

# Vliv sójových proteinů na vybrané vlastnosti tavených sýrových omáček

Bc. Lucie Vaškových

---

Diplomová práce  
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE** (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Lucie Vaškových**  
Osobní číslo: **T18284**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie potravin**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Vliv sójových proteinů na vybrané vlastnosti tavených sýrových omáček**

### **Zásady pro vypracování**

1. Obecná charakteristika tavených sýrových omáček a podobných produktů
2. Vlastnosti sójových bílkovin v potravinářství
3. Sójové bílkoviny při výrobě tavených sýrů
4. Vyrobtě modelové vzorky tavených sýrových omáček
5. Proveďte vybrané analýzy
6. Vyhodnoťte výsledky a zformulujte závěry

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

**Seznam doporučené literatury:**

- [1] SALEK, R. N., VAŠINA, M., LAPČEK, L., ČERNÍKOVÁ, M., LORENCOVÁ, E., LI, P., BUŘKA, F. (2019). Evaluation of various emulsifying salts addition on selected properties of processed cheese sauce with the use of mechanical vibration damping and rheological methods. *Lwt*, 107, 178-184.
- [2] SHALABY, S.M., MOHAMED, A.G., BAYOUMI, H.M. (2017). Preparation of a novel processed cheese sauce flavored with essential oils. *International Journal of Dairy Science*, 12, 161-169.
- [3] HOSSEINI-PARVAR, S. H., MATIA-MERINO, L., GOLDING, M. (2015). Effect of basil seed gum (BSG) on textural, rheological and microstructural properties of model processed cheese. *Food Hydrocolloids*, 43, 557-567.
- [4] SZCZESNIAK, A.S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13, 215-225.

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

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2020**  
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2020

## **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 diplomové práce bylo zkoumat vliv přídatku sójové bílkoviny na vybrané vlastnosti tavených sýrových omáček. Do modelových vzorků tavených sýrových omáček byl přidán sójový proteinový izolát v koncentracích 0,25 %; 0,50 %; 0,75 % a 1,00 % (w/w). Vybrané analýzy, jako je stanovení hodnoty pH, celkového obsahu sušiny, hodnocení stability emulze, texturní profilová analýza a dynamická oscilační reometrie, byly provedeny 1. a 7. den skladování vzorků. Na základě získaných výsledků bylo zhodnoceno, jak mění přídatek sójového bílkovinného izolátu vybrané vlastnosti tavených sýrových omáček. Nejvíce přídatek sójové bílkoviny ovlivnil reologické a texturní vlastnosti, konkrétně viskozitu a tvrdost tavených sýrových omáček. S rostoucí koncentrací přídatku sójové bílkoviny se zvyšovala tvrdost modelových vzorků.

Klíčová slova: tavená sýrová omáčka, sójový proteinový izolát, reologie, texturní profilová analýza

## **ABSTRACT**

The aim of this diploma thesis was to investigate the influence of soy protein addition on selected properties of processed cheese sauces. Soy protein isolate was added to processed cheese sauce samples at concentrations of 0.25 %; 0.50 %; 0.75 % and 1.00 % (w/w). Selected analyses, such as pH determination, dry matter content, emulsion stability evaluation, texture profile analysis and dynamic oscillation rheology, were carried out on days 1 and 7 of sample storage. Based on the results, it was evaluated how the supplement of soy protein isolate changes the selected properties of processed cheese sauces. The addition of soy protein affected the rheological and textural properties the most, namely the viscosity and hardness of processed cheese sauces. With increasing concentration of soy protein addition, the hardness of model samples increased.

Key words: processed cheese sauce, soy protein isolate, rheology, texture profile analysis

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, Ph.D. za odborné vedení, rady, konzultace, podporu a za veškerý čas, který mi při realizaci této diplomové práce věnoval.

Mému vedoucímu práce taktéž děkuji za pomoc při měření práce v laboratoři a mé díky patří také laborantkám.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala za důvěru a podporu při studiu mé rodině, přátelům a příteli.

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

# OBSAH

ÚVOD.....	9
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK A PODOBNÝCH PRODUKTŮ .....</b>	<b>11</b>
1.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA.....	11
1.2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ .....	13
1.2.1 Výběr suroviny .....	13
1.2.2 Tavicí soli.....	15
1.2.3 Výroba bez tradičních tavicích solí.....	19
1.2.4 Antimikrobní látky .....	19
1.2.5 Monoacylglyceroly .....	19
1.2.6 Technologický postup výroby .....	20
1.2.7 Fyzikálně-chemické požadavky .....	23
1.3 PŘÍKLAD VÝROBY TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY .....	23
<b>2 VLASTNOSTI SÓJOVÝCH BÍLKOVIN V POTRAVINÁŘSTVÍ.....</b>	<b>24</b>
2.1 CHARAKTERISTIKA SÓJOVÝCH BÍLKOVIN .....	24
2.2 PRODUKTY ZE SÓJOVÝCH BOBŮ .....	25
2.2.1 Sójový bílkovinný koncentrát .....	26
2.2.2 Sójový proteinový izolát .....	26
2.2.3 Hydrolyzát sójového proteinu .....	27
<b>3 SÓJOVÉ BÍLKOVINY PŘI VÝROBĚ TAVENÝCH SÝRŮ.....</b>	<b>31</b>
3.1 UPLATNĚNÍ HYDROKOLOIDŮ PŘI VÝROBĚ TAVENÝCH SÝRŮ.....	31
3.2 SÓJOVÉ PROTEINY PŘI VÝROBĚ TAVENÝCH SÝROVÝCH VÝROBKŮ .....	32
3.3 VÝVOJ V OBLASTI TAVENÝCH SÝROVÝCH ANALOGŮ .....	34
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>35</b>
<b>4 CÍL PRÁCE.....</b>	<b>36</b>
<b>5 MATERIÁL A METODIKA .....</b>	<b>37</b>
5.1 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ .....	37
5.2 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY .....	38
5.3 PRINCIPY A POSTUPY POUŽITÝCH ANALÝZ.....	38
5.3.1 Stanovení pH.....	38
5.3.2 Stanovení obsahu celkové sušiny .....	38
5.3.3 Stabilita emulze .....	39
5.3.4 Texturní profilová analýza .....	40
5.3.4.1 Primární parametry .....	40
5.3.4.2 Sekundární parametry.....	40
5.3.5 Dynamická oscilační reometriE.....	41
<b>6 VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>	<b>43</b>
6.1 HODNOTA PH.....	43
6.2 STANOVENÍ OBSAHU CELKOVÉ SUŠINY .....	44
6.3 STABILITA EMULZE .....	44

6.4	TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA .....	45
6.4.1	Tvrдост .....	46
6.4.2	Lepivost, elasticita, žvýkatelnost a gumovitost.....	47
6.5	DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE.....	48
<b>ZÁVĚR</b>	.....	<b>54</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	.....	<b>55</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b>	.....	<b>64</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	.....	<b>65</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b>	.....	<b>66</b>



## ÚVOD

Tavené sýrové omáčky jsou poměrně novým produktem a zatím pro ně neexistuje žádná legislativní definice. Mohou se používat jako dipy, máčecí omáčky na nachos, brambory či těstoviny a do hotových či předem připravených jídel. Tavené sýrové omáčky jsou vyžadovány nejen pro jejich chuť, ale také pro jejich funkční a vizuální funkci. Vzhledem k tomu zájem o ně stále roste, a výrobci se snaží nabízet spotřebitelům lahodné a příznivé receptury sýrových omáček v přijatelné kvalitě.

Cílem této práce bylo zkoumat, jaký má vliv přídavek sójového bílkovinného izolátu do vzorků tavených sýrových omáček na vybrané vlastnosti těchto omáček.

V teoretické části diplomové práce jsou nejprve charakterizovány tavené sýrové omáčky na základě definice taveného sýru. Dále je podrobně popsán technologický postup výroby tavených sýrů, včetně popisu jednotlivých operací a surovinové skladby. V následující kapitole jsou charakterizovány sójové bílkoviny, formy, ve kterých se využívají v potravinářském průmyslu a jejich hlavní funkce. Na závěr teoretické části bylo popsáno uplatnění sójových bílkovin při výrobě tavených sýrů.

V praktické části byly vyrobeny jednotlivé vzorky tavených sýrových omáček a ve stanovených dnech byla provedena jejich analýza (pH, obsah sušiny, stabilita emulze, texturní profilová analýza a dynamická oscilační reometrie). Na základě výsledků těchto analýz bylo stanoveno, jak přídavek sójové bílkoviny ovlivňuje jednotlivé vlastnosti omáček.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK A PODOBNÝCH PRODUKTŮ

Pod pojmem tavená sýrová omáčka se skrývá mnohem více než jen roztavený sýr. Tento produkt může sloužit například jako zvýrazňovač chuti, či máčecí omáčka. V mnoha pokrmech pomáhá zesílit nebo zaokrouhlit chuťový profil. Na některých trzích, např. v Egyptě, se tento typ produktu moc nevyskytuje, pravděpodobně kvůli vysokým nákladům na výrobu. Tyto náklady lze redukovat snížením obsahu sušiny sýra. Existuje mnoho patentů, které se vztahují k použití škrobů a zahušťovadel. Taktéž v dnešní době existuje mnoho variant výroby těchto omáček [1].

Tavené sýrové omáčky jsou poměrně novými sýrovými výrobky tudíž zatím neexistují žádné standardy totožnosti ani legislativní definice. Vzhledem k tomu je možné do nich přidávat různé druhy sýrových složek, jako jsou například přírodní sýr, sýrový prášek a jiné sušené mléčné ingredience. Komerčně se vyskytují v různých formách, jako zmrazené, poloteuté, stabilní při skladování a jako suché směsi. Hojně se vyskytují v hotových a předem připravených jídlech. Sýrové omáčky jsou vyžadovány nejen díky své chuti, ale také pro funkční a vizuální funkce, jako jsou textura, pocit v ústech či barva. Chuť může být zvýrazněna přidávkou příchutí a struktura omáček bývá modifikována přísadami, které ovlivňují texturu, jako je např. xanthanová guma a jiné hydrokoloidy [1, 2].

Vhodné použití tavených sýrových omáček je jako dip, omáčka na nachos, brambory či těstoviny. Typicky se jako přísady pro jejich výrobu používají sýr Čedar, odstředěné mléko, syrovátka, podmásli, rostlinný olej, škrob, fosfát sodný, sůl, kaseinát, citrát, barviva, kyselina mléčná, stabilizátory, emulgátor a koření [3].

Díky rostoucímu zájmu o sýrové omáčky se je výrobci snaží zlepšovat a nabízet spotřebitelům lahodné a příznivé receptury sýrových omáček v přijatelné kvalitě [4].

## 1.1 Základní charakteristika

Jak už bylo zmíněno výše, tavené sýrové omáčky zatím nejsou legislativou definovány. Proto pro legislativní charakterizaci produktu bude definován podobný produkt, tavený sýr, který se liší obsahem vody v produktu.

Tavený sýr je dle Vyhlášky o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje č. 397/2016 Sb. v platném znění, sýr, který byl tepelně upraven tavením. Jako tavený sýrový výrobek je označen mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením za

přídavku tavicích solí, případně dalších přídatných látek a který obsahuje více než 5 % laktózy a v němž sýr tvoří nejméně 50 % hmotnostních sušiny tohoto výrobku. Tepelným ošetřením se rozumí zahřátí na teplotu nejméně 80 °C v celé hmotě s výdrží nejméně 30 s. Tavený mléčný výrobek je definován jako výrobek, který je tepelně ošetřen tavením a obsahuje více než 5 % laktózy. Sýr jako takový je členěn do skupin: přírodní, tavený, tavený sýrový výrobek, tavený mléčný výrobek a syrovátkový sýr. Tavené sýry jsou dále členěny na podskupiny roztíratelný sýr, tedy lehce roztíratelný, nelepivý, nelomivý, hladký a homogenní, a tavené sýry s lomem, které jsou lomivé, homogenní a nelepivé konzistence [5, 6, 7].

Ve vyhlášce je dále uveden přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků (Tabulka 1).

**Tabulka 1** Přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků

Složka jiná než sýr	Tavený sýr a tavený roztíratelný sýr		Tavený sýrový výrobek a tavený mléčný výrobek
	druhově pojmenovaný	druhově nepojmenovaný	
Máslo, máselný tuk, smetana, máselný koncentrát	pouze pro standardizaci obsahu tuku	ano	ano
Ostatní mléčné složky	ne	ano, obsah nejvýše 5 % hmot. laktózy ve finálním taveném sýru	ano
Jedlá sůl	ano	ano	ano
Bakteriální kultury	ano	ano	ano
Enzymy <sup>*)</sup>	ano	ano	ano
Cukry (sacharidy se sladícím účinkem)	ne	ne	ano
Koření a sezónní zelenina	podle druhu výrobku a v množství, které postačuje, aby dodalo konečnému výrobku charakteristickou chuť		
Ostatní zdravotně nezávadné potraviny	ano		ano

<sup>\*)</sup> zdravotně nezávadné se specifickými účinky

## 1.2 Výroba tavených sýrů

Tavené sýry jsou vyráběny zahříváním směsi přírodních sýrů v různém stupni zralosti za přídavku tavicích solí, za částečného podtlaku a stálého míchání do dosažení homogenní hmoty požadovaných vlastností. Jednou z nejdůležitějších vlastností tavených sýrů je konzistence a ta může být ovlivněna třemi skupinami faktorů: složením směsi surovin, parametry zpracování během výroby, jako je zejména rychlost míchání a doba držení, a teplotou a následným skladováním [8, 9].

Výroba tavených sýrových omáček je obdobná výrobě tavených sýrů. Hlavním rozdílem v těchto výroбах je množství vody, které se do receptury přidává.

Tavené sýry, které tvoří poměrně velkou skupinu sýrů, se vyrábějí z přírodních sýrů tavením za vakua s přídavkem tavicích solí a dalších komponent. V podstatě jde o sýrovou polokonzervu, tím pádem zlepšují hygienickou úroveň výroby a prodeje [10].

Oblast výroby a technologie tavených sýrů je jednou z oblastí, kde bylo využito řady vědeckých poznatků. Při výrobě, během tavení, dochází k složitému průběhu fyzikálních a chemických pochodů bílkovin, tuků, vody, a vše se děje za přídavku 2 – 3 % tavicích solí, což má rozhodující vliv na homogenitu produktu. Výzkumy, které se zabývaly stavbou a funkcí bílkovin a peptidů, koloidních frakcí kaseinu, mechanismem vazby fosfátů v kaseinových micelách, tepelnými procesy ve vztahu k době působení a množstvím tavicích solí, přispěly k jakosti tavených sýrů [10].

Výroba tavených sýrových výrobků klade vysoké požadavky nejen na suroviny, ale také na řádné provedení jednotlivých operací při výrobě jednotlivých druhů tavených sýrů. Jedná se o práce přípravné jako je např. volba sýrů, sestavování jejich směsí, krájení, rozměňování, mletí sýrů. Dále se jedná o vlastní tavicí proces, tedy tavení směsi surovin v tavičce za přídavku tavicích solí, vody a ostatních přípravků a konečné formování, balení a chlazení získané taveniny [10].

### 1.2.1 Výběr suroviny

Základní surovinou pro výrobu jsou přírodní sýry. Použitá surovina má podstatný vliv na získání požadované kvality taveného sýrového výrobku. Je potřeba brát zřetel na druh sýra, jeho zralost, kvalitu a složení. Rozhodujícím faktorem u suroviny je především čistota, bakteriologické vlastnosti, vysoký obsah bílkovin a stupeň kyselosti. Důležitým faktorem, který ovlivňuje tavení a kvalitu tavených sýrů je hloubka a rozsah zrání přírodních sýrů.

Nejvhodnější surovinou jsou sýry, které byly sráženy syřidlem a proběhla u nich fermentace. Předpokladem pro dobrou jakost výrobku je dobrá surovina, proto se přírodní sýry vadné jakosti k výrobě nesmí používat. Na příjmu suroviny je posuzována hlavně chuť sýra, protože silně ovlivňuje chuť následně vyrobeného taveného sýra. Do surovinové skladby lze zahrnout i přírodní sýry s různými, především mechanickými vadami, avšak přírodní sýry s mikrobiologickými vadami nejsou doporučeny. Větší počet sporulujících bakterií v surovině přináší riziko ohrožení zdravotní nezávadnosti finálního výrobku, protože teploty užívané při výrobě dokážou zničit pouze vegetativní formy mikroorganismů, nikoliv bakteriální spory. U surovin s výskytem plísní hrozí produkce mykotoxinů [8, 10].

V dnešní době dochází k velmi časté náhradě přírodních sýrů různými mléčnými koncentráty jako jsou např. sušená syrovátka, sušené odstředěné mléko, kasein, kaseináty, mléčné koprecipitáty, nebo surovinami nemléčného původu, jako jsou nativní a modifikované škroby a další polysacharidy. Tento přídatek může mít podstatný vliv na jakost finálního výrobku. Sušené mléko a sušená syrovátka navíc díky svému vysokému obsahu laktózy podporují zahušťování taveniny. Smyslem těchto náhrad je hlavně snížit náklady na surovinovou skladbu [8, 10].

Další surovinou sloužící k výrobě je čerstvé zahuštěné nebo odstředěné pasterované mléko, které slouží k úpravě chuti a konzistence. Aby bylo dosaženo předepsaného obsahu tuku v sušině lze použít také smetanu, máslo nebo vodu. Pro zvýšení obsahu tuku se používá hlavně máslo, ale může být použita i smetana, která může výrobek i zjemnit [8, 10].

Pro tavení je také důležitý přídatek vody, přičemž její množství se vypočítá ze sušiny tavírenské suroviny a sušiny hotového taveného sýra. Voda se přidává buď jednorázově na začátku tavení, nebo ve dvou stupních. Při dvoustupňovém přidávku dochází k lepšímu zabudování kaseinu s koncentrovaným roztokem tavících solí a zároveň dochází k zředění tavící soli [10].

Do surovinové skladby z důvodu dosažení jemnější a stabilnější konzistence může být použit i tzv. krém, rework, tedy sýr již utavený [8].

Změn v chuti a vůni výrobku lze docílit přidáváním přísad, jako je např. koření, šunka, uzené maso, uzeniny, ryby, houby, zelenina či rajčatový protlak. Těmito přísadami je dosaženo zvýšení počtu druhů a chuťových variací výrobků. Je vyloučeno používání esencí a chemických konzervačních činidel. Ke zlepšení barvy se mohou používat pouze sýrařská barviva. Rovněž se využívají přídatné látky na bázi hydrokoloidů. Smyslem tohoto přídatku

je zlepšit vaznost vody a stabilizovat konzistenci. Většinou je nutné tyto přídatné látky přidat, pokud dochází k náhradě tradičních surovin [8, 10].

