

Vliv práškových mléčných ingrediencí na kvalitu tavených sýrů

Bc. Martina Indráčková

Diplomová práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Martina Indráčková**
Osobní číslo: **T19773**
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Vliv práškových mléčných ingrediencí na kvalitu tavených sýrů.**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Základní charakteristika tavených sýru a podobných produktu.
2. Použití suroviny při výrobě tavených sýrů.
3. Faktory působící na kvalitu tavených sýrů.

II. Praktická část

1. Vyrobté modelové vzorky tavených sýrů.
2. Provedte vybrané analýzy.
3. Vyhodnotte získané výsledky a zformulujte závěry.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Lapčík, L., Lapčíková, B., Otyepková, E., Otyepka, M., Vlček, J., Buňka, F., & Salek, R. N. (2015). Surface energy analysis (SEA) and rheology of powder milk dairy products. *Food Chemistry*, 174, 25-30
- [2] Kapoor, R., Metzger, L. E., Biswas, A. C., & Muthukumarappan, K. (2007). Effect of Natural Cheese Characteristics on Process Cheese Properties. *Journal Of Dairy Science*, 90(4), 1625-1634
- [3] Shirashoji, N., Jaeggi, J. J., & Lucey, J. A. (2010). Effect of sodium hexametaphosphate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal Of Dairy Science*, 93(7), 2827-2837

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

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **14. května 2021**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 8. února 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit vliv práškových mléčných ingrediencí použitých v surovinové skladbě na kvalitu tavených sýrů v průběhu 30denního skladování při teplotách 6 ± 2 °C. Jako práškové mléčné ingredience byly použity lyofilizovaný prášek přírodního sýra (Eidamské cihly) ve dvou provedeních (jemný – LYO1, hrubý – LYO2) a sušená smetana. Ta sloužila především na úpravu hodnot tuku. Jako kontrolní skupina nám sloužily vzorky vyrobené z chlazené Eidamské cihly (EC). Modelové vzorky tavených sýrů byly vyrobeny s obsahem sušiny 40 % (w/w) a různým obsahem tuku v sušině [50 % (w/w) TVS; 40 % (w/w) TVS; 30 % (w/w) TVS]. Jako tavicí soli byly použity monohydrogenfosforečnan sodný (DSP; Na_2HPO_4), dihydrogenfosforečnan sodný (MSP; NaH_2PO_4), difosforečnan tetrasodný (TSPP; $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) a sodná sůl polyfosforečnanu (POLY 69). Posledním komponentem surovinové skladby byla voda.

Vyrobené vzorky byly hodnoceny v den 1, 15 a 30 po výrobě. Byla provedena základní chemická analýza, kde se stanovil obsah sušiny a hodnoty pH. Profilovou texturní analýzou byla vyhodnocena tvrdost, lepivost, elasticita, kohezivnost, žvýkatelnost a gumovitost. Pomocí dynamické oscilační reometrie se vyhodnotila komplexní viskozita, elastický modul pružnosti G' , ztrátový podíl pružnosti G'' , komplexní modul pružnosti G^* a tangenta delta.

Tvrdost a pevnost vzorků byla ovlivněna délkou skladování, obsahem tuku v sušině (TVS) i úpravou použitého přírodního sýra. Nejtvrďší tavené sýry s největší pevností gelu byly vyrobeny z neupraveného přírodního sýra s 30 % (w/w) TVS. Nejmenší tvrdost a pevnost vykazovaly vzorky vyrobené ze sýrových prášků s 50 % (w/w) TVS. Tvrdost a tuhost všech zkoumaných vzorků se zvyšovaly s dobou skladování, zatímco se zvyšujícím obsahem TVS se snižovaly. Použití sýrového prášku mělo za následek tavené sýry menší tvrdosti a pevnosti, než u vzorků vyrobených z neupraveného přírodního sýra, a to bez ohledu na obsah TVS nebo délku skladování. Všechny modelové vzorky vykazovaly $G' > G''$, vykazovaly tedy více elastický charakter než viskózní.

Klíčová slova: tavený sýr, lyofilizovaný prášek, kvalita, přírodní sýr, reologické vlastnosti

ABSTRACT

The aim of this thesis was to evaluate the effect of powdered dairy ingredients used in the raw material composition on the quality of processed cheeses (PC) during 30 days of storage at 6 ± 2 °C. Lyophilized natural cheese powder (Edam block) in two versions (fine - LYO1; coarse - LYO2) and dried cream were used as powdered milk ingredients. The dried cream was used mainly to adjust the fat values. Samples made of chilled Edam block (EB) served as a control group. Model samples of PC were made with a dry matter content of 40% (w/w) and different fat content in the dry matter [50% (w/w) FDM; 40% (w/w) FDM; 30% (w/w) FDM]. Disodium phosphate (DSP; Na_2HPO_4), monosodium phosphate (MSP; NaH_2PO_4), tetrasodium pyrophosphate (TSPP; $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) and sodium polyphosphate (POLY 69) were used as melting salts. The last component of the raw material composition was water.

The produced samples were evaluated on days 1, 15 and 30 after production. A basic chemical analysis was performed to determine the dry matter content and pH value. Hardness, adhesiveness, elasticity, cohesiveness, chewiness and gumminess were evaluated by profile texture analysis. Using dynamic oscillation rheometry, the complex viscosity, the storage modulus G' , the loss modulus G'' , the complex modulus G^* and the tangent of the phase shift were evaluated.

The hardness and gel strength of all examined samples were affected by the extending storage period, the fat content in the dry matter (FDM) and the treatment of the natural cheese used. Processed cheeses with the highest hardness and gel strength were reported for untreated natural cheese with 30% (w/w) FDM. PC samples manufactured from cheese powders with 50% (w/w) FDM showed the lowest hardness and gel strength. The hardness and gel strength of all PC samples examined increased with extending storage period, while with increasing FDM decreased it. Applied cheese powder resulted PC of decreased hardness and gel strength than PC samples manufactured from untreated natural cheese, regardless of the FDM content or the period of storage. All PC model samples presents $G' > G''$, thus indicating a more elastic behavior than a viscous behavior.

Keywords: Processed cheese, Lyophilized powder, Quality, Natural cheese, Rheological properties

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, PhD., za odborné vedení, ochotu, čas, cenné rady a připomínky, a to vše za ztížených podmínek, kterým musíme všichni již druhým rokem čelit.

Motto

„Za prvé, dívejte se nahoru na hvězdy, a ne dolů na nohy. Za druhé, nikdy se nevzdávejte práce. Dobrá práce Vám dává smysl a účel a život bez ní je prázdný. A za třetí, pokud máte to štěstí a našli jste lásku, udržte si ji.“

– Stephen Hawking

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ	12
1.1 HISTORIE TAVENÝCH SÝRŮ	12
1.2 LEGISLATIVA.....	12
1.2.1 Dělení tavených sýrů.....	14
1.3 MLÉKO JAKO HLAVNÍ SUROVINA PRO VÝROBU SÝRŮ.....	15
1.4 PŘÍRODNÍ SÝRY JAKO HLAVNÍ SUROVINA PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ.....	18
1.5 VADY TAVENÝCH SÝRŮ.....	22
1.6 NUTRIČNÍ VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ	25
2 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ	27
2.1 SUROVINY MLÉČNÉHO PŮVODU.....	27
2.2 SUROVINY NEMLÉČNÉHO PŮVODU	28
3 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ	33
3.1 PŘÍPRAVA SMĚSI K TAVENÍ.....	34
3.2 PŘÍPRAVA SMĚSÍ TAVÍCÍCH SOLÍ.....	34
3.3 PROCES TAVENÍ.....	34
3.4 BALENÍ, CHLAZENÍ, SKLADOVÁNÍ.....	36
4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU TAVENÝCH SÝRŮ	37
4.1 VLIV VYBRANÝCH PROCESNÍCH PARAMETRŮ	37
4.1.1 Vlastnosti přírodního sýra	37
4.1.2 Poměry tavících solí	38
4.1.3 pH taveného sýra.....	39
4.1.4 Vliv zpracování a chlazení	39
4.1.5 Vliv skladování	40
II PRAKTICKÁ ČÁST	42
5 CÍL PRÁCE	43
6 METODIKA PRÁCE	44
6.1 VÝROBA VZORKŮ	44
6.2 CHEMICKÁ ANALÝZA	46
6.3 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA	46
6.4 DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE	47
7 VÝSLEDKY A DISKUZE	49
7.1 VYHODNOCENÍ CHEMICKÉ ANALÝZY	49
7.2 VYHODNOCENÍ TEXTURNÍ PROFILOVÉ ANALÝZY	52

7.2.1	Tvrdost	52
7.2.2	Relativní lepivost	55
7.2.3	Elasticita.....	56
7.2.4	Kohezivnost.....	57
7.2.5	Žvýkatelnost.....	58
7.2.6	Gumovitost.....	60
7.3	VYHODNOCENÍ DYNAMICKÉ OSCILAČNÍ REOMETRIE	61
7.3.1	Komplexní viskozita	61
7.3.2	Elastický a ztrátový modul pružnosti	67
7.3.3	Komplexní modul pružnosti.....	77
7.3.4	Tangenta úhlu fázového posunu.....	79
ZÁVĚR		81
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		82
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		92
SEZNAM OBRÁZKŮ		94
SEZNAM TABULEK.....		97

ÚVOD

Sýr je nejrozmanitější, vědecky nejzajímavější a nejnáročnější skupinou mléčných výrobků. Oproti jiným mléčným výrobkům jsou biologicky a biochemicky dynamické, a proto přirozeně nestabilní. Tavené sýry patří k nejmladší skupině sýrů a za jejich vznikem stál původní záměr výrobců, kterým bylo prodloužení trvanlivosti sýra. Dobrá údržnost za podmínek chladírenského skladování je tudíž nespornou výhodou tavených sýrů. V České republice patří k oblíbeným mléčným výrobkům. Jejich popularitu lze přičíst k několika faktorům, mezi které patří mimo jiné jejich rozmanitost v chuti a struktuře, dále atraktivní balení do pohodlných formátů a tvarů a v neposlední řadě jejich přizpůsobivost pro obchod s rychlým občerstvením (Buňka et al., 2010; Buňka a Kopáček, 2012; Buňka, 2017; Fox et al., 1996; Guinee a O'Callaghan, 2013).

Přírodní sýr je stěžejní surovinou pro výrobu tavených sýrů. Jeho převedení do podoby sýrového prášku pomocí lyofilizace představuje řadu výhod, jak pro výrobce tavených sýrů, tak pro obchodníky dodávající suroviny. Mezi hlavní z nich patří zvýšení trvanlivosti a možnost skladování mimo chladírenské podmínky bez chemických konzervantů. Mezi další výhody lze zahrnout také snadnou přepravu díky výraznému snížení hmotnosti a objemu. Lyofilizované mléčné výrobky lze přímo konzumovat, nebo snadno hydratovat. Výhodou lyofilizace mléčných výrobků je zachování jejich přirozené barvy, velikosti, příchutě, živin a konzistence čerstvého produktu.

Smyslem diplomové práce bylo vyrobit tavené sýry z lyofilizovaného sýrového prášku a porovnat je s tavenými sýry vyrobenými z neupraveného přírodního sýra a na základě toho zhodnotit vliv sušených mléčných ingrediencí na kvalitu tavených sýrů. Touto problematikou se žádná studie doposud nezabývala.

Diplomová práce je členěna do sedmi kapitol. Teoretická část obsahuje čtyři kapitoly, které popisují základní charakteristiku tavených sýrů, suroviny pro výrobu tavených sýrů, technologii výroby tavených sýrů a faktory ovlivňující kvalitu tavených sýrů. Kapitoly pět až sedm jsou věnovány praktické části. Zde jsou definovány cíle práce a popsána metodika, která zahrnuje výrobu vzorků a metody jejich vyhodnocení. Dále jsou zde prezentovány výsledky základní chemické analýzy, profilové texturní analýzy a dynamické oscilační reometrie, které jsou vyhodnoceny a diskutovány.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ

1.1 Historie tavených sýrů

Za vznikem tavených sýrů stál záměr výrobců prodloužit dobu trvanlivosti sýrů, které byly dopravovány na velké vzdálenosti. Při přepravě v nevyhovujících skladovacích podmínkách docházelo k výraznému zhoršování jejich jakosti. Dlouhé experimenty, které vzniku tavených sýrů předcházely, se datují již k roku 1905.

První tavený sýr byl úspěšně vyroben v roce 1911 ve firmě Gerber ve Švýcarsku. Jako tavicí sůl byl použit citrát sodný, který byl vyroben varem z kyseliny citrónové a uhličitanu sodného. Na počátku byly tavené sýry vyráběny pouze ručně s denní kapacitou výroby ve stovkách kusů. Později, v 80. letech firma Gerber produkovala denně až 100 000 kusů tavených sýrů v krabičkách o různé hmotnosti. Ve Spojených státech amerických byl první tavený sýr vyroben o čtyři roky později ve firmách Kraft a Phenix a v roce 1916 si postup nechala patentovat. Další evropská země, která zahájila výrobu tavených sýrů, byla Francie, konkrétně společnost Graf, později přejmenována na BEL. Vznik této francouzské sýrárny je považována za významný mezník a jejich logo veselé krávy se později stalo symbolem tavených sýrů. V Německu se začaly tavit první sýry v roce 1923 ve společnosti Wiedemann. V roce 1933 již tavelo sýry 60 sýráren, z toho 40 bylo v Bavorsku, což představovalo 40 % světové výroby. Na území Československa vyrobila první tavený sýr v roce 1923 firma Bloch ve Vodňanech pod značkou Simplon. Hlavním průkopníkem tavených sýrů u nás byl Ladislav Hertl. První patent na použití polyfosforečnanů ve výrobě tavených sýrů byl podán v Německu v roce 1929, což bylo bráno za významný průlom ve výrobě tavených sýrů.

Česká republika má ve výrobě tavených sýrů dlouhou tradici, která sahá do 30. let minulého století a dnes se řadí k jejich nejvýznamnějším výrobcům. Zároveň se naše země pyšní rekordem ve spotřebě tavených sýrů, která se v roce 2016 pohybovala kolem 2 kg na osobu za rok, což je mimo jiné dáno jejich přijatelnou cenovou dostupností (Anonym 1, 2011; Anonym 2, 2016; Buňka a Kopáček, 2012; Kapoor a Metzger, 2008; Kopáček a Likler, 2010; Maurer, 2012).

1.2 Legislativa

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 274/2019 Sb., kterou se mění vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje,

v aktuálním znění, definuje sýr jako mléčný výrobek vyrobený vysrážením mléčné bílkoviny z mléka působením syřidla nebo jiných vhodných koagulačních činidel, oddělením podílu syrovátky a následným prokysáním nebo zráním. Jako tavený sýr se označí sýr, který byl tepelně upraven tavením. Pokud tavený sýr obsahuje více jak 5 % hmotnostních laktózy, nejedná se již o tavený sýr ale o tavený sýrový výrobek. Aby tavený výrobek mohl nést označení „sýrový“, musí nejméně 50 % hmotnostních sušiny tohoto výrobku tvořit sýr. Jako tavený mléčný výrobek se označuje mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením a obsahuje více než 5 % laktózy (Anonym 5, 2019).

Přehled povolených složek jiných než sýry v tavených sýrech a tavených mléčných výrobcích dle vyhlášky uvádí Tabulka 1.

Tabulka 1 Přehled povolených složek jiných než sýry v tavených sýrech a tavených mléčných výrobcích (upraveno podle Anonym 5, 2019)

Složka jiná než sýr	Tavený sýr a tavený roztíratelný sýr		Tavený sýrový výrobek a tavený mléčný výrobek
	Druhově pojmenovaný	Druhově nepojmenovaný	
Máslo, máselný tuk, smetana, máselný koncentrát	Pouze pro standardizaci obsahu tuku	ano	ano
Ostatní mléčné složky	ne	ano, obsah nejvýše 5 % hmot. laktózy ve finálním taveném sýru	ano
Jedlá sůl	ano	ano	ano
Bakteriální kultury	ano	ano	ano
Enzymy*	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

Dle *Code of Federal Regulations* (CFR) je tavený sýr připravený rozdrcením a smícháním sýrových ingrediencí s volitelnými mléčnými ingrediencemi a nemléčnými přísadami za působení tepla do homogenní plastické hmoty. Mezi sýrové ingredience patří jeden nebo

více sýrů stejného, dvou nebo více druhů. Do mléčných ingrediencí řadíme smetanu, odstředěné mléko, podmásli, syrovátku a jejich sušené formy, bezvodý mléčný tuk, dehydratovanou smetanu, albumin ze syrovátky a odstředěné mléko. Nemléčné přísady jsou emulgátory (tavicí soli), jejichž povolené množství ve výrobku je do 3 %. Dále voda, okyselující činidlo, sůl, umělá barviva, koření, aroma, složky inhibující plísně, lecitin proti adhezi do 0,3 % a enzymem modifikovaný sýr (Anonym 3, 2020).

Tato americká instituce rozděluje výrobky na:

- tavené sýry (pasteurised process cheese),
- tavené sýrové výrobky (pasteurised process cheese food),
- tavené sýrové pomazány (pasteurised process cheese spread).

Jednotlivé skupiny se liší v předepsaném obsahu sušiny, obsahu tuku a ingrediencích, které lze použít do surovinové skladby. Dále se liší v požadavcích na maximální obsah vlhkosti a minimální konečnou hodnotu pH (Buňka, 2017; Kapoor a Metzger, 2008).

Definice tavených sýrů a roztíratelných tavených sýrů dle *Codex Alimentarius* zní: Tavený sýr a roztíratelný tavený sýr se vyrábí mletím, mícháním a emulgací jednoho nebo více druhů sýrů, s přídavkem nebo bez přídavku mléčných složek nebo jiné potraviny v souladu s tímto předpisem, za pomoci tepla a emulgátorů (Anonym 4, 1978).

1.2.1 Dělení tavených sýrů

Dnešní technologie umožňují vyrábět velký počet druhů tavených sýrů a to z hlediska různých chuťových, konzistenčních a tvarových variant. Na trhu tak můžeme najít výrobky s konzistencí roztíratelnou, krájitelnou, plátkové i tekuté výrobky (omáčky a polevy). Z příchutí jsou rozšířené masové, zeleninové, houbové či kořeněné. Různorodé může být i složení tavených sýrů lišící se obsahem sušiny a tuku v sušině. Kvůli této velké rozmanitosti tavené sýry nemají mezinárodní klasifikaci, ale označují se obsahem tuku v sušině a popisem surovin a přísad. Legislativa České republiky uvádí dělení tavených sýrů na dvě skupiny – „roztíratelné“ a „s lomem“ (Anonym 5, 2019; Buňka, Černíková, Hladká a Buňková, 2010; Šustová a Sýkora, 2013).

Dělení podle složení:

- přírodní,
- druhové,
- směsné,
- ochucené.

Dělení podle obsahu tuku v sušině (hm. %):

- vysokotučné – 60 až 70 % (w/w),
- plnotučné – 45 až 55 % (w/w),
- polotučné – 30 až 45 % (w/w),
- nízkotučné – 30 % (w/w) a méně.

Dělení podle způsobu balení:

- hliníkové fólie uložené do kartonového obalu,
- plastové kelímky a vaničky,
- plechové obaly,
- plastové tuby a střívka,
- látky jednotlivě balené (Buňka, Černíková, Hladká a Buňková, 2010; Janštová et al., 2012; Šustová a Sýkora, 2013).

1.3 Mléko jako hlavní surovina pro výrobu sýrů

Kvalita mléka je zásadní pro výrobu sýra. Mléko pro výrobu sýrů musí splňovat bezpečnostní a kvalitativní standardy. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu, v aktuálním znění, definuje syrové mléko jako mléko vyprodukované sekrecí mléčné žlázy hospodářských zvířat, které se nepodrobilo ohřevu nad 40 °C, ani nebylo ošetřeno žádným způsobem s rovnocenným účinkem. Mléko, které má být dáno do oběhu, musí být vyšetřeno, posouzeno a označeno způsobem, který uvádí zákon č. 166/1999 Sb., v aktuálním znění a také čl. 18 nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2017/625. Na trh lze uvádět mléko, které bylo získáno od zvířat, jejichž zdravotní stav, způsob chovu a výživy neovlivňují nepříznivě jeho zdravotní nezávadnost, a které bylo mlékárensky ošetřeno, jakož i výrobky z tohoto mléka. Obsah mikroorganismů při teplotě 30 °C v syrovém kravském mléce, které má být použito pro výrobu mléčných výrobků a je bezprostředně před tepelným ošetřením, může být maximálně 300 000 na ml. Obsah

mikroorganismů při teplotě 30 °C v tepelně ošetřeném kravském mléce, které má být použito na výrobu mléčných výrobků, může být maximálně 100 000 na ml. Další hygienické požadavky a kritéria, které musí mléko splňovat, aby mohlo být použito k lidské spotřebě, uvádí výše zmíněné Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 (Anonym 7, 2004; Anonym 9, 1999; McMahon, 2016).

Z pohledu makroživin se kravské mléko skládá z vody (85 – 87 %), tuků (3,8 – 5,5 %), bílkovin (2,9 – 3,3 %) a sacharidů (5 %). Na úrovni mikroživin kravské mléko obsahuje mnoho bioaktivních sloučenin včetně vitaminů, minerálů, biogenních aminů, organických kyselin, nukleotidů, oligosacharidů a imunoglobulinů. Dnes se dá kvantifikovat a identifikovat pomocí NMR spektroskopie přes 40 metabolitů mléka. Složení mléka se může lišit díky mnoha faktorům, jakými jsou plemeno skotu, zdravotní stav dojnice, věk, roční období, fáze dojení, období laktace, druh krmiva, mikrobiální aktivita, enzymatické reakce vyskytující se v syrovém mléce a další. Jedinečnou vlastností mléka je, že ačkoliv obsahuje okolo 12 % sušiny, tak zůstává tekuté. Děje se tak, protože tuk a většina bílkovin existují jako koloidní částice suspendované v roztoku solí, minerálů a laktózy (Foroutan et al., 2019; Chandan, 2016; McMahon, 2016).

Voda

Voda je médium, ve kterém jsou všechny ostatní složky mléka rozpuštěny nebo dispergovány. Voda je nezbytná pro růst startovacích kultur a jiných bakterií. Umožňuje syřidlu vykonávat funkci koagulace mléka. Při výrobě sýrů je cílem vodu z mléka v požadovaném množství odstranit, aby se zabránilo jejich znehodnocení. Zbytek vody, který v sýru zůstane, ovlivňuje jeho tělo, strukturu a chuť (McMahon, 2016).

Proteiny

Mléko obsahuje 30 – 36 g/l celkového proteinu. Mléčné proteiny se dělí na dvě hlavní frakce – kaseinové a syrovátkové. Do skupiny kaseinových proteinů patří α 1-kasein, α 2-kasein, β -kasein, κ -kasein a γ -kasein (ten je proteolytickou štěpnou frakcí β -kaseinu) a tvoří 80 % bílkovin. Jako syrovátkové proteiny jsou označovány β -laktoglobulin, α -laktalbumin, sérum albumin, imunoglobuliny, stopové množství enzymů a protézo-peptony. Všechny kaseiny v kombinaci s fosforečnanem vápenatým existují v mléce v agregovaném, vysoce hydratovaném komplexu známém pod názvem kaseinová micela. Kaseinové micely mají různorodou velikost, 30 – 600 nm v průměru, nejčastěji se ale vyskytují ve velikosti 200 nm. Syrovátkové proteiny jsou převážně monomerní nebo dimerní a jsou obsaženy ve vodné fázi mléka mimo micelu. Hlavní rozdíl mezi těmito frakcemi proteinů je ten, že kaseinové

bílkoviny se sráží, zatímco syrovátkové bílkoviny se nesráží a přechází do sýrové syrovátky. Srážení kaseinů může být uskutečněno kyselou formou (po dosažení izoelektrického bodu při pH 4,6), nebo sladkou formou, tzv. sladké srážení, pomocí enzymů. K oddělení kaseinů a syrovátkových proteinů lze docílit i vysokorychlostní centrifugací (Buňka et al., 2013a; Horne, 2017).

Tuky

Mléko obsahuje asi 3 – 5 % hmotnostních tuku v podobě tukových kuliček. Tukové kuličky mají průměr 2 – 6 μm , jsou obklopené lipoproteinovou membránou a jsou z 96 – 98 % tvořeny triacylglyceroly. Triacylglyceroly obsahují trojsytný alkohol, na kterém jsou vázány tři mastné kyseliny. V mléčném tuku bylo identifikováno více než 400 různých mastných kyselin. Mastné kyseliny esterifikované na triacylglycerol jsou odvozeny buď z lipidů v plazmě, nebo syntézou *de novo* z prekurzorů malých molekul. Dále jsou v malém množství přítomny diacylglyceroly, monoacylglyceroly, volné mastné kyseliny, polární lipidy a steroly a stopová množství vitamínů rozpustná v tucích či β -karoten.

Schopností mléčného tuku je jeho krystalizace. Triacylglyceroly v tukových kuličkách jsou při teplotě 36 °C – 39 °C kapalné. Při snížení teploty mléka dochází k fázovému přechodu z kapalné formy do tuhé a poté k tvorbě krystalů. Tvorba krystalů má technologický význam při výrobě mléčných výrobků. Také má vliv na náchylnost tukových kuliček při stloukání smetany, nebo na strukturu a stabilitu zmrzliny. U výrobků s vysokým obsahem mléčného tuku ovlivňuje také reologické vlastnosti, konzistenci a pocit v ústech (Buňka et al., 2013a; Horne, 2017).

Sacharidy

Hlavní sacharid v mléce většiny savců je laktóza. Obsah laktózy je 4,2 – 5,0 % hmotnostních a to v závislosti na výtěžnosti mléka a období laktace. Koncentrace laktózy v mléce také nepřímou souvisí s koncentracemi lipidů a kaseinu. Laktóza je redukující disacharid složený z D-galaktózy a D-glukózy, spojené glykozidickou vazbou $\beta(1-4)$. Laktóza se vyskytuje v α i β formách, které díky mutarotacím mohou mezi sebou přecházet. α -laktóza a β -laktóza mají velmi odlišné vlastnosti, z nichž nejdůležitější je specifická rotace a rozpustnost ve vodě. Při teplotě 20 °C je 62 % laktózy ve formě β a 38 % ve formě α . Rovnovážný poměr $\beta/\alpha = 1,68$ při teplotě 20 °C. Forma β má výrazně vyšší rozpustnost než α forma. α -laktóza je rozpustnější při teplotách > 93,5 °C. S vyšší teplotou se rychlost mutarotace zvyšuje, naopak s teplotou kolem 0 °C probíhají mutarotace velmi pomalu. Rozpustnost α -laktózy je více závislá na teplotě než rozpustnost β -laktózy. V závislosti rozpustnosti laktózy na teplotě

dochází ke krystalizaci laktózy. Za zvýšené teploty se vytvoří přesycený roztok laktózy, u kterého při snížení teploty dojde ke tvorbě krystalů. Laktóza má významný vliv při výrobě fermentovaných mléčných výrobků, kde slouží jako zdroj uhlíku pro bakterie mléčného kvašení, které produkují kyselinu mléčnou. Laktóza ve stravě může způsobovat intolerance u dospělých lidí, jelikož dochází k malému množství vylučování β -galaktosidázy, která je potřebná pro katabolismus laktózy (Buňka et al., 2013a; Fox 2011; Horne, 2017; Kailasapathy, 2016; Schuck, 2011).

Z fyzikálně-chemických vlastností se hodnotí hustota mléka, která se pohybuje v rozmezí $1,026 - 1,036 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Dále bod mrznutí mléka, díky kterému se dá snáze odhalit přídavek vody do mléka a jeho hodnota je $-0,57$ až $-0,54 \text{ }^\circ\text{C}$. Titrační kyselost by se měla pohybovat v intervalu $6,2 - 7,8 \text{ }^\circ\text{SH}$. Aktivní kyselost má obvyklou hodnotu pH v intervalu $6,5 - 6,7$. Měření hodnot pH nebo titrační kyselosti se provádí pro usnadnění procesu výroby sýra (Buňka et al., 2013a; McMahon, 2016).

Dobrá kysací schopnost mléka je jedním z předpokladů pro výrobu sýrů. Je to schopnost mléka umožnit přidaným bakteriím mléčného kvašení metabolizovat laktózu na kyselinu mléčnou. Ke snížení této schopnosti může vést přítomnost reziduí inhibičních látek. V tomto případě by se jednalo o vážné porušení správné výrobní praxe. Dalším důležitým předpokladem pro výrobu sýrů je dobrá syřitelnost mléka. Syřitelnost je schopnost mléka srážet se v přítomnosti syřidla. Před zahájením vlastní výroby sýrů typu čedar, eidam, gouda aj. mléko prochází tepelným ošetřením. Dále se provádí standardizace mléka (Buňka et al., 2013a; McMahon, 2016).

