjistit vliv vybraných směsí sodných a draselných tavicích solí na konzistenci tavených sýrů. Práce je tvořena teoretickou a praktickou částí. Tyto části zahrnují:

Teoretická část

- Charakterizaci tavených sýrů a vybraných surovin pro jejich výrobu
- Postup výroby tavených sýrů
- Funkce tavicích solí při výrobě tavených sýrů
- Faktory způsobujících vady tavených sýrů

Praktická část

- Navržení postupů výroby modelových vzorků tavených sýrů
- Popis provedených analýz
- Zpracování a vyhodnocení výsledků
- Diskuze a posouzení výsledků s literaturou

5.1 Metodika

Na výrobu modelových tavených sýrů byly využity dvě směsi sodných a draselných solí, kdy od každé směsi bylo vyrobeno 5 šarží po 6 vzorcích. Každá šarže se lišila poměrem procentuálního zastoupení sodných a draselných solí z celkového množství tavených solí ve výrobku. Tyto modelové tavené sýry byly podrobeny fyzikálně – chemickým analýzám k vyhodnocení vlivu tavicích solí na kvalitu výrobku. Vzorky byly skladovány v chladícím boxu a následně testovány 7 dní po výrobě.

5.2 Použité suroviny

Pro sestavení směsi pro výrobu modelových vzorků tavených sýrů byly využity suroviny mléčného a nemléčného původu. Jako základní surovina byl použit sýr eidam s 30% tuku v sušině od firmy Madeta, dále máslo s obsahem tuku 82 % tuku v sušině, voda, směs sodných a draselných tavicích solí.

- Směs tavicích solí č.1 byla tvořena směsí $Na_4P_2O_7$ a KH_2PO_4
- Směs tavicích solí č.2 byla tvořena NaH_2PO_4 a $K_4P_2O_7$

5.2.1 Surovinová skladba modelových vzorků taveného sýra

Tabulka 5_ Surovinová skladba vzorků TS

Surovina	Množství suroviny [%]	Obsah sušiny [hm.%]	Obsah tuku v sušině [hm.%]
Eidamská cihla	0,550	53 ,00	15,00
Máslo	0,200	84,00	15,00
Tavicí soli	0,025	95,00	0,00
Voda	0,440	0,000	0,00
Součet	100%		

5.3 Příprava surovin

Vzorky byly vyrobeny v laboratoři na půdě fakulty technologické univerzity Tomáše Bati. Na výrobu modelových vzorků taveného sýra byl použit sýr eidam cihla, máslo, voda a předem navážené směsi tavicích solí. Od každé směsi bylo vyrobeno 5 šarží lišících se poměrem tavicích solí ve směsi a z každé šarže bylo vyrobeno 9 vzorků. Celkem tak vzniklo 90 modelových vzorků určených pro měření. Pro výrobu byl použit polotvrdý sýr eidamská cihla s obsahem sušiny 50% a obsahem tuku v sušině 30 % (firma Lacrum s.r.o., Velké

Meziříčí), máslo, voda a směs tavicích solí byla namíchána podle poměru, (viz Tab. 6 a 7) poté byla provedena samotná tavba směsi. Pro tavbu se použil přístroj Termomix TM6 s nepřímým ohřevem tavicího kotle.

Obrázek 2_Tavicí přístroj Termomix TM6 [32]

Výrobní postup

Eidamský sýr byl za pomoci nože rozdělen na menší díly a ty byly pak naváženy podle surovinové skladby. Dále byly naváženy ostatní suroviny do samostatných nádob a sypké suroviny spolu s máslem byly přikryty hliníkovou fólií, aby nedošlo ke kontaminaci spadem nebo k jejich vysypání. Do tavicího kotle byl jako první nadávkoval sýr a byl dezintegrován 60 sekund. Poté se postupně přidaly další suroviny, které byly zahřívány na 90 °C při 3000 ot./min. Po dosažení teploty se směs nechala tavit při 90 °C 1 minutu a poté byl přístroj vypnut. Směs se za horka dávkovala do hliníkových obalů a poté byly uzavřeny. Každý vzorek byl popsán číslem směsi a šarže a umístěn do nádoby označené datumem výroby a jménem výrobce. Po ukončení výroby byly všechny modelové vzorky umístěny do chladícího boxu a skladovány bez přerušení chladícího řetězce 7 dní do prvního měření.

Označení modelových vzorků

Tabulka 6_Značení vzorků a poměr tavicích solí směs č.1

Označení modelového vzorku	Poměr Na/K solí ve směsi
TSPP_DHPK_100_0	100:0
TSPP_DHPK_75_25	75:25
TSPP_DHPK_50_50	50:50
TSPP_DHPK_25_75	25:75
TSPP_DHPK_0_100	0:100

Tabulka 7_ Značení vzorků a poměr tavicích solí směs č.2

Označení modelového vzorku	Poměr Na/K solí ve směsi
DHPNa_PPK_100_0	100:0
DHPNa_PPK_75_25	75:25
DHPNa_PPK_50_50	50:50
DHPNa_PPK_25_75	25:75
DHPNa_PPK_0_100	0:100

Pro následné chemické a fyzikální analýzy nebyly použity vzorky TSPP_DHPK_0_100 a DHPNa_PPK_100_0 protože byly nehomogenní a nebylo možné je testovat.

6 CHEMICKO -FYZIKÁLNÍ ANALÝZY

6.1 Analýza pH

Měření pH bylo prováděno týden po výrobě vpichovým pH metrem na vzorcích, které byly skladovány v chladu a poté vytemperovány na teplotu 19°C ± 1°C v laboratoři. Samotné měření bylo provedeno 6x u každého vzorku a výsledky byly zaznamenány vpichovým pH-metrem Foodcare (Hanna Instruments Inc., HI - 99161, Woonsocket, Rhode Island, USA), který je schopen automatické jedno až dvoubodové kalibrace [33].

Data byla vyhodnoceny jako průměr ± směrodatná odchylka.

6.2 Stanovení aktivity vody

Aktivita vody byla stejně jako pH stanovena týden od výroby po vytemperování vzorků na 19 °C, byla u nich měřena vodní aktivita pomocí přístroje LabMaster-aw. Do 2/3 čisté a suché nádobky byl naplněn a rozetřen vzorek taveného sýra. Následně byl vzorek umístěn do komory přístroje a bylo spuštěno měření. Poté byly odečteny hodnoty teploty a aktivity vody. Data byla vyhodnocena jako průměr ± směrodatná odchylka.

Obrázek 3_Přístroj LabMaster-aw [34].

6.3 Stanovení sušiny

Sušina byla stanovena gravimetricky podle ČSN EN ISO 5534 Sýry a tavené sýry - Stanovení obsahu celkové sušiny [35].

Do vytemperovaných misek pro stanovení sušiny s mořským pískem byly rozmíchány 3g vzorku taveného sýra. Poté byl vzorek umístěn do sušárny. V sušárně byl vzorek sušiny

dosušen při teplotě 102 °C, až do konstantního úbytku hmotnosti. Poté byl vzorek přendán ze sušárny a umístěn k vychladnutí do exikátoru. Po vychladnutí byl zvážen na analytických vahách s víčkem a tyčinkou. Pro každý vzorek byly provedeny 3 stanovení sušiny a poté byla vypočítána hodnota sušiny. Data byla vyhodnocena jako průměr ± směrodatná odchylka [35].

$$S = \frac{m_2 - m_1}{m_1 - m_0} \times 100 = [\%]$$

Pokud je: *S…celková sušina [%]*

m_0... hmotnost vysoušecí misky s pískem a tyčinkou [g]

m_1.... hmotnost vysoušecí misky s pískem, tyčinkou a sýrem [g]

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

6.4 Test stability vzorku

Test stability byl prováděn 14 dnů po výrobě modelového vzorku. Pro měření stability bylo naváženo 5 g vzorku na analytických vahách s přesností na 4 desetinná místa. Zkumavky byly uzavřeny víčkem a umístěny do centrifugy (EBA 21 Hettich Zentrifugen, Huttlingen, Německo). Poté proběhla centrifugace při 6000 ot. /min s výdrží 20 minut. Po ukončení centrifugace byl tekutý podíl odlit a sediment byl opět zvážen na analytických vahách a byl proveden výpočet podle vzorce [36, 37].

$$S = \frac{F_1}{F_0} * 100 = \%$$

S – Stabilita vzorku [%]

F_0 – Navážka vzorku taveného sýra [g]

F_1 – Váha sedimentu [g] [38].

Obrázek 4_Přístroj centrifuga EBA 21 Hettich Zentrifugen [39].

6.5 Dynamická reometrie

Technologie dynamické oscilační reometrie je založena na deformaci materiálu a měření jeho chování v čase. Výslednými hodnotami jsou elastický (G´) a ztrátový modul (G´´), které charakterizují viskoelastické vlastnosti materiálu. Hodnoty elastického a ztrátového modulu se poté dosadí do vzorce pro výpočet tangenty fázového posunu (tan δ).

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'}$$

Ztrátový a elastický modul jde dále využít k výpočtu celkového odporu vzorku, který je charakterizován celkovým modulem pružnosti (G*) a dynamickou viskozitou (η*).

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2}$$

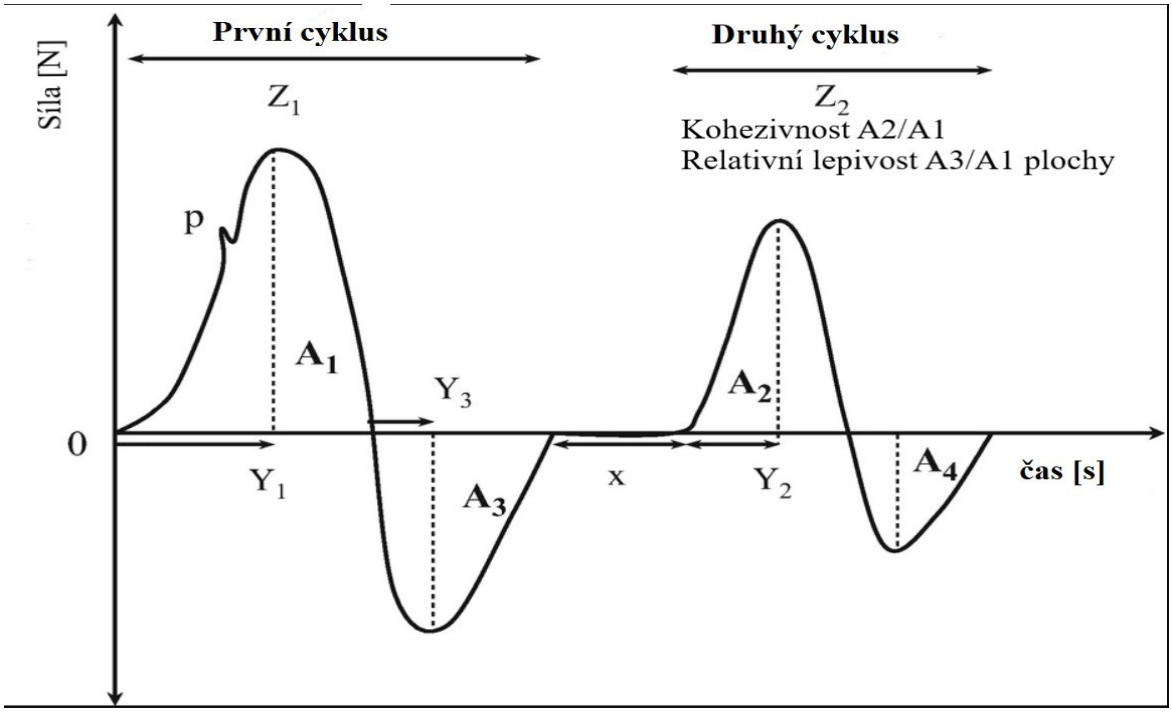
Na námi provedeném stanovení viskoelastických vlastností vzorků tavených sýrů byl použita geometrie deska - deska s průměrem 35 mm a mezerou 1 mm na dynamickém oscilačním smykovém reometru (Malvern – Kinexus Pro+, Velká Británie). Vzorky byly měřeny při rozsahu frekvence smykového napětí 0,01 Hz -10,00 Hz ve vytemperovaném

Obrázek 5_Reometr Malvern–Kinexus Pro+[40].,

reometru (20 ± 1°C). Amplituda smykového napětí zapadala do lineární oblasti a její hodnota byla 20 Pa. Byly určeny hodnoty elastického (G´) a ztrátového modulu (G´´) [40].

6.6 Texturní profilová analýza

Textura výrobku je hlavním atributem, který je pro spotřebitele ukazatelem kvality výrobku. Pro základní hodnocení textury se využívají lidské smysly (chuť, zrak, hmat). Mezi další atributy patří tvrdost, soudržnost, lepivost, gumovitost a pružnost. Tyto atributy jsou stanovované metodou TPA (texturní profilová analýza). Moderní TPA je prováděna na texturometrech, které jsou všestranné díky propojení přístroje a počítače s příslušným softwarem, který je schopen graficky znázornit všechny potřebné parametry. Tyto přístroje dokáží sledovat více parametrů díky více měřícím geometriím (deska, kónická sonda, válcová sonda…) a velké škále nastavitelných parametrů (hloubka penetrace sondou, rychlost oscilace). Samotný software je pak schopen ze základních parametrů dopočítat další. Analýza texturního profilu (TPA) je technika, která se široce používá pro hodnocení textury zejména taveného sýra a dalších potravin. TPA se provádí buď jednoosou kompresí nebo penetrací vzorků pomocí analyzátoru textury.



Obrázek 6_Grafické znázornění křivek během měření texturní profilové analýzy [41].

Byly sledovány parametry

- Tvrdost

  Tvrdost lze definovat jako sílu nutnou k dosažení deformace v grafu TPA je vyjádřena výškou píku A1, kterého dosáhne po stlačení vzorku do hloubky 10 mm[41].

- Relativní lepivost

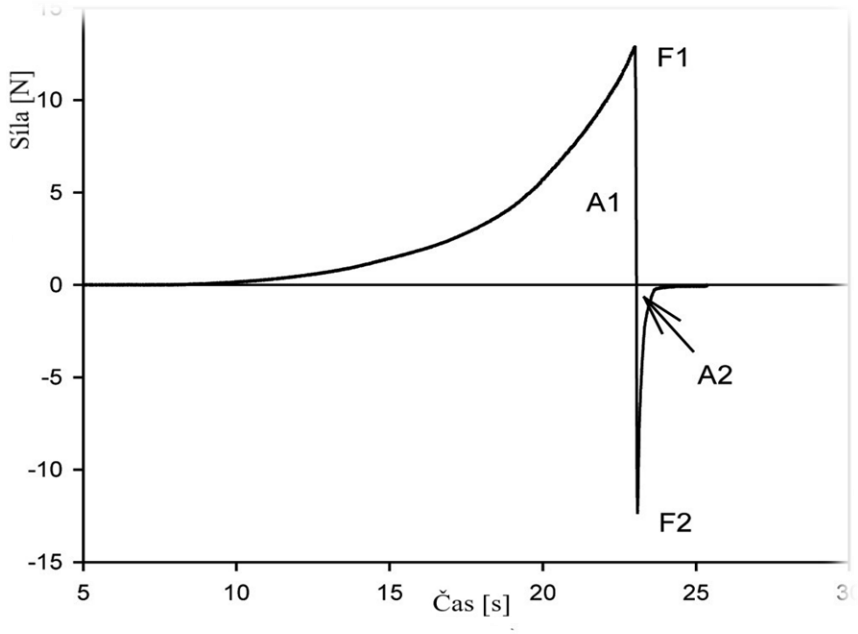
  Lepivost je definována jako práce potřebná k oddělení suroviny od měřící sondy, nebo síla nutná k jejímu vyjmutí ze vzorku. Relativní lepivost lze charakterizovat jako relativní sílu přilnavosti mezi sýrem a povrchem sondy mínus poměr absolutní hodnoty oblasti negativní síly k oblasti pozitivní síly prvního píku (poměr ploch A_3/A_1 [41].

- Soudržnost

  Je charakterizovaná jako síla vnitřních vazeb, které tvoří strukturu potraviny. Lze ji definovat jako poměr síly v kladném poli při druhém stlačení ku prvnímu (A2/A1), tato veličina nemá jednotku. Kohezivnost je schopnost potraviny vydržet určitou sílu komprese, než dojde k její deformaci. Kohezivnost je komplexní atribut, který je ovlivněn schopností potraviny se po kompresi částečně zregenerovat [41].

- Gumovitost

  Je definována jako součin tvrdosti a kohezivnosti. Jednotkou je Newton. Gumovitost se určuje u polotuhých potravin, kam lze zařadit i tavené sýry. Jde o sílu nutnou k rozmělnění částí potravy připravených k polknutí. Míra gumovitosti je úměrná tvrdosti potraviny [41].



