

Vliv přídavku hydrokoloidů polysacharidového charakteru na funkční vlastnosti tavených sýrových omáček

Bc. Lukáš Čeman

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. Lukáš Čeman**
Osobní číslo: **T18370**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Vliv přídavku hydrokoloidů polysacharidového charakteru na funkční vlastnosti tavených sýrových omáček**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část:

1. Charakterizujte tavené sýry a tavené sýrové analogy včetně technologie výroby
2. Charakterizujte faktory, které mohou ovlivnit konzistenci a jiné funkční vlastnosti tavených sýrů a analogů tavených sýrů

II. Praktická část:

1. Vyrobté modelové vzorky tavených sýrových omáček s přídavkem různých koncentrací hydrokoloidů polysacharidového typu (např. pektin, agar, aj.)
2. V daných časových intervalech provedte chemické a reologické analýzy
3. Vyhodnoťte získané výsledky a vyvoďte závěry

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] SALEK, R.N., VAŠINA, M., LAPČÍK, L., ČERNÍKOVÁ, M., LORENCOVÁ, E., LI, P., BUŇKA, F. Evaluation of various emulsifying salts addition on selected properties of processed cheese sauce with the use of mechanical vibration damping and rheological methods. *LWT ? Food Science and technology*, 2019, 107, 178-184. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.03.022. ISSN 0023-6438.
- [2] SZAFRANSKA, J.O., SOLOWIEJ, B.G. Effect of different fibres on texture, rheological and sensory properties of acid casein processed cheese sauces. *International Journal of Food Science and Technology*, 2020. DOI: 10.1111/ijfs.14485. ISSN 1365-2621.
- [3] DESOUKY, M.M., SALAMA, H.H., EL-SAYED, S.M. The effect of camel milk powder on the stability and quality properties of processed cheese sauce. *Acta Scientiarum Polonorum ? Technologia Alimentaria*, 2019, 18, 4, 349-359. DOI: 10.17306/J.AFS.2019.0645. ISSN 1898-9594.
- [4] GUSTAW, W., MLEKO, S. The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft ? Milk Science International*, 2007, 62, 1, 59-62. ISSN 0026-3788.
- [5] HANÁKOVÁ, Z., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., HUDEČKOVÁ, L., JANIŠ, R. The effect of selected hydrocolloids on the rheological properties of processed cheese analogues made with vegetable fats during the cooling phase. *International Journal of Dairy Technology*, 2013, 66, 4, 484-489. ISSN 1471-0307.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zuzana Lazárková, 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

Diplomová práce se zabývá vlivem přídavku polysacharidových hydrokoloidů na vybrané vlastnosti tavených sýrových omáček. Mezi použité polysacharidy byl zařazen pektin, agar a guarová guma v koncentracích 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 % (w/w). Po výrobě byly modelové vzorky podrobeny chemickým a reologickým analýzám, konkrétněji stanovení pH, celkové sušiny, stability a dynamické oscilační reometrii. Stanovení proběhlo 1. a 7. den po výrobě. Z výsledků lze vyvodit, že přídavek polysacharidů ani doba skladování neměly na pH a celkovou sušinu zásadní vliv. Stabilita i viskoelastické vlastnosti naopak byly ovlivněny jak rostoucí koncentrací polysacharidu, tak i dobou skladování. Stabilita vzrostla následkem vyššího přídavku hydrokoloidů i delší skladovací doby. Rostoucí koncentrace polysacharidů zapříčinila nárůst viskozity, tuhosti a pevnosti. S prodlužující se dobou skladování se zvýšila pevnost tavených sýrových omáček s pektinem a tavených sýrových omáček s guarovou gumou v koncentraci 0,25–0,75 %. Všechny sledované polysacharidové hydrokoloidy se osvědčily jako stabilizátory a gelotvorné látky.

Klíčová slova: tavená sýrová omáčka, pektin, agar, guarová guma, hydrokoloid, polysacharid, chemická analýza, reologie

ABSTRACT

The diploma thesis studies the influence of polysaccharide hydrocolloids additions on certain qualities of processed cheese sauces. The polysaccharides used for the purpose of the study are pectin, agar and guar gum in concentrations 0.25 %, 0.50 %, 0.75 % and 1.00 % (w/w). After the production process, the model samples undergone chemical and rheological analyses as determination of pH and total dry matter, stability and dynamic oscillating rheometry. These analyses were performed the first and seventh day after the production process. It can be concluded from the results that both the addition of polysaccharides and storage time did not have any significant effect on pH values and total dry matter. On the other hand, stability and viscoelastic properties were affected by both higher polysaccharide concentration and longer storage time. Stability increased as a result of higher concentration of hydrocolloids and longer storage time. The increasing concentration of polysaccharides caused the growth of viscosity, firmness and rigidity. With longer storage time, the firmness of processed cheese sauces with pectin and processed cheese sauces with guar gum in a concentration of 0.25–0.75% increased. All monitored polysaccharide hydrocolloids have proven to function as stabilizers and gelling agents.

Keywords: processed cheese sauce, pectin, agar, guar gum, hydrocolloid, polysaccharide, chemical analysis, rheology

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé diplomové práce Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytla v průběhu zpracovávání této práce.

Dále bych chtěl poděkovat laborantce Ing. Romaně Šebestíkové, doktorandce Ing. Vendule Kůrové a dále zahraniční stážistce Wan Ting Huan za veškerou pomoc a jejich ochotu při výrobě modelových vzorků a jejich následných analýz.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TAVENÉ SÝRY A TAVENÉ SÝROVÉ ANALOGY	12
2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH ANALOGŮ.....	16
2.1 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ	16
2.1.1 Přírodní sýry.....	16
2.1.2 Tavicí soli.....	17
2.1.3 Mléčné tuky.....	19
2.1.4 Ostatní mléčné složky	19
2.1.5 Ostatní suroviny a přídavné látky	19
2.1.6 Voda	21
2.2 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝROVÝCH ANALOGŮ	22
2.2.1 Rostlinné bílkoviny	22
2.2.2 Rostlinné tuky a oleje.....	23
2.3 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH ANALOGŮ.....	23
2.3.1 Příprava surovin	25
2.3.2 Tavení směsi.....	25
2.3.3 Homogenizace.....	27
2.3.4 Balení za horka a chlazení.....	28
3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KONZISTENCI A FUNKČNÍ VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH ANALOGŮ	31
3.1 VLIV SUROVIN.....	31
3.1.1 Surovátkové bílkoviny	31
3.1.2 Rework	32
3.1.3 Hydrokoloidy	32
3.1.4 Zralost přírodního sýra.....	34
3.2 VLIV VLASTNOSTÍ PRODUKTU	35
3.2.1 Celkový obsah vápníku	35
3.2.2 pH.....	35
3.2.3 Laktóza.....	36
3.2.4 Vlhkost	36
3.3 VLIV PROCESNÍCH PARAMETRŮ A SKLADOVÁNÍ	36
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	38
4 CÍL PRÁCE	39
5 METODIKA PRÁCE.....	40
5.1 CHARAKTERISTIKA EXPERIMENTU	40
5.2 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ.....	40
5.3 CHEMICKÁ ANALÝZA	42

5.3.1	Stanovení pH	42
5.3.2	Stanovení celkového obsahu sušiny	42
5.3.3	Stanovení stability	43
5.4	DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE	43
6	VÝSLEDKY A DISKUZE	45
6.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ PH A CELKOVÉHO OBSAHU SUŠINY	45
6.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ STABILITY	46
6.3	VÝSLEDKY REOLOGICKÉ ANALÝZY	48
	ZÁVĚR	66
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	68
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	83
	SEZNAM OBRÁZKŮ	84
	SEZNAM TABULEK	85

ÚVOD

Tavené sýrové omáčky se považují za poměrně novou komoditu. V současné době nepodléhají žádným českým ani evropským standardům a legislativním předpisům, je možné je tedy vyrábět s použitím mnoha složek mléčného i nemléčného původu. V České republice se prozatím jedná spíše o minoritní záležitost, zájem vzbuzují v Severní Americe, kde se využívají převážně v zařízeních s rychlým občerstvením. Hrají úlohu zvýrazňovačů chuti, využívají se jako dipy k různým pokrmům. TSO lze popsat jako stabilní emulze typu olej ve vodě. Z důvodu vysokého obsahu vody, vyššího pH a upřednostňování prozrálejších sýrů (z důvodu výraznější chuti), vzniká méně stabilní emulze, u které může docházet k separaci olejové fáze. Jedno z možných řešení je právě použití hydrokoloidů na bázi polysacharidů, které jsou v analozích tavených sýrů klasifikovány jako stabilizátory.

Hydrokoloidy hrají důležitou roli při tvorbě konečné struktury. Mezi hlavní důvody patří schopnost vazby velkého množství vody. Hydrokoloidy mimo to stabilizují pěny a emulze, zvyšují viskozitu, zahušťují, zpomalují tvorbu cukerných či ledových krystalků, zamezují uvolňování vody z výrobku během skladování, nahrazují tuk a tím dotvářejí texturu u výrobků s jeho nedostatkem. Do výrobku se obvykle přidávají v nízkých koncentracích (kolem 1 %). Ne všechny hydrokoloidy však mohou být do zamýšleného výrobku vhodné, proto je úkolem výrobce vybrat takový hydrokoloid, případně jeho směs, který mu pomůže dosáhnout výrobku o požadovaných vlastnostech.

Diplomová práce se skládá z teoretické a praktické části. Teoretická část je rozdělena do tří hlavních kapitol. První kapitola definuje tavené sýry a tavené sýrové analogy, jejich historii, spotřebu, rozdíly, varianty, upozorňuje na nejčastější mýty. Součástí druhé kapitoly je surovinová skladba s charakterizací jednotlivých složek a proces výroby s popisem jednotlivých pasáží. Poslední kapitola shrnuje nejčastější faktory ovlivňující vlastnosti tavených sýrů a tavených sýrových analogů.

Náplní praktické části byla výroba modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím polysacharidových hydrokoloidů (pektin, agar, guarová guma) a jejich různých koncentrací (0 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1,00 %). Následovaly analýzy 1. a 7. den po výrobě, zahrnující stanovení hodnoty pH, celkového obsahu sušiny, stability a dynamickou oscilační reometrii. Výsledky analýz byly následně vyhodnoceny a byly stanoveny závěry.

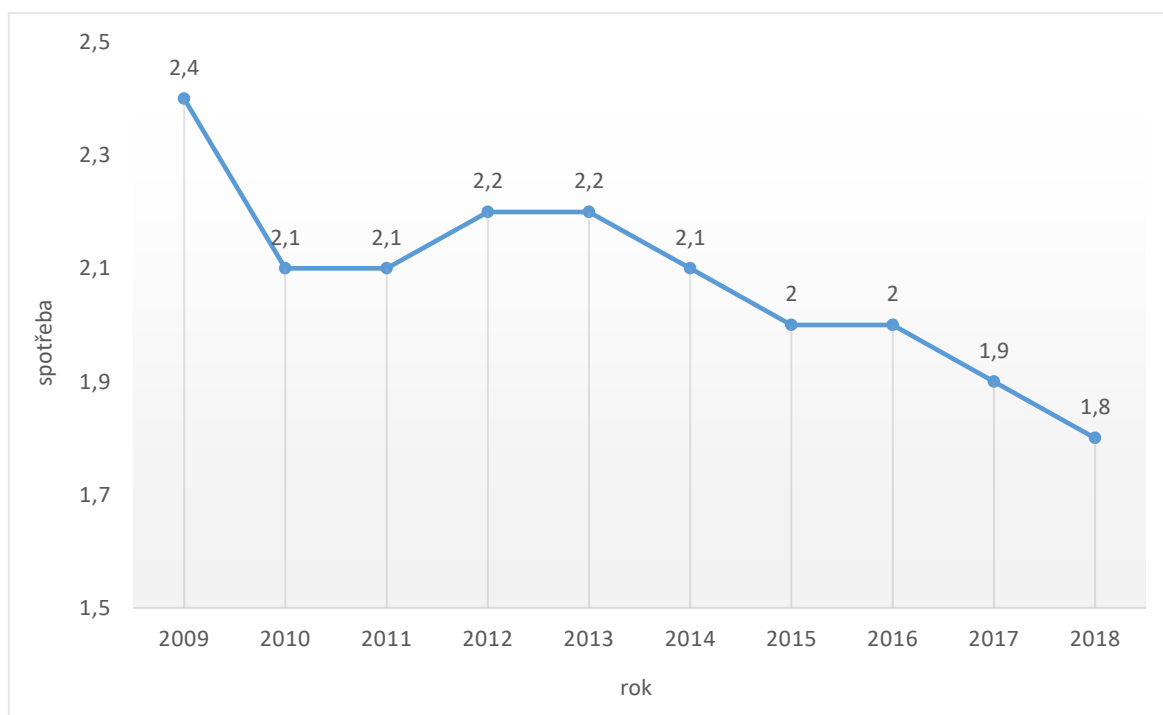
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY A TAVENÉ SÝROVÉ ANALOGY

Produkce tavených sýrů (TS) byla zahájena v Evropě a datuje se od poloviny roku 1890. Hlavním důvodem vzniku byla omezená trvanlivost přírodních sýrů, závislá na mnoha faktorech (skladovací podmínky, hygienický stav při výrobní fázi, vliv obsahu vody). Trvanlivost se tak mohla pohybovat od několika týdnů po několik let. Myšlenka vzniku výroby TS vznikla tedy z touhy prodloužit trvanlivost a stabilitu přírodních sýrů a zároveň nalézt způsob, jak využít už neprodejný sýr. Komerční výroba TS začala v Evropě a USA v letech 1910–1920. Výrobní techniky byly založené na zkušenostech z výroby čedaru a podobných sýrových variant za současného použití emulgátorů (citronany a fosforečnany). Tyto rané pokusy měly omezený úspěch, který byl ale prolomen v roce 1930 s použitím tavicích solí (polyfosforečnany) [1, 2, 3].

TS může být vyroben buď z jednoduché základní sady zahrnující sýr, vodu, tavicí soli, nebo ze složité směsi přísad včetně různých typů proteinů, tuku, gum, stabilizátorů, ochucovadel, zvlhčovadel a přidaných minerálních látek [4].

Spotřeba TS dle statistického úřadu se v posledních 10 letech v České republice postupně snižuje. Zatímco v roce 2009 byla spotřeba na osobu a rok 2,4 kg, v posledním vyhodnocení z roku 2018 je spotřeba na osobu 1,8 kg (pokles o 25 %), viz Obrázek 1 [5].



Obrázek 1: Spotřeba TS v kg na osobu a rok (upraveno podle dat ze statistického úřadu) [5]

Tavené sýrové analogy (TSA) vzbuzují ve světě také stále větší zájem, jak ze strany výrobců, tak i spotřebitelů. Výrobci je využívají z důvodu nízkých výrobních nákladů (nahrazení vybraných mléčných složek levnějšími rostlinnými produkty) a jednoduché výroby. Spotřebitelé zase vyhledávají produkty s delší trvanlivostí a menším obsahem nasyceného tuku, cholesterolu a kalorií. Přestože náklady na přírodní sýry pomalu klesají, stále patří k nejdražším surovinám ve výrobě TS [6, 7, 8, 9, 10].

Hlavní rozdíl mezi TS a TSA spočívá v použitých surovinách. Mléčné tuky, mléčné bílkoviny nebo obojí je částečně nebo zcela nahrazeno alternativami, které nepocházejí z mléka, ale jsou rostlinného původu. Legislativa totiž neumožňuje aplikaci rostlinných bílkovin ani tuků a olejů při výrobě TS. Tyto suroviny jsou však povoleny pro výrobu náhražek sýrů, napodobenin nebo analogů a musí být jasně uvedeny na obalových materiálech. TSA by neměl mít nižší nutriční hodnotu než TS. V mnoha případech však analogy vedou k tvorbě sýra se zdravotními a nutričními výhodami, například nízkokalorické sýrové analogy, s vyššími hodnotami nenasycených mastných kyselin, bez cholesterolu apod. Zpracováváný sýrový analog obsahující sójovou pastu je považován za funkční potravinu v důsledku přimíchávání izoflavonoidů a polynenasycených mastných kyselin do sýra a bílkovin, o nichž je známo, že mají účinek na snížení cholesterolu [11, 12, 13].

TSA lze klasifikovat na základě použitých složek a výrobních postupů do tří kategorií:

- **Mléčné analogy** se vyrábějí ze směsí obsahujících kasein, kaseinát a máselný tuk. Nevyrábějí se ve velkém, protože jejich náklady jsou poměrně vysoké.
- **Částečné mléčné analogy** zahrnují hlavně rostlinné oleje (oleje ze sójových bobů, palmových nebo řepkových semen a jejich hydrogenované ekvivalenty) a mléčné bílkoviny (jako například kasein a kaseinát).
- Mezi **nemléčné analogy** patří výrobky, ve kterých jsou tuk i bílkoviny rostlinného původu.

Kromě nutričních a zdravotních výhod má mnoho TSA důležité technologické a ekonomické dopady kvůli jejich:

- dopadu na výrobu široké škály tučných potravin, v nichž se TS používá jako jedna z funkčních složek,
- nízkým nákladům,

- schopnosti nabídnout rozmanitou škálu funkcí (tekutost, odolnost vůči tání, roztíratelnost),
- schopnosti navrhnout výrobek tak, aby vyhovoval zvláštním dietetickým potřebám prostřednictvím změn ve složení (např. nízkotučný, nízkokalorický, s menším obsahem cholesterolu, s vysokým obsahem vitamínů, vlákniny, či minerálních látek) [11, 12, 13, 14].

Variant TS existuje celá řada, od roztíratelných, přes krájitelné, až pomazánkám a omáčkám. Jednou z novějších komodit jsou právě tavené sýrové omáčky (TSO), které lze komerčně nalézt v mnoha formách (zmrazené, polotekuté, suché směsi). Slouží jako zvýrazňovače chuti, využívají se jako dipy k různým pokrmům a zároveň jsou součástí mnoha pokrmů, zejména v provozech rychlého občerstvení. V současné době pro ně však neexistují žádné standardy nebo legislativní předpisy. TSO tak mohou být vyrobeny s použitím mnoha složek jako například sýrový prášek, přírodní sýry, TS v kombinaci s mnoha surovinami mléčného i nemléčného původu. TSO a TS lze popsat jako emulze typu olej ve vodě. Jejich výroba by tedy mohla být provedena smícháním přírodního sýra, mléčného či rostlinného tuku, vody, tavicích solí a dalších volitelných složek, běžně ve vakuu za přítomnosti tepla (teplotní rozsah 85 až 110 °C) a konstantního míchání [15, 16, 17, 18, 19].

Vyhláška č. 397/2016 Sb. o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění, charakterizuje TS jako sýr, který byl tepelně upraven tavením. Taveným sýrovým výrobkem označujeme dle vyhlášky mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením, obsahuje více než 5 % laktózy a v němž sýr tvoří nejméně 50 % hmotnostních sušiny tohoto výrobku. Tavený mléčný výrobek je definován jako mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením a obsahuje více než 5 % laktózy. Vyhláška zároveň definuje povolené složky jiné než sýr pro výrobu tavených sýrů, tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků (viz Tabulka 1) [20]. Aktuální znění vyhlášky 397/2016 Sb. je platné od 1. ledna 2020. Až do 31. prosince 2019 byl TS definován jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. Minulá verze také nedefinovala tavený sýrový výrobek, tento produkt byl pouze zmíněn v příloze, v přehledu povolených složek jiných než sýr pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků. Tavený mléčný výrobek je v české legislativě definován vůbec poprvé [20].

Tabulka 1: Přehled povolených složek jiných než sýr pro výrobu tavených sýrů, tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků [20]

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	ano
		obsah nejvýše 5 % hmot. laktózy ve finálním taveném sýru	
Jedlá sůl	ano	ano	ano
Bakteriální kultury	ano	ano	ano
Enzymy*)	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

*) zdravotně nezávadné se specifickými účinky

Codex Alimentarius definuje roztíratelný TS jako produkt vyrobený mletím, mícháním, tavením a emulgací pomocí tepla a tavicích solí, jednoho nebo více druhů sýrů s nebo bez přídavku mléčných složek nebo jiných potravin v souladu s touto normou [21].

O TS, i přes jejich velkou oblíbenost, koluje spousta mýtů a nepravd, z nich nejčastější jsou:

- tavené sýry jsou odkladištěm zbytků a závadných sýrů,
- tavené sýry jsou plné „éček“,
- tavený sýr je nevhodným zdrojem vápníku,
- bílkoviny v tavených sýrech mají nižší biologickou hodnotu,
- tavené sýry jsou výrobky s nezdravým tukem,
- tavené sýry obsahují laciné margaríny,
- tavené sýry jsou laciné, a tudíž musejí být méně kvalitní,
- nedávejte dětem tavené sýry, protože obsahují síru a ta způsobuje dírky v dětském srdci [22].

2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH ANALOGŮ

V následující kapitole budou charakterizovány suroviny pro výrobu TS a TSA a dále jejich výroba. TSA se vyrábí totožným postupem jako TS, rozdíl je pouze v použitých surovinách.

2.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Základní suroviny pro výrobu TS jsou přírodní sýry různých druhů, pitná voda, tavicí soli a další složky (máslo, sušené mléko, tvaroh, přísady ovlivňující chuť a barvu, sušená syrovátka aj.) [1,54,55]. Výběr surovin zahrnuje zvolení správného typu a množství, aby měl TS požadované složení, texturní a funkční vlastnosti [23, 24, 25].

2.1.1 Přírodní sýry

Úspěšná výroba TS závisí na správném výběru přírodních sýrů a na jejich kvalitě. Sýr je hlavní složkou TS, používá se v rozmezí 59–98 %. Pro dosažení specifických vlastností je možné použít jeden nebo více druhů sýrů nebo směsi sýrů různého stupně vyzrání. V některých zemích jsou TS vyráběné pouze z jednoho typu sýra jako je např. Čedar ve Velké Británii a Austrálii, Čedar, Gruyère a Mozzarella v USA a Kanadě a Ementál ve Francii a Německu [1, 26].

Kritéria pro výběr přírodních sýrů zahrnují požadovanou chuť, strukturu, konzistenci a úroveň pH u výsledného produktu. Zcela nevhodné je používání sýrů, které jsou jakýmkoliv způsobem degradovány (mikrobiální vady, sporující mikroorganismy), kvalita výsledného produktu by byla při použití takto poškozeného sýru rapidně snížena. K výrobě TS lze použít sýry s mechanickými vadami. Důležitým faktorem při zpracování je zralost přírodních sýrů. Čím vyzrálější sýr je použit, tím významnější jsou změny v texturních a reologických vlastnostech výsledného produktu. Delší skladování má za následek hydrolýzu bílkovin, zejména kaseinu, ta se projeví snížením proteinových interakcí ve zralém sýru. Výsledný produkt má po použití takového sýra měkkou konzistenci. Naopak mladé sýry mají vyšší procento neporušeného kaseinu vznikajícího v důsledku méně rozsáhlé proteolýzy, používají se proto z důvodu docílení elastické textury. TS, zejména sýrové pomazánky, jsou vyráběny ze směsi různých druhů přírodních sýrů. Blokované TS s dobrou krájitelností a pružností vyžadují převážně mladý sýr (70–90 % neporušeného kaseinu), zatímco středně zralý sýr (60–75 % neporušeného kaseinu) se používá pro sýrové pomazánky. Vzhledem k rozdílům v mikrostruktuře, složení a úrovni proteolýzy dávají různé druhy sýrů různé

konzistenční vlastnosti u hotových výrobků. Proto je všeobecně uznávané, že tvrdé a polotvrdé sýry, jako je Čedar, Gouda a Ementál, poskytují pevnější strukturu, oproti variantám s plísní, jako jsou Camembert a Niva. Sýry s plísní podstupují při zrání rozsáhlejší proteolýzu, proto mají méně neporušeného kaseinu než sýry tvrdé a polotvrdé [27, 28, 29, 30, 31].