1.4 Přírodní sýry jako hlavní surovina pro výrobu tavených sýrů

Sýr je nejrozmanitější skupinou mléčných výrobků. Mléčným výrobkem je dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004, v aktuálním znění, zpracovaný výrobek získaný zpracováním syrového mléka nebo dalším zpracováním takto zpracovaných výrobků. Přírodní sýr se vyrábí vysrážením mléčné bílkoviny přímo z mléka, které je většinou pasterované. Z nepasterovaného mléka se sýry vyrábí výjimečně a musí splňovat stanovené legislativní podmínky. Mléko se standardizuje na určitý obsah tuku, který je upraven podle požadované tučnosti sýrů. Přidá se mlékařská kultura, typická pro daný sýr. K vysrážení mléčné bílkoviny se využívá buď kyselého srážení, které nastává po dosažení izoelektrického bodu (pH 4,6), nebo sladkého srážení mléka omezenou proteolýzou pomocí přídavku syřidla. Kyselou cestou se vyrábí 25 % sýrů, 75 % cestou sladkého srážení. Po

vysrážení mléka se sraženina míchá a zahřívá, vypouští se vytvořená syrovátka a vzniklé sýrové zrno se sbírá a lisuje. Žádoucí chuť a struktura sýra je vytvořena při procesu zrání, které probíhá při specifické teplotě, vlhkosti a času pro daný sýr. Většina sýrů srážená kyselou cestou se konzumuje nezralá, zatímco drtivá většina sýrů srážená syřidlem zraje po dobu od 3 týdnů do dvou let (Anonym 7, 2004; Fox, Cogan a Guinee, 2017; Chandan, 2016).

Přírodní sýry jsou klasifikovány na základě několika kritérií, kterými jsou vlhkost, obsah vody v tukuprosté sušině, obsahu tuku v sušině a způsob zrání.

Dělení sýrů na základě vlhkosti (%):

- s velmi vysokou vlhkostí – 56 až 80 % vlhkosti,
- s vysokou vlhkostí – 46 až 55 % vlhkosti,
- se střední vlhkostí – 34 až 45 % vlhkosti,
- s nízkou vlhkostí – 13 až 33 % vlhkosti.

Dělení sýrů na základě obsahu vody v tukuprosté sušině (%):

- velmi tvrdé – méně než 47,0 % včetně,
- tvrdé – 47,0 až 54,9 %,
- polotvrde – 55,0 až 61,9 %,
- poloměkké – 62,0 až 68,0 % včetně,
- měkké – nejméně 68 %.

Dělení sýrů dle obsahu tuku v sušině (hm. %):

- vysokotučné – více než 60 % (w/w),
- plnotučné – 45 až 60 % (w/w),
- polotučné – 25 až 45 % (w/w),
- nízkotučné – 10 až 25 % (w/w),
- odtučněné – méně než 10 % (w/w).

Dělení sýrů dle způsobu zrání:

- nezrající – čerstvé, termizované, bílé, pařené;
- zrající – s mazem na povrchu, anaerobně v celé hmotě;
- plísňové – s plísní na povrchu, s plísní v těstě (Horne, 2017; Chandan, 2016; Janštová et al., 2012; Kadlec et al., 2002; McSweeney, 2017; Šustová a Sýkora, 2013).

Přírodní sýr je hlavní surovinou při tradiční výrobě tavených sýrů. V České republice se pro výrobu tavených sýrů nejvíce používají sýry holandského typu (s nízkodohřívanou sýřeninou). V jiných oblastech světa se ale používají také sýry švýcarského typu, čedar, mozzarella a bílé sýry zrající v solném nálevu. Použití čedaru a mozzarely je typické pro anglicky mluvící země. Bílé solené sýry jsou typické pro země ve Středomoří, Balkáně a na Blízkém a Středním východě. Schéma výroby metodou sladkého srážení zobrazuje Obrázek 1 (Buňka, 2017; Salek et al., 2020a).

Sýry holandského typu

Sýry holandského typu, jejichž nejčastějšími představiteli jsou sýry Gouda a Eidam, patří do skupiny polotvrdých, zrajících sýrů, které jsou krájitelné a rozřezatelné. Jejich obsah tuku v sušině je minimálně 40 % hmotnostních a obsah vlhkosti v beztuké sušině nejvýše 63 % hmotnostních. Vyrábí se z pasterizovaného, částečně odstředěného mléka pomocí syřidla, za použití smíšené mezofilní startovací kultury obsahující kmeny *Lactococcus* a *Leuconostoc*. Dohřívání (paření) sýřeniny probíhá za mírných teplot, která se následně promývá, čímž se snižuje obsah laktózy, která má vliv na prokysání sýrů. Sýry jsou lisované a solené solným roztokem. Během lisování dochází také k okyselování. Přirozeně zrající sýry zrají 4 – 6 týdnů až po dobu delší než 1 rok. Alternativně zrající sýry zrají bez slupky relativně krátkou dobu. Během zrání se vytváří typická vůně, struktura a vzhled. Jedná se o kombinovaný výsledek fermentace laktózy a kyseliny citrónové, proteolýzy a přeměny aminokyselin a omezený rozsah lipolýzy. Tyto sýry mají dobré tavicí schopnosti. Sýry jsou biologicky a biochemicky dynamické a v důsledku toho jsou ze své podstaty nestabilní (Düsterhöft et al., 2016; Horne, 2017; Chandan, 2016; McSweeney, 2007; McSweeney, 2017).

Čedar

Čedar je vyzrálý tvrdý sýr původem z Velké Británie, nyní se vyrábí zejména v USA, Austrálii a Novém Zélandě. Jedná se o sýr s nízkodohřívanou sýřeninou a s vysokým stupněm prokysání během zrání (čedarizace). Do mléka se přidává větší množství smetanového zákysu (až 2 %) a termofilní kultury *Str. durans*, *L. lactis*, *L. helveticus* a *L. casei* (0,02 – 0,03 %). V technologii čedaru nedochází k praní syrového zrna. Čedarizace probíhá při teplotě 32 – 33 °C po dobu 2 až 4 hodin. Sýrové zrno se dosouší a předlisovává. V průběhu dochází k prokysávání a odkapu syrovátky. Prokysaná sýřenina se mele, promíchává se solí a lisuje. Zrání probíhá při teplotách 7 – 15 °C. Doba zrání se pohybuje od 5ti týdnů do 2 let v závislosti na požadovaném rozsahu zralosti. Barva sýra je od téměř bílé, slonovinové, přes světle žlutou až oranžovou. Texturu lze popsat jako pevnou, hladkou

a voskovou. Nevyskytují se zde oka způsobené plynem bakterií, ale některé otvory a štěrby jsou přijatelné (Janštová et al., 2012; Kadlec et al., 2002; Salek et al., 2020a).

Sýry švýcarského typu

Jak název vypovídá, původ tohoto sýra je ve Švýcarsku v údolí Emmen. Jedná se o sýr s vysokodohřivanou sýřeninou a představiteli jsou sýry ementálského typu a typu Moravský bochník. Dle struktury těla se řadí mezi tvrdé a polotvrdé sýry. Originál se vyrábí ze syrového mléka. Zakysání probíhá za přítomnosti smetanové kultury a termofilní kultury *Str. thermophilus* a *L. helveticus*. Pro vytvoření typické chuti, která je oříškově nasládlá, a tvorbu ok se přidává propionová kultura. Dohřívání sýřeniny probíhá při teplotách 50 až 53 °C, při kterých se uplatňují termofilní kultury. Poté probíhá předlisování s průběžným dokysáváním, následované prosolováním v solné lázni. Sýry zrají 3 – 6 měsíců bez obalů. Samotné zrání probíhá ve sklepích v několika fázích při postupně se zvyšujících teplotách po dobu 2 – 3 měsíce. Sýry mají pevnou kůrku žlutohnědé barvy, která se během zrání kartáčuje a omývá. Těsto má světle žlutou syrovou barvu s lesklými oky vhodné velikosti a počtu. Na trhu je k dispozici celá řada švýcarských typů, včetně Svenbo, Jarlsberg, Greve, Maasdamer, Leerdamer a Swisscheese (Bachmann et al., 2011; Fröhlich-Wyder et al., 2017; Janštová et al., 2012, Šustová a Sýkora, 2013).

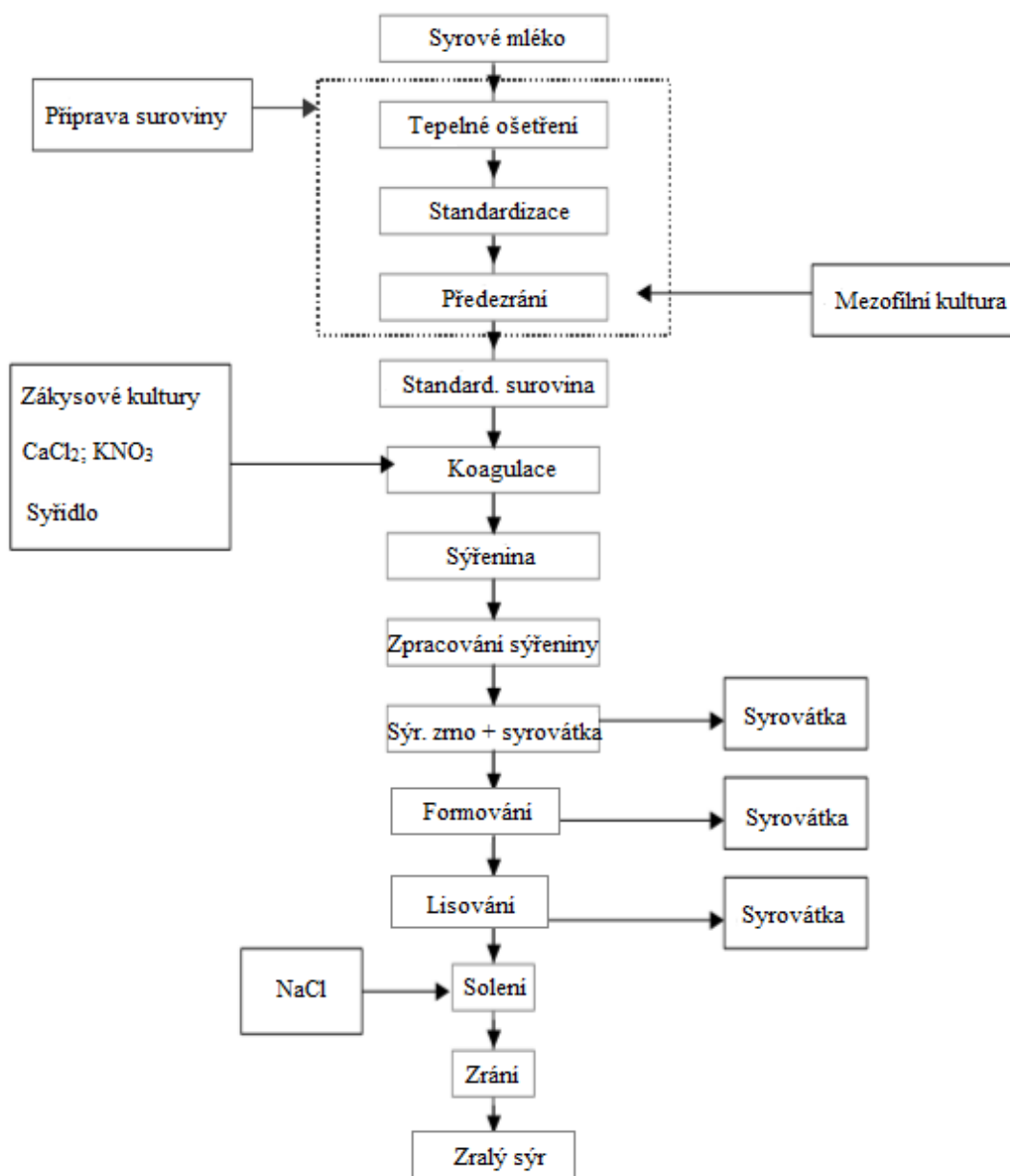
Mozzarella

Mozzarella, která má původ v Itálii, patří do skupiny nezrajících pařených sýrů. Sýřenina prokysává při pH 5,0 – 5,3, což je docíleno přidáním kultury *Str. thermophilus* nebo přídavkem vysokoprokysané syrovátky. Poté se sýřenina rozemílá na malé kousky, které se paří v horké vodě při teplotě 70 – 85 °C. Vysolení probíhá přidáním soli do pařicí lázně. Takto vzniklá hmota se poté tvaruje. Barva sýra je porcelánově bílá s hladkým povrchem. Textura je slabě elastická a chuť neutrální až jemně nakyslá (Janštová et al., 2012; Kadlec et al., 2002; Šustová a Sýkora, 2013).

Bílé sýry zrající v solném nálevu

Tyto sýry jsou na rozhraní nezrajících a zrajících sýrů, jelikož se mohou konzumovat čerstvé, ale obvykle zrají v solném nálevu o koncentraci 12 – 16 % až po dobu 2 let. Vyrábí se z tvarohu, který po koagulaci není vystaven zahřívání, jako je tomu u sýrů typu čedar, holandského a švýcarského typu. Sýřenina se nalévá do rámečků, kde odkapává a při teplotě 18 – 21 °C do druhého dne prokysává. Následně se krájí na hranoly a krátce prosoluje (asi 2,5 hodiny). Poté se sýr dávkuje do plechovek a zalévá solným nálevem. Chuť je mírně kyselá, výrazně slaná až pikantní. Nevyskytují se zde oka způsobené plynem bakterií, ale

některé otvory a štěrby jsou přijatelné (mechanická oka). Struktura je měkká a kluzká (Kadlec et al., 2002; Salek et al., 2020a; Šustová a Sýkora, 2013).



Obrázek 1 Hlavní kroky výrobního schématu sýrů pomocí sladkého srážení (Upraveno podle Fox a McSweeney, 2004; Šustová a Sýkora, 2013)

1.5 Vady tavených sýrů

Pokud použijeme k výrobě tavených mléčných výrobků vadné mléko a nevyhovující technologický postup, je zřejmé, že výrobek nebude vyhovovat požadovaným výsledkům. K vadám však může docházet i při řádném technologickém postupu a použití vhodného

mléka. Na vině může být špatná manipulace během výrobního postupu nebo vliv působení mikroorganismů. Tyto chyby se mohou projevit změnou tvaru a povrchu, nebo chutě, vůně a konzistence a je potřeba je nalézt a odstranit. Žádoucí jsou sýry s hladkým a lesklým povrchem, které se snadno oddělují od obalu a nemají tendenci praskat. Chuť by měla být charakteristická po použitém přírodním sýru (Alvarez, 2016; Šustová a Sýkora, 2013).

Příkladem vad vzniklých během výroby a chlazení tavených sýrů je oddělování oleje a vylučování vlhkosti. Tyto vady vznikají díky dehydrataci či agregaci matrice kaseinu, které jsou ovlivněné nízkým pH a vysokou teplotou aplikovanou při zpracování. Také vysrážení rozpustného vápníku a fosfátu, které interagují s molekulami para-kaseinu s následným poklesem pH, se podílí na zmíněných vadách tavených sýrů. Nadměrným použitím nátavku a použitím nevhodných tavicích solí může dojít ke vzniku nadměrné krémovitosti. Vysoká teplota nebo dlouhá doba tavení může způsobit tvorbu krystalů, která se projevuje pískovitostí produktu. Ke krystalizaci může dojít také během skladování, kdy se na povrchu i uvnitř sýra tvoří usazeniny viditelné pouhým okem. Jsou označovány jako zákal nebo květ. Lze jim zabránit pečlivou standardizací obsahu vlhkosti a použitím fosforečnanů jako tavicích solí, které zabraňují tvorbě krystalů laktátu vápenatého. Další vadou je lepení sýrů na obal, které se projevuje při nadměrném množství vody v sýru, nevhodném průběhu chlazení nebo při pH vyšším 6,2 (Guinee et al., 2004; Janštová et al., 2012; Tamime, 2011).

Senzorické vlastnosti taveného sýra mohou být ovlivněny přidávkou tavicích solí, které mohou mít za následek mýdlovou příchut' v důsledku možného zvýšení alkalického pH. Některé cukry, které se používají v tavených sýrech k vyrovnání kyselosti, přispívají k mírně sladké chuti. U některých tavených sýrů může přidání vitaminů a barviv rozpustných v rostlinných tucích přispívat k oxidaci a tvorbě pachutí. Také některé organické kyseliny, které se přidávají jako antifugální látky, mohou způsobovat kyselé nepříjemné pachutě (Alvarez, 2016).

Alvarez (2016) popisuje tyto senzorické vady taveného sýra:

- *Stárnoucí sýr/sírové aroma* – jedná se o vadu taveného sýra, jejímž znakem je tvorba nepříjemného sírného aroma. Je spojené se stárnoucím sýrem Cheddar, vařenými vejci a zápalkami. Označuje se jako stárnutí sýra nebo sírové aroma sýrů.
- *Zapečené aroma* – tento termín popisuje sýr se sladkou a mírně spečenou vůní spojenou s hnědnutím aromatických látek.
- *Spálené aroma* – drsný zápach spojený s přehřátím.

- *Máslové aroma* – jedná se o aroma spojené s aromatickými vlastnostmi chemické sloučeniny diacetyl.
- *Kartonové aroma/oxidované* – tento defekt lze také popsat jako zatuchlý a má podobný zápach jako mokrá karton.
- *Aroma po mléčném tuku* – jedná se o sladké mléčné aroma výrobku.
- *Zkyslé aroma* – kyselé aromáty v taveném sýru produkují podobné pachy, jaké se vyskytují v kysaných mléčných výrobcích.
- *Nečisté aroma/špinavé ponožky* – tuto pachut' charakterizují ostré zapocené pachy.
- *Ovocné aroma* – tavený sýr má aromatické vlastnosti připomínající zrání ovoce.
- *Žluklé aroma* – tato vada je způsobena přítomností volných mastných kyselin s krátkým řetězcem, zejména kyseliny máselné.
- *Methylketonové aroma* – jedná se o vadu spojenou se sladkou vůní a chutí, charakteristickou pro modrý sýr.
- *Zatuchlé aroma* – zatuchlá pachut' je spojena se zemími vůněmi, jako je špatně větraný sklep, zatuchlé seno nebo plíseň.
- *Aroma žluklého oleje* – vada spojená se zatuchlou olejovou vůní a chutí.
- *Mýdlové aroma* – mýdlová nebo fosfátová příchut' je způsobena oxidací mastných kyselin s dlouhým řetězcem.
- *Kvasné aroma* – kvasinková chuť v taveném sýru se vyznačuje chutí a vůní podobnou chlebovému těstu.
- *Acetaldehydové aroma* – ostré a pronikavé aroma podobné zelenému jablku.
- *Vařené aroma* – jedná se o aromatické vlastnosti taveného sýra, připomínající vařené mléko.
- *Ořechové aroma* – aroma připomínající ořechy.
- *Syrovátkové aroma* – tavený sýr má aroma podobné syrovátce.
- *Sladká chuť* – tavený sýr je označen jako sladký, pokud spouští receptory sladké chuti.
- *Kyselá chuť* – tavený sýr je označen jako kyselý, pokud spouští receptory pro kyselou chuť. Chuťově připomíná ocet.
- *Slaná chuť* – tavený sýr je označen jako slaný, pokud byla překročena očekávaná úroveň slanosti.
- *Hořká chuť* – vjem a chuť připomíná černou kávu nebo tonic.
- *Chuť umami* – v taveném sýru jsou detekovány nukleotidy nebo glutamát sodný.
- *Svíravá chuť* – suchý, svíravý pocit v ústech.

1.6 Nutriční vlastnosti tavených sýrů

Tavené sýry se řadí mezi nutričně významné potraviny, které jsou vhodné pro každodenní stravu. Jejich nutriční hodnota se odvíjí od surovinové skladby, která byla pro výrobu použita. Obsahují mléčné bílkoviny, mléčný tuk, vodu a tavicí soli (Buňka, Černíková, Hladká a Buňková, 2010; Maurer, 2012).

Kasein je cenná mléčná bílkovina a hlavní protein tavených sýrů, který má vysokou biologickou hodnotu. Obsahuje esenciální aminokyseliny leucin, izoleucin, lysin, metionin, fenylalanin, treonin, tryptofan a valin. Jejich využitelnost se uvádí kolem 89,1 %, což je dokonce o něco více než u celkové mléčné bílkoviny. Dále jsou v tavených sýrech obsaženy vitaminy rozpustné v tucích i ve vodě. Jedná se především o vitaminy A, D, E, B₁, B₂, B₆, B₁₂, C, kyselinu pantotenovou, biotin a kyselinu listovou. Obsah minerálních solí je zastoupen Ca, Mg, K, Na a P. Využitelnost vápníku je často diskutována s ohledem na přítomnost fosforečnanových tavicích solí. Ta je sice o něco nižší než u mléka či fermentovaných mléčných výrobků, ale vyšší než u výrobků rostlinných. Tuk, jako další významná složka tavených sýrů, má poměr nasycených, mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin 1:0,35:0,007. Výživové doporučení se pohybuje v hodnotách 1:1,4:0,6. Tato doporučení ovšem nesplňuje skoro žádná potravina jako taková a je nutné se mu přiblížit výběrem vhodné komplexní stravy. Polynenasycené mastné kyseliny se v mléčném tuku vyskytují v množství kolem 2,3 % a poměr omega 6 a omega 3 je v poměru 2:3. Srovnání hodnot tavených sýrů s jinými mléčnými potravinami je prezentováno v Tabulce 2 (Buňka, Černíková, Hladká a Buňková, 2010; Maurer, 2012).

Tabulka 2 Výživové hodnoty tavených sýrů a jiných mléčných potravin (Upraveno podle Mauer, 2012)

Nutrient	Jednotky	Tavený sýr 45 % TVS	Cheddar 50 % TVS	Gouda 45 % TVS	Mléko 3,5 %	Ø denní příjem u dospělého (dle FAO/WHO)
Minerály						
Sodík	mg	1260	675	510	45	2300
Vápník	mg	545	750	820	120	1000-1300
Hořčík	mg	65	30	30	12	400
Draslík	mg	30	100	75	140	3500
Fosfor	mg	460	490	445	90	1000-1200
Vitaminy						
Vit. A retinol	µg	300	440	260	30	700-900
Vit. D	µg	3	340	1	90	5
Vit. E α-tokoferol	µg	670	1000	nereg.	70	10
Vit. B1	µg	35	35	30	35	1400
Vit. B2	µg	360	440	200	180	1600
Nikotinamid	µg	220	110	100	90	18000
K. pantotenová	µg	520	290	340	350	600
Vit. B6	µg	70	55	80	35	200
Biotin	µg	4	2	nereg.	4	30
K. listová	µg	4	19	20	5	400
Vit. B12	µg	250	1	nereg.	410	6
Esenciální AMK						
Isoleucin	mg	890	1810		210	20
Leucin	mg	1600	2620		350	30
Lysin	mg	1300	2070		260	30
Threonin	mg	720	980		150	15
Tryptofan	mg	220	290		45	4
Valin	mg	1100	1810		230	26
Fenylalanin	mg	nereg.	1450		170	25 včetně tyrosinu
Metionin	mg	nereg.	770		85	10,4

2 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ

Stěžejní suroviny pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry, emulgátory, voda a další přísady (Buňka, Černíková, Hladká a Buňková, 2010; Buňka a Kopáček, 2012; Buňka, 2017; Černíková, 2017b; Gouda a Abou El-Nour, 2003; Hladká et al., 2011; Kapoor a Metzger, 2008).

2.1 Suroviny mléčného původu

Přírodní sýry

Základní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry. V České republice jsou využívány především polotvrdé sýry holandského typu s nízkodohřívanou sýřeninou, v různém stupni prozrálosti (Gouda, Eidam), ale obecně lze k výrobě taveného sýra použít všechny typy syřidlových sýrů. Při výrobě se mohou používat sýry s mechanickými vadami, sýry s analytickými hodnotami, které se neshodují s hodnotami na spotřebitelském obalu i odřezky. Použití těchto sýrů má pak ekonomický i etický kontext, poněvadž se jedná o plnohodnotnou surovinu, která je zdravotně nezávadná a není nutné ji likvidovat. Přírodní sýry s výše uvedenými vadami tvoří kolem 20 % sýrové suroviny, zbytek tvoří surovina jakostní. Nevhodné pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry kontaminované aerobními i anaerobními mikroorganismy, jelikož by mohlo dojít k vyklíčení bakteriálních spor. Vyřazují se suroviny kontaminované plísněmi a bakteriemi čeledi *Enterobacteriaceae*, jako prevence před výskytem mykotoxinů a bakteriálních toxinů. K výrobě se pochopitelně nezařazují suroviny obsahující patogenní či podmíněně patogenní mikroorganismy. Nevhodné jsou také sýry s výrazným pachem a pachutí, např. hnilobnou a žluklou (Buňka, Černíková, Hladká a Buňková, 2010; Buňka a Kopáček, 2012; Buňka, 2017; Gouda a Abou El-Nour, 2003; Kapoor a Metzger, 2008).

Mléčný tuk

Další surovinou, která se zařazuje do surovinové skladby na výrobu tavených sýrů, je mléčný tuk v podobě másla. Případně se dá použít smetana, máselný koncentrát či máselný tuk. Používá se pro zvýšení obsahu tuku, respektive obsahu tuku v sušině. Snížení obsahu tuku v sušině se provádí přidávkem pitné vody (Buňka, Černíková, Hladká a Buňková, 2010; Buňka, 2017).

Tvaroh

Přidáním tvarohu lze provést zvýšení obsahu tukuprosté sušiny a intaktní bílkoviny - kasein, u kterého neproběhly hydrolyzační procesy (Buňka, Černíková, Hladká a Buňková, 2010; Buňka, 2017).

Rework

Do surovinové skladby se zařazuje i tzv. nátavek, neboli rework. Jedná se o taveninu (tavený sýr), který již byl teplotně ošetřen za přídavku tavicích solí. Přidává se do surovinové skladby za účelem zjemnění výsledného produktu (Buňka, 2017). Vliv nátavku na viskoelastické vlastnosti taveného sýra a jeho mikrostrukturu byl zkoumán Černíkovou et al. (2018).

Mléčné koncentráty

Mléčné koncentráty, jakými jsou např. sušené mléko, sušená syrovátka aj., slouží jako částečná náhrada za základní a nejdražší složku taveného sýra, kterou je přírodní sýr. Kromě mléčných koncentrátů se mohou používat případně i suroviny nemléčného původu. Využívají se za účelem snížení nákladů. Další možností, jak snižovat náklady je snížením obsahu sušiny, které se provádí přídavkem vody. V takovém případě je nutné použití stabilizátorů a modifikátorů konzistence. Použití těchto složek v tavených sýrech je legislativně limitováno (Buňka, Černíková, Hladká a Buňková, 2010; Buňka, 2017).

2.2 Suroviny nemléčného původu

Tavicí soli

Tavicí soli jsou zásadní pojem, který je skloňován ve všech definicích tavených sýrů a obdobných výrobků a jejich přítomnost je v těchto výrobcích vyloženě předpokládána. Ačkoli má kasein v přírodních sýrech určité emulgační vlastnosti, stability taveného sýra by nebylo možné dosáhnout bez použití emulgačních (tavicích) solí, jako jsou citráty a fosfáty. Tavicí soli nejsou emulgačními činidly, ale mají pufrovací schopnosti a dokáží vázat vápník. Principem tavicích solí je tedy iontová výměna (Obrázek 2), kdy dochází k výměně vápenatých iontů za sodíkové. Vápník, který váže kaseinové proteiny tvořící trojrozměrnou síť sýrů, je tímto z kaseinové matrice odstraněn a nahrazen sodíkem. Díky této úpravě prostředí v tavené směsi se nerozpustný parakaseinát vápenatý změní na rozpustnější parakaseinát sodný, který může uplatnit své emulgační vlastnosti a fungovat tedy jako emulgátor. Tavicí soli jsou jako přídatné látky definovány v Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, v platném znění, a jejich úkolem je převádět bílkoviny

Jako tavicí soli se používají soli s vícesytnými anionty (především fosforečnany, polyfosforečnany a citrany) a monovalentními alkalickými kovy (především sodíkem). Jsou nejčastěji používanými tavicími solemi při výrobě tavených sýrů. Mohou se používat samostatně i ve směsích. Míchání tavicích solí do směsí se provádí z důvodu vytvoření jejich ideálních vlastností, kterými jsou dobré emulgační účinky, vysoká schopnost sekrece vápníku a dostatečná solubilizace a hydratace proteinů. Tavicí soli se také značně liší svými bakteriologickými účinky. Zatímco monofosfáty, vyšší fosfáty a polyfosfáty mají značný bakteriostatický účinek, tak citráty naopak mohou sami představovat bakteriální znehodnocení (Buňka a Buňková, 2009; Caric et al., 1985).

Fosforečnanové tavicí soli

Jedná se o skupinu sloučenin odvozených od kyseliny trihydrogenfosforečné, které obsahují anion $(\text{PO}_4)^{3-}$. V potravinách podstatně ovlivňují především vlastnosti přítomných proteinů, a to úpravou prostředí (změna pH, výměna kationtů) a navázáním se na proteiny (ovlivnění vazby vody, tvorba gelu).