Pro tavené sýrové výrobky jsou volitelné tyto přísady: máslo, bezvodý mléčný tuk, smetana, jiné mléčné výrobky (nejméně 51 % sušiny pochází ze sýrů), jedlá sůl, čisté mlékařské kultury, nezávadné enzymy vhodné pro daný účel, cukry (sacharidy se sladícím účinkem), koření, houby a zelenina potřebná k charakterizaci výrobku a ostatní zdravotně nezávadné suroviny [6].

### 1.2.2 Tavicí soli

Přírodní sýr je soustava mléčného tuku, mléčného cukru, organických látek a vody. Ve formě vodného roztoku jsou mléčný cukr, soli, kyseliny a ostatní organické látky, mléčný tuk je ve formě emulze a bílkoviny jsou ve formě koloidního roztoku. Mezi složkami se určitými silami udržuje vzájemná rovnováha a stabilita. Produkty, které podporují stabilitu, vznikají při zrání. Při tavení by se stabilita mohla snadno porušit rozrušením obalů tukových kuliček, které by se začaly oddělovat a následným tavením srážet a smršťovat. Tomuto se dá zabránit pomocí přídavku tavicí soli, která vytváří v tavenině prostředí, ve kterém se nemůže porušit rovnovážný stav přírodního sýra. Tavicí soli také rychle rozpouštějí bílkoviny a tím brání jejich srážení při vysokých teplotách v průběhu tavení. Tavicí soli jsou použity pro posílení pozitivních vlastností jednotlivých komponent a potlačení negativních vlastností. Bez použití tavicích solí není možné tavený sýr vyrobit. Jsou tedy nezbytnou přídatnou látkou při výrobě tavených sýrů a tavených sýrových výrobků [6, 10].

Přírodní sýr, který byl zahřát na 85 °C se rozdělí na 3 fáze: na dně bude vysrážená bílkovina, ve střední vrstvě vodná fáze a na povrchu bude oddělený volný tuk. Tavicí soli zajišťují výměnu  $\text{Ca}^{2+}$  iontů za  $\text{Na}^+$  případně  $\text{K}^+$  ionty v průběhu tavení [8, 10].

Odstěpení vápníku navázaného na proteinovou matici přírodního sýra je základní schopností tavicích solí. Kaseiny tvoří prostřednictvím vápenatých můstků trojrozměrnou síť a díky těmto vazbám nemohou uplatnit svou funkční vlastnost emulgátorů. Výměnou iontů vápníku za ionty sodíku, dojde k tomu, že nerozpustné vápenaté soli kaseinu jsou přeměněny na rozpustnější sodné soli. Při tomto procesu dojde i k peptizaci a rozptýlení proteinů. Hlavním úkolem tavicích solí je tedy upravit prostředí v tavené směsi, tak, aby přítomné proteiny mohly uplatnit jejich přirozené schopnosti emulgátorů [8, 10, 11].

Během samotného procesu tavení dochází k vazbě polyvalentních aniontů na proteiny a tím se zvyšuje jejich hydrofilní charakter. Následným navázáním dodatečné vody roste viskozita

taveniny vedoucí k tzv. krémování. Je důležité, aby byl ve směsi dostatek ne zcela hydrolyzovaných peptidů, pro vytvoření stabilní emulze, protože příliš hydrolyzované peptidy vedou k nebezpečí tvorby nestabilní emulze a oddělení fází. Rovněž dojde k mírnému nárůstu pH v důsledku působení tavicích solí a ke zvýšení negativního náboje přítomných peptidů a proteinů. Dochází k další dezintegraci proteinové matrice, která je schopna vyšší vaznosti vody. Podle některých studií dojde k vytvoření finální struktury při chladnutí taveniny vlivem vzniku vodíkových vazeb, hydrofobních interakcí, vápníkových a disulfidických můstků. Samotný proces tvorby finální struktury výrobku, resp. krémování, vyžaduje určitou dobu tavení. Během této doby tavení působí vyšší teploty a mechanické míchání [8, 10].

V počáteční fázi tavení dojde působením tavicích solí, při zvýšené teplotě a mechanickém míchání k rozptýlu proteinů. Při dalším působení dojde k hydrataci a bobtnání rozptýlených bílkovin a prostřednictvím řady vazebných interakcí dojde k tvorbě síťové struktury. Tyto procesy vedou k nárůstu viskozity taveniny. Existují i studie o tom, že pokud bude tavicí proces příliš dlouhý, může dojít k intenzivnímu vytváření interakcí v proteinové matici, a to může vést až k poklesu viskozity. Tento jev je nazván jako překrémování [8, 10].

Přítomnost tuku může podstatně ovlivnit výše zmíněné procesy, zejména konzistenci, ale jeho absence nezabrání samotnému procesu krémování. Vliv na konzistenci je vysvětlován jako schopnost mléčného tuku narušit kontinuitu a kompaktnost proteinové matrice. Podobná vlastnost je připisována i vodě [8, 10].

Podstatný vliv na strukturu a konzistenci má nejen obsah tuku, ale i velikost dispergovaných částic. Existuje celá řada faktorů, které ovlivňují velikost tukových kuliček. Nejdůležitějšími faktory jsou intenzita a doba míchání. Při zvýšení počtu otáček (při konstantní době a teplotě) dojde ke zmenšení průměru tukových kuliček, tedy ke zvýšení jejich počtu. Po určité době tavení dojde ke stabilizaci velikosti tukových kuliček. Tento okamžik stabilizace závisí na řadě faktorů, např. na intenzitě míchání a použitém teplotním režimu. Velikost tukových kuliček lze zmenšit i přidáním emulgátoru [8, 10].

Při tvorbě finální struktury jsou klíčovými procesy hydratace proteinů a emulgace tuků. Intenzita těchto procesů je podmíněna vlastnostmi použitých tavicích solí [8, 10].

Používají se tyto typy tavicích solí nebo jejich kombinace:

- citráty,
- fosfáty,
- polyfosfáty [10].



V praxi se používají soli s vícesytnými anionty, především fosfáty, polyfosfáty a citráty, s monovalentními alkalickými kovy, zejména sodíkem.

Tavicí soli jsou často označovány jako emulgátory, avšak v pravém slova smyslu o emulgátory jako povrchově aktivní látky nejde. V odborné literatuře se využívá pojmu emulgační činidlo [8, 11].

Tavicí soli musí splňovat tyto základní požadavky:

- výměna iontů – vazba vápenatých iontů,
- rozpustnost ve vodě,
- zdravotní nezávadnost,
- neutrální sensorické vlastnosti [10].

Je třeba je vhodně kombinovat, abychom dosáhli požadovaných vlastností taveného sýrového výrobku. Citrátové soli mají velmi dobrou pufovací a tavicí schopnost a používají se pro výrobky tuhé určené pro krájení nebo pro výrobky s lomem. Fosfátové soli vážou více vody a používají se pro roztíratelné, vysokotučné tavené výrobky a pro pomazánkové výrobky. Při použití polyfosfátů získáme výrobky středně tuhé konzistence. Tyto výrobky úplně blokují a váží vápník a mají stabilní strukturu. Kdežto výrobky vyrobené s citrátovými solemi při ochlazení uvolňují část vápníku a tím se mění konzistence produktu. Tavicí soli tvoří obvykle 2 – 3 % hmotnosti surovinové skladby [8, 10, 12].

### **Tavicí soli na bázi fosfátů**

Fosfáty jsou odvozeny od kyseliny trihydrogenfosforečné a obsahují skupinu  $(\text{PO}_4)^{3-}$ . Soli, které obsahují jednu skupinu  $(\text{PO}_4)^{3-}$  označujeme jako ortofosfáty. Za vysokých teplot může dojít ke kondenzaci hydroxylových skupin dvou různých ortofosfátů za vzniku polymeru. Polymerací se mohou účastnit i delší řetězce fosfátů, čímž vznikají polyfosfáty. Každá  $(\text{PO}_4)^{3-}$  skupina může sdílet až tři své atomy s třemi jinými skupinami  $(\text{PO}_4)^{3-}$ , a tím může docházet i ke vzniku třídimenzionálních struktur nebo uzavřených cyklů.

Fosfáty prostřednictvím úpravy podmínek v prostředí, jako je změna hodnoty pH, iontové síly roztoku, odštěpení kationtů apod., podstatně ovlivňují zejména vlastnosti přítomných proteinů, jako je např. schopnost hydratace, bobtnání, tvorby gelu apod.

Fosfáty mají velmi důležitou vlastnost a tou je úprava hodnoty pH prostředí. Optimální hodnota pH pro roztíratelné tavené sýry se pohybuje v rozmezí od 5,6 do 6,0. Jednotlivé

fosfáty mají různé pH. Je potřeba pečlivě vybrat kombinaci fosfátů, která zajistí nejen konzistenci, ale i optimální pH produktu.

Některé fosfáty mají i tzv. pufrální schopnost, to znamená, že jsou schopny stabilizovat pH systému vůči okolním vlivům. Nejlepší schopnost stabilizovat pH mají ortofosfáty, protože s narůstající délkou lineárního řetězce klesá tato schopnost.

Dále mají schopnost odštěpovat monovalentní i polyvalentní kationty kovů z prostředí. Tato vlastnost je klíčová pro tavicí soli, protože díky ní je možné tavené výrobky vyrábět. Tato schopnost je ovlivněna celou řadou faktorů:

- konkrétním kationtem kovu – nižší schopnost vázat mají alkalické kovy ve srovnání s kovy alkalických zemin,
- teplotou – spolu s rostoucí teplotou, roste schopnost vázat kationty, což je významná vlastnost i z hlediska produkce tavených sýrů, protože se vyrábí při teplotách 90 – 100 °C,
- počet fosforečnanových jednotek v molekule – s rostoucím počtem atomů fosforu je pozorován nárůst afinity ke kationtům.

Další zajímavou a důležitou funkcí je schopnost fosfátů ovlivnit tvorbu gelu. Jednotlivé soli se však v této vlastnosti značně odlišují.

Během procesu tavení se projevuje i schopnost fosfátů zvýšit vaznost vody přítomných bílkovin. Vazbou dodatečné vody roste viskozita taveniny, a to vede k tzv. krémování. Schopnost fosfátů ovlivnit tvorbu gelu a zvýšit vaznost vody jsou klíčové při procesu utváření finální konzistence výrobku. Byly popsány i antimikrobní účinky fosfátů na činnost mikroorganismů.

Jako tavicí soli se používají především sodné soli fosfátů. Draselné soli se obvykle nepoužívají, protože mohou způsobit hořkou příchuť ve finálním výrobku [8, 13].

Dle Nařízení komise (EU) č. 1129/2011 jsou kyselina fosforečná, fosfáty a di-, tri- a polyfosfáty značeny kódy E 338 až E 452. Jejich celkové maximální povolené množství ve výrobku je 20 000 mg/l [14].

### **Tavicí soli na bázi citrátů**

Citráty jsou odvozené od trikarboxylové kyseliny citronové. Jsou užívány zejména citráty trojsodné, protože jak citrát monosodný, tak citrát disodný, způsobují silné okyselení směsi. Vzniklá emulze je velmi nestabilní a velmi snadno uvolňuje vodu.

Citráty mají nízkou afinitu k vápenatým iontům a malou schopnost zvýšit hydrataci proteinů i emulzi tuku v tavených sýrových výrobcích. Jsou považovány za látky, které se nezapojují

do zesíťování proteinové matrice. Pufrační schopnost je ale vysoká. Citráty jsou používány hlavně ve směsích s jinými tavicími solemi – zejména polyfosfáty a aplikují se především do blokových a plátkových tavených sýrů [8].

### 1.2.3 Výroba bez tradičních tavicích solí

V posledních letech se objevují studie o pokusech vyrobit tavený sýr, resp. analog bez použití tavicích solí na bázi fosfátů nebo citrátů. V jedné studii je popsán vliv přídatku částečně hydrolyzovaného kaseinu jako náhrady tavicí soli. Autoři dosáhli uspokojivých výsledků jen když nahradili tavicí soli jen částečně (do 50 %). Při úplné náhradě se výrazně zhoršila tavitelnost směsi a více se uvolňoval tuk do finálního výrobku. V další studii zkusili nahradit až 50 % tradičních tavicích solí monoacylglyceroly. Dále se aplikovaly některé hydrokoloidy, jako je např. modifikovaný škrob, lokustová guma, xanthanová guma a nízkomethylovaný pektin. S modifikovaným škrobem a lokustovou gumou dosáhli poměrně uspokojivých výsledků. V další studii se autoři zabývali přídatkem možností nahrazení tradiční tavicí soli aplikací pektinu či želírujících karagenanů. Ze studie vyplynulo, že v případě pektinu nebylo dosaženo tvorby homogenního výrobku. V případě karagenanů lze získat homogenní produkt i na úrovni mikroskopické [8].

### 1.2.4 Antimikrobní látky

Při výrobě se doporučuje použít také antimikrobiální přípravky na bázi nisinu. Jde o přírodní látku, která zabraňuje bakteriálnímu kažení tepelně ošetřených surovin a potravin s nízkým pH. Je získáván pěstováním *Streptococcus lactis*, který se běžně nachází v syrovém kravském mléce [10].

Pro dosažení koncentrace, která brání duření sýrů vlivem působení klostridií máselného kvašení je vhodné přidávat 1,5 – 2 % přípravku Nislaktin [10].

Dle Nařízení komise (EU) č. 1129/2011 nisinu náleží E-kód E 234 a jeho maximální povolené množství v produktu je 12,5 mg/l. V některých sýrech se vyskytuje přirozeně důsledkem fermentace [14].

### 1.2.5 Monoacylglyceroly

Estery glycerolu jsou z potravinářského hlediska velmi důležitou skupinou lipidů. Podle počtu vázaných mastných kyselin se rozlišují triacylglyceroly, diacylglyceroly a monoacylglyceroly. Triacylglyceroly slouží v rostlinných i živočišných organismech jako

rezervní zdroj energie a jsou součástí výživy člověka. V praxi se využívají parciální estery glycerolů pro jejich emulgační schopnost.

Z výsledků aplikace vybraných 1-monoacylglycerolů v množství 0,25 % do matrice tavených sýrů vyplynulo, že s rostoucím počtem uhlíků v esterově vázané mastné kyselině 1-monoacylglycerolu narůstá tuhost produktu a klesá jejich roztíratelnost. V některých studiích bylo prokázáno, že při aplikaci sloučenin, které zvyšují intenzitu emulgace tuku, roste za jinak stejných podmínek i tuhost taveného sýra. Z praktického hlediska lze doporučit využití přídavku 1-monoacylglycerolů s vyšším počtem uhlíků v esterově vázané mastné kyselině [8].

### 1.2.6 Technologický postup výroby

V současné době je možné tavené sýrové výrobky vyrábět diskontinuálně či kontinuálně, přičemž v zemích střední Evropy je stále rozšířenější způsob diskontinuální [8].

Výrobu diskontinuálním způsobem lze shrnout do těchto fází:

- 1) Příprava směsi určené k tavení,
- 2) určení složení tavicích solí,
- 3) vlastní proces tavení,
- 4) balení, chlazení, skladování a expedice [8].

### Přípravné práce

Přírodní sýry určené pro výrobu se třídí podle výrobních partií, kvality a stupně prozrání. Mechanicky se očistí a případná poškozená místa se odstraní. Na odstranění tvrdých míst z povrchu kůry se používá speciální stroj. Ztráty, které vznikají v průběhu v průběhu čištění a oškrabování se pohybují kolem 5 – 6 %. Čištění se provádí v oddělené místnosti. Velké bochníky a bloky sýrů se krájí na menší kusy, a to buď ručně, nebo strojně na řezačkách.

Dále je nutné sýry rozdrobit a důkladně rozemlít na válkách. Je tím dosaženo zkrácení doby tavení a je tím zaručeno, že vyrobený sýr je prost všech hrubých kousků. Takto připravený sýr se uchovává v nádržích a odtud se pak dle předepsaného receptu navažuje do nádob pro jednotlivé dávky k tavení v kotli tavičky. Tavičky, které mají spojené máchací a krájecí zařízení, značně zjednodušují přípravu surovin.

Rozemletou surovinu je nutné zpracovat ještě v tentýž den, protože při rozemletí dochází ke zvětšení povrchu, a tím pádem velmi snadno podléhá zkáze.

Při výrobě některých tavených sýrů se využívá tzv. předtavení, které může ovlivnit reologické vlastnosti taveniny a tím i konzistenci taveného sýra. Předtavením je možné regulovat tavicí proces, ovlivnit strukturu a konzistenci [10].

### **Vlastní tavení**

Podstatou tavení je přeměna suroviny v tavený sýrový výrobek a v jeho průběhu dochází ke koloidním a disperzním změnám v sýrové hmotě. Zvyšuje se obsah rozpustného dusíku, což má za následek tvorbu rozpustných sloučenin kaseinu s tavicí solí.

Účelem tavení je působením tepla, tavicích solí a intenzivního míchání spojit suroviny s vodou a přídavnými látkami a vytvořit tímto spojením homogenní konzistenci. Na průběh tavení má vliv kvalita suroviny, stupeň zralosti sýrů, jejich pH, pufrací kapacita, teplota, doba záhřevu, složení a kvalita tavicích solí.

K tavení se používají tavicí zařízení (tavičky), většinou periodicky pracující. V současnosti hlavně dvoukotlové vakuové tavicí soupravy. V jednom kotli dochází k tavení a druhý se mezitím vyprazdňuje a připravuje na další tavení. Dále se tavenina může zpracovávat v homogenizátorech, čímž se zvyšuje lesk, zjemňuje chuť, zastírá se tím nepříznivá chuť sýrů, podporuje se roztíratelnost a zlepšuje se rozdělení tuků.

Po naplnění kotlů příslušnými surovinami, tavicími solemi a vodou se kotel tavičky uzavře víkem a za stálého míchání se jeho obsah zahřívá. Rychlost otáček se pohybuje od 60 do 140 ot./min. Při nižších otáčkách a kratší době tavení, pokud chceme dosáhnout tuhé taveniny. Pokud chceme naopak dosáhnout měkké konzistence, tavení probíhá při vyšší počtu otáček a po delší čas. Tavení probíhá za nízkého tlaku v rozmezí hodnot 0,04 – 0,05 MPa. Tavicí teploty 85 °C by mělo být dosaženo co nejrychleji. Tato teplota je udržována 5 min, během kterých se obsah kotle mění na hustý roztok.

Celková doba tavení, od počátku ohřívání, až po dobu vylévání je zhruba 10 – 15 minut. Liší se dle typu vyráběného sýra [10].