Přestože je použití mladých sýrů z důvodu vynechání zráního procesu nákladově efektivnější, vyšší množství použité při výrobě může mít za následek nevýraznou chuť a gumovitou texturu výsledného produktu. Zlepšení profilu mladých sýrů lze dosáhnout enzymatickou úpravou. Sýr po použití enzymů dozrává během 1–3 dnů, na rozdíl od přirozené proteolýzy, která trvá až několika měsíců. Výsledná chuť takto upraveného sýra je 15–30krát výraznější. Dalším faktorem ovlivňujícím charakter výrobku je pH. Kyselé sýry jako feta mají hodnotu pH mezi 4,6 až 4,9 a vykazují suché, neelastické a drobivé vlastnosti. Jelikož je pH tohoto sýra v izoelektrickém bodě kaseinu, celkový náboj nesený molekulou bílkoviny je nulový. Nenabitá molekula bílkoviny pak hůře interaguje s molekulami vody, což vede ke vzniku drobivých a suchých sýrů. Tato agregace také představuje charakteristický bílý vzhled kyselých sýrů, protože větší bílkovinné aglomeráty zvyšují rozptyl světla. Naopak TS s vysokými hodnotami pH, 6 a více, jsou obecně měkčí a elastičtější, neboť bílkoviny jsou vysoce nabitě a jsou schopny pojmout více vody, což vede k vyšší vlhkosti ve výsledném produktu [32, 33, 34].

2.1.2 Tavicí soli

Nedílnou složkou TS jsou tavicí soli. Tavicí soli nejsou přímými emulgátory, neboť samy nepomáhají při homogenizaci tuku v sýrové matrici. Namísto toho umožňují rozptýlení tuku a homogenizaci prostřednictvím zvýšení schopnosti emulzifikace kaseinu přítomného v sýru, kde se nachází jako nerozpustný parakaseinát vápenatý. Přidání tavicí soli v množství přibližně 2–3 % vzhledem k celkové hmotnosti produktu pomáhá odstranit vápník vázaný na molekuly kaseinu. To umožňuje kaseinu přímo interagovat s tukem přítomným v matrici a emulgovat jej. Vzniká homogenní, stabilní produkt, s vysoce rovnoměrným rozptýlením tukových kuliček. Jako emulgátor v pravém slova smyslu tedy při výrobě TS vstupuje kasein. Ten ovšem své emulgační vlastnosti může projevit až po výměně vápenatých iontů za sodné. Mezi nejčastěji používané tavicí soli v průmyslu patří citronan sodný, hydrogenufosforečnan sodný a polyfosforečnan sodný. Používají se však i jiné soli, včetně základních jako fosforečnan sodnohlinitý, vinan sodnodraselný, fosforečnan sodný, difosforečnan tetrasodný, polyfosforečnan draselný, polyfosforečnan sodnovápenatý. Tyto

soli sestávají z monovalentního kationtu, obvykle sodíku, připojenému k nabitému polyvalentnímu aniontovému konci, který napomáhá rozpuštění tavicích solí v hydrofilní části sýrové matrice [1, 15, 26, 35].

Různé tavicí soli mají obvykle různé účinky na výsledný produkt. Aby se zajistily všechny požadované vlastnosti výsledného produktu, je běžnou praxí používání více typů tavicích solí s různými emulgačními schopnostmi. Obecně platí, že stupeň disociace kaseinu, pH a tvrdost TS se zvyšuje s rostoucími koncentracemi používaných tavicích solí a zároveň se snižuje tavitelnost produktu. Míra nárůstu je velmi závislá na konkrétní použité soli [36, 37].

Soli na bázi sodíku se v průmyslu hojně využívají, protože vytvářejí silnou slanou chuť, aniž by vyvolávaly hořkost jako jiné monovalentní kationtové soli. Z důvodů koronárních chorob a vysokého tlaku byl však proveden rozsáhlý výzkum výroby stabilního TS se sníženým obsahem soli. Variace monovalentních kationtů v soli je nejčastější metodou redukce sodíku, s použitím tavicích solí na bázi draslíku. Ačkoliv tyto soli mají vlastnosti, při kterých vzniká sýr se srovnatelnými texturami jako u použití sodných tavicích solí, tyto zvyšují hořkost výrobku, což omezuje míru nahrazení sodíku draslíkem při zachování spokojenosti zákazníků [38, 39, 40].

Tavicí soli mohou za pomoci tepla a namáhání podporovat sérii koordinovaných fyzikálně-chemických změn ve směsi sýrů, které v důsledku toho vedou k rehydrataci agregovaného para- κ -kaseinu a jeho přeměně na aktivní emulgátor. Nerozpustný parakaseinát vápenatý je přeměněn na rozpustnější parakaseinát sodný [1, 26, 36].

Úlohy tavicích solí jsou následující:

- výměna vápenatých iontů za ionty sodíku → zvýšení rozpustnosti kaseinu ve vodě,
- peptizace a solubilizace proteinů,
- hydratace a bobtnání proteinů,
- emulgace tuku a stabilizace emulze,
- kontrola a stabilizace pH,
- po ochlazení vytvoření finální struktury pomocí hydrofobních interakcí a vodíkových, vápníkových a disulfidických můstků [1].

I přesto, že je použití tavicích solí nezbytným a důležitým krokem při výrobě TS, předávkování (tj. vysoký obsah fosforu) může vést k vyšší hořkosti ve výsledném produktu.

V současné době se však vyrábí i TS bez přídavku tavicích solí, hlavním důvodem je pravděpodobně obava spotřebitelů z použití tavicích solí jakožto potravinářských přídatných látek. Složení tohoto výrobku obsahuje mimo běžné součásti i mléčný minerální koncentrát. Právě mléčný minerální koncentrát ve složení tohoto sýra přirozeně obsahuje fosforečnany, které plní úlohu tavicích solí. S ohledem na skutečnost, že je šířeno špatné povědomí o přídatných látkách (označených symbolem „E“), hledají výrobci TS možnosti, jak jejich používání omezit nebo se jim zcela vyhnout. Mléko a suroviny mléčného původu, tedy i použitý mléčný minerální koncentrát, obsahují přirozeně minerální látky, z nichž zejména dominují vápník a fosfor [41, 42].

2.1.3 Mléčné tuky

Ačkoliv je přibližně 90 % tuku v TS tvořeno ze základu přírodního sýra, vyžadují TS přidání menšího množství tuku do směsi, aby byly zajištěny uspokojivé organoleptické vlastnosti (zejména textura a chuť). Jako doplňkové tuky jsou využívány především mléčné tuky včetně másla a smetany. Rozsah homogenizace je důležitým faktorem při výrobě, neboť velikost, distribuce a množství tukových kuliček přímo ovlivňuje fyzikální vlastnosti produktu. Tukové kuličky přítomné ve výrobku působí jako slabé body ve struktuře, což umožňuje snadné zlomení při deformacích, jako je žvýkání. Sýry s vyšší homogenizací snižují křehkost, což vede k pevnějším sýrům [1, 10, 26, 43, 44, 45].

2.1.4 Ostatní mléčné složky

Vzhledem k tomu, že přírodní sýr je vysoce nákladnou složkou při výrobě TS, lze použít i jiné mléčné bílkoviny. Nejčastěji používanou mléčnou bílkovinou je kasein vzniklý sladkým srážením, dále je hojně využívané sušené odstředěné mléko, tvaroh a sušená syrovátka, příp. syrovátkové proteiny [1, 26, 46].

2.1.5 Ostatní suroviny a přídatné látky

Seznam povolených přídatných surovin a látek uvádí Codex Alimentarius.

Nepovinné suroviny

- smetana, máslo a máselný tuk,
- mléčné produkty jiné než uvedené v předchozím bodě, obsah laktózy v konečném produktu nesmí být ovšem větší než 5 %,
- sůl (chlorid sodný),

- ocet,
- koření a jiná zeleninová ochucovadla,
- kultury neškodných bakterií a enzymů,
- pro účely aromatizace produktu mohou být suroviny, jiné než cukr, řádně tepelně upravené nebo jinak připravené, přidány v takovém množství, aby měl produkt požadované vlastnosti (množství přísad nesmí překročit 1/6 hmotnosti pevných složek v konečném produktu).

Potravinářské přídatné látky

Tavicí soli – maximální množství ve výsledném produktu nesmí překročit 40 g/kg, jednotlivě nebo v kombinaci, počítáno jako bezvodé látky. Přidané sloučeniny fosforu by neměly překročit 9 g/kg.

- sodné, draselné a vápenaté soli mono-, di- a polyfosforečných kyselin,
- sodné, draselné a vápenaté soli kyseliny citrónové a / nebo kyseliny fosforečné s uhličitánem sodným a / nebo uhličitánem vápenatým.

Kyseliny / regulátory kyselosti – maximální množství ve výsledném produktu nesmí překročit 40 g/kg, jednotlivě nebo v kombinaci, počítáno jako bezvodé látky.

- kyselina citrónová,
- kyselina fosforečná,
- kyselina octová,
- kyselina mléčná,
- uhličitán sodný a / nebo uhličitán vápenatý.

Barviva

- Annatto,
- betakaroten, } Maximální množství ve výsledném produktu by nemělo překročit 600 mg/kg, jednotlivě nebo v kombinaci.
- chlorofyl včetně měďnatých chlorofylů,
- riboflavin,
- oleoresin z papriky,
- kurkumin. } Maximální množství limitováno správnou výrobní praxí.

Konzervační prostředky

- kyselina sorbová a její sodné a draselné soli,
 - kyselina propionová a její sodné a vápenaté soli,
 - nisin – maximální množství 12,5 mg čistého nisinu na kg [21].
- } Množství ve výsledném produktu
max. 3 g/kg, jednotlivě nebo
v kombinaci.

Jednou z potravinářských přídatných látek a surovin používaných při výrobě TS jsou aromata a ochucující složky. Poskytují spotřebiteli širší výběr, což vede ke zvýšené spotřebě. Ve srovnání s přírodním sýrem se u TS a TSA nikdy nevyvíjí individuální chuť, protože mikroflóra sýra, která vytváří komplexní chuťový vjem, je usmrcena tepelným ošetřením sýrové směsi. Proto jsou do TS a TSA přidávány složky jako šunka, salám, houby, krevety, garnáti, zelenina. Přidávány jsou obvykle v množství 15 g na 100 g směsi a většinou nemají velký vliv na konzistenci a strukturu TS a TSA, pokud jsou přidané složky prosté bakteriologických vad. Složky s vysokým obsahem soli (např. solená šunka) nebo s vyšší kyselostí (např. rajčatové pyré) mohou způsobit koagulaci kaseinu a odtok vody. Tyto složky se obvykle přidávají po homogenizaci a po procesu tavení pro zajištění jejich tvaru a struktury. Koření lze přidávat v množství 0,01 – 1,0 g na 100 g. Toto množství nemá vliv na konzistenci a strukturu TS. Koření se obvykle přidává na začátku procesu tavení, aby se zajistila rovnoměrná distribuce v sýrové hmotě a také aby se dosáhlo pasterace nebo sterilace [1, 44, 47].

Další potravinářské přídatné látky používané jako konzervační látky v TS jsou známé jako bakteriociny. Jedná se o polypeptidové sloučeniny produkované mnoha bakteriemi mléčného kvašení, které mohou inhibovat růst patogenních a nežádoucích mikroorganismů v mléčných a potravinářských výrobcích. Příkladem takové sloučeniny, která byla komercializována, je nisin a je produkovaná určitými kmeny *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*. Bylo prokázáno, že nisin vykazuje antibakteriální aktivitu proti grampozitivním bakteriím, jako jsou například tepelně odolné sporující mikroorganismy (např. *Clostridium* spp. a *Bacillus* spp.) a patogenní mikroorganismy patřící do rodu *Staphylococcus*, *Listeria* a *Salmonella* [48].

2.1.6 Voda

Voda je velmi důležitou součástí pro výrobu stabilní emulze. Tavicí soli potřebují vodu, aby se v ní mohly rozpustit a správně tím působily na kaseiny. Do směsi se přidává tolik vody, aby bylo dosaženo optimální konzistence. Při výpočtu je třeba mít na paměti, že při zahřívání

přímým vstříkáním páry přejde do směsi určité množství kondenzované vody. Voda může být přidávána na začátku zpracování, jako je tomu v případě TS v blocích a jednotlivých porcích, nebo po částech, jako v případě tavených sýrových pomazánek. Přidání pouze části vody na začátku zpracování zvyšuje koncentraci a působení tavicích solí na kasein [48, 49].

2.2 Suroviny pro výrobu tavených sýrových analogů

U TSA mohou být mléčné suroviny (tuky a/nebo bílkoviny) nahrazeny nemléčnými.

2.2.1 Rostlinné bílkoviny

Hlavními zdroji rostlinných bílkovin používaných při výrobě TSA jsou bílkoviny z luštěnin, zejména sójových bobů, lupiny a cizrny. Bílkoviny z luštěnin jsou komerčně dostupné jako koncentráty a izoláty s obsahem bílkovin přibližně 70–90 %. V hydrolyzátech vede enzymatická hydrolyza bílkovin ke vzniku široké škály produktů s odlišnými funkčními vlastnostmi. Velkou roli při výběru zdroje bílkovin hrají kromě funkčních vlastností také nutriční aspekty. Izolát sójového proteinu byl jedním z prvních rostlinných proteinů používaných pro částečnou nebo úplnou náhradu kaseinu. Nízká cena tohoto produktu z něj činí jednu z důležitých náhražek mléčných bílkovin. Ve srovnání s mléčnými bílkovinami mají sójové bílkoviny větší molekuly a nemají ve své struktuře zbytky fosfátů. Proto jsou hlavní vlastnosti sójových bílkovin (emulgační schopnost, tepelná stálost a rozpustnost) odlišné od vlastností mléčných bílkovin. Ošetření enzymy (např. alkalázy, trypsin atd.) jsou běžnou praxí pro zlepšení funkcí sójových proteinů [11].

Konzumace sóji je spojena s mnoha zdravotními přínosy, včetně prevence rakoviny, cukrovky, osteoporózy a obezity. Senzorická analýza sójových výrobků však naznačuje, že charakteristická sójová chuť se projevuje ve výsledném produktu, což není pro spotřebitele lákavé. Hrachová bílkovina je pro průmysl zajímavá díky vysokému obsahu bílkovin, nízkému riziku alergie (ve srovnání se sójovou bílkovinou) a vysoké rozpustnosti, která umožňuje snadnější manipulaci a přimíchávání do potravin s vysokou vlhkostí. Dalším přínosem hrachové bílkoviny je její přirozeně vysoký obsah lyzinu. Při smíchání s rýžovou bílkovinou, která je přirozeně bohatá na obsah aminokyselin cysteinu a metioninu, lze vytvořit nadstandardní složení aminokyselin, které je považováno za srovnatelné s bílkovinami získanými z mléka. [1, 26, 46, 50].

2.2.2 Rostlinné tuky a oleje

Nahrazení mléčného tuku rostlinnými tuky a oleji v tavených sýrových náhražkách si na počátku devadesátých let získalo zvýšenou popularitu díky zvýšenému povědomí veřejnosti o „nebezpečí“ cholesterolu vyskytujícím se u živočišných tuků. Hlavními rostlinnými tuky a oleji používanými k nahrazení mléčného tuku byly ty, které se extrahují ze sójových bobů, slunečnice, palmy a kokosu. Výběr rostlinného tuku a oleje je založen především na dostupnosti, ceně a stabilitě proti oxidaci a teplotě. Aplikací rostlinných tuků a olejů můžou vzniknout odlišné strukturní vlastnosti u TSA. Např. přimíchávání sójového oleje do sýrové směsi poskytuje výslednému výrobku tvrdost a přilnavost ale zároveň vede ke snížení soudržnosti a pružnosti. Výsledné složení tuků a olejů by tedy mělo být takové, aby bylo docíleno požadovaných vlastností [11, 51].

2.3 Výroba tavených sýrů a tavených sýrových analogů

Výroba TS a TSA může probíhat kontinuálně a diskontinuálně.

Při diskontinuálním způsobu tavení je jemně mletý sýr dopravován přímo do tavičky, kde se mísí s tavicími solemi, vodou a dalšími ingrediencemi. Některé tavičky s výměnnými nádobami umožňují naplnit a předem namíchat jednu várku, zatímco jiná se současně taví. Předběžné míchání má dva hlavní důvody:

- Umožňuje, aby fyzikálně-chemické změny, ke kterým dochází při zpracování (např. příjem vody bílkovinou), probíhaly při nižší teplotě tavení.
- Zajišťuje jednotnou kvalitu v konečném produktu

Po tavení následuje formování a chlazení taveniny [23, 52, 53].

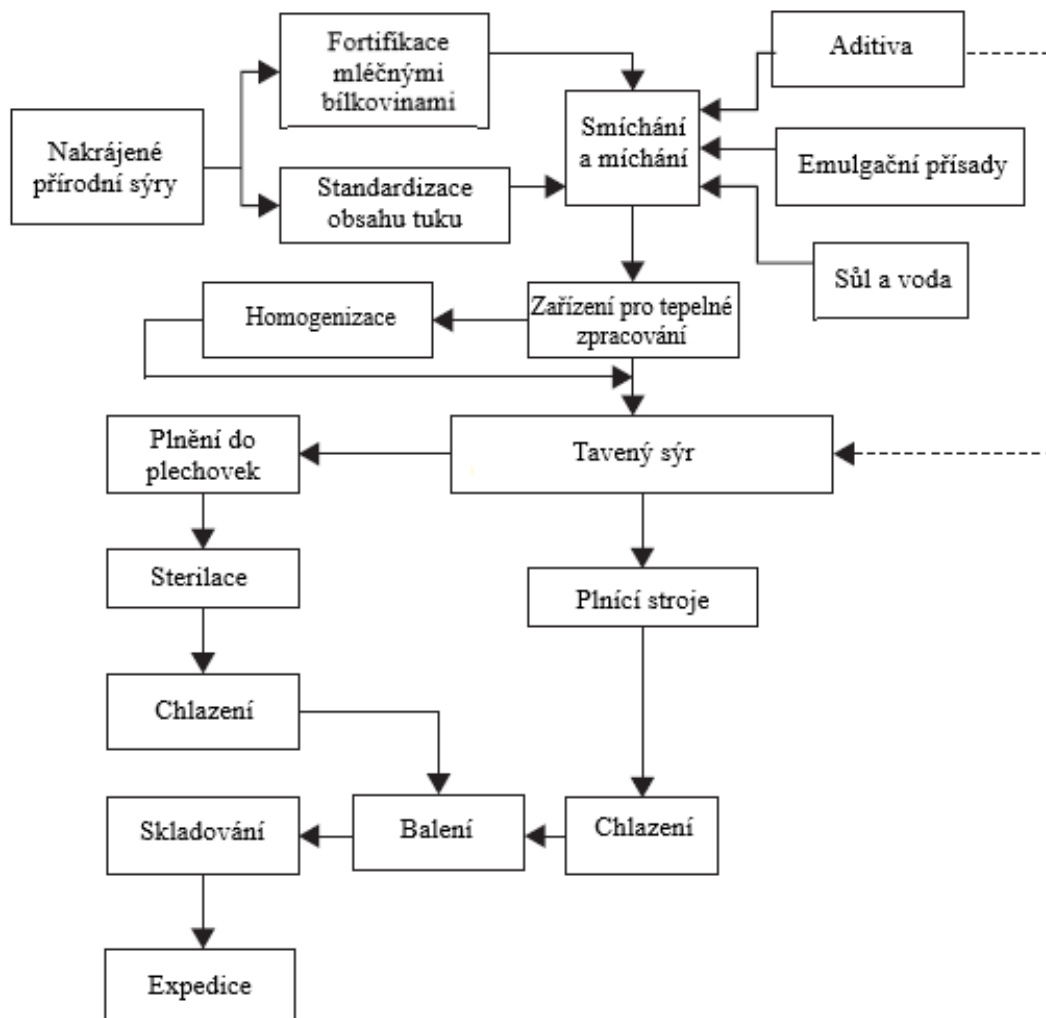
Základním principem kontinuální výroby je čerpání produktu při konstantním výkonu na jeden konec tavičky, zatímco na druhém konci nepřetržitě vychází pasterovaný nebo sterilovaný výrobek. Při využití kontinuálního způsobu výroby jsou ingredience připraveny v mixéru a standardizovány tak, aby bylo dosaženo požadované vlhkosti a množství tuku. Výsledná standardizovaná sýrová směs se čerpá zpětným ventilem do parní vstříkovací trysky. Úlohou parního vstříkovače je co nejefektivněji srážet páru do výrobku a za současného míchání vytvářet homogenní hmotu. Vstříkovač je začátek kontinuálního procesu tavení, další fází je sekce pro uchovávání produktu. Na druhém konci přidržovací sekce je zpětný ventil, který řídí tlak, což umožňuje, aby teplota produktu rychle stoupla na požadovanou hodnotu. Délkou přídržného potrubí se určuje doba zdržení produktu při dané

teplotě. Horká tavenina je následně formována a dochází k balení a následnému chlazení [1, 16].

Výroba TS zahrnuje následující hlavní kroky:

- Výběr různých druhů ingrediencí
 - Čištění a rozemletí sýra
 - Míchání s vodou a ostatními složkami
 - Tavení (zahřívání a míchání) směsi
 - Homogenizace roztavené směsi (volitelné)
 - Balení za horka a následné chlazení [1]
- } Příprava surovin

Výrobní proces lze v obecné rovině vyjádřit schématem (viz Obrázek 2).



Obrázek 2: Schématická ilustrace zobrazující výrobní fáze zpracovaných sýrových výrobků. Tečkovaná linka představuje alternativní trasu [1]

2.3.1 Příprava surovin

Příprava sýra obecně zahrnuje odstranění kůry pomocí rychlých škrabek poháněných motorem. Sýr se pomocí hydraulicky ovládaných lopatek nakrájí na segmenty, které jsou následně jemně namlety průchodem přes vysokorychlostní drtič nebo mlecí stroj. Kůra sýra může být rovněž zmenšena pomocí protisměrného otáčení válečků z nerezové oceli na částice dostatečně malé (<1 mm), aby byl umožněn adekvátní příjem vlhkosti během následného zpracování. Zmenšením velikosti částic sýra dochází ke zvětšení plochy, což zvyšuje homogenitu směsi. Maximalizovaná plocha povrchu sýra usnadňuje přenos tepla do směsi během následného zpracování a interakci mezi sýrem a jinými složkami (např. tavicími solemi) [17, 23, 56].

Po předběžném míchání se směs přesypává do zásobníků, které jsou nesený na kolech nebo kolejničích ke zdvihacímu zařízení, po zdvihnutí se směs vypouští do tavičky, kde se zpracovává. Pokud je vynechán krok předběžného míchání, suroviny se jednotlivě vkládají přímo do tavičky. Pořadí přidávání ingrediencí se může lišit, typickým pořadím je: mletý sýr, suchá směs tavicích solí a dalších mléčných složek (např. sušené odstředěné mléko), voda a ochucující složky. Pokud je doba tavení relativně krátká, tavicí soli mohou být rozpuštěny v části vody ještě před přidáním do směsi a pouze část vody je přidána na začátku zpracování. Tento postup minimalizuje dobu potřebnou pro rozpuštění tavicích solí během tavení, zvyšuje koncentraci a tím i účinnost tavicích solí při vytváření požadovaných fyzikálně-chemických změn ve směsi. Po uplynutí předem stanovené doby může být zbývající voda přidána ručně, pomocí čerpadla nebo vtažena vakuem dovnitř zásobníku. Ochucující složky mohou být přidány do směsi v později, aby se minimalizovala ztráta těkavých aromatických sloučenin [23, 52, 53].

2.3.2 Tavení směsi

Tavení představuje tepelné zahřívání směsi přímo nebo nepřímo parou, za stálého míchání. Aplikace vakua během tavení není nutná, ale může být použita k regulaci vlhkosti při přímém vstřikování páry a je také prospěšná při odstraňování vzduchu a tím zabránění přítomnosti vzduchu v hotovém výrobku.