Fosfáty se dělí na:

- monofosforečnany (orthofosforečnany) – mají jednu skupinu $(\text{PO}_4)^{3-}$,
- kondenzované polyfosforečnany – mají více jak dva fosfory v molekule,
 - polyfosfáty - řetězce (oligofosfáty a vysokomolekulární polyfosfáty),
 - metafosfáty – kroužky např. $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$, $\text{Na}_4\text{P}_4\text{O}_{12}$,
 - kondenzované fosfáty – kroužky s řetězcí a větvemi (Buňka a Buňková, 2009; Caric et al., 1985).

Mezi nejdůležitější vlastnosti fosforečnanů patří úprava pH prostředí, pufovací schopnost, schopnost odštěpovat z prostředí a vázat na sebe monovalentní i polyvalentní kationty kovů, schopnost ovlivnit tvorbu gelu a zvýšit vaznost vody přítomných bílkovin. Schopnost ovlivnění tvorby gelu a vaznost vody jsou klíčové vlastnosti při utváření fyzikální konzistence tavených sýrů, což určuje roztíratelnost tavených sýrů. Přehled používaných fosforečnanů při výrobě tavených sýrů zobrazuje Tabulka 3 (Buňka a Buňková, 2009).

Tabulka 3 Přehled fosforečnanů používaných jako tavicí soli při výrobě tavených sýrů
(upraveno podle Buňka a Buňková, 2009; Guinee et al., 2004)

Skupina	Látka	Vzorec	E-kód	pH 1 % vodného roztoku
Orthofosforečnany	Dihydrogenfosforečnan sodný	NaH_2PO_4	E339	4,5
	Monohydrogenfosforečnan sodný	Na_2HPO_4	E339	9,1
	Fosforečnan sodný	Na_3PO_4	E339	11,9
Difosforečnany	Dihydrogendifosforečnan sodný	$\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	E450	4,1
	Monohydrogendifosforečnan sodný	$\text{Na}_3\text{HP}_2\text{O}_7$	E450	7,1
	Difosforečnan tetrasodný	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	E450	10,2
Trifosforečnany	Trifosforečnan sodný	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	E451	9,7
Polyfosforečnany	Polyfosforečnan sodný	$(\text{NaPO}_3)_n$	E452	6,6

Citráty

Jedná se o soli odvozené od dikarboxylové kyseliny citronové. Samotný citrát monosodný poskytuje překyselené produkty, které jsou moučnaté, drobné a mají tendenci k odolejování v důsledku špatné emulgace. Samotný citrát dvojsodný poskytuje také příliš kyselé produkty a během tuhnutí taveného sýra má tendenci k oddělování vody. Díky svým kyselým vlastnostem lze citráty mono- a di-sodné použít ke korekci pH směsi taveného sýra, které se využívá např. při použití vysokého podílu velmi zralého sýra s vysokým pH. Nejpoužívanější jako tavicí sůl je citran trojsodný, jelikož neokyseluje směs a má podobné vlastnosti jako orthofosforečnany. Citrany příznivě ovlivňují chuť. Samostatně se ale příliš nevyužívají, jelikož mají nízkou afinitu k vápenatým iontům a nízkou schopnost hydrataci proteinů. Dále se nezapojují do zesíťování proteinové matrice. Jejich využití je nejčastější ve směsi především s polyfosforečnany (Buňka a Buňková, 2009; Buňka a Kopáček, 2012; Guinee, Carić a Kaláb, 2004).

Hydrokoloidy

Potravinářské hydrokoloidy jsou vysokomolekulární hydrofilní biopolymery. V potravinářském průmyslu se používají jako funkční přísady pro kontrolu mikrostruktury, textury, chuti a trvanlivosti. Cílem použití hydrokoloidů při výrobě tavených sýrů je nahradit částečně nebo úplně tradiční tavicí soli a tím snížit obsah sodíku a fosforu ve stravě člověka. Dále se přidání hydrokoloidů využívá do tavených sýrů se sníženým obsahem tuku, které se

provádí z dietetického hlediska. Výzkumem hydrokoloidů umožňující redukci tuku v sýrových pomazánkách se zabývali Brummel a Lee (2006). Mezi hydrokoloidy používané k výrobě taveného sýra patří např. modifikovaný škrob, lokustová guma, xantanová guma, nízkometylovaný pektin, lecitin, karagenany a kombinace dikarboxylových organických kyselin a jejich sodných solí. Částečnou náhradou hydrokoloidů za tavicí soli se zabývali Carić a Kaláb (1997) a Kwak et al. (2002), kteří nahrazením ½ tavicích solí za 1 % (w/w) monoacylglycerolů či hydrolyzovaných kaseinů dokázali vytvořit stabilní a sensoricky přijatelné produkty. Problematikou úplné náhrady hydrokoloidů za tavicí soli se ve svých pracích zabývali Černíková et al. (2010), Hladká et al. (2011) a Hladká et al. (2014), kteří navázali na výzkumy Schäffera et al. (2001). Z výsledků vyplývá, že jako nejvhodnější náhrady za tavicí soli lze považovat κ -karagenany a ι -karagenan (Buňka, 2017; Černíková et al., 2010; Dickinson, 2003; Guinee a O'Callaghan, 2013; Hladká et al., 2014).

Přídavné látky a aroma

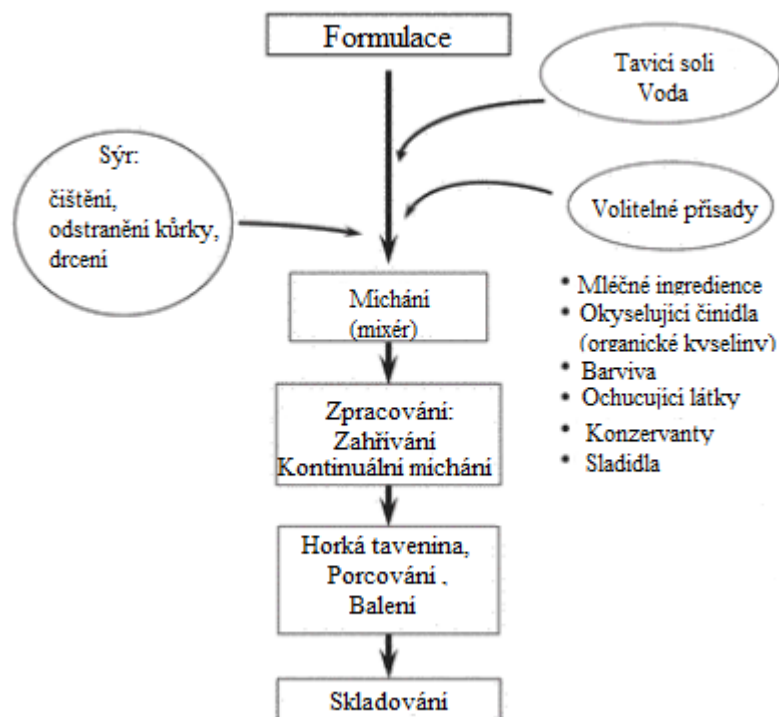
Další nemléčné suroviny, které se používají při výrobě tavených sýrů, jsou stabilizátory, konzervanty a barviva, které se řadí mezi přídavné látky. Dále také aromatické a ochucující složky. Použití konzervantů a barviv není příliš časté. Použití přídavných látek je definováno v Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, v aktuálním znění. Použití aromatu je vymezeno v Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1334/2008, v aktuálním znění (Anonym, 2008; Anonym, 2008b; Buňka, 2017; Salek et al., 2017a).

Voda

Voda je velmi důležitá pro výrobu stabilní emulze. Potřebná je především pro tavicí soli, jelikož se v ní rozpouští a následně působí na kaseiny. Voda se do surovinové směsi přidává také z důvodu získání požadovaného obsahu vody v taveném sýru. Při výpočtu množství vody je třeba mít na paměti, že zahřátím přímým vstříkáním páry se do směsi přidá kondenzovaná voda. Voda může být přidána na začátku zpracování (u blokového sýra) nebo průběžně (u sýrových pomazánek). Přidáním pouze části vody na začátku zpracování se zvyšuje koncentrace a účinek tavicích solí na kasein (Gouda a Abou El-Nour, 2003).

3 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ

Tavený sýr je mléčný výrobek, který se liší od přírodního sýra tím, že se nevyrábí přímo z mléka. Vyrábí se smícháním přírodních sýrů jednoho, dvou nebo více druhů, různého stáří a stupně zralosti v přítomnosti emulgačních solí (obvykle fosforečnanu sodného, polyfosforečnanů, citrátů a/nebo jejich kombinací) a dalších mléčných a nemléčných přísad, po kterém následuje zahřívání a kontinuální míchání za částečného podtlaku. Při výrobě se díky teplotě, míchání a tavicím solím mění nerozpustný gel parakaseinan vápenatý na rozpustný sol parakaseinát sodný. Výsledkem je homogenní produkt s prodlouženou trvanlivostí. Cíleným řízením faktorů souvisejících s výrobou tavených sýrů lze kontrolovat a vyrábět produkty s různými vlastnosti (měkké, pevné, řezné, roztíratelné). Výroba je možná diskontinuálním a kontinuálním způsobem. V České republice se tavené sýry vyrábí převážně diskontinuálním způsobem v tavicích kotlích. Schéma výroby tavených sýrů je zobrazen na Obrázku 3 (Buňka, Černíková, Hladká a Buňková, 2010; Buňka, 2017; Gouda a Abou El-Nour, 2003; Guinee, Carić a Kaláb, 2004; Chandan, 2016; Kapoor a Metzger, 2008).



Obrázek 3 Schéma technologického postupu výroby tavených sýrů
(Upraveno podle Tamime, 2011)

3.1 Příprava směsi k tavení

Příprava surovinové směsi se odvíjí od požadavků na obsah sušiny a tuku v sušině ve finálním výrobku v závislosti na požadovaných vlastnostech produktu, jakými jsou vůně, chuť, konzistence aj. V tomto kroku je zahrnut výběr správného druhu a množství přírodních sýrů a dalších volitelných surovin. Výběr přírodního sýra a jeho mletí se volí podle stáří, pH, chuti a neporušeného obsahu kaseinu. Další přísady se dávkují dle výpočtů, které mají za cíl splnění hodnot vlhkosti, tuku, soli a pH konečného produktu tak, aby byly splněny legislativní požadavky. Jednotlivé složky se napřed mělní ve větším množství a až poté se promíchávají a dávkují do tavicího kotle. Směs se takto může efektivněji standardizovat. Vedle efektivní standardizace má mělnění přírodních sýrů za cíl maximalizovat povrch sýra a tím usnadnit interakci mezi dalšími složkami směsi. Také dochází k lepšímu přestupu tepla během následovaného zpracování. V kotli se ke směsi přidá potřebné množství vody a tavicích solí. Poté se může zahájit samotný proces tavení (Buňka, Černíková, Hladká a Buňková, 2010; Buňka 2017; Kapoor a Matzger, 2008; Tamime, 2011).

3.2 Příprava směsí tavicích solí

Množství a skladba použitých tavicích solí podstatně ovlivňují funkční vlastnosti taveného sýra, např. texturní vlastnosti, kterými jsou tuhost, lepivost, soudržnost apod. Dále ovlivňují pH, nebo možnost a intenzitu opětovného rozpuštění. Obvykle se tavicí soli používají do 2 – 3 % hmotnostních. Legislativně je množství fosforečnanů v tavených sýrech a analogích omezeno na 20 000 mg na 1 kg výrobku (vyjádřeno jako P_2O_5), což je přepočteno na maximálně 3,5 % hmotnosti finálního výrobku. Prodávají se již ve směsích a jejich složení je obchodním tajemstvím jejich dodavatelů. Výrobci tavených sýrů směsi dále kombinují tak, aby finální produkt dosahoval žádaných vlastností, což je založeno na praxi a zkušenostech taviřenských mistrů (Buňka a Buňková, 2009; Buňka, Černíková, Hladká a Buňková, 2010).

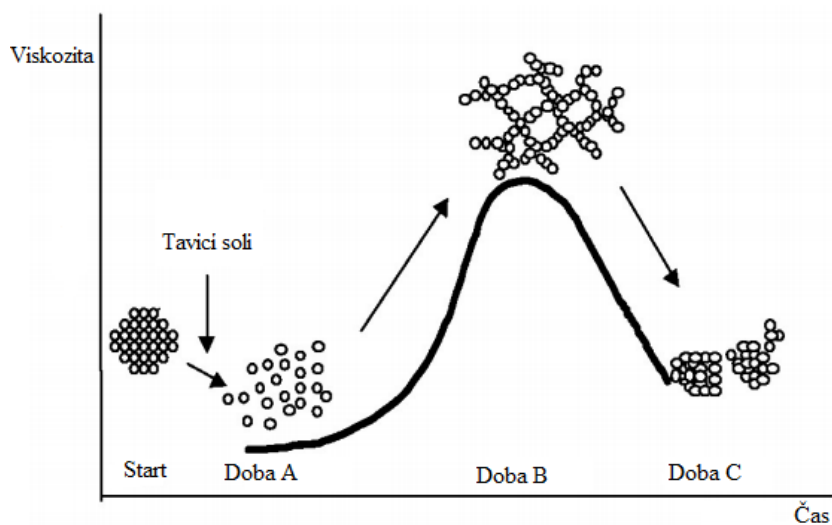
3.3 Proces tavení

U diskontinuálního způsobu výroby, který je celosvětově rozšířený, se rozmělněná směs dopraví do tavicího kotle, kde se smíchá s připravenou solicí směsí. Tavicí kotel se uzavře a za mírného podtlaku směs vyhřeje na tavicí teplotu 90 – 100 °C. Ohřev se provádí mezipláštěm (nepřímý ohřev), nebo vstříkem páry (přímý ohřev). V tomto případě je nutné zohlednit množství přidávané vody, jelikož určité množství vody vzniká kondenzací par.

Tavicí teplota se za stálého míchání udržuje tak dlouho, dokud nemá tavenina požadované vlastnosti. Většinou se jedná o desítky sekund. Teploty tavení se pohybují od 65 °C do 140 °C a čas tavení je obvykle v intervalu 3 až 8 minut. Obsah vlhkosti smí být pouze o 1% vyšší než je vlhkost přírodních sýrů, nesmí však překročit hodnotu 43 %. Při zpracování (tavení) je primárním úkolem zničení potenciálních patogenů a mikroorganismů znehodnocující výrobek. Použití tepla deaktivuje mikroorganismy startovací kultury a jiné bakterie, včetně enzymů přítomných v přírodních sýrech, proto je výstupem produkt s prodlouženou trvanlivostí. Kromě tepelného ošetření dochází při tavení k tzv. krémování a vytvoření cílených vlastností výrobku, kterými jsou fyzikálně-chemicky stabilní produkty s požadovaným sensorickým a texturním charakterem. Během záhřevu a míchání se navazují polyvalentní anionty fosforečnanů na proteiny, kde váží větší množství vody. Konečnou strukturu pak tvoří vápenaté můstky, fosforečnano-vápenaté komplexy, disulfidické můstky, vodíkové vazby, elektrostatické a hydrofobní interakce. Jsou zde kromě přitažlivých sil přítomny i síly odpuzivé v podobě elektrostatických interakcí negativního náboje na kaseinech. V průběhu krémování nastává mezi přitažlivými a odpuzivými silami rovnováha. Krémování je proces, který sestává z několika fází. V první fázi dojde k rozptýlení proteinů, ke kterému dochází díky působení tavicích solí během míchání za zvýšené teploty. Za těchto podmínek dále dochází k hydrataci a bobtnání proteinů, které začínají tvořit prostřednictvím vazebných interakcí síťové struktury. Díky zesíťování dochází k nárůstu viskozity taveniny. Při dlouhém tavicím procesu může dojít k tzv. překrémování, což má za následek tvorbu agregátů proteinové matrice, kolaps systému a pokles viskozity. Výzkumy dokládají, že krémování nevyžaduje přítomnost tuku, jedná se primárně o reakci na bázi bílkovin. Obrázek 4 znázorňuje výše popsany proces krémování. Po utavení se produkt za horka plní do zvolených typů balení (Buňka, Černíková, Hladká a Buňková, 2010; Buňka, 2017; Chandan, 2016; Lee et al., 2003; Nagyová, 2012; Tamime, 2011).

Při tavení směsi dochází k následujícím dějům:

- rovnoměrné rozdělení všech složek,
- rozpuštění tavicích solí, které hydratují sýrové (či jiné mléčné) proteiny,
- disperze volného tuku uvolněného ze surovin (sýr, máslo, smetana),
- emulgace a stabilizace kapiček tuku hydratovaným proteinem,
- přeměna směsi na tavený sýr (Tamime, 2011).



Obrázek 4 Schéma procesu krémování a změna struktur proteinové matrice (Upraveno podle Lee et al., 2003)

3.4 Balení, chlazení, skladování

Co nejdříve po utavení se hotový výrobek balí do různých obalů. Používají se hliníkové folie či plastové obaly. Teplota taveniny by při balení měla být co nejvyšší. Důvodem je usnadnění manipulace (tavený sýr během chladnutí zvyšuje svou viskozitu) a zabránění vzniku sekundární kontaminace. Teplota balení se pohybuje okolo 60 – 70 °C. Po balení následuje skladování produktu při chladírenských teplotách, které jsou v rozmezí 4 – 8 °C, což zaručí produktu prodlouženou trvanlivost. Během chlazení a následném skladování produkt tuhne a získává požadovanou texturu a vlastnosti taveného sýra, kterými jsou vznik charakteristického těsta. Konzistence se může lišit od pevné, krájecí až po měkkou a roztíratelnou a to v závislosti na řadě faktorů, kterými jsou složení směsi, podmínky zpracování, rychlost chlazení a teplota skladování (Buňka, 2017; Tamime, 2011).

4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU TAVENÝCH SÝRŮ

Tavený sýr představuje mimořádně choulostivý a složitý systém, který obsahuje širokou škálu přísad a vysoký obsah vody a jeho vlastnosti jsou ovlivňovány mnoha proměnnými. Díky rozmanitým možnostem použití surovinových přísad a procesních parametrů, mají výrobci možnost vyrobit tavené sýry s různými fyzikálně-chemickými vlastnostmi. Výsledným produktem je tavený sýr s různými příchutěmi, funkčními vlastnostmi a aplikacemi pro konečné použití podle přání spotřebitelů. Proto je pro výrobu tavených sýrů s cílenými funkčními vlastnostmi velmi důležitý vhodný výběr surovin a podmínky zpracování během výroby. Konzistence je jedním z nejdůležitějších a velmi kriticky hodnocených parametrů tavených sýrů. Ta je ovlivněna především konečnými parametry taveného sýra (obsah sušiny, bílkovin, tuku, tukuprosté sušiny, hodnota pH), složením surovinové směsi (zralost přírodního sýra, koncentrace a složení tavicích solí), parametry zpracování během výroby (rychlost míchání, teplota, doba míchání, rychlost chlazení) a podmínkami skladování tavených sýrů (teplota, doba skladování, nepropustnost obalů). Studie, které se touto problematikou zabývají, se zaměřují především na vliv složení surovinové směsi na reologické vlastnosti tavených sýrů. Vliv procesních parametrů je studován ojediněle (Buňka, 2017; Černíková, et al., 2017a; Černíková et al., 2017b; Kapoor a Metzger, 2008; Marchesseau et al., 1997).

4.1 Vliv vybraných procesních parametrů

4.1.1 Vlastnosti přírodního sýra

Při výběru sýra pro zpracování je třeba zvážit typ a stupeň zralosti, což jsou dva hlavní faktory přírodních sýrů. Dále se přírodní sýry liší v různé míře složením (např. poměrem bílkovin a tuků, hladinou vápníku), biochemií (pH, charakteristikami bílkovin, stupněm odbourávání bílkovin a tuků), výživovou hodnotou, vzhledem, chutností, strukturou a vlastnostmi. S ohledem na tyto odlišnosti se při výrobě tavených sýrů používají sýry mnoha různých druhů v různém stupni zralosti a jejich směsi. Výběrem přírodních sýrů se ovlivní chuť, textura, vzhled a vlastnosti tavených sýrů. Podstatně ovlivňují konzistenci tavených sýrů. Významným kritériem ovlivňujícím konzistenci tavených sýrů je poměr zhydrolyzovaného a nerozštěpeného (intaktního) kaseinu. K hydrolyze bílkovin dochází během procesu proteolýzy v průběhu zrání. Zpracování nezralého sýra má za následek výrobky s plochou, nevýraznou chutí. Při použití vyztáhlého sýra se snižuje tuhost výrobku. Snižování tuhosti tavených sýrů při použití prozrálejší suroviny lze přisuzovat tvorbě méně

kompaktní kaseinové matrice v důsledku kratší délky proteinů. Se zvyšujícím se obsahem sušiny se tuhost výrobků zvyšuje a zároveň se zmenšuje velikost tukových kuliček. Tvrdost tavených sýrů a jejich analogů je také významně ovlivněna obsahem tuku v sušině. Zvyšující se obsah tuku v sušině (TVS) vede ke snížení tvrdosti a zvýšení relativní lepivosti výrobků a velikost tukových kuliček se zvyšuje. Tavené sýry se sníženým obsahem tuku jsou tvrdší, méně krémové, zrnitější a méně chutné (Buňka, 2017; Ciprysová a kol., 2011; Černíková et al., 2017b; Dimitreli a Thomareis, 2008; Gouda a Abou El-Nour, 2003; Guinee a O'Callaghan, 2013; Hladká et al., 2011; Piska a Štětina, 2004; Salek et al., 2017a; Tamime, 2011).

4.1.2 Poměry tavicích solí

Výběr tavicích solí, jejich poměry a množství patří k nezbytným faktorům při získání taveného sýra s požadovanými vlastnostmi. Různé kombinace a poměry tavicích solí ovlivňují peptizaci, disperzi, hydrataci a bobtnání proteinů, emulgaci a stabilizaci tuku a pH. Tyto faktory ovlivňují mimo jiné texturní vlastnosti taveného sýra. Dle studií účinků jednotlivých fosfátů a jejich binárních směsí na texturu tavených sýrů lze konstatovat, že při aplikaci jednotlivých fosfátů tvrdost vzorků taveného sýra klesá v pořadí polyfosfát > trifosfát > difosfát > monofosfát. Vysvětlení lze nalézt v tom, že fosfáty s delší délkou řetězce ovlivňují intenzitu iontové výměny (sodíkových iontů pro vápenaté ionty). Tato intenzita roste s disperzí intenzity kaseinu, která nastává při přidání ES. V binárních kombinacích tvrdost vzorků rostla se zvyšující se koncentrací polyfosfátů. Různé fosfáty také výrazně ovlivňují hodnoty pH (Buňka et al., 2013b; Dimitreli a Thomareis, 2009; Mizuno a Lucey, 2007; Mizuno a Lucey, 2005; Sádliková et al., 2010; Salek et al., 2016; Weiserová et al., 2011).

Vlivy odlišného složení emulgačních solí a jejich koncentrací na texturní vlastnosti tavených sýrů byly zkoumány ve studiích Buňky et al. (2013), Buňky et al. (2014), Saleka et al. (2015), Saleka et al. (2016), Saleka et al. (2017b) a Weiserové et al. (2011). Práce Nagyové et al. (2012) zkoumala vliv polyfosforečnanů s různou délkou řetězce na hodnoty pH. S rostoucí délkou řetězce se tvrdost vzorků zvyšovala a hodnoty pH se snižovaly. Děje se tak, protože sodná sůl polyfosforečnanu silně váže vápník na výsledné komplexy, což má za následek zvýšení disperze kaseinu (Buňka et al., 2012; Salek et al., 2019; Shirashoji et al., 2016).

4.1.3 pH taveného sýra

Je známo, že hodnota pH taveniny významně ovlivňuje viskoelastické vlastnosti tavených sýrů. Hodnoty pH ovlivňují konfiguraci a rozpustnost bílkovin a míru vaznosti emulgačních solí na vápník. Tavený sýr by se měl pohybovat v hodnotách pH 5,6 až 6,1. Během těchto hodnot dochází k tvorbě pravidelné trojrozměrné sítě, která zachytává tukové částice o průměru 2 až 3 mm a netvoří se proteinové agregáty. Síly zodpovědné za soudržnost gelu v tomto rozmezí pH zvyšují elasticitu a pružnost gelu. Nižší hodnoty blíží se izoelektrickému bodu proteinů mohou způsobovat drobnou strukturu sýra. I malé změny v iontovém složení a síle upravují proteinové interakce, které významně ovlivňují konečnou strukturu a kvalitu proteinového gelu během zpracování sýra. Je to způsobeno oslabením proteinových vazeb a rozbitím tukové emulze. Naopak, hodnoty vyšší způsobují produkt příliš měkké konzistence. Vyšší hodnoty pH mohou také způsobovat rozvoj nežádoucích mikroorganismů a snížit tím trvanlivost výrobků. Vliv pH na strukturu taveného sýra prokázali Karahadian a Lindsay (1984), kteří ve své studii použili mono-, di- a trisodné fosforečnany, pro které bylo příslušné pH 1 % (w/v) roztoku 4,2; 9,5 a 13,0. Úprava pH prostředí je jednou z důležitých vlastností fosforečnanů (Buňka a Buňková, 2009; Buňka 2017; Caric et al., 1985; Guinee, Carić a Kaláb, 2004; Lee a Klostermeyer, 2001; Marchesseau et al., 1997; Nagyová, 2012; Weiserová et al., 2011).

4.1.4 Vliv zpracování a chlazení

Výzkumy potvrdily, že podmínky zpracování, jako je doba tavení, teplota tavení, rychlost otáček míchání a rychlost chlazení významně ovlivňují funkční vlastnosti taveného sýra. Pomocí výše zmíněných parametrů se mění velikost dispergovaných tukových kuliček, které mají podstatný vliv na strukturu a konzistenci taveného sýra (Buňka, 2017; Černíková et al., 2018b; Kapoor a Metzger, 2008; Lee et al., 2003).

Rychlost míchání a doba tavení nejvíce ovlivňuje roztíratelné tavené sýry s vysokou vlhkostí. Při nízkých otáčkách je obtížné dosáhnout požadované konzistence tavených sýrů. Čím vyšší je počet otáček při tavení sýrů, tím pevnější konzistenci můžeme očekávat. Doba zpracování má vliv na texturní vlastnosti jako je pevnost a křehkost. Při dlouhém zpracování dochází k rychlejšímu a vyššímu zahuštění těsta tavených sýrů. S prodloužením doby výdrže roste pevnost zpracovaných sýrů. Může to být způsobeno zmenšující se velikostí tukových kuliček, nebo také skutečností, že větší mechanické namáhání vede k intenzivnější solubilizaci a hydrataci kaseinů. Nadměrná doba zpracování při vysokých teplotách má za

následek jev, kterému se říká „nadměrné krémování“. Takový produkt je příliš pevný, má matný vzhled a je náchylný k odlučování tuku (Černíková et al., 2018b; Lee et al., 2003; Tamime, 2011). Výzkum Swensona et al. (2006) uvádí, že při delším zpracování beztukých sýrových pomazánek dochází ke snížení tuhosti, což je opačný jev než u tavených sýrů s obsahem tuku.

Zohledňovat tyto vlivy je důležité jednak z hlediska optimalizace plnění a také kvůli požadované krémové a roztíratelné konzistenci konečného produktu (Tamime, 2011).

Faktory, které přispívají ke změnám struktury a tavitelnosti při delší době tavení:

- poměr vázané vody k volné vodě v produktové matici (nejdříve se zvyšuje, poté klesá),
- stupeň disperze a emulgace tuku (nejdříve se zvyšuje, poté klesá),
- povrch bílkovin ovlivněný změnami v emulgaci tuků a agregaci proteinů,
- úroveň hydratace kaseinu nebo agregace proteinů (Tamime, 2011).

Při chladnutí taveniny dochází k vytvoření finální struktury výrobku. Je to způsobeno vznikem vodíkových můstků, vápenatých a disulfidických můstků, hydrofobních interakcí a vytvořením fosforečnano-vápenatých sloučenin, které jsou nápomocné pro opětovnou tvorbu sítě kaseinové matrice. Mezi faktory, které ovlivňují strukturu konečného produktu, jež se vytváří při chlazení lze považovat:

- interakce mezi proteinovými agregáty, řetězci a/nebo proteinem na povrchu emulgovaných tukových globulí,
- krystalizaci tuku,
- tvorba amorfní struktury (či gelu) na základě agregace komplexů kalcium fosfátu (Buňka, 2017; Kapoor a Metzger, 2008; Tamime, 2011).

Rychlé chlazení taveného sýra má za následek snížení komplexního modulu pružnosti, tedy vede k lepší roztíratelnosti, ale také se zvyšuje lepivost (Piska a Štětina, 2004).