### **Formování a balení**

Horká tekutá tavenina je vypuštěna z kotle a dopravována čerpadlem do formovacího automatu. Dále putuje do balících strojů, kde je horká tavenina plněna do hliníkových obalů a obsah je hermeticky uzavřen. Hliníková folie s impregnací ze svařitelného plastu se jeví jako nejvhodnější obal. Mohou být, ale také baleny do folie z plastu, do kelímku, do tuby, hliníkových kapslí, salámových střívek s elipsovými uzávěry, do plechovek apod. Dále jsou

výrobky opatřeny etiketou. Teplota produktu by před balením neměla klesnout pod 65 – 70 °C [10].

Tavené sýry a tavené sýrové výrobky se balí do zdravotně nezávadných a funkčních obalů, které musí být schváleny hlavním hygienikem České republiky [6].

Balení musí splňovat určité základní požadavky. Za prvé musí chránit produkt před škodlivými vlivy okolí během skladování a distribuce a za druhé, dodávat jim atraktivní vzhled. Další funkce se týká atraktivního vzhledu, a je to tzv. komunikační funkce, kam patří např. upoutání pozornosti na značku či informování zákazníka. Obal by měl mít např. zajímavou barvu či neobvyklé tvary. V hodnocení obalů dle atraktivnosti bylo dle studie zveřejněné v Mlékárenských listech uvedeno, že obaly, které se v rámci zkoumaných produktů výrazně odlišovaly a byly graficky dobře zpracované, vyvolávaly více pozornosti [10, 15].

Tavené sýrové omáčky se pro spotřebitele balí např. do sklenic či plastových lahví.

### **Chlazení**

Zabaleny výrobek je třeba zchladit. Tímto opatřením jsou inhibovány kontaminující mikroorganismy a je snížena aktivita enzymů. Rozvoj psychotrofní mikroflóry ovšem potlačen není.

Chlazení probíhá při teplotě nad 25 °C. Vzhledem k tomu, že čím pomaleji se výrobek chladí, tím má tužší konzistenci, tavené sýrové omáčky se chladí rychle.

Ve větších tavárnách se výrobky uloží na dopravník a prochází 30 až 60 minut chladícím tunelem o teplotách 25 – 30 °C. Pokud se výrobek ochladí opožděně bude mít řídkou krémovitou konzistenci. Výstupní teplota by měla být 20 – 24 °C [10].

### **Skladování**

Tavené sýrové výrobky se skladují, přepravují a uvádí do oběhu při teplotě od 4 °C do 8 °C. Nikdy by neměly být zmrazeny, protože by došlo ke změně jejich konzistence [6, 10].

Trvanlivost tavených sýrů se v průměru pohybuje kolem 10 měsíců, s tím, že když mají vyšší vlhkost, je jejich trvanlivost kratší. Sýrová omáčka je systém, který má vysoký obsah vlhkosti a vysokou vodní aktivitu, a z toho lze usuzovat, že tavené sýrové omáčky mají nižší trvanlivost ve srovnání s podobným výrobkem, taveným sýrem [10, 16].

### 1.2.7 Fyzikálně-chemické požadavky

Tavené sýry včetně tavených sýrových výrobků určených pro přímou spotřebu musí být označeny na obalu obsahem tuku v sušině v % a/nebo obsahem tuku v % a obsahem sušiny v % [6].

## 1.3 Příklad výroby tavené sýrové omáčky

Nejdříve byly sýrové bloky nakrájeny na menší porce, vhodné pro porcování do strojního zařízení. Rozdrcený sýr byl mlet v mlecím stroji. Dále byla postupně přidána vhodná množství sýrů, různých zdrojů bílkovin, sušeného odstředěného mléka, másla, NaCl, nisinu, stabilizačního systému a tavicí soli. Tavicí soli jsou charakterizovány jako klíčová ingredience během produkce tavených sýrů, a to z několika důvodů, jako jsou např. úprava a stabilizace pH, rozptýlení kaseinů, emulgace volných tuků a podíl na formaci finální struktury. Kontrolní ošetření bylo upraveno tak, aby bylo složení stejné, kromě zdrojů proteinů. Složky byly před zpracováním smíchány a dále byla směs vařena po dobu 10 minut při 85 až 90 °C za použití nepřímé zahřáté páry při tlaku 1,5 až 2,0 kg/cm<sup>2</sup>. Roztavená tavená sýrová omáčka se naplnila do sklenic a uzavřela ihned po naplnění. Výsledné sýrové omáčky byly před skladováním ochlazeny na teplotu místnosti [14, 17].

## 2 VLASTNOSTI SÓJOVÝCH BÍLKOVIN V POTRAVINÁŘSTVÍ

Sójový bob obsahuje asi 48 – 50 % bílkovin a mezi bílkoviny převládají zásobní proteiny. Globuliny 7S a 11S jsou dva zásobní proteiny, které tvoří 80 % celkového obsahu bílkovin v sóji. Dále se v sóji vyskytují globuliny 2S, 9S a 15S. Kromě globulinů doplňují obsah proteinů také enzymy, inhibitory proteáz, lektin a další.

Pro charakterizaci sójových proteinů existují různé metody. Tyto metody zahrnují nejprve izolaci proteinů ze sójových komerčních produktů a použití analytických technik pro stanovení proteinů.

Sójové proteiny mohou interagovat s dalšími sójovými složkami, jako jsou minerály, kyselina fytová, kyselina askorbová a vláknina. Tyto interakce závisí na zpracování a úpravě sóji a mohou snížit biologickou dostupnost minerálů a proteinů.

Mezi hlavní funkční vlastnosti sóji patří rozpustnost, viskozita a schopnost tvořit gel, emulzi nebo pěnu. Tyto vlastnosti jsou odpovědné za široké využití sóji v průmyslových procesech.

Sójové proteiny se používají v mnoha potravinách. Mezi tradiční jídla na bázi sóji patří sójový nápoj, tofu a sójová omáčka. Do potravin, které se zpracovávají se využívají izoláty sójových bílkovin, např. k výrobě analogů masa, mražených dezertů, nápojů, polévek a omáček, polév a pekárenských výrobků [18, 19].

### 2.1 Charakteristika sójových bílkovin

Mezi hlavními sójovými bílkovinami jsou  $\beta$ -conglycinin a glycinin, které tvoří asi kolem 37 %, respektive 30 % celkového obsahu bílkovin v sóji.

$\beta$ -Conglycinin má izoelektrický bod 4,9 a jeho molekulová hmotnost se pohybuje mezi 150 a 200 kD a má velmi nízký obsah aminokyselinových zbytků, které obsahují tryptofan a aminokyselinové zbytky, které obsahují síru. Jedná se o globulární protein, který je tvořen zejména  $\alpha$ ,  $\alpha'$  a  $\beta$  strukturami. Tyto struktury mohou být spojeny v různých kombinacích za vzniku trimeru stabilizovaného vodíkovými vazbami a hydrofobními interakcemi. Na stabilizaci se nepodílí disulfidické vazby.

Na druhé straně, globulární protein glycinin je hexamerem o molekulové hmotnosti 300 – 380 kDa a jeho izoelektrický bod je 4,6. Kvartérní struktura je tvořena šesti hydrofobními podjednotkami a je stabilizována hydrofobními a elektrostatickými interakcemi. Obecně lze říct, že každá podjednotka vykazuje jeden kyselý řetězec a jeden



základní řetězec a tyto řetězce jsou dohromady spojeny disulfidickým můstkem. Glycinin má kompaktní strukturu a jeho mezifázová aktivita je nižší než aktivita  $\beta$ -conglycininu, protože obsahuje právě disulfidické můstky.

Denaturační teploty jak  $\beta$ -conglycininu, tak i glycininu se při neutrálním pH obecně uvádí mezi 68 až 79,4 °C a 88 až 96,4 °C.  $\beta$ -Conglycinin vytváří rozpustné a nekompaktní agregáty, zatímco glycinin má tendenci tvořit husté a nerozpustné agregáty. Pokud se navýší podíl  $\beta$ -conglycininu ve směsi, omezí se růst agregátů [20].

## 2.2 Produkty ze sójových bobů

Potraviny vyrobené ze sójových bobů mohou být rozděleny do čtyř tříd, jmenovitě sójové složky, tradiční sójové produkty, druhá generace sójových potravin, a potraviny, kde je sója použita jako funkční složka. Tradiční sójové produkty zahrnují sójový nápoj („sojové mléko“), tofu, tempeh, natto, miso a sójovou omáčku. Potraviny, ve kterých je sója použita jako funkční ingredience zahrnují pečené produkty, kde je přidána sójová mouka. Sójové ingredience jsou zpracované proteinové produkty ze sójových bobů jako jsou např. sójová mouka, sójový koncentrát, sójový izolát, texturovaný rostlinný sójový protein a hydrolyzovaný sójový protein [21].

Sójové bílkovinné produkty se používají hlavně jako přísady do potravin, které se zpracovávají, a veřejnost je málokdy vidí. Skládají se ze čtyř širokých kategorií. Nejprve bude charakterizována první kategorie. Většina sójových bílkovin je získávána z „bílých vloček“ vyrobených loupáním, odlupováním a odtučňováním sójových bobů extrakcí hexanem. Dále mohou být mlety na odtučněnou mouku nebo krupici obsahující kolem 50 % proteinu. Koncentráty sójových bílkovin obsahující 65 – 70 % bílkovin se získávají extrakcí ethanolem, který slouží k odstranění aromatických látek a cukrů. Alkalickou extrakcí proteinu a následným odstraněním vlákniny odstředěním a opětovným vyrážením a sušením proteinu se získává izolát sójového proteinu obsahující 90 a více % proteinu. Druhou skupinou jsou plnotučné výrobky, které se vyrábějí v enzymově aktivních formách. Třetí skupina je tvořena různými sušenými sójovými jídly, včetně sójového nápoje a tofu. Ve čtvrté kategorii jsou směsi sójových bílkovin s obilovinami, sušeným mlékem nebo vaječnými frakcemi, želatinou, stabilizátory a emulgátory, které jsou nabízeny pro specifické aplikace například při pečení či šlehání. Texturované výrobky připomínající kousky masa nebo kousky slaniny se vyrábějí vytlačováním mouky a koncentrátů nebo zvlákněním izolátů. Složky sójových bílkovin se používají ve složených potravinách pro jejich funkční

vlastnosti, včetně absorpce vody a tuku, emulgace, šlehání a zahřívání a pro zvýšení celkového obsahu bílkovin a zlepšení profilu esenciálních aminokyselin. Protein sójových bobů je v moderním potravinářském průmyslu široce používán jako funkční a výživná složka [21, 22, 23].

### 2.2.1 Sójový bílkovinný koncentrát

Sójový bílkovinný koncentrát (SPC), který obsahuje až 70 % proteinů, je protein, který se získává extrakcí cukrů, rozpustných látek cukerného původu, minerálních látek a dalších minoritních látek. Hlavním cílem při produkci SPC je odstranění silných aromatických látek a nadýmavých cukrů. Zároveň je zvyšován obsah proteinů a dietní vlákniny. Mohou být použity tyto tři procesy. První spočívá v zahřívání vloček, při kterém dojde k denaturaci proteinů a stanou se nerozpustnými ve vodě před extrakcí. Bohužel takto proteiny ztrácí většinu funkčních vlastností, proto se už tento způsob nepoužívá. Dalším způsobem je extrakce s vodou o izoelektrickém pH, kde sójové proteiny mají nejnižší rozpustnost. Neutrální pH je obnoveno po extrakci neutralizací a funkční vlastnosti proteinů jsou obnoveny. Takto získané SPC se obvykle využívají pro přípravu emulzí. Třetí možností je extrakce s vodným roztokem ethanolu pro extrakci oligosacharidů. Tato metoda je nejvíce populární, protože rozdíly v chuti jsou nevýrazné a nutričně jsou SPC nejvíce atraktivní. Tento proces je založený na nevratné alkoholové denaturaci proteinů [21].

### 2.2.2 Sójový proteinový izolát

V roce 1938 Allan K. Smith a Sidney J. Circle z U.S. Regional Soybean Industrial Products Laboratory napsali dva články ve vědeckých časopisech o detailech produkce sójových bílkovinných izolátů. První komerčně známá sójová bílkovinná ingredience (sójový proteinový izolát) byl v roce 1939 Albusoy, enzymově modifikovaný izolovaný sójový protein užívaný jako šlehací agent nahrazující vaječný bílek. V roce 2001 byla celosvětová produkce sójového proteinového izolátu kolem 220 tisíc tun [24].

Izoláty bílkovin ze sójových bobů (SPI) jako vedlejší produkty výroby sójového oleje jsou dobře známé svou vysokou nutriční hodnotou a jsou běžně používanými funkčními složkami ve formulaci potravin. Jde o nejrafinovanější proteinový produkt ze sójových bobů, který obsahuje více než 85 % obsahu bílkovin bez vlhkosti. Podle jiného zdroje obsahuje SPI  $\geq 90$  % proteinu. Je hojně dostupný, levný a snadno modifikovatelný. Vhodnými modifikacemi např. enzymatickou hydrolýzou SPI je možné zlepšit a rozšířit funkční

vlastnosti SPI. Tyto hydrolyzáty mají i funkční vlastnosti, jako je např. i antioxidační aktivita. Sójový izolát má dobrou schopnost tvorby filmu, proto byly sójové proteiny rozsáhle studovány pro aplikace potahování potravin. Dále mohou být izoláty sójových bílkovin použity pro výrobu nízkotučných tavených sýrů s vysokým obsahem bílkovin pro děti a pro dietní výživu [22, 25, 26].

### 2.2.3 Hydrolyzát sójového proteinu

Hydrolyzáty sójového proteinu se vyrábějí ze sójových proteinů metodami hydrolýzy a tepelného ošetření, nebo biologickými procesy. Vyrobený hydrolyzát má různé vlastnosti v závislosti na tom, kterou metodou byl vyroben. Hydrolýza proteinů může zlepšit rozpustnost a vést k tvorbě bioaktivních peptidů. Hydrolyzáty sójových bílkovin jsou důležité v potravinářském průmyslu pro jejich funkce, jako je gelovatění, emulgace a zadržování vody.

Proteinový hydrolyzát je produktem hydrolýzy bílkovin. Tyto proteinové hydrolyzáty byly připraveny z mnoha zdrojů jako jsou např. fazole, pšenice, sója, krevety, ryby, sezam a některé potravinářské odpady. Proteinové hydrolyzáty přinášejí široké využití ve výživě lidí, kosmetice, farmaceutickém průmyslu a v dalších potravinářských odvětvích, aby se zlepšily organoleptické a funkční vlastnosti potravin. Existují biologické, fyzikální a chemické procesy, kterými lze hydrolyzovat proteiny [21].

### Chemická hydrolýza

Kyseliny a zásady jsou chemikálie, které mohou hydrolyzovat proteiny a po hydrolýze je lze oddělit.

Proces kyselé hydrolýzy zahrnuje tepelné nanášení do 110 °C po dobu delší než 20 hodin, ale maximálně 4 dny. Velmi důležitá je rychlost štěpení peptidových vazeb a volba kyseliny. Kyselina chlorovodíková se používá často, protože štěpí peptidové vazby rychleji než kyselina sírová, a to i při stejné koncentraci. Zbytková kyselina se pak odstraňuje odpařením. Pro zásaditou hydrolýzu se používá hydroxid sodný nebo hydroxid draselný. Proces zásadité hydrolýzy je označován jako zmýdelnění a je prováděn při 180 °C. Tyto silné zásady se používají k rozkladu nejen proteinů na aminokyseliny, ale také při štěpení dalších makromolekul, jako jsou uhlohydráty a lipidy.

Pro hydrolýzu bílkovin se k rozpuštění již zahřátého proteinu při 130 °C používají i jiné chemikálie, jako je sodík, vápník a draslík. Kyselá i alkalická hydrolýza jsou nákladově a časově efektivní v průmyslových aplikacích a jednoduchých operacích. Nevýhoda je, že tyto

silné chemikálie snižují nutriční vlastnosti potravinářských výrobků a jsou ekologicky nepřijatelné. Použití silných chemických látek mění vzhled, rozpustnost, chuť a biochemickou bezpečnost hydrolyzátů. Příkladem je tvorba chlorhydrinů při hydrolyze rostlinných bílkovin. Nyní se vědci a výrobci snaží používat bezpečné a mírné metody, jako je enzymatická hydrolyza, aby nahradily silnou hydrolyzu chemikáliemi [21].

### **Biologická hydrolyza**

Biologické metody lze rozdělit na fermentační, enzymatické a gastrointestinální trávicí procesy. Fermentační bakterie se po desetiletí používají převážně v asijských zemích k přípravě fermentovaných sójových potravin.

Hydrolyza enzymy nebo proteázami napomáhá při přípravě proteinových hydrolyzátů bez jakéhokoli chemického nebo fyzikálně vyvolaného závažného ošetření. Nutriční a funkční hodnota hydrolyzovaných produktů je zachována [21, 27].

### **Aplikace hydrolyzátů sójových bílkovin v potravinách**

Sójový protein je díky svým vlastnostem jediným rostlinným proteinem, který se používá ke gelovatení v případě tofu. Mnoho potravinářských výrobků má své texturní a senzorické vlastnosti díky svým gelovým složkám, což je ve většině případů trojrozměrná polymerní síť naplněná vodou. Sójová mouka a koncentráty jsou obvykle žádané pro tuto vlastnost, protože jsou během zahřívání měkčí a křehčí, zatímco sójové proteiny vedou k tvrdším gelům. Bylo zjištěno, že hydrolyzovaný sójový protein má gelovací schopnosti. Hydrolyzáty sójového proteinu s vysokým stupněm hydrolyzy tvoří gely s nižší pevností v důsledku zmenšení velikosti proteinových molekul. Po zahřátí na 95 °C hydrolyzáty snížili sílu gelu. V jiných studiích bylo pozorováno, že hydrolyzáty produkují vyšší gelovací sílu než nehydrolyzovaný sójový protein, ale s omezeným stupněm hydrolyzy. Dalším faktorem je účinek typu enzymu použitého k přípravě hydrolyzovaného sójového proteinu. Hydrolyzovaný sójový protein tedy může mít gelovací potenciál [21].

Gelace zde znamená vytvoření trojrozměrné síťové struktury prostřednictvím fyzikální a chemické interakce postupnou polymerací proteinových molekul nebo částic, což je důležitá funkční vlastnost proteinů sójových bobů. Proteiny tvoří gely různými způsoby, jedním z nich je tepelná gelace. Protein sójových bobů je denaturován tepelným rozložením původního polypeptidového řetězce, což způsobuje expozici aktivních skupin zabudovaných do globulárních molekul proteinu. Tento proces vede k podpoře zesílení a interakce mezi

molekulami proteinu. Z toho plyne, že mnoho proteinů může během tepelného zpracování tvořit gely. Gelovací vlastnosti proteinů ze sójových bobů lze zlepšit přidáním dalších gelujících činidel, jako jsou například polysacharidy.