Obrázek 7_Grafické znázornění křivky roztíratelnosti[42]

Typická testovací křivka roztíratelnosti v závislosti na síle. A1 je roztíratelnost; F_1 pevnost; F_2 lepivost; A2 = přilnavost [41].

- Roztíratelnost (není součástí TPA)

  Lze ji definovat jako síla nutná k maximální hloubce průniku sondy do potravin. Na grafu č.7 je roztíratelnost charakterizovaná jako plocha křivky v pozitivní části grafu (N/S; A_1) a udává množství síly, která je potřeba k rozetření vzorku. Ostatní hodnoty označují tvrdost výrobku F_1 a maximální síla F_2 (N) maximálního negativního píku indikuje lepivost vzorku a maximální negativní plocha (N/s; A2) představuje práci adheze. Čím menší je síla nutná k rozetření výrobku, a zároveň i lepivost, tím lépe se výrobek roztírá [42].

U vzorků byla stanovena TPA a roztíratelnost za pomoci přístroje **TA.XT Plus** s využitím

- Ocelové válcové sondy o průměru 20 mm s hloubkou penetrace 10 mm s rychlostí návratu 2 mm.s-1 a spouštěcí síle, která byla ekvivalentem 5 g
- Konické sondy s úhlem 40°

Texturní profilová analýza - TPA byla prováděna na vzorcích vytemperovaných na 20°C ± 1°C. Rameno přístroje bylo sníženo, tak aby byla sonda v pozici těsně nad vzorkem a na PC bylo spuštěno měření. Přístroj provedl penetraci vzorku taveného sýra stlačením do hloubky 10 mm ve dvou po sobě jdoucích sekvencích, které simulují stlačení výrobku v ústech. V programu na PC byl vygenerován graf průběhu TPA a byly vyhodnoceny hodnoty pro tvrdost, relativní lepivost, kohezivitu a gumovitost. Měření se u každého výrobku provedlo 3x a hodnoty pak byly zapsány do tabulek a pro hodnoty tvrdost a relativní lepivost byly sestaveny grafy.

Roztíratelnost – Vytemperované vzorky na 20°C byly naplněny do nádobek, u kterých vnitřní tvar dna odpovídal použité kónické sondě tak aby dokonale zapadla. Každá nádobka byla naplněna na vzorkem, který byl následně utlačen, aby se předešlo výskytu vzduchových bublin a přebytečný vzorek byl z nádobky odstraněn papírovým ručníkem. Při měření bylo rameno sníženo, aby byla špička kónické sondy co nejblíže vzorku taveného sýra V softwaru Texture Exponent Lite na PC byl vygenerován graf průběhu měření roztíratelnosti podobný ukázkového grafu č.2 a hodnoty byly vyhodnoceny a graficky vyneseny. Měření se pro každý vzorek provádělo 3x.

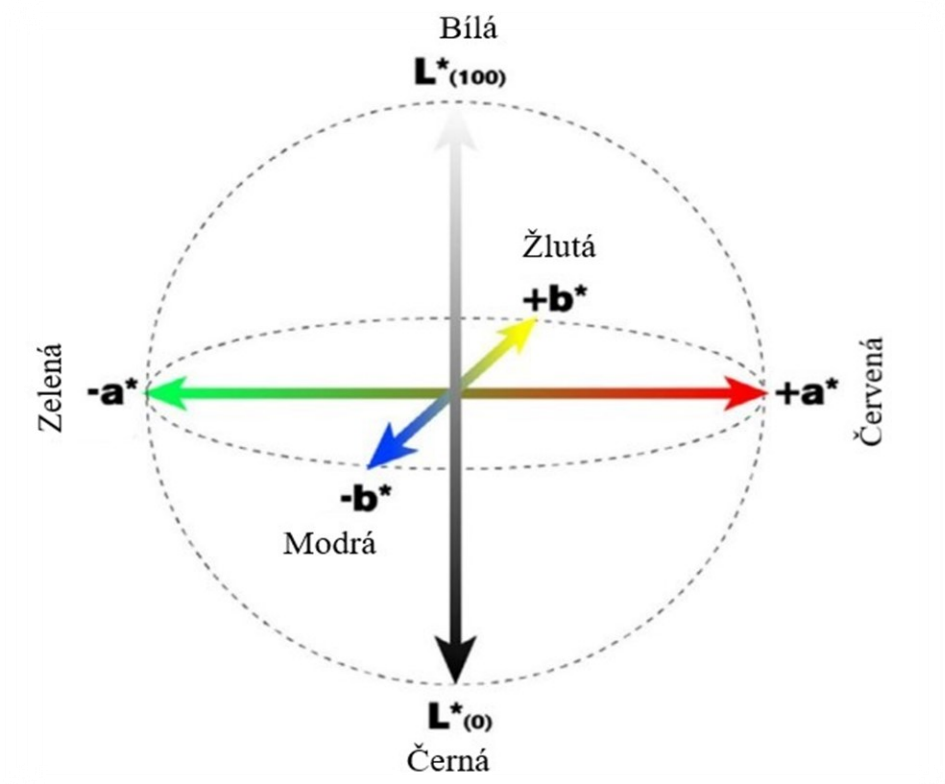
Obrázek 8_texturometr TA.XT Plus
[43]

6.7 Instrumentální stanovení barvy

Pro měření barvy se mohou používat spektrofotometry a kalorimetry. Ovšem spektrofotometrie je mnohem přesnější, protože spektrofotometry měří propustnost světla potravinou nebo odraz světla od potraviny v celém spektru viditelného světla (400 – 00nm.) Oproti tomu kalorimetrie měří jenom základní barvy viditelné lidským okem - červená, zelená a modrá - což je pro hodnocení tavených sýrů nedostatečné. Pro účely našeho měření byl použit pro zobrazení barev prostor CIE L*a*b. Barva je vyjádřena jako bod ve třírozměrném prostoru pravoúhlými souřadnicemi L*, a * a b*. -a*/a* odpovídá zelené barvě (záporná hodnota) až červené (kladná hodnota) [29]

- -b*/b* odpovídá modré barvě (záporná hodnota) až žluté (kladná hodnota)
- L udává hodnotu světlosti v rozmezí 0 (černá) -100 (bílá)

Souřadnice a* a b* se používají pro stanovení sytosti a odstínu barvy [29].



*Obrázek 9_ Prostor znázornění barev L*a* a b*[29].*

Instrumentální stanovení barvy bylo provedeno na spektrofotometru HunterLab UltraScan® VIS Pro Color Measurement Spectrophotometer (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, VA, USA). Bylo použito osvětlení CIEl D65 a úhel 10 °. Měření bylo prováděno

přímo na předním senzoru přístroje. Byl odstraněn uzávěr hliníkové misky a vzorek byl umístěn na přední plochu senzoru a bylo spuštěno měření. Po naměření hodnot L*, a* a b* byl senzor očištěn papírovým ubrousek a následně bylo provedeno další měření. Pro každý vzorek bylo měřen provedeno 3x a výsledky byly zaneseny do tabulek.

7 VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

7.1 Stanovení sušiny, pH a aktivity vody

Byly vyrobeny vzorky tavených sýrů, u kterých byl předpokládaný obsah sušiny 40 hm%. Sušina byla gravimetricky stanovena podle ČSN ISO 5534. Dále bylo stanoveno pH vpichovým pH metrem a a_w za pomocí přístroje Aqualab. Aktivita vody byla stanovena u vzorků vytemperovaných na 20 °C. U stanovení sušiny a pH byly vypočítány průměrné hodnoty a směrodatné odchylky.

Označení vzorku	**Sušina [% w/w]**	**pH**	**a_w**
TSPP_DHPK_100_0	40,64±0,01	6,47±0,01	0,994±0,01
TSPP_DHPK_75_25	39,97±0,02	6,17±0,01	0,993±0,01
TSPP_DHPK_50_50	39,55±0,01	5,69±0,02	0,995±,001
TSPP_DHPK_25_75	38,87±0,01	5,41±0,01	0,992±0,01
Označení vzorku	**Sušina [% w/w]**	**pH**	**a_w**
DHPNa_PPK_75_25	39,31±0,02	5,31±0,02	0,991±0,01
DHPNa_PPK_50_50	40,06±0,03	5,53±0,01	0,991±0,01
DHPNa_PPK_25_75	38,73±0,01	5,95±0,01	0,992±0,01
DHPNa_PPK_0_100	38,91±0,03	6,44±0,01	0,994±0,01

Tabulka 8_ Výsledky stanovení sušiny, pH a aw pro obě směsi

Byl vyroben výrobek, u kterého byl předpokládaný obsah sušiny 40 hm %. Tento parametr u směsi č.1 (Tab.8) splňovaly výrobky TSPP_DHPK 100_1 a TSPP_DHPK 75_25. U vzorku TSPP_DHPK 50_50 byla odchylka od původně předpokládané sušiny v řádu desetin. Vzorek TSPP_DHPK 25_75 předpokládaný obsah sušiny nesplnil o 1,13 %.

U směsi č.2 (Tab.8) obsah sušiny splňoval vzorek DHPNa _PPK 50_50 a s mírnou odchylkou i vzorek DHPNa _PPK 75_25. U vzorků DHPNa _PPK 50_50 a DHPNa _PPK 0_100 byla odchylka <1,5 %. Tato odchylka mohla vzniknout během vážení vzorků. Proto lze tvrdit, že měnící se poměř tavicích sodných a draselných fosfátových solí nemá vliv na

obsah sušiny v taveném sýru a vzorek je tak stabilní. Toto zjištění lze porovnat s článkem Salek a kol [44].

Dále bylo u obou směsí stanoveno pH. Hodnota pH taveného sýra, který je roztíratelný, je optimální v rozmezí 5,6 – 6,0 a ovlivňuje viskoelastické vlastnosti taveného sýra. Tento rozptyl u směsi č.1 splňoval pouze vzorek TSPP_DHPK 50_50, kde byl poměr solí Na_4P2O_7 a KH_2PO_4 1:1. Nadlimitní hodnota byla stanovena u vzorků TSPP_DHPK 100_0 a TSPP_DHPK 75_25 a podlimitní u vzorku TSPP_DHPK 25_75.

U směsi č. 2 se do limitu vešel vzorek DHPNa _PPK 25_75 a s mírnou odchylkou pod limitní hodnoty lze zařadit i vzorek DHPNa _PPK 50_50. Poté jsme zaznamenali jednu nadlimitní hodnotu u DHPNa _PPK 0_100 a jednu podlimitní u DHPNa _PPK 75_25. Zvýšená hodnota pH 6,47±0,01 u vzorku TSPP_DHPK 100_0 není nečekaná, protože sodné fosfátové tavicí soli obecně zvyšují hodnotu pH. Toto tvrzení lez potvrdit článkem Sádlíková, Buňka a kol. [45].

Ti při použití stejné soli naměřili také hodnou pH před úpravou 6,84 ± 0,02. Pro porovnávaní správnosti tvrzení byla použita studie Mozuraityte a kol [46].

Podle této studie dochází ke snížení hodnot pH zvýšením přídavku draselných solí, což potvrzuje výsledky u směsi č.1, kde hodnoty sestupně klesají. TSPP_DHPK 75_25> TSPP_DHPK 50_50> TSPP_DHPK 25_75. To současně vysvětluje nižší hodnoty u směsi č. 2, kde byly použity soli NaH_2PO_4 a $K_4P_2O_7$ z čehož je patrně že molární koncentrace draselných iontů je ve směsi vyšší a jeho účinnost snižování pH je vyšší. U posledního Vzorku byla hodnota pH mnohem vyšší, což mohlo být způsobeno využitím pouze dané draselné soli.

Dále byla měřena vodní aktivita vzorků, kdy by aktivita vody tavených sýrů měla spadat do rozmezí a_w 0,91 - 0,96. Vzhledem k tomu, že nebyl vykonáván skladovací pokus. není možné říct, jestli by aktivita vody klesala s délkou skladování. Ani jeden vzorek toto rozmezí nesplnil. Tavené sýry jsou mikrobiologicky stabilní při pH <4,5 a a_w <0,85. Všechny vzorky měly aktivitu vody značně vyšší, než je stanovené kritérium. Sýry by tak mohly být mikrobiologicky nestabilní, protože při kombinaci naměřených hodnot a_w a pH se mohou množit bakterie a může stoupat růst plísní a hub Buňková a kol. [47]

7.2 Stanovení stability vzorku

Tabulka 9 _Výsledky testu stability vzorku pro obě směsi

Označení vzorku	**Stabilita [%]**
TSPP_DHPK_100_0	99,82±0,01
TSPP_DHPK_75_25	97,09±0,01
TSPP_DHPK_50_50	99,42±0,01
TSPP_DHPK_25_75	89,08±0,03
Označení vzorku	**Stabilita [%]**
DHPNa_PPK_75_25	87,91±0,01
DHPNa_PPK_50_50	99,79±0,01
DHPNa_PPK_25_75	93,67±0,02
DHPNa_PPK_0_100	99,67±0,03

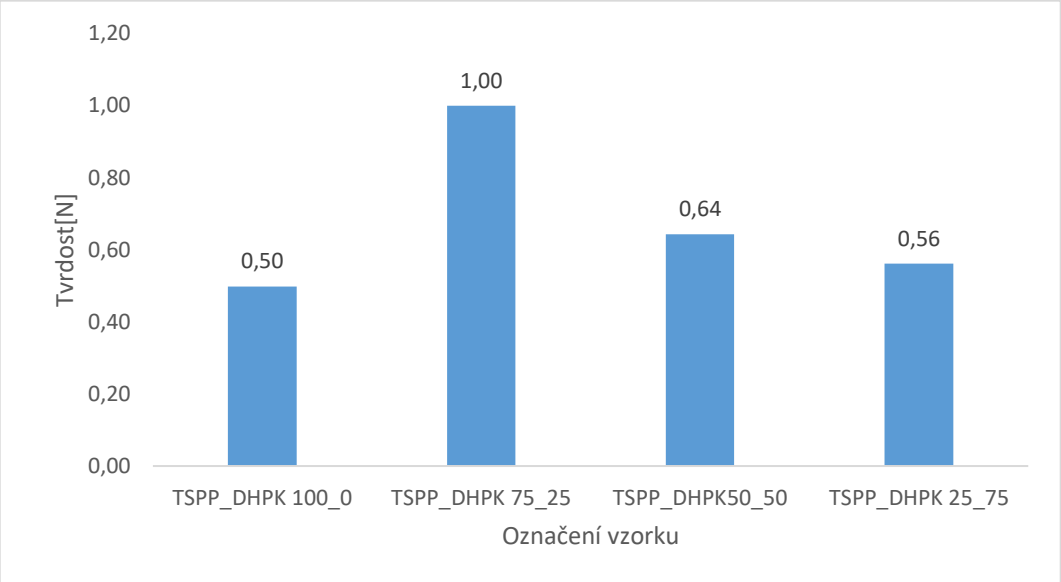
Pro každý vzorek byla stanovena stabilita vzorku centrifugací při rychlosti 6000 ot./min po dobu 20 minut. Výsledky jsou uvedeny v tabulce (Tab.9). Výsledky stability u směsi tavicích solí č.1 se pohybovaly v rozmezí 99,82 hm% - 89,08 hm%. Z toho je patrné že nejméně stabilní byl vzorek u TSPP_DHPK 25_75, kde bylo 75% tavicí soli ve směsi tvořených KH_2PO_4. Vzorky TSPP_DHPK 100_0, TSPP_DHPK 75_25 a TSPP_DHPK 50_50. také byly vyhodnoceny jako stabilní. S podobnými hodnotami byly vyhodnoceny vzorky jako stabilní v článku Nikadze a.kol.[37]

U směsi č.2 se stabilita pohybovala v rozmezí 99,67 hm% - 87,91 hm%. Vzorek DHPNa_PPK_75_25 s poměrem tavicích solí NaH_2PO_4 a $K_4P_2O_7$ 3:1 se ukázal jako nejméně nestabilní. Vzorky DHPNa _PPK 50_50, DHPNa _PPK 25_75 a DHPNa _PPK 0_100 pak byly vyhodnoceny jako stabilní podle stejné studie jako u směsi č.1 V.Nikadze at. kol.[37]

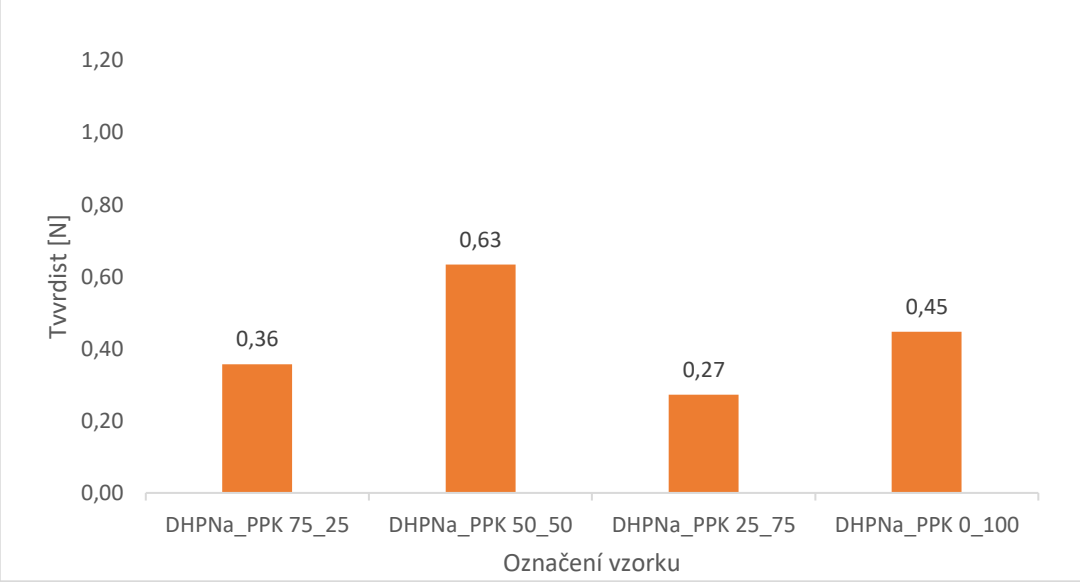
7.3 Texturní profilová analýza

Texturometrie byla provedena 20 mm sondou, která byla použita k penetraci ve dvou po sobě jdoucích stlačeních, které mají za cíl simulaci zkousnuti výrobku. Hodnoty byly poté srovnány s ostatními daty, literaturou a vyhodnoceny. Byla provedena texturní profilová analýza, ze které byly vyhodnoceny hodnoty pro tvrdost, gumovitost a relativní lepivost. Dále byla stanovena roztíratelnost, která je sice stěžejní pro texturu výrobku ovšem není součástí TPA.