4.1.5 Vliv skladování

S rostoucí dobou skladování se zvyšuje tvrdost tavených sýrů. Tato skutečnost je výsledkem mnoha faktorů, mezi které můžeme zařadit polymorfismus mléčného tuku, kdy dochází ke změnám jeho krystalické formy. Další faktor je nižší hodnota pH výrobků, ke které během skladování dochází. Snížení hodnot pH může být způsobeno hydrolyzou polyfosfátových

emulgačních solí, ke které přispívá mimo jiné delší doba a vyšší teplota skladování. Hydrolyza klesá s rostoucí koncentrací tavicích solí. Při skladování může docházet také ke změnám v disociaci přítomných solí či jiných sloučenin. Zvýšení tvrdosti během skladování je nejvýraznější při zvýšení teploty skladování z 10 na 30 °C (Awad et al., 2002; Buňka, 2017; Ciprysová et al., 2011; Černíková et al., 2017a; Dimitreli a Thomareis, 2009; Guinee et al., 2004; Nagyová et al., 2014; Weiserová et al., 2011).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vyrobit vzorky tavených sýrů z práškových mléčných ingrediencí a zhodnotit, jaký měly takto upravené suroviny vliv na vybrané vlastnosti tavených sýrů.

Cílem teoretické části diplomové práce bylo prostudovat již prozkoumanou problematiku tavených sýrů a napsat její rešerši se zaměřením na:

- základní charakteristiku tavených sýrů a podobných produktů,
- charakteristiku surovin a technologický postup výroby tavených sýrů,
- faktory působící na kvalitu tavených sýrů.

Cílem praktické části diplomové práce bylo:

- vyrobit modelové vzorky tavených sýrů ze sýrového prášku, který byl připraven lyofilizací Eidamské cihly, a smetanového prášku;
- pro srovnání k těmto vzorkům vyrobit tavené sýry z chlazené Eidamské cihly (bez použití sýrového prášku);
- ve vybrané dny stanovit základní chemickou analýzu (obsah sušiny, pH), provést měření viskoelastických vlastností dynamickou oscilační reometrií a stanovit texturní profilovou analýzu;
- získaná data zpracovat, vyhodnotit a vyvodit závěry, které zhodnotí, jaký vliv mají práškové mléčné ingredience na kvalitu tavených sýrů.

6 METODIKA PRÁCE

Byly vyrobeny modelové vzorky podle zadané surovinové skladby s výslednou sušinou 40 % (w/w). Ty se ve výsledku lišily obsahem tuku v sušině – TVS [50 % (w/w), 40 % (w/w), 30 % (w/w)] a typem úpravy použité suroviny (Eidamská cihla – EC_30, jemný sýrový prášek – LYO1_EC30, hrubý sýrový prášek – LYO2_EC30). Lyofilizovaný sýrový prášek byl vyroben z Eidamské cihly stejných parametrů, jako té, která byla použita na výrobu kontrolních vzorků. Vzorky LYO1_EC30 a LYO2_EC30 měly stejnou formulaci, lišily se od sebe pouze strukturou prášku. Po utavení byly vzorky rozlity do vaniček a kelímků a skladovány při teplotě 6 ± 2 °C. V den 1, 15 a 30 po výrobě u nich byla provedena základní chemická, reologická a texturní profilová analýza.

6.1 Výroba vzorků

Byly vyrobeny tři řady vzorků, každá s jiným obsahem tuku v sušině. V každé řadě byly zastoupeny vzorky vyrobené z Eidamské cihly, jemného sýrového prášku a hrubého sýrového prášku. Celkem se tedy vyrobilo 12 druhů vzorků, jejichž přehled je uveden v Tabulce číslo 4.

Surovinová skladba byla složena ze 4 komponentů, kterými byly přírodní sýr, resp. sýrový prášek vyrobený lyofilizací z téhož přírodního sýra, smetanový prášek, směs tavicích solí a pitná voda. Formulaci pro výrobu uvádí Tabulka číslo 5. Jako přírodní sýr byl použit Eidam cihla s obsahem sušiny 50 % (w/w) a TVS 30 % (w/w) od výrobce Kromilk a.s., mlékárna Kroměříž, ČR. Sušená smetana pocházela od výrobce Jelínek & syn, s.r.o., Havířov, ČR a obsahovala 75 % smetany a 25 % odtučněného mléka. Směs tavicích solí byla namíchána ze čtyř druhů tavicích solí (26 % monohydrogenfosforečnan sodný - DSP, 30 % dihydrogenfosforečnan sodný - MSP, 22 % difosforečnan tetrasodný - TSPP, 22 % sodná sůl polyfosforečnanu - POLY 69), od výrobce Fosfa a.s., Břeclav, ČR. Připravily se navážky všech surovin a poté se zahájil proces samotného tavení. Výroba vzorků taveného sýra byla provedena v tavicím kotli Vorkwerk Thermomix TM 31-1 (Vorkwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Německo) s nepřímým ohřevem. Stejný přístroj pro své studie používali Buňka et al. (2013), Černíková et al. (2010), Lee a Klostermeyer (2001), Salek et al. (2020b) a Weiserová et al. (2011).

Technologický postup výroby

Jako první se do tavicího kotle nadávkoval rozkrájený přírodní sýr, který se rozmělnil pomocí mixovacího chodu bez zahřívání. Dezintegrace byla prováděna po dobu 1 minuty.

Poté se nadávkovaly zbylé suroviny, počet otáček se nastavil na 1500 ot./min. a teplota na 90 °C. Po 4 minutách se počet otáček zvýšil na 3000 ot./min. Po dosažení 90 °C se tavenina nechala 1 minutu ve výdrži při této teplotě, za stálého míchání, při 3000 ot./min. V případě použití sýrového prášku se vynechal první krok a všechny suroviny se dávkovaly současně. Další postup byl totožný.

Následně se utavená směs rozlila do plastových kelímků s hliníkovými víčky (pro hodnocení textury) a do plastových vaniček s plastovými víčky (pro ostatní hodnocení). Vzorky se označily (Tabulka 4) a vychladlé se uložily do chladicí komory (6 ± 2 °C). Od každého vzorku byly vyrobeny minimálně tři kusy kelímků a devět kusů vaniček.

Tabulka 4 Přehled vyrobených vzorků a jejich značení

1. řada	EC30_40_50_1	LYO1_EC30_40_50_1	LYO2_EC30_40_50_1
	EC30_40_50_2	LYO1_EC30_40_50_2	LYO2_EC30_40_50_2
2. řada	EC30_40_40_1	LYO1_EC30_40_40_1	LYO2_EC30_40_40_1
3. řada	EC30_40_30_1	LYO1_EC30_40_30_1	LYO2_EC30_40_30_1

Vysvětlivky:

EC30...Eidam cihla TVS 30 % (w/w)

LYO1_EC30...Jemný sýrový prášek vyrobený z EC30

LYO2_EC30...Hrubý sýrový prášek vyrobený z EC30

EC30_40_50_1

kde: 40...je požadovaný obsah sušiny modelových vzorků

50...je požadovaný obsah tuku v sušině modelových vzorků

1...je číslo šarže modelových vzorků

Tabulka 5 Formulace pro výrobu modelových vzorků tavených sýrů

Vzorky	Eidamská cihla 30 % TVS (w/w) [%]	Smetanový prášek [%]	Tavicí sůl [%]	Voda [%]	Celkem [%]
EC30_40_50	39,5 %	17,2 %	2,3 %	41,0 %	100 %
LYO_EC30_40_50	15,3 %	23,3 %	2,0 %	59,4 %	100 %
EC30_40_40	56,5 %	7,8 %	2,5 %	33,2 %	100 %
LYO_EC30_40_40	21,7 %	16,3 %	2,5 %	59,5 %	100 %
EC30_40_30	62,8 %	1,3 %	5,7 %	30,2 %	100 %
LYO_EC30_40_30	27,7 %	9,7 %	3,1 %	59,5 %	100 %

6.2 Chemická analýza

Vyrobené modelové vzorky byly podrobeny základní chemické analýze, která představovala měření pH vzorků a stanovení obsahu celkové sušiny ve vzorcích.

Měření pH bylo provedeno u všech vzorků v den 1, 15 a 30 po jejich výrobě. Provádělo se pomocí kalibrovaného vpichového pH metru (pH Spear, Eutech Instruments, Oakton, Malaysia). Od každého vzorku byla použita jedna vanička, ve které provedeno šest měření, pokaždé v jiném místě vpichu, které bylo náhodně vybráno. Vzorky byly uloženy v chladné komoře při teplotě 6 ± 2 °C a před měřením vytemperovány na teplotu místnosti (23 ± 1 °C).

Měření obsahu sušiny bylo provedeno u všech vzorků v den 1 a 30 po jejich výrobě. Stanovení bylo provedeno gravimetrickou metodou podle normy ISO 5534:2004. Do vysušených hliníkových misek s křemičitým pískem a skleněnou tyčinkou se odvážíly přibližně 3 g vzorku taveného sýra. Ten se s pískem důkladně promíchal. Takto připravené vzorky se přemístily do sušičky, kde byly sušeny při 102 ± 2 °C do konstantní hmotnosti, což bylo přibližně 5 hodin. Z navážených hodnot byl vypočten obsah sušiny. Pro každý vzorek byla provedena dvě měření.

Výpočet obsahu sušiny:

$$S = 100 \cdot \frac{c - a}{b - a} \quad (1)$$

kde: S...sušina v %

a... hmotnost vysoušecí misky s pískem a tyčinkou (g)

b... hmotnost vysoušecí misky s pískem, tyčinkou a sýrem (g)

c...hmotnost vysoušecí misky s pískem, tyčinkou a sýrem po vysušení (g)

(Anonym, 2004; Černíková et al., 2018a; Salek et al., 2019; Šustová, 2015).

Vzorky byly před vyhodnocením uloženy v chladicím boxu při teplotě 6 ± 2 °C. Pro měření byla použita jedna vanička od každého vzorku.

6.3 Texturní profilová analýza

Texturní profilová analýza slouží k objektivnímu posouzení texturních vlastností materiálů a výrobků. Je označována jako standardní metoda pro charakterizaci textury (Pechová et al., 2017; Salek et al., 2020b).

Pro zhodnocení textury tavených sýrů byla měřena jejich tvrdost, relativní lepivost, elasticita, kohezivnost, žvýkatelnost a gumovitost. Tvrdost je definována jako rozdíl síly potřebné k dosažení deformace výrobku a maximální síly změřené během prvního penetračního cyklu. Jako lepivost se označuje relativní síla lepivosti mezi sýrem a povrchem sondy. Jedná se o poměr absolutní hodnoty oblasti záporné síly k oblasti kladné síly prvního píku. Kohezivnost (soudržnost) stanoví pevnost vnitřních vazeb sýra, kde je sledován poměr plochy pozitivní síly druhého píku k ploše prvního píku. Žvýkatelnost je definována jako energie potřebná k mastikaci pevného potravinářského produktu do stavu vhodného k polykání a gumovitost jako energie potřebná k dezintegraci polotuhého jídla do stavu vhodného k polykání. Elasticita určuje vztah mezi rychlostí návratu po deformaci silou a stupněm, na který se deformovaný materiál vrací do původního stavu po ukončení deformující síly. Vyjadřuje se jako poměr původní výšky měřeného vzorku před jeho stlačení k poměru výšky po jeho stlačení (Bourne, 2002; Ježek a Saláková, 2012; Salek et al., 2019; Salek et al., 2020b; Weiserova et al., 2011).

Pro stanovení texturních parametrů byl použit analyzátor textur TA.XTplus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK). Měření bylo provedeno penetrací do vzorků pomocí nerezové válcové sondy P5 (50 mm). Hloubka penetrace byla 10 mm, rychlost sondy $2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, spouštěcí síla 5 g. Zaznamenána byla křivka síly-deformace v čase potřebném pro deformaci. Tato metoda měření textury byla použita např. ve studiích Buňky et al. (2013), Pisky a Štětiny (2004), Saleka et al. (2019, 2020b) a Weiserové et al. (2011).

Měření texturních vlastností bylo provedeno u všech vzorků v den 1, 15 a 30 po jejich výrobě. Vzorky byly měřeny ihned po vyjmutí z chladicího boxu, tedy při teplotě $6 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, v plastových kelímcích. Pro měření byl použit jeden kelímek od každého vzorku. Každý vzorek byl změřen třikrát.

6.4 Dynamická oscilační reometrie

Dynamická oscilační reometrie se využívá pro stanovení viskoelastických vlastností materiálů, které jsou tvořené trojrozměrnou sítí. Jejím principem je řízená deformace vzorku, při kterém je sledováno chování látek při toku.

Pro stanovení viskoelastických vlastností tavených sýrů byl použit dynamický oscilační smykový reometr RheoStress 1 (Haake, Bremen, Německo). Použitá geometrie byla deska na desku s průměrem 35 mm a výškou mezery 1,0 mm. Měření probíhalo v oblasti lineární viskoelasticity. Testované vzorky byly měřeny v režimu kontrolního smykového napětí při

frekvenci 0,01 až 10 Hz a hodnotě amplitudy 10 Pa. Byl sledován elastický modul pružnosti G' a ztrátový modul pružnosti G'' . Z nich byl vypočítán komplexní modul pružnosti G^* , který je měřítkem konzistence. Výpočet se provádí dle vzorce:

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

Podílem hodnot G'' a G' získáme tangens úhlu fázového posunu, který je vyjádřen vzorcem:

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

Jako referenční hodnota pro prezentaci G^* a $\tan \delta$ byla zvolena frekvence 1 Hz. Měření viskoelastických vlastností bylo provedeno u všech vzorků v den 1, 15 a 30 po jejich výrobě. Vzorky byly uloženy v chladové komoře při teplotě 6 ± 2 °C a měřeny při teplotě $20,0 \pm 0,1$ °C. Pro měření byla použita jedna vanička od každého vzorku. Každý vzorek byl změřen dvakrát (Černíková et al., 2018a; Gabriele et al., 2001; Pluta-Kubica et al., 2021; Salek et al., 2020a).

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

Za účelem vyhodnocení této diplomové práce byly vyrobeny tři řady modelových vzorků. Každá řada měla odlišný obsah tuku v sušině, který, jak je známo, ovlivňuje konzistenci tavených sýrů (Černíková, 2017b; Dimitreli a Thomareis, 2004; Guinee a O'Callaghan, 2013). Na úpravu tuku na požadované hodnoty byl použit prášek ze sušené smetany. Každá řada byla vyrobena ve třech různých provedeních, pokaždé s odlišnou úpravou přírodního sýra, který je základní surovinou pro výrobu tavených sýrů. Jednalo se o chlazený přírodní sýr, jemný prášek lyofilizovaného přírodního sýra a hrubý prášek lyofilizovaného přírodního sýra. Byly sledovány chemické, texturní a reologické vlastnosti modelových vzorků.

7.1 Vyhodnocení chemické analýzy

V rámci vyhodnocení chemické analýzy byla provedena měření obsahu sušiny a hodnot pH. Tato měření byla provedena u všech dvanácti modelových vzorků.

Cílem bylo vyrobit vzorky o obsahu sušiny 40 % (w/w). Pro kontrolu těchto parametrů bylo provedeno gravimetrické stanovení obsahu sušiny, která se u modelových vzorků v celém průběhu skladování pohybovala od 40,73 po 40,76 % (w/w), což se dá považovat za splnění cíle. Po měsíci skladování došlo k lehkému navýšení obsahu sušiny u všech vzorků, kromě lyofilizovaného hrubého prášku s obsahem TVS 30 % (w/w). Navýšení se pohybovalo v hodnotách 0,01 až 0,03 % (w/w). Díky stabilním parametrům obsahu sušiny ve všech vzorcích bylo možné vzorky mezi sebou porovnávat. U různých hodnot sušiny by to nebylo možné, jelikož obsah sušiny má významný vliv na texturní vlastnosti tavených sýrů (Černíková, 2017b; Dimitreli a Thomareis, 2004; Lee at al., 2004; Salek et al., 2020b; Weiserová et al, 2011). Hodnoty všech vzorků jsou uvedeny v Tabulce 6 jako průměr naměřených hodnot \pm směrodatná odchylka.

Tabulka 6 Výsledky obsahu sušiny vzorků tavených sýrů v průběhu 30denního skladování

Vzorky/Sušina	Den 1	Den 30
EC30 40 30 1	40,74 ± 0,22	40,76 ± 0,02
EC30 40 40 1	40,75 ± 0,29	40,76 ± 0,03
EC30 40 50 1,2	40,73 ± 0,41	40,75 ± 0,19
LYO1 EC30 40 30 1	40,74 ± 0,34	40,76 ± 0,02
LYO1 EC30 40 40 1	40,74 ± 0,01	40,75 ± 0,11
LYO1 EC30 40 50 1,2	40,73 ± 0,06	40,76 ± 0,24
LYO2 EC30 40 30 1	40,75 ± 0,44	40,73 ± 0,01
LYO2 EC30 40 40 1	40,74 ± 0,01	40,75 ± 0,14
LYO2 EC30 40 50 1,2	40,73 ± 0,53	40,74 ± 0,05

Jedním z hlavních faktorů, které ovlivňují texturní parametry tavených sýrů je pH. U modelových vzorků nebylo pH nijak upravováno, takže jeho hodnoty nám dávají informativní charakter.

Hodnoty pH všech modelových vzorků se v průběhu 30denního skladování pohybovaly v rozmezí 5,70 až 6,25. Podrobné výsledky našeho měření uvádí Tabulka 7 jako průměr naměřených hodnot ± směrodatná odchylka. U všech vzorků v průběhu 30denního skladování došlo k mírnému poklesu pH (maximálně o 0,24), což lze vysvětlit možnou hydrolyzou difosfátů a polyfosfátů během skladování. Rozsah degradace se přitom zvyšuje s dobou a teplotou zpracování, dobou a teplotou skladování, úrovní vlhkosti konečného produktu a délkou fosfátového řetězce. Další vysvětlení lze hledat ve změnách v disociaci přítomných solí či jiných sloučenin. Důsledkem je větší tuhost výrobků (Černíková et al. 2017a; Dimitreli a Thomareis, 2009; Guinee et al., 2004; Weiserová et al., 2011). Dále lze z výsledků zpozorovat, že tavené sýry vyrobené ze sýrového prášku s obsahem TVS 50 a 40 % (w/w) mají mírně vyšší pH než tavené sýry vyrobené z chlazeného sýra o stejném obsahu TVS. Toto tvrzení ale neplatí u výrobků s obsahem TVS 30 % (w/w). Zde má pH mírně vyšší tavený sýr vyrobený z chlazeného sýra. Tato variabilita pH může být způsobena pufovací kapacitou tavicích solí nebo skutečností, že na výrobu tavených sýrů byly použity reálné suroviny (přírodní sýr) (Lee a Klostermeyer, 2011; Salek et al., 2017a). Rozdíly pH byly v rozmezí 0,01 – 0,45 s tím, že nejvyšší rozdíl byl mezi vzorky z chlazeného sýra a sýrového prášku z druhé řady (s obsahem 40 % (w/w) sušiny a 40 % (w/w) TVS). Můžeme tedy říci, že použití lyofilizovaného přírodního sýra má za určitých podmínek vliv na pH finálního výrobku. Poslední kritérium hodnocení pH bylo podle rozdílného obsahu TVS.

Bylo zde obtížné zpozorovat nějaký trend. U všech vzorků z hrubého lyofilizovaného prášku a 15. den u jemného lyofilizovaného prášku s klesajícím obsahem TVS klesaly také hodnoty pH. U ostatních vzorků hodnoty klesaly a poté se opět zvýšily. Lze konstatovat, že celkově nejvyšší hodnoty pH měly tavené sýry vyrobené ze sýrového prášku s obsahem TVS 50 % (w/w). Nejnižší hodnoty pH měly tavené sýry vyrobené z chlazeného sýra s obsahem TVS 40 % (w/w). Vyšší relativní obsah tuku může vést ke změně disociační konstanty kyseliny přítomných chemikálií, a tedy k mírnému zvýšení hodnot pH (Černíková, 2017b; Guinee a O'Callaghan, 2013; Lee a Klostermeyer, 2001; Salek et al., 2017a).

Z literatury je známo, že tavené sýry s vyššími hodnotami pH mají tekutější konzistenci, a naopak výrobky s nižší hodnotou pH se vykazují vyšší tuhostí a drobivostí. Na hodnoty pH má vliv použití tavicích solí, především fosforečnanů. Díky jejich pufovací schopnosti upravují pH do zásaditějších hodnot a stabilizují je. Hodnota pH přírodních sýrů, které se pohybuje okolo hodnot 5,0 až 5,5, se za použití správné směsi tavicích solí posune na 5,6 až 5,8 v taveném sýru. Jako ideální pH pro tavené sýry se udává hodnota 5,6 až 6,1. Všechny naše vzorky měly v průběhu celého pozorování vyšší hodnoty pH, než uvádí literatura za optimální. Nejpriznivější hodnoty měl tavený sýr vyrobený z chlazené EC s obsahem TVS 40 % (w/w) (Buňka, 2017; Guinee, Carić a Kaláb, 2004; Guinee, 2011; Marchesseau et al., 1997; Nagyová et al., 2012).

Tabulka 7 Výsledky hodnot pH vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování (30 dní)

Vzorky/pH	Den 1	Den 15	Den 30
EC30_40_30_1	6,17 ± 0,02	6,13 ± 0,07	5,93 ± 0,08
EC30_40_40_1	5,77 ± 0,12	5,71 ± 0,07	5,70 ± 0,08
EC30_40_50_1,2	6,09 ± 0,14	6,09 ± 0,07	5,98 ± 0,09
LYO1_EC30_40_30_1	6,01 ± 0,08	6,02 ± 0,05	5,92 ± 0,02
LYO1_EC30_40_40_1	6,00 ± 0,05	6,01 ± 0,02	5,89 ± 0,06
LYO1_EC30_40_50_1,2	6,23 ± 0,16	6,25 ± 0,07	6,10 ± 0,08
LYO2_EC30_40_30_1	6,03 ± 0,09	6,04 ± 0,05	5,86 ± 0,06
LYO2_EC30_40_40_1	6,22 ± 0,04	6,07 ± 0,08	6,02 ± 0,07
LYO2_EC30_40_50_1,2	6,23 ± 0,07	6,24 ± 0,09	6,11 ± 0,12

7.2 Vyhodnocení texturní profilové analýzy

V rámci vyhodnocení texturní profilové analýzy byla provedena měření uvádějící vývoj tvrdosti, lepidlosti, elasticity, kohezivnosti, žvýkatelnosti a gumovitosti modelových vzorků. Tato měření byla provedena u všech dvanácti modelových vzorků.

7.2.1 Tvrdost

Hodnoty tvrdosti během 30denního skladování se pohybovaly v intervalu 0,12 až 4,79 N a mezi vzorky byl patrný rozdíl v jejich konzistenci. Celkově nejvyšší hodnoty (a tedy nejtuzší konzistenci) během celé doby vykazovaly vzorky vyrobené z EC s obsahem TVS 30 % (w/w). Naopak nejnižší hodnoty byly naměřeny u vzorků vyrobených z jemného a hrubého sýrového prášku s obsahem TVS 50 % (w/w).

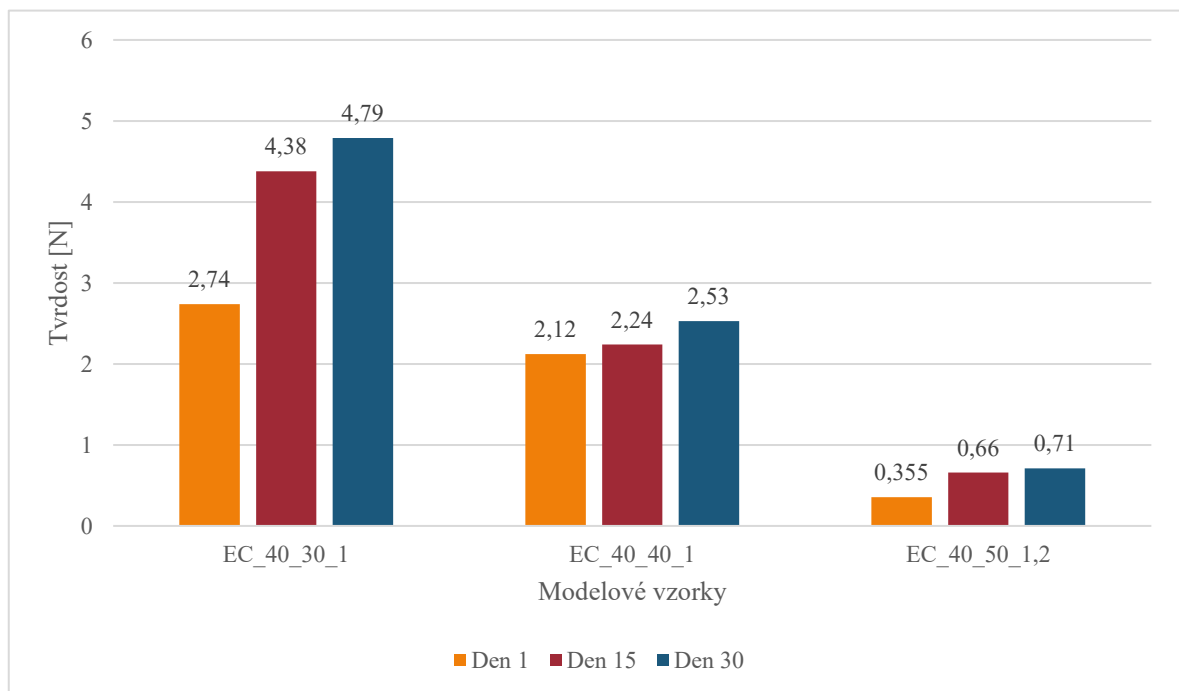
S rostoucí dobou skladování se, až na jeden, u všech modelových vzorků tvrdost zvyšovala, a to bez ohledu na obsah TVS nebo úpravu použitého sýra. Tvrdost se v závislosti s dobou skladování nezvýšila pouze u vzorku vyrobeného z hrubého sýrového prášku o obsahu TVS 50 % (w/w). Zvyšování tvrdosti tavených sýrů v průběhu skladování je v souladu se studii Awad et al. (2002), Salek et al. (2017a), Salek et al. (2017b), Salek et al. (2020b), Shirashoji et al. (2006), a Weiserové et al. (2011). Ti jako faktory tohoto jevu uvádí možnou hydrolyzu polyfosfátových tavicích solí na mono- a difosfáty, které jsou spojeny s vývojem sítě bílkovinných tuků. Další vysvětlení lze hledat ve změnách v disociaci přítomných solí či jiných sloučenin.

Z výsledků můžeme vidět, že se zvyšujícím se obsahem TVS má tvrdost vzorků celkově klesající tendenci. To je známá skutečnost, kterou popisují ve studiích Černíková et al. (2017b), Bayarri et al. (2012), Dimitreli a Thomareis (2008), Guinee a O'Callaghan (2013), Lee et al. (2015) a Pluta-Kubica et al. (2021). Obsah TVS se projevil také na vývoji tvrdosti během skladování vzorků. Celkově největší změny byly zaznamenány u vzorků s nejnižším obsahem TVS a naopak nejmenší, nebo dokonce s opačným charakterem, byly u vzorků s nejvyšším obsahem TVS. Největší nárůst tvrdosti během skladování byl u vzorku vyrobeného z EC s obsahem TVS 30 % (w/w), který činil navýšení celkem o 2,05 N. Nejnižší nárůst tvrdosti byl u vzorku z jemného sýrového prášku s obsahem TVS 50 % (w/w), jehož navýšení bylo celkem pouze o 0,04 N. U vzorku z hrubého sýrového prášku s obsahem TVS 50 % (w/w) se tvrdost dokonce snížila, ale rozdíly během skladování u něj nebyly výrazné (snížení tvrdosti o 0,04 N). Z toho vyplývá, že obsah TVS má vliv na vývoj

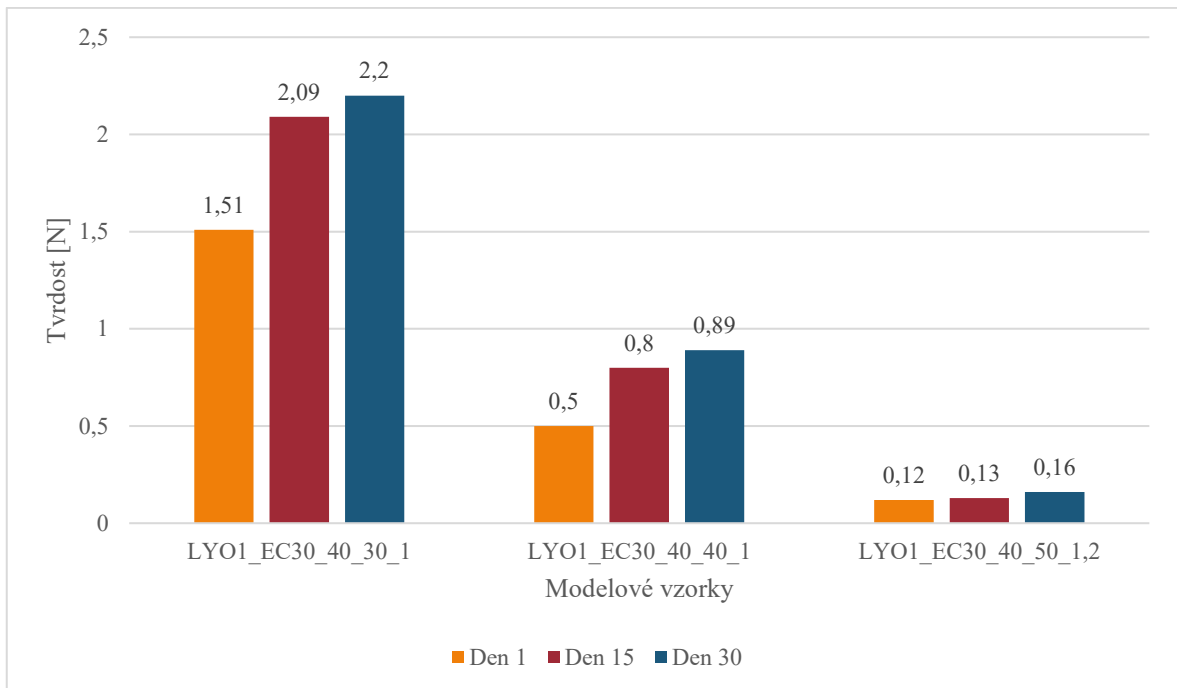
tvrdosti modelových vzorků. Čím větší byl obsah TVS, tím menší byly rozdíly v tvrdosti v průběhu skladování, bez ohledu na úpravu přírodního sýra.