Když proteiny a polysacharidy koexistují ve stejném systému, dochází k termické separaci v důsledku termodynamické nekompatibility mezi dvěma druhy biologických makromolekul. Proces formování gelů pro smíšené systémy proteinů a polysacharidů byl proto doprovázen výskytem dvou jevů: fázové separace a agregace způsobené tepelnou denaturací proteinu. Reologické vlastnosti, mikrostruktura a struktura textur smíšených gelových systémů byly ovlivněny strukturálními a fyzikálně-chemickými vlastnostmi molekul proteinů a polysacharidů, pH a iontovou silou v prostředí, teplotou a dobou tepelného zpracování [22, 28].

Rozpustnost sójových bílkovin je pravděpodobně nejvlivnější vlastnost v aplikacích v potravinářském průmyslu. Rostlinné proteiny mají obecně nízkou rozpustnost, ale po hydrolyze v určitém rozmezí pH se jejich rozpustnost zvyšuje. Rozpustnost intaktních sójových proteinů je nižší ve stejném izoelektrickém bodě, kde se zvyšuje rozpustnost hydrolyzátů. Při kyselém pH (3,0) nebo neutrálním může dojít ke snížení rozpustnosti. Po hydrolyze se rozpustnost proteinu zpočátku zvýšila a poté klesla při neutrálním až mírně zásaditém pH (7,0 – 8,0) [21].

Dále byly sójové proteiny zkoumány z hlediska pěnivosti. Pěny se obvykle používají v pivu, kávových směsích mléka, koláčích, pusinkách či v chlebu pro důležité texturní a strukturální role. Některé zprávy prokázaly zlepšenou stabilitu pěny po hydrolyze. Typ enzymu požitého při hydrolyze také ovlivňuje pěnivou vlastnost [21].

Držení tuku a vody pomáhá s texturními informacemi o šťavnatosti či pocitu v ústech. Hydrolyza sójového proteinu se jakožto schopnost zadržovat tuk podstatně zvyšuje pravděpodobně v důsledku častější přítomnosti hydrofobních skupin kvůli hydrolyze [21]. Mnoho zpracovaných výrobků, jako je např. majonéza se skládá z emulzí a proteiny se často používají ke stabilizaci těchto emulzí. Emulze jsou vyrobeny ze dvou vzájemně se nemísitelných fází a většinou jde o kombinace oleje a vody v potravinářských výrobcích. Emulgace umožňuje molekulám rychle se vázat na povrchy nově vytvořených kapiček, a tím omezit možnost mezifázového napětí. Hodnotícími kritérii pro stanovení emulgačních vlastností hydrolyzátů proteinů jsou index emulgační aktivity, kapacita emulze a stabilita

emulze. Index emulgační aktivity je míra celkové plochy rozhraní ( $m^2$ ) pro dané množství (g) proteinu v emulzi. Kapacita emulze je považována za objem oleje ve známém množství vody uvolněném ze vzorku. Proteinové hydrolyzáty slouží jako emulgované produkty (klobásy) a emulgační látky v potravinách (zálivky a pomazánky). Stabilita emulze do značné míry spoléhá na stabilitu olejových kapiček založenou na tvorbě filmu interakcemi peptidů. Rovnováha mezi těmito molekulárními procesy pomáhá určit emulgační vlastnosti [21].

Značného pokroku bylo dosaženo v oblasti hydrolyzy sójových bílkovin v potravinářském průmyslu. Hydrolyzáty sójových bílkovin vytvářejí zlepšené fyzikálně-chemické vlastnosti jako je např. rozpustnost, gelovatění, emulgace, schopnost tvořit pěnu, schopnost zadržovat tuk a vodu. V tomto ohledu zesilují reologické a tavicí vlastnosti potravin na bázi emulzí, jako jsou např. zmrzliny [21].

### 3 SÓJOVÉ BÍLKOVINY PŘI VÝROBĚ TAVENÝCH SÝRŮ

Látky, které mají schopnost ovlivnit strukturu a stabilitu potravinářských gelů, obvykle sacharidické nebo bílkovinné povahy, jsou nazvány jako hydrokoloidy. Jde o vysokomolekulární látky, které obvykle vykazují vysokou vaznost vody a také je většina schopná vytvářet za určitých podmínek uspořádané trojrozměrné struktury – gely. Schopnost tvorby gelu mají např. škrob, alginát,  $\kappa$ - a  $\iota$ -karagenan, agar či pektin. Hydrokoloidy často působí jako zahušťující prostředky, které zvyšují viskozitu systému, anebo jako látky stabilizující texturu finálních výrobků a zabraňují uvolňování vody během skladování či jako plnidla. Mezi využívané hydrokoloidy na bázi polysacharidů patří nativní i modifikované škroby různého biologického původu, karagenany, esterifikované pektiny, lokustová guma, arabská guma, algináty, agary apod. Mezi bílkovinné hydrokoloidy patří např. želatina, kasein a jeho soli, sérové bílkoviny či sójové bílkoviny. V průmyslové praxi se hydrokoloidy často používají ve směsích a mohou být extrahovány z rostlin, mořských řas, případně mohou být produkovány některými mikroorganismy. Hydrokoloidy mají široké uplatnění v různých oblastech potravinářského průmyslu [8, 29].

#### 3.1 Uplatnění hydrokoloidů při výrobě tavených sýrů

V oblasti mlékárenství patří hydrokoloidy k dnes již neodmyslitelným součástem surovinových skladeb řady výrobků. Svě využití mají tyto biopolymery např. při výrobě jogurtů, jogurtových nápojů, tvarohových krémů, dezertů, pudinků aj [8].

Pokud mají být hydrokoloidy přidány do surovinové skladby mlékárenských výrobků je třeba zohlednit skutečnost, že řada těchto biopolymerů je schopna reagovat s ostatními složkami. Zajímavé jsou zejména interakce mezi proteiny a polysacharidy. Konkrétní chování závisí na řadě faktorů, ze kterých je možné jmenovat např. charakter obou polymerů, jejich koncentrace a molekulová hmotnost, pH systému, přítomné funkční skupiny, výskyt a koncentrace iontů. Tyto interakce mohou být také ovlivněny předchozím zpracováním, např. intenzitou mechanického namáhání a tepelným ošetřením. Je nutné obezřetně volit nejen typ hydrokoloidu, ale také jeho koncentraci [8].

Tavené sýry, tavené sýrové pomazánky a jejich analogy patří k výrobkům, kde hydrokoloidy našly široké uplatnění. Využívají se již dlouho a obvykle v množství do 0,8 % w/w např. pro úpravu konzistence, zlepšení vazby vody, prevenci ulpívání výrobků na hliníkových obalech apod [8].

Při výrobě tavených sýrů se využívají hlavně ke stabilizaci struktury výrobků a ke zvyšování jejich pevnosti. Existují však rozdíly mezi jednotlivými hydrokoloidy a výslednou pevností tavených sýrů. Některé hydrokoloidy jsou schopny nahradit tavicí soli při výrobě krájitelných tavených sýrů [29].

Někteří producenti tavených sýrů, respektive jejich analogů směřují produkci k výrobě výrobků se sníženým obsahem tuku. Tyto sýry jsou i při sníženém obsahu sušiny a vhodné úpravě složení tavicích solí obvykle tuhé. Kromě hydrokoloidů se doporučuje použití emulgátorů pro tvorbu roztíratelné a hladké konzistence [8].

V současné době je velká pozornost věnována způsobům náhrady základních surovin pro výrobu tavených sýrů levnějšími zdroji na bázi rostlinných bílkovin a olejů. Pro stabilizaci těchto systémů a pro tvorbu vhodné konzistence jsou vhodné hydrokoloidy. Největší potenciál je v použití přírodních a modifikovaných škrobů. K dalším aplikacím hydrokoloidů v oblasti analogů patří náhrada tradičních tavicích solí na bázi fosfátů a citrátů. Sýry se jeví jako dobrá matrice pro začlenění rostlinných proteinů. Analogy sýrů, napodobeniny sýrů nebo zpracované sýrové potraviny získávají čím dál větší uznání u spotřebitelů, protože mají mnoho potenciálních přínosů [8, 30].

### **3.2 Sójové proteiny při výrobě tavených sýrových výrobků**

Z důvodu rostoucího zájmu spotřebitelů o zvláštní druh sýra si mohou zpracovatelé sýrů pomoci začleněním sóji do svých produktů. Sójové proteiny mohou být kombinovány s vařeným škrobovým produktem. K vytvoření mikrostruktur lze využít atraktivních či odpudivých reakcí mezi proteiny a polysacharidy. Dodávají potravinám nové texturní a smyslové vlastnosti. Kombinace právě proteinu a sacharidu poskytuje řadu vlastností emulzím, fyzikálně-chemickou stabilitu, stabilitu při skladování, strukturu a pocit v ústech [17].

Tavený sýr, který je široce dostupný v různých formách, se stal jedním z nejpobulárnějších prodejních sýrových produktů. Zvláště oblíbené jsou tyto výrobky u dětí. Proto by bylo žádoucí zvýšit nutriční hodnotu a/nebo zdravotní výhody zpracovaných sýrových výrobků, aniž by to mělo významný dopad na organoleptické vlastnosti produktu. Zdravotní přínosy sóji jsou už nějakou dobu známy. Po staletí jsou sójové boby primárním zdrojem bílkovin v asijských zemích a v posledních letech se v USA zvýšila popularita produktů na bázi sóji. S tendencí vedoucí ke snížení hladiny cholesterolu byly sójové boby v poslední době spojeny s možnou inhibicí rakovinných nebo nádorových buněk. Dále sójový protein



obsahuje aminokyselinový profil, který patří k neúplnějším z rostlinných zdrojů. Bylo vyvinuto značné úsilí začlenit sóju do široké škály potravin. Bylo by tedy žádoucí poskytnout produkt typu tavený sýr, který by obsahoval významné hladiny sójového proteinu při zachování chuti, struktury a charakteristik taveniny zpracovaného sýra. Existuje patent Processed cheese made with soy, který poskytuje organolepticky příjemné zpracované sýrové výrobky mající významné hladiny sójového proteinu [31].

Mléčné výrobky, jako je např. sýr jsou sice zdrojem nezbytných nutrientů, jako jsou proteiny, vápník, hořčík, draslík, riboflavin a vitamin B<sub>12</sub>, ale zároveň jsou to zdroje nasycených mastných kyselin, které jsou spojovány s vývojem chronických nemocí jako jsou například kardiovaskulární nemoci, srdeční selhání či obezita, a cholesterolu. Povědomí spotřebitelů o této problematice vede ke zvýšenému zájmu o nízkotučné produkty, včetně sýrů. Bohužel to s sebou nese i nevýhody. Odstranění tuku z kaseinové sítě vede k vytvoření kompaktnější kaseinové sítě, ze které se uvolňuje více vody a výsledné sýry jsou tuhé. K vyrovnání těchto změn lze použít tukové náhražky či tukové napodobeniny. Náhrady tuků jsou obecně makromolekuly na bázi lipidů, které připomínají tuky a oleje, jako jsou estery a polyestery sacharózy s mastnými kyselinami, estery mastných kyselin s uhlovodíky, různé emulgátory a strukturované lipidy. Obecně se jedná o náhražky na bázi sacharidů, což jsou modifikované škroby a hydrokoloidy, nebo makromolekuly na bázi proteinů, které napodobují organoleptické a fyzikální vlastnosti tuků obecně prostřednictvím vazby vody [30, 32, 33].

Výzvou pro tvůrce potravin je výroba levných, zdravých, vysoce výnosných, výživných a kvalitních produktů, které budou spotřebitelé preferovat. V dnešní době se zvyšuje poptávka o výrobky s nízkým obsahem tuku nebo bez tuku, se sníženým obsahem sodíku a cukru, bez laktózy, organických nebo obsahujících probiotické kultury, obohacené o živiny, vápník a bílkoviny. V mlékárenském průmyslu jsou sójový nápoj a sójové proteiny využívány jako levné náhražky mléka a mléčných proteinů. Sója obsahuje bílkoviny s dobrou rovnováhou aminokyselin a žádoucích mastných kyselin [34].

Sójový nápoj je levná, výživná mléčná náhražka, která se používána k výrobě sýrů a jejich analogů po celém světě. Jednou ze složek sóji jsou isoflavony, které mají prospěšné účinky na zdraví. Kvalita těchto sýrů bývá bohužel snížena, a to zejména chuť a struktura. V průběhu let vědci studovali, jak zlepšit vlastnosti tofu a pokusili se toho dosáhnout i smícháním s jinými druhy mléka [34].

### 3.3 Vývoj v oblasti tavených sýrových analogů

V západní potravinářské vědě začal zájem o výrobu analogů sýrů z rostlinných zdrojů zejména ze sójových bobů, v polovině šedesátých let [35].

Vysoké náklady způsobené hlavně kaseiny a kaseináty donutily producenty, aby začali částečně nebo úplně nahrazovat tyto mléčné proteiny. V minulosti se jako náhražky kaseinu používali rostlinné složky, jako jsou právě izoláty sójového proteinu, bavlníkový protein, arašídový protein, pšeničný lepek, rýžové proteiny, hydrokoloidy, škroby a jejich směsi.

Existuje řada patentů popisujících použití alternativ k nahrazení kaseinu a/nebo kaseinátů v sýrovém analogu [36].

Tofu a jeho analogy fungují jako funkční potraviny a to, že jsou např. tavené sýry vylepšeny přísadami sóji zvyšuje jejich hodnotu a přijímaní spotřebiteli [34].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit vliv přídatku sójových bílkovin na vybrané vlastnosti tavených sýrových omáček. Dále bylo stanoveno několik dílčích cílů:

- Vyrobit modelové vzorky tavených sýrů s tavicími solemi o obsahu sušiny 30 % (w/w) a obsahu tuku v sušině 66 % (w/w) s přídatkem sójového izolátu [o koncentraci 0,25 %; 0,50 %; 0,75 % a 1,00 % (w/w)],
- při výrobě modelových vzorků zachovávat totožné technologické parametry, tedy rychlost míchání 3000 otáček/min s přibližně stejnou délkou výdrže (1 minuta) tavicí teploty (90 °C),
- u vzorků provést základní chemickou analýzu (stanovení obsahu sušiny, hodnoty pH a stabilitu emulze) v rámci 7 denního skladování při chladírenské teplotě  $6 \pm 2$  °C,
- ve stejných časových intervalech provést také měření viskoelastických vlastností vzorků s využitím dynamické oscilační reometrie a texturní profilovou analýzu vzorků,
- vyhodnotit získané výsledky měření a popsat vliv přídatku sójových bílkovin na konzistenci tavených sýrových omáček a určit, jak se tavené sýrové omáčky mění s délkou skladování.

## 5 MATERIÁL A METODIKA

Byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrových omáček o obsahu sušiny 30 % (w/w) a tuku v sušině 66 % (w/w) s tavicími solemi a sójovým izolátem o koncentraci 0,25 %; 0,50 %; 0,75 % a 1,00 % (w/w). Modelové vzorky byly baleny, chlazeny a skladovány při chladírenské teplotě  $6 \pm 2$  °C. Dle časového harmonogramu skladování byly vzorky podrobeny 1. a 7. den skladování chemické, reologické a texturní profilové analýze.

### 5.1 Výroba modelových vzorků

Suroviny pro výrobu modelových vzorků byly naváženy dle námi zvolené receptury. Přírodní sýr byl nakrájen na menší kousky a rozmělněn pomocí rotačních nožů přístroje Stephan při 3000 otáčkách za minutu. Poté byly do přístroje nadávkovány ostatní suroviny, jmenovitě máslo, pitná voda, tavicí soli, sójový izolát a MAG/DAG. V dalším kroku došlo k zahřívání surovin a následně byla tavenina zahřáta až na teplotu 90 °C s výdrží 1 minutu a při otáčkách 3000 otáček za minutu. Vyrobena tavenina byla nalita do plastových kelímků a kelímky byly uzavřeny hliníkovou fólií a označeny. Dále byly vzorky vychlazeny při laboratorní teplotě a následně uchovány v chladícím zařízení při teplotě  $6 \pm 2$  °C do doby analýzy.

Byla vyrobena následující řada vzorků:

- kontrolní modelový vzorek taveného sýru bez přídavku sójového izolátu,
- modelový vzorek taveného sýru s 0,25 % w/w sójového izolátu v práškové formě,
- modelový vzorek taveného sýru s 0,50 % w/w sójového izolátu v práškové formě,
- modelový vzorek taveného sýru s 0,75 % w/w sójového izolátu v práškové formě,
- modelový vzorek taveného sýru s 1,00 % w/w sójového izolátu v práškové formě.

#### Surovinová skladba:

- Přírodní sýr – eidamská cihla (obsah sušiny 50 % (w/w), obsah tuku v sušině 30 % (w/w), výrobce AGRICOL s.r.o.),
- máslo (obsah sušiny 84 % (w/w), obsah tuku v sušině 82 % (w/w), výrobce Fude + Serrahn Milchprodukte GmbH & Co. KG, vyrobeno pro Kaufland),
- pitná voda,
- směs tavicích solí (jmenovitě  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ , POLY 68, o celkovém množství 2,30 %; výrobce Fosfa a.s., ČR),
- MAG/DAG (výrobce: Brenntag, ČR),

- sójový proteinový izolát hydrolyzovaný (výrobce: Nutristar s.r.o., ČR).

## 5.2 Použité přístroje a pomůcky

- Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Hameln, Německo)
- pH Spear Eutech – pH tester s pevnou vpichovou elektrodou (EUTECH INSTRUMENTS, Nizozemí)
- sušárna (Venticell, ČR)
- analytické váhy (Selva – váhy s.r.o., GR-200, Česká republika)
- centrifuga (Hettich EBA 21, Německo)
- TA.XT Plus, analyzátor textury (BioPro, Česká republika)
- dynamický oscilační reometr Rheostress 1 (Haake, Německo)
- běžné laboratorní pomůcky a sklo

## 5.3 Principy a postupy použitých analýz

### 5.3.1 Stanovení pH

Hodnota pH byla stanovena potenciometricky, což znamená, že byl měřen potenciál vzniklý na rozhraní dvou fází oddělených membránou měřící skleněné elektrody, ponořené do zkoumaného vzorku. Tento potenciál je snímán v porovnání s konstantním potenciálem referentní elektrody, nejčastěji kalomelové nebo argentchloridové [37].

Hodnota pH byla měřena vpichovým pH metrem v homogenizovaném vzorku při laboratorní teplotě  $22 \pm 1$  °C. Každý vzorek byl měřen šestkrát hned po sobě v odlišných místech vzorku, z důvodu možnosti vnesení odchylek, které by mohly mít vliv na pH při procesu výroby, skladování a manipulaci s modelovým vzorkem během provádění analýz. Výsledky hodnot pH jsou následně uváděny v intervalech.