7.3.1 Tvrdost



Obrázek 10_ Graf tvrdosti vzorků _směs č.1



Obrázek 11_ Graf tvrdosti vzorků_směs č.2

Různé kombinace emulgačních solí mají vliv na peptizaci, disperzi, hydrataci bílkovin, emulgaci a stabilizaci tuku a pH. Kombinace těchto parametrů má vliv na texturní vlastnosti taveného sýra. Tvrdost vzorků roste s počtem atomů fosforu v tavicí soli. V grafu číslo 1 (Obr.10) a 2 (Obr.11) byla stanovena tvrdost výrobků, u kterých byly využity dvě směsi tavicích solí, ve kterých byl rozdílný druh sodných a draselných solí o měnícím se poměru. Tvrdost výrobku lze charakterizovat jako sílu nutnou ke stlačení výrobku.

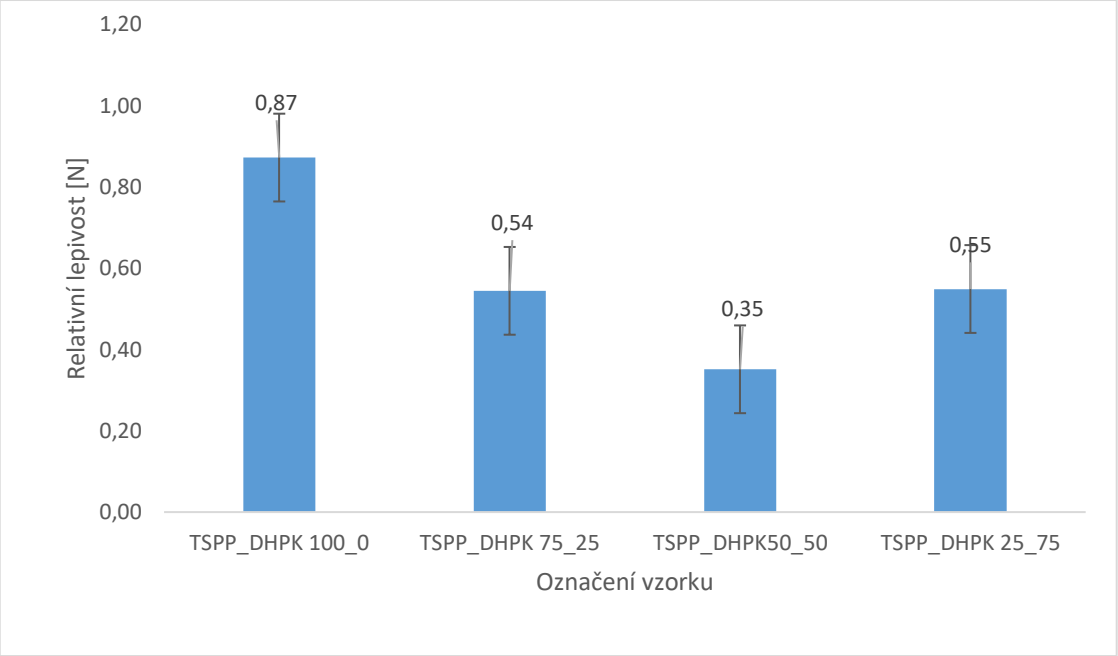
U směsi č.1 se hodnoty tvrdosti pohybovali v intervalu 1N – 0,5N (odchylky se pohybovaly v intervalu 0,01 - 0,23 a nebyly zaneseny do grafu). Největší tvrdost u výrobků s využitím směsi č.1, kde byla nejvyšší tvrdost naměřena u vzorku TSPP_DHPK_75_25 (1_N). Směs tavicích solí pro tento vzorek byla tvořena pouze solí $Na_4P_2O_7$ s nízkým KH_2PO_4. To odpovídá tvrzení, že obsah solí s vyšším obsahem sodných solí má za následek vyšší tvrdost výrobku. Hodnoty tvrdosti ostatních vzorků nebyly od sebe významně odlišné, ovšem lišily se význačně od hodnoty vzorku TSPP-DHPK_25_75. Jedním z důvodů, proč tomu tak bylo, je nižší koncentrace fosforových iontů ve směsi tavicích solí, jak se tvrdí v článku Weiserová a kol. [48].

Pokles hodnot tvrdosti u zbylých vzorků mohl být způsoben také přítomností draselných solí. Protože sekvestrace vápníku, kdy je vápník vyměněn za draselný iont nemá tak dobré výsledky jako při použití sodných tavicích solí. Hofman a kol.a Chavan a kol. [23, 49].

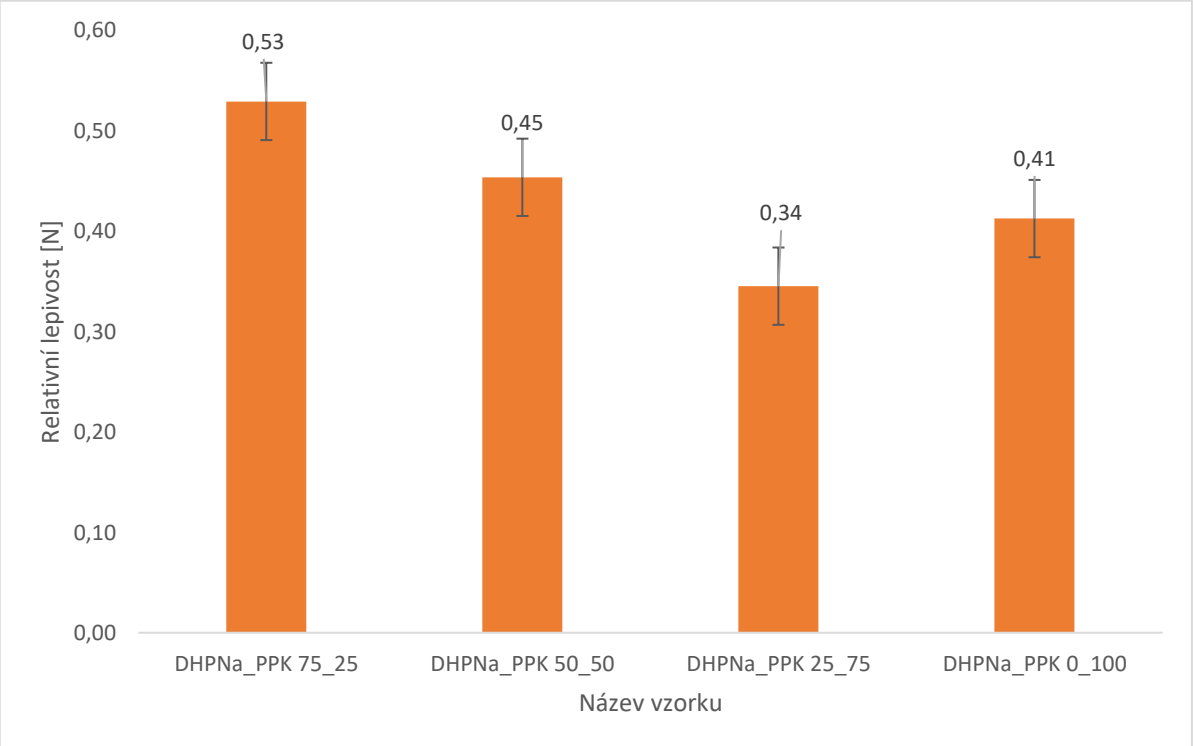
U směsi č.2 se hodnoty tvrdosti pohybovali v intervalu 0,63N – 0,27N (odchylky se pohybovaly v intervalu 0,02 - 0,54, nebyly zaneseny do grafu).

Jako nejtvrdší byl u směsi č.2 stanoven vzorek DHPNa_PPK 50_50, kde byl poměr tavicích solí NaH_2PO_4 a $K_4P_2O_7$ 1:1. Ostatní vzorky se od sebe výrazně v tvrdosti nelišily. To odpovídá stejnému tvrzení jako předchozí. Oproti vzorku DHPNa_PPK 75_25 byla v tomto vzorku vyšší koncentrace fosforu, který zvyšuje tvrdost vzorků. Vzorek DHPNa_PPK 25_75 měl hodnotu tvrdosti nižší než DHPNa_PPK 50_50, protože došlo ke zvýšení obsahu draselných iontů, které nemají tak vysokou kvalitu sekvestrace vápníku jako sodné tavicí soli Hofman a kol. a Chavan a kol. [23, 49]

7.3.2 Relativní lepivost



Obrázek 12_Graf relativní lepivost TS směs č.1



Obrázek 13_Graf relativní lepivost TS směs č.2

Relativní lepivost lze charakterizovat jako relativní sílu přilnavosti mezi sýrem a povrchem sondy.

U směsi č.1 byla stanovena nejvyšší relativní lepivost u vzorku TSPP_DHPK100_0 (Obr.12), kde byla použita jenom sodná sůl $Na_4P_2O_7$, a to na hodnotu 0,87 což je znatelně více než u ostatních vzorků, kde, již byla v různých poměrech i draselná sůl KH_2PO_4. U vzorků TSPP_DHPK 75_25, kde byly použity soli $Na_4P_2O_7$ a KH_2PO_4 3:1 a vzorku TSPP_DHPK 25_75, kde byly použity ty stejné soli ovšem v obráceném poměru 1:3 byla lepivost takřka stejná a lišila se v řádech setin. Nejmenší lepivost pak měla byla naměřena u směsi č.1 u vzorku TSPP_DHPK 50_50 kde byl poměr solí 1:1.

U směsi č.2 (Obr.13) byla nejvyšší relativní lepivost výrobku u směsi DHPNa_PPK 75_25 kde byl poměr NaH_2O_4 a $K_4P_2O_7$ 3:1. Podobná lepivost byla pak naměřena u vzorků DHPNa_PPK_50_50 kde byl poměr NaH_2O_4 a $K_4P_2O_7$ 1:1 a DHPNa_PPK_0_100 kde byla použita jen draselná sůl $K_4P_2O_7$.Nejnižší lepivost pak prokázal vzorek DHPNa_PPK_25_75 kde byl poměr NaH_2O_4 a $K_4P_2O_7$ 1:3.

Podle studií by měla hodnota lepivosti narůstat s přídavkem draselných solí. Tato teorie se nepodařila přímo potvrdit, protože byly použity jiné tavicí soli a každá sůl se chová jinak. U našich vzorků při zvýšené výměně sodných solí za draselné měla hodnota relativní lepivosti klesající trend. K nárůstu došlo u směsi č.1 až když se byl vyšší obsah KH_2PO_4, než $Na_4P_2O_7$ a u směsi č.2 došlo k nárůstu v bodě kdy byla směs tavicích solí tvořena pouze draselnou tavicí solí. To ovšem nestačí k potvrzení teorie. Podle teorie, což se potvrdilo i při měření našich vzorku, že lepivost je vyšší u vzorků jejichž hodnoty tvrdosti nabývali menších hodnot Hofman a kol. [23]

7.3.3 Kohezivnost a gumovitost

Tabulka 10_Hodnoty kohezivnosti a gumovitosti vzorků pro obě směsi

Označení vzorku	**Kohezivnost**	**Gumovitost [N]**
TSPP_DHPK_100_0	0,91 ±0,07	0,45±0,08
TSPP_DHPK_75_25	0,75±0,06	0,74±0,12
TSPP_DHPK_50_50	0,68±0,10	0,43±0,1
TSPP_DHPK_25_75	0,64±0,17	0,35±0,03
Označení vzorku	**Kohezivnost**	**Gumovitost [N]**
DHPNa_PPK_75_25	0,61±0,05	0,21±0,499
DHPNa_PPK_50_50	0,72±0,10	0,45±0,07
DHPNa_PPK_25_75	0,64±0,01	0,17±0,12
DHPNa_PPK_0_100	0,63±0,05	0,28±0,06

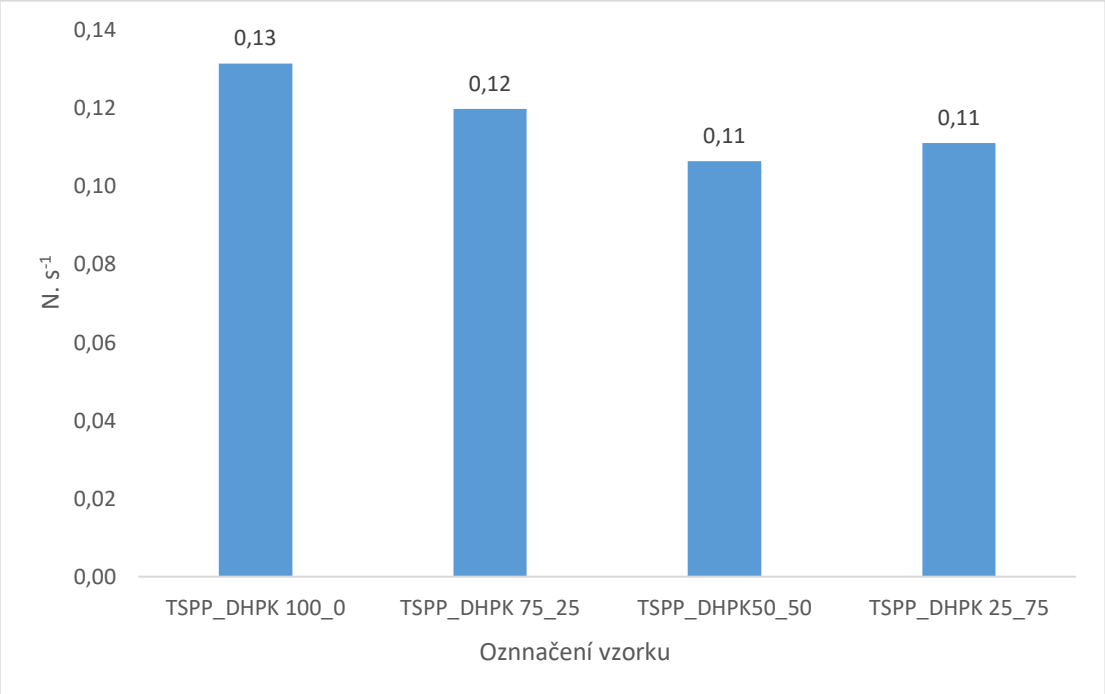
Pro obě směsi byla stanovena gumovitost a kohezivnost (Tab.10). U směsi č.1 byla nejvyšší kohezivnost naměřena u vzorku TSPP_DHPK 100_0, poté hodnota kohezivnosti sestupně klesala. TSPP_DHPK 75_25> TSPP_DHPK 50_50> TSPP_DHPK 25_75.To znamená, že vnitřní síly byly ve vzorku TSPP_DHPK 100_0 nejvyšší.

U této směsi byla nejvyšší hodnota gumovitosti u vzorku TSPP_DHPK 75_25. _U vzorků TSPP_DHPK 100_0 a TSPP_DHPK 50_50 byla gumovitost nižší a nebyl mezi nimi nebyl žádný významný rozdíl. Nejmenší hodnotu gumovitosti měl pak vzorek TSPP_DHPK 25_75.