Zajímavým poznatkem je, že úprava sýra do podoby sýrového prášku měla také vliv na tvrdost modelových vzorků. Všechny vzorky vyrobené z EC o daném obsahu TVS, byly tužší konzistence než vzorky vyrobené ze sýrového prášku o témže obsahu TVS. Úprava suroviny se projevila také na vývoji tvrdosti modelových vzorků. Tavené sýry vyrobené z chlazené EC měly v průběhu skladování vyšší tendenci k tuhnutí než tavené sýry vyrobené ze sýrového prášku, bez ohledu na obsah TVS. Shirashoji, Jaeggi a Lucey (2010) uvádí, že rozdíly v texturních vlastnostech tavených sýrů jsou způsobeny především stupněm disperze nerozpustné kaseinové matrice. Vzorky vyrobené z EC mají pravděpodobně větší množství vázané vody než vzorky vyrobené ze sýrových prášků. Čím větší je hydratace proteinů a emulgace tuku, tím větší je intenzita interakcí v tavenině a tím také intenzita zesíťování kaseinů. Čím je stupeň zesíťování v matici výrobku vyšší tím tužší výrobky můžeme očekávat (Dimitreli a Thomareis, 2009; Kaliappan a Lucey, 2011; Mizuno a Lucey, 2007; Nagyová et al., 2012; Weiserová et al., 2011).

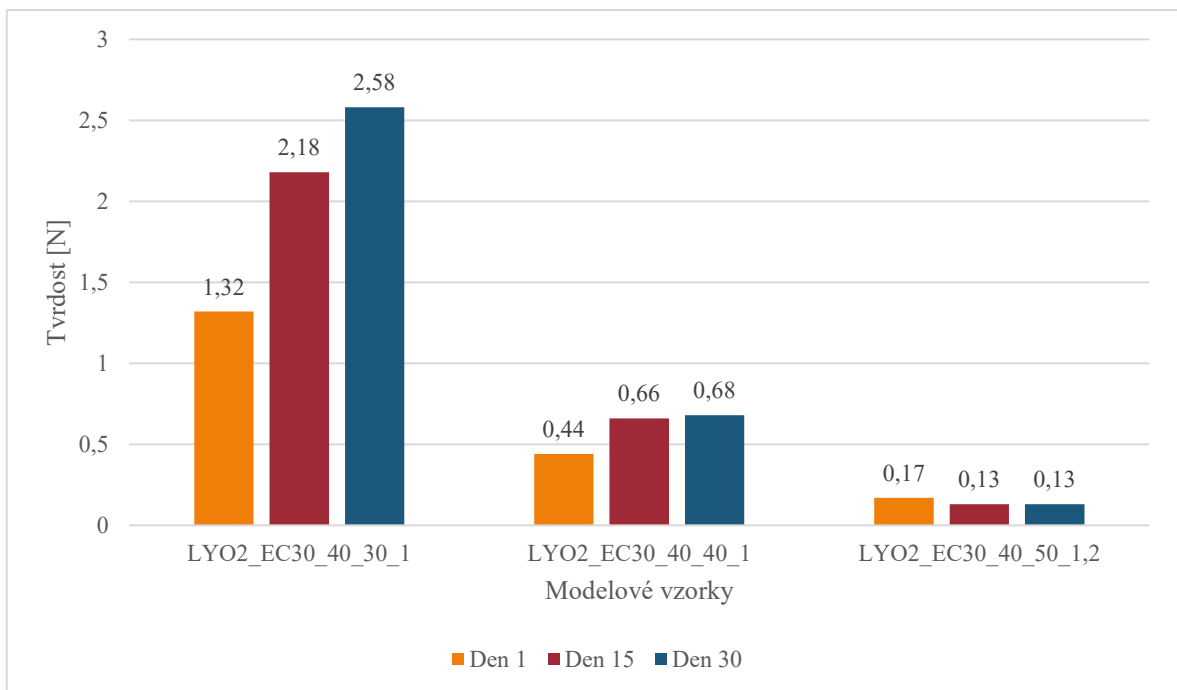
Výsledky měření vývoje tvrdosti vzorků v závislosti na úpravě použitého přírodního sýra, obsahu TVS a délce skladování jsou uvedeny na Obrázku 5 až 7.



Obrázek 5 Tvrdość modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z chlazené Eidamské cihly v závislosti na obsahu TVS a délce skladování (30 dní)



Obrázek 6 Tvrdość modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z jemného sýrového prášku v závislosti na obsahu TVS a délce skladování (30 dní)



Obrázek 7 Tvrdość modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z hrubého sýrového prášku v závislosti na obsahu TVS a délce skladování (30 dní)

7.2.2 Relativní lepivost

Hodnoty relativní lepivosti během 30denního skladování se pohybovaly v intervalu 0,08 až 1,59 a rozdíly byly znát již při manipulaci s vyrobenými vzorky. Nejvyšší hodnoty (a tedy nejmenší relativní lepivost) během celé doby vykazovaly vzorky vyrobené z EC s obsahem TVS 30 % (w/w). Naopak nejnižší hodnoty (a tedy největší relativní lepivost) byly naměřeny u vzorků vyrobených z jemného a hrubého sýrového prášku s obsahem TVS 50 % (w/w).

S rostoucí dobou skladování se, až na jeden, u všech modelových vzorků relativní lepivost snižovala, a to bez ohledu na obsah TVS nebo úpravu použitého sýra. Relativní lepivost se v závislosti s dobou skladování zvýšila pouze u vzorku vyrobeného z hrubého sýrového prášku o obsahu TVS 50 % (w/w).

Z výsledků můžeme vidět, že se zvyšujícím se obsahem TVS má relativní lepivost vzorků celkově vzrůstající charakter. Obsah TVS se projevil také na vývoji relativní lepivosti během skladování vzorků. Vzorky s obsahem 30 % (w/w) TVS snižují během skladování relativní lepivost více, než vzorky s vyšším obsahem TVS. Největší pokles relativní lepivosti během skladování byl u vzorku vyrobeného z EC s obsahem TVS 30 % (w/w). Naopak nejmenší byl u vzorku z jemného sýrového prášku s obsahem TVS 50 % (w/w). U vzorku z hrubého sýrového prášku s obsahem TVS 50 % (w/w) se relativní lepivost dokonce nepatrně zvýšila. Úprava sýra do podoby sýrového prášku měla vliv na relativní lepivost modelových vzorků. Všechny vzorky vyrobené z EC o daném obsahu TVS, měly menší relativní lepivost než vzorky vyrobené ze sýrového prášku o témže obsahu TVS.

Relativní lepivost vzorků je v korelaci s jejich tvrdostí. Platí, že čím měkčí je sýr, tím lepivější má konzistenci a naopak, což potvrzují také námi získaná data. Stejně principy byly sledovány také v pracích Dimitreli a Thomareis (2009), Lu et al. (2008), Sádlikové et al. (2010) a Weiserové et al. (2011).

Výsledky měření relativní lepivosti vzorků v závislosti na úpravě použitého přírodního sýra, obsahu TVS a délce skladování jsou uvedeny v Tabulce 8.

Tabulka 8 Výsledky relativní lepivosti modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování (30 dní)

Vzorky/Lepivost	Den 1	Den 15	Den 30
EC30 40 30 1	0,82	1,4	1,59
EC30 40 40 1	0,78	0,78	0,90
EC30 40 50 1,2	0,17	0,34	0,37
LYO1 EC30 40 30 1	0,53	0,78	0,79
LYO1 EC30 40 40 1	0,24	0,35	0,42
LYO1 EC30 40 50 1,2	0,08	0,09	0,12
LYO2 EC30 40 30 1	0,5	0,85	0,93
LYO2 EC30 40 40 1	0,19	0,34	0,34
LYO2 EC30 40 50 1,2	0,10	0,09	0,09

7.2.3 Elasticita

Výsledky elasticity během 30denního skladování se pohybovaly v intervalu od 10,02 do 14,05. Nejvyšší hodnota (a tedy nejvyšší elasticita) byla naměřena u vzorku vyrobeného z hrubého sýrového prášku s obsahem TVS 40 % (w/w). Naopak nejnižší hodnoty (a tedy nejmenší elasticita) byla naměřena u vzorků vyrobených z hrubého a jemného sýrového prášku s obsahem 50 % (w/w) TVS.

S rostoucí dobou skladování se, až na jeden, u všech modelových vzorků elasticita snižovala, a to bez ohledu na obsah TVS nebo úpravu použitého sýra. Elasticita se v závislosti s dobou skladování zvýšila pouze u vzorku vyrobeného z jemného sýrového prášku o obsahu TVS 50 % (w/w). V průběhu skladování elasticita nejvíce klesla u sýru vyrobeného z jemného sýrového prášku s obsahem TVS 40 % (w/w). Naopak nejmenší pokles elasticity byl naměřen u sýrů vyrobených ze sýrových prášků s obsahem TVS 50 % (w/w).

Z výsledků můžeme vidět, že u vzorků vyrobených z EC se se zvyšujícím obsahem TVS elasticita zvyšuje, bez ohledu na délku skladování. To však neplatí u vzorků vyrobených ze sýrového prášku. Zde se při zvýšení obsahu TVS z 30 % (w/w) na 40 % (w/w) elasticita nejdřív zvyšuje, ale při dalším zvýšení na 50 % (w/w) TVS se snižuje, a to na hodnoty nižší, než při 30 % (w/w) TVS.

Tavené sýry vyrobené z EC o obsahu 30 % a 40 % TVS (w/w) jsou méně elastické než sýry vyrobené z jemného a sýrového prášku při téže obsahu TVS. Tavené sýry vyrobené z EC

o obsahu 50 % TVS (w/w) jsou více elastické než sýry vyrobené z jemného a sýrového prášku při téže obsahu TVS.

Je to dáno pravděpodobně tím, že vzorky vyrobené ze sýrového prášku a s vysokým obsahem TVS mají, jak můžeme vidět z výše hodnocených výsledků, mnohem měkčí konzistenci, než vzorky vyrobené z EC a/nebo s menším obsahem TVS.

Elasticita představuje stejný trend jako lepivost, což je patrné z naměřených výsledků.

Výsledky měření elasticity vzorků v závislosti na úpravě použitého přírodního sýra, obsahu TVS a délce skladování jsou uvedeny v Tabulce 9.

Tabulka 9 Výsledky elasticity modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování (30 dní)

Vzorky/Elasticita	Den 1	Den 15	Den 30
EC30 40 30 1	11,36	10,96	10,78
EC30 40 40 1	11,47	11,45	11,25
EC30 40 50 1,2	13,72	13,00	12,78
LYO1 40 30 1	12,17	11,40	11,16
LYO1 40 40 1	13,78	12,46	12,31
LYO1 40 50 1,2	10,02	10,02	10,12
LYO2 40 30 1	12,41	11,12	11,11
LYO2 40 40 1	14,05	12,81	12,78
LYO2 40 50 1,2	10,12	10,02	10,02

7.2.4 Kohezivnost

Hodnoty kohezivnosti během 30denního skladování se pohybovaly v intervalu 0,01 až 0,67. Nejvyšší hodnota (a tedy největší kohezivnost) byla naměřena 15. den u vzorku vyrobeného z hrubého sýrového prášku s 30 % (w/w) TVS. Naopak nejnižší hodnoty (a tedy nejmenší kohezivnost) byly naměřeny u vzorků vyrobených z jemného a hrubého sýrového prášku s obsahem TVS 50 % (w/w) a to po celou dobu skladování.

U většiny vzorků docházelo v průběhu skladování ke zvyšování kohezivnosti. Vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s 50 % (w/w) TVS měly v průběhu skladování neměnnou hodnotu kohezivnosti, která byla ale velmi nízká. Velmi nízké hodnoty byly naměřeny také u vzorků z jemného sýrového prášku se stejným obsahem TVS. U všech vzorků s obsahem 30 % (w/w) TVS plus u vzorku z hrubého sýrového prášku s 40 % (w/w)

TVS se kohezivnost do 15. dne zvyšovala a poté do 30. dne mírně klesala. Stále ale byla kohezivnost těchto vzorků na konci skladování vyšší než na začátku.

Z výsledků můžeme vidět, že u vzorků vyrobených z jemného a hrubého sýrového prášku se se zvyšujícím obsahem TVS snižuje kohezivnost. U vzorků vyrobených z EC je pozorován stejný trend pouze 15. den skladování. Během dne 1 a 30 došlo nejdříve ke zvýšení a až poté ke snížení kohezivnosti.

Co se týče vlivu úpravy použité suroviny na kohezivnost, tak výrazné změny nastaly mezi vzorky s obsahem TVS 50 % (w/w), kde vzorky vyrobené ze sýrových prášků měly výrazně menší kohezivnost než vzorky vyrobené z EC, bez ohledu na délku skladování. Stejný trend se projevil také u vzorků s obsahem TVS 40 % (w/w), avšak ne tak výrazný. Vzorky s obsahem TVS 30 % (w/w) neměly mezi sebou výrazné rozdíly a docházelo jak ke zvýšení, tak ke snížení kohezivnosti a to v závislosti na dnech skladování.

Kohezivnost představuje stejný trend jako tvrdost, což je patrné z naměřených výsledků.

Výsledky měření kohezivnosti vzorků v závislosti na úpravě použitého přírodního sýra, obsahu TVS a délce skladování jsou uvedeny v Tabulce 10.

Tabulka 10 Výsledky kohezivnosti modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování (30 dní)

Vzorky/Kohezivnost	Den 1	Den 15	Den 30
EC30 40 30 1	0,45	0,56	0,52
EC30 40 40 1	0,47	0,54	0,58
EC30 40 50 1,2	0,26	0,46	0,50
LYO1 40 30 1	0,43	0,59	0,58
LYO1 40 40 1	0,29	0,53	0,54
LYO1 40 50 1,2	0,01	0,01	0,02
LYO2 40 30 1	0,40	0,67	0,61
LYO2 40 40 1	0,18	0,51	0,48
LYO2 40 50 1,2	0,01	0,01	0,01

7.2.5 Žvýkatelnost

Hodnoty žvýkatelnosti během 30denního skladování se pohybovaly v intervalu 0,01 až 26,76. Nejvyšší hodnota (a tedy největší žvýkatelnost) byla naměřena 30. den u vzorku vyrobeného z EC s 30 % (w/w) TVS. Naopak nejnižší hodnoty (a tedy nejmenší

žvýkatelnost) byly naměřeny u vzorků vyrobených z jemného a hrubého sýrového prášku s obsahem TVS 50 % (w/w) a to po celou dobu skladování.

V průběhu skladování se žvýkatelnost postupně zvyšovala téměř u všech vzorků bez ohledu na obsah TVS a úpravu použitého sýra. U vzorků vyrobených z jemného a hrubého sýrového prášku s 50 % (w/w) TVS se žvýkatelnost pohybovala na velmi nízkých hodnotách. K nejvyššímu nárůstu žvýkatelnosti došlo u vzorků vyrobených z EC s 30 % (w/w) TVS, následováno vzorky ze sýrových prášků s 30 % (w/w) TVS.

Se zvyšujícím se obsahem TVS žvýkatelnost vzorků klesala, bez ohledu na dobu skladování a úpravu použitého sýra. Největší pokles žvýkatelnosti se zvyšujícím se obsahem TVS vykazovaly 15. den skladování vzorky vyrobené z EC.

Úprava sýra do podoby sýrového prášku měla vliv na žvýkatelnost modelových vzorků. Všechny vzorky vyrobené z EC o daném obsahu TVS, měly větší žvýkatelnost než vzorky vyrobené ze sýrového prášku o témže obsahu TVS. Rozdíly pak mezi jemným a hrubým sýrovým práškem byly velmi malé.

Žvýkatelnost představuje stejný trend jako kohezivnost a tvrdost, což je patrné z naměřených výsledků.

Výsledky měření žvýkatelnosti vzorků v závislosti na úpravě použitého přírodního sýra, obsahu TVS a délce skladování jsou uvedeny v Tabulce 11.

Tabulka 11 Výsledky žvýkatelnosti modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování (30 dní)

Vzorky/Žvýkatelnost	Den 1	Den 15	Den 30
EC30 40 30 1	14,06	26,72	26,76
EC30 40 40 1	11,44	13,97	16,56
EC30 40 50 1,2	1,24	3,89	4,45
LYO1 40 30 1	7,88	14,07	14,21
LYO1 40 40 1	1,98	5,26	5,93
LYO1 40 50 1,2	0,01	0,01	0,03
LYO2 40 30 1	6,55	16,16	17,51
LYO2 40 40 1	1,10	4,28	4,23
LYO2 40 50 1,2	0,01	0,02	0,01

7.2.6 Gumovitost

Hodnoty gumovitosti během 30denního skladování se pohybovaly v intervalu 0,01 až 2,48. Nejvyšší hodnota (a tedy největší gumovitost) byla naměřena 30. den u vzorku vyrobeného z EC s 30 % (w/w) TVS. Naopak nejnižší hodnoty (a tedy nejmenší žvýkatelnost) byly naměřeny u vzorků vyrobených z jemného a hrubého sýrového prášku s obsahem TVS 50 % (w/w) a to po celou dobu skladování.

V průběhu skladování se gumovitost zvyšovala u všech vzorků bez ohledu na obsah TVS a úpravu použitého sýra. Vzorky vyrobené z jemného a hrubého sýrového prášku s obsahem TVS 50 % (w/w) vykazovaly velmi nízké hodnoty gumovitosti.

Z výsledků můžeme vidět, že se zvyšujícím se obsahem TVS gumovitost všech vzorků klesá a to bez ohledu na dobu skladování a úpravu použitého sýra.

Všechny vzorky vyrobené z EC o daném obsahu TVS, vykazovaly vyšší hodnoty gumovitosti než vzorky vyrobené ze sýrového prášku o témže obsahu TVS. Co se týče porovnání gumovitosti mezi jemným a hrubým sýrovým práškem, tak rozdíly byly následující. Při obsahu 30 % (w/w) TVS byla v první den skladování vyšší gumovitost u vzorků vyrobených z jemného sýrového prášku. Další pozorované dny byla gumovitost vyšší u vzorků z hrubého sýrového prášku. Při obsahu 40 % (w/w) TVS byla gumovitost po celou dobu skladování vyšší u vzorků vyrobených z jemného sýrového prášku. Rozdíly však nebyly výrazné. Při obsahu 50 % (w/w) TVS byla gumovitost u obou sýrových prášků velice nízká.

Gumovitost představuje stejný trend jako žvýkatelnost, kohezivnost a tvrdost, což je patrné z naměřených výsledků.

Výsledky měření gumovitosti vzorků v závislosti na úpravě použitého přírodního sýra, obsahu TVS a délce skladování jsou uvedeny v Tabulce 12.

Tabulka 12 Výsledky gumovitosti modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování (30 dní)

Vzorky/Gumovitost	Den 1	Den 15	Den 30
EC30 40 30 1	1,22	2,44	2,48
EC30 40 40 1	1,00	1,22	1,47
EC30 40 50 1,2	0,09	0,30	0,35
LYO1 40 30 1	0,65	1,24	1,27
LYO1 40 40 1	0,14	0,42	0,48
LYO1 40 50 1,2	0,01	0,01	0,02
LYO2 40 30 1	0,53	1,45	1,58
LYO2 40 40 1	0,08	0,33	0,33
LYO2 40 50 1,2	0,01	0,02	0,02

7.3 Vyhodnocení dynamické oscilační reometrie

Jelikož tavené sýry jsou materiály, které vykazují viskoelastické vlastnosti, byla do hodnocení jejich kvality zařazena reometrická měření. V rámci vyhodnocení dynamické oscilační reometrie byla u modelových vzorků provedena měření elastického modulu pružnosti (G') a ztrátového modulu pružnosti (G'') při frekvenci v rozsahu 0,1 až 10 Hz. Z nich pak byly následně vypočteny hodnoty komplexního modulu pružnosti (G^*) a tangenty úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz. Dále byla charakteristika viskoelastických vlastností modelových vzorků opřena o změřené hodnoty viskozity v závislosti na frekvenci, která byla v rozsahu 0,1 až 10 Hz.

7.3.1 Komplexní viskozita

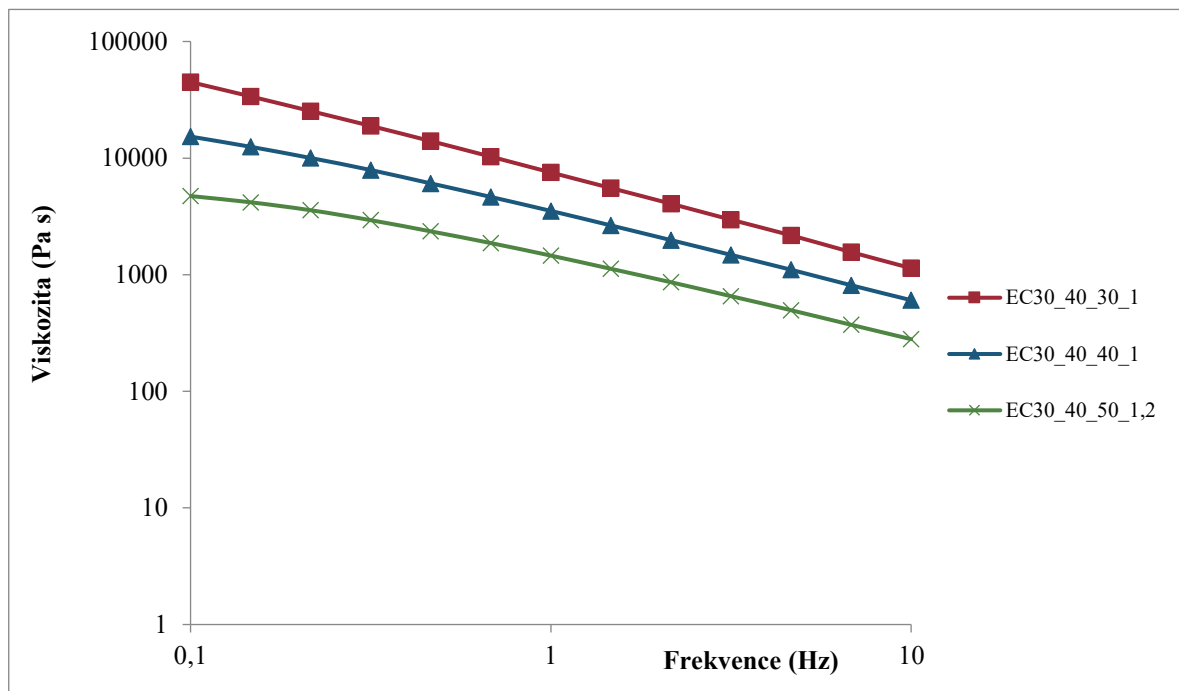
Viskozita je podstatný parametr hodnotící míru tekutosti tavených sýrů a určuje tím jejich funkčnost. Faktory, které ji nejvíce ovlivňují, jsou surovinové složení výrobku a technologie výroby. Viskozita je v korelaci s tvrdostí (Glibowski et al., 2008; Kapoor a Metzger, 2008; Salek et al., 2020b; Sołowiej et al., 2020).

Na Obrázcích 8 až 16 jsou zobrazeny průběhy křivek komplexní viskozity modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na frekvenci (0,1 až 10 Hz) a to vždy pro danou úpravu přírodního sýra a den skladování s různým obsahem TVS.

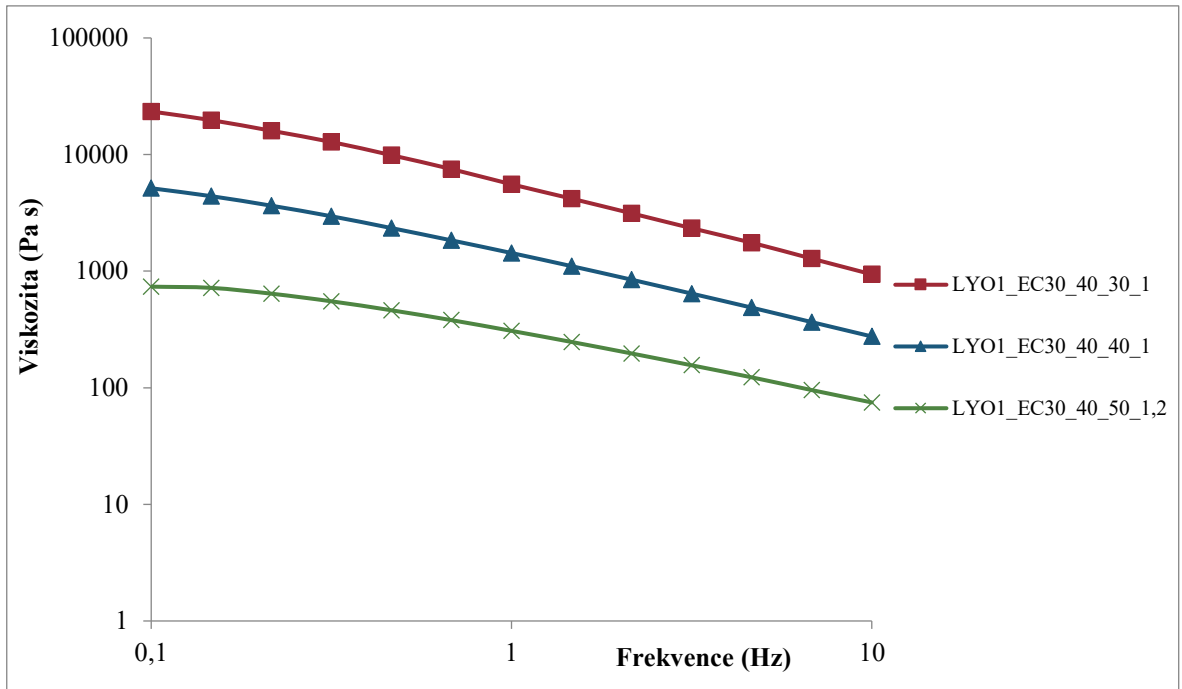
Z vyhodnocení grafů lze konstatovat, že komplexní viskozita se snižovala s rostoucí frekvencí, bez ohledu na obsah TVS, úpravu použitého přírodního sýra a den skladování. Všechny vzorky s větším obsahem TVS vykazovaly menší komplexní viskozitu než vzorky

s menším obsahem TVS bez ohledu na úpravu použitého přírodního sýra a dobu skladování a to v celém rozsahu testované frekvence (0,1 – 100,0 Hz). Současně můžeme vidět trend, že vzorky vyrobené z EC měly křivky komplexní viskozity vyšší než vzorky vyrobené ze sýrových prášků, bez ohledu na obsah TVS a dobu skladování. S delší dobou skladování měla komplexní viskozita rostoucí charakter.