Tavení má dvě hlavní funkce:

- Usmrtit případné patogenní a sporotvorné mikroorganismy a tím prodloužit trvanlivost produktu.

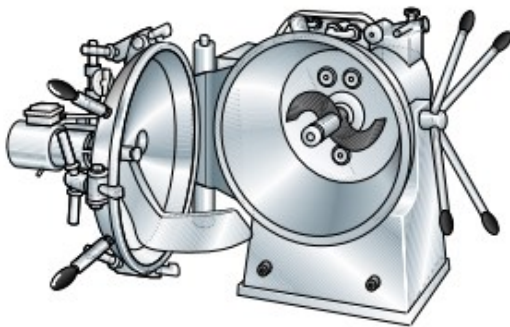
- Usnadnit fyzikálně-chemické a mikrostrukturální změny, které mění směs na konečný produkt s požadovanými vlastnostmi a fyzikálně-chemickou stabilitou.

Tavení se může provádět kontinuálním nebo diskontinuálním způsobem, jak již bylo uvedeno výše v textu. Tepelné zpracování se při diskontinuálním způsobu úpravy může lišit (např. 70–95 °C po dobu 4–15 minut) v závislosti na složení, rozsahu míchání, požadované struktuře produktu, výsledné trvanlivosti. Tepelné ošetření obvykle postačuje k usmrcení vegetativních buněk, ne k odstranění mikrobiálních spor. Teplota > 130 °C je považována za smrtelnou pro některé spory. Teplota až 140 °C může být dosažena při kontinuálním způsobu výroby. Používají se výměníky tepla, které maximalizují plochu kontaktu mezi topným médiem (např. nerezová ocel vyhřívaná párou, olejem nebo horkou vodou) a směsí, přičemž je nutno zajistit dostatečné promíchávání směsi z důvodu zabránění připalování na povrch. Při kontinuálním způsobu se směs obvykle zahřeje a udržuje na 140 °C po dobu 5–20 sekund a poté se ochladí na 70–95 °C bleskovým odpařováním vlhkosti v důsledku poklesu tlaku. Produkt se poté udržuje při této teplotě po dobu 4–15 minut, aby byl poskytnut dostatečný čas pro interakci různých složek směsi, aby došlo k žádoucím fyzikálně-chemickým změnám a vývoji požadované textury a směs postupně zhoustla. Zpracování může být prováděno také kontinuálně za použití extruze, při níž se směs čerpá přímo do dvousložkového extrudéru a pracuje se při teplotě 70–90 °C. Tato forma tavení má za následek vysoký stupeň hydratace bílkovin a může být použita k výrobě TS bez tavicích solí [16, 31, 57].

Ačkoliv je minimální teplota a doba tavení 65,5 °C po dobu 30 sekund, výrobci TS používají různé typy taviček s různými provozními podmínkami. Tyto tavičky se liší na základě způsobu výroby (diskontinuální a kontinuální způsob), typu směšovací a míchací systémů a mechanismu vytápění (nepřímé vytápění nebo přímé vstřikování páry). Součástí taviček (tavička pro diskontinuální výrobu TS je zobrazena na Obrázku 3 a 4) jsou jednoduché / dvojitě šneky nebo vysokorychlostní řezací nože. Jednoduché / dvojitě šneky pracují při nízkých rychlostech míchání v rozsahu od 50 do 150 otáček za minutu s teplotami od 70 do 90 °C po dobu 3 až 7 minut. Vysokorychlostní řezací nože fungují na 1500 až 3000 otáček za minutu při teplotě 95–100 °C po dobu 2 až 5 minut. Primárním způsobem vytápění používaným ve většině taviček je přímé vstřikování páry. Podmínky zpracování jako je doba a teplota tavení, rozsah míchání během tavení a rychlost chlazení mají významný vliv na funkční vlastnosti TS [1, 23, 26, 37, 58].



Obrázek 3: Tavička pro výrobu diskontinuálním způsobem, uzavřená [52]



Obrázek 4: Tavička pro výrobu diskontinuálním způsobem, otevřená a nakloněná pro vyprázdnění [52]

2.3.3 Homogenizace

Horká, roztavená hmota může být homogenizována v první fázi tlakem 15 MPa a ve fázi druhé tlakem 5 MPa.

Homogenizace má řadu výhod:

- Napomáhá dalšímu míchání a zmenšování velikosti hrubých nebo nerozpuštěných částic a tím přispívá k homogennějšímu a hladšímu konečnému produktu.
- Zvyšuje interakce mezi složkami směsi.
- Podporuje jemnější rozptyl tukových kuliček.
- Podporuje zahušťování.

Protože však homogenizace vyžaduje kapitálové investice, zvýšené provozní náklady a náklady na údržbu, je využívána hlavně pro TS s vysokým obsahem tuku [23, 59].

2.3.4 Balení za horka a chlazení

Při balení se obvykle zpracovaná směs dopraví (např. čerpá přímo nebo gravitačním spádem) z tavičky nebo homogenizátoru do plnicího stroje. Z důvodu mnoha specializovaných plnicích strojů je možné TS balit v několika formátech:

- jednotlivé porce (trojúhelníkovitý nebo kvádrovitý tvar),
- bloky,
- plátky,
- válcovité tvary,
- plnění do plechovek nebo tub [23, 60].

Obecně by obaly (primární i sekundární) měly být nepropustné a měly by výrobek chránit proti následujícím vlivům:

- dehydratace – ztráta vlhkosti způsobena odpařováním vody. Dehydratace může způsobit změny struktury, vzhledu a hmotnosti výrobku.
- Kontaminace výrobku mikroorganismy. Kontaminující mikroflóra by mohla obsahovat patogeny.
- Ztráta chuti / aroma, která může nastat z důvodu absorpce nežádoucích těkavých látek z okolního prostředí, během doby skladování, nebo migrací těchto látek a interakcí s obalovým materiálem.
- Pronikání kyslíku, které způsobuje oxidaci obsahu tuku, vede k rozvoji žluklé chuti a aroma. Přítomnost kyslíku také zvyšuje růst aerobních mikroorganismů, které mohou způsobit znehodnocení produktu.
- Prostup světla urychlující oxidační reakce.
- Mechanické poškození produktu během skladování, přepravy a uvádění na trh. Použitý obalový materiál by měl chránit TS [1].

Obalové materiály pro TS a TSA lze v podstatě rozdělit do dvou hlavních kategorií.

- 1) Balení, které je v přímém kontaktu s výrobkem (jednotlivé porce).
- 2) Vnější nebo přepravní obal, který napomáhá manipulaci s výrobkem.

Je zřejmé, že materiál, který je v přímém kontaktu s výrobkem, by měl mít určité specifické vlastnosti zajišťující bezpečný a vysoce kvalitní výrobek s co možná nejdelší trvanlivostí. Vnější obal by měl poskytovat nejen mechanickou oporu, ale také pohodlnou manipulaci.

U jednotlivých porcí s trojúhelníkovými / kvádrovitými tvary jsou jako obalové materiály nejběžněji používané dvojité potažené hliníkové fólie s plastovým laminátem. Výhody použití hliníkové fólie jako obalového materiálu jsou následující:

- dobrý vzhled,
- bez chuti a zápachu,
- dobré skládací schopnosti,
- vynikající bariéra proti vlhkosti a plynům,
- dobrý poměr hmotnosti k pevnosti,
- nepropustný pro světlo a mikroorganizmy,
- vysoce kvalitní povrch pro tisk
- není nutné použití laku, na povrchu se tvoří ochranná tenká vrstva oxidu, jakmile je obal vystaven vzduchu,
- lze laminovat papírem nebo plasty [1, 3, 61].

Mezi další používané obalové materiály patří papírové kartony pro skupinové balení, pro válce jsou využívána plastová střívká, plechovky jsou nejčastěji kovové a tuby a plátky jsou baleny do plastových obalů.

Texturní a funkční vlastnosti TS jsou ovlivněny konečným výrobním krokem – chlazením. Bylo vyzkoušeno, že rychlejší chlazení poskytuje měkčí produkt, zároveň se ale v případě balení do hliníkové fólie zvyšuje jejich lepivost k obalovému materiálu. Pomalejší ochlazování vytváří silnější a pevnější strukturu. [3, 61, 62, 63, 64].

Krémové TS (roztíratelné) musí být tedy zchlazeny co nejdříve, oproti TS v blocích, které musejí být chlazeny relativně pomaleji. Pomalé chlazení však může zesílit Maillardovu reakci a podpořit růst spor. Konečné produkty musí být následně skladovány při teplotách nižších než 10 °C, i když nízké teploty mohou vyvolat tvorbu krystalů. Tuhnutí (nebo krystalizace) tuku v nové matici, která je tvořena proteinovými interakcemi, přispívá k tvorbě struktury během chlazení. Předpokládá se, že při chlazení se stávají nově vzniklé

emulgované tukové kuličky nedílnou součástí proteinové matrice prostřednictvím různých molekulárních interakcí s parakaseinátovou maticí [1].

3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KONZISTENCI A FUNKČNÍ VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH ANALOGŮ

Existuje celá řada faktorů, která ovlivňuje to, jaké budou organoleptické a fyzikálně-chemické vlastnosti u výsledného produktu. Je velmi důležité, aby při výrobě TS byl mimo hlavní suroviny kontrolován: celkový obsah vápníku, obsah neporušeného kaseinu, pH, typ a množství tavicích solí, obsah laktózy, obsah syrovátkových bílkovin a druh a množství reworku přidaného do směsi [16].

Konzistence tavených sýrů a analogů může být ovlivněna mnoha faktory, které lze rozdělit do tří hlavních skupin:

- Složení konečného produktu (sušina, obsah tuku, bílkovin a laktózy, použití hydrokoloidů, emulgátorů atd.)
- Procesní parametry během výroby (zejména rychlost míchání, teplota tavení, délka výdrže tavicí teploty, rychlost chlazení)
- Podmínky během skladování (zejména teplota a délka skladování)

Konkrétněji však konzistenci výsledného produktu ovlivňuje kombinace těchto faktorů. Např. účinek rychlosti míchání značně závisí na době výdrže teploty [30, 65].

3.1 Vliv surovin

3.1.1 Syrovátkové bílkoviny

Syrovátkové bílkoviny se do TS dostávají zejména se sušenou syrovátkou či sušeným odstředěným mlékem, v přírodním sýru se nachází pouze stopy. Syrovátkové bílkoviny tvoří přibližně 20 % celkových bílkovin v mléce skotu. Přibližně 80 % bílkovin syrovátky v mléce tvoří dvě hlavní bílkoviny (β -laktoglobulin a α -laktalbumin). Jednou z důležitých vlastností β -laktoglobulinu z hlediska zpracování je přítomnost reaktivní volné sulfhydrylové skupiny v její primární struktuře. Syrovátkové proteiny jsou také vysoce citlivé na tepelné zpracování a je dokázáno, že denaturují mezi 60–70 °C. Tato teplotně indukovaná denaturace β -laktoglobulinu odkrývá volnou sulfhydrylovou skupinu, která má schopnost zesílení s jinými molekulami β -laktoglobulinu a κ -kaseinu prostřednictvím disulfidových vazeb. Vzhledem k tomu, že syrovátkové proteiny mohou mezi sebou navzájem i s kaseiny tvořit síť při vysokých teplotách, vysoká hladina syrovátkových bílkovin v TS ovlivňuje nejen jeho

organoleptické vlastnosti, ale může vést ke zvýšení pevnosti finálního produktu a snížení jeho tavitelnosti [16, 66, 67].

3.1.2 Rework

„Rework“ je termín používaný k popisu TS vyrobeného ve výrobním zařízení, který nelze z různých důvodů prodat. Jedná se převážně o zbytkový TS odstraněný z taviček, násypek a balicích strojů, TS, který byl odmítnut kontrolou kvality z důvodu např. nesprávné hmotnosti, balení nebo na základě vady kvality. Z ekonomických důvodů je tento rework začleněn do sýrové směsi a znovu zpracován. Obecně se množství reworku použitého na výrobu TS pohybuje mezi 2–15 %. Protože rework již prošel procesem emulgace a také obsahuje tavicí soli, může jeho přidání do čerstvé směsi během výroby způsobit potíže při zpracování a ovlivnit tak konečné funkční vlastnosti TS. Přidání reworku do směsi má tendenci snižovat tavitelnost a produkovat pevnější TS. Uvádí se, že maximální množství reworku, které lze přidat ke směsi bez jakýchkoliv nežádoucích účinků je 4 %.

Rework lze rozdělit do tří skupin:

- TS z mladého sýra s dlouhými bílkovinnými řetězci (nezralá surovina používaná ke zpracování)
- TS s krémovou strukturou
- Překrémovaný TS s jemnou strukturou

Rework z mladého sýra se používá v koncentraci od 1 % do 2 %, hlavní příčinou je zvýšení krémovitosti sýrových pomazánek, které obsahují vysoký podíl zralých nebo velmi zralých sýrů s neporušeným obsahem kaseinu v množství menším, než 65 %. Druhý typ reworku se používá pro TS typu blok, z důvodu zvýšení pevnosti a elasticity. Množství přidaného reworku se pohybuje od 2 % do 30 %, použité množství se ovšem doporučuje spíše nižší, než je maximum. Poslední typ (překrémovaný TS) se doporučuje přidávat v maximálním množství 1 %, může velmi snadno docházet k nadměrnému krémování produktu [16, 68].

3.1.3 Hydrokoloidy

Hydrokoloidy se velmi často používají při výrobě TS a jejich analogů a mohou hrát důležitou roli při vytváření jejich konečné struktury. Hydrokoloidy jsou biopolymery na bázi polysacharidů (např. přírodní a modifikované škroby, karagenany, arabská guma, karobová guma, xantanová guma, guarová guma, agar, pektin) nebo biopolymery na bázi proteinů

(např. kasein, kaseináty, syrovátkové proteiny, želatina), které se obvykle přidávají v nízkých koncentracích (obvykle necelé 1 %). Některé hydrokoloidy jsou schopny tvořit trojrozměrné strukturní gely (např. karagenan, agar, škrob). Na druhé straně existují také hydrokoloidy, které výrazně zvyšují viskozitu systémů bez skutečného formování gelu (např. karagenan, karobová guma). Během tavení dochází k hydrataci a bobtnání dispergovaných kaseinů a následně k vytvoření síťové struktury. Tento proces je způsoben tvorbou vodíkových vazeb, hydrofobních interakcí, vápenatých, disulfidových a fosfátových vazeb a vede ke zvýšení viskozity nazývané také „krémování“. Nevhodný hydrokoloid však může proces tavení mnohem ztížit. Úkolem výrobce je vybrat takový hydrokoloid, případně jeho směs, který mu pomůže dosáhnout výrobku o požadovaných vlastnostech [37, 69, 70, 71].

Termín hydrokoloid polysacharidového typu zahrnuje všechny polysacharidy, které jsou extrahované z rostlin, mořských řas a mikrobiálních zdrojů, stejně jako gummy získané z rostlinných exsudátů a modifikované polymery vyrobené chemickým nebo enzymatickým zpracováním škrobu nebo celulózy [69].

Dále v textu jsou blíže charakterizovány polysacharidové hydrokoloidy, které byly použity v praktické části této práce. Jedná se o potravinářské přídatné látky s kódy E 400–499, které se řadí mezi emulgátory, zahušťovadla a stabilizátory [72].

Guarová guma

Jedná se o potravinářskou přídatnou látku s kódem E412. Guarová guma je agrochemická látka zpracovávaná z endospermu semen luštěniny *Cyamopsis tetragonoloba*. Používá se ve formě prášku jako přísada v potravinářském, farmaceutickém, papírenském, textilním, výbušninovém a kosmetickém průmyslu. Průmyslové aplikace guarové gummy jsou možné díky její schopnosti vytvářet vodíkové vazby s molekulami vody. Používá se tedy hlavně jako zahušťovadlo a stabilizátor. Guarová guma účinně brání procesu synereze při výrobě TS a tím zlepšuje jeho strukturu a konzistenci. Chemicky je guarová guma exopolysacharid složený z cukrů galaktózy a manózy [72, 73].

Agar

Potravinářská přídatná látka s kódem E406. Agar – agar, také nazývaný jednoduše agar, byl prvním fykolooidem používaným jako potravinářská přídatná látka v naší civilizaci. Agar má svůj původ v Japonsku od roku 1658. Byl představen nejprve na dálném východě a později ve zbytku zemí produkujících mořské řasy. Jeho použití bylo zavedeno v Evropě

v roce 1859. Agar je extrahovaný ze skupiny červeno-fialových mořských řas třídy *Rhodophyceae* zahrnujících *Gelidium*, *Pterocladia* a *Gracilaria*. Fykokoloidy jsou želírovací produkty extrahované z mořských řas, které se využívají několika způsoby, výhradně kvůli jejich koloidním vlastnostem. Nejdůležitější jsou agar, algináty a karagenany, které se vyrábějí v průmyslovém množství a jsou ve formě čirých barevných prášků. Struktura agaru je charakterizována opakujícími se jednotkami D-galaktózy a 3,6-anhydro-L-galaktózy s několika málo variantami a nízkým obsahem esterů síranu. Mimořádná želírovací schopnost agaru je založena výlučně na vodíkových vazbách vytvořených mezi jeho lineárními galaktanovými řetězci, které poskytují vynikající reverzibilitu. V TS se využívá zejména z důvodu schopnosti vazby vody, stabilizačním vlastnostem a z důvodu tvorby termoreverzibilních gelů [72, 74, 75, 76].

Pektin

Jedná se o potravinářskou přídatnou látku s kódem E440. Pektin je převážně lineární polysacharid skládající se ze zbytků kyseliny α -D-galakturonové s malým podílem ramnózy a postranních řetězců vytvořených jinými cukry, např. galaktózy a arabinózy. Pektin je hlavní složkou všech rostlin a tvoří přibližně 2/3 suché hmotnosti primárních buněčných stěn. Komerční pektiny se získávají z citrusových plodů a jablek. Na základě suché hmotnosti obsahuje jablečný výlisek 10–15 % pektinu, zatímco citrusová kůra obsahuje 20–30 % pektinu. Pektin má široké využití, používá se jako emulgátor, želírovací činidlo, zahušťovadlo, stabilizátor a v nízkokalorických potravinách se využívá jako náhražka za cukr či tuk. Vzhledem ke gelující schopnosti pektinu se používá jako látka zvyšující viskozitu. Během procesu emulgace se molekuly pektinu adsorbují na jemných olejových kapičkách z rozhraní O/V a chrání kapku před koalescencí se sousedními kapkami. Kvalita emulgátorů je definována jeho schopností zajistit dlouhodobou stabilitu proti flokulaci a koalescenci. Některé pektiny vykazují povrchově aktivní chování na rozhraní O/V, a tím stabilizují jemné olejové kapičky v emulzi. V TS se se zvyšující koncentrací pektinu zvyšuje tuhost produktu. Pektiny zlepšují texturu a konzistenci TS vazbou vody, tvorbou gelu nebo zvýšením viskozity [72, 77, 78, 79, 80].

3.1.4 Zralost přírodního sýra

Přírodní sýr je hlavní složkou TS, jeho vlastnosti jsou tedy pro konečnou kvalitu TS nesmírně důležité. Během zrání sýrů se odehrávají tři významné biochemické procesy (proteolýza, lipolýza a metabolismus laktózy, laktátu a citrátu), které spolu s rozpustností

koloidního fosforečnanu vápenatého způsobují rozvoj chuti a texturních změn během zrání přírodního sýra. Proteolýza nepřímo souvisí s hladinou neporušeného kaseinu v sýru. Množství neporušeného kaseinu v TS zase ovlivní stupeň emulgace, stupeň agregace kaseinu a elasticitu finálně zpracovaného sýra. Zpracovatelé sýrů pečlivě vybírají poměr mladých a zralých přírodních sýrů ve směsi, aby plně využili kladných atributů obou [28, 81].

U mladých nezralých sýrů jsou molekuly kaseinu v původním stavu. Jejich emulgační vlastnosti jsou proto zachovány. Kasein hydrolyzovaný během zrání ztrácí své emulgační vlastnosti, čímž je ovlivněna finální struktura. Zvyšující se poměr zralé suroviny v sýrové směsi snižuje tuhost TS [61].

Hlavním faktorem, který přispívá k množství neporušeného kaseinu v TS, je druh a stáří přírodního sýra. Při zrání sýrů enzymy a zbytkové starterové bakterie mléčného kvašení přítomné v sýrech hydrolyzují proteiny na peptidy, čímž se snižuje množství kaseinu, který je stále přítomen v neporušené (nehydrolyzované) formě. Neporušený obsah kaseinu je tedy přímo úměrný stáří přírodního sýra. Mladé sýry mají vyšší procento neporušeného kaseinu vznikajícího z důvodu méně rozsáhlé proteolýzy, jsou používány převážně při výrobě produktu, u kterého vyžadujeme elastickou strukturu. Naopak čím vyzrálejší sýr je při výrobě použit, tím měkčí konzistenci můžeme z důvodu zvýšené hydrolýzy kaseinu očekávat [16, 82].

3.2 Vliv vlastností produktu

3.2.1 Celkový obsah vápníku

Hlavní složkou, která přispívá ke změnám v celkovém obsahu vápníku, je přírodní sýr. Celkový obsah vápníku v TS hraje roli nejen při jeho výrobě, ale také ovlivňuje jeho konečné funkční vlastnosti. Vysoký obsah vápníku v přírodním sýru vede k obtížím při výrobě, protože více vápníku musí být odděleno ze sýrových kaseinů tavicími solemi přidanými během výroby TS. Při zvyšování obsahu vápníku v TS dochází ke zvyšování pevnosti a zároveň snižování rozpustnosti [6, 16, 82].

3.2.2 pH

Bylo dokázáno, že pH ve výsledném produktu má významný vliv na jakost, mikrostrukturu a na typ proteinových interakcí ve výsledné emulzi TS. Výsledné pH kvalitního TS by se mělo pohybovat v rozmezí mezi 5,4 a 5,8. Pokud je hodnota pH pod 5,4 nebo nad 5,8, může

to mít za následek snižování stability sýra. TS s pH nižším než 5,2 má silnější interakce mezi bílkovinami, protože bílkoviny mají blíže k jejich izoelektrickému bodu. V jeho blízkosti dochází k podpoře agregace bílkovin, což vede ke slabší emulgaci tukové fáze v TS. Při pH vyšší než 6,1 má sýr otevřenou strukturu, a tím pádem je méně stabilní. V důsledku toho je konečné pH TS důležitým faktorem, který řídí konečnou strukturu a tím i konečné funkční vlastnosti TS. Druh a obsah tavicích solí a typ a stáří přírodního sýra používaného během výroby má výrazný vliv na konečné pH výsledného produktu [16, 83, 84, 85].

3.2.3 Laktóza

Obsah laktózy v TS je dalším kritickým parametrem, který je třeba kontrolovat. Vysoký obsah laktózy v TS může vést k tvorbě krystalů nebo Maillardovým reakcím. Odstředěné sušené mléko a sušená syrovátka jsou hlavními složkami, které přispívají k množství laktózy ve výsledném produktu. Krystalizace laktózy závisí na maximální koncentraci laktózy, která je rozpustná ve vodní fázi TS. Maximální koncentrace laktózy rozpustné ve vodě je 17 % při 20 °C. Proto je jako obecné vodítko důležité zachovat množství laktózy ve vodní fázi TS na méně než 17 %, aby se zabránilo krystalizaci laktózy. Další vadou, která vzniká v důsledku přidání složek bohatých na laktózu do TS, je Maillardova reakce, která vede k barevným a chuťovým změnám ve výsledném produktu. Teplota a délka skladování po výrobním procesu, jakož i pH TS, výrazně ovlivňuje hnědnutí výsledného produktu. Obecně by se TS neměl skladovat při teplotách vyšších než 35 °C po dobu delší než 6 týdnů [16, 86].