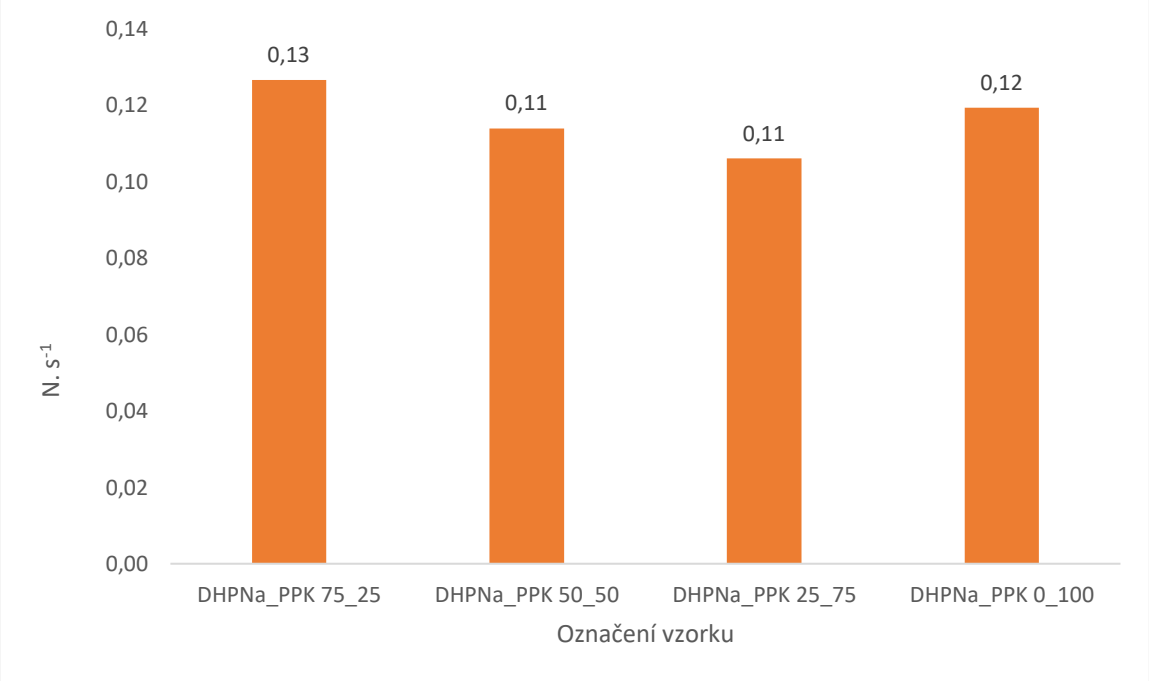
Nejvyšší hodnota kohezivnosti byla naměřena u směsi č.2 byla u vzorku DHPNa_PPK_50_50, ale ovšem nelišila se příliš od ostatních hodnot kohezivnosti. Ostatní vzorky měli velmi podobnou kohezivnost a nebyl u ní žádný významný rozdíl. U gumovitosti byla nejvyšší hodnota změřena u vzorku DHPNa_PPK 50_50 a nejmenší u vzorku DHPNa_PPK_25_75. DHPNa_PPK 75_25 a DHPNa_PPK 0_100 měli gumovitost velmi podobnou. Podle studie se dá v některých případech přidáním sodných forforečnanových tavicích solí, soudržnost tavených sýrů zvýšit, což odpovídá i výsledkům

v tabulce č.10. Kde se při jejich nahrazovaní draselnou tavicí solí u směsi č.1 kohezivita snižovala. Pro toto tvrzení byla použita studie Wislerová a kol. [48]

7.4 Roztíratelnost



Obrázek 14_ Graf roztíratelnosti pro směs č.1



Obrázek 15_ Graf roztíratelnosti Směs č.2

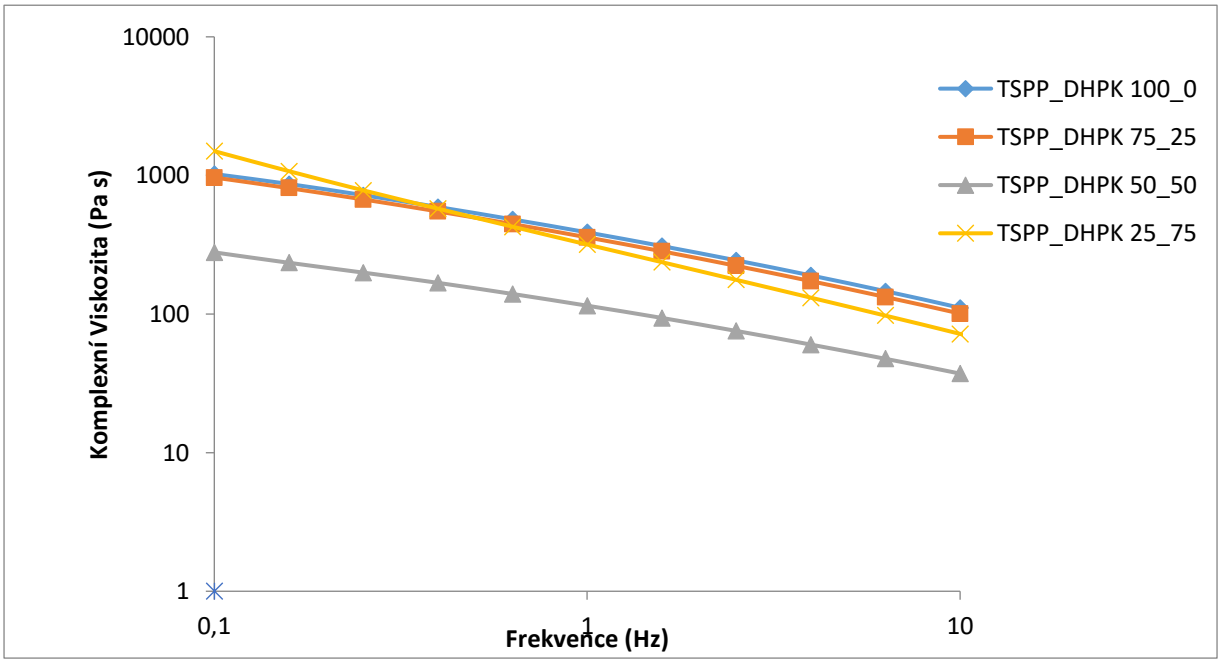
U obou směsí byla stanovena roztíratelnost (Obr.14 a Obr.15). Roztíratelnost je vyjádřena jako energie, která je nutná k rozetření vzorku a uvádí se v jednotkách $N \cdot s^{-1}$. Při měření přístrojem TAXT.plus je roztíratelnost znázorněna jako plocha píku A_1. Čím vyšší je energie nutná průniku k sondy, tím horší je roztíratelnost výrobku.

U směsi č.1 se hodnoty roztíratelnosti pohybovali v rozmezí hodnot 0.11 N. s^{-1}- 0.13 N. s^{-1} (odchylky se pohybovaly v intervalu 0,01 - 0,05 a nebyly zaneseny do grafu). U směsi č.2 se hodnoty roztíratelnosti pohybovali v rozmezí hodnot 0.11 N. s^{-1}- 0.13 N. s^{-1} (odchylky se pohybovaly v intervalu 0,07 - 0,14 a nebyly zaneseny do grafu

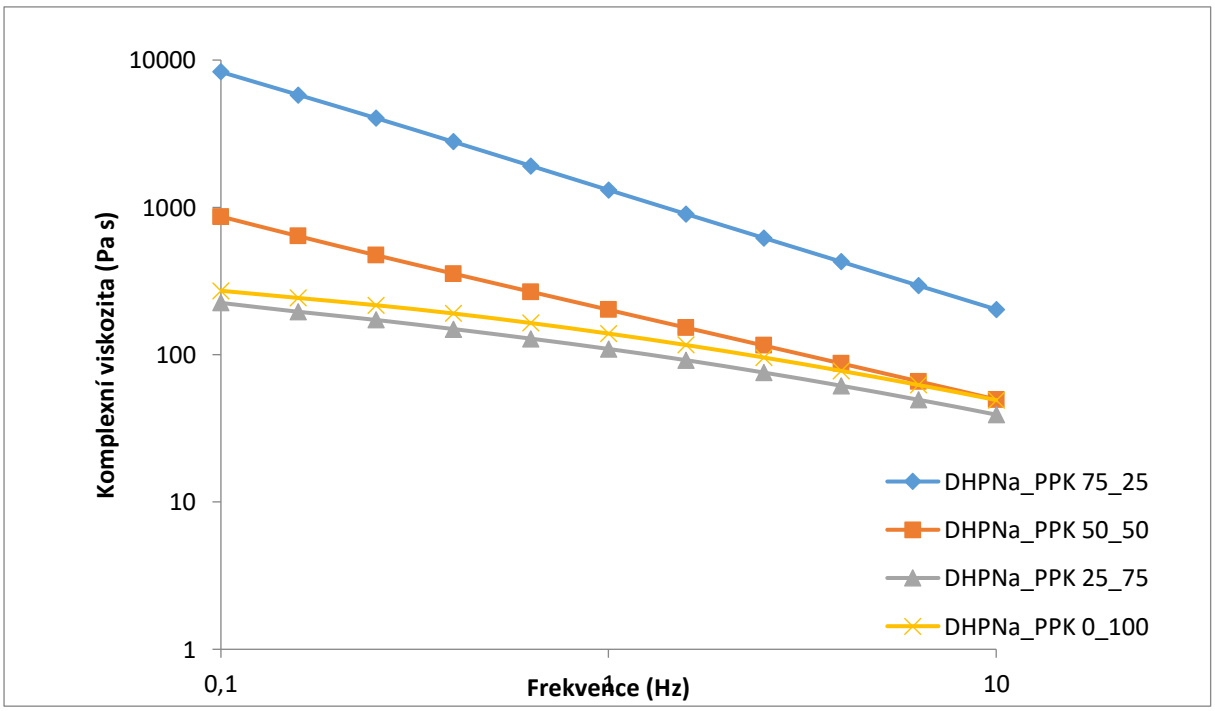
Pro směs č.1 byla nejlepší roztíratelnost stanovena u vzorku TSPP_DHPK50_50 a TSPP_DHPK 25_75. Hodnoty se od sebe lišili v řádu setin a jejich roztíratelnost byla téměř totožná. Ostatní vzorky se lišili a jejich roztíratelnost byla mírněhorší. Nejvyšší energie nutná k rozetření vzorku byla naměřena u vzorku TSPP_DHPK100_0, kde byla použit pouze $Na_4P_2O_7$. U vzorku č.2 byla stanovena nejnižší hodnota energie nutná k rozetření stanovena u vzorku DHPNa_PPK_50_50 a DHPNa_PPK_25_75. Mírně horší roztíratelnost byla u vzorku DHPNa_PPK_0_100 a nejvyšší byla stanovena u vzorku DHPNa_PPK 75_25, pro něj bylo nutné vygenerovat vyšší energii k rozetření oproti ostatním vzorkům.

7.5 Dynamická oscilační reometrie

7.5.1 Komplexní Viskozita



Obrázek 16 závislost viskozity na změně frekvence směs č.1



Obrázek 17 závislost viskozity na změně frekvence směs č.2

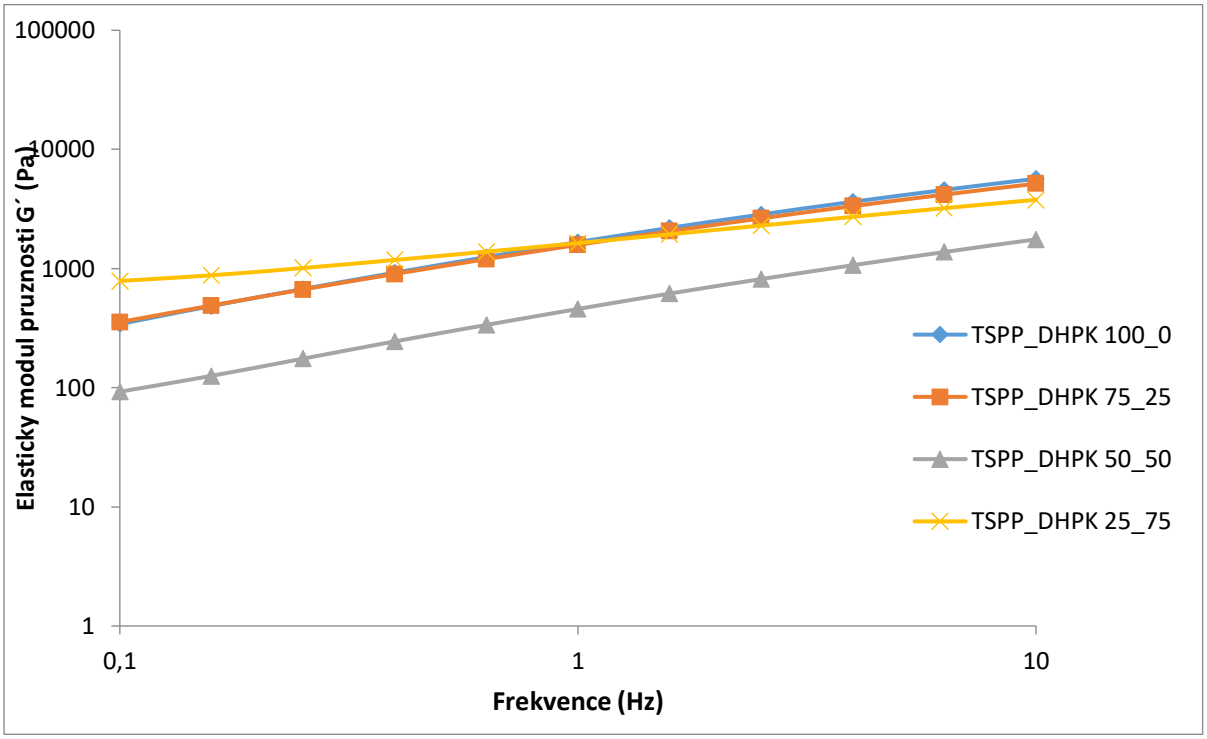
Viskoelastické vlastnosti se měří zpravidla smykovou oscilační reometrií. Sledují se hodnoty elastického G ´a ztrátového G´´ modulu. Námi provedená dynamická oscilační reometrická měření byla prováděna v lineární oblasti a byly zaznamenány změny viskozity se zvyšující se změnou frekvence. Výsledky jsou graficky zaznamenány v (Obr.16 a Obr.17).

Z grafů můžeme vyčíst, že viskozita nabývá klesajícího trendu v závislosti na rostoucí frekvenci, aniž by byl jakkoliv ovlivněn poměrem měnících se směsí sodných a draselných solí V taveném sýru. U směsi č.1 můžeme pozorovat že vzorky TSSPP_DHPK_100_0, TSSPP_DHPK_75_25, měly téměř stejný průběh a hodnoty viskozity u nich byly velice blízké. Mírně rozdílně se choval vzorek TSSP-DHPK 25_75, kdy počáteční hodnota viskozity byla ze všech vzorků nejvyšší, ale při hodnotě frekvence 10 Hz byla viskozita srovnatelná s předchozími vzorky. Rozdílně se choval vzorek TSSPP_DHPK 50_50, kde poměr byl $Na_4P_2O_7$ a KH_2PO_4 1:1, čili 50 hm% směsi bylo tvořeno každou solí. Z grafu je patrné, že počáteční viskozita byla nižší hodnoty než u ostatních vzorků a to 278,65 Pa a na konci měření byla hodnota viskozity jen 13,26 Pa.