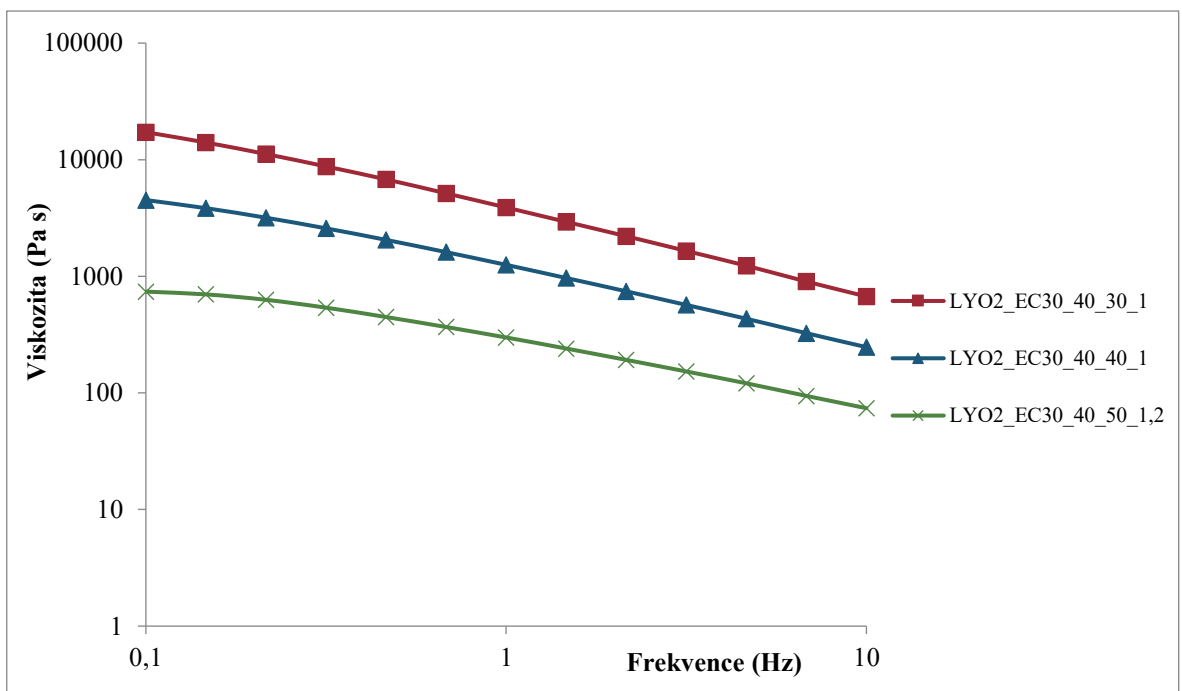
Výsledky komplexní viskozity měly obdobný trend, jaký byl popsán pro výsledky tvrdosti. Stejný trend popisuje ve studii tavených sýrů Salek et al. (2020b).



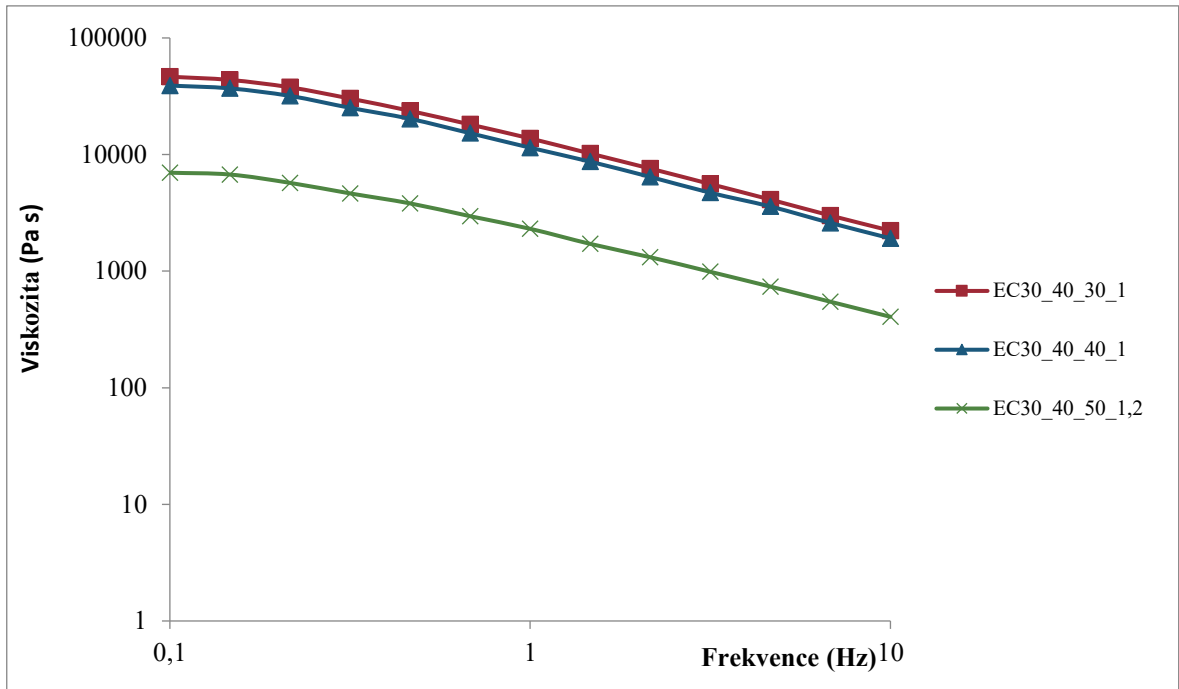
Obrázek 8 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování



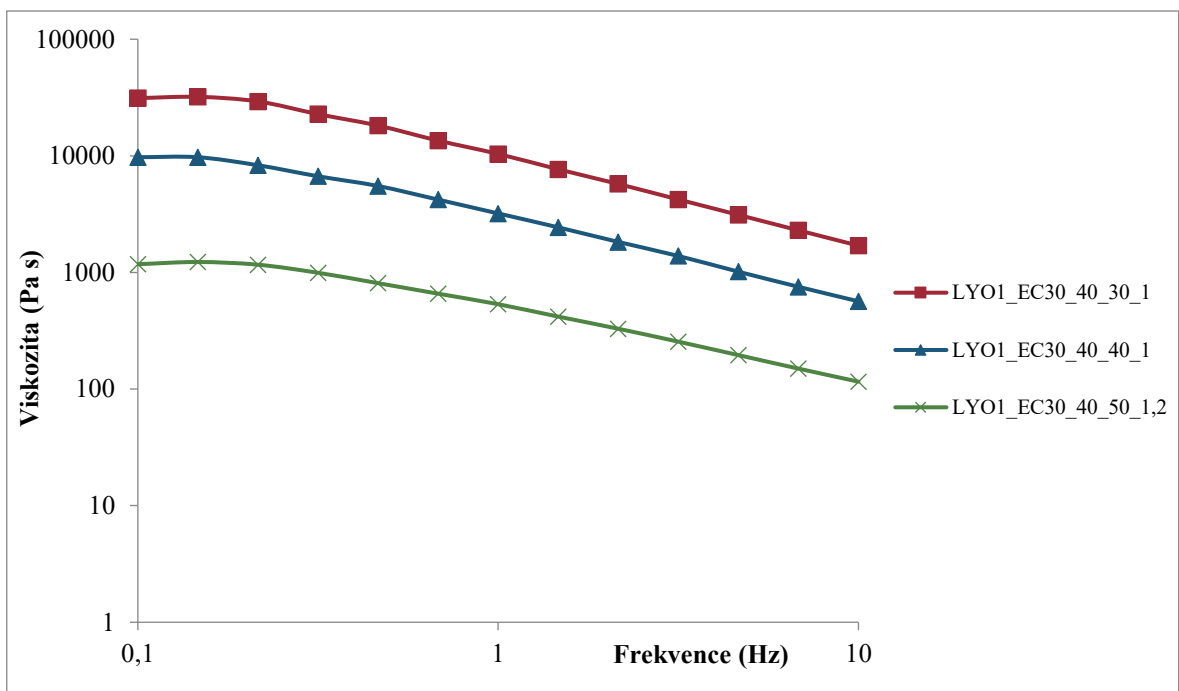
Obrázek 9 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování



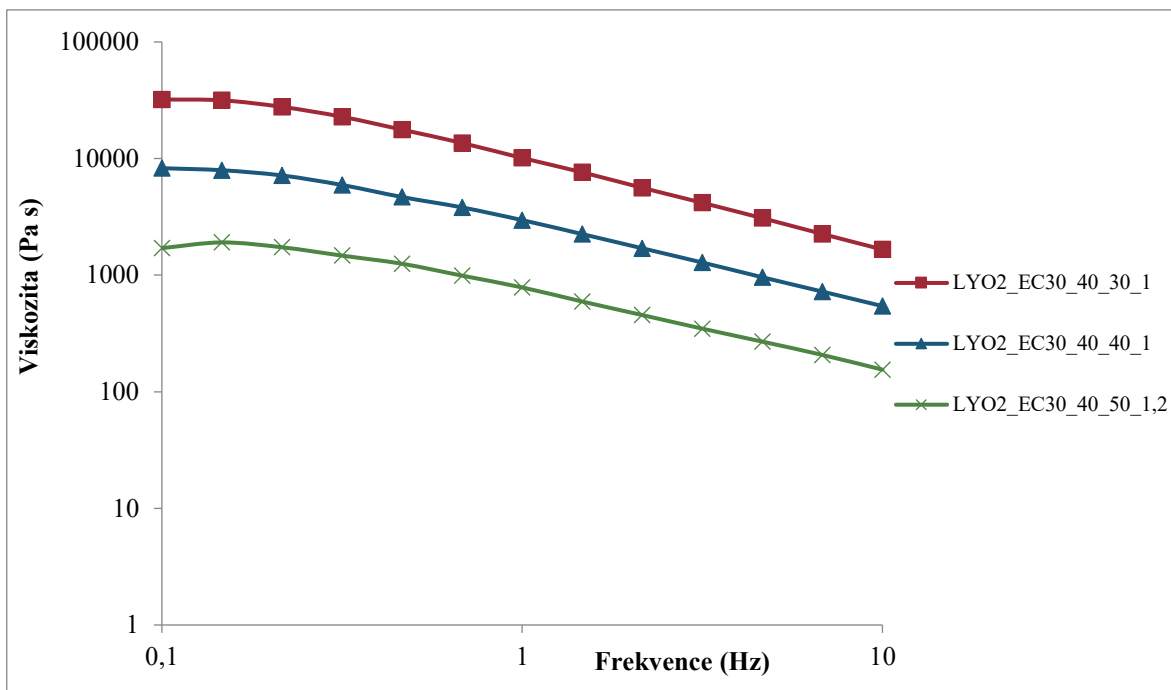
Obrázek 10 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování



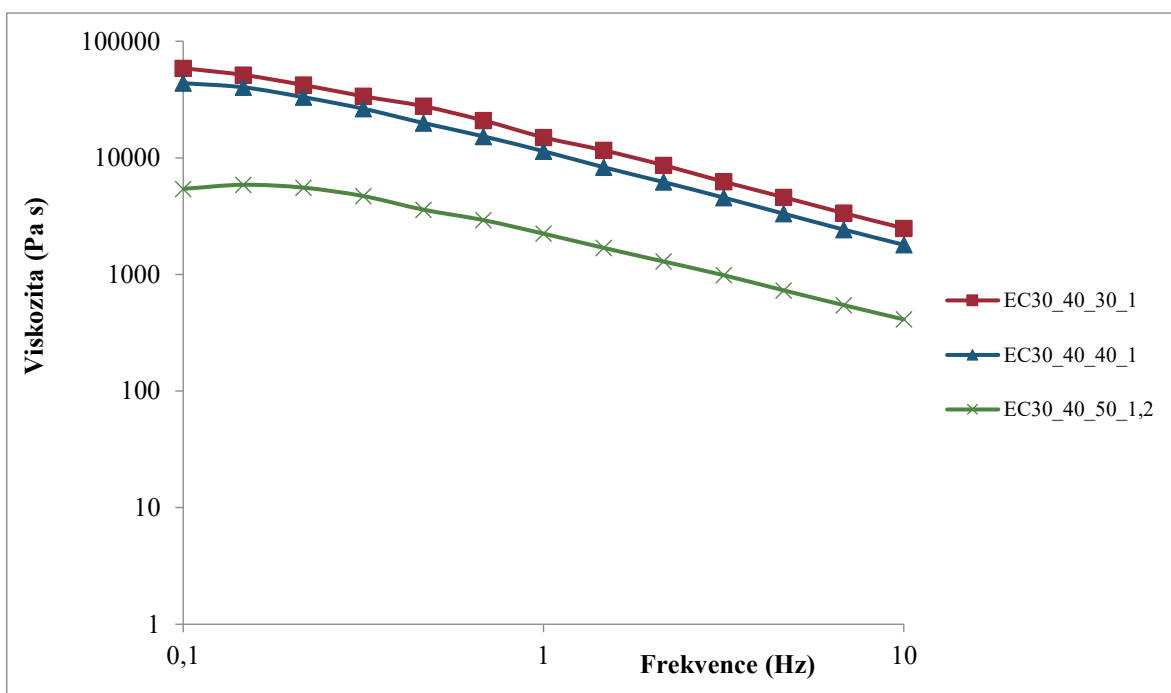
Obrázek 11 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování



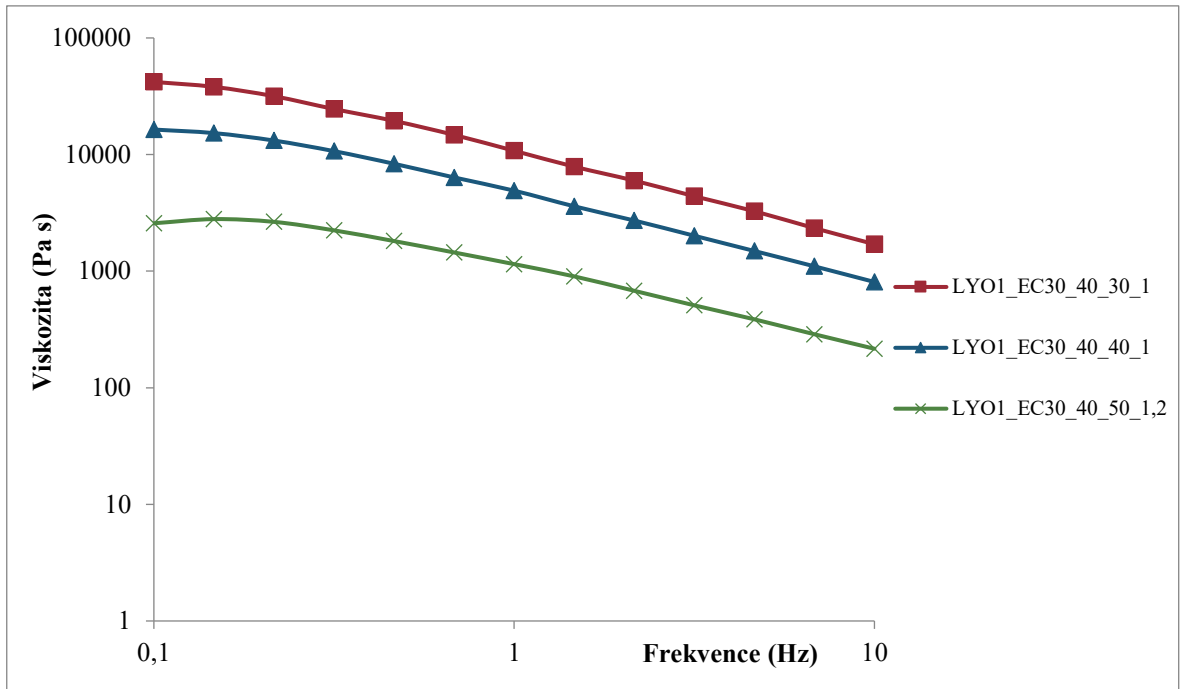
Obrázek 12 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování



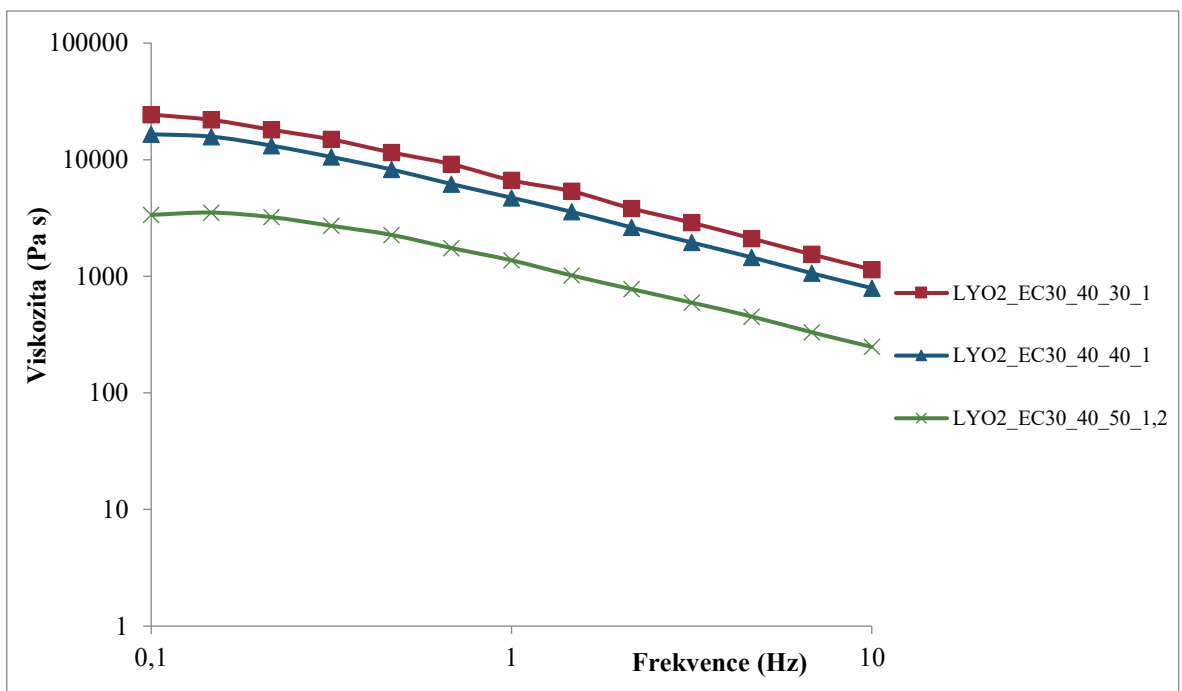
Obrázek 13 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování



Obrázek 14 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování



Obrázek 15 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování



Obrázek 16 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování

7.3.2 Elastický a ztrátový modul pružnosti

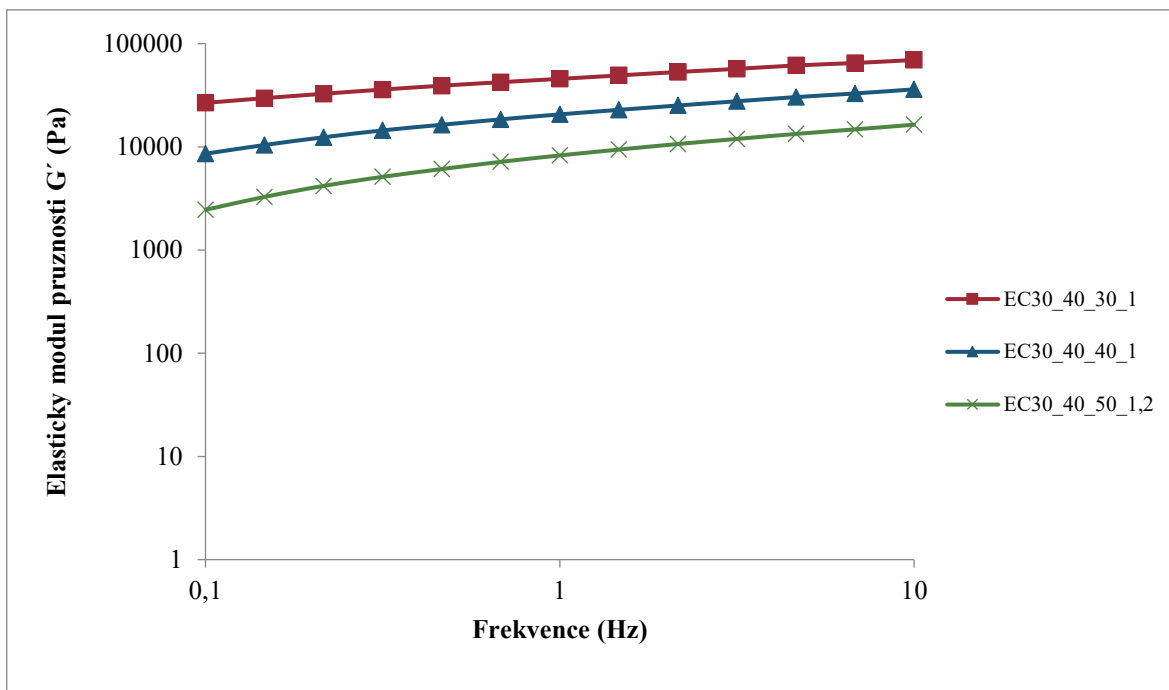
Na Obrázcích 17 až 34 jsou zobrazeny průběhy křivek elastického a ztrátového (viskózního) modulu pružnosti modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na frekvenci (0,1 až 10 Hz) a to vždy pro danou úpravu přírodního sýra a den skladování s různým obsahem TVS.

Z grafů můžeme vypožorovat, že hodnoty elastického modulu pružnosti (G') vzorků o daném obsahu TVS jsou vyšší než hodnoty viskózního modulu pružnosti (G'') vzorků se stejným obsahem TVS bez ohledu na úpravu použitého přírodního sýra a dobu skladování. To znamená, že vzorky vykazují více elastický charakter, což je typické pro hustě propojené slabé gely (Cunha et al., 2013; Černíková et al., 2017b; Lee a Klostermeyer, 2001; Lee et al., 2015). Vyšší hodnoty G'' než G' byly naměřeny pouze první den po výrobě u vzorků z jemného a hrubého sýrového prášku s obsahem TVS 50 % (w/w) a pouze při nejnižší měřené frekvenci (0,1 Hz), což dle Lee et al., (2015) odpovídá koncentrovaným kapalinám. Také lze konstatovat, že všechny vzorky s větším obsahem TVS měly křivky G' a G'' nižší než vzorky s menším obsahem TVS, bez ohledu na úpravu použitého přírodního sýra a dobu skladování v celém rozsahu testované frekvence. Stejný trend uvádí také Černíková et al. (2017b).

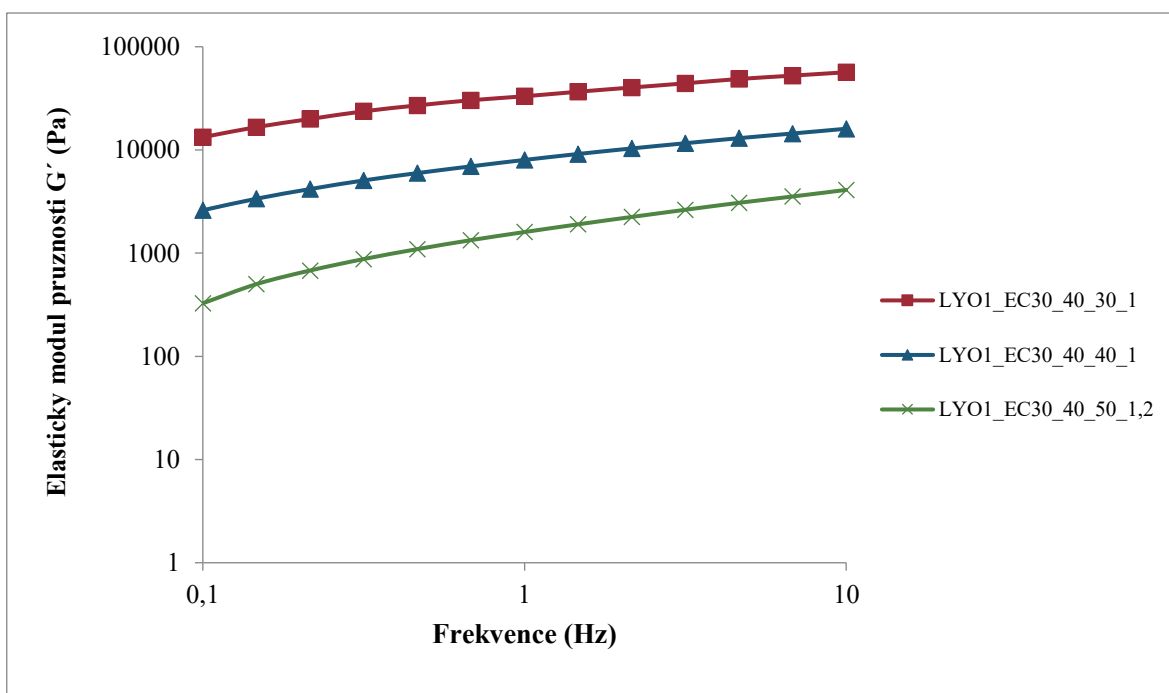
Co se týče porovnání G' a G'' u vzorků vyrobených z EC a sýrových prášků, tak můžeme vidět jasný trend, který říká, že vzorky vyrobené ze sýrových prášků mají výrazně nižší křivky G' a G'' než vzorky vyrobené z EC bez ohledu na dobu skladování a obsah TVS, což jsme očekávali s ohledem na výsledky texturní profilové analýzy, se kterou byly výsledky v korelaci.

Oba parametry (G' a G'') se zvyšovaly se zvyšující se frekvencí a to u všech hodnocených vzorků, bez ohledu na dobu skladování, obsah TVS a úpravu použitého přírodního sýra.

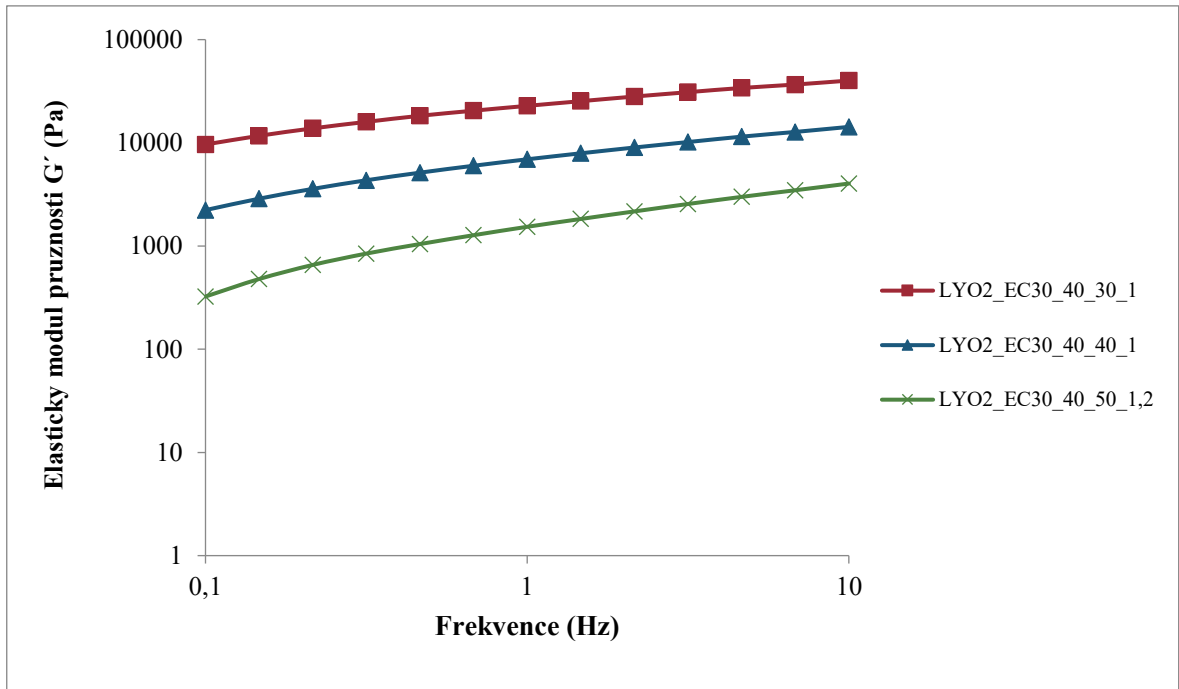
Z výsledků vývoje G' a G'' v závislosti na frekvenci jsme dále stanovili komplexní modul pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro referenční hodnotu 1 Hz, což podpořilo získané výsledky. Zvýšení hodnot G' , G'' a G^* má souvislost se vzrůstající silou gelu modelových vzorků (Černíková et al., 2017a; Gabriele et al., 2001; Piska a Štětina, 2004).