3.2.4 Vlhkost

Je známo, že voda snižuje tvrdost a zlepšuje tavitelnost produktu. Nevýhodou TS s vysokým obsahem vlhkosti je jeho náchylnost ke kažení. Během výroby TS lze očekávat kolísání vlhkosti z důvodu proměnlivosti nebo kvality surovin a podmínek zpracování. Analýza vlhkosti je proto jedním z důležitých kritérií kontroly kvality v hotovém výrobku, nejen proto, že je důležité dodržovat stanovené specifikace produktu, ale také proto, že kolísání vlhkosti může ovlivnit texturní vlastnosti a trvanlivost TS. Se zvyšujícím se obsahem vlhkosti se reologické chování TS mění z pevné konzistence na kapalnou. Zvyšující se obsah vlhkosti vede ke zvýšení pH a zvětšení objemu tukových kuliček [49, 82, 87].

3.3 Vliv procesních parametrů a skladování

TS jsou typické nekyselé potraviny, jejichž trvanlivost se může lišit v závislosti na použitých složkách, přísadách, procesu tavení (zejména teplota a doba zahřívání), použité technologii

balení atd. Trvanlivost však nepřesahuje 6–12 měsíců. Aby se dosáhlo delší trvanlivosti (minimálně 24 měsíců), je možné, aby se už zabalené TS podrobily sterilaci, jejíž teplota se může pohybovat od 115 do 125 °C po dobu 5–20 minut. Sterilace a dlouhodobé skladování při vyšších než chladících teplotách, však může způsobit významné změny v kvalitě TS. Účinek sterilačních teplot může způsobit proteinové reakce, které mohou ovlivnit jak barvu, tak konzistenci finálních produktů, např. reakci vázaného asparaginu a glutaminu s lyzylovým postranním řetězcem, Streckerovu degradaci aminokyselin, Miliardovou reakci atd. Během sterilace mléčných výrobků a jejich skladování mohou vznikat těkavé látky, které ovlivňují senzory kvalitu produktu. Koncentrace těkavých látek závisí na době a teplotě skladování [88, 89].

Důležitým procesním parametrem je i rychlost míchání. Během krátkých dob výdrže (3 minuty) jsou TS vyráběné při nižších rychlostech míchání (1000 otáček / minutu) pevnější než produkty vyráběné při vyšších rychlostech (1500 až 3000 otáček za minutu), zejména z důvodu ovlivnění velikosti tukových kuliček [65]. Důležitý vliv na konzistenci TS má i tavící proces. Tepelným ošetřením dochází jednak k usmrcení nežádoucí mikroflóry, což má za následek výrazné prodloužení trvanlivosti a zároveň k ovlivnění konzistence produktu. Se zvyšující se tavící teplotou dochází ke zvyšování tuhosti produktu, se snižující se naopak tuhost snižuje [90]. Poslední krok výroby TS, chlazení, má také významný vliv na konzistenci výsledného produktu, čím rychlejší chlazení zvolíme, tím měkčí strukturu získáme [1].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Primárním cílem této diplomové práce bylo sledování vlivu přídavku různých polysacharidových hydrokoloidů na funkční vlastnosti TSO. Pro dosažení tohoto hlavního cíle byly stanoveny následující dílčí cíle:

- Výroba modelových vzorků s použitím tří různých polysacharidových hydrokoloidů (guarová guma, agar, pektin) ve čtyřech rozdílných koncentracích (0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1,00 % (w/w)). Vyroben byl i kontrolní vzorek bez přídavku polysacharidu.
- Chemická analýza vyrobených vzorků, zahrnující stanovení pH, sušiny, stability a reologická analýza. Analýzy byly provedeny 1. den a 7. den po výrobě.
- Sledování a vyhodnocování reologických změn, způsobených vlivem přídavku polysacharidových hydrokoloidů a dobou skladování.
- Interpretace výsledků a stanovení závěrů.

5 METODIKA PRÁCE

5.1 Charakteristika experimentu

V rámci experimentu byly vyrobeny modelové vzorky TSO s obsahem polysacharidových hydrokoloidů (pektinu, agaru a guarové gumy) v koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 % (w/w). Celkově bylo tedy vyrobeno 12 různých vzorků a jeden vzorek kontrolní (bez použití hydrokoloidu). Modelové vzorky TSO měly teoretický obsah sušiny 30 % (w/w) a obsah tuku v sušině 66 % (w/w).

Po výrobě byly vzorky TSO podrobeny chemickým (stanovení pH, sušiny a stability) a reologickým analýzám. Analýzy byly provedeny 1. a 7. den po výrobě.

5.2 Výroba modelových vzorků

Na výrobu modelových vzorků TSO byly použity následující suroviny:

- Přírodní sýr Eidam; 30 % tuku v sušině, 50 % sušiny (w/w).

Složení: pasterované mléko, jedlá sůl, mléčné kultury.

Výrobce: Lacrum Velké Meziříčí, s.r.o., Česká republika.

- Olomoucké máslo; 82 % tuku v sušině (w/w).

Výrobce: Olma, a.s., Olomouc, Česká republika.

- Směs tavicích solí v poměrovém zastoupení:

- ✓ 26 % Na_2HPO_4 – Hydrogen fosforečnan sodný (DSP)

- ✓ 30 % NaH_2PO_4 – Dihydrogenfosforečnan sodný (MSP)

- ✓ 22 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ – Pyrofosforečnan sodný (TSPP)

- ✓ 22 % $(\text{NaPO}_3)_6$ – Hexametafosforečnan sodný (HEXA 69)

- Pitná voda

- Směs mono- a diacylglycerolů (MAG / DAG)

- Polysacharidové hydrokoloidy (agar, citrusový pektin, guarová guma).

Výrobce: Zdraví z přírody s.r.o., Zlín, Česká republika.

Surovinová skladba modelových vzorků TSO a složení tavicích solí jsou uvedeny v Tabulkách 2 a 3.

Tabulka 2: Surovinová skladba modelových vzorků TSO

surovina	množství (g)				
	<i>kontrola</i>	0,25 %	0,50 %	0,75 %	1,00 %
<i>Eidam</i>	221	210	210	210	210
<i>máslo</i>	192	209	215	218	225
<i>tavicí soli</i>	23	23	23	23	23
<i>MAG / DAG</i>	11	9	10	10	10
<i>voda</i>	566	546	538	534	522
<i>polysacharid</i>	-	2,5	5	7,5	10
součet	1013	1000	1001	1003	1000

Tabulka 3: Složení použitých tavicích solí

tavicí sůl	množství (g)
Na ₂ HPO ₄	6
NaH ₂ PO ₄	7
Na ₄ P ₂ O ₇	5
(NaPO ₃) ₆	5

Výroba modelových vzorků probíhala na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně, Fakultě technologické, Ústavu technologie potravin. Nejdříve byly pevné složky (přírodní sýr, máslo) zbaveny obalového materiálu a následně nakrájeny na požadovanou frakci o velikosti cca 3x3 cm. Po nakrájení byly suroviny naváženy dle surovinové skladby spolu s tavicími solemi, mono- a diacylglyceroly a pitnou vodou. Takto připravená směs byla označena jako kontrolní a byla nachystána pro další zpracování. Stejným postupem byly připraveny i ostatní dílčí vzorky, oproti kontrolnímu se lišily pouze přidáním polysacharidových hydrokoloidů. Po navážení všech složek potřebných pro přípravu byly přesunuty k zařízení pro výrobu TSO – Vorwerk Thermomix TM 31. Nejprve byl do výrobniku vložen nakrájený přírodní sýr, který byl pomocí nožů nařezán na požadovanou frakci, při rychlosti nožové sestavy 7. Následně byly vsypány zbylé suroviny, společně s vodou, byla nastavena teplota 100 °C a započal proces tavení při rychlosti 5. Jakmile vznikla homogenní směs, byl do ní vložen teploměr. Vlastní tavicí teplota byla 90 °C s dobou výdrže 1 minutu. Hotová utavená směs byla nalévána do polypropylenových vaniček, které byly zažehleny hliníkovou fólií a příslušně označeny. Hotové vaničky s modelovými vzorky TSO byly ponechány 2 hodiny při laboratorní teplotě a poté uloženy do lednice a skladovány při teplotě 6 ± 2 °C do doby analýzy.

5.3 Chemická analýza

Z řad chemických analýz bylo u modelových vzorků TSO provedeno stanovení pH, celkového obsahu sušiny a stability. Analýzy proběhly 1. den a 7. den po výrobě.

5.3.1 Stanovení pH

U modelových vzorků TSO bylo za pomoci vpichového pH metru (Spear Eutech, Eutech Instrument, Nizozemsko) stanoveno pH. Elektroda vpichového kalibrovaného pH metru byla vsunuta do třech náhodných míst vaničky se vzorkem a po ustálení hodnoty došlo k jeho odečtení a zapsání [91].

5.3.2 Stanovení celkového obsahu sušiny

Stanovení celkového obsahu sušiny bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 5534 [92]. Do předem vysušených hliníkových misek s křemenným pískem a skleněnými tyčinkami byly pomocí analytických vah naváženy vzorky TSO v množství přibližně 3 g s přesností na čtyři desetinná místa. Vzorek byl spolu s křemenným pískem promíchán pomocí skleněné tyčinky. Misky byly vloženy do sušárny, proces sušení probíhal při teplotě 102 ± 2 °C po dobu cca 5 hodin, do konstantního úbytku hmotnosti. Po vysušení byly horké misky přemístěny do exsikátoru, kde došlo k jejich ochlazení. Ochlazené vzorky byly opět zváženy na analytických vahách. Každý vzorek byl analyzován třikrát.

Celkový obsah sušiny byl vypočten ze vztahů:

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

$$WS = 100 - w$$

kde:

w ... obsah vody [% (w/w)]

m_0 ... hmotnost hliníkové misky s křemenným pískem [g]

m_1 ... hmotnost hliníkové misky s navázkou a křemenným pískem před sušením [g]

m_2 ... hmotnost hliníkové misky s navázkou a křemenným pískem po sušení [g]

WS ... obsah sušiny [% (w/w)] [93]

5.3.3 Stanovení stability

Do plastových zkumavek bylo pomocí analytických vah naváženo přibližně 5 g modelových vzorků TSO s přesností na čtyři desetinná místa. Po navážení byly zkumavky pevně uzavřeny plastovým víčkem a na 20 minut vloženy do centrifugy při 6000 otáček / min. (EBA 21, Hettich Zentrifugen, Huttlingen, Německo). Po odstředění byl supernatant opatrně vyliť a sediment ve zkumavce zvážen. Každý vzorek byl analyzován třikrát.

Stabilita byla vypočtena ze vztahu:

$$S = \left(\frac{F_1}{F_0} \right) \times 100$$

kde:

S ... stabilita [% (w/w)]

F₁ ... hmotnost zkumavky se sedimentem po odstředění [g]

F₀ ... hmotnost zkumavky se vzorkem před odstředěním [g] [94]

5.4 Dynamická oscilační reometrie

Dynamická oscilační reometrie patří mezi nejvyužívanější metody pro zjištění viskoelastických vlastností potravin. Dochází při ní k řízené deformaci vzorku, při které se sleduje lineární viskoelastická odezva na velmi malou oscilační deformaci.

Dynamická oscilační reometrie probíhala na rotačním viskozimetru Thermo Scientific TM HAAKE RheoStress 1 (Bremen, Německo) s geometrií rovnoběžných desek o průměru 35 mm a mezerou 1 mm. Měřicí teplota byla nastavena na 20,0 ± 0,1 °C. Všechna měření byla provedena v oblasti lineární viskoelastivity s amplitudou smykového napětí 5 Pa a frekvencí v rozsahu 0,1 – 10,0 Hz. Vzorek TSO byl nanesen na geometrii mezi statickou a oscilující deskou reometru a následně probíhalo vlastní měření. Během něj byly sledovány tři parametry: komplexní viskozita (η^*), elastický (zásobní) modul pružnosti (G') a viskózní (ztrátový) modul pružnosti (G''). Každý vzorek byl změřen 1x.

Z naměřených hodnot byl vypočítán komplexní modul pružnosti (G^*), neboli celkový odpor vzorku proti deformaci, který je dán vztahem:

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

Dále byl pro referenční hodnoty frekvence 0,1 Hz, 1 Hz a 10 Hz vypočítán tangens fázového posunu, který je vyjádřen následovně:

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad [16, 111]$$

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Modelové vzorky TSO o obsahu 30 % sušiny (w/w) a 66 % tuku v sušině (w/w) s přidavkem polysacharidových hydrokoloidů (pektin, agar, guarová guma), byly podrobeny chemickým a reologickým analýzám.

6.1 Výsledky stanovení pH a celkového obsahu sušiny

Výsledky stanovení pH a sušiny prezentované jako průměr \pm směrodatná odchylka jsou uvedeny v Tabulce 4. Z výsledků je patrné, že hodnoty pH se pro všechny vzorky pohybovaly v rozmezí 5,76 – 6,08. Bylo zjištěno, že zvyšující se koncentrace polysacharidových hydrokoloidů ani doba skladování nemají na hodnotu pH zásadní vliv. Optimální pH pro TS se pohybuje v rozmezí 5,4 – 5,8 [16, 83, 85]. Stanovené hodnoty jsou vyšší než optimální. V literatuře bývá uváděno, že při pH vyšším než 6,1 mohou vznikat méně stabilní produkty [85], což se ovšem neprojevovalo (viz kapitola 6.2). Vyšší hodnoty pH jsou naopak u TSO žádoucí, protože díky nim mají produkty požadovanou tekutou konzistenci. Tento jev je způsoben odpuzováním proteinů, u kterých došlo díky nárůstu hodnoty pH ke zvýšení jejich negativního náboje. Na výsledných hodnotách pH se podílely zejména použité tavicí soli a také vyšší obsah vody [3, 17, 85, 95].

Tabulka 4: Výsledky stanovení pH a sušiny

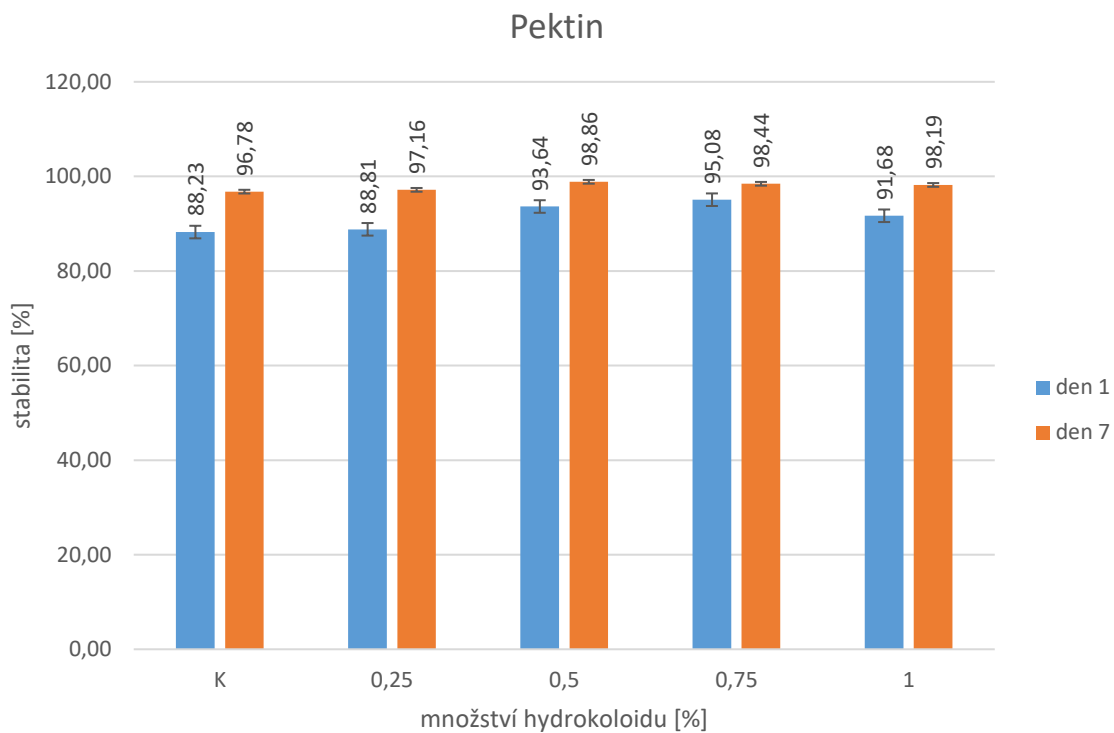
Hydrokoloid a jeho koncentrace [%]		pH [-]		sušina [%]	
		den 1	den 7	den 1	den 7
pektin	0	5,94 \pm 0,04	5,96 \pm 0,02	32,03 \pm 0,34	32,06 \pm 0,01
	0,25	5,93 \pm 0,02	5,98 \pm 0,02	32,78 \pm 0,11	33,22 \pm 0,37
	0,50	5,90 \pm 0,02	5,93 \pm 0,08	33,92 \pm 0,32	34,15 \pm 0,09
	0,75	5,85 \pm 0,01	5,93 \pm 0,08	34,33 \pm 0,51	34,44 \pm 0,33
	1,00	5,76 \pm 0,04	5,80 \pm 0,07	33,60 \pm 0,50	34,62 \pm 0,48
agar	0	5,94 \pm 0,04	5,96 \pm 0,02	32,03 \pm 0,34	32,06 \pm 0,01
	0,25	5,96 \pm 0,02	5,79 \pm 0,05	33,47 \pm 0,91	33,02 \pm 0,31
	0,50	5,98 \pm 0,02	5,94 \pm 0,02	34,08 \pm 0,36	34,22 \pm 0,11
	0,75	5,96 \pm 0,01	5,99 \pm 0,04	34,18 \pm 0,45	34,27 \pm 0,15
	1,00	5,88 \pm 0,05	6,00 \pm 0,06	35,34 \pm 0,13	35,72 \pm 0,04
guarová guma	0	5,94 \pm 0,04	5,96 \pm 0,02	32,03 \pm 0,34	32,06 \pm 0,01
	0,25	5,95 \pm 0,02	6,08 \pm 0,02	33,04 \pm 0,14	33,42 \pm 0,08
	0,50	5,88 \pm 0,04	5,98 \pm 0,01	34,23 \pm 1,10	34,29 \pm 0,17
	0,75	5,95 \pm 0,02	6,04 \pm 0,02	34,26 \pm 0,42	35,06 \pm 0,07
	1,00	5,93 \pm 0,01	5,93 \pm 0,04	36,40 \pm 0,49	36,12 \pm 0,06

Obsah sušiny se u všech vzorků pohyboval v rozmezí 32,03 – 36,40 %. Z Tabulky 4 je zjevné, že kontrolní vzorky vykazovaly asi o 1 % nižší obsah sušiny než TSO s přidavkem polysacharidů. Zvyšující se koncentrace polysacharidových hydrokoloidů, ani doba skladování obsah sušiny výrazně neovlivnily. Surovinová skladba TSO byla modelována na obsah sušiny 30 %, to je ovšem pouze teoretická hodnota. Ta skutečná je závislá především na skutečné sušině použitých surovin (zejména přírodního sýra a másla). Srovnatelný obsah sušiny u vyrobených TSO je nutný pro možnost jejich vzájemného porovnání. Obsah sušiny totiž významně ovlivňuje reologické vlastnosti TSO [3, 61, 96].

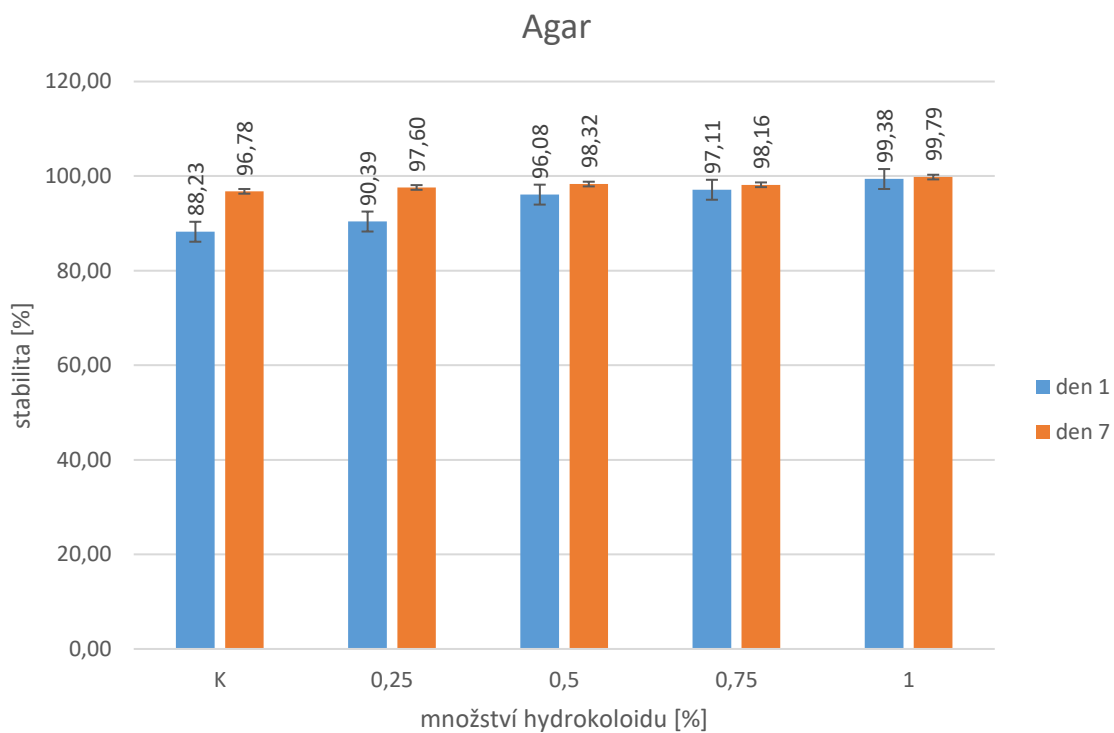
6.2 Výsledky stanovení stability

Stabilita vzorků byla sledována z toho důvodu, že během skladování TSO, jakožto emulzí typu olej ve vodě, může docházet k separaci hydrofobní a hydrofilní fáze. Stabilita emulzí též ovlivňuje reologické vlastnosti, především viskozitu [97]. Výsledky stanovení stability (vyjádřené jako průměry s chybovými úsečkami) jsou prezentovány na Obrázcích 5–7. Z výsledků vyplývá, že stabilita všech TSO s přidavkem polysacharidových hydrokoloidů byla vyšší než u kontrolního vzorku (rozdíly se pohybují mezi 0,6 – 11,8 %). Stabilita rostla s rostoucí koncentrací agaru a guarové gummy. Nejvýraznější nárůst stability byl pozorován u přidavku těchto polysacharidů v množství 0,25 a 0,5 % po 1 dni skladování (asi o 2 – 6 %). Další přidavky hydrokoloidů (0,75 a 1 %) již stabilitu zvýšily jen nepatrně (max. o 3 % u agaru, a 0,05 % u guarové gummy). Po 7. dnech skladování pak nárůst stability s rostoucí koncentrací agaru a guarové gummy nepřesáhl 3 %. V případě použití pektinu stabilita s jeho rostoucí koncentrací kolísá v rozmezí cca 6 % (po 1 dni skladování), resp. 2 % (po 7 dnech skladování).