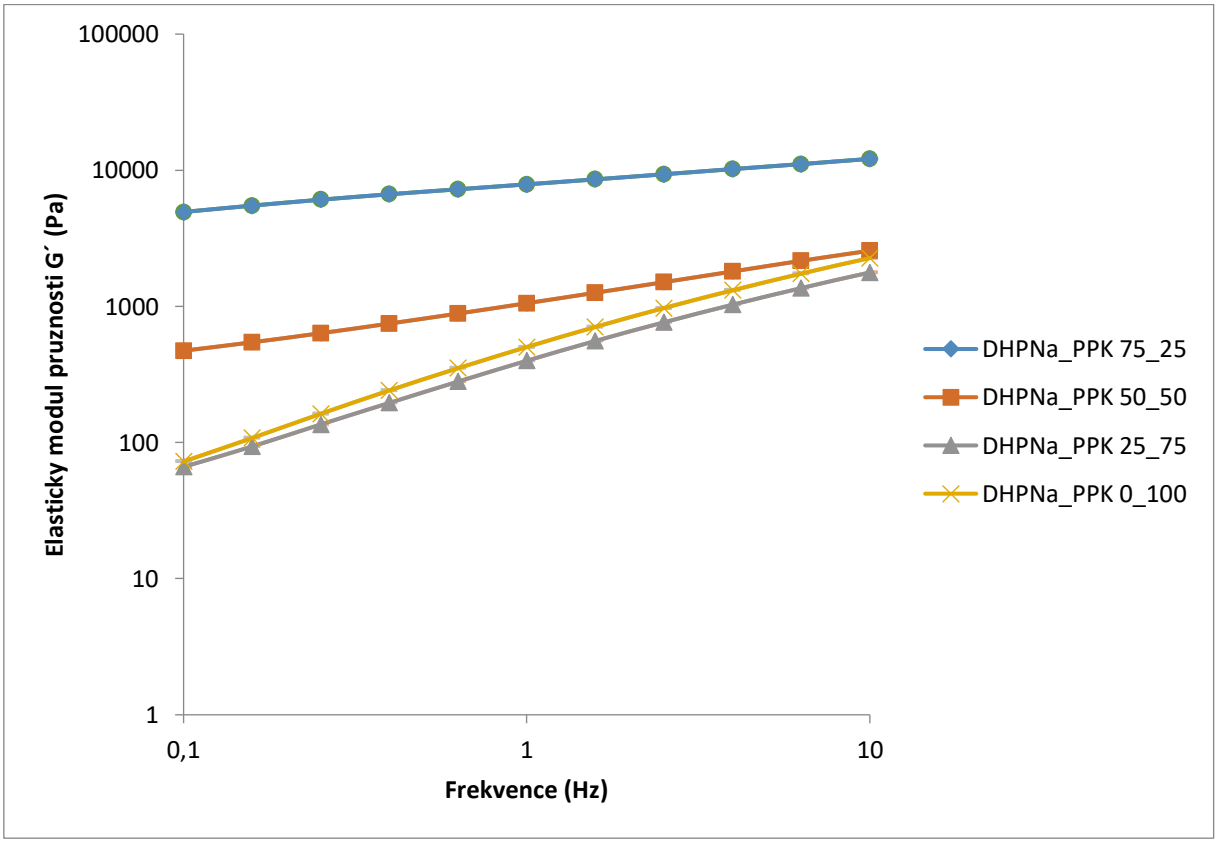
U směsi č.2 byl sledován stejný klesající trend za stejných podmínek. U všech vzorků byla počáteční viskozita rozdílná. Nejvyšší byla u DHPNa_PPK 75_25, kde bylo použito 75 hm% NaH_2PO_4 a 25 hm% $K_4P_2O_7$. Podobný klesající trend měl i vzorek DHPNa_PPK50_50, kde byl poměr 1:1, čili 50 hm% směsi bylo tvořeno každou solí. Jeho konečná viskozita byla velmi nízká. To značí, že jeho struktura se začala při vyšší frekvencích destabilizovat. Odlišovaly se pak vzorky DHPNa_PPK 25_75 1a DHPNa_PPK 0_100, kde byla už počáteční viskozita vzorku nízká a vzorek byl více tekutější než předchozí. Jeho konečná viskozita se ovšem příliš nelišila od předchozího vzorku. Tyto výsledky je možné porovnat s výsledky TPA, kdy by mhla existovat korelace mezi tvrdostí a viskozitou podle (Salek a kol). [50]

To se ovšem u naších výrobků nepodařilo prokázat. Ovšem výsledky komplexní viskozity korelují s výsledky relativní lepivosti, kdy výsledky s nejmenší lepivostí odpovídají vzorkům s nejmenšími hodnotami komplexní viskozity. U těchto vzorků byla naměřena také vyšší hodnota kohezivnosti. To znamená, že i když jsou vzorky měkčí jsou dobře soudržné a málo lepivé.

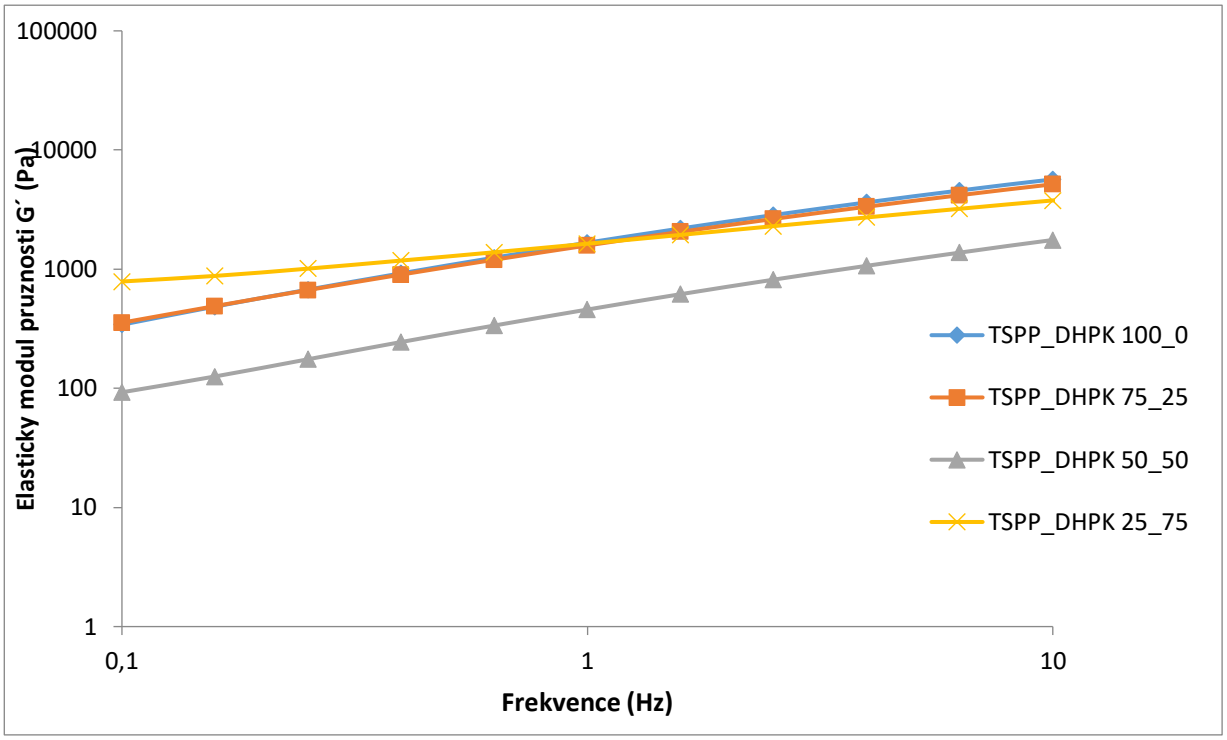
7.5.2 Elastický a ztrátový modul pružnosti



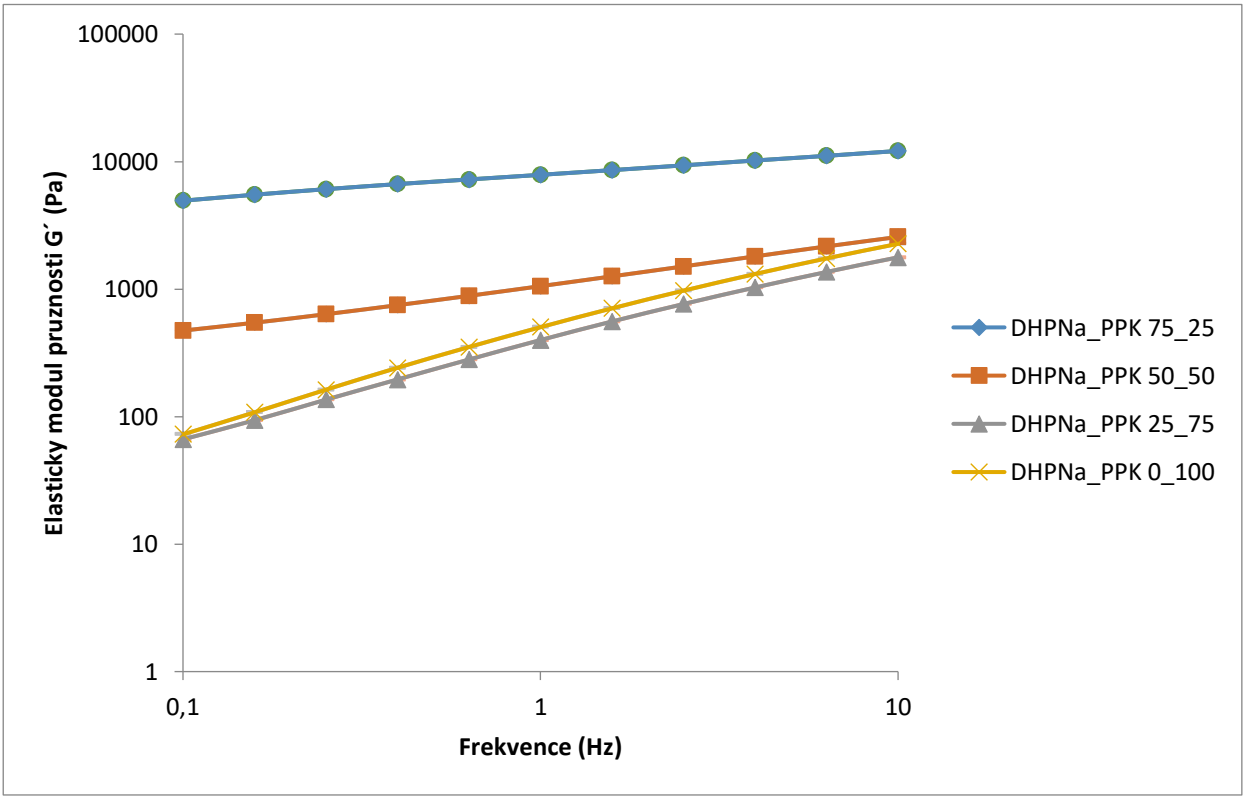
Obrázek 16_ Závislost G´na zvyšující se oscilační frekvenci směs č.1



Obrázek 17_ Závislost G´na zvyšující se oscilační frekvenci směs č.1



Obrázek 18_ Graf Závislost G´´na zvyšující se oscilační frekvenci směs č.1



Obrázek 19_ Závislost G´´ na zvyšující se frekvenci směsč.2

Byly stanoveny hodnoty elastického (Obr.16 a Obr.17) a ztrátového modulu (Obr.18 a Obr.19) pružnosti při frekvenčním rozpětí 0,1 Hz – 10,00 Hz. Graficky je znázorněné že elastický modul pružnosti G´ lineárně roste s rostoucí frekvencí oscilace, aniž by ho ovlivňovaly použité směsi tavicích solí.

U směsi č.1 můžeme pozorovat, že vzorky TSSPP_DHPK_100_0, TSSPP_DHPK_75_25, TSSPP_DHPK_25_75 mají stejný průběh a podobné hodnoty elastického modulu. Rozdíl nastal u vzorku TSSPP_DHPK_50_50, kdy jeho hodnoty elastického modulu sice lineárně stoupají, ale jsou mnohem nižší než u ostatních. Poměr tavicích solí byl $Na_4P_2O_7$ a $KH_2PO_4$5 1:1, čili 50 hm% směsi bylo tvořeno každou solí. Elastický modul pak potvrzuje tvrzení z grafu komplexní viskozity, že viskozita výrobku je nejmenší.

U směsi č.2 byl elastický modul také stoupajícího trendu, který lineárně stoupal s rostoucí frekvencí. Nejvyšší by u DHPNa_PPK_75_25, kde bylo použito 75 hm% NaH_2PO_4 a 25hm% $K_4P_2O_7$. Podobný stoupající trend měl i vzorek DHPNa_PPK_50_50, kde byl poměr 1:1, čili 50 hm% směsi bylo tvořeno každou solí. Odlišovaly se pak vzorky DHPNa_PPK 25_75 a DHPNa_PPK 0_100. Počáteční elastický modul byl nízký a vzorek byl méně elastický než ostatní. Ovšem obě konečné hodnoty elastického modulu se nelišily od vzorku DHPNa_PPK 50_50.

Výsledky ztrátového modulu nabývaly stejně jako u komplexního lineárně stoupajících hodnot, které stoupali zároveň se rostoucí frekvencí. U směsi č.1 můžeme pozorovat, že vzorky TSSPP_DHPK 100_0, TSSPP_DHPK_75_25, TSSPP_DHPK_25_75 mají stejný průběh a podobné hodnoty ztrátového modulu pružnosti. Rozdíl nastal u vzorku TSSPP_DHPK 50_50, kdy jeho hodnoty ztrátového modulu sice lineárně stoupají, ale jsou mnohem nižší, než u ostatních. Poměr $Na_4P_2O_7$ a KH_2PO_4 byl 1:1, čili 50 hm% směsi bylo tvořeno každou solí.

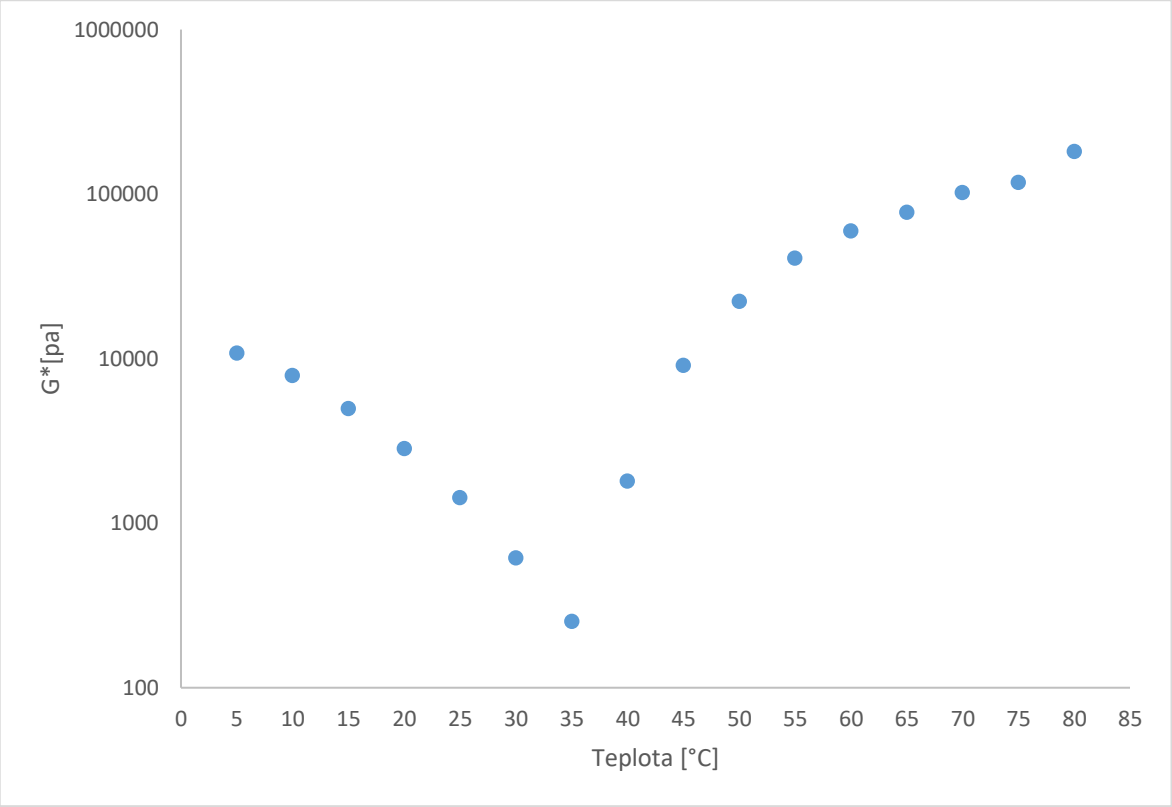
U směsi č. 2 je také nárůst lineární ovšem oproti elastickému modulu jsou si podobné vzorky DHPNa_PPK 0_100, DHPNa_PPK 50_50_ DHPNa_PPK 25_75 a liší se významně jen vzorek DHPNa_PPK 75_25 kde je jeho počáteční hodnota elastického modulu nejvyšší a jeho hodnoty se výrazně odlišují od ostatních. Jeho viskózní vlastnosti jsou vyšší než u ostatních vzorků.

Stejně jako u komplexní viskozity přítomna korelace mezi hodnotu tvrdosti a G´.