### 5.3.2 Stanovení obsahu celkové sušiny

Stanovení obsahu celkové sušiny bylo stanoveno gravimetricky u všech vzorků dle postupu, který je uveden v normě ČSN EN ISO 5534:2005. Jako nasávací hmota byl použit u všech vzorků křemenný písek.

Do hliníkové misky s předem vysušeným (při teplotě  $102 \pm 2$  °C) a následně ochlazeným křemenným pískem a skleněnou tyčinkou na laboratorní teplotu, byly naváženy na

analytických vahách přibližně 3 g vzorku homogenní sýrové omáčky. Dále byly vzorky pečlivě promíchány za pomoci tyčinky s pískem a misky byly uloženy do sušárny, ve které byly sušeny po dobu 6 hodin při teplotě  $102 \pm 2$  °C do konstantního úbytku hmotnosti. Každý vzorek byl analyzován 3 krát [38, 39].

Výsledný obsah sušiny je uveden v hmotnostních procentech a byl vypočten pomocí následující rovnice:

$$S (\%) = \frac{m_1 - m_0}{m_v} \cdot 100 \quad (1)$$

kde:

$m_1$ ...hmotnost misky s pískem a vzorkem po sušení [g]

$m_0$ ...hmotnost misky s pískem [g]

$m_v$ ...navážka vzorku [g]

### 5.3.3 Stabilita emulze

Emulze je definována jako zvláštní typ disperze, kdy se jedná o kapalinu v kapalině a je třeba zvláštních podmínek pro udržení stability. Právě tavené sýrové omáčky patří mezi emulze typu olej ve vodě. Většina emulzí není sama o sobě stabilní a po určitém čase dochází k jejímu rozpadu, tzv. oddělení tukové a vodné fáze. Abychom rozpadu předešli volíme vhodnou stabilizaci emulze. V případě tavených sýrových omáček je emulze stabilizována vrstvou proteinů. Rozdělení hydrofilní a lipofilní fáze je při výrobě a/nebo skladování sýrových omáček nežádoucí [40, 41].

Stabilita emulze byla sledována na základě studie Nikzade *et al.* [42] Nejprve bylo do plastové zkumavky naváženo cca 5 g tavené sýrové omáčky  $F_0$  s přesností na 4 desetinná místa. Uzavřená zkumavka byla 20 min centrifugována při 6000 otáčkách za min. Dále byla ze zkumavky slita uvolněná vodná fáze a sediment ve zkumavce  $F_1$  byl zvážen. Rozdíl byl vyjádřen v %, tedy kolik % vodné fáze se oddělilo z tavené sýrové omáčky. Měření bylo prováděno za laboratorní teploty a pro každý vzorek 2 krát 1. a 7. den skladování.

$$ST (\%) = \left( \frac{F_1}{F_0} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

kde:

$F_1$ ...hmotnost navážky [g]

$F_0$ ...hmotnost sedimentu [g]

#### 5.3.4 Texturní profilová analýza

Texturní profilová analýza (TPA) je přístrojová metoda, kterou je simulováno žvýkání potravy. Touto metodou jsou určeny tzv. texturní parametry. Texturní parametry jsou ovlivněny celou řadou faktorů. V případě tavených sýrových omáček se jedná o obsah sušiny, obsah tuku v sušině, hodnotu pH, vlastnosti přírodního sýra a množství a druhy tavicích solí. Taktéž je textura ovlivněna procesem výroby a skladování [43].

Mezi primární texturní parametry patří křehkost, elasticita, soudržnost, přilnavost, tvrdost a plastičnost. Mezi sekundární parametry patří žvýkatelnost a gumovitost [44, 45].

##### 5.3.4.1 Primární parametry

**Tvrdost (Hardness)** je definována jako síla, která je potřebná pro dosažení deformace látky. Jde o maximální hodnotu píku síly během prvního penetračního cyklu. Z pohledu senzorkého jde o mechanickou texturní vlastnost vztahující se k síle potřebné k dosažení deformace nebo penetrace výrobku [44, 45, 46, 47].

**Lepivost (Adhesiveness)** lze definovat jako práci potřebnou k odstranění k vytažení sondy ze vzorku a jde o mechanickou vlastnost vztahující se hlavně k povrchovým vlastnostem látky. Tento parametr je ovlivněn hlavně množstvím a složením tavicích solí [44, 48, 49].

**Pružnost (Elasticity)** udává, do jaké míry se stlačená potravina vrátí do své původní velikosti, po pomnutí působící síly [45]. Ze senzorkého pohledu se jedná o mechanickou texturní vlastnost, která se vztahuje k rychlosti návratu deformovaného materiálu do původního stavu, po zrušení deformující síly [44].

##### 5.3.4.2 Sekundární parametry

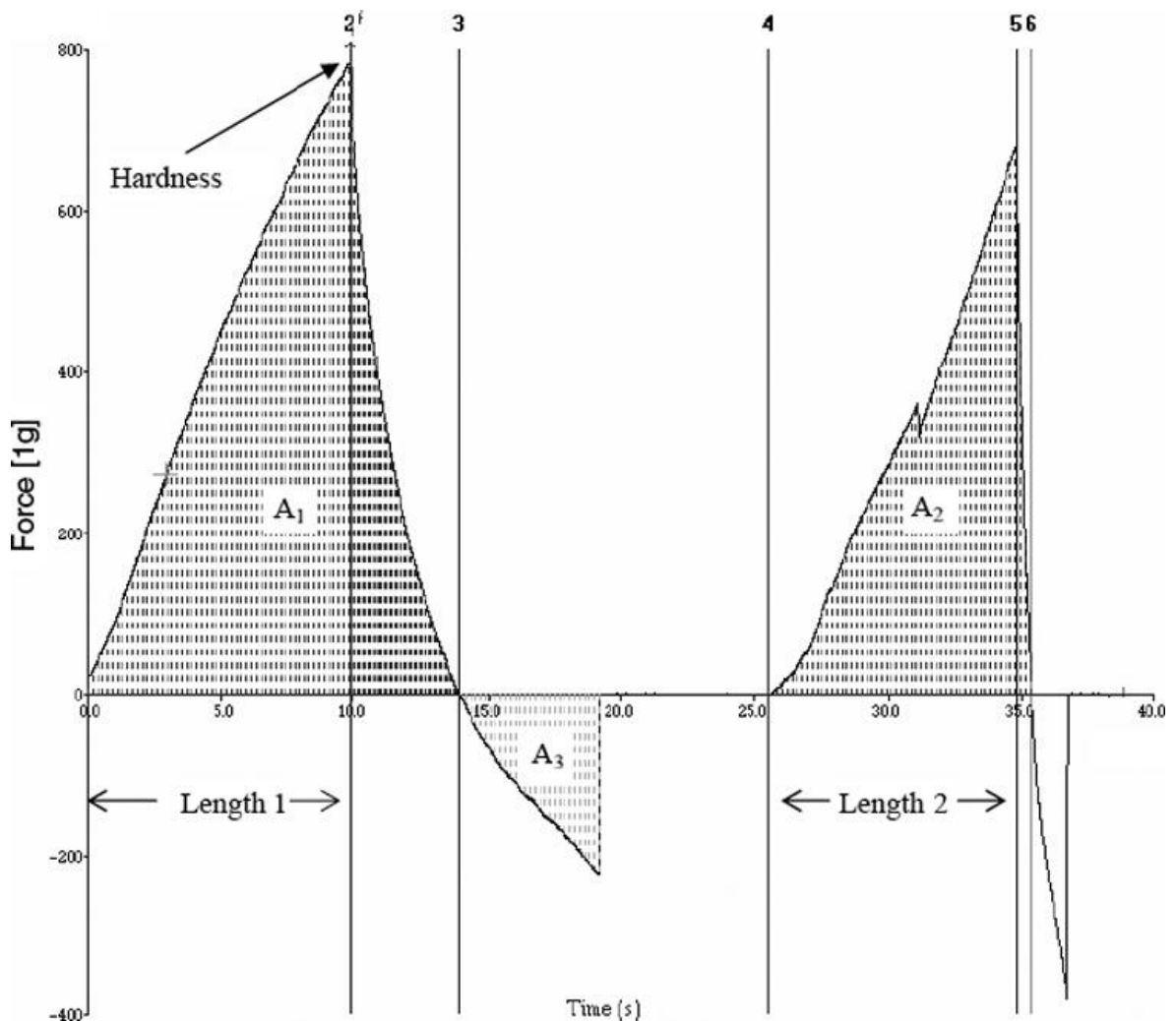
**Žvýkatelnost (Chewiness)** je energie potřebná k žvýkání tuhé stravy, dokud není připravena k polknutí. Jde o součin parametrů tvrdost, soudržnost a pružnost [50].

**Gumovitost (Gumminess)** je energie potřebná k rozrušení polotuhých potravin na stav vhodný pro polknutí. Do jisté míry se gumovitost vylučuje se žvýkatelností [45].

Texturní profilová analýza byla provedena za pomoci texturního analyzátoru TA.XT Plus. Vzorky byly podrobeny dvojnásobnému stlačení o 80 % pomocí 100 mm desky (rychlost sondy 1 mm/s, spouštěcí síla 5 g, sonda P20). Výsledkem analýzy je křivka vyjadřující sílu



potřebnou k deformaci potraviny za určitý čas. Níže je uveden příklad TPA křivky vysokotučného sýrového analogu (Obrázek 1). Měření bylo provedeno za pokojové teploty a pro každý vzorek 3 krát [51].



**Obrázek 1** Typická TPA křivka vysokotučného sýrového analogu (pružnost =  $\text{Length 2}/\text{Length 1}$ ; přilnavost =  $A_3$ ; soudržnost =  $A_2/A_1$ ; gumovitost = tvrdost  $\times$  soudržnost; žvýkatelnost = gumovitost  $\times$  pružnost) [52]

### 5.3.5 Dynamická oscilační reometrie

Tato metoda slouží k zjištění viskoelastických vlastností vzorků tavených sýrových omáček. V průběhu analýzy dochází k řízené deformaci vzorku a je sledováno chování při toku látek. Pozornost je zaměřována zejména na lineární viskoelastickou odezvu vzhledem k malému rozsahu oscilačních deformací. Viskoelasticitu popisuje elastický ( $G'$ ) a ztrátový ( $G''$ ) modul pružnosti. Elastický modul vyjadřuje míru elasticity a ztrátový míru viskozity vzorku.

Jejich poměrem je možné pomocí následujícího vztahu (3) vypočítat tangens úhlu fázového posunu:

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad (3)$$

Pro popis vzorků je dáno využíváno tzv. komplexního modulu pružnosti  $G^*$ . Je charakterizován jako celkový odpor vzorku proti deformaci a je spočten dle následujícího vztahu (4):

$$G^*(\omega) = \sqrt{G'(\omega)^2 + G''(\omega)^2} \quad (4)$$

Tato analýza byla provedena s použitím zařízení zvaného rotační viskozimetr Thermo Scientific HAAKE RheoStress 1 s geometrií deska – deska o průměru 35 mm, s výškou štěrbiny 1 mm. Před každým měřením byl viskozimetr vytemperován na teplotu  $20,0 \pm 0,1$  °C za pomoci vodní lázně. Na statickou desku přístroje bylo nanášeno požadované množství vzorku a oscilující deska byla spuštěna. Mezi deskami přístroje byla mezera 1 mm. Po 5 minutové relaxaci následovalo měření modulů při frekvenci v rozmezí 0,1 – 100 Hz. Měření probíhalo v oscilačním režimu s hodnotou amplitudy smykového napětí 20 Pa v oblasti lineární viskoelasticity modelových vzorků. Ze získaných hodnot elastického a ztrátového modulu pružnosti byl poté vypočítán tangens úhlu fázového posunu a komplexní modul pružnost, který byl spočten pro každý vzorek pro frekvence 0,1 Hz; 1 Hz; 10 Hz a 100 Hz [2, 53, 54, 55].

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 6.1 Hodnota pH

U každého modelového vzorku [30 % sušiny (w/w), 66 % tuku v sušině (w/w)] bylo provedeno měření hodnoty pH. Toto měření bylo provedeno 1. a 7. den po výrobě. V níže uvedené tabulce (Tabulka 2) jsou uvedeny výsledky měření provedené dle metody v kapitole 5.3.1. Rozsah hodnot pH pro první den skladování se pohybuje v intervalu od 5,83 do 5,97. Vzorky s přidavkem sójového izolátu mají nižší hodnotu pH než kontrola, do které nebyl sójový izolát přidán. Kontrola má hodnotu pH 5,97 a vzorky jsou v intervalu 5,83 až 5,90. Po 7 denním skladování byla hodnota pH změřena znovu. U všech vzorků, jak s přidavkem sójového izolátu, tak bez přidavku se hodnota pH snížila.

**Tabulka 2** Výsledky stanovení hodnoty pH vzorků

vzorek	1. den skladování	7. den skladování
<b>kontrola</b>	5,97 ± 0,01	5,95 ± 0,01
<b>SO 0,25</b>	5,88 ± 0,02	5,82 ± 0,01
<b>SO 0,50</b>	5,83 ± 0,03	5,78 ± 0,04
<b>SO 0,75</b>	5,87 ± 0,01	5,85 ± 0,04
<b>SO 1,00</b>	5,90 ± 0,02	5,76 ± 0,01

Obecně lze konstatovat, že rozsah pH taveniny je relativně nízký. U tavených sýrů vyrobených z přírodních zrajících sýrů se pohybuje v rozmezí mezi 5,5 až 6,0. U tavených sýrových omáček jakožto produktů s vyšším obsahem vody se pH bude pravděpodobně pohybovat kolem hodnoty 6,0. Autor Salek *et al.* [2] zkoumal vliv přidavku různých tavicích solí (TS) na vlastnosti vybraných vzorků tavených sýrových omáček a v jeho práci se u vzorků bez úpravy pH pohybovala hodnota v rozmezí 5,23 až 6,51 [10].

Z výsledků měření hodnot pH uvedených v Tabulce 2 lze konstatovat, že se hodnota pH modelových vzorků sýrových omáček po dobu 7 denního skladování pohybovala v rozmezí 5,76 – 5,97, což je v souladu s informacemi nalezenými v literatuře. Díky vyšší hodnotě pH dochází k nárůstu negativního náboje proteinů a jejich následnému odpuzování a tento jev se projevuje tekutou konzistencí, která je o toho typu produktu žádoucí [8, 56].

V průběhu 7 denního skladování dochází u kontrolního vzorku bez přidavku bílkoviny ke snížení pH, což je v souladu s autory Salek *et al.* [2] a Černíková [57], kteří uvádí, že skladováním dochází k mírnému snížení pH, řádově o 0,2 – 0,3 pH jednotek. Autor

Awad *et al.* [49] vysvětluje snížení pH v průběhu skladování rozkladem tavicích solí v produktu. Je nutné brát zřetel na to, že autoři se spíše zaměřovali na tavené sýry, které mají nižší hodnoty pH než tavené sýrové omáčky.

Z námi získaných hodnot lze pozorovat, že vzorky s přidavkem sójového izolátu měli mírně nižší hodnotu pH. Je možné, že proteinový izolát, který jsme do vzorků přidávali, byl vyroben alkalickou extrakcí a následným srážením kyselinou a měl tedy hodnotu pH kolem 4,5. Proto je možné, že hodnota pH o něco málo nižší [58].

## 6.2 Stanovení obsahu celkové sušiny

Obsah sušiny vyrobených vzorků sýrových omáček byl stanoven dle metodiky v kapitole 5.3.2. Z uvedených výsledků vyplývá, že se pohybuje v intervalu 31 až 34 % (w/w), což znamená, že je obsah sušiny mírně vyšší, než původně spočtených 30 % (w/w). Kontrola, tedy vzorek omáčky bez přidavku sójového izolátu má nejnižší obsah sušiny, a to 31,72 % (w/w). Vzorky s přidavkem sójové bílkoviny mají obsah sušiny vyšší úměrně přidavku bílkoviny. Vzorek s 0,25% přidavkem má obsah sušiny 33,47 % (w/w), což je vyšší než hodnota kontroly, jak se dalo očekávat. Vzorek, který obsahuje 0,50 % sójových bílkovin má obsah sušiny 33,57 % (w/w). Vzorek s 0,75% přidavkem sójového izolátu obsahuje 34,09 % sušiny a vzorek s 1,00 % sójových bílkovin má nejvyšší obsah sušiny, tedy 34,95 % (w/w). Je tedy zřejmé, že se zvyšujícím se přidavkem bílkovinného izolátu se zvyšuje obsah sušiny ve vzorcích.

Sušina vzorků byla v intervalu 31,72 – 34,95 g/100 g. Je nezbytná podobnost obsahu sušiny mezi jednotlivými vzorky, aby bylo možné jejich srovnání, protože obsah sušiny ovlivňuje jak reologické, tak texturní vlastnosti omáček [2, 59, 60, 61].

## 6.3 Stabilita emulze

U vzorků byla za pomoci centrifugy stanovena stabilita emulze dle metodiky popsané v kapitole 5.3.3. Analýza stability byla provedena 1. den skladování a 7. den skladování. V prvním dni skladování se hodnoty odděleného vodného podílu pohybovaly v rozmezí od 18,28 do 30,75 %. V 7. dni skladování byly hodnoty obecně nižší, tedy méně vodného podílu se oddělilo po odstředění, a byly v rozmezí 18,14 až 27,25 %. U většiny vzorků i kontroly se v 7. dni skladování snížilo množství oddělené vodné fáze oproti prvnímu dni. Přesné hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce (Tabulka 3).

Stabilita emulze významně ovlivňuje reologické a texturní vlastnosti, a to hlavně viskozitu. Ta je považována za jednu z významných fyzikálních vlastností výrobků a také ovlivňuje jejich senzorickou kvalitu, a tím i požadavky konzumentů [41, 62, 63].

**Tabulka 3** Výsledky stanovení stability emulze vzorků

vzorek	1. den skladování	7. den skladování
<b>kontrola</b>	30,75 %	27,25 %
<b>SO 0,25</b>	27,03 %	23,13 %
<b>SO 0,50</b>	24,07 %	22,67 %
<b>SO 0,75</b>	22,96 %	22,70 %
<b>SO 1,00</b>	18,28 %	18,14 %

Z výsledků je zřejmé, že stabilita tavených sýrových omáček roste úměrně se zvyšující se koncentrací přidaného sójového izolátu. Sójové bílkoviny se v imitacích mléčných produktů využívají pro jejich funkční vlastnosti, jako je emulgace či koloidní stabilita. Vzorky, které obsahovaly více sójové bílkoviny byly více stabilní. Dle Nikzade *et al.* [42] dochází k tomu, že se zvýší viskozita vodné fáze, zřejmě v důsledku přídavku hydrokoloidu a zpomalí se pohyb drobných kapiček, které by se oddělovaly z emulze [64].