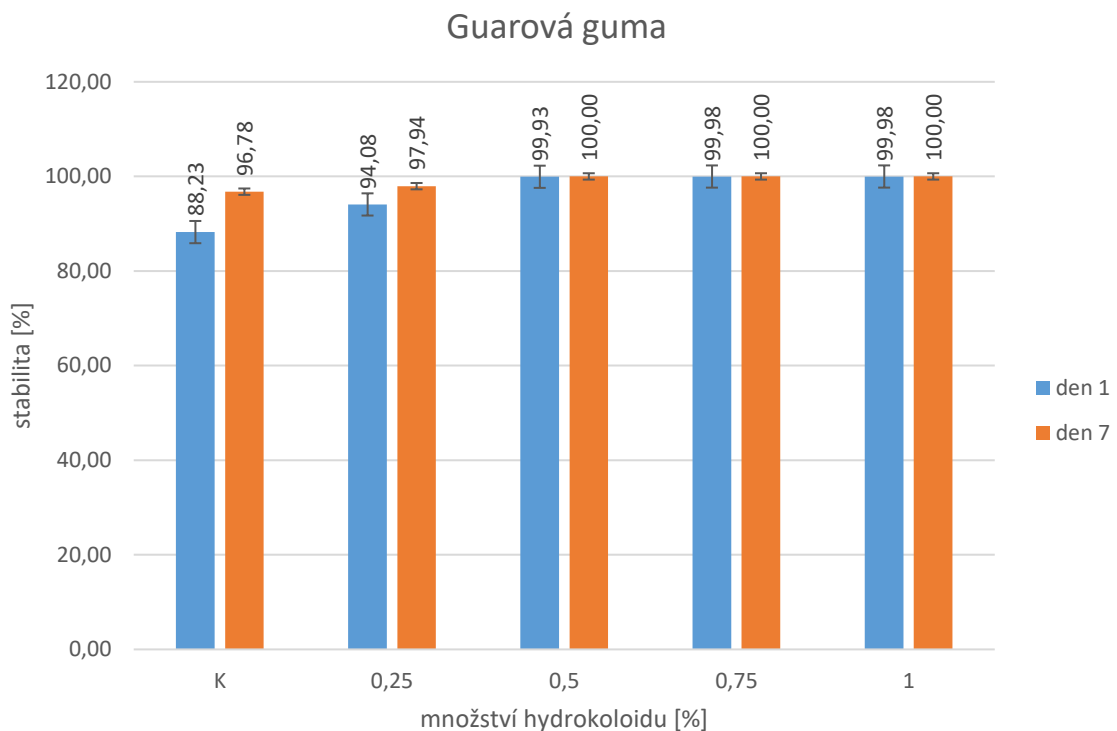
Stabilita všech TSO je po 7. dnech skladování vyšší než po 1. dni. V případě kontroly je to o 8,6 %, v případě jednotlivých hydrokoloidů pak o 0,02 – 8,4 % v závislosti na použité koncentraci. Obecně je stabilita všech TSO vysoká a dosahuje 88,23 – 100 %. Srovnáme-li jednotlivé hydrokoloidy, jeví se jako nejúčinnější stabilizátor guarová guma (stabilita po 7. dnech 97,94 – 100 %), následovaná agarem (97,60 – 99,79 %) a pektinem (97,16 – 98,86 %). V rámci experimentu tak bylo potvrzeno, že všechny tři použité polysacharidy lze pro účely TSO využít jako stabilizátory. Tyto hydrokoloidy podporují tvorbu gelu, zabraňují synerezi a separaci jednotlivých složek [72, 73, 77].



Obrázek 5: Závislost stability na použitém množství hydrokoloidu pro TSO s pektinem po 1 a 7 dnech skladování



Obrázek 6: Závislost použitého množství hydrokoloidu na stabilitě pro TSO s agarem po 1 a 7 dnech skladování



Obrázek 7: Závislost použitého množství hydrokoloidu na stabilitě pro TSO s guarovou gumou po 1 a 7 dnech skladování

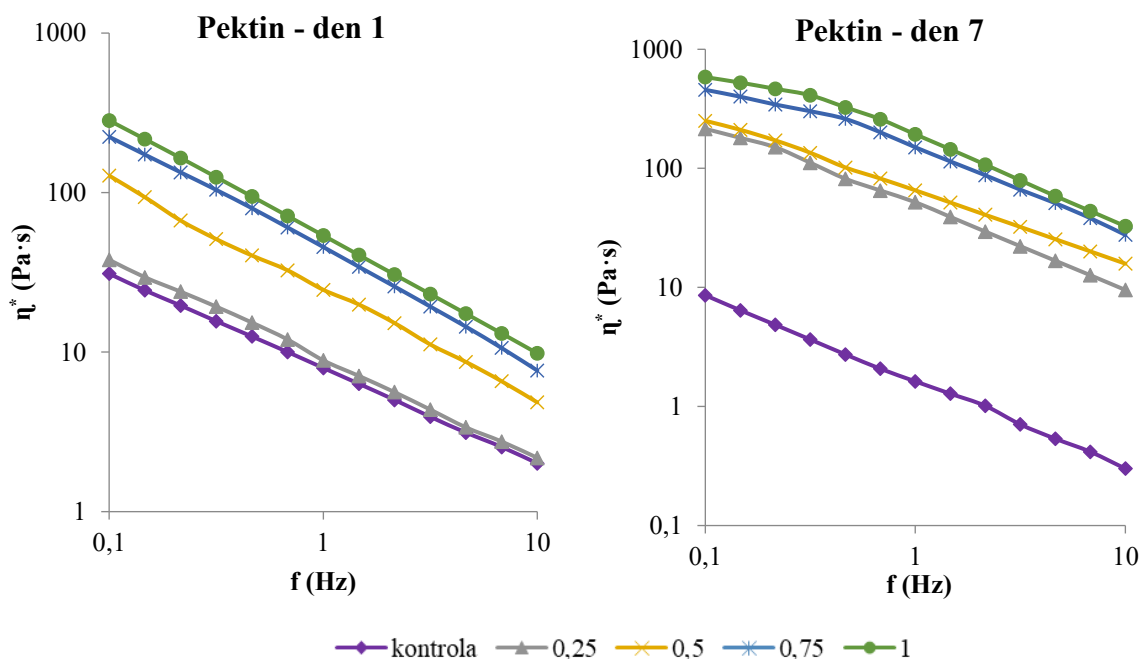
6.3 Výsledky reologické analýzy

Výsledky reologické analýzy jsou prezentovány jako závislosti komplexní viskozity a elastického, viskózního a komplexního modulu pružnosti na frekvenci. Obrázky 8–10 vyobrazují závislosti viskozity na frekvenci v 1. a 7. den skladování. Z grafů vyplývá, že s rostoucí frekvencí komplexní viskozita klesá, naopak s rostoucí koncentrací polysacharidu komplexní viskozita roste. Viskozita obecně vyjadřuje schopnost téct [98].

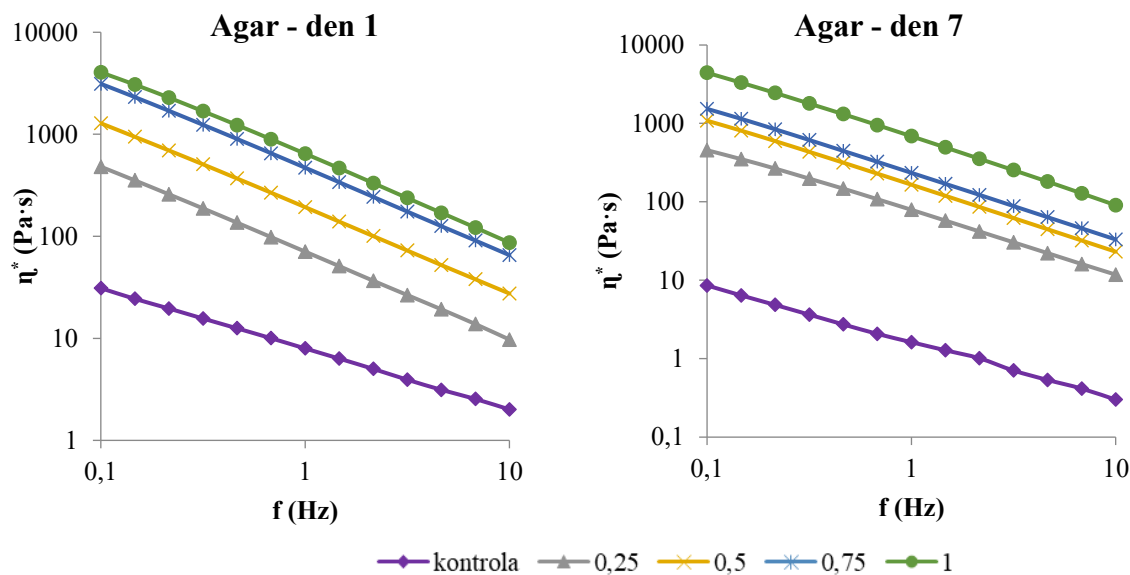
Pektin vykazuje nejmenší nárůst komplexní viskozity ze všech tří polysacharidů. Na Obrázku 8 můžeme vidět, že první den byl největší nárůst u vzorku s koncentrací 0,50 %, viskozita vzrostla vůči vzorku s nižší koncentrací o 177 % (pozn.: všechny dále uváděné změny byly počítány pro hodnotu frekvence 1 Hz). Následoval nárůst u koncentrace 0,75 % o více než 85 %. Ostatní koncentrace vykazovaly také nárůst, ovšem ne tak zásadní. Komplexní viskozita vzrostla oproti kontrolnímu vzorku 6,7x. V sedmý den byl přírůstek viskozity o mnoho výraznější, u vzorku s 0,25 % použitím polysacharidu vzrostla viskozita 32x vůči kontrole. Komplexní viskozita vzrostla mezi kontrolou a přídatkem 1 % bez mála 119x.

Z Obrázku 9 je na první pohled patrné, že v den 1 docházelo postupně se zvyšující se koncentrací agaru ke snižování nárůstu viskozity. Největší nárůst byl u koncentrace 0,25 %, viskozita vzrostla bez mála 9x, následované koncentrací 0,50 % (nárůst o 173 %). Komplexní viskozita vzrostla mezi kontrolou a přidavkem 1 % více než 80x. V sedmý den byl opět největší nárůst viskozity u vzorku s použitím polysacharidu v množství 0,25 %, vzrostla bez mála 49x, tedy o více než pěti násobek, oproti prvnímu dni. Komplexní viskozita vzrostla mezi kontrolou a přidavkem 1 % 422x, agar byl tedy jakožto hydrokoloid ze všech tří použitých nejúčinnější.

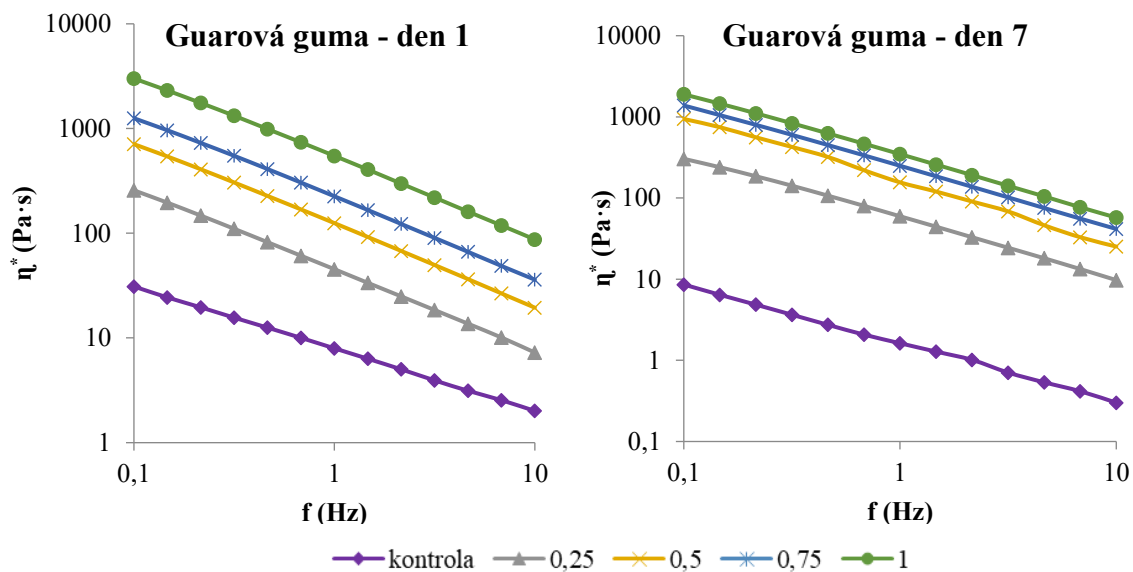
Použití guarové gummy vykazovalo při obou měřeních největší nárůst viskozity také u koncentrace 0,25 %, v den 1 nárůst o 470 %, v den 7 vzrostla viskozita více než 36x oproti kontrolnímu vzorku. Komplexní viskozita vzrostla mezi kontrolou a přidavkem 1 % v první den 69x, v den sedmý bez mála 214x (viz Obrázek 10).



Obrázek 8: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro TSO s pektinem po 1 a 7 dnech skladování



Obrázek 9: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro TSO s agarem po 1 a 7 dnech skladování



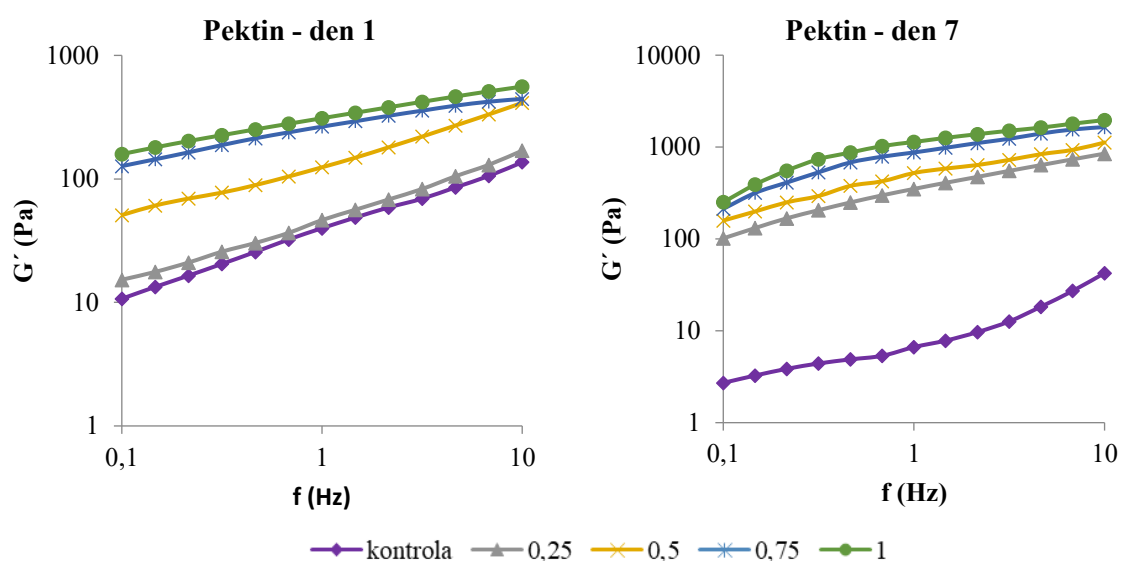
Obrázek 10: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro TSO s guarovou gumou po 1 a 7 dnech skladování

Obrázky 11–13 zobrazují závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci. Z obrázků je patrné, že s rostoucí frekvencí i rostoucí koncentrací polysacharidu elastický modul pružnosti roste.

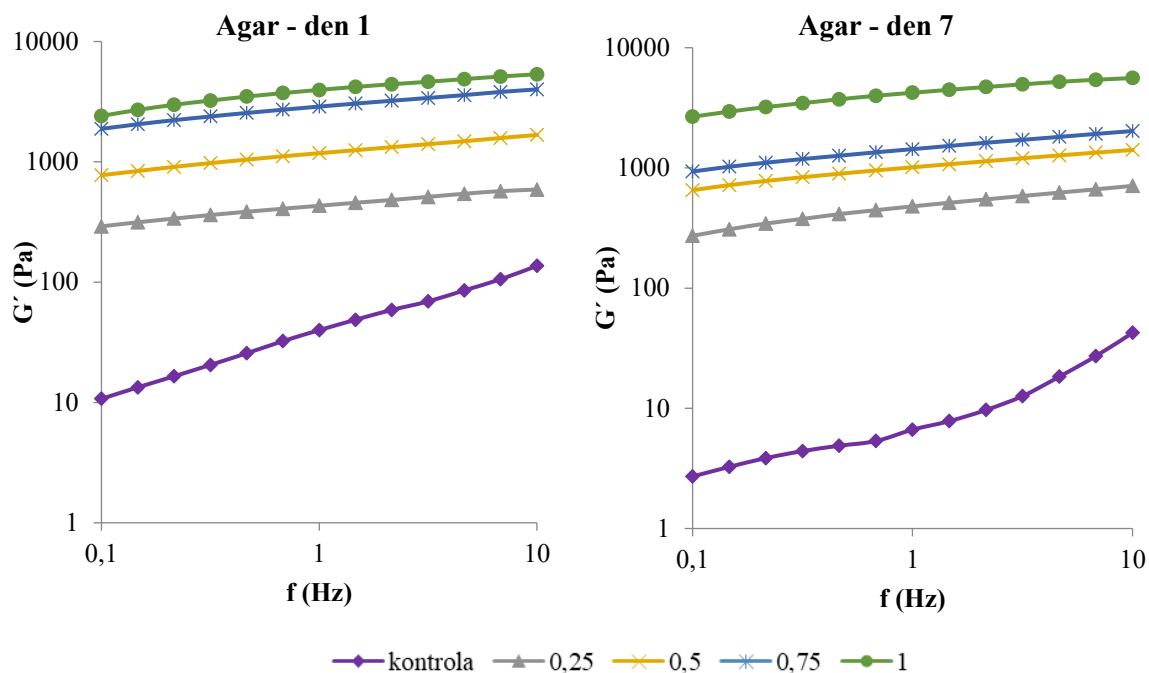
Na Obrázku 11 můžeme vidět, že u prvního dne, stejně jako u viskozity, byl u koncentrace 0,25 % malý nárůst G' (16 %). Významně zvýšená hodnota G' byla naměřena až u koncentrace 0,50 % (nárůst o 113 %). Hodnota G' mezi kontrolou a přidavkem 1 % vzrostla 8x (podobně nízký nárůst byl i u viskozity). V sedmý den vykazoval vzorek s koncentrací 0,25 % naopak velmi výrazný nárůst G' , ta stoupla 53x oproti kontrolnímu vzorku. Hodnota G' mezi kontrolou a přidavkem 1 % vzrostla více než 170x. Jedná se však o nejmenší nárůst ze všech použitých polysacharidů, pro první i sedmý den.

Agar vykazuje u prvního dne s jeho rostoucí koncentrací snižující se nárůst G' (viz Obrázek 12). Nejvyšší zvýšení G' (o více než 391 %) vykazoval vzorek s 0,25 % koncentrací, následovaný 0,50 % koncentrací (nárůst o více než 173 %) a 0,75 % koncentrací (zvýšení o 144 %). Hodnota G' vzrostla mezi kontrolou a přidavkem 1 % 99x. V sedmý den byl nevyšší nárůst také u vzorku s 0,25% koncentrací (G' stoupla 72x). Hodnota G' vzrostla pro sedmý den mezi kontrolou a přidavkem 1 % více než 635x. Ze všech použitých hydrokoloidů byl agar v první i sedmý den neúčinnější (stejně jako u viskozity).

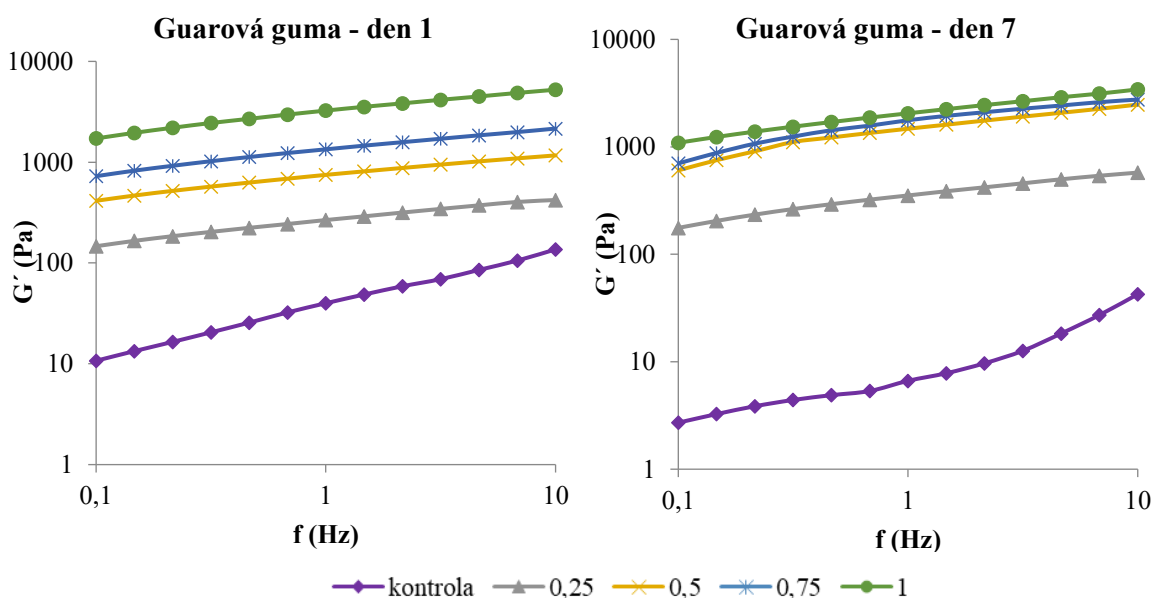
Guarová guma vykazovala, dle Obrázku 13, v první den měření nejvyšší nárůst G' u koncentrace 0,25 %, oproti kontrolnímu vzorku byla G' zvýšena téměř 7x. Ostatní přírůstky byly přibližně konstantní. Hodnota G' byla zvýšena mezi kontrolou a přidavkem 1 % 82x. Sedmý den vzrostla G' oproti kontrolnímu vzorku 53x, tedy bez mála 8x více než u prvního dne. Zbylé nárůsty G' se spolu se zvyšující se koncentrací polysacharidu snižovaly. Hodnota G' narostla mezi kontrolou a přidavkem 1 % více než 309x.



Obrázek 11: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s pektinem po 1 a 7 dnech skladování



Obrázek 12: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s agarem po 1 a 7 dnech skladování



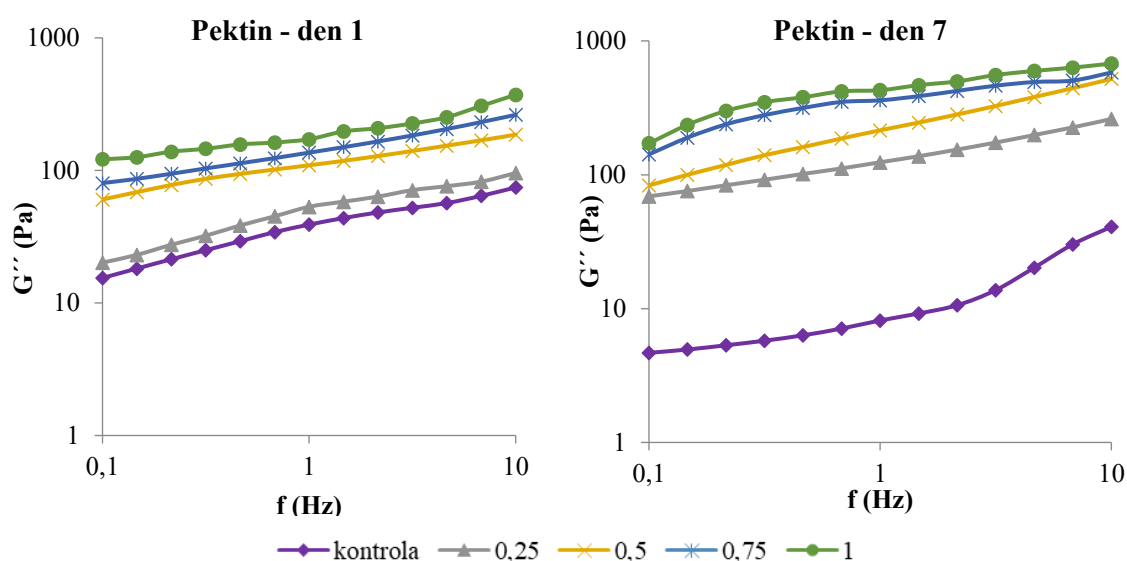
Obrázek 13: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s guarovou gumou po 1 a 7 dnech skladování

Obrázky 14 – 16 vyobrazují závislosti viskózního modulu pružnosti (G'') na frekvenci pro TSO v 1. a 7. den skladování. Z obrázků je patrné, že s rostoucí frekvencí i rostoucí koncentrací polysacharidu elastický modul pružnosti roste.