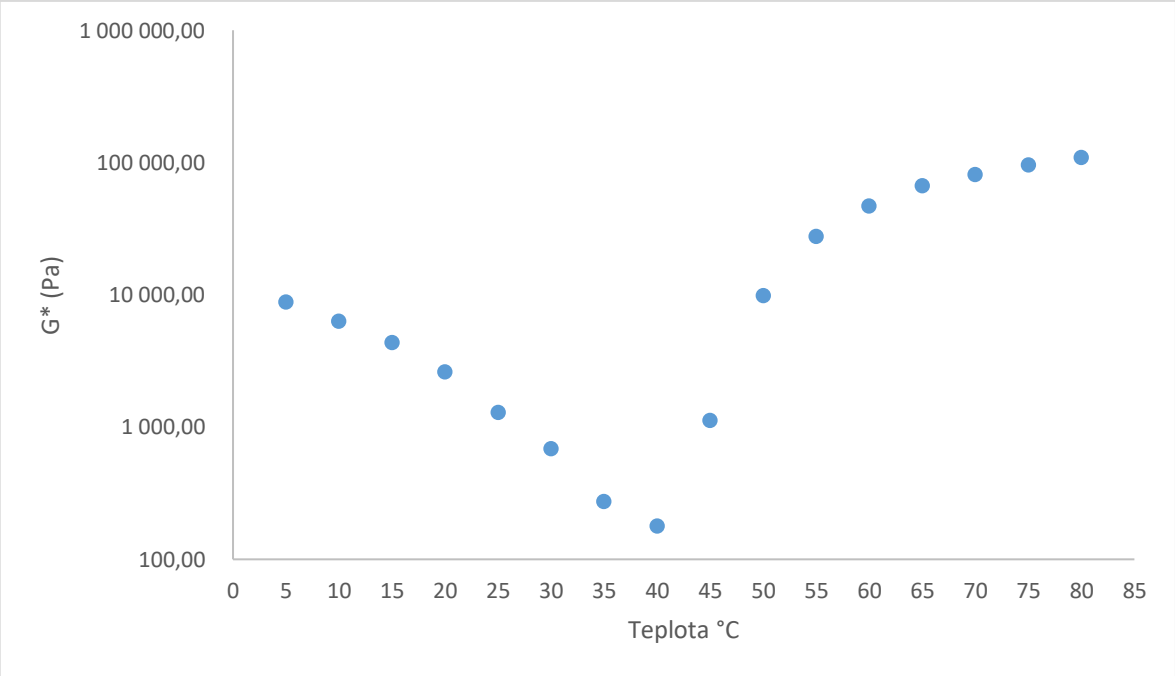
podle článku Salek a kol. [50]

Tím se potvrzuje že vzorky s vyšší hodnotou tvrdosti a vyšší hodnotu G´, jsou tvrdé a elastické. V souhrnu byly všechny hodnoty G´> G´´, což znamená že vzorky byly spíše elastického charakteru K tomuto závěru došli ve svém článku i Salek a kol. [50]

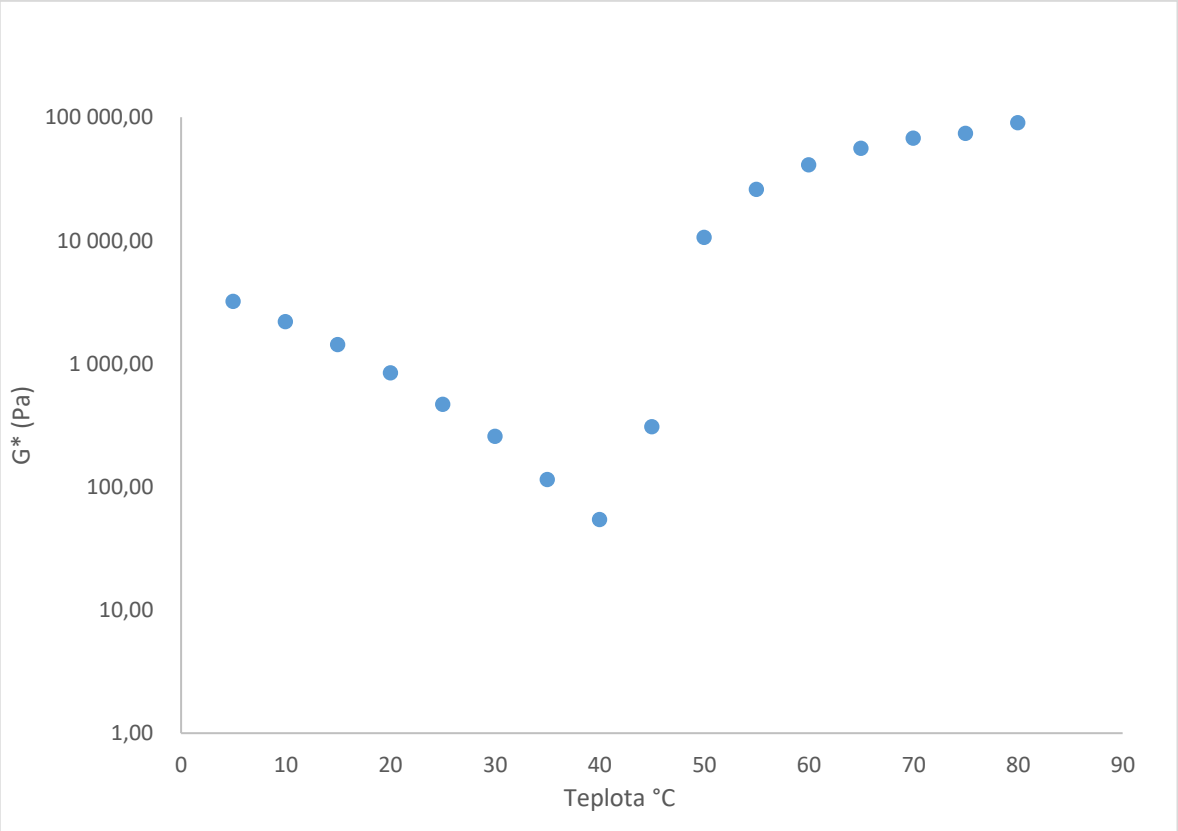
7.6 Tepelná rampa



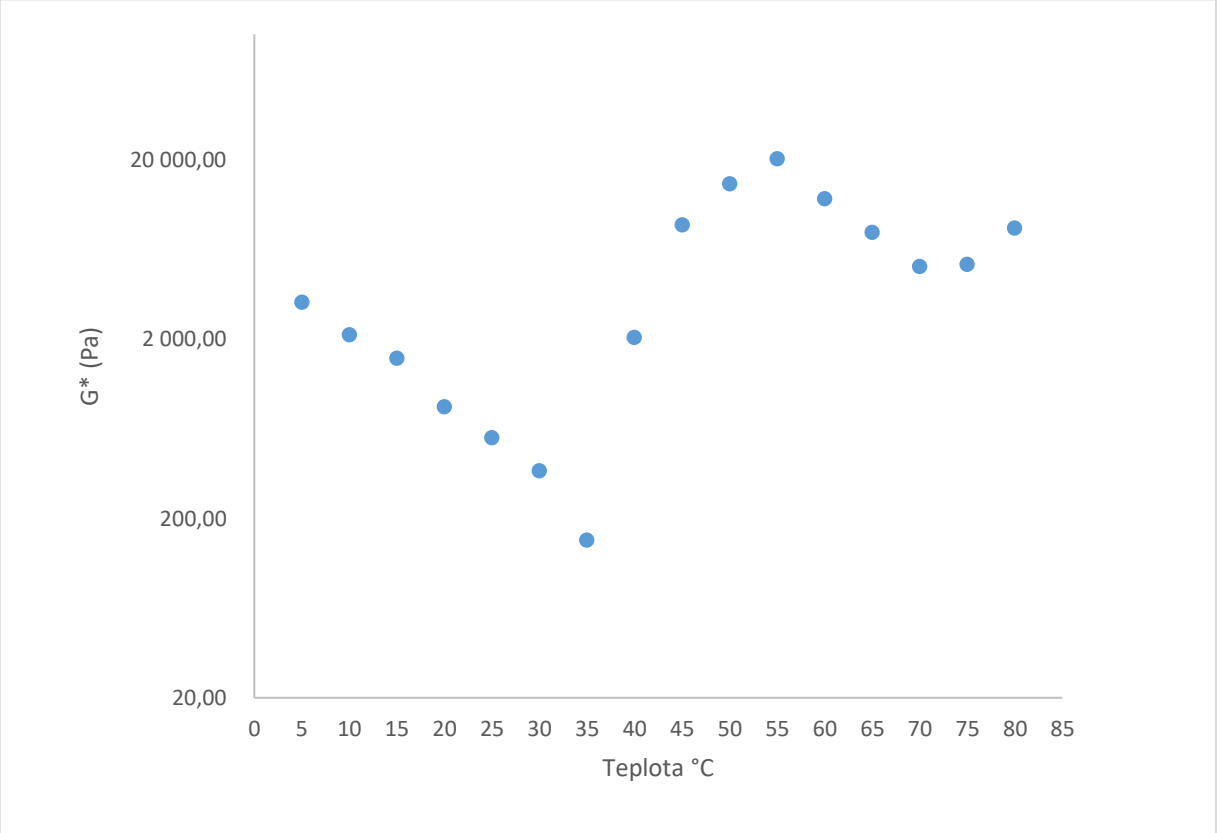
Obrázek 20_ Graf teplotní rampy TSSP_DHPK_100_0



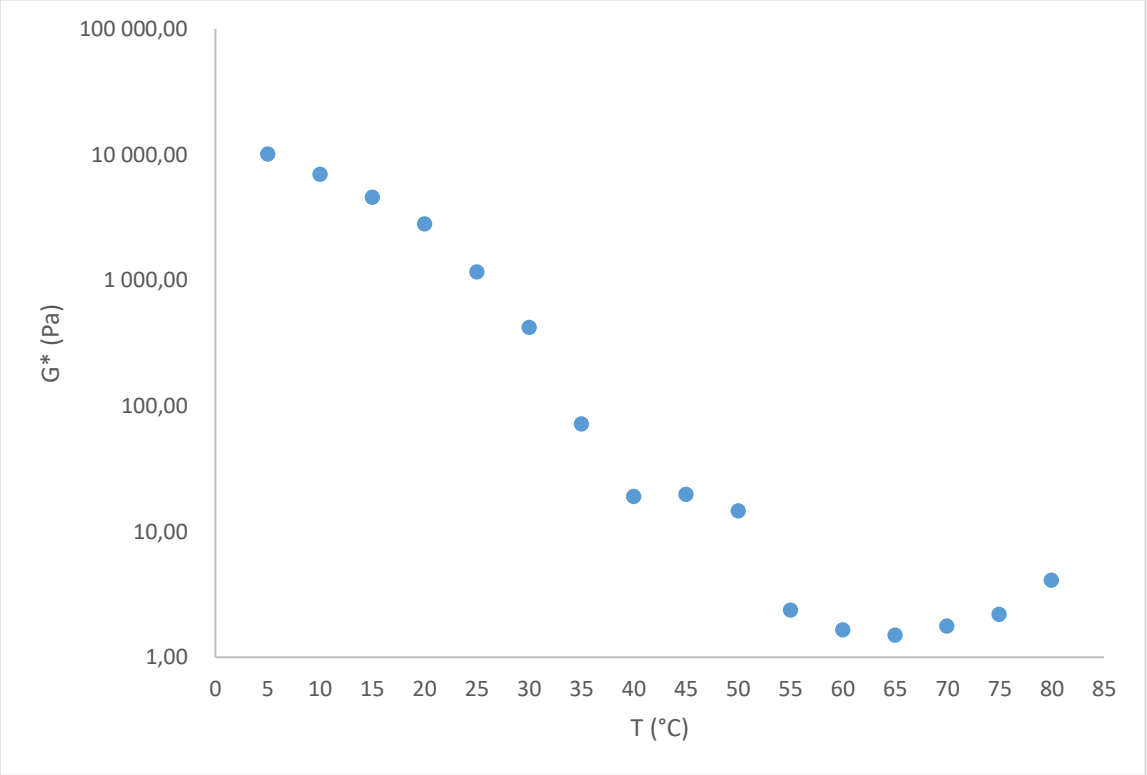
Obrázek 21_ Graf teplotní rampy TSSP_DHPK_75_25



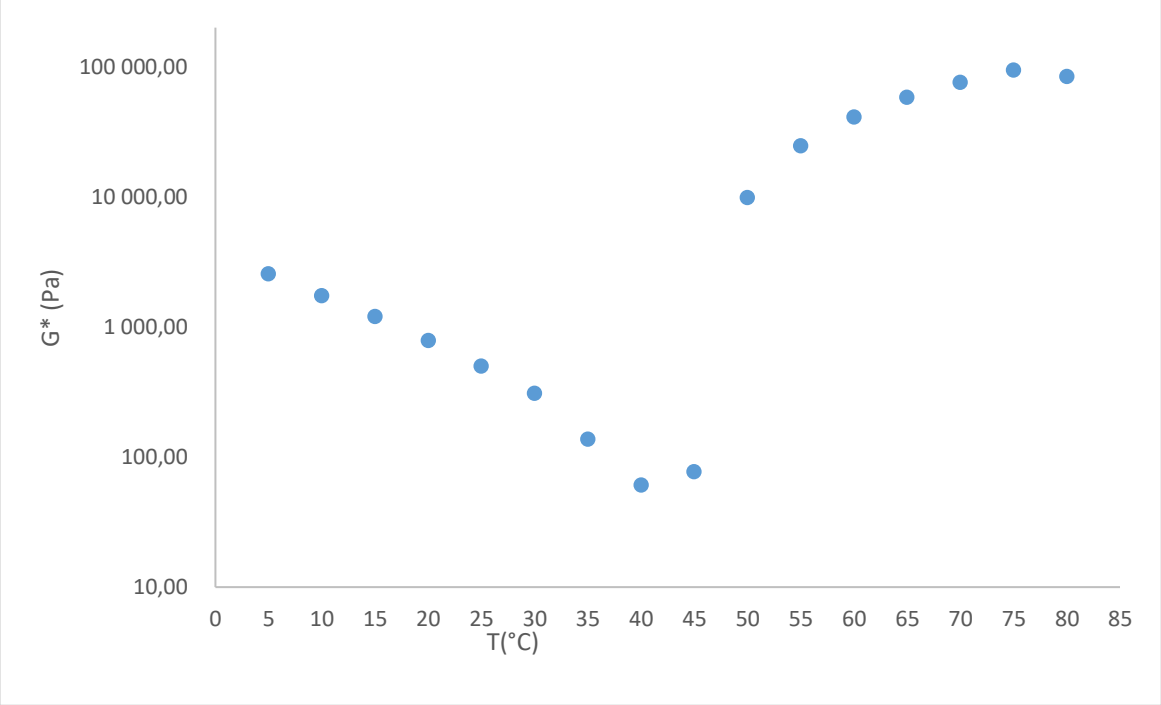
Obrázek 22_ Graf teplotní rampy TSSP_DHPK 50_50



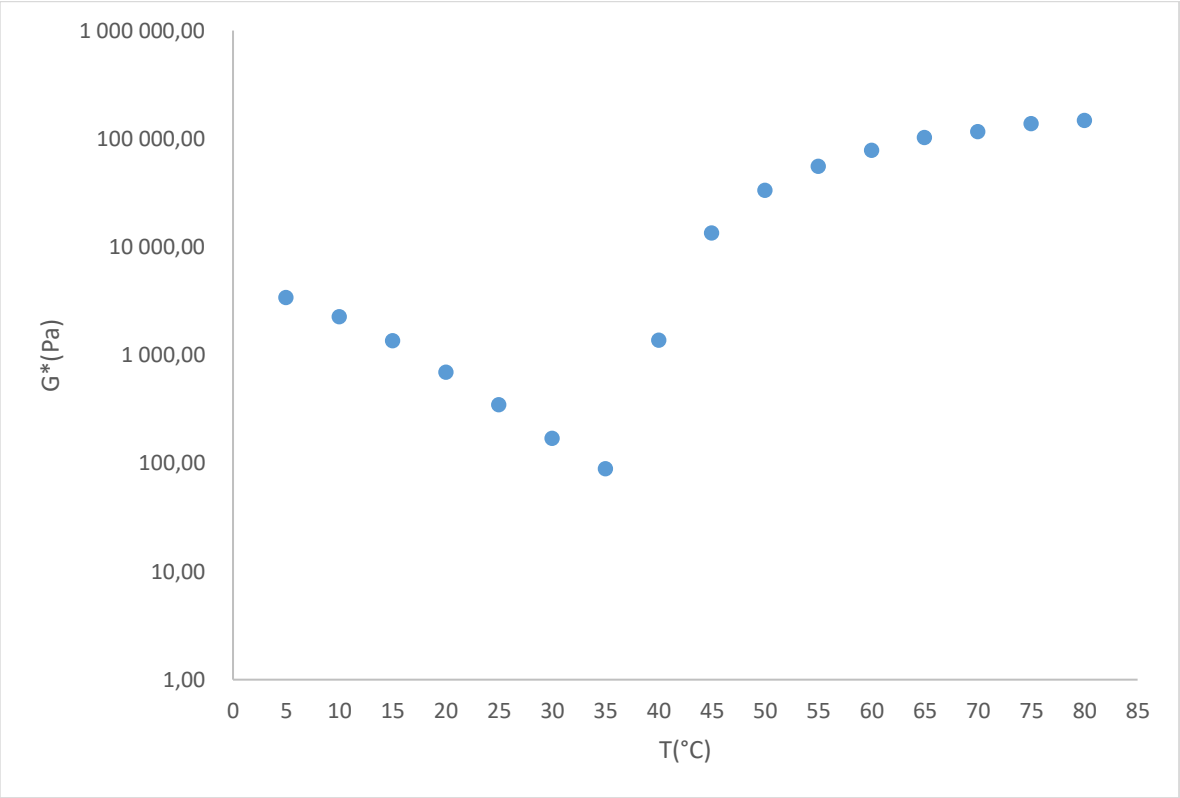
Obrázek 23_Graf teplotní rampy TSSP_DHPK 75_25