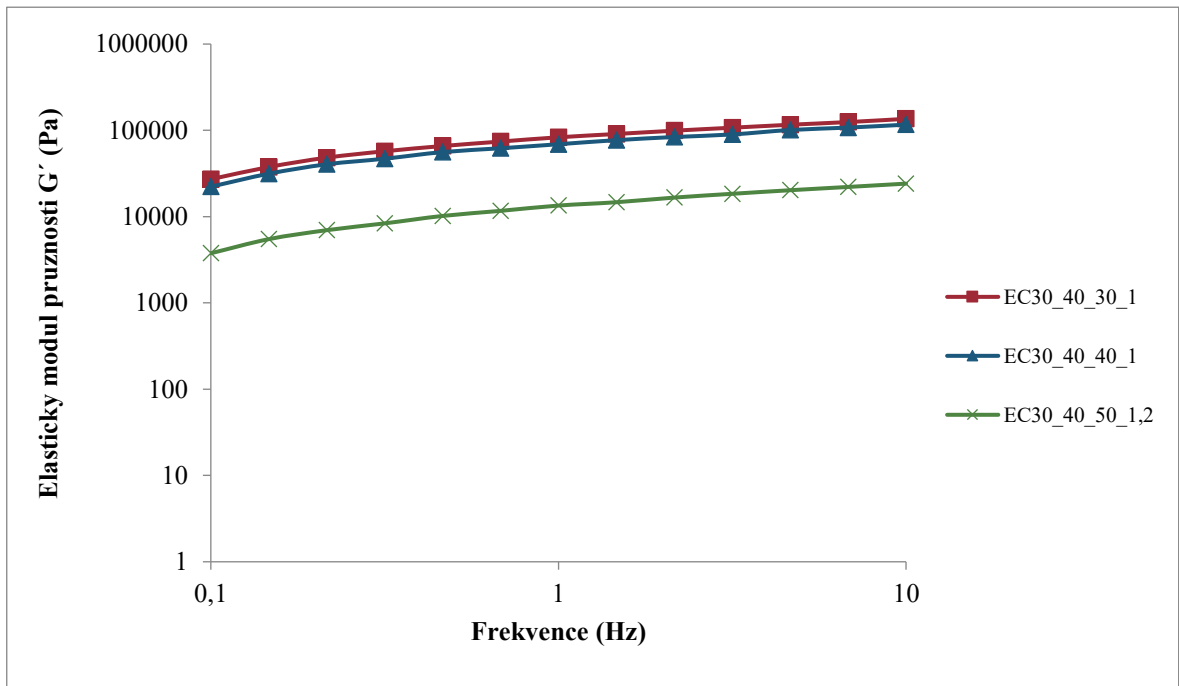
Obrázek 17 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování



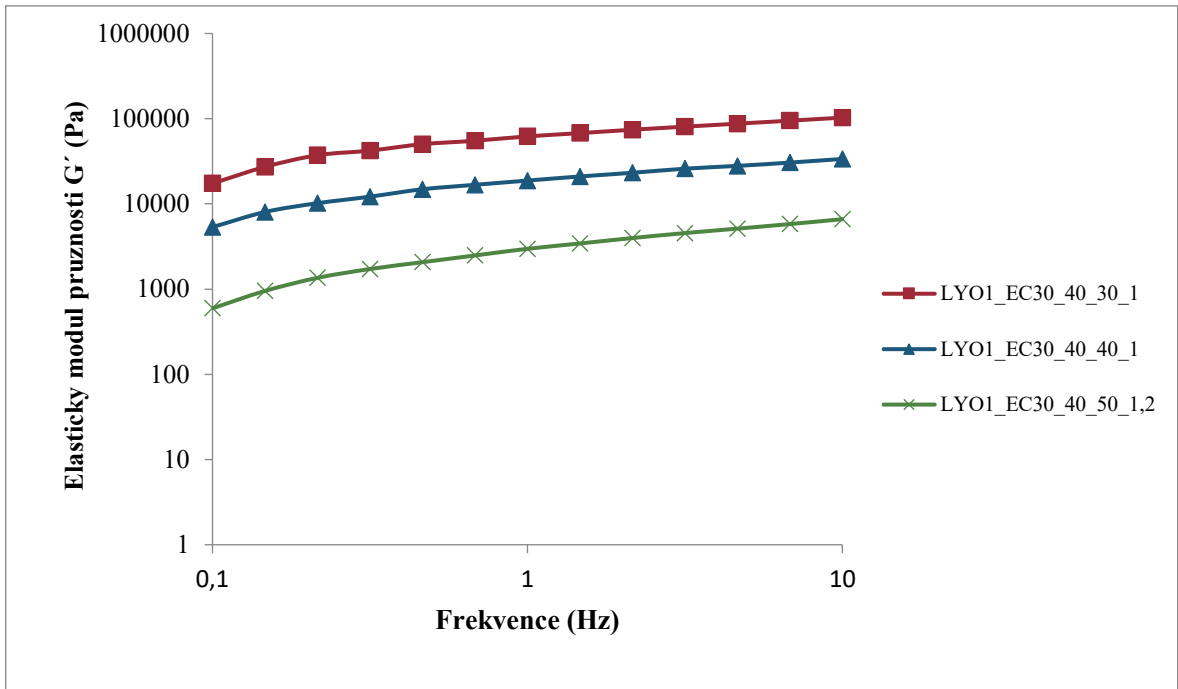
Obrázek 18 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování



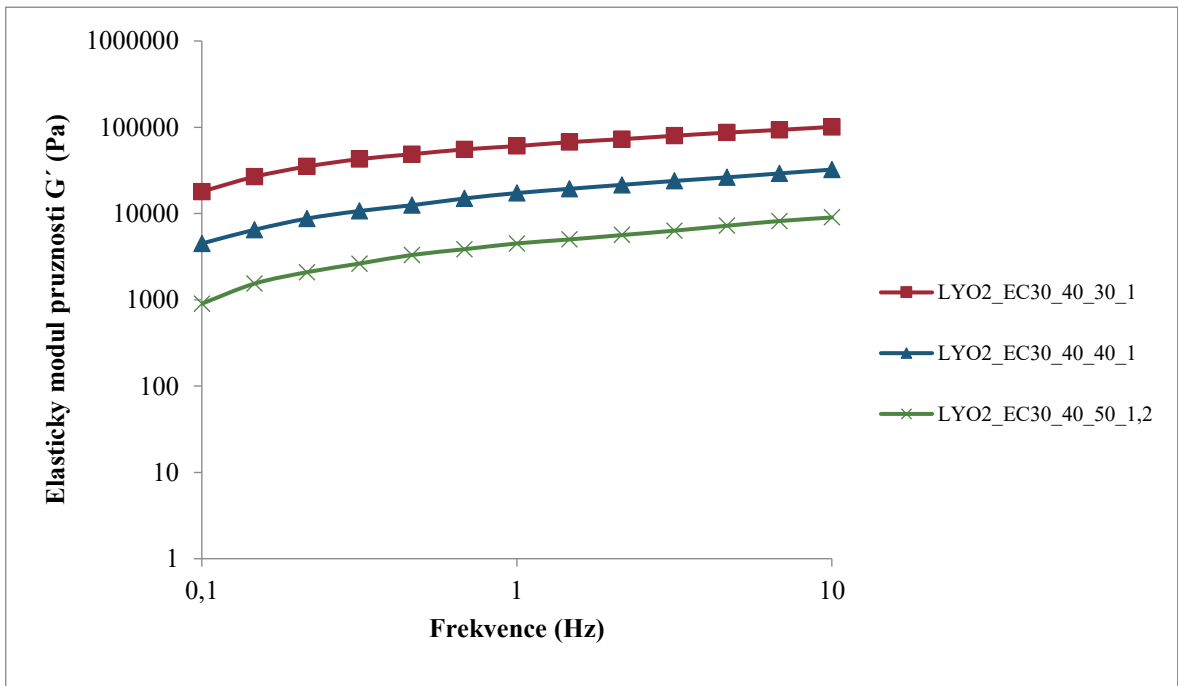
Obrázek 19 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování



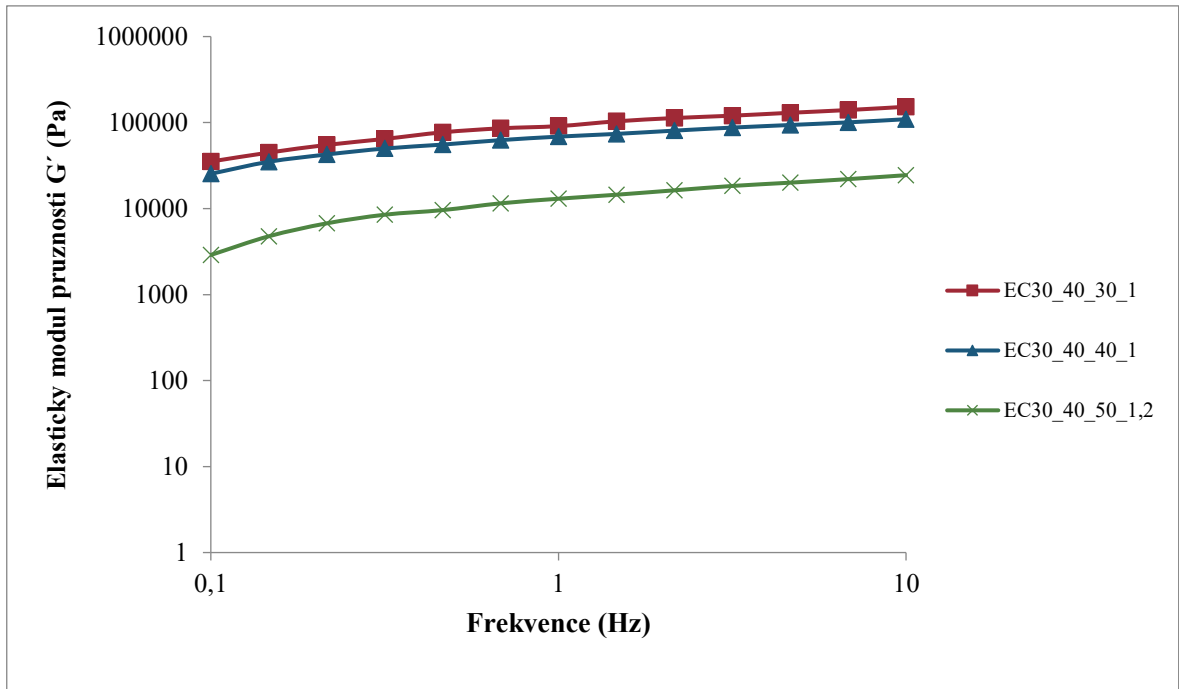
Obrázek 20 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování



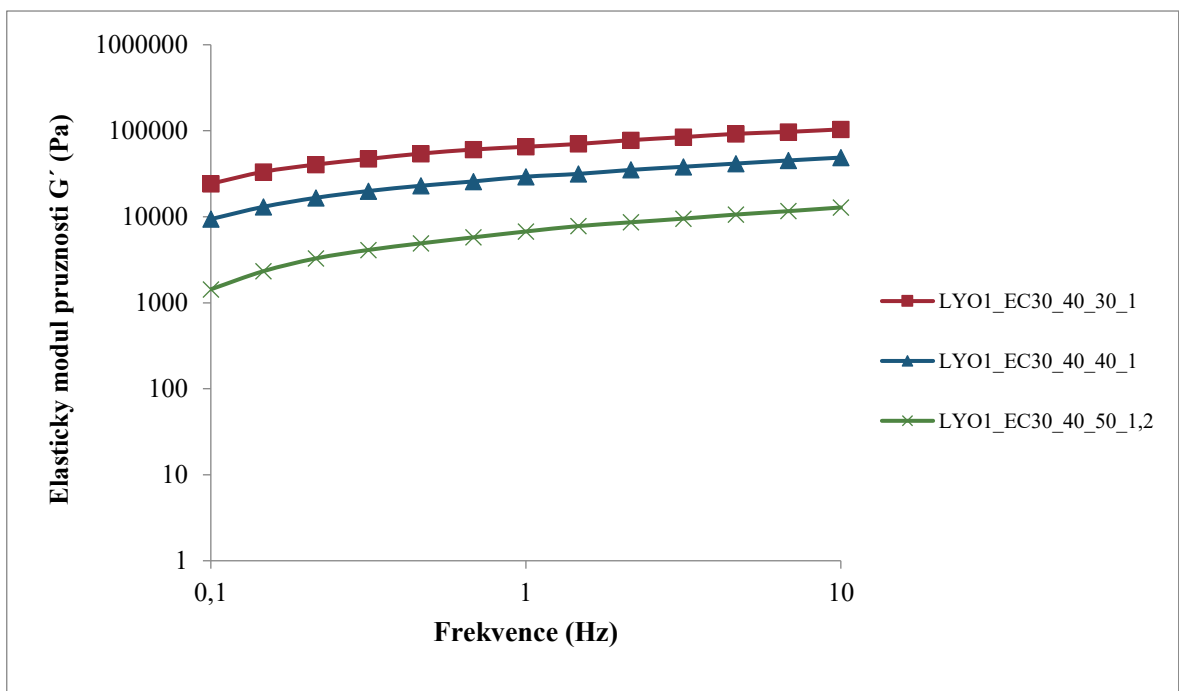
Obrázek 21 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování



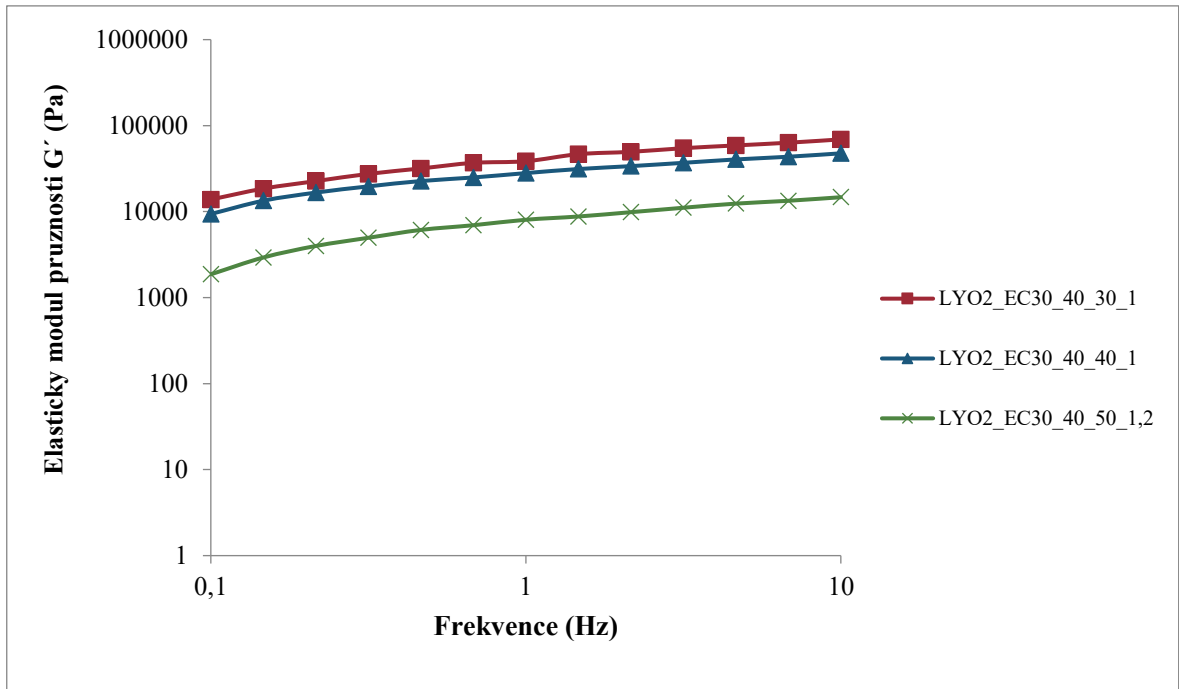
Obrázek 22 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování



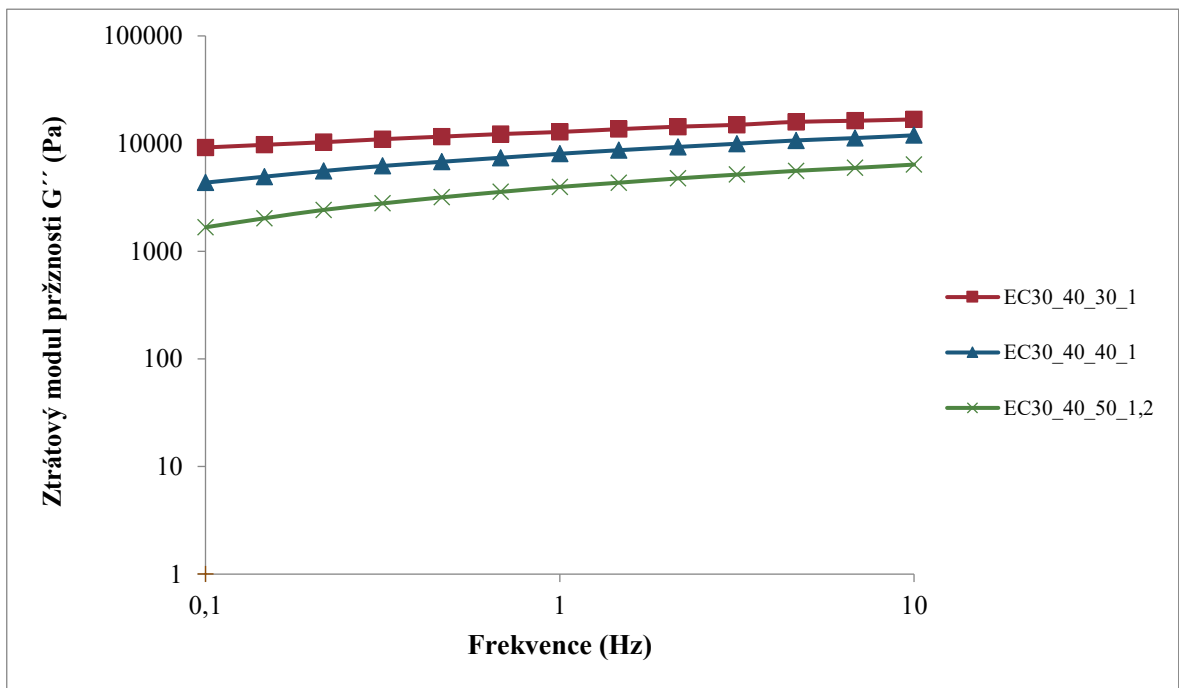
Obrázek 23 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování



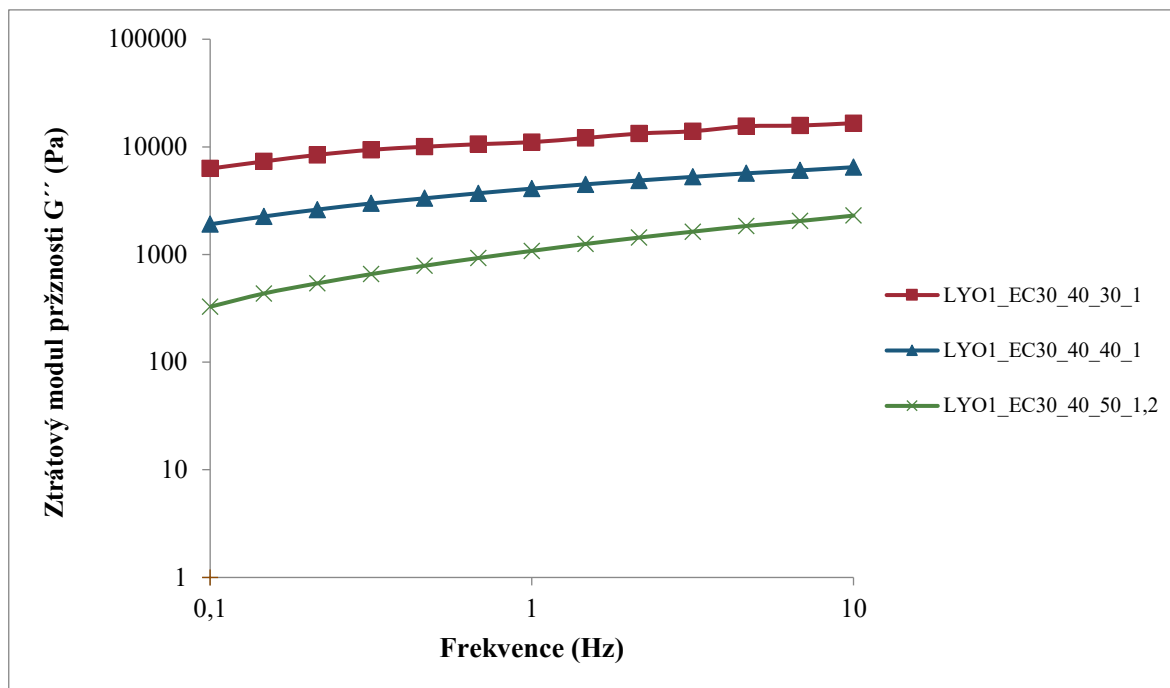
Obrázek 24 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování



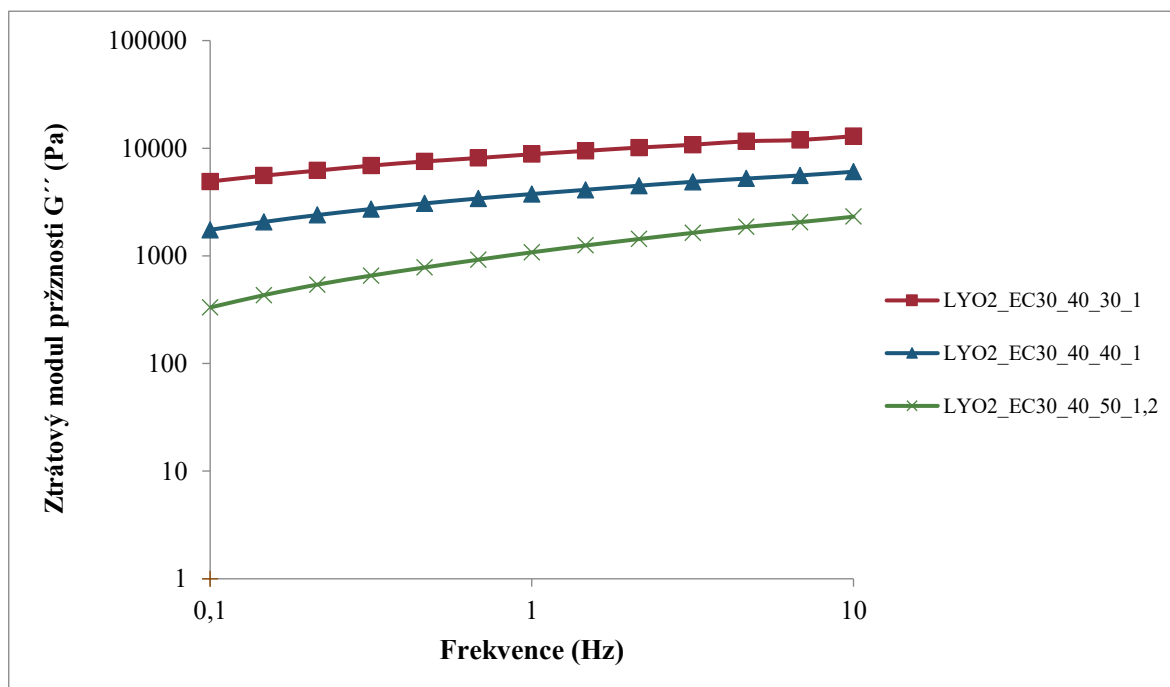
Obrázek 25 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování



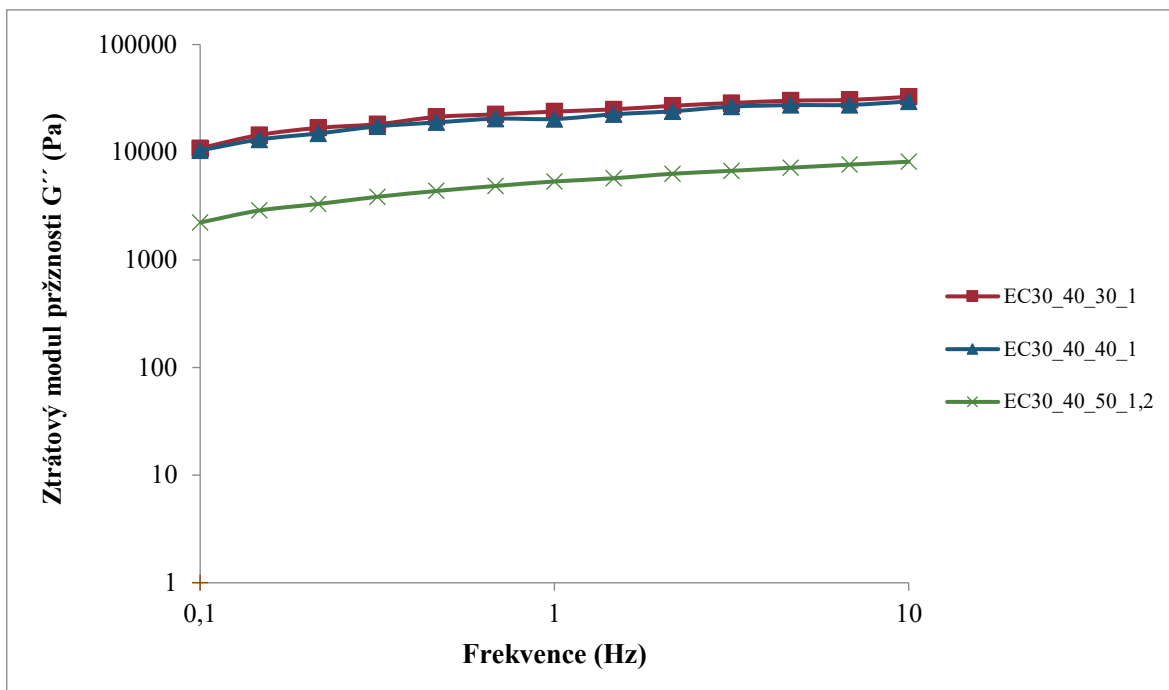
Obrázek 26 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování



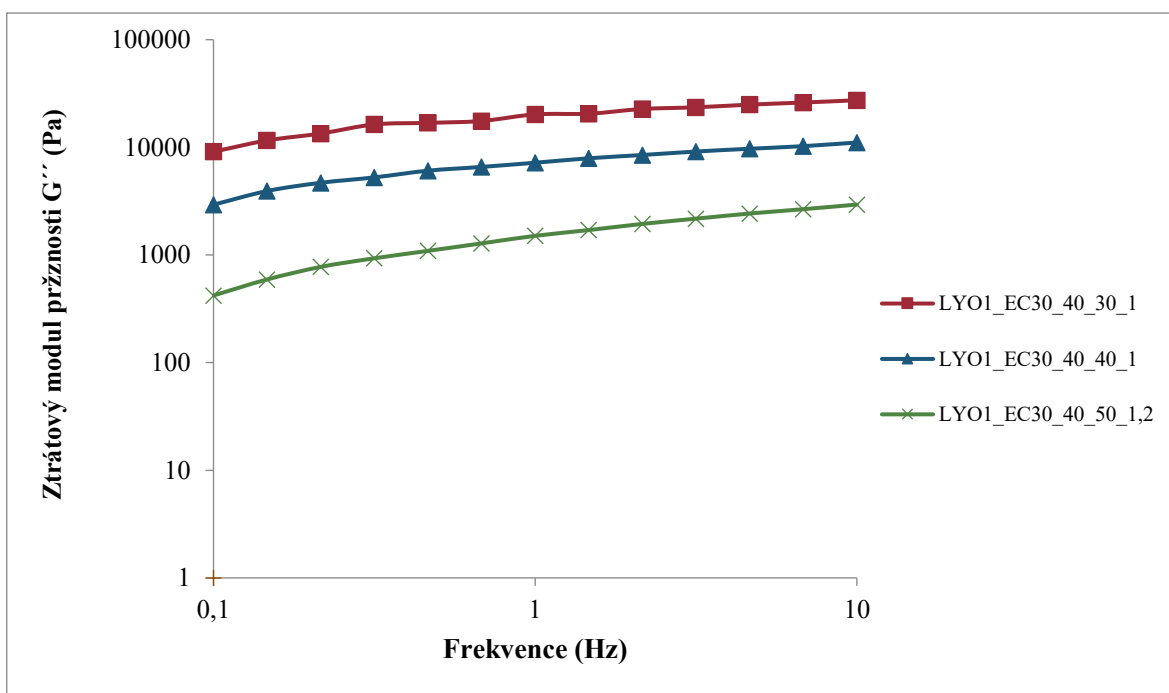
Obrázek 27 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování



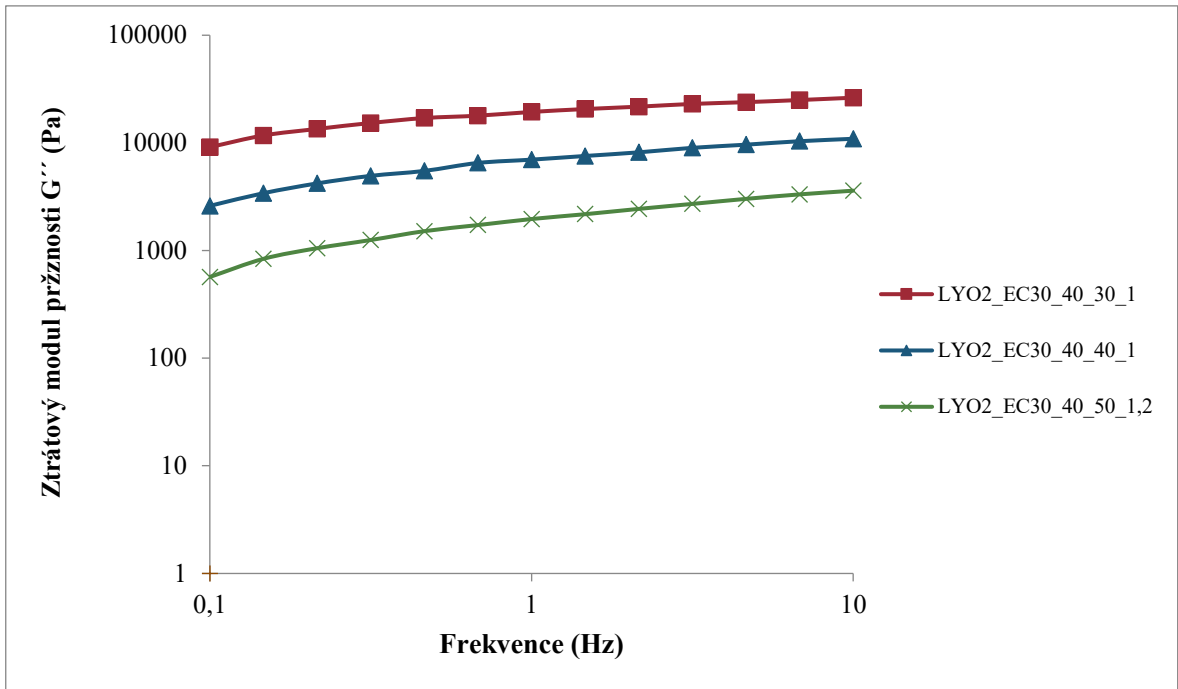
Obrázek 28 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování



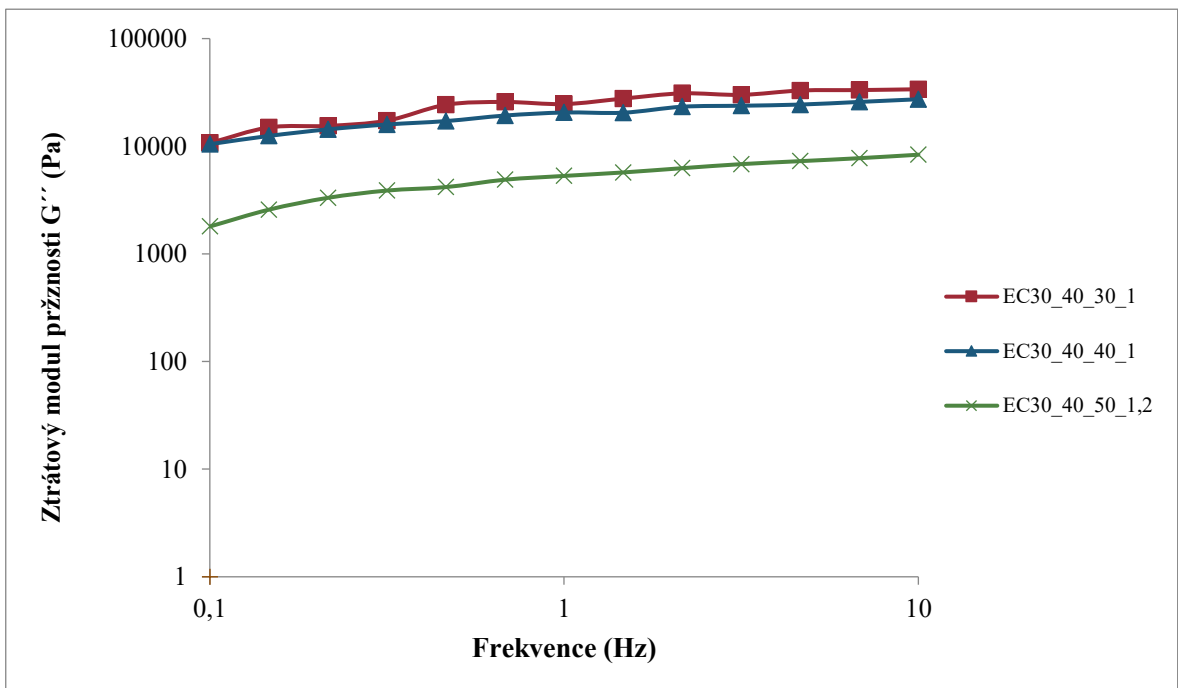
Obrázek 29 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování



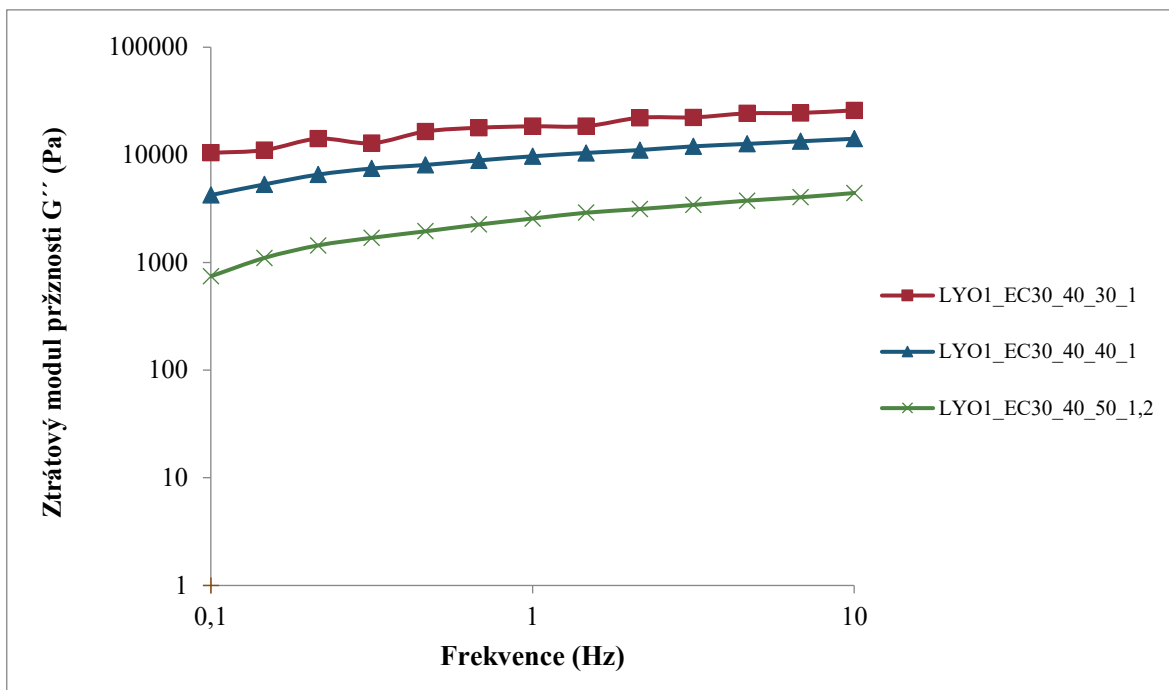
Obrázek 30 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování



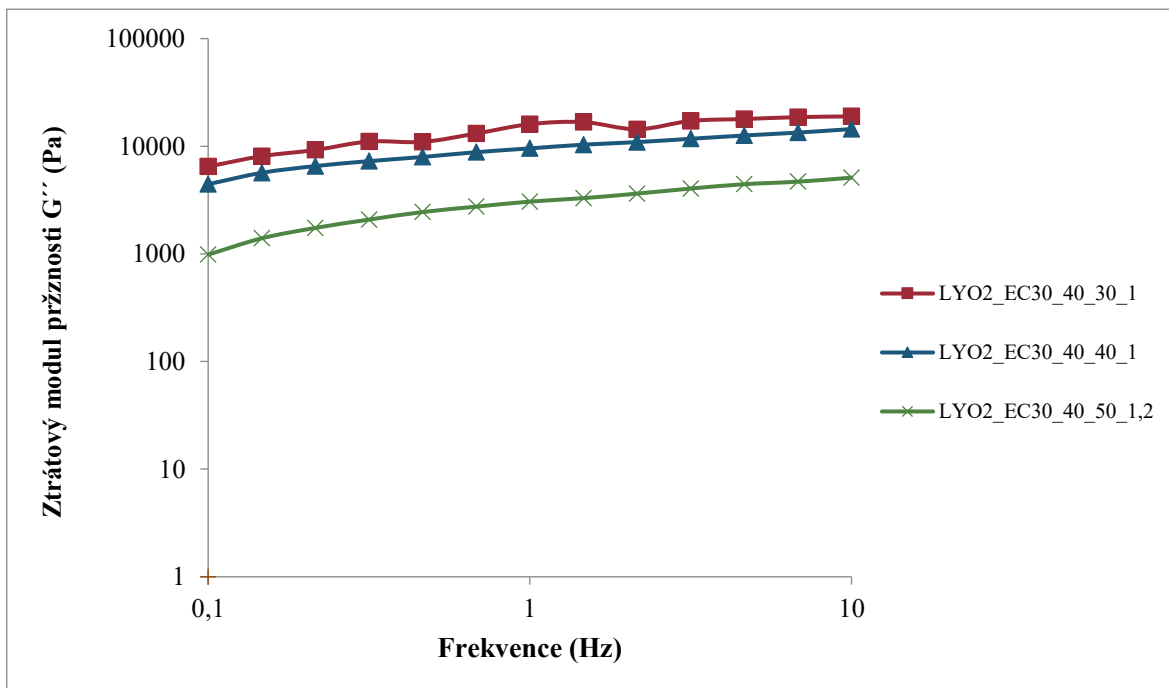
Obrázek 31 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování



Obrázek 32 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování



Obrázek 33 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování



Obrázek 34 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování

7.3.3 Komplexní modul pružnosti

Komplexní modul pružnosti (G^*) představuje celkový odpor vzorku vůči dané deformaci. Pro zcela viskózní látky se hodnota komplexního modulu rovná hodnotě ztrátového modulu (G''). Pro plně elastické látky se hodnota komplexního modulu rovná hodnotě elastického modulu (G') (Solowiej et al., 2020).

Tabulka 13 znázorňuje hodnoty komplexního modulu pružnosti (G^*) modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování při referenční frekvenci 1 Hz. Hodnoty se během 30denního skladování pohybovaly v intervalu 1877,4 Pa až 94172,9 Pa. Nejvyšší hodnota (a tedy největší tuhost) byla naměřena 30. den u vzorku vyrobeného z EC s 30 % (w/w) TVS. Naopak nejnižší hodnota (a tedy nejmenší tuhost) byla naměřena 1. den u vzorku vyrobeného z hrubého sýrového prášku s obsahem TVS 50 % (w/w).

Z výsledků můžeme vidět, že 15. den skladování došlo u všech vzorků k nárůstu G^* , bez ohledu na obsah TVS nebo úpravu použitého sýra. Hodnoty G^* naměřené po 30denním skladování u většiny vzorků dále vzrostly (bez ohledu na obsah TVS nebo úpravu použitého přírodního sýra), což vedlo k výrazně vyšší pevnosti jejich gelu.

Komplexní modul pružnosti se výrazně snižoval se zvyšujícím se obsahem TVS a to u všech vzorků bez ohledu na dobu skladování a úpravu použitého přírodního sýra. Vzorky vyrobené z EC o daném obsahu TVS, měly podstatně vyšší hodnoty G^* , než vzorky vyrobené ze sýrových prášků o téže obsahu TVS, bez ohledu na dobu skladování. Tento trend je v korelaci s výsledky získané u parametru tvrdosti, který byl hodnocen v profilové texturní analýze. Černíková et al. (2017b) uvádí, že zvyšující se síla gelu je pravděpodobně způsobená zvyšujícím se počtem interakcí v daném trojrozměrném systému.

Tabulka 13 Výsledky komplexního modulu pružnosti (G^*) při frekvenci 1 Hz modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování

Vzorky	Den 1	Den 15	Den 30
	G^* [Pa]	G^* [Pa]	G^* [Pa]
EC30 40 30 1	47332,3	86398,5	94172,9
EC30 40 40 1	22142,2	71968,1	71634,7
EC30 40 50 1,2	9158,4	14506,9	14063,2
LYO1 EC30 40 30 1	34921,0	65246,2	67705,8
LYO1 EC30 40 40 1	8991,7	20110,7	30797,6
LYO1 EC30 40 50 1,2	1932,6	3354,0	7213,5
LYO2 EC30 40 30 1	24452,4	63547,9	41755,7
LYO2 EC30 40 40 1	7875,1	18629,1	29634,9
LYO2 EC30 40 50 1,2	1877,4	4925,5	8612,7

Zvýšení hodnot G^* během skladování lze vysvětlit poklesem pH, což je s největší pravděpodobností výsledkem hydrolyzy polyfosfátových tavicích solí, nebo disociací dalších sloučenin přítomných v taveném sýru. Zvýšení hodnot G^* může být také vyvoláno změnami v krystalické formě polymorfního mléčného tuku. Snížení pH může způsobit zvýšení tvrdosti tavených sýrů, když se jako tavicí sůl použije ortofosforečnan disodný, pravděpodobně kvůli snížené elektrostatické odpudivosti (Černíková et al., 2017a; Černíková et al., 2018a; Černíková, et al., 2018b; Kapoor a Metzger, 2008; Lu et al., 2008; Pluta-Kubica et al., 2021; Weiserová et al., 2011).

Komplexní modul byl také závislý na obsahu TVS. Nejnižší G^* byl stanoven ve vzorcích s 50 % (w/w) TVS a s rostoucím obsahem TVS se zvyšoval. Čím nižší obsah TVS, tím tužší byl tavený sýr a vykazoval tvrdší a méně roztíratelnou konzistenci. To lze pravděpodobně připsat zvýšení tukuprosté sušiny a obsahu bílkovin, a tedy posílení proteinové sítě vzorků. Podobný trend popsali Černíková (2017b), Dimitreli a Thomareis (2008), Guinee a O'Callaghan (2013) a Pluta-Kubica (2021). Nicméně, nebyl v nich zkoumán vliv použití sýrového prášku (lyofilizovaného). Přínosem této práce bylo zjištění, že použití sýrového lyofilizovaného prášku namísto klasicky neupraveného přírodního sýru podstatně ovlivnilo výsledné vlastnosti tavených sýrů.

7.3.4 Tangenta úhlu fázového posunu

Tangenta úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) je charakterizována jako míra tuhosti gelu. Pokud je její hodnota větší jak 1, tak mají vzorky více viskózní charakter. Pokud je její hodnota menší jak 1, tak mají vzorky více elastický charakter (Pluta-Kubica et al., 2021).

Tabulka 14 znázorňuje hodnoty tangenty úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování při referenční frekvenci 1 Hz. Hodnoty se během 30denního skladování pohybovaly v intervalu 0,271 až 0,702. Nejnížší hodnota (a tedy největší elasticita) byla naměřena 30. den u vzorku vyrobeného z EC s 30 % (w/w) TVS. Naopak, nejvyšší hodnota (a tedy největší viskozita) byla naměřena 1. den u vzorku vyrobeného z hrubého sýrového prášku s obsahem TVS 50 % (w/w).

Co se týče vlivu skladování na vývoj viskoelastických vlastností modelových vzorků, tak z výsledků můžeme vidět u většiny vzorků trend zvyšující se elasticity v průběhu času, bez ohledu na obsah TVS nebo úpravu použitého sýra.

Se zvyšujícím se obsahem TVS vykazovala většina vzorků (bez ohledu na dobu skladování a úpravu použitého přírodního sýra) více viskóznější charakter. Toto chování se nepotvrdilo pouze u vzorku hodnoceného 30. den vyrobeného z EC s obsahem TVS 30 % (w/w). Zde se mohlo pravděpodobně jednat o chybu měření.

Vzorky vyrobené z EC o daném obsahu TVS vykazovaly elasticitější charakter než vzorky o témže obsahu TVS vyrobené ze sýrových prášků. Ty projevovaly více viskóznější charakter. Toto chování se nepotvrdilo pouze u vzorku hodnoceného 30. den vyrobeného z EC s obsahem TVS 30 % (w/w). Zde se mohlo pravděpodobně jednat o chybu měření.

Výsledky tangenty fázového posunu jsou v korelaci s výsledky komplexního modulu pružnosti. Můžeme tedy říci, že obsah TVS, úprava přírodního sýra a délka skladování ovlivnily viskoelastické vlastnosti vzorků tavených sýrů. Jelikož všechny hodnoty $\tan \delta$ byly u všech vzorků menší jak 1, lze konstatovat, že se všechny vzorky při dané frekvenci vykazovaly chování podobné pevné látce (Lee et al., 2015).

Tabulka 14 Výsledky tangenty úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) při frekvenci 1 Hz modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování

Vzorky	Den 1	Den 15	Den 30
	$\tan \delta$	$\tan \delta$	$\tan \delta$
EC30 40 30 1	0,281	0,287	0,271
EC30 40 40 1	0,389	0,295	0,300
EC30 40 50 1,2	0,491	0,475	0,445
LYO1 EC30 40 30 1	0,334	0,326	0,283
LYO1 EC30 40 40 1	0,511	0,383	0,332
LYO1 EC30 40 50 1,2	0,678	0,618	0,395
LYO2 EC30 40 30 1	0,385	0,320	0,416
LYO2 EC30 40 40 1	0,542	0,404	0,340
LYO2 EC30 40 50 1,2	0,702	0,468	0,403

ZÁVĚR

Cílem práce bylo prozkoumat viskoelastické vlastnosti modelových vzorků tavených sýrů vyrobených ze sýrového prášku v porovnání se vzorky vyrobenými z neupraveného přírodního sýra v průběhu 30denního skladování (při 6 ± 2 °C). Obě skupiny byly porovnávány také s ohledem na různý obsah tuku v sušině [30 % (w/w), 40 % (w/w), 50 % (w/w)]. Skupiny sýrového prášku byly dvě (jemný a hrubý), ale jelikož vykazovaly podobné vlastnosti, tak jsou dále vyhodnoceny hromadně.

Obecně lze ze získaných výsledků shrnout, že použití sýrového prášku, obsah tuku v sušině i délka skladování měly vliv na viskoelastické vlastnosti modelových vzorků tavených sýrů. Se zvyšující se dobou skladování vzorků bylo pozorováno zvýšení tvrdosti (a také žvýkatelnosti a gumovitosti). Relativní lepivost se naopak snižovala. Se zvyšujícím se obsahem tuku v sušině se tvrdost (žvýkatelnost a gumovitost) vzorku snižovala a lepivost zvyšovala. U vzorků vyrobených ze sýrového prášku byla pozorována menší tvrdost (žvýkatelnost a gumovitost) a větší lepivost než u vzorků vyrobených z neupraveného přírodního sýra. Výsledky získané profilovou texturní analýzou byly analogické s výsledky dynamické oscilační reometrie. Komplexní viskozita se snižovala se zvyšujícím se obsahem TVS, zvyšovala s délkou skladování a byla vyšší u vzorků vyrobených z přírodního sýra než ze sýrového prášku. Komplexní modul pružnosti (G^*) se s dobou skladování zvyšoval a $\tan \delta$ snižoval. Nižší G^* a vyšší $\tan \delta$ byly pozorovány se zvyšujícím se obsahem TVS. Také vzorky vyrobené ze sýrového prášku měly nižší G^* a vyšší $\tan \delta$, než vzorky vyrobené z neupraveného přírodního sýra.

Vlivy obsahu tuku v sušině a délky skladování na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů již byly v minulosti mnohokrát popsány a trend výsledků se dal předpokládat. Nebyl ovšem zkoumán vliv práškových mléčných ingrediencí (v našem případě sýrového prášku) na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů. Výsledky tohoto experimentu přinesly tudíž nové poznatky, které nebyly dosud publikovány, kdy s použitím sýrového prášku získáme výrobky menší tvrdosti a tuhosti než při použití neupraveného přírodního sýra.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ALVAREZ, V. B., 2016. Sensory Evaluation of Milk and Milk Products. In: Chandan. R. C. *Dairy Processing and Quality Assurance*. 2. ed. John Wiley & Sons. [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011NC0K1/dairy-processing-quality/sensory-ev-introduction>.
2. ANONYM 1, 2011. Tavené sýry měly významné výročí [online]. [cit. 2020-11-13]. Dostupné z: <http://laktoscollection.cz/view.php?nazev=tavene-syry-mely-vyznamne-vyroci&cislocclanku=2011110001>.
3. ANONYM 2, 2016. Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů (na obyvatele za rok) v ČR v letech 2007 – 2016. In: *Český statistický úřad České republiky* [online]. [cit. 2020-11-13]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/45565376/2701391701.pdf/0ac2fb94-6722-4b36-92c8-5d047f0953c7?version=1.0>.
4. ANONYM 3, 2020. Food and Drugs Administration. Code of Federal Regulations: 21 Part 133 Cheese and Related Cheese Products. Washington, DC: *Department of Health and Human Services*. [online]. [cit. 2020-11-13]. Dostupné z: https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=cd3b7ce09739b2f9a9f152258d3802ef&mc=true&node=pt21.2.133&rgn=div5#se21.2.133_1169.
5. ANONYM 4, 1978. *Codex General Standard for process(ed) cheese and spreadable process(ed) cheese*. [online]. [cit. 2020-11-13]. Dostupné z: https://dairyconsultant.co.uk/pdf/codex_specification_spreadable_processed_cheese.pdf.
6. ANONYM 5, 2019. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 274/2019, o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění. In: *Sbírka zákonů České republiky*. [online]. [cit. 2020-11-13]. Dostupné z: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cze192360.pdf>.
7. ANONYM 6, 2008. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008, o potravinářských přídatných látkách, v platném znění. In:

- Úřední věstník Evropské unie*. [online]. [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32008R1333>.
8. ANONYM 7, 2004. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu, v platném znění. In: *Úřední věstník Evropské unie*. [online]. [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:02004R0853-20190101>.
 9. ANONYM 8, 2017. Chemické látky v potravinách. Přidatné látky (aditiva). *Státní zemědělská a potravinářská inspekce*. [online]. [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: <https://www.szpi.gov.cz/clanek/pridatne-latky-aditiva.aspx>.
 10. ANONYM 9, 1999. Zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. [online]. [cit. 2020-11-23]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1999-166>.
 11. ANONYM 10, 2004. ISO Standard No. 5534: Cheese and processed cheese– Determination of the total solids content (reference method). International Organization for Standardization, Geneva.
 12. ANONYM 11, 2008b. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1334/2008 ze dne 16. prosince 2008 o látkách určených k aromatizaci a některých složkách potravin vyznačujících se aromatem pro použití v potravinách nebo na jejich povrchu a o změně nařízení Rady (EHS) č. 1601/91, nařízení (ES) č. 2232/96 a č. 110/2008 a směrnice 2000/13/ES. In: *Úřední věstník Evropské unie*. [online]. [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32008R1334&qid=1616758584767>.
 13. AWAD, R. A. et al., 2002. Texture and microstructure of block type processed cheese with formulated emulsifying salt mixtures. *LWT – Food Science and Technology*. Vol. 35. s. 54-61.
 14. BACHMANN, H. -P. et al., 2011. Cheese | Swiss-Type Cheeses. *Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition)*. Ed.: John W. Fuquay. ISBN 9780123744074. s. 712-720.

15. BAYARRI, S. et al., 2012. Viscoelasticity and texture of spreadable cheese with different fat contents at refrigeration and room temperatures. *Journal of Dairy Science*. Vol. 95 s. 6926–6936.
16. BOURNE, M. C., 2002. Chapter 4 - Principles of Objective Texture Measurement. In: Food Science and Technology. *Food Texture and Viscosity (Second Edition)*. Ed.: Malcolm C. Bourne. ISBN 9780121190620. s. 107-188.
17. BRUMMEL, S. E., K. LEE, 2006. Soluble Hydrocolloids Enable Fat Reduction in Process Cheese Spreads. *Journal of Food Science*. Vol. 55(5). s. 1290-1292.
18. BUŇKA, F., L. BUŇKOVÁ, 2009. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská revue*, č. 1, s. 13-16.
19. BUŇKA, F., M. ČERNÍKOVÁ, K. HLADKÁ, L. BUŇKOVÁ, 2010. Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářská revue*, č. 6, s. 29-32.
20. BUŇKA, F., J. KOPÁČEK, 2012. Mýty o tavených sýrech a jak proti nim argumentovat. *Potravinářská revue*, č. 1, s. 28-31.
21. BUŇKA, F. et al., 2012. The effect of different ternary mixtures of sodium phosphates on hardness of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology*. Vol. 47. s. 2063-2071.
22. BUŇKA, F., 2013a. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 9788074542541. 258 s.
23. BUŇKA, F. et al., 2013b. The effect of ternary emulsifying salt composition and cheese maturity on the textural properties of processed cheese. *International Dairy Journal*. vol. 29. Issue 1. s. 1-7.
24. BUŇKA, F. et al., 2014. The effect of concentration and composition of ternary emulsifying salts on the textural properties of processed cheese spreads. *LWT – Food Science and Technology*. vol. 58. Issue 1. s. 247-255.
25. BUŇKA, F., 2017. *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. Vědecké spisy Vysokého učení technického v Brně. Habilitační a inaugurační spisy, sv. 558. ISBN 978-80-214-5460-6.

26. ČARIC, M. et al., 1985. Effects of Emulsifying Agents on the Microstructure and Other Characteristics of Process Cheese – A Review. *Food Structure*. vol. 4: No. 2, Article 13. s. 297-312.
27. ČARIC, M., KALÁB, M., 1997. Processed cheese products. In: Fox, P. F. (ed). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. vol. 2. Major Cheese Groups, 2. ed. Elsevier Applied Science, London and UK, 467-505.
28. CIPRYSOVÁ, Z. et al., 2011. Texturní vlastnosti analogů tavených sýrů v závislosti na druhu použitého tuku s různým zastoupením mastných kyselin. *Mlékařské listy*. č. 129. [online]. [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2011/129_s_i-ii.pdf.
29. CUNHA, C. R. et al., 2013. Effect of the type of fat on rheology, functional properties and sensory acceptance of spreadable cheese analogue. *Inter. J. Dairy Technol.* Vol. 66. s. 54-62.
30. ČERNÍKOVÁ, M. et al., 2010. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*. vol. 20. s. 336-343.
31. ČERNÍKOVÁ, M. et al., 2017a. The effect of selected processing parameters on viscoelastic properties of model processed cheese spreads. *International Dairy Journal*. vol. 66. s. 84-90.
32. ČERNÍKOVÁ, M. et al., 2017b. Microstructure and textural and viscoelastic properties of model processed cheese with different dry matter and fat in dry matter content. *Journal of Dairy Science*. vol. 100. Issue 6. s. 4300-4307.
33. ČERNÍKOVÁ, M. et al. 2018a. The effect of rework content addition on the microstructure and viscoelastic properties of processed cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 101. Issue 4. s. 2956-2962.
34. ČERNÍKOVÁ, M. et al. 2018b. The effect of different agitations and temperature maintainings on viscoelastic properties of full-fat processed cheese spreads. *LWT*. Vol. 89. s. 244-247.
35. DICKINSON, E., 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*. vol. 17. Issue 1. 25-39.

36. DIMITRELI, G., A. S. THOMAREIS, 2004. Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*. Vol. 64. s. 265-271.
37. DIMITRELI, G., A. S. THOMAREIS, 2008. Effect of chemical composition on the linear viscoelastic properties of spreadable-type processed cheese. *Journal of Food Engineering*. Vol. 84. s. 368-374.
38. DIMITRELI, G., A. S. THOMAREIS, 2009. Instrumental textural and viscoelastic properties of processed cheese as affected by emulsifying salts and in relation to its apparent viscosity. *International Journal of Food Properties*. Vol. 12. s. 261-275.
39. DÜSTERHÖFT, E. M., W. ENGELS, G. VAN DEN BERG, 2016. Cheese: Dutch-Type Cheeses. *Reference Module in Food Science*. Elsevier. ISBN 9780081005965.
40. FOROUTAN, A. et al., 2019. Chemical Composition of Commercial Cow's Milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 4897-4914. [online]. [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.jafc.9b00204>.
41. FOX, P. F. et al., 1996. Cheese: Physical, Biochemical, and Nutritional Aspects. *Advances in Food and Nutrition Research*. vol. 39. s. 163-328. ISSN 9780120164394.
42. FOX, P. F., P. MCSWEENEY, 2004. Cheese: chemistry, physics and microbiology. 3rd ed. Ed. P. Fox. ISBN. 012263653X. s. 434.
43. FOX, P. F., 2011. Lactose and Oligosaccharides. Lactose: Chemistry, Properties. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2. ed. s. 173-181.
44. FOX, P. F., P. MCSWEENEY, 2017. Cheese: An Overview. Cheese – Chemistry, Physics & Microbiology. 4. ed. Elsevier. [online]. [cit. 2020-11-23]. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00CX8SL9/cheese-chemistry-physics/cheese-an-overview>.
45. FRÖHLICH-WYDER, M-T. et al., 2017. Chapter 35 - Cheeses With Propionic Acid Fermentation. *Cheese (Fourth Edition)*. Ed.: Paul L.H. McSweeney, Patrick F. Fox