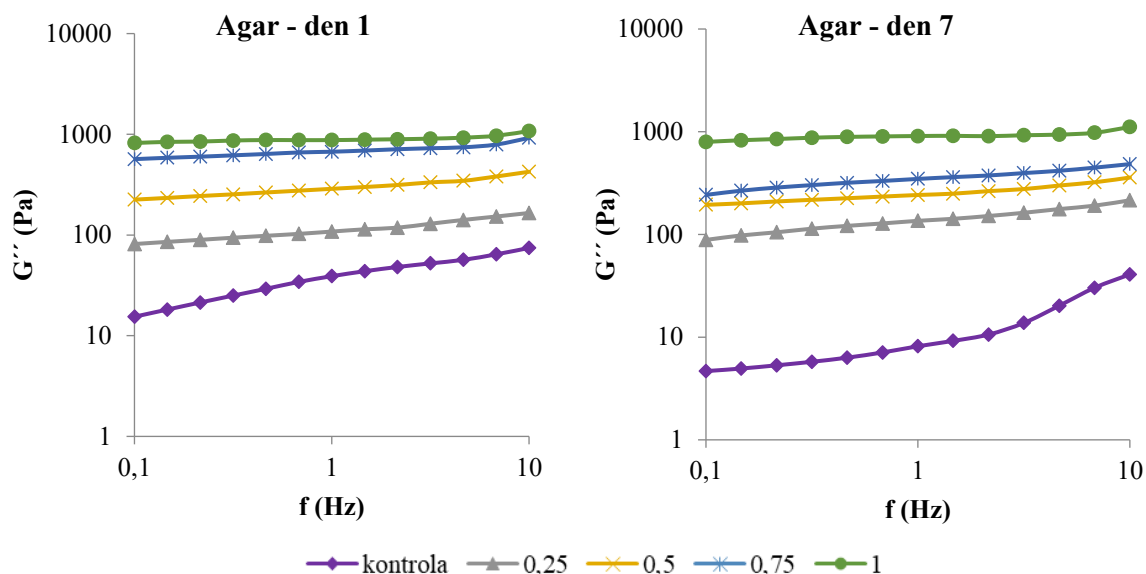
Na Obrázku 14 můžeme vidět jev opakující se stejně jako u viskozity či elastického modulu pružnosti. Vyšší nárůst G'' (o více než 105 %) je až u koncentrace 0,50 %. Zbylé koncentrace vykazují nízké zvýšení G'' (pár desítek procent). Hodnota G'' narostla mezi kontrolou a přidavkem 1 % více než 4x. V sedmý den narostla G'' u vzorku s 0,25% koncentrací více než 15x. Ostatní koncentrace vykazovaly také zvýšení jen o pár desítek procent. Hodnota G'' v sedmý den narostla mezi kontrolou a přidavkem 1 % téměř 53x. Jedná se, stejně jako u viskozity a elastického modulu pružnosti, o nejmenší nárůst ze všech používaných hydrokoloidů.

Agar vykazoval s rostoucí koncentrací hydrokoloidu snižující se zvýšení G'' produktu (viz Obrázek 15). Nárůsty G'' se pohybovaly od 177 % pro koncentraci 0,25 % až po 30 % pro koncentraci 1,00 %. Hodnota G'' narostla mezi kontrolou a přidavkem 1 % téměř 23x. V sedmý den došlo k výraznému zvýšení G'' pro koncentraci 0,25 %, vzrostla více než 16x. Hodnota G'' se zvýšila mezi kontrolou a přidavkem 1 % více než 111x. V sedmý den došlo tedy k nejvyššímu nárůstu G'' ze všech použitých hydrokoloidů.

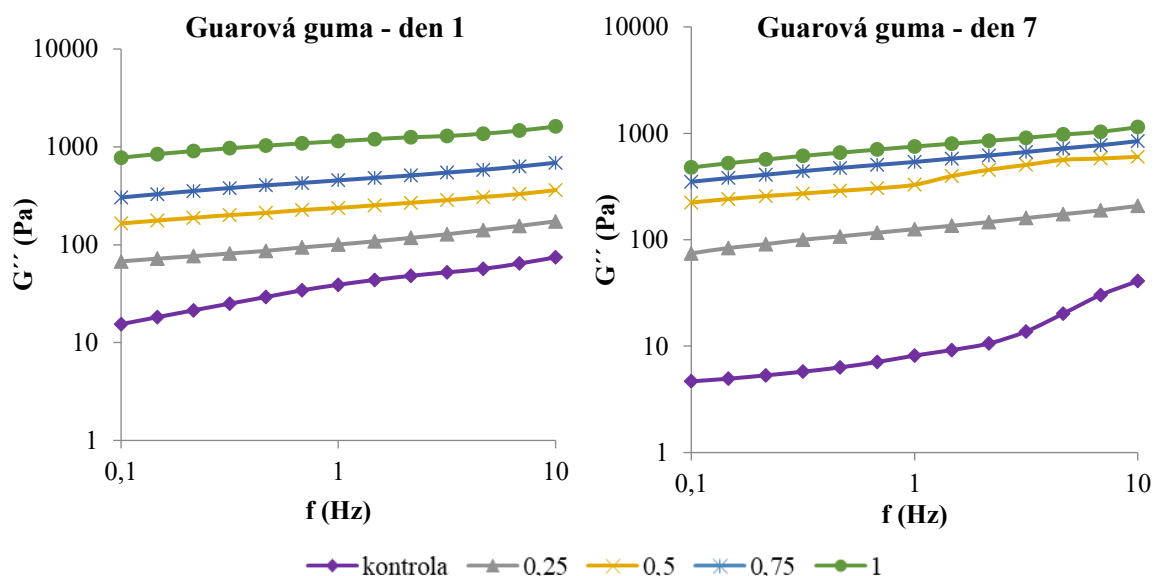
Guarová guma vykazovala nejvyšší nárůst G'' v prvním dni u koncentrace 0,25 % (bez mála o 158 %), následně došlo k mírnému poklesu nárůstu a u koncentrace 1,00 % došlo opět ke zvýšení G'' na hodnotu necelých 151 %. Hodnota G'' narostla mezi kontrolou a přidavkem 1 % více než 29x. Po sedmi dnech se hodnota G'' u koncentrace 0,25 % zvýšila více než 15x. Zbylé zvyšování koncentrace hydrokoloidu způsobovalo snižování nárůstu G'' . Hodnota G'' vzrostla mezi kontrolou a přidavkem 1 % více než 92x.



Obrázek 14: Závislost viskózního modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s pektinem po 1 a 7 dnech skladování



Obrázek 15: Závislost viskózního modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s agarem po 1 a 7 dnech skladování



Obrázek 16: Závislost viskózního modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s guarovou gumou po 1 a 7 dnech skladování

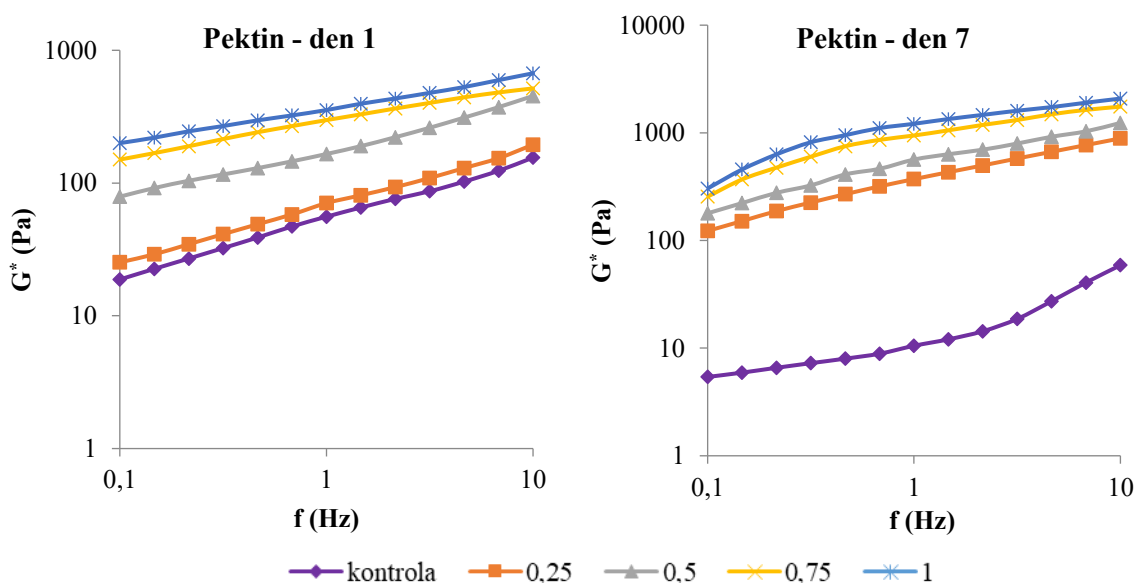
Na Obrázcích 17–19 jsou vyobrazeny závislosti komplexního modulu pružnosti na frekvenci. S rostoucí frekvencí, rostoucí koncentrací polysacharidu i dobou skladování komplexní modul pružnosti roste.

První den analýzy TSO s přidavkem pektinu ukazuje podobný průběh, jako ve všech předešlých měřeních (viz Obrázek 17). Hodnota G^* má nejvyšší nárůst u koncentrace 0,50 % (o více než 134 %), následované koncentrací 0,75 % (zvýšení o 80 %). U koncentrace

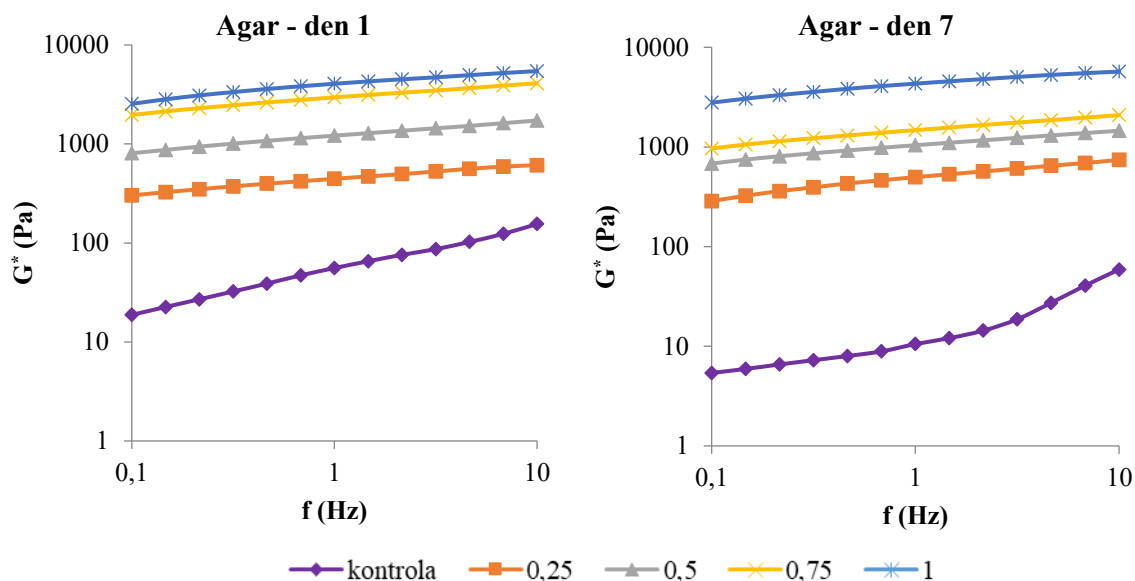
1,00 % došlo ke snížení nárůstu G^* na 19 %. Hodnota G^* vzrostla mezi kontrolou a přidavkem 1 % více než 6x. Sedmý den analýzy ukazuje zvýšení hodnoty G^* u koncentrace 0,25 % více jak 35x. Hodnota G^* vzrostla v sedmý den mezi kontrolou a přidavkem 1 % více než 115x. Opět se jedná o nejmenší nárůst komplexního modulu pružnosti ze všech použitých hydrokoloidů.

Obrázek 18 ukazuje u prvního dne postupné snižování nárůstu G^* se zvyšující se koncentrací agaru. U koncentrace 0,25 % se hodnota G^* zvýšila více než 7x. Rozmezí nárůstu bylo od nejnižší po nejvyšší koncentraci 697–37 %. Hodnota G^* vzrostla pro první den mezi kontrolou a přidavkem 1 % více než 72x. U sedmého dne došlo ke zvýšení hodnoty G^* u koncentrace 0,25 % více než 47x. Hodnota G^* se zvýšila mezi kontrolou a přidavkem 1 % více než 410x. Jedná se tedy o nejvyšší nárůst komplexního modulu pružnosti ze všech použitých hydrokoloidů pro oba dny.

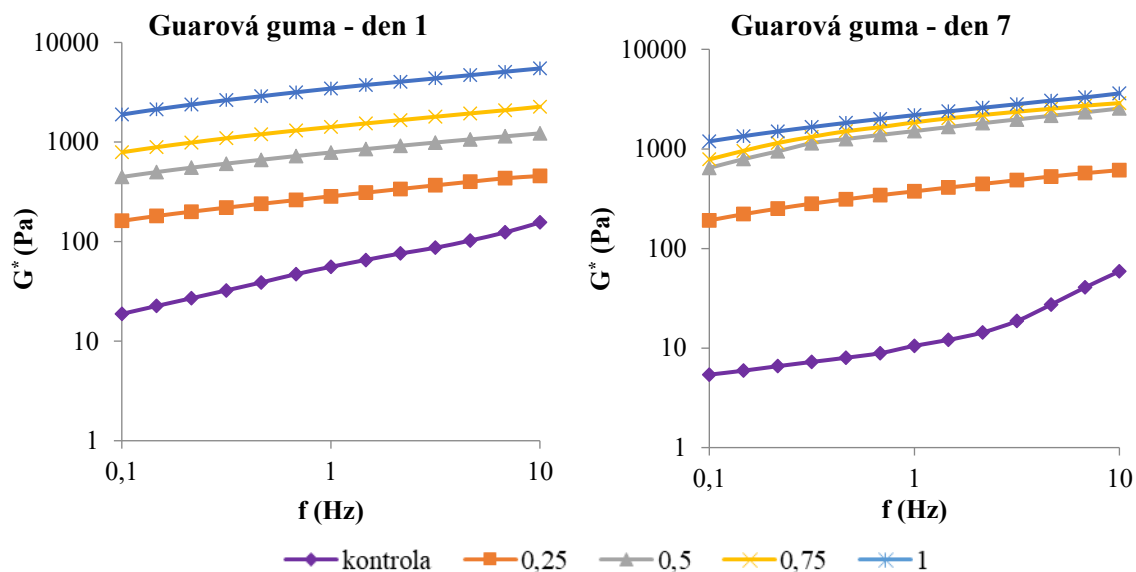
Nárůst hodnoty G^* u guarové gummy (viz Obrázek 19) byl v první den měření nejvyšší u koncentrace 0,25 %, vzrostla víc než 5x. Následně docházelo ke snižování nárůstků až do koncentrace 0,75 %, po které následoval nárůst o 143 %. Hodnota G^* vzrostla mezi kontrolou a přidavkem 1 % více než 61x. U sedmého dne docházelo k postupnému snižování G^* spolu s rostoucí koncentrací polysacharidu. Pro koncentraci 0,25 % byla hodnota G^* zvýšena 33x, následně 4x pro koncentraci 0,50 %, přes 22 % u koncentrace 0,75 % a naposled přes 18 % u 1% koncentrace. Hodnota G^* vzrostla mezi kontrolou a přidavkem 1 % více než 207x.



Obrázek 17: Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s pektinem po 1 a 7 dnech skladování



Obrázek 18: Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s pektinem po 1 a 7 dnech skladování



Obrázek 19: Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s guarovou gumu po 1 a 7 dnech skladování

K hodnocení reologických vlastností TSO bylo využíváno měření elastického (G') a viskózního (G'') modulu pružnosti. Moduly G' a G'' popisují viskoelastické chování látek. G' vyjadřuje elastický podíl a G'' viskózní podíl tohoto chování. Je-li $G' > G''$, má látka/potravina spíše elastický charakter, tj. chová se více jako pevná látka/gel. Je-li $G'' > G'$, má látka/potravina spíše viskózní charakter, tj. chová se více jako kapalina [15, 99].

Z hodnot G' a G'' a byl vypočten (vzorec viz kapitola 5.4) komplexní modul pružnosti (G^*). Obecně platí, že s rostoucím G^* , roste tuhost látky/potraviny a je podpořena gelace [100].

Vliv přídavku pektinu na viskoelastické vlastnosti modelových vzorků TS popisuje Macků a kol. [77]. V této studii byly vyrobeny modelové vzorky se 40 % sušiny (w/w), 50 % tuku v sušině (w/w) a různou koncentrací pektinu (0,2 %, 0,4 %, 0,6 % a 0,8 %). Po 42 dnech skladování byly zkoumány viskoelastické vlastnosti pomocí dynamické oscilační reometrie. Autoři uvádí, že všechny vzorky s přídavkem pektinu byly ve srovnání se vzorky bez pektinu pevnější a hůře roztíratelné. Se zvyšující se koncentrací pektinu vzrostl elastický modul pružnosti (G') a viskózní modul pružnosti (G'') v celé testované frekvenci 0,1 – 50 Hz. Rostoucí obsah pektinu měl za následek pokles tekutosti modelových vzorků, vznikala více elastický materiál. Závislost tuhosti taveného sýra na koncentraci pektinu (v rozmezí 0 – 0,8 % (w/w)) nebyla lineární. Tento trend potvrzuje naše výsledky. Studium vlivu přídavku hydrokoloidů na konzistenci TS se zabývali další autoři, jako např. Gustaw a kol. [110], Bennet a kol. [101] a Liu a kol. [102]. I tyto autoři uvádí, že dochází ke zvyšování tuhosti TS s přídavkem polysacharidů. Míra zvýšení tuhosti závisela na použité koncentraci hydrokoloidu. Obecně lze říci, že zvyšující se koncentrace polysacharidu a prodlužující se doba skladování vytváří silnější gel a tím tužší finální produkt. Co se týče porovnání hydrokoloidů v rámci účinnosti, vykazoval pektin v našem výzkumu nejhorší výsledky. Tuto problematiku popisuje ve svém článku autor Sharma a kol. [103]. Ten nachází vysvětlení v hodnotě pH výrobku, která ovlivňuje tvorbu gelu. Vysokoesterifikované pektiny mají optimální gelotvornou účinnost při pH nižším než 3,50. Tato skutečnost by mohla vysvětlovat, proč v naší studii vyšel pektin jakožto nejméně účinný hydrokoloid. Modelové vzorky TSO měly hodnoty pH v rozmezí 5,76 – 6,08, nedocházelo by tedy k dostatečným interakcím. Elektrostatická odpudivost karboxylových skupin by nebyla dostatečně potlačena.

Závislost skladování a tuhosti TS popisuje Carić & Kaláb [100]. Autoři vysvětlují, že při dotváření finální struktury dochází k tvorbě vodíkových vazeb, což má za následek právě zvyšování tuhosti modelových vzorků TS s přídavkem agaru. Tento fakt byl dokázán i výsledky našeho měření uvedenými výše (Obrázek 18). Tématu účinku hydrokoloidů na konzistenci TS se zabývali ve své práci i Nagyová a kol. [104]. Cílem jejich studie bylo porovnat účinnost pěti hydrokoloidů (agaru, alginátu sodného, κ -karagenanu a nízko- a vysokoesterifikovaného pektinu) v koncentracích 0 – 1 % (w/w). U všech aplikovaných hydrokoloidů zjistili limitní koncentraci, při jejímž překročení již nedocházelo k výraznému

zvyšování tvrdosti studovaných TS. Koncentrace agaru, při které už nedocházelo k významnému zvyšování tvrdosti, byla stanovena na hodnotu 0,40 % (w/w). V případě, že byly použity nižší koncentrace agaru, pevnost rostla signifikantně, statistický rozdíl byl znát až s rozdílem koncentrací na úrovni 0,15 – 0,20 % (w/w). Nad hodnoty > 0,40 % (w/w) byl pozorován nárůst tuhosti TS velmi pozvolný. Tato hypotéza potvrzuje naše výsledky.

Vliv guarové gumy na viskoelastické vlastnosti TS byl popsán Swensonem a kol. [105]. Autoři porovnávali vliv přidávání komerčních hydrokoloidů na konzistenci odtučněných tavených sýrových pomazánek, připravených s 3% hydrogenfosforečnanem sodným. Došli k závěru, že přídavek hydrokoloidu má za následek zvýšení tuhosti sýrové pomazánky a snížení její tavitelnosti. Guarová guma vykazovala v modelových vzorcích nejměkčí strukturu ze všech studovaných hydrokoloidů. Přidání guarové gumy zároveň výrazně pomohlo k jednodušší roztíratelnosti u výsledného produktu. To může být způsobeno tixotropní povahou guarových gum [106], a může to znamenat, že by i jiné hydrokoloidy, které mají tuto vlastnost, mohly zvýšit roztíratelnost produktů bez obsahu tuku.

Níže jsou pro lepší srovnání prezentovány hodnoty komplexní viskozity, elastického modulu pružnosti, viskózního modulu pružnosti, komplexního modulu pružnosti a tangens fázového posunu pro referenční hodnoty frekvence 0,1 Hz, 1 Hz a 10 Hz. V Tabulkách 5 a 6 jsou uvedeny výsledky pro TSO s pektinem, v Tabulkách 7 a 8 pro agar a konečně v Tabulkách 9 a 10 pro guarovou gumu.

Z tabulek lze znovu vidět to, co již bylo prezentováno výše v grafech (Obrázek 8–19); tedy pokles viskozity s rostoucí frekvencí, nárůst viskozity s rostoucí koncentrací hydrokoloidu, a nárůst G' , G'' a G^* jak s rostoucí frekvencí, tak i s rostoucí koncentrací hydrokoloidu. Až na výjimky (kontrolní vzorek a TSO s pektinem v koncentraci 0,25 % a 0,5 % při nízkých frekvencích po 1 dni skladování a kontrolní vzorek při nízkých frekvencích po 7 dnech skladování) je z tabulek patrné, že $G' > G''$. TSO tedy vykazují spíše elastický charakter než viskózní (chovají se více jako gel, jsou tužší). Kontrolní vzorky TSO bez přídavku hydrokoloidů a vzorky TSO s nejnižšími koncentracemi pektinu (0,25 a 0,5 %) při frekvencích 0,1 a 1 Hz vykazují jako jediné spíše viskózní charakter. Autorka Janíčková [112] vyráběla v praktické části své diplomové práce modelové vzorky TSO s přídavky globinu a xantanové gumy v koncentracích 0,5 – 2,0 % (w/w). Z jejich výsledků z dynamické oscilační reometrie vyplývá, že při přídavku 2 % (w/w) globinu v kombinaci s 0,5 – 1,0 % (w/w) xantanové gumy, vykazuje TSO viskózní modul pružnosti G'' vyšší než elastický modul pružnosti G' . To je ovšem v rozporu s našimi výsledky, vysvětlením může

být použití převažujícího množství biopolymeru na bázi proteinů. Při zvyšující se koncentraci xantanové gumy (1,5 – 2 % (w/w)) vyšla naopak hodnota elastického modulu pružnosti G' vyšší než viskózního modulu pružnosti G'' . Z tohoto jevu lze vypočítat, že se zvyšujícím se přidavkem xantanové gumy dochází ke zvyšování viskoelastivity TSO. Při druhém měření, po 14. dnech, bylo vypočítáno zvýšení hodnot G' a G'' , k čemuž u našich výsledků vždy nedošlo. Jako vysvětlení se jeví delší doba skladování modelových vzorků autorky Janíčkové, při kterém může docházet k mírnému snížení pH, polymorfizmu mléčného tuku, změně jeho krystalické formy a hydrolyze tavicích solí. Všechny vyjmenované jevy můžou mít za následek mírné tunutí tavených sýrů [3].