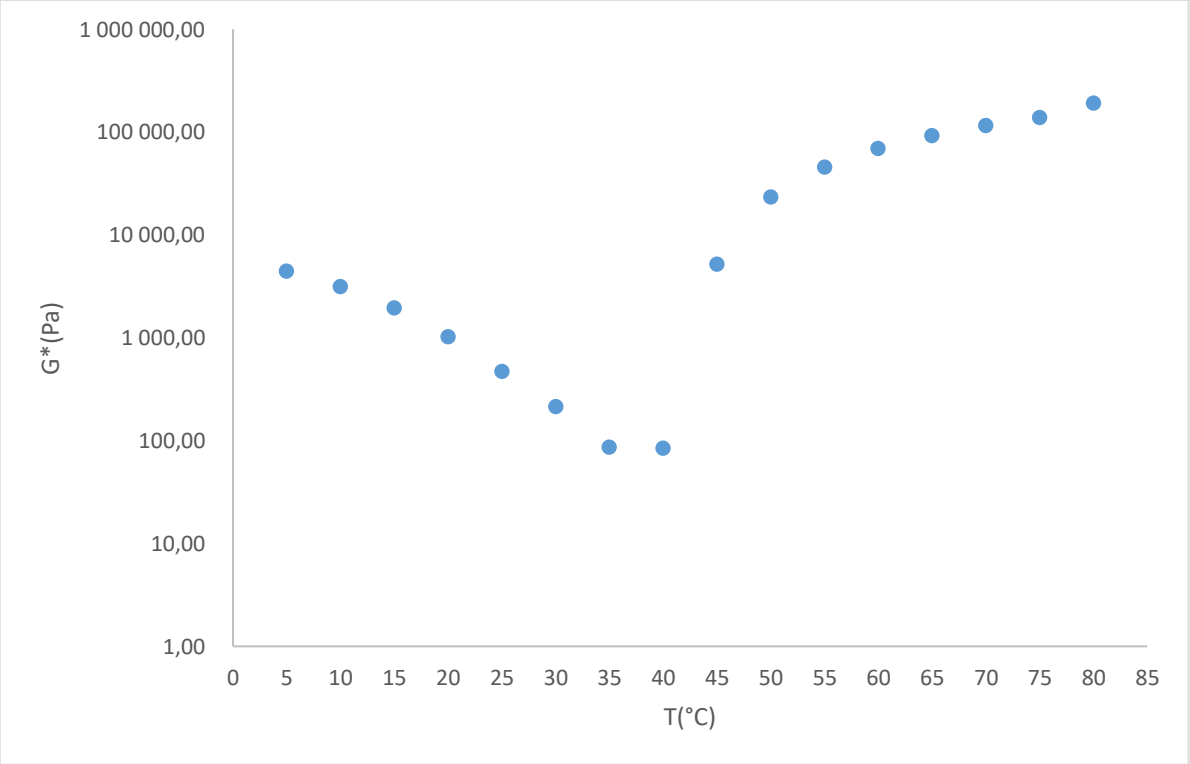
Obrázek 24_Graf teplotní rampy DHPNA_PPK 25_75



Obrázek 25_ Graf_teplotní rampy DHPNA_PPK 50_50



Obrázek 26 _Graf teplotní rampy DHPNA_PPK 25_75



Obrázek 27_Graf teplotní rampy DHPNA_PPK 0_100

Tepelná rampa v zájmu oscilační dynamické reometrie znázorňuje vliv měnících se teplot na modelové vzorky. Bylo provedeno měření při konstantní hodnotě frekvence 1 Hz a měnící se teplotě v rozmezí 5 °C – 80 °C. Všechny grafy byly znázorněny jako hodnoty komplexního modulu měnícího se v závislosti na zvyšující se teplotě (Obr.19 - Obr 26). Kdy hodnota G* značí odpor potraviny vůči deformaci.[29]

U vzorků směsi č.1 konkrétněji TSSP_K 100_0, TSSP_DHPK 75_25, TSSP_DHPK 50_50 byl průběh změny komplexního modulu stejný. To znamenalo, že v závislosti na měnící se teplotě se vzorky roztékaly a jejich hodnoty G* klesaly až do teplot v rozmezí 35 °C – 40 °C. Od těchto hodnot začal naopak komplexní modul výrobku opět nabývat vyšších hodnot. Tento proces zvýšení hodnot G* u vzorků popisuje právě podobně proces krémování taveného sýra. Kdy se vlivem tepla a míchání tvoří struktura taveného sýra. U těchto 3 vzorků byla pak konečná hodnota G* vyšší než na začátku testu. To by značilo, že došlo ke zlepšení konečné odolnosti vůči deformaci vzorku taveného sýra. U vzorku TSSP_DHPK 25_75, kde byl poměr Na_4P2O_7 a KH_2PO_4 1:3, byl průběh po většinu měření shodný s ostatními. I zde byl sledován klesající trend hodnoty G*, a její nárůst ve stejném intervalu jako u předchozích vzorků. Rozdíl nastal v intervalu teplot 65 °C – 75 °C, kdy došlo k poklesu těchto hodnot a jejich částečnému nárůstu v konečné teplotě záhřevu 80 °C. Tato konečná hodnota byla ovšem znatelně nižší než u teploty 60 °C, která předcházela propadu. Z toho lze usoudit že, odolnost vůči deformaci u výrobku v těchto teplotách klesla. Podle dostupné literatury se tento propad hodnot dá přirovnat k mírnému překrémování, které je způsobeno příliš dlouhým záhřevem a mícháním [8, 26].

U směsi č.2 byl u vzorků DHPNA_PPK 50_50, DHPNA_PPK 25_75 a DHPNA_PPK 0_100 průběh záhřevu podobný jako u směsi č.1. Bylo možné sledovat klesající trend G* , který značil jejich klesající odpor vůči deformaci ,což znamená, že vzorky ztrácely viskozitu látek, až do teplot v intervalu 35°C – 45°C. Od těchto teplotních hodnot se dosažené minimu G* začalo opět zvedat u a vzorků došlo k razantnímu zvýšení, které znázorňuje krémování vzorku, které nabíralo stejně jako u předchozí směsi stoupající trend, až do maximální hodnoty záhřevu 80 °C. I u těchto vzorků byla konečná hodnota G* při 80 °C vyšší než na začátku záhřevu. Ovšem u vzorku DHPNA_PPK 75_25 došlo k nestandartnímu chování, kdy při teplotě v intervalu 35°C – 45°C nedošlo k plnému zastavení poklesu G* ale pokles trval až do teploty 60 °C a ani poté nedošlo u vzorku ke krémování a na konci měření při 80 °C se vzorek v přístroji roztekl. Tento problém mohl být následkem špatně zvolené kombinace tavicích solí použitých pro výrobu. Některé studie uvádějí, že tvrdost konečného

výrobku pozitivně ovlivňuje vyšší přítomnost fosforečných iontů. Vzhledem k poměru NaH_2PO_4 3: 1 s $K_4P_2O_7$ byl poměr fosforu v tomto vzorku nižší než u ostatních vzorků směsi č.2. Problém mohla způsobit také samotná draselná sůl jejíž molární koncentrace draselných iontů byla vyšší než u soli č.1. Bohužel k tomuto měření neexistuje adekvátní literatura, která by na tento problém vnesla světlo, a proto nelze tuto teorii dokázat.

8 ISNTRUMENTÁLNÍ MĚŘENÍ BARVY

Tabulka 11_Výsledky instrumentálního stanovení barvy vzorků pro obě směsi

Označení vzorku	L*	a*	b*
TSPP_DHPK_100_0	93,62	2,39	14,44
TSPP_DHPK_75_25	90,81	2,65	16,28
TSPP_DHPK_50_50	91,37	2,60	15,46
TSPP_DHPK_25_75	89,97	2,62	18,02
Označení vzorku	L*	a*	b*
DHPNa_PPK_75_25	88,72	2,59	18,99
DHPNa_PPK_50_50	90,99	2,50	15,95
DHPNa_PPK_25_75	89,83	2,62	15,20
DHPNa_PPK_0_100	90,84	2,40	15,42

U všech vzorků bylo provedeno instrumentální stanovení barvy při použití osvětlení CIEL D65, které odpovídá normálnímu dennímu osvětlení. Výsledky byly vyhodnoceny v prostoru L* a* a b* (Tab.11). Hodnota L* byla u vzorků v rozmezí 89.97 – 93,62. Z toho vyplývá, že vzorky nebyly čistě bílé. Nejnižší hodnota světlosti byla naměřena u vzorku TSPP_DHPK 25_75. Důvodem tohoto jevu byla vyšší hodnota b*, která definuje žlutou barvu. Lze tak předpokládat že nahrazení sodných solí draselnými, a to konkrétně Na_4P2O_7 a KH_2PO_4 v poměru 1:3 má za následek žluté zabarvení vzorku. Toto tvrzení lze částečně podpořit tvrzením v článku Zonoubi a kol. [51]

Studie se zabývala nahrazováním sodných solí draselnými u sýru feta, zde se také projevila vyšší přítomnost žlutého zabarvení. Hodnota a*, která udává červené zabarvení byla nízká u všech vzorků a mezi hodnotami nebyl výrazný rozdíl, takže vzorky neobsahovaly téměř žádné červené zabarvení.

U směsi č.2 byl interval výsledků světlosti 88,72 -90,99. Zde byla nejnižší hodnota světlosti naměřena u vzorku DHPNA_PPK 75_25, kde byl poměr 3:1 NaH_2PO_4 a $K_4P_2O_7$.Hodnota L*byla hodnota světlosti nejnižší, což koleruje se zvýšenou hodnotou b* 18,99. Z toho lze usuzovat že tento poměr solí způsobil žluté zabarvení vzorku. Toto zjištění značí, že vzorek

měl větší žluté zabarvení než ostatní vzorky. U ostatních vzorků se projevilo žluté zabarvení také, ale jeho hodnoty byly nižší a mezi nimi nebyl žádný statisticky významný rozdíl. Červené zabarvení u vzorků této směsi stejně jako v předchozím případě nenabývalo vysokých hodnot.

Změna barvy taveného sýra může snížit jeho přijetí veřejností. Pokud výrobky nesplňují určité preference, může být výrobek spotřebiteli vnímán negativně. Toto tvrzení lze podpořit článkem (Best a kol.) [52].

V tomto článku byl hodnocen vliv barvy na preferenci spotřebitele sýrových dipů. V článku je patrné, že různí spotřebitelé mají různé preference. Například dipy se sytě oranžovou barvou byli méně oblíbené než žluté nebo bílé (Best a kol.) [52].

Výsledek že barva má vliv na preference zákazníka potvrzuje také článek zabývající se mimo jiným vlivem barvy nízkotučných sýrů na preferenci spotřebitele (Wadhwani a kol.) [53].

9 ZÁVĚR

Cílem práce bylo zjistit vliv vybraných směsí sodných a draselných tavicích solí na konzistenci tavených sýrů. Mezi tyto vybrané sodné a draselné soli konkrétně patřily u směsi č.1 $Na_4P_2O_7$: KH_2 PO_4 a směsi č.2 NaH_2P a $K_4P_2O_7$. Tyto sodné soli byly nahrazovány ve vybraných poměrech (viz Tab. 6 a Tab. 7). Byly provedeny chemicko – fyzikální stanovení vlivu změn poměru tavicích solí na vlastnosti výrobku. Byla stanovená celková sušina, aktivita vody, stabilita tavného sýra, texturní analýza (tvrdost, relativní lepivost, roztíratelnost, gumovitost a kohezivnost). Pro každý vzorek byl stanoven ztrátový a elastický modul pružnosti, tepelná rampa (vývoj hodnot komplexního modulu pružnosti v souvislosti se zvyšující se teplotou) instrumentální měření barvy. Z výsledků pak bylo patrné že:

- Byl prokázán vliv tavicí soli na hodnotu pH u vzorku. U směsi č.1 nastal klesající trend hodnot pH v závislosti na zvyšujícím se přídavku KH_2PO_4. U směsi č.2 byl zaznamenán stoupající trend změny pH s přídavkem $K_4P_2O_7$.
- Bylo provedeno stanovení aktivity vody, kdy u všech vzorků byla hodnota aktivity vody vyšší, než je doporučované rozmezí 0,91- 0,96.
- Všechny vzorky směsi č.1 byly vyhodnoceny jako stabilní a nedocházelo u nich k velkým ztrátám tekuté složky. Stejný výsledek byl zjištěn i u tavených sýrů ze směsi č.2 kromě vzorku DHPNa_PPK 75_25.
- Bylo prokázáno, že přítomnost draselných tavicích solí má vliv na tvrdost taveného síra.

  Nejvyšší hodnota tvrdosti u směsi č.1 byla naměřena u vzorku TSPP_DHPK 75_25. U ostatních vzorků byl pozorován klesající trend tvrdosti se zvyšujícím se přídavkem KH_2PO_4. Výjimku tvořil vzorek TSPP_DHPK 100_0, který byl měkčí než TSPP_DHPK 75_25 patrně ve spojitosti s vyšší hodnotou pH vzorku.

  U směsi č.2 byl jako nejtvrdší vyhodnocen vzorek DHPNA_PPK 50_50.
- U všech vzorků se podařilo prokázat souvislost mezi relativní lepivostí a tvrdostí. Vzorky s nižšími hodnotami tvrdosti pak měly vyšší hodnotu relativní lepivosti.
- U směsi č.1 byl pozorován klesající trend kohezivnosti s přídavkem draselné soli. To odpovídá tvrzení, že soudržnost roste s vyšším přídavkem tavicí soli $Na_4P_2O_7$.

- Nejvyšší hodnota gumovitsti byla naměřena u vzorku TSPP_DHPK 75_25 u směsi č.1 a u směsi č.2 to byl vzorek DHPNa_PPK_50_50. Vzhledem k rozdílnosti ostatních hodnot nebyl prokázán žádný vliv přídavku draselné tavicí soli na gumovitost výrobku.
- Pro obě směsi byly stanoveny hodnoty roztíratelnosti. Z grafů roztíratelnosti (Obr.14 a Obr.15), že nebyl prokázán žádný vliv změny přídavku draselné tavicí soli na roztíratelnost výrobku.
- U všech výrobků byl během oscilační reometrie zaznamenán klesající trend hodnoty komplexní viskozity.
- Hodnoty elastického modulu a ztrátového modulu pružnosti nabírali ve všech měřeních stoupající trend v závislosti na stoupající frekvenci. Z grafů je patrné, že přídavek tavicích solí má vliv na viskoelastické vlastnosti taveného sýra. Všechny naměřené hodnoty byly pro G´> G´´. Z toho vyplývá, že vzorky tavených sýrů byly spíše elastického charakteru.
- Z výsledků měření tepelné rampy je patrné, že poměr sodných a draselných solí má vliv na chování taveného sýra během záhřevu a na jeho schopnost krémování. U většiny vzorků byla vyrobená křivka změny G* v závislosti na zvyšující se teplotě typická.
- Při instrumentálním stanovení barvy byl prokázán vliv poměru přídavku draselných solí na barvu. Konkrétně u vzorku DHPNa_PPK_75_25 s přídavkem Na_4P2O_7 a KH_2PO_4 v poměru 3:1. U něj byla hodnota b* představující žluté zabarvení nejvyšší.

Ze získaných výsledků je patrné, že některé chemické, texturní a reologické vlastnosti tavených sýrů jsou ovlivňovány přídavkem draselné tavicí soli ve směsi se sodnou tavicí solí. Tyto změny závisí na:

- Druhu draselné tavicí soli
- Výši přídavku draselné tavicí soli do směsi
- Druhem sodné tavicí směsi ve směsi

Taktéž se prokázalo, že některé výrobky nesplňují některá kritéria pro mikrobiální bezpečnost (vysoká aktivita vody a hodnota pH), proto by pro budoucí experimenty bylo vhodné upravit recepturu tavicí směsi například přidáním jiných druhů tavicích solí, nebo

jejich částečnému nahrazení hydrokoloidy, aby byla hodnota pH výsledného sýra v rozmezí 5,6 – 6 bez následků na chuť výrobku. Pro budoucí experimenty by bylo také vhodné přidat více látek rozpustných ve vodě, jejichž obsah snižoval aktivitu vody.