Tavené sýrové omáčky, jak již bylo zmíněno v teoretické části, jsou emulze typu olej ve vodě a při jejich skladování může docházet k oddělení fází. Vzhledem k tomuto faktu byl proveden test stability emulze. Thanasukarn *et al.* [65] ve svém článku uvádí, že právě stabilita emulze významně ovlivňuje texturní a reologické vlastnosti, zejména viskozitu [41].

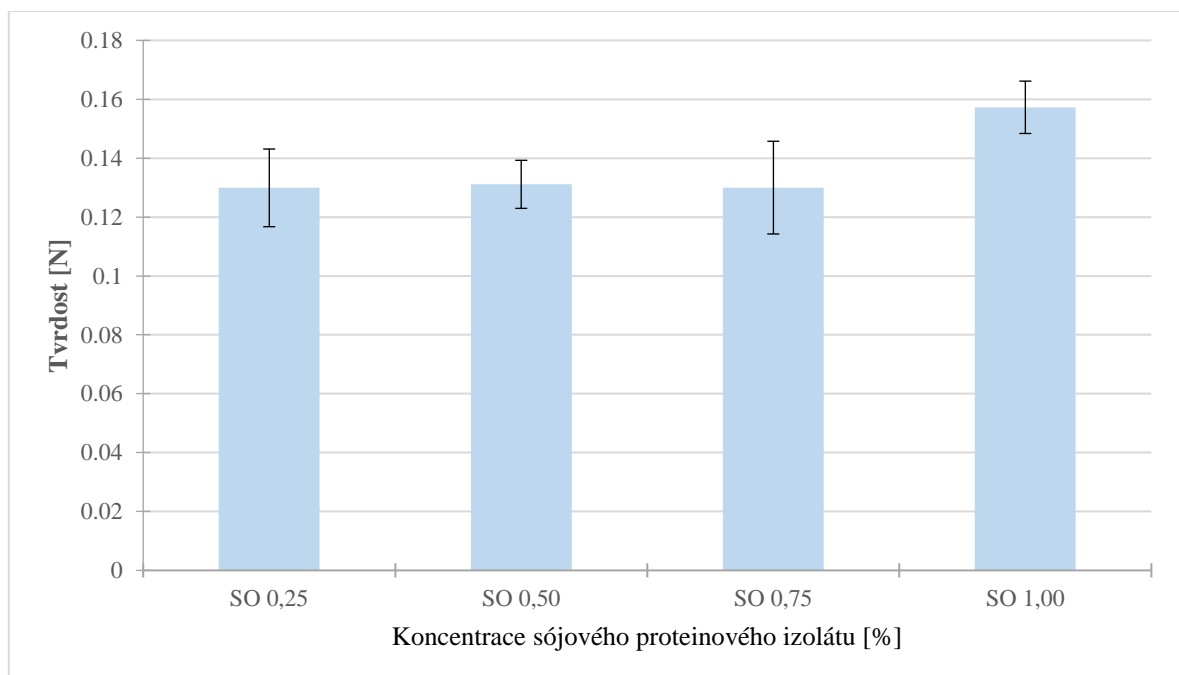
## 6.4 Texturní profilová analýza

Pomocí TPA metody popsané v kapitole 5.3.4 byly získány hodnoty jednotlivých texturních parametrů modelových vzorků tavených sýrových omáček s přídavkem sójového proteinového izolátu. Z primárních parametrů šlo o tvrdost, lepivost a pružnost, ze sekundárních o žvýkatelnost a gumovitost. Výsledky pro parametr tvrdost jsou uvedeny formou grafů (Obrázek 2 a 3). Je zde vidět trend rostoucí tvrdosti s rostoucím množstvím sójové bílkoviny ve vzorku. Výsledky ostatních parametrů jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 4). Tato analýza byla provedena 1. a 7. den skladování.

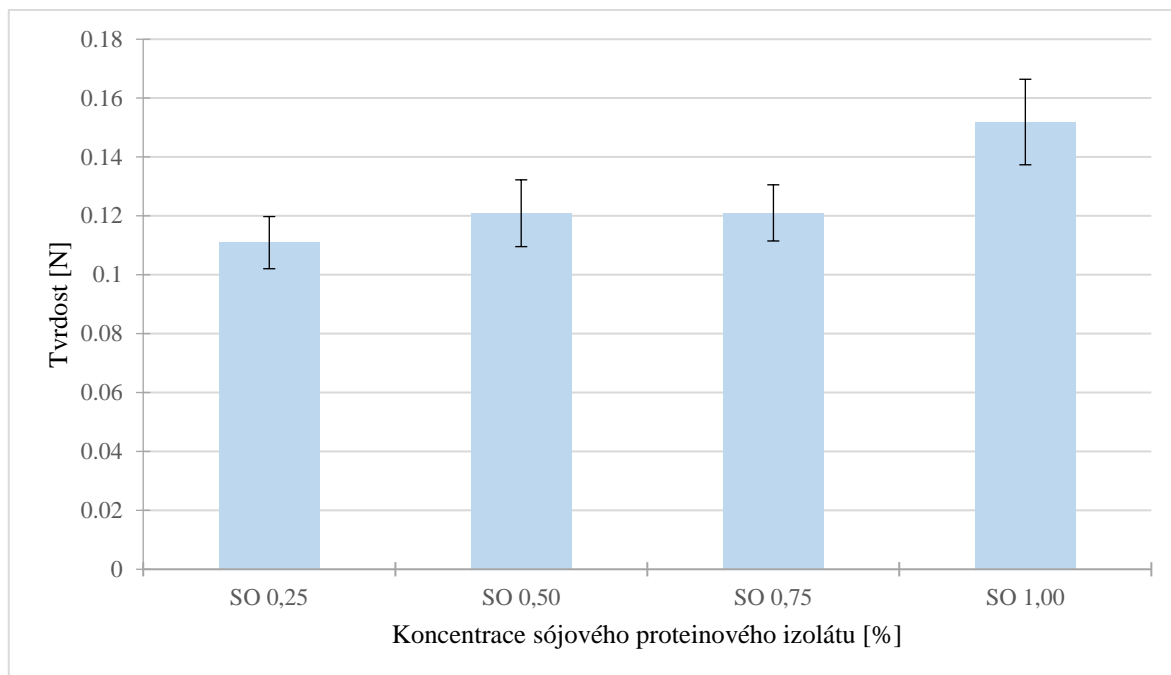
### 6.4.1 Tvrdost

Na základě výsledků tvrdosti je zřejmé, že se zvyšujícím se přidavkem sójové bílkoviny se zvyšovala i tvrdost vzorku sýrové omáčky. Přičemž nejvyšší pevnosti bylo dosaženo u vzorku s 1,00% přidavkem sójového izolátu a nejnižší pro vzorek s 0,25 % izolátu. Pro 0,50% a 0,75% přidavek sójové bílkoviny byly hodnoty zhruba stejné. Ve studii autora Childs *et al.* [66] je zmíněno, že textura sýrové omáčky je velmi důležitá. Struktura komerčních omáček může být upravována průmyslovými přísadami, které ovlivňují texturu, jako je xanthanová guma nebo jiné hydrokoloidy, kam bychom mohli zařadit i použité sójové bílkoviny. Tyto přísady pomáhají kontrolovat viskozitu, emulgovat, suspendovat částice či bránit separaci fází. Ve studiích autorů Nikzade *et al.* [42] a Nguyena *et al.* [67] docházelo ke zvyšování pevnosti vzorku při zvyšující se koncentraci hydrokoloidu, v jejich případě šlo o xanthanovou gumu. Děje se tak zřejmě proto, že pravděpodobně dochází k nárůstu viskozity u vzorků [3, 42].

Po 7 denní skladovací době došlo u všech vzorků ke snížení jejich tvrdosti. V článku autora Saleka *et al.* [2] byl zkoumán vliv přidavku různých ES na vlastnosti vybraných vzorků tavených sýrových omáček a bylo zjištěno, že u vzorků tavených sýrových omáček došlo ke zvýšení jejich tvrdosti v průběhu skladování. V případě přidavku sójových bílkovin je tomu naopak. Růst tvrdosti je vysvětlován možnou hydrolyzou tavicích solí v produktu. Je možné, že právě sójové bílkoviny zpomalují tento děj [68].



**Obrázek 2** Výsledky stanovení tvrdosti vzorků v 1. den skladování



**Obrázek 3** Výsledky stanovení tvrdosti vzorků v 7. den skladování

#### 6.4.2 Lepivost, elasticita, žvýkatelnost a gumovitost

V Tabulce 4 jsou uvedeny výsledky stanovení dalších parametrů, jako je lepivost, elasticita, žvýkatelnost a gumovitost. U těchto parametrů nebyl pozorován žádný trend.

**Tabulka 4** Výsledky stanovení vybraných texturních parametrů vzorků

vzorek	Relativní lepivost [-]	Elasticita [N]	Žvýkatelnost [N]	Gumovitost [N]
<b>1. den skladování</b>				
<b>SO 0,25</b>	0,125 ± 0,012	0,335 ± 0,008	0,527 ± 0,047	1,575 ± 0,013
<b>SO 0,50</b>	0,118 ± 0,015	0,331 ± 0,013	0,509 ± 0,046	1,538 ± 0,081
<b>SO 0,75</b>	0,113 ± 0,027	0,113 ± 0,007	0,168 ± 0,028	1,896 ± 0,087
<b>SO 1,00</b>	0,046 ± 0,014	0,067 ± 0,026	0,089 ± 0,003	1,311 ± 0,092
<b>7 den skladování</b>				
<b>SO 0,25</b>	0,073 ± 0,007	0,291 ± 0,009	0,371 ± 0,034	1,273 ± 0,079
<b>SO 0,50</b>	0,102 ± 0,003	0,307 ± 0,008	0,413 ± 0,020	1,342 ± 0,031
<b>SO 0,75</b>	0,068 ± 0,043	0,298 ± 0,007	0,387 ± 0,031	1,301 ± 0,084
<b>SO 1,00</b>	0,085 ± 0,010	0,285 ± 0,010	0,373 ± 0,026	1,310 ± 0,052

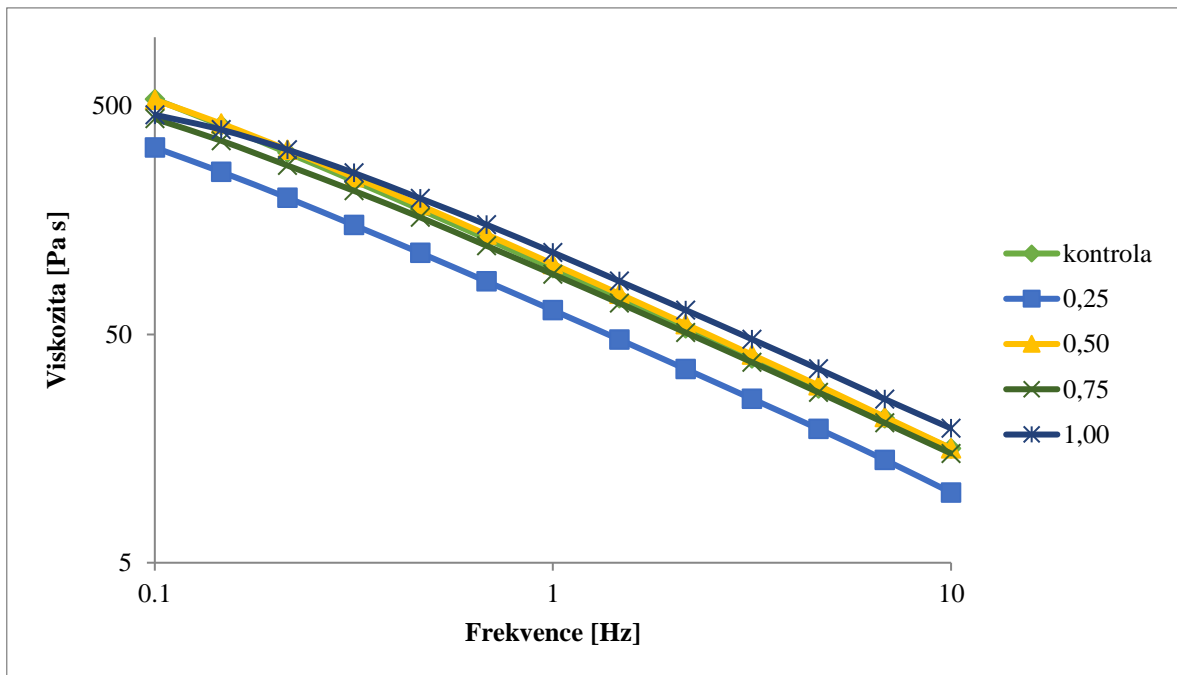
## 6.5 Dynamická oscilační reometrie

Viskoelastické vlastnosti vzorků byly pozorovány dynamickou oscilační reometrií. Tímto měřením byly získány hodnoty viskozity, elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti. Pro frekvence 0,1; 1,0; 10,0 a 100,0 Hz byl z elastického a ztrátového modulu vypočten komplexní modul pružnosti modelových vzorků tavených sýrových omáček a  $\tan(\delta)$ . Výsledky jednotlivých analýz byly zaneseny do grafů či tabulek. Analýza byla provedena 1. a 7. den skladování.

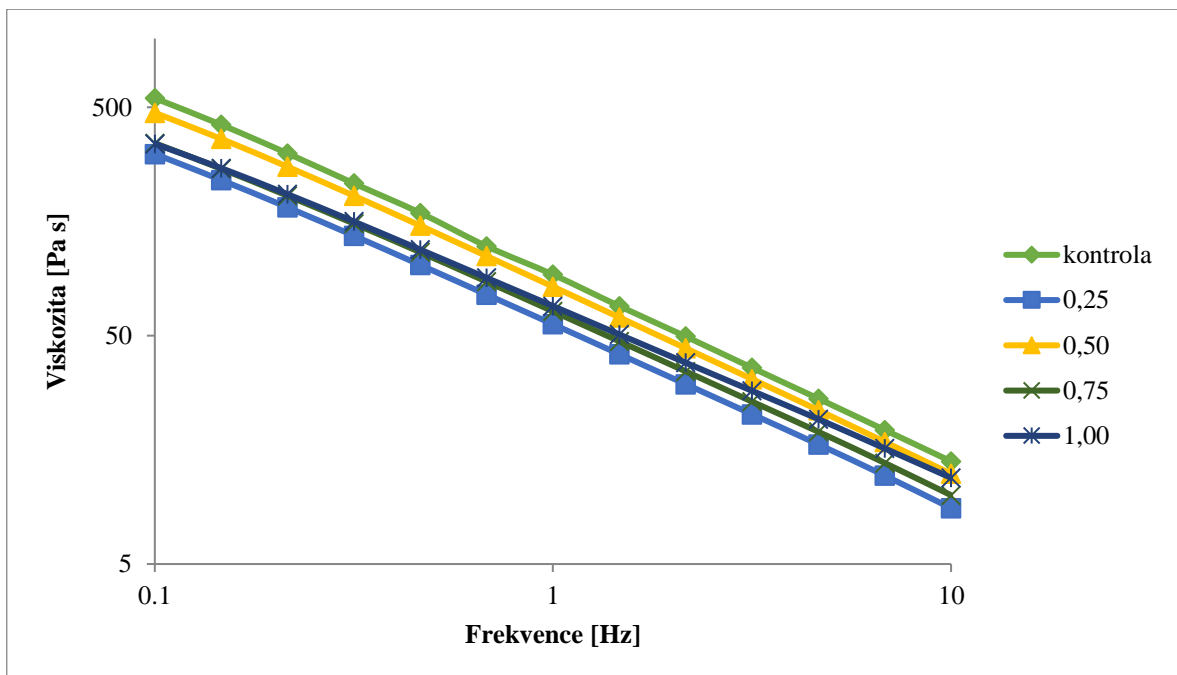
Na obrázku 4 a 5 jsou vyneseny viskozity všech vzorků analyzovaných 1. a 7. den skladování. Pro tavené sýrové omáčky je důležitým parametrem obsah sušiny. Obsah sušiny, respektive vlhkost produktu může významně ovlivnit nejen viskozitu, ale celkově reologické vlastnosti [69, 70]. Analýza provedená první den skladování ukazuje, že nejnižší viskozitu má vzorek s 0,25% přídavkem sójového proteinového izolátu a nejvyšší viskozitu má vzorek s 1,00% přídavkem. Vzorek kontroly, tedy bez přídavku sójového bílkovinného izolátu a vzorky s 0,50% a 0,75% přídavkem mají přibližně stejnou viskozitu, nejsou zde tedy tolik patrné rozdíly. Tento výsledek potvrzuje souvislost mezi reologickými vlastnosti, tedy viskozitou, a texturními vlastnostmi, tedy tvrdostí. V literatuře je možné dohledat, že vzorky s přídavkem hydrokoloidu vykazují vyšší viskozitu [41, 71]. Tento jev je možné pozorovat až u vzorku s 1% přídavkem sójového bílkovinného izolátu. Po 7 dnech skladování byla analýza provedena znova. U kontrolního vzorku jako u jediného došlo k velmi mírnému zvýšení viskozity. U ostatních vzorků, tedy u vzorků s přídavkem sójového proteinu došlo ke snížení viskozity systému po 7 denním skladování.

Na níže zobrazených obrázcích 4 – 9 jsou uvedeny výsledky měření viskozity, elastického modulu pružnosti a ztrátového modulu pružnosti na frekvenci. V tabulkách 5 a 6 jsou uvedeny vypočtené hodnoty komplexního modulu pružnosti  $G^*$  a tangens úhlu fázového posunu. Výsledky jsou zaznamenány pro 1. a 7. den skladování.