Podobný závěr získáme i srovnáním hodnoty $\tan \delta$ (tangens fázového posunu), která vyjadřuje míru tuhosti gelu a počítá se jako podíl G''/G' (viz vzorec v kapitole 5.4). Logicky tedy platí, že je-li $\tan \delta > 1$ (tj. $G'' > G'$), má potravina viskózní charakter a naopak, je-li $\tan \delta < 1$ (tj. $G' > G''$), má potravina elastický charakter. Snižování $\tan \delta$ směrem k nule má za následek zvyšování viskoelastivity, tedy pevnosti gelu. V případě, že je $\tan \delta > 0,1$, chová se potravina jako slabý gel, což je typický příklad emulzí [107, 108]. Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že všechny koncentrace (0,25 – 1 %) agaru a guarové gumy a koncentrace pektinu nad 0,5 % (po 1 týdnu skladování pak všechny testované koncentrace pektinu) zapříčinily výraznější elastický charakter TSO ve srovnání s kontrolními vzorky bez přidavku hydrokoloidu (tzn., že byly vzorky tužší, pevnější). Hodnoty $\tan \delta$ pro TSO s pektinem se pohybovaly (jak po dni, tak po týdnu skladování) od 0,31 do 1,32; pro agar to bylo rozmezí 0,20 – 0,32 a pro guarovou gumu pak 0,22 – 0,50. Čím je $\tan \delta$ nižší, tím více se TSO chová jako gel; pořadí účinnosti použitých hydrokoloidů jako gelotvorných látek je tedy následující: agar > guarová guma > pektin. Nagyová a kol. [104] porovnávali efektivnost pěti hydrokoloidů (agar, alginát sodný, κ -karagenan, pektin s nízkým a vysokým stupněm esterifikace metanolem) v koncentracích 0 – 1 % (w/w) při zvyšování pevnosti modelových TS (obsah sušiny 40 % (w/w) a obsah tuku v sušině 45 % (w/w)). Ze studie vyšlo najevo, že jako nejúčinnější ve zvyšování tvrdosti TS byl karagenan, následovaný alginátem sodným. Schopnost zvyšovat tuhost TS byla dobrá i při aplikaci agaru a nízkoesterifikovaného pektinu. Za nejméně efektivní byl považován vysokoesterifikovaný pektin. Rozdílnost vysvětluje práce autorů Phillips & Williams [109], podle kterých může za rozdílnou tvorbu výsledné tuhosti TS odlišný mechanismus tvorby gelu, resp. odlišné interakce s ostatními složkami systémů mléčných výrobků.

Pro kontrolní vzorky bez přídavku hydrokoloidů platí, že se všechny veličiny (η^* , G' , G'' a G^*) po týdnu skladování snížily ve srovnání s hodnotami po 1 dni skladování. Kontrolní TSO tedy byly méně viskózní a méně tuhé. Přídavek pektinu ve všech koncentracích zapříčinil přesně opačný trend. Všechny veličiny byly po týdnu skladování vyšší než po 1 dni skladování. V případě agaru byly hodnoty viskozity i všech modulů pružnosti v obou dnech srovnatelné, nebo kolísaly a nelze tak vyhodnotit jasný trend. Přídavek guarové gumy v množství 0,25 – 0,75 % vedl k nárůstu všech hodnot po 7 dnech skladování. V případě 1% přídavku guarové gumy pak došlo k poklesu těchto hodnot. Zvýšení tuhosti s rostoucí dobou skladování může být zapříčiněno polymorfizmem mléčného tuku, hydrolyzou tavicích solí či změnou disociace přítomných solí, případně ostatních sloučenin [3].

Tabulka 5: Komplexní viskozita, elastický modul pružnosti, viskózní modul pružnosti, komplexní modul pružnosti a tangens fázového posunu pro tavené sýrové omáčky s pektinem (den 1)

Veličina	Koncentrace pektinu (%)	Frekvence (Hz)		
		0,1	1	10
η^* (Pa·s)	0	31,02	7,96	2,01
	0,25	37,90	8,88	2,17
	0,5	127,81	24,60	4,84
	0,75	223,77	45,62	7,67
	1	283,30	53,90	9,82
G' (Pa)	0	10,72	39,91	136,55
	0,25	15,27	46,44	169,44
	0,5	50,93	124,23	412,84
	0,75	127,00	264,96	444,43
	1	158,91	310,07	558,74
G'' (Pa)	0	15,43	38,98	74,41
	0,25	20,14	53,15	95,52
	0,5	60,32	109,31	185,95
	0,75	80,20	136,12	262,43
	1	121,11	171,81	371,74
G^* (Pa)	0	18,79	55,78	155,50
	0,25	25,28	70,58	194,51
	0,5	78,95	165,47	452,78
	0,75	150,20	297,88	516,12
	1	199,80	354,49	671,10
$\tan \delta$ (-)	0	1,44	0,98	0,54
	0,25	1,32	1,14	0,56
	0,5	1,18	0,88	0,45
	0,75	0,63	0,51	0,59
	1	0,76	0,55	0,67

Tabulka 6: Komplexní viskozita, elastický modul pružnosti, viskózní modul pružnosti, komplexní modul pružnosti a tangens fázového posunu pro tavené sýrové omáčky s pektinem (den 7)

Veličina	Koncentrace pektinu (%)	Frekvence (Hz)		
		0,1	1	10
η^* (Pa·s)	0	8,59	1,62	0,30
	0,25	214,82	51,95	9,51
	0,5	250,80	65,37	15,83
	0,75	456,57	150,23	27,60
	1	583,96	193,08	32,62
G' (Pa)	0	2,71	6,64	42,49
	0,25	101,45	350,13	848,00
	0,5	158,30	522,00	1120,96
	0,75	212,38	872,73	1650,86
	1	251,00	1135,12	1966,42
G'' (Pa)	0	4,67	8,15	40,79
	0,25	68,98	123,90	260,79
	0,5	83,18	214,72	519,93
	0,75	141,95	359,65	580,60
	1	171,65	428,07	676,96
G^* (Pa)	0	5,40	10,51	58,90
	0,25	122,68	371,41	887,20
	0,5	178,82	564,43	1235,67
	0,75	255,45	943,93	1749,98
	1	304,08	1213,15	2079,69
$\tan \delta$ (-)	0	1,72	1,23	0,96
	0,25	0,68	0,35	0,31
	0,5	0,53	0,41	0,46
	0,75	0,67	0,41	0,35
	1	0,68	0,38	0,34

Tabulka 7: Komplexní viskozita, elastický modul pružnosti, viskózní modul pružnosti, komplexní modul pružnosti a tangens fázového posunu pro tavené sýrové omáčky s agarem (den 1)

Veličina	Koncentrace agaru (%)	Frekvence (Hz)		
		0,1	1	10
η^* (Pa·s)	0	31,02	7,96	2,01
	0,25	481,08	70,80	9,73
	0,5	1282,56	193,23	27,49
	0,75	3125,53	470,54	65,36
	1	4048,57	645,57	86,78
G' (Pa)	0	10,72	39,91	136,54
	0,25	291,12	431,54	588,52
	0,5	773,96	1179,60	1674,08
	0,75	1880,38	2879,30	4002,14
	1	2408,24	3960,69	5345,21
G'' (Pa)	0	15,43	39,98	74,41
	0,25	81,34	108,13	165,42
	0,5	224,48	287,39	424,48
	0,75	566,39	671,15	920,71
	1	819,30	875,22	1077,67
G^* (Pa)	0	18,79	55,78	155,50
	0,25	302,27	444,88	611,33
	0,5	805,86	1214,10	1727,05
	0,75	1963,83	2956,49	4106,68
	1	2543,79	4056,24	5452,77
$\tan \delta$ (-)	0	1,44	0,98	0,54
	0,25	0,28	0,25	0,28
	0,5	0,29	0,24	0,25
	0,75	0,30	0,23	0,23
	1	0,34	0,22	0,20

Tabulka 8: Komplexní viskozita, elastický modul pružnosti, viskózní modul pružnosti, komplexní modul pružnosti a tangens fázového posunu pro tavené sýrové omáčky s agarem (den 7)

Veličina	Koncentrace agaru (%)	Frekvence (Hz)		
		0,1	1	10
η^* (Pa·s)	0	8,59	1,62	0,30
	0,25	455,77	79,19	11,80
	0,5	1084,03	165,63	23,15
	0,75	1535,08	234,58	33,17
	1	4427,54	686,81	90,72
G' (Pa)	0	2,71	6,64	42,49
	0,25	272,36	478,74	709,58
	0,5	652,84	1012,09	1410,05
	0,75	933,51	1432,47	2027,03
	1	2665,72	4218,77	5590,53
G'' (Pa)	0	4,67	8,15	40,79
	0,25	88,46	135,66	214,97
	0,5	194,21	242,13	357,98
	0,75	242,60	347,10	483,63
	1	795,58	907,77	1111,56
G^* (Pa)	0	5,40	10,51	58,90
	0,25	286,37	497,59	741,43
	0,5	681,12	1040,65	1454,78
	0,75	964,52	1473,93	2083,93
	1	2781,91	4315,33	5699,96
$\tan \delta$ (-)	0	1,72	1,23	0,96
	0,25	0,32	0,28	0,30
	0,5	0,30	0,24	0,25
	0,75	0,26	0,24	0,24
	1	0,30	0,22	0,20

Tabulka 9: Komplexní viskozita, elastický modul pružnosti, viskózní modul pružnosti, komplexní modul pružnosti a tangens fázového posunu pro tavené sýrové omáčky s guarovou gumou (den 1)

Veličina	Koncentrace guarové gumy (%)	Frekvence (Hz)		
		0,1	1	10
η^* (Pa·s)	0	31,02	7,96	2,01
	0,25	257,07	45,37	7,26
	0,5	709,49	125,03	19,47
	0,75	1254,24	225,47	36,03
	1	3004,08	548,37	87,26
G' (Pa)	0	10,72	39,91	136,54
	0,25	146,69	266,76	421,54
	0,5	414,16	748,67	1168,33
	0,75	727,01	1341,52	2156,64
	1	1720,53	3250,80	5238,90
G'' (Pa)	0	15,43	39,98	74,41
	0,25	67,61	100,54	173,48
	0,5	164,91	237,89	361,94
	0,75	304,13	455,29	688,68
	1	776,22	1141,86	1616,47
G^* (Pa)	0	18,79	55,78	155,50
	0,25	161,52	285,07	455,85
	0,5	445,79	785,56	1223,11
	0,75	788,06	1416,68	2263,93
	1	1887,52	3445,51	5482,61
$\tan \delta$ (-)	0	1,44	0,98	0,54
	0,25	0,46	0,38	0,41
	0,5	0,40	0,32	0,31
	0,75	0,42	0,34	0,32
	1	0,45	0,35	0,31

Tabulka 10: Komplexní viskozita, elastický modul pružnosti, viskózní modul pružnosti, komplexní modul pružnosti a tangens fázového posunu pro tavené sýrové omáčky s guarovou gumou (den 7)

Veličina	Koncentrace guarové gumy (%)	Frekvence (Hz)		
		0,1	1	10
η^* (Pa·s)	0	8,59	1,62	0,30
	0,25	304,22	59,59	9,74
	0,5	942,67	155,95	25,23
	0,75	1380,78	249,66	41,58
	1	1895,08	347,50	57,43
G' (Pa)	0	2,71	6,64	42,49
	0,25	176,08	352,70	575,32
	0,5	603,69	1473,61	2472,31
	0,75	701,19	1767,26	2754,42
	1	1090,85	2050,14	3422,90
G'' (Pa)	0	4,67	8,15	40,79
	0,25	74,39	125,55	207,74
	0,5	223,48	328,44	601,56
	0,75	350,33	537,70	844,31
	1	477,34	751,18	1142,85
G^* (Pa)	0	5,40	10,51	58,90
	0,25	191,15	374,38	611,68
	0,5	643,73	1509,76	2544,44
	0,75	783,83	1847,25	2880,92
	1	1190,71	2183,43	3608,64
$\tan \delta$ (-)	0	1,72	1,23	0,96
	0,25	0,42	0,36	0,36
	0,5	0,37	0,22	0,24
	0,75	0,50	0,30	0,31
	1	0,44	0,37	0,33

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zkoumání vlivu přídavku polysacharidových hydrokoloidů (pektin, agar, guarová guma) v různých koncentracích (0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1,00 %), na chemické a reologické vlastnosti tavených sýrových omáček. Chemickými analýzami bylo stanovováno pH, celková sušina a stabilita modelových vzorků. Viskoelastické parametry zahrnovaly stanovení komplexní viskozity, elastického modulu pružnosti, viskózního modulu pružnosti, komplexního modulu pružnosti a tangens fázového posunu. Analýzy byly provedeny 1. a 7. den po výrobě.

Ze získaných výsledků byly stanoveny následující závěry:

- Přídavky polysacharidů ani doba skladování neměly významný vliv na pH ani obsah sušiny TSO.
- Všechny použité polysacharidy měly vliv na stabilitu a viskoelastické vlastnosti modelových vzorků TSO.
- Stabilita TSO se zvýšila jak s přídavkem hydrokoloidů, tak i s délkou skladování.
- Pořadí účinnosti použitých hydrokoloidů jako stabilizátorů bylo následující: guarová guma > agar > pektin.
- S rostoucí koncentrací polysacharidů rostla jak komplexní viskozita, tak i elastický, viskózní a komplexní modul pružnosti.
- TSO s přídavkem hydrokoloidů vykazovaly (až na výjimky uvedené níže) spíše elastický, než viskózní charakter a mají charakter slabých gelů.
- Kontrolní vzorky TSO bez přídavku hydrokoloidů a vzorky TSO s nejnižšími koncentracemi pektinu (0,25 a 0,50 %) při nízkých frekvencích vykazovaly jako jediné spíše viskózní charakter.
- Všechny koncentrace (0,25 – 1,00 %) agaru a guarové gumy a koncentrace pektinu nad 0,50 % (po 1 týdnu skladování pak všechny testované koncentrace pektinu) zapříčinily výraznější elastický charakter TSO ve srovnání s kontrolními vzorky. Všechny použité hydrokoloidy tak účinkovaly jako gelotvorné látky, tj. zapříčinily nárůst viskozity a pevnosti gelu.
- Pořadí účinnosti použitých hydrokoloidů jako gelotvorných látek bylo následující: agar > guarová guma > pektin.

- Po 7 dnech skladování TSO s přidavkem pektinu došlo ke zvýšení tuhosti vzorků. V případě guarové gummy byl nárůst tuhosti zaznamenán pouze v rozmezí koncentrací 0,25 – 0,75 %. Přídavek agaru se na vzrůstu pevnosti gelu během skladování neprojevil.

Zkoumané polysacharidové hydrokoloidy tedy můžeme označit jako významné v ovlivňování výsledných funkčních vlastností TSO. Lze je využít jako stabilizátory i gelotvorné látky. Na tento experiment by mohl navázat další, kdy by mohly být sledovány další hydrokoloidy polysacharidového charakteru (např. přírodní a modifikované škroby, karagenany, arabská guma, karobová guma, xantanová guma či guma tragant).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TAMIME, A. Y. *Processed cheese and analogues*. Ames: Wiley-Blackwell, 2011. Society of dairy technology. ISBN 978-1-4051-8642-1.
- [2] SOŁOWIEJ, Bartosz, Imelda W.Y. CHEUNG a Eunice C.Y. LI-CHAN, 2014. Texture, rheology and meltability of processed cheese analogues prepared using rennet or acid casein with or without added whey proteins. *International Dairy Journal*. 37(2), 87-94. DOI: 10.1016/j.idairyj.2014.03.003. ISSN 0958-6946. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694614000612>
- [3] 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.
- [4] LEE, Siew Kim a kol., 2003. Changes in the rheology and microstructure of processed cheese during cooking. *LWT – Food Science and Technology*. 36(3), 339-345. DOI: 10.1016/S0023-6438(03)00012-4. ISSN 0023-6438. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643803000124>
- [5] Spotřeba potravin 2018 [online], 2019. Česko: Český statistický úřad [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: http://www.akcr.cz/data_ak/19/k/Stat/SpotrebaPotravin2018.pdf
- [6] BACHMANN, Hans-Peter, Imelda W.Y. CHEUNG a Eunice C.Y. LI-CHAN. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*. 2001, 11(4-7), 505-515. DOI: 10.1016/S0958-6946(01)00073-5. ISSN 0958-6946. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694601000735>
- [7] TALBOT-WALSH, Grace, David KANNAR a Cordelia SELOMULYA, 2019. PH effect on the physico-chemical, microstructural and sensorial properties of processed cheese manufactured with various starches. *LWT – food science and technology*. 111, 414-422. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.05.036. ISSN 0023-6438. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002364381930461X>
- [8] FU, Wei a kol., 2018. Effects of pre-cooked cheeses of different emulsifying conditions on mechanical properties and microstructure of processed cheese. *Food Chemistry*. 245, 47-52. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.10.075. ISSN 0308-8146. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814617317132>

- [9] SCHÄDLE, Christopher N. a kol., 2020. The combined effects of different fat replacers and rennet casein on the properties of reduced-fat processed cheese. *Journal of Dairy Science*. 245, 47-52. DOI: 10.3168/jds.2019-17694. ISSN 0022-0302. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030220301764>
- [10] RAMEL, Pere R. a Alejandro G. MARANGONI, 2018. Processed cheese as a polymer matrix composite: A particle toolkit for the replacement of milk fat with canola oil in processed cheese. *Food Research International*. 107, 110-118. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.02.019. ISSN 0963-9969. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996918301121>
- [11] ALY, S., Eman EL DAKHAKHNY a K. EL SAADANY, 2016. Processed Cheese: Basics and Possibility for the Development of Healthier Products = الجبن المعامل. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*. 13(2), 45-62. DOI: 10.12816/0038413. ISSN 1687-3920. Dostupné také z: <http://platform.almanhal.com/MNHL/Preview/?ID=2-105261>
- [12] PEREIRA, R.B. a kol., 2001. Rheological and microstructural characteristics of model processed cheese analogues. *Journal of Texture Studies*. 32(5-6), 349-373. DOI: 10.1111/j.1745-4603.2001.tb01242.x. ISSN 0022-4901. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-4603.2001.tb01242.x>
- [13] FOX, Patrick F., 2017. *Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. Fundamentals of Cheese Science*. 2nd ed. 2017. Boston, MA: Springer US, s. 589-627. ISBN 978-1-4899-7679-6.
- [14] MUIR, D.D. a kol., 1999. Processed Cheese Analogues Incorporating Fat-Substitutes 1. Composition, Microbiological Quality and Flavour Changes During Storage at 5 °C. *LWT – Food Science and Technology*. 32(1), 41-49. DOI: 10.1006/fstl.1998.0509. ISSN 0023-6438. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643898905096>
- [15] SALEK, Richardos Nikolaos a kol., 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 – food science and technology*. 107, 178-184. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.03.022. ISSN 0023-6438. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643819302038>

- [16] KAPOOR, Rohit a Lloyd E. METZGER, 2008. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 7(2), 194-214. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x. ISSN 1541-4337. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x>
- [17] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. & KRÁČMAR, S. Základní principy výroby tavených sýrů. *Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Brno: MZLU, 2009, s. 70. ISSN 1803-2109.
- [18] SZAFRAŇSKA, Jagoda O. a Bartosz G. SOŁOWIEJ, 2020. Effect of different fibres on texture, rheological and sensory properties of acid casein processed cheese sauces. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(5), 1971-1979. DOI: 10.1111/ijfs.14485. ISSN 0950-5423. Dostupné také z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.14485>
- [19] DESOUKY, Marwa Mohamed, Heba Hassan SALAMA a Samah Mosbah EL-SAYED, 2015. The effects of camel milk powder on the stability and quality properties of processed cheese sauce [pdf]. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 18(4), 349-359. DOI: 10.17306/J.AFS.2019.0645. ISSN 16440730. Dostupné také z: https://www.food.actapol.net/volume18/issue4/1_4_2019.pdf
- [20] Vyhláška č. 397/2016 Sb.: Vyhláška o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, 2016. In: Česko: *Sbírka zákonů*, ročník 2016, verze 2
- [21] Codex Alimentarius. CODEX-STAN A-8(b)-1978: *Codex general standard for process(ed) cheese and spreadable process(ed) cheese*. World Health Organization, Geneva, Switzerland; 1978
- [22] KOPÁČEK, Jiří, 2019. *Mýty o mléce a mléčných výrobcích*. Praha: Českomoravský svaz mlékárenský. ISBN 978-80-270-6881-4.
- [23] FOX, P. F., 2004. *Cheese: chemistry, physics, and microbiology*. 3rd ed. London: Elsevier. ISBN 978-0-1226-3652-3.
- [24] MASOTTI, Fabio a kol. 2018. *Status and developments in analogue cheese formulations and functionalities*. 74, 158-169. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.02.016. ISSN 0924-2244. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224417307215>

- [25] OLIVEIRA, Rodrigo B.A. a kol. 2016. *Processed cheese contamination by spore-forming bacteria: A review of sources, routes, fate during processing and control*. 57, 11-19. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.09.008. ISSN 0924-2244. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224416303235>
- [26] TALBOT-WALSH, Grace, David KANNAR a Cordelia SELOMULYA, 2018. A review on technological parameters and recent advances in the fortification of processed cheese. *Food Science & Technology*, 81, 193-202. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.09.023. ISSN 0924-2244. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224417307264>
- [27] LAZÁRKOVÁ, ZUZANA a kol., 2011. The effect of different heat sterilization regimes on the quality of canned processed cheese. *Journal of Food Process Engineering*. 34(6), 1860-1878. DOI: 10.1111/j.1745-4530.2009.00376.x. ISSN 0145-8876. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-4530.2009.00376.x>
- [28] BRICKLEY, C.A. a kol., 2007. The Effect of Natural Cheddar Cheese Ripening on the Functional and Textural Properties of the Processed Cheese Manufactured Therefrom. *Journal of Food Science*. 72(9), C483-C490. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00539.x. ISSN 0022-1147. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1750-3841.2007.00539.x>
- [29] MOUNSEY, John S. a E. Dolores O'RIORDAN, 2008. Modification of imitation cheese structure and rheology using pre-gelatinised starches. *European Food Research and Technology*. 226(5), 1039-1046. DOI: 10.1007/s00217-007-0629-5. ISSN 1438-2377. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00217-007-0629-5>
- [30] GUINEE, T.P. a K.N. KILCAWLEY, 2004. Cheese as an ingredient. *Major Cheese Groups*. Elsevier, 395-428. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. DOI: 10.1016/S1874-558X(04)80053-8. ISBN 9780122636530. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1874558X04800538>
- [31] FERNANDES, R.. *Microbiology handbook: Dairy products*, 2009. 3rd rev. ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry. ISBN 978-1-9052-2462-3