Bylo prokázáno, že správným přídavkem draselné soli lze vyrobit produkt, který má podobné chemické, texturní a reologické vlastnosti jako produkty, u kterých se používá pouze sodná tavicí sůl.

Je možné využít draselné tavicí soli jako prostředku ke snížení příjmu sodíku z potravy. Takto vyrobené tavené sýry by mohly být vhodné pro lidi trpící vysokým tlakem, protože nadměrný přísun sodíku přispívá k růstu hypertenze a může vést i k infarktu. Proto je téma výroby tavených sýrů s využitím draselných tavicích solí vhodné pro další prostudování.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] Tamime. A.Y., 2011. Processed Cheese and Analogues: An Overview. In: *Processed Cheese and Analogues* [online]. John Wiley, s. 1-3 [cit. 2023-05-07]. ISBN 978-1-5231-1864-9. Dostupné z :https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011NCR51/processed-cheese-analogues/historical-background

[2] M. Nogueira de Oliveira, Z. Ustunol a A.Y. Tamime, 2011. Manufacturing Practices of Processed Cheese. In: *Processed Cheese and Analogues* [online]. 1st. Edition. John Wiley, s. 155-160 [cit. 2023-03-13]. ISBN 978-1-4051-8642-1. Dostupné z: https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011NCUW3/processed-cheese analogues/some-historical-background

[3] M. El-Bakry a B.Havbhuti M. Meht, 2022. Overview of processed cheese and its products. In: *Processed Cheese Science and Technology* [online]. 1st. Edition. Elsevier, s. 1-3 [cit. 2023-03-13]. ISBN 978-0-12-821445-9. Dostupné z: https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0131MME5/processed-cheese-science/introduction

[4] Česko. vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje - znění od 1. 1. 2020. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 23. 3. 2023]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397#f5960596

[5] Šustová, K. a Sýkora V., 2013. *Mlékárenské technologie*. V Brně: Mendelova univerzita. ISBN 978-80-7375-704-5.

[6] D.Vale, L.a H. Castelli, 2013. *Handbook on Cheese: Production, Chemistry and Sensory Properties*. 1st. Edition. New York: Nova Science Publishers. ISBN 9781626189669

[7] Spreer, E., 1998. *Milk and Dairy Product Technology* [online]. 1. New York: Routledge [cit. 2023-03-13]. ISBN 9780203747162. Dostupné z: https://doi.org/10.1201/9780203747162

[8] McSweeney, P. L. H., Fox, P.F., Cotter, P., Everett, D. W. (2017). *Cheese - Chemistry, Physics & Microbiology* [online]. 4 st.Edition. Elsevier [cit. 2023-05-10]. ISBN 978-0-12-417017-9. Dostupné z: https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpCCPME013/cheese-chemistry-physics/cheese-chemistry-physics

[9] Salek, R. N. et al., 2017. Tvrdost tavených sýrů vyrobených z různých druhů přírodních sýrů. *Mlékárenské listy* [online]. **28**(3), 5-9 [cit. 2023-05-1]. Dostupné z: http://www.mlekarskelisty.cz/archiv/rok-2017.html

[10] Brickley, C.A et al., 2007. The Effect of Natural Cheddar Cheese Ripening on the Functional and Textural Properties of the Processed Cheese Manufactured Therefrom. *Journal of Food Science* [online]. **9**(72), 483-490 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00539.x

[11] R. Syed, 2021. *Surfactants and Detergents - Chemistry and Applications* [online]. 1st. Edition. ASTM International [cit. 2023-03-13]. ISBN 978-0-8031-7131-2. Dostupné z:https://app.knovel.com/kn/resources/kpSDCA0001/toc?bq=emulsifying%20salts&include_synonyms=no

[12] M. Saltmarsh, 2021. *Saltmarsh's Essential Guide to Food Additives* [online]. 5st. Edition. Royal Society of Chemistry (RSC) [cit. 2023-03-13]. ISBN 978-1-83916-103-2. Dostupné z: https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpSEGFAE09/saltmarshs-essential/saltmarshs-essential

[13] S.Damodaran, a Kirk L, 2011. *Fennema's Food Chemistry* [online]. 5th. Edition. CRC press [cit. 2023-03-13]. ISBN 978-1-4822-4361-1. Dostupné z: https://app.knovel.com/kn/resources/kpFFCE001G/toc?b-q=emulsify%20nacl%20process%20cheese&include_synonyms=no

[14] Buňka, F., Michaela Č. a R. N. Salek, 2022. Functionality of salts used in processed cheese manufacture. In: *Processed Cheese Science and Technology* [online]. Elsevier, s. 148-167 [cit. 2023-05-10]. ISBN 978-0-12-821445-9. Dostupné z: https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0131MPI2/processed-cheese-science/functional-introduction

[15] J.A. Lucey, A. Maurer-Rothmann a S. Kaliappan, 2011. Functionality of Ingredients: Emulsifying Salt. In: *Processed Cheese and Analogues* [online]. 1st. Edition. John Wiley, s. 110-129 [cit. 2023-03-13]. ISBN 978-1-4051-8642-1. Dostupné z: https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011NCTS2/processed-cheese-analogues/introduction

[16] Adnan Y. Tamime, 2007. *Structure of Dairy Products*.Oxford:Blackwell ISBN 9781405129756. Dostupné také z: doi: 10.1002/9780470995921

[17] Buňka, F., L. Buňková a Stanislav Kráčmar, 2009. *Základní principy výroby tavených sýrů: monografie*. 1st. Edition. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-336-8.

[18] *E331- Citronany sodné* [online]. [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E331

[19] M. El-Bakry, M. O'Sullivan et al., 2011. Effect of cation, sodium or potassium, on casein hydration and fat emulsification during imitation cheese manufacture and post-manufacture functionality. {LWT - Food Science and Technology [online]. 2011(10), 1-2 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: doi :10.1016/j.lwt.2011.07.007

[20] Beeren et al., 2019. *Reducing Salt in Foods* [online].Elsevier [cit. 2023-05-10]. ISBN 978-0-0810-0933-8. Dostupné z: https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpRSFE0004/reducing-salt-in-foods/reducing-salt-in-foods

[21] František B. et al., 2014. The effect of different composition of ternary mixtures 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), 247-255 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z doi: 10.1016/j.lwt.2014.02.040

[22] Ferrão, L.L. et al., 2016. Strategies to develop healthier processed cheeses: Reduction of sodium and fat contents and use of prebiotics. *LWT - Food Science and Technology,* [online]. 2016(86), 93-102 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z doi: 10.1016/j.foodres.2016.04.034

[23] Wolfgang H. et al., 2012. Effect of emulsifying salts containing potassium on the quality of block-type processed chees. *International Dairy Journal* [online]. **25**(1), 66-72 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: doi: doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.11.010

[24] Chavhan, G. B. et al., 2015. Effect of potassium-based emulsifying salts on sensory, textural, and functional attributes of low-sodium processed Mozzarella cheese. *Dairy Science & Technology* [online]. **93**(3), 265-278 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: doi: 10.1007/s13594-014-0207-0

[25] Nogueira, E. B. et al., 2018. Effect of potassium-based emulsifying salts on the sensory and physicochemical parameters of low-sodium spreadable processed

cheese. *International journal of dairy technology* [online]. **71**(3), 712-722 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: doi: 10.1111/1471-0307.12519

[26] Mcsweeney, P. L.H., 2007. *Chees problem solved* [online]. Woodhead Publishing [cit. 2023-03-30]. ISBN 978-1-84569-060-1. Dostupné z: https://thunderbooks.wordpress.com/2009/05/28/cheese-problems-solved/

[27] P. F. Fox, T.P. Guinee, T. M. Cogan, P. L. H., 2016. *Fundamentals of Cheese Science* [online]. 2rd. New York, NY: Springer [cit. 2023-03-30]. ISBN 978-1-4899-7681-9. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9

[28] Paul S. Kindstedt, Patrick J. Polowsky 2021. Crystals in cheese: More than a curiosity. *Journal of Dairy Science* [online]. **2**(104), 1233-1234 [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: doi: /10.3168/jds.2020-19119

[29] Apostolos S. Thomareis a Soumela E. Chatziantoniou, 2022. Quality and testing of processed cheese: defects, QA, and QC. In: *Processed Cheese Science and Technology* [online]. Elsevier, s. 398-416 [cit. 2023-04-02]. ISBN 978-0-128-21460-2. Dostupné z: https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0131MV67/processed-cheese-science/food-quality-safety

[30] Chandan R., et al., 2016. *Dairy Processing and Quality Assurance* [online]. 2 st. Edition. Wiley [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011NC1I3/dairy-processing-quality/swiss-cheese

[31] McSweeney, P. L.H Mcsweeney, D. .F.M Daily, 2012. Pink discolouration defect in commercial cheese. *Dairy Science & Technology* [online]. **92**(5), 439-453 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: doi10.1007/s13594-012-0079-0

[32] Thermomix typ 6. In: Vorwerk. [online]. [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: https://www.vorwerk.cz/thermomix

[33] Hanna Instruments HI 99161. In: *Amazon.com* [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: https://www.amazon.com/Hanna-Instruments-Waterproof-Portable-Products/dp/B002NX0VVA

[34] AquaLab. In: Seiencelectsc [online]. [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: https://www.seiencelectsc.net

[35] ČSN EN ISO 5534, 2005. Sýry a tavené sýry - Stanovení obsahu celkové sušiny. 01/2005. Praha.

[36] Mun, S. et al., 2009. Development of reduced-fat mayonnaise using 4αGTase-modified rice starch and xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. **44**(5), 400-407 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ijbiomac.2009.02.008

[37] Nikzade V., 2012. Optimization of low-cholesterol–low-fat mayonnaise formulatio. *Food Hydrocolloids* [online]. **28**(2), 344-352 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: doi /10.1016/j.foodhyd.2011.12.023

[38] Tekiki, A. et al., 2018. Functional properties of a new spread based on olive oil and honeybees. *Mediterranean Journal of Chemistry* [online]. **6**(6), 276 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: doi:10.13171/mjc66/01801182226-tekiki

[39] Centrifuga EBA - 21. In: Elektromedik [online]. [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: http://elektromedik.blogspot.com/2017/04

[40] Reologický reometr Kinexus Pro+. In: Indiamart [online]. [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: https://www.indiamart.com/proddetail/kinexus-pro

[41] Shafiur R, M. et al., 2021. Measurement of Instrumental Texture Profile Analysis of Foods. In: *Techniques to Measure Food Safety and Quality* [online]. Springer, s. 427-465 [cit. 2023-05-10]. ISBN 978-3-030-68636-9. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-030-68636-9_17S

[42] . B. and I. Carbonell and E. Costell, 2012. Viscoelasticity and texture of spreadable cheeses with different fat contents at refrigeration and room temperatures. *Journal of Dairy Science* [online]. **95**(12), 6926-6936 [cit. 2023-05-06]. ISSN 0022-0302. Dostupné z: doi.org/10.3168/jds.2012-5711

[43] Texturometr. In: Researchgate [online]. [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Image-of-a-Texture-Analyzer-TAXT-Plus

[44] Salek, R. N. Černíková, M., Maděrová, S., Lapčík, L. a F. Buňka. The effect of different composition of ternary mixtures of emulsifying salts on the consistency of processed cheese spreads manufactured from Swiss-type cheese with different degrees of maturity. Journal of Dairy Science [online]. 2016, 99(5), 3274-3287 [cit. 2023-05-06]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2015-10028

[45] Sádlíková, I. et al., 2010. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese. *LWT - Food Science and Technology* [online]. **43**(8), 1220-1225 [cit. 2023-05-06]. ISSN 0023-6438. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.lwt.2010.04.012

[46] Mozuraityte, R. et al., 2019. Sodium reduction in processed cheese spreads and the effect on physicochemical properties. *International Dairy Journal* [online]. (90), 45-55 [cit. 2023-05-06]. ISSN 0958-6946. Dostupné z: doi: 10.1016/j.idairyj.2018.10.008

[47] L. Buňková a F. Buňka, 2017. Microflora of processed cheese and the factors affecting it. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. **57**(11), 2392-2403 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: doi: 10.1080/10408398.2015.1060939

[48] Weiserová E. et al., 2011. The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. *International Dairy Journal* [online]. **21**(12), 979-986 [cit. 2023-05-06]. ISSN 0958-6946. Dostupné z: doi: 10.1016/j.idairyj.2011.06.006

[49] Chavhan, G.B., Kanawjia, S.K., Khetra, Y. *et al.* Effect of potassium-based emulsifying salts on sensory, textural, and functional attributes of low-sodium processed Mozzarella cheese. *Dairy Sci. & Technol.* **95**, 265–278 (2015). https://doi.org/10.1007/s13594-014-0207-0

[50] Salek R.. N. et al., 2020. The impact of Chios mastic gum on textural, rheological and melting properties of spread-type processed cheese during storage. *International Dairy Journal* [online]. (109) [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.idairyj.2020.104755

[51] Razieh Z., 2020. The effect of complete replacing sodium with potassium, calcium, and magnesium brine on sodium-free ultrafiltration Feta cheese. *Food Science and Nutition* [online]. **9**(2), 866-874 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: doi 10.1002/fsn3.2050

[52] Best, A. R, C. M. Racette a M. A. Drake, 2023. Consumer perception of restaurant and ready-to-eat cheese dips. *Food Science* [online]. **88**(4), 1672-1683 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: doi:10.1111/1750-3841.16498

[53] Wadhwani, R. a D.J. Mcmahon, 2012. Color of low-fat cheese influences flavor perception and consumer liking. *Journal of Dairy Science* [online]. **95**(5), 2336-2346 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2011-5142

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

MK Mastné kyseliny

TS Tavený sýr

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1_Znázornění výměny vápníkových iontů se sodíkovými [14] 24
Obrázek 2_Tavicí přístroj Termomix TM6 [32] 41
Obrázek 3_Přístroj LabMaster-aw [34]. 43
Obrázek 4_Přístroj centrifuga EBA 21 Hettich Zentrifugen [39]. 45
Obrázek 5_Reometr Malvern–Kinexus Pro+[40]., ... 46
Obrázek 6_Grafické znázornění křivek během měření texturní profilové analýzy [41]. 47
Obrázek 7_Grafické znázornění křivky roztíratelnosti[42] 48
Obrázek 8_texturometr TA.XT Plus [43] 49
*Obrázek 9_ Prostor znázornění barev L*a* a b*[29].* 50
Obrázek 10_ Graf tvrdosti vzorků _směs č.1 55
Obrázek 11_ Graf tvrdosti vzorků_směs č.2 55
Obrázek 12_Graf relativní lepivost TS směs č.1 57
Obrázek 13_Graf relativní lepivost TS směs č.2 57
Obrázek 14_ Graf roztíratelnosti pro směs č.1 60
Obrázek 15_ Graf roztíratelnosti Směs č.2 60
Obrázek 16_ Závislost G´na zvyšující se oscilační frekvenci směs č.1 64
Obrázek 17_ Závislost G´na zvyšující se oscilační frekvenci směs č.1 64
Obrázek 18_ Graf Závislost G´´na zvyšující se oscilační frekvenci směs č.1 65
Obrázek 19_ Závislost G´´ na zvyšující se frekvenci směsč.2 65
Obrázek 20_ Graf teplotní rampy TSSP_DHPK_100_0 67
Obrázek 21_ Graf teplotní rampy TSSP_DHPK_75_25 67
Obrázek 22_ Graf teplotní rampy TSSP_DHPK 50_50 68
Obrázek 23_Graf teplotní rampy TSSP_DHPK 75_25 68
Obrázek 24_Graf teplotní rampy DHPNA_PPK 25_75 69
Obrázek 25_ Graf_teplotní rampy DHPNA_PPK 50_50 69
Obrázek 26 _Graf teplotní rampy DHPNA_PPK 25_75 70
Obrázek 27_Graf teplotní rampy DHPNA_PPK 0_100 70

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1_ Faktory způsobující tuhost TS a jejich řešení [8, 14, 26, 27] 31
Tabulka 2_Příčiny emulgace a její vady u tavených sýrů [8, 14, 26]. 32
Tabulka 3_Příčiny krystalizace TS a její řešení [26, 28, 29] 33
Tabulka 4_Faktory způsobující senzorické vady TS a jejich projevy [26, 28, 29, 30]. 35
Tabulka 5_ Surovinová skladba vzorků TS 40
Tabulka 6_Značení vzorků a poměr tavicích solí směs č.1 42
Tabulka 7_ Značení vzorků a poměr tavicích solí směs č.2 42
Tabulka 8_ Výsledky stanovení sušiny, pH a aw pro obě směsi 52
Tabulka 9 _Výsledky testu stability vzorku pro obě směsi 54
Tabulka 10_Hodnoty kohezivnosti a gumovitosti vzorků pro obě směsi 59
Tabulka 11_Výsledky instrumentálního stanovení barvy vzorků pro obě směsi 73