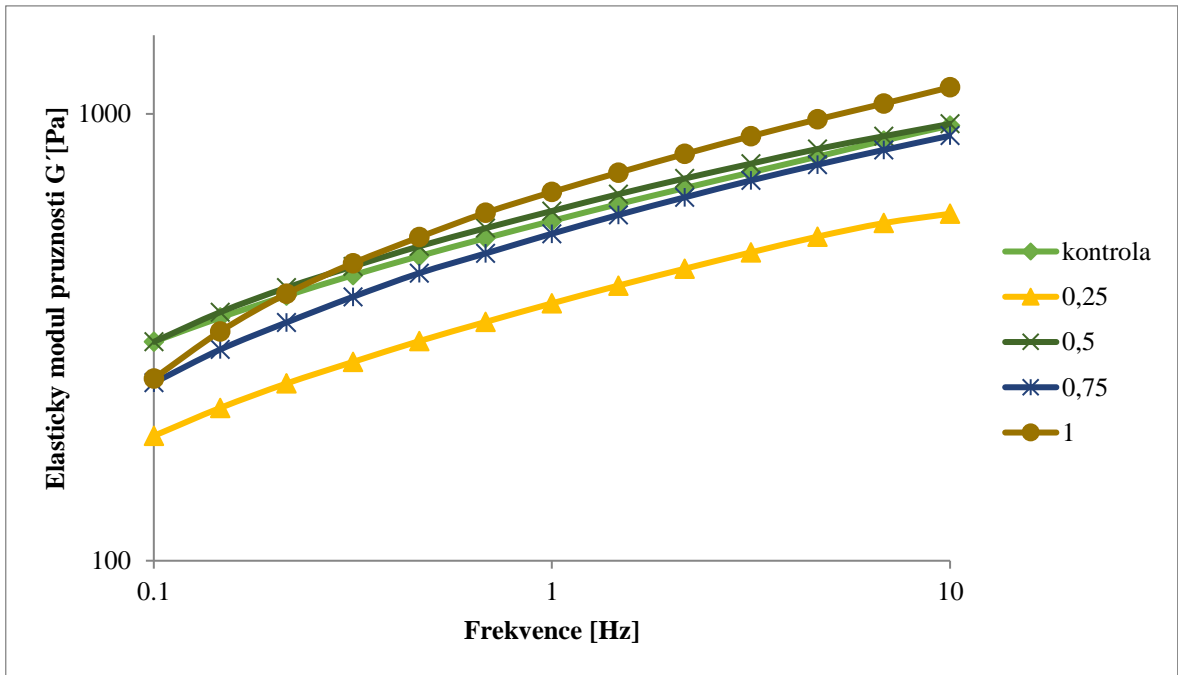


**Obrázek 4** Závislost viskozity na frekvenci vzorků pro 1. den skladování

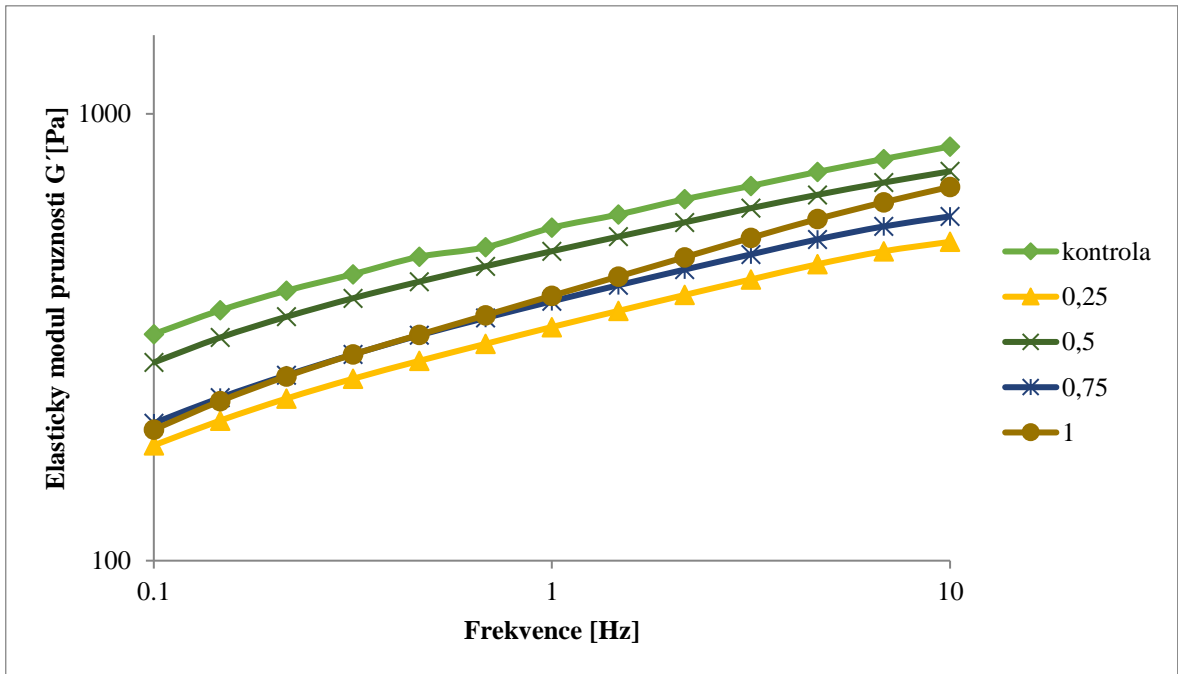


**Obrázek 5** Závislost viskozity na frekvenci vzorků pro 7. den skladování

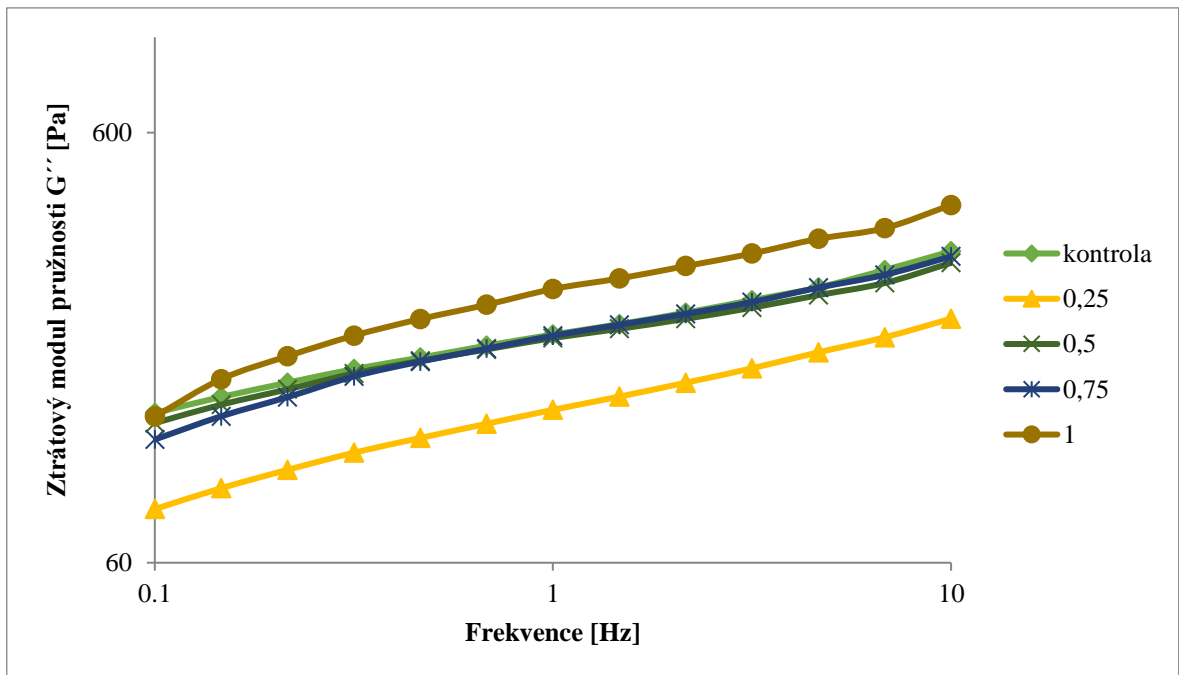
U všech analyzovaných vzorků bylo pozorováno, že elastický modul pružnosti  $G'$  je vyšší než ztrátový modul pružnosti  $G''$  (Obrázek 6 až 9). Dle studie Perrechil *et al.* [72] to značí chování systému jako gelu.



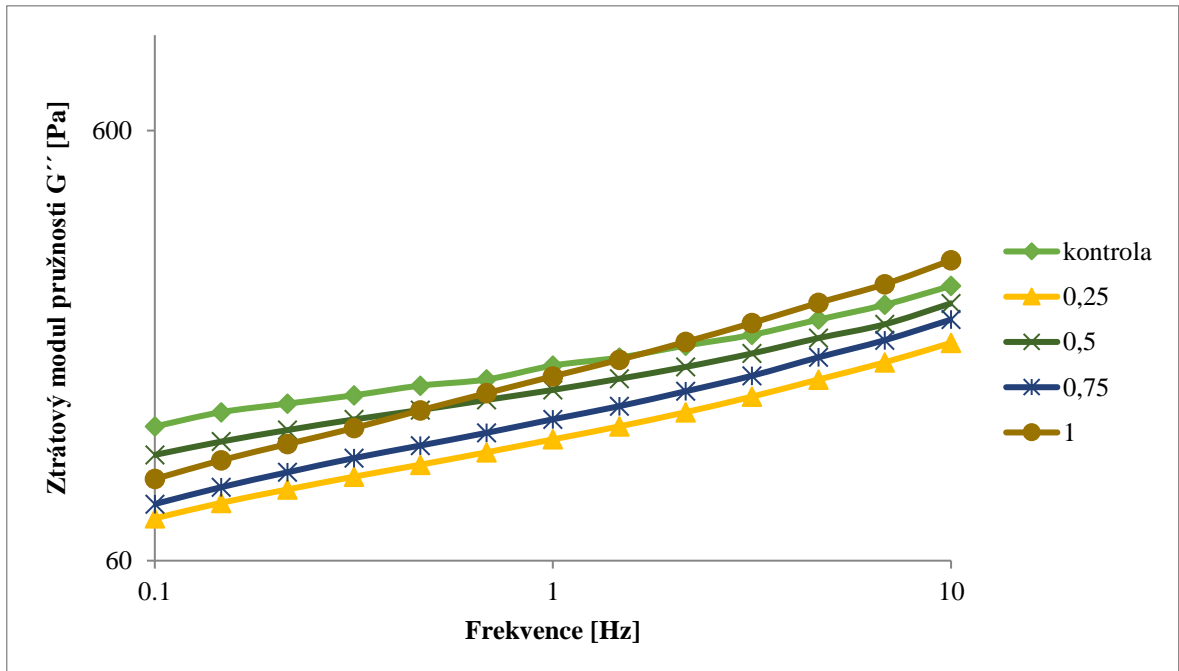
Obrázek 6 Závislost elastického modulu pružnosti  $G'$  na frekvenci pro 1. den skladování



Obrázek 7 Závislost elastického modulu pružnosti  $G'$  na frekvenci pro 7. den skladování



Obrázek 8 Závislost ztrátového modulu pružnosti  $G''$  na frekvenci pro 1. den skladování



Obrázek 9 Závislost ztrátového modulu pružnosti  $G''$  na frekvenci pro 7. den skladování

**Tabulka 5** Výsledky výpočtu komplexního modulu pružnosti  $G^*$  vzorků

<b><math>G^*</math> [Pa]</b>					
<b>1. den skladování</b>					
<b>f [Hz]</b>	kontrola	SO 0,25	SO 0,50	SO 0,75	SO 1,00
<b>0,1</b>	336,83	206,40	333,95	275,78	287,44
<b>1,0</b>	610,97	400,53	638,37	575,97	717,15
<b>10,0</b>	993,69	637,58	995,68	945,71	1217,29
<b>100,0</b>	16931,10	4832,34	16341,93	30334,79	8717,57
<b>7. den skladování</b>					
<b>f [Hz]</b>	kontrola	SO 0,25	SO 0,50	SO 0,75	SO 1,00
<b>0,1</b>	344,22	196,18	297,15	218,76	217,34
<b>1,0</b>	581,58	352,62	514,95	401,58	423,40
<b>10,0</b>	884,62	551,83	780,69	628,64	748,95
<b>100,0</b>	13948,68	11192,82	11257,24	5237,97	4927,35

Během 7 denního skladování došlo u většiny vzorků ke snížení hodnoty komplexního modulu pružnosti  $G^*$  v porovnání s analýzou provedenou 1. den, tedy ke snižování tuhosti s dobou skladování. Pravděpodobně je to způsobené vlivem sójové bílkoviny na polymorfismus mléčného tuku, na hydrolyzu tavicích solí či na změnu disociace přítomných solí, případně ostatních sloučenin [57, 68].

**Tabulka 6** Výsledky výpočtu tangens úhlu fázového posunu [ $\tan(\delta)$ ] vzorků

<b><math>\tan(\delta)</math></b>					
<b>1. den skladování</b>					
<b>f [Hz]</b>	kontrola	SO 0,25	SO 0,50	SO 0,75	SO 1,00
<b>0,1</b>	0,43	0,42	0,41	0,46	0,51
<b>1,0</b>	0,35	0,36	0,33	0,38	0,39
<b>10,0</b>	0,34	0,37	0,31	0,35	0,36
<b>100,0</b>	0,14	0,48	0,95	0,96	1,05
<b>7. den skladování</b>					
<b>f [Hz]</b>	kontrola	SO 0,25	SO 0,50	SO 0,75	SO 1,00
<b>0,1</b>	0,38	0,42	0,38	0,40	0,47
<b>1,0</b>	0,31	0,34	0,30	0,34	0,41
<b>10,0</b>	0,31	0,37	0,32	0,37	0,44
<b>100,0</b>	1,54	1,04	0,23	7,51	1,41

Tangens úhlu fázového posunu ( $\tan \delta$ ), tedy poměr ztrátového modulu pružnosti  $G''$  a elastického modulu pružnosti  $G'$  je popisován jako míra tuhosti gelu. Pokud je tangens úhlu

fázového posunu větší než hodnota 0,1 vzorky mají strukturu mezi koncentrovaným roztokem a gelem, je možné je charakterizovat jako slabé gely, což je typický znak pro chování emulze a tavené sýrové omáčky mezi emulze patří [41, 73].

## ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá vlivem přídavku sójových bílkovin na vybrané vlastnosti modelových vzorků tavených sýrových omáček. Modelové vzorky s obsahem sušiny 30 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 66 % (w/w) byly vyrobeny s 0,25%; 0,50%; 0,75% a 1,00% přídavkem sójové bílkoviny ve formě sójového proteinového izolátu. Byly sledovány hlavně reologické a texturní vlastnosti v závislosti na koncentraci přídavku sójového izolátu.

Vyhodnocením výsledků jednotlivých analýz modelových vzorků tavených sýrových omáček lze vyvodit následující závěry:

- Po přídavku sójových bílkovin o koncentracích 0,25 %; 0,50 %; 0,75 % a 1,00 % (w/w) do modelových vzorků se jejich hodnoty pH změnilo jen nepatrně, taktéž jejich obsah sušiny, proto bylo možné provést vyhodnocení dalších analýz.
- U všech modelových vzorků docházelo k nárůstu stability emulze se zvyšující se koncentrací přídavku sójového izolátu.
- Se zvyšující se koncentrací přídavku sójového izolátu docházelo k nárůstu tvrdosti vzorků, nejpatrnější je vliv přídavku o koncentraci 1 %.
- U vzorku s 1,00% přídavkem sójového izolátu je možné pozorovat výraznější nárůst viskozity vzorku v porovnání s kontrolou, která tento izolát neobsahovala.
- Hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) byly u všech modelových vzorků vyšší než hodnoty ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ).
- Se 7 denním skladováním došlo u většiny vzorků ke snížení komplexního modulu pružnosti  $G^*$ .
- Přídavek sójového izolátu měl vliv na viskoelastické vlastnosti vzorků.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] SHALABY, Samah M., A.G. MOHAMED a Hala M. BAYOUMI. Preparation of a Novel Processed Cheese Sauce Flavored with Essential Oils. *International Journal of Dairy Science* [online]. 2017, **12**(3), 161-169 [cit. 2020-03-02]. DOI: 10.3923/ijds.2017.161.169. ISSN 18119743. Dostupné z: <https://scialert.net/fulltextmobile/?doi=ijds.2017.161.169>
- [2] SALEK, Richardos Nikolaos, Martin VAŠINA, Lubomír LAPČÍK, Michaela ČERNÍKOVÁ, Eva LORENCOVÁ, Peng LI a František BUŇKA. Evaluation of various emulsifying salts addition on selected properties of processed cheese sauce with the use of mechanical vibration damping and rheological methods. *LWT* [online]. 2019, **107**, 178-184 [cit. 2020-03-31]. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.03.022. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643819302038>
- [3] Chandan, Ramesh C. Kilara, Arun Shah, Nagendra P.. (2016). *Dairy Processing and Quality Assurance (2nd Edition)*. John Wiley & Sons. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpDPQAE003/dairy-processing-quality/dairy-processing-quality>
- [4] *Studies on production and keeping quality of processed cheese sauces* [online]. Egypt: Ain Shams Univ., Faculty of Agriculture, 2013 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=EG2012000744>
- [5] *Vyhláška o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje č. 397/2016 Sb. v platném znění.* [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397>
- [6] ČSN 57 1300 Tavené sýry a tavené sýrové výrobky – Společná ustanovení
- [7] *Cechovní norma č. 2017-02-28-0159 Tavený sýr druhově pojmenovaný.* [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.cehovninormy.cz/norma/taveny-syr-druhove-pojmenovany/>
- [8] BUŇKA, František, Leona BUŇKOVÁ a Stanislav KRÁČMAR. *Základní principy výroby tavených sýrů: Basic principles of processed cheese production : monografie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7375-336-8.
- [9] ČERNÍKOVÁ, Michaela, Richardos Nikolaos SALEK, Dana KOZÁČKOVÁ, Hana BĚHALOVÁ, Ludmila LUŇÁKOVÁ a František BUŇKA. The effect of selected

processing parameters on viscoelastic properties of model processed cheese spreads. *International Dairy Journal* [online]. 2017, **66**, 84-90 [cit. 2020-03-30]. DOI: 10.1016/j.idairyj.2016.11.007. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694616303375>

[10] ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA. *Mlékárenské technologie*. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-704-5.

[11] BUŇKA, F. & BUŇKOVÁ, L. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská Revue*, 2009, č. 1, s. 13-16. ISSN 1801-9102.

[12] LU, Y., SHIRASHOJI, N. & LUCEY, J. A. Effects of pH on the Textural Properties and Meltability of Pasteurized Process Cheese Made with Different Types of Emulsifying Salts. *Journal of Food Science* [online]. 2008, vol. 73, no. 8, p. 363–369 [cit. 2020-03-03]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00914.x>.

[13] BUŇKA, F., ČERNÍKOVÁ, M., HLADKÁ, K, & BUŇKOVÁ, L. Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářská revue*, 2010, č. 6, s. 30. ISSN 1801-9110.