- [32] PURNA, S.K. Garimella, A. POLLARD a L.E. METZGER, 2006. Effect of Formulation and Manufacturing Parameters on Process Cheese Food Functionality—I. *Trisodium Citrate*. *Journal of Dairy Science*. 89(7), 2386-2396. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72311-6. ISSN 0022-0302. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030206723116>
- [33] KILCAWLEY, Kieran N., Martin G. WILKINSON a Patrick F. FOX, 1998. Enzyme-modified cheese. *International Dairy Journal*. 8(1), 1-10. DOI: 10.1016/S0958-6946(98)00010-7. ISSN 0958-6946. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694698000107>
- [34] KAPOOR, R. a kol., 2007. Effect of Natural Cheese Characteristics on Process Cheese Properties. *Journal of Dairy Science*. 90(4), 1625-1634. DOI: 10.3168/jds.2006-746. ISSN 0022-0302. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002203020771648X>
- [35] SOŁOWIEJ, Bartosz G. a kol., 2020. Effect of emulsifying salts replacement with polymerised whey protein isolate on textural, rheological and melting properties of acid casein model processed cheeses. *International Dairy Journal*. 105. DOI: 10.1016/j.idairyj.2020.104694. ISSN 0958-6946. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694620300649>
- [36] AWAD, Ramy. a kol., 2002. Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *LWT – Food Science and Technology*. 35(1), 54-61. DOI: 10.1006/fstl.2001.0828. ISSN 0023-6438. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002364380190828X>
- [37] ČERNÍKOVÁ, Michaela a kol., 2010. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*. 20(5), 336-343. DOI: 10.1016/j.idairyj.2009.12.012. ISSN 0958-6946. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694609002544>
- [38] ACHARYA, M.R. a V.V. MISTRY, 2005. Effect of Vacuum-Condensed or Ultrafiltered Milk on Pasteurized Process Cheese. *Journal of Dairy Science*. 88(9), 3037-3043. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72984-2. ISSN 0022-0302. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030205729842>

- [39] OLSON, N.F. a kol., 1958. Acidity and Age of Natural Cheese as Factors Affecting the Body of Pasteurized Process Cheese Spread. *Journal of Dairy Science*. 41(8), 1005-1016. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(58)91044-0. ISSN 0022-0302. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030258910440>
- [40] WEISEROVÁ, Eva a kol., 2011. The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. *International Dairy Journal*. 21(12), 979-986. DOI: 10.1016/j.idairyj.2011.06.006. ISSN 0958-6946. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694611001828>
- [41] Veselá kráva® Lahodná bez E, *Veselá kráva* [online]. Praha [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.veselakrava.cz/aktuality/vesela-krava-lahodna-bez-e/>
- [42] Českomoravský svaz mlékárenský reaguje na křivé nařčení českých výrobců v pořadu A DOST, 2019. *Svět potravin* [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.svet-potravin.cz/clanek/ceskomoravsky-svaz-mlekarensky-reaguje-na-krive-narzeni-ceskych-vyrobcu-v-poradu-a-dost>
- [43] JOHNSON, Mark E. a kol., 2009. Reduction of Sodium and Fat Levels in Natural and Processed Cheeses: Scientific and Technological Aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 8(3), 252-268. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2009.00080.x. ISSN 1541-4337. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1541-4337.2009.00080.x>
- [44] CUNHA, Clarissa R., Ana Isabel DIAS a Walkiria H. VIOTTO, 2010. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*. 43(3), 723-729. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.11.009. ISSN 0963-9969. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996909003500>
- [45] RINALDONI, Ana N. a kol. 2014. Soft cheese-like product development enriched with soy protein concentrates. *LWT – Food Science and Technology*. 55(1), 139-147. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.09.003. ISSN 0023.6438. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643813003162>

- [46] FU, Wei a Takashi NAKAMURA, 2018. Effects of starches on the mechanical properties and microstructure of processed cheeses with different types of casein network structures. *Food Hydrocolloids*. 79, 587-595. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.12.001. ISSN 0268-005X. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X17317150>
- [47] OSTHOFF, G., SLABBER, E., KNIEFEL, W., DÜRRSCHMID, K. *Flavours and Flavourants, Colours and Pigment. Processed Cheese and Analogues*, First Edition. Blackwell Publishing Ltd., 2011. p. 133-147. ISBN 978-1-4051-8642-1
- [48] Processed Cheese, 2003. GOUDA, A. a A. ABOU EL-NOUR. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Maryland: Benjamin Caballero, s. 1108-1115. ISBN 978-0-12-227055-0. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B012227055X002042>
- [49] LEE, Siew Kim, Henning KLOSTERMEYER a Skelte G. ANEMA, 2015. Effect of fat and protein-in-water concentrations on the properties of model processed cheese. *International Dairy Journal*. 50, 15-23. DOI: 10.1016/j.idairyj.2015.06.001. ISSN 0958-6946. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694615001193>
- [50] JONAS, JOHN J., 1975. Impact of Vegetable Proteins on Dairy Products. *Journal of Milk and Food Technology*. 38(1), 39-43. DOI: 10.4315/0022-2747-38.1.39. ISSN 0022-2747. Dostupné také z: <https://meridian.allenpress.com/jfp/article/38/1/39/425561/Impact-of-Vegetable-Proteins-on-Dairy-Products>
- [51] MULSOW, B.B., D. JAROS a H. ROHM, 2007. *Processed Cheese and Cheese Analogues. Structure of Dairy Products*. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 210-235. DOI: 10.1002/9780470995921.ch8. ISBN 9780470995921. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/9780470995921.ch8>
- [52] BYLUND, Gösta, 1995. *Dairy processing handbook*. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB. ISBN 978-9-1631-3427-2.

- [53] KONTOU, Vasiliki, Georgia DIMITRELI a Stylianos N. RAPHAELIDES, 2019. Elongational flow studies of processed cheese spreads made from traditional greek cheese varieties. *LWT – food science and technology*. 107, 318-324. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.03.032. ISSN 0023-6438. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643819302130>
- [54] LI, Hongjuan a kol., 2020. Effects of pre-emulsification with heat-treated whey protein on texture and microstructure of processed cheese. *LWT – food science and technology*. 124. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109185. ISSN 0023-6438. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643820301730>
- [55] FU, Wei a Takashi NAKAMURA, 2020. Moisture content impact creaming effect and microstructure of processed cheese containing different textural starches. *International Dairy Journal*. DOI: 10.1016/j.idairyj.2020.104685. ISSN 0958-6946. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694620300558>
- [56] BERGER, W. *Processed cheese manufacture*. A Joha Guide, Ladenburg: BK Giulini Chemie GmbH & Co. OHG, 1998, 238 p. ISBN 0-1642-5546-3.
- [57] JANŠTOVÁ, Bohumíra a kol. *Technologie mléka a mléčných výrobků*. 1. vyd. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012, 141 s. ISBN 978-80-7305-637-7.
- [58] HAUERLANDOVÁ, Iva a kol., 2014. The influence of fat and monoacylglycerols on growth of spore-forming bacteria in processed cheese. *International Journal of Food Microbiology*. 182-183, 37-43. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.04.027. ISSN 0168-1605. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168160514002037>
- [59] PARK, W. Y., HAENLEIN G. F. W. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health*. John Wiley & Sons, 2013, 378 p. ISBN 978-0-470-67418-5.
- [60] BUŇKA, F., ČERNÍKOVÁ, M., HLADKÁ, K., BUŇKOVÁ, L., Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářská revue*, 2010, č. 6, s. 29–32.

- [61] PISKA, Ivo a Jiří ŠTĚTINA, 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(4), 551-555. DOI: 10.1016/S0260-8774(03)00217-6. ISSN 0260-8774. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877403002176>
- [62] ZHONG, QIXIN, CHRISTOPHER R. DAUBERT a BRIAN E. FARKAS, 2004. Cooling effects on processed cheese functionality. *Journal of Food Process Engineering*. 27(5), 392-412. DOI: 10.1111/j.1745-4530.2004.00390.x. ISSN 0145-8876. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-4530.2004.00390.x>
- [63] ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA. *Mlékárenské technologie*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova univerzita, 2013, 223 s. ISBN 978-80-7375-704-5.
- [64] ANDĚL, Michal, [2012]. *Sýry a tvarohy ve výživě*. Praha: Česká technologická platforma pro potraviny. Publikace České technologické platformy pro potraviny. ISBN 978-80-905096-2-7.
- [65] ČERNÍKOVÁ, Michaela a kol., 2018. The effect of different agitations and temperature maintainings on viscoelastic properties of full-fat processed cheese spreads. *LWT – food science and technology*. 89, 244-247. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.10.054. ISSN 0023-6438. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643817308071>
- [66] GUINEE, T.P., CARIC, M., KALÁB, M. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Product. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Third edition- volume 2: Major Cheese Groups. 2004, ISBN 0-1226-3653-8.
- [67] GUPTA, V. K. a H. REUTER, 1993. Firmness and melting quality of processed cheese foods with added whey protein concentrates. *Le Lait*. 73(4), 381-388. DOI: 10.1051/lait:1993435. ISSN 0023-7302. Dostupné také z: <http://www.edpsciences.org/10.1051/lait:1993435>
- [68] ČERNÍKOVÁ, Michaela a kol., 2018. The effect of rework content addition on the microstructure and viscoelastic properties of processed cheese. *Journal of Dairy Science*. 101(4), 2956-2962. DOI: 10.3168/jds.2017-13742. ISSN 0022-0302. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002203021830050X>

- [69] DICKINSON, Eric, 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*. 17(1), 25-39. DOI: 10.1016/S0268-005X(01)00120-5. ISSN 0268-005X. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X01001205>
- [70] TAN, Y.L. a kol., 2007. Effects of biopolymer addition on the dynamic rheology and microstructure of renneted skim milk systems. *Journal of Texture Studies*. 38(3), 404-422. DOI: 10.1111/j.1745-4603.2007.00104.x. ISSN 0022-4901. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-4603.2007.00104.x>
- [71] HANÁKOVÁ, Z., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., HUDEČKOVÁ, L., JANIŠ, R. The effect of selected hydrocolloids on the rheological properties of processed cheese analogues made with vegetable fats during the cooling phase. *International Journal of Dairy Technology*, 2013, 66, 4, 484-489. ISSN 1471-0307.
- [72] BABIČKA, Luboš, 2012. *Přídavné látky v potravinách: publikace České technologické platformy pro potraviny* [online]. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny [cit. 2020-04-26]. ISBN 978-80-905096-3-4.
- [73] MUDGIL, Deepak, Sheweta BARAK a Bhupendar Singh KHATKAR, 2014. Guar gum: processing, properties and food applications—A Review. *Journal of Food Science and Technology*. 51(3), 409-418. DOI: 10.1007/s13197-011-0522-x. ISSN 0022-1155. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s13197-011-0522-x>
- [74] ARMISÉN, R. a F. GAIATAS, 2009. Agar. *Handbook of Hydrocolloids*. Elsevier, 82-107. DOI: 10.1533/9781845695873.82. ISBN 9781845694142. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781845694142500047>
- [75] ARMISEN, Rafael, 1995. World-wide use and importance of Gracilaria. *Journal of Applied Phycology*. 7(3), 231-243. DOI: 10.1007/BF00003998. ISSN 0921-8971. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/BF00003998>
- [76] IMESON, A. Agar. In *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell Pub, 2010, 352 p. ISBN 14-051-3267-1.

- [77] MACKŮ, Ivana a kol., 2008. *The effect of pectin concentration on viscoelastic and sensory properties of processed cheese*. 43(9), 1663-1670. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2008.01734.x. ISSN 0950-5423. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2008.01734.x>
- [78] VANITHA, Thiraviam a Mahejbin KHAN, 2020. Role of Pectin in Food Processing and Food Packaging. *Pectins – Extraction, Purification, Characterization and Applications*. IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.83677. ISBN 978-1-78984-071-1. Dostupné také z: <https://www.intechopen.com/books/pectins-extraction-purification-characterization-and-applications/role-of-pectin-in-food-processing-and-food-packaging>
- [79] MACKŮ, Ivana a kol. 2009. Effect of addition of selected solid cosolutes on viscoelastic properties of model processed cheese containing pectin. *Food Hydrocolloids*. 23(8), 2078-2084. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2009.03.020. ISSN 0268005X. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X09000770>
- [80] NGOUÉMAZONG, Eugénie D. a kol., 2015. The Emulsifying and Emulsion-Stabilizing Properties of Pectin: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 14(6), 705-718. DOI: 10.1111/1541-4337.12160. ISSN 15414337. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1541-4337.12160>
- [81] HLADKÁ, K., RANDULOVÁ, Z., TREMLOVÁ, B., MANČÍK, P., ČERNÍKOVÁ, M. & BUŇKA, F. Pevnost tavených sýrů vyrobených bez tradičních tavicích solí. 2011. *Mlékařské listy*, č. 12, s. 3.
- [82] LEE, Siew Kim a kol., 2004. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology*. 39(7), 763-771. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.00842.x. ISSN 0950-5423. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2004.00842.x>
- [83] BARTH, A.P., C.F. TORMENA a W.H. VIOTTO, 2017. PH influences hydrolysis of sodium polyphosphate in dairy matrices and the structure of processed cheese: A particle toolkit for the replacement of milk fat with canola oil in processed cheese. *Journal of Dairy Science*. 100(11), 8735-8743. DOI: 10.3168/jds.2017-12764. ISSN 0022-0302. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030217307907>

- [84] CHEN, L. a H. LIU, 2012. Effect of emulsifying salts on the physicochemical properties of processed cheese made from Mozzarella. *Journal of Dairy Science*. 95(9), 4823-4830. DOI: 10.3168/jds.2012-5480. ISSN 00220302. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030212004961>
- [85] LEE, S.K. a H. KLOSTERMEYER, 2001. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *LWT – Food Science and Technology*. 34(5), 288-292. DOI: 10.1006/fstl.2001.0761. ISSN 00236438. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643801907613>
- [86] BISWAS, Ananya C a kol., 2015. Understanding the role of natural cheese calcium and phosphorous content, residual lactose and salt-in-moisture content on block-type processed cheese functional properties: Cheese hardness and flowability/meltability. *International Journal of Dairy Technology*. 68(1), 44-53. DOI: 10.1111/1471-0307.12167. ISSN 1364-727X. Dostupné také z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1471-0307.12167>
- [87] ČERNÍKOVÁ, Michaela a kol., 2017. Microstructure and textural and viscoelastic properties of model processed cheese with different dry matter and fat in dry matter content. *Journal of Dairy Science*. 100(6), 4300-4307. DOI: 10.3168/jds.2016-12120. ISSN 00220302. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030217302904>
- [88] BUŇKA, František, Jiří ŠTĚTINA a Jan HRABĚ, 2008. The effect of storage temperature and time on the consistency and color of sterilized processed cheese. *European Food Research and Technology*. 228(2), 223-229. DOI: 10.1007/s00217-008-0926-7. ISSN 1438-2377. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00217-008-0926-7>
- [89] MAFART, P., O. COUVERT a I. LEGUÉRINEL, 2001. Effect of pH on the heat resistance of spores. *International Journal of Food Microbiology*. 63(1-2), 51-56. DOI: 10.1016/S0168-1605(00)00397-4. ISSN 0168-1605. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168160500003974>
- [90] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J. J., LUCEY, J. A. Effect of Trisodium Citrate Concentration and Cooking Time on the Physicochemical Properties of Pasteurized Process Cheese. *Journal of Dairy Science*. 2006, vol. 89, No. 1, p. 15-28

- [91] VONDRUŠKA, Milan, 2004. *Analytická chemie*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati. ISBN 80-731-8212-2.
- [92] ČSN ISO 5534 (571003): *Sýry a tavené sýry. Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda)*, 2005. Praha: Český normalizační institut.
- [93] SALÁKOVÁ, A., BOŘILOVÁ, G. *Technologie a hygiena potravin živočišného původu – návody na cvičení*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Vyd.1, 2014, 51 s. ISBN 978-80-7305-731-2
- [94] NIKZADE, V., M. Mazaheri TEHRANI a M. SAADATMAND-TARZJAN, 2012. Optimization of low-cholesterol–low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. *Food Hydrocolloids*. 28(2), 344-352. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.12.023. ISSN 0268005X. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X1100347X>
- [95] MARCHESSEAU, S. a kol., 1997. Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science*. 80(8), 1483-1489. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76076-4. ISSN 00220302. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030297760764>
- [96] ČERNÍKOVÁ, Michaela a kol., 2017. The effect of selected processing parameters on viscoelastic properties of model processed cheese spreads. *International Dairy Journal*. 66, 84-90. DOI: 10.1016/j.idairyj.2016.11.007. ISSN 09586946. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694616303375>
- [97] THANASUKARN, P, R PONGSAWATMANIT a D.J MCCLEMENTS, 2004. Influence of emulsifier type on freeze-thaw stability of hydrogenated palm oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*. 18(6), 1033-1043. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2004.04.010. ISSN 0268005X. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X04000499>
- [98] ČERNÍKOVÁ, Michaela a kol., 2008. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Hydrocolloids*. 22(6), 1054-1061. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2007.05.020. ISSN 0268005X. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X07001452>

- [99] PERRECHIL, F.A. a R.L. CUNHA, 2010. Oil-in-water emulsions stabilized by sodium caseinate: Influence of pH, high-pressure homogenization and locust bean gum addition. *Journal of Food Engineering*. 97(4), 441-448. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.10.041. ISSN 02608774. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877409005482>
- [100] CARÍĆ, M., KALÁB, M., Processed Cheese Products. In Fox, P. F., (Ed.) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. vol. 2, Major Cheese Groups, 2nd ed. Elsevier Applied Science, London and New York, 1997, 467–505 p. ISBN 0-412-535106
- [101] BENNETT, R.J., TRIVEDI, D., HEMAR, Y., REID, D.C.W., ILLINGWORTH, D., LEE, S.K. The effect of starch addition on the rheological and microstructural properties of model processed cheese. *Aust. J. Dairy Technol.*, 2006, vol. 61, no. 2, p. 157-159
- [102] LIU, H., XU, X.M., GUO, S.D. Comparison of full-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2008, vol. 43, no. 9, p. 1581-1592.
- [103] SHARMA, S. K., LIPTAY, A. & MAGUER, M. L. Molecular characterization, physico-chemical and functional properties of tomato fruit pectin. *Food Research International* 30, 1998, 543-547.
- [104] NAGYOVÁ, G., ČERNÍKOVÁ, M., PACHLOVÁ, V., BUŇKA, F. Srovnání účinnosti vybraných hydrokoloidů na zvyšování tuhosti tavených sýrů. *Mlékařské listy* č. 147. Ústav technologie potravin, Fakulta technologická, Zlín, 2014, 27–31 s.
- [105] SWENSON, B. J., WENDORFF, W. L., LINDSAY, R. C. Effects of ingredients on the functionality of fat-free process cheese spreads. *J. Food Sci.*, 2000, vol. 65, n. 5, 822–825 p.
- [106] ZEHREN, V. L.; NUSBAUM, D. D. *Process cheese*. New Holstein: Cheese Reporter, 1992. p. 364.
- [107] MANDALA, I.G, T.P SAVVAS a A.E KOSTAROPOULOS, 2004. Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. *Journal of Food Engineering*. 64(3), 335-342. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2003.10.018. ISSN 02608774. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026087740300431X>

- [108] AROCAS, A., T. SANZ a S.M. FISZMAN, 2009. Improving effect of xanthan and locust bean gums on the freeze-thaw stability of white sauces made with different native starches. *Food Hydrocolloids*. 23(8), 2478-2484. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2009.08.001. ISSN 0268005X. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X0900160X>
- [109] PHILLIPS, O. G. & WILLIAMS. P.A. (2009). *Handbook of Hydrocolloids*. 2nd ed. Woodhead Publishing.
- [110] GUSTAW, W., MLEKO, S. The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft. Milk Science International*, 2007, 62, 1, 59-62. ISSN 0026-3788.
- [111] GUNASEKARAN, S. & MEHMET AK, M. Dynamic oscillatory shear testing of foods – selected applications. *Trends in Food Science & Technology*, 2000, vol. 11, p. 115–127.
- [112] JANÍČKOVÁ, Žaneta, 2009. *Vliv přídavku polysacharidu a proteinu na vybrané vlastnosti tavených sýrových omáček*. Vavrečkova 275, 760 01 Zlín. Diplomová práce. UTB – fakulta technologická. Vedoucí práce Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DAG	diacylglycerol
DSP	hydrogen fosforečnan sodný
HEXA 69	hexametafosforečnan sodný
MAG	monoacylglycerol
MSP	dihydrogenfosforečnan sodný
TS	tavený sýr
TSA	tavený sýrový analog
TSO	tavená sýrová omáčka
TSPP	pyrofosforečnan sodný

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Spotřeba TS v kg na osobu a rok (upraveno podle dat ze statistického úřadu) [5]</i>	12
<i>Obrázek 2: Schématická ilustrace zobrazující výrobní fáze zpracovaných sýrových výrobků. Tečkovaná linka představuje alternativní trasu [1]</i>	24
<i>Obrázek 3: Tavička pro výrobu diskontinuálním způsobem, uzavřená [52]</i>	27
<i>Obrázek 4: Tavička pro výrobu diskontinuálním způsobem, otevřená a nakloněná pro vyprázdnění [52]</i>	27
<i>Obrázek 5: Závislost stability na použitém množství hydrokoloidu pro TSO s pektinem po 1 a 7 dnech skladování</i>	47
<i>Obrázek 6: Závislost použitého množství hydrokoloidu na stabilitě pro TSO s agarem po 1 a 7 dnech skladování</i>	47
<i>Obrázek 7: Závislost použitého množství hydrokoloidu na stabilitě pro TSO s guarovou gumou po 1 a 7 dnech skladování</i>	48
<i>Obrázek 8: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro TSO s pektinem po 1 a 7 dnech skladování</i>	49
<i>Obrázek 9: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro TSO s agarem po 1 a 7 dnech skladování</i>	50
<i>Obrázek 10: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro TSO s guarovou gumou po 1 a 7 dnech skladování</i>	50
<i>Obrázek 11: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s pektinem po 1 a 7 dnech skladování</i>	51
<i>Obrázek 12: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s agarem po 1 a 7 dnech skladování</i>	52
<i>Obrázek 13: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s guarovou gumou po 1 a 7 dnech skladování</i>	52
<i>Obrázek 14: Závislost viskózního modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s pektinem po 1 a 7 dnech skladování</i>	53
<i>Obrázek 15: Závislost viskózního modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s agarem po 1 a 7 dnech skladování</i>	54
<i>Obrázek 16: Závislost viskózního modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s guarovou gumou po 1 a 7 dnech skladování</i>	54
<i>Obrázek 17: Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s pektinem po 1 a 7 dnech skladování</i>	55
<i>Obrázek 18: Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s pektinem po 1 a 7 dnech skladování</i>	56
<i>Obrázek 19: Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci pro TSO s guarovou gumou po 1 a 7 dnech skladování</i>	56

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Přehled povolených složek jiných než sýr pro výrobu tavených sýrů, tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků [20]</i>	15
<i>Tabulka 2: Surovinová skladba modelových vzorků TSO</i>	41
<i>Tabulka 3: Složení použitých tavicích solí</i>	41
<i>Tabulka 4: Výsledky stanovení pH a sušiny</i>	45
<i>Tabulka 5: Komplexní viskozita, elastický modul pružnosti, viskózní modul pružnosti, komplexní modul pružnosti a tangens fázového posunu pro tavené sýrové omáčky s pektinem (den 1)</i>	60
<i>Tabulka 6: Komplexní viskozita, elastický modul pružnosti, viskózní modul pružnosti, komplexní modul pružnosti a tangens fázového posunu pro tavené sýrové omáčky s pektinem (den 7)</i>	61
<i>Tabulka 7: Komplexní viskozita, elastický modul pružnosti, viskózní modul pružnosti, komplexní modul pružnosti a tangens fázového posunu pro tavené sýrové omáčky s agarem (den 1)</i>	62
<i>Tabulka 8: Komplexní viskozita, elastický modul pružnosti, viskózní modul pružnosti, komplexní modul pružnosti a tangens fázového posunu pro tavené sýrové omáčky s agarem (den 7)</i>	63
<i>Tabulka 9: Komplexní viskozita, elastický modul pružnosti, viskózní modul pružnosti, komplexní modul pružnosti a tangens fázového posunu pro tavené sýrové omáčky s guarovou gumou (den 1)</i>	64
<i>Tabulka 10: Komplexní viskozita, elastický modul pružnosti, viskózní modul pružnosti, komplexní modul pružnosti a tangens fázového posunu pro tavené sýrové omáčky s guarovou gumou (den 7)</i>	65