[14] *Nariadení Komise (EU) č. 1129/2011 ze dne 11. listopadu 2011, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 vytvořením seznamu potravinářských přídatných látek* [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32011R1129>

[15] SAMKOVÁ, Eva, Lucie HASONŇOVÁ, Veronika LAFATOVÁ, Robert KALA a Jan BEDRNÍČEK. Hodnocení vybraných tavených plátkových sýrů a analogových výrobků mladými spotřebiteli. *Mlékařské listy* [online]. 2017, (162), 9-12 [cit. 2020-03-30]. ISSN 1212-950X. Dostupné z: [http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2017/veda\\_162\\_s.9-12.pdf](http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2017/veda_162_s.9-12.pdf)

[16] Processed cheese sauces with different preservative systems. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism* [online]. 2015, **2**(1) [cit. 2020-03-31]. DOI: 10.15761/IFNM.1000116. ISSN 20568339. Dostupné z: <http://oatext.com/Processed-cheese-sauces-with-different-preservative-systems.php>

[17] SAAD, Suhila A., Laila D. EL-MAHDI, R.A. AWAD a Z.M.R. HASSAN. Impact of Different Food Protein Sources in Processed Cheese Sauces Manufacture. *International Journal of Dairy Science* [online]. 2016, **11**(2), 52-60 [cit. 2020-03-26]. DOI:



10.3923/ijds.2016.52.60. ISSN 18119743. Dostupné z:  
<http://www.scialert.net/abstract/?doi=ijds.2016.52.60>

[18] GARCÍA, M. C., M. TORRE, M. L. MARINA, F. LABORDA a Adela R. RODRIQUEZ. Composition and characterization of soyabean and related products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 1997, **37**(4), 361-391 [cit. 2020-03-22]. DOI: 10.1080/10408399709527779. ISSN 1040-8398. Dostupné z:  
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408399709527779>

[19] MA, C.-Y. Soybean: Soy Concentrates and Isolates. *Encyclopedia of Food Grains* [online]. Elsevier, 2016, 2016, s. 482-488 [cit. 2020-03-26]. DOI: 10.1016/B978-0-12-394437-5.00170-4. ISBN 9780123947864. Dostupné z:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123944375001704>

[20] ALVES, Alane Cangani a Guilherme M. TAVARES. Mixing animal and plant proteins: Is this a way to improve protein techno-functionalities? *Food Hydrocolloids* [online]. 2019, **97** [cit. 2020-03-03]. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.06.016. ISSN 0268005X. Dostupné z:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X18324020>

[21] Tzi-Bun Ng. *Soybean: Biochemistry, Chemistry and Physiology*. BoD – Books on Demand, 2011. ISBN 9789533072197.

[22] CHEN, Jiahui, Chun CUI, Haifeng ZHAO, Haiping WANG, Mouming ZHAO, Wei WANG a Keming DONG. The effect of high solid concentrations on enzymatic hydrolysis of soya bean protein isolate and antioxidant activity of the resulting hydrolysates. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. 2018, **53**(4), 954-961 [cit. 2020-03-25]. DOI: 10.1111/ijfs.13668. ISSN 09505423. Dostupné z:  
<http://doi.wiley.com/10.1111/ijfs.13668>

[23] LUSAS, Edmund W. a Mian N. RIAZ. Soy Protein Products: Processing and Use. *The Journal of Nutrition* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z:  
[https://doi.org/10.1093/jn/125.suppl\\_3.573S](https://doi.org/10.1093/jn/125.suppl_3.573S)

[24] SHURTLEFF, William a Akiko AOYAGI. *History of Modern Soy Protein Ingredients - Isolates, Concentrates, and Textured Soy Protein Products (1911-2016): Extensively Annotated Bibliography and Sourcebook*. Soyinfo Center, 2016. ISBN 9781928914839.

[25] SABBAH, Mohammed, C. Valeria L. GIOSAFATTO, Marilena ESPOSITO, Prospero DI PIERRO, Loredana MARINIELLO a Raffaele PORTA. Transglutaminase Cross-Linked

Edible Films and Coatings for Food Applications. *Enzymes in Food Biotechnology* [online]. Elsevier, 2019, 2019, s. 369-388 [cit. 2020-03-26]. DOI: 10.1016/B978-0-12-813280-7.00021-9. ISBN 9780128132807. Dostupné z:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128132807000219>

[26] EL-NESHAWY, A.A., S.M. FARAHAT a H.A. WAHBAH. Production of processed cheese food enriched with vegetable and whey proteins. *Food Chemistry* [online]. 1988, **28**(4), 245-255 [cit. 2020-03-31]. DOI: 10.1016/0308-8146(88)90100-8. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0308814688901008>

[27] ASHAOLU, Tolulope Joshua. Applications of soy protein hydrolysates in the emerging functional foods: a review. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. 2019, **55**(2), 421-428 [cit. 2020-03-18]. DOI: 10.1111/ijfs.14380. ISSN 0950-5423. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.14380>

[28] ZHAO, Cheng-Bin, Fei WU, Yong-Ping LI a Xiao-Ling LIU. Effects of  $\beta$ -glucans on properties of soya bean protein isolate thermal gels. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. 2015, **50**(2), 347-355 [cit. 2020-03-25]. DOI: 10.1111/ijfs.12635. ISSN 09505423. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/ijfs.12635>

[29] NAGYOVÁ, Gabriela, Michaela ČERNÍKOVÁ, František BUŇKA a Vendula PACHLOVÁ. Srovnání účinnosti vybraných hydrokoloidů na zvyšování pevnosti tavených sýrů. *Mlékařské listy* [online]. 2014, (147), 27-31 [cit. 2020-03-30]. ISSN 1212-950X. Dostupné z: [http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2014/147\\_xxvii-xxxi.pdf](http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2014/147_xxvii-xxxi.pdf)

[30] RINALDONI, Ana N., Diana R. PALATNIK, Noemi ZARITZKY a Mercedes E. CAMPDERRÓS. Soft cheese-like product development enriched with soy protein concentrates. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2014, **55**(1), 139-147 [cit. 2020-03-31]. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.09.003. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643813003162>

[31] LINDSTROM, Ted Riley, Isabelle LAYE, Glenn MACBLANE a Fu-I MEI. *Processed cheese made with soy*. US 6,893,674 B2. Uděleno May 17, 2005. Zapsáno July 29, 2002.

[32] ROJAS-NERY, E., N. GÜEMES-VERA, O. G. MEZA-MARQUEZ a A. TOTOSAUS. Carrageenan type effect on soybean oil/soy protein isolate emulsion employed as fat replacer in panela-type cheese. *Grasas y Aceites* [online]. 2015, **66**(4) [cit. 2020-03-31]. DOI: 10.3989/gya.0240151. ISSN 1988-4214. Dostupné z: <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/1563/1790>

- [33] Johnson ME, Kapoor R, McMahon DJ, McCoy DR, Narasimmon RG. 2009. Reduction of sodium and fat levels in natural and processed cheeses: scientific and technological aspects. *Compr. Rev. Food. Sci. F.* **8**, 252-268. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00080.x>.
- [34] JEEWANTHI, Renda Kankanamge Chaturika a Hyun-Dong PAIK. Modifications of nutritional, structural, and sensory characteristics of non-dairy soy cheese analogs to improve their quality attributes. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2018, **55**(11), 4384-4394 [cit. 2020-03-31]. DOI: 10.1007/s13197-018-3408-3. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s13197-018-3408-3>
- [35] Hang, Y. D .. and H. Jackson. 1967. Preparation of soybean cheese using lactic starter organisms. 1) General characteristics of the finished cheese. *Food Technol* 21:1033-1034.
- [36] TAMIME, A. Y. *Processed cheese and analogues*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2011. Society of Dairy Technology series. ISBN 1405186429.
- [37] VORLOVÁ, Lenka, Michaela KRÁLOVÁ, Ivana BORKOVCOVÁ a Romana KOSTRHOUNOVÁ. *Chemie potravin a chemické laboratorní metody, Praktická cvičení* [online]. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014 [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: <http://www.vfu.cz/inovace-bc-a-navmgr/realizovane-klicove-aktivity/skripta/ls-2013-2014/chemie-potravin-a-chemicke-laboratorni-metody---prakticka-cviceni.pdf>
- [38] KUBÁŇ, Vlastimil a Petr KUBÁŇ. *Analýza potravin*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 978-80-7375-036-7.
- [39] ČESKO. ČSN EN ISO 5534:2005, Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Praha: Český normalizační institut.
- [40] BARTOVSKÁ, Lidmila a Marie ŠIŠKOVÁ. *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav*. Vyd. 5., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005. ISBN 80-7080-579-x.
- [41] MANDALA, I.G, T.P SAVVAS a A.E KOSTAROPOULOS. Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. *Journal of Food Engineering* [online]. 2004, **64**(3), 335-342 [cit. 2020-04-20]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2003.10.018. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026087740300431X>.

- [42] NIKZADE, V., M. Mazaheri TEHRANI a M. SAADATMAND-TARZJAN. Optimization of low-cholesterol–low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. *Food Hydrocolloids* [online]. 2012, **28**(2), 344-352 [cit. 2020-04-20]. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.12.023. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X1100347X>].
- [43] PISKA, I. & ŠTĚTINA, J., 2004: Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering*, 61, s. 551-555, ISSN 0260-8774.
- [44] ČSN ISO 11036 (560034):1997, *Senzorická analýza: Metodologie – Profil textury*. Praha: Český normalizační institut, 1994. 18 s.
- [45] ROSENTHAL, A. J., *Food Texture: Measurement and Perception*. 1. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc., 1999. 303 s. ISBN 0-8342-1238-2.].
- [46] FLOURY, J., CAMIER, B., ROUSSEAU, F., LOPEZ, CH., TISSIER, J. P., FAMELART, M., H. Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure–texture relationships. *LWT – Food Science and Technology*, 42, 2009, p. 1611–1620. ISSN 0023-6438.
- [47] TAMIME, A. Y., SHENANA, M. E., MUIR, M. E., DAWOOD, A. H. Processed Cheese Analogues Incorporating Fat-Substitutes 1. Composition, Microbiological Quality and Flavour Changes During Storage at 5°C. *LWT – Food Science and Technology*, February 1999, Vol. 32, No. 1, p. 50–59. ISSN 0023-6438.].
- [48] EVERARD, C., O'CALLAGHAN, D., O'KENNEDY, B., O'DONNELL, C., SHEEHAN, E., DELAHUNTY, C. A free-point binding test for prediction of sensory texture in processed cheese. *Journal of Texture Studies*, 38, 2007, p. 438 – 456.
- [49] AWAD, R.A., L.B. ABDEL-HAMID, S.A. EL-SHABRAWY a R.K. SINGH. Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2002, **35**(1), 54-61 [cit. 2020-04-25]. DOI: 10.1006/fstl.2001.0828. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002364380190828X>
- [50] LANGMAIER, Ferdinand. *Nauka o zboží*. Vyd. 2. nezměn. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2002. ISBN 80-7318.092-8.].

- [51] WEISEROVÁ, E., DOUDOVÁ, L., GALIOVÁ, L., ŤÁK, 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. *Inter-national Dairy Journal*, vol. 21, no. 12, p. 979-986.
- [52] LIU, He, Xue Ming XU a Shi Dong GUO. Comparison of full-fat and low-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. 2008, 43(9), 1581-1592 [cit. 2020-04-21]. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2007.01616.x. ISSN 09505423. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2007.01616.x>.
- [53] MACKŮ, I. Viskoelastické a senzorické vlastnosti tavených sýrů s přidavkem pektinů. Zlín, 2009. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická.
- [54] FRANCIS, F. J. *Encyclopedia of food science and technology*. 2. vyd. New York: John W. S., 2000
- [55] GUNASEKARAN, S. & MEHMET AK, M. Dynamic oscillatory shear testing of foods – selected applications. *Trends in Food Science & Technology*, 2000, vol. 11, p. 115 – 127.
- [56] LEE, S.K. a H. KLOSTERMEYER. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2001, 34(5), 288-292 [cit. 2020-04-25]. DOI: 10.1006/fstl.2001.0761. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643801907613>
- [57] ČERNÍKOVÁ, M. Vybrané faktory působící na konzistenci tavených sýrů. ZLÍN. 2017. Habilitační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
- [58] CHO, S.Y., Jang-Woo PARK, Heather P. BATT a Ronald L. THOMAS. Edible films made from membrane processed soy protein concentrates. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2007, 40(3), 418-423 [cit. 2020-04-25]. DOI: 10.1016/j.lwt.2006.02.003. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002364380600020X>
- [59] Lee, S. K., Buwalda, R. J., Euston, S. R., Foegeding, E. A., & McKennan, A. B. (2003). Changes in the rheology and microstructure of processed cheese during cooking. *LWT–Food Science and Technology*, 36, 339–345.

- [60] Marchesseau, S., Gastaldi, E., Lagaude, A., & Cuq, J. L. (1997). Influence of pH on protein interactions and microstructure of process cheese. *Journal of Dairy Science*, 80, 1483–1489.
- [61] Weiserová, E., Doudová, L., Galiová, L., Žák, L., Michálek, J., Janiš, R., *et al.* (2011). The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. *International Dairy Journal*, 21, 979–986.
- [62] YILMAZ, M. T., KARAMAN, S., CANKURT, H., KAYACIER, A., SAGDIC, O. 2011. Steady and dynamic oscillatory shear rheological properties of ketchup-processed cheese mixtures: Effect of temperature and concentration. In *J. Food Eng.*, vol. 103, 2011, p. 197-210.
- [63] LANGTON, M., JORDANSSON, E., ALTSKÄR, A., SØRENSEN, C., HERMANSSON, A. 1999. Microstructure and image analysis of mayonnaises. In *Food Hydrocolloids*, vol. 13, 1999, p. 113-125.
- [64] A., V. Functional Properties of Soybean Food Ingredients in Food Systems. NG, Tzi-Bun, ed. *Soybean - Biochemistry, Chemistry and Physiology* [online]. InTech, 2011, 2011-04-26 [cit. 2020-04-26]. DOI: 10.5772/14668. ISBN 978-953-307-219-7. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/soybean-biochemistry-chemistry-and-physiology/functional-properties-of-soybean-food-ingredients-in-food-systems>
- [65] THANASUKARN, P., PONGSAWATMANIT, R., MCCLEMENTS, D. J. Influence of emulsifier type on freeze-thaw stability of hydrogenated palm oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 2004, vol. 18, no. 6, p. 1033-1043 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.04.010>.
- [66] CHILDS, Jessica L., Michele D. YATES a MaryAnne DRAKE. Sensory Properties and Consumer Perception of Wet and Dry Cheese Sauces. *Journal of Food Science* [online]. 2009, 74(6), S205-S218 [cit. 2020-04-27]. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009.01187.x. ISSN 00221147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1750-3841.2009.01187.x>
- [67] NGUYEN, P.T.M., KRAVCHUK, O., BHANDARI, B., PRAKASH, S. Effect of different hydrocolloids on texture, rheology, tribology and sensory perception of texture and mouthfeel of low-fat pot-set yoghurt. *Food Hydrocolloids*. 2017, vol. 72, p. 90-104 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.05.035>.

[68] BUŇKA, F. Tavené sýry a faktory ovlivňující jejich konzistenci: Processed cheese and factors influencing its consistency: teze přednášky k profesorskému jmenovacímu řízení v oboru Potravinářská chemie. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2017. ISBN 978-80-214-5460-6

[69] LEE, Siew Kim, Skelte ANEMA a Henning KLOSTERMEYER. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology* [online]. 2004, **39**(7), 763-771 [cit. 2020-04-29]. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.00842.x. ISSN 0950-5423. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2004.00842.x>

[70] SALEK, Richardos Nikolaos, Michaela ČERNÍKOVÁ, Gabriela NAGYOVÁ, Dalibor KUCHAR, Helena BAČOVÁ, Lucie MINARČÍKOVÁ a František BUŇKA. The effect of composition of ternary mixtures containing phosphate and citrate emulsifying salts on selected textural properties of spreadable processed cheese. *International Dairy Journal* [online]. 2015, **44**, 37-43 [cit. 2020-03-30]. DOI: 10.1016/j.idairyj.2014.12.009. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694614002611>

[71] GUSTAW, W., MLEKO, S. The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft*, 62, 2007, 59-62. ISSN 0026-3788.

[72] PERRECHIL, F.A. a R.L. CUNHA. Oil-in-water emulsions stabilized by sodium caseinate: Influence of pH, high-pressure homogenization and locust bean gum addition. *Journal of Food Engineering* [online]. 2010, **97**(4), 441-448 [cit. 2020-04-29]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.10.041. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877409005482>

[73] AROCAS, A., T. SANZ a S.M. FISZMAN. Improving effect of xanthan and locust bean gums on the freeze-thaw stability of white sauces made with different native starches. *Food Hydrocolloids* [online]. 2009, **23**(8), 2478-2484 [cit. 2020-04-29]. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2009.08.001. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X0900160X>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

SPC sójový bílkovinný koncentrát

SPI izoláty bílkovin ze sójových bobů, sójový bílkovinný izolát

MAG monoacylglyceroly

DAG diacylglyceroly

TPA texturní profilová analýza

TS tavicí soli

$G'$  elastický modul pružnosti

$G''$  ztrátový modul pružnosti

$G^*$  komplexní modul pružnosti

SO vzorek s přídavkem sójového proteinového izolátu



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<b>Obrázek 1</b> Typická TPA křivka vysokotučného sýrového analogu (pružnost = $Lenght\ 2/Lenght\ 1$ ; přilnavost = $A3$ ; soudržnost = $A2/A1$ ; gumovitost = tvrdost $\times$ soudržnost; žvýkatelnost = gumovitost $\times$ pružnost) [52] .....	41
<b>Obrázek 2</b> Výsledky stanovení tvrdosti vzorků v 1. den skladování .....	46
<b>Obrázek 3</b> Výsledky stanovení tvrdosti vzorků v 7. den skladování .....	47
<b>Obrázek 4</b> Závislost viskozity na frekvenci vzorků pro 1. den skladování.....	49
<b>Obrázek 5</b> Závislost viskozity na frekvenci vzorků pro 7. den skladování.....	49
<b>Obrázek 6</b> Závislost elastického modulu pružnosti $G'$ na frekvenci pro 1. den skladování .....	50
<b>Obrázek 7</b> Závislost elastického modulu pružnosti $G'$ na frekvenci pro 7. den skladování .....	50
<b>Obrázek 8</b> Závislost ztrátového modulu pružnosti $G''$ na frekvenci pro 1. den skladování .....	51
<b>Obrázek 9</b> Závislost ztrátového modulu pružnosti $G''$ na frekvenci pro 7. den skladování .....	51

**SEZNAM TABULEK**

<b>Tabulka 1</b> Přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků.....	12
<b>Tabulka 2</b> Výsledky stanovení hodnoty pH vzorků .....	43
<b>Tabulka 3</b> Výsledky stanovení stability emulze vzorků.....	45
<b>Tabulka 4</b> Výsledky stanovení vybraných texturních parametrů vzorků .....	47
<b>Tabulka 5</b> Výsledky výpočtu komplexního modulu pružnosti $G^*$ vzorků.....	52
<b>Tabulka 6</b> Výsledky výpočtu tangens úhlu fázového posunu $[\tan(\delta)]$ vzorků.....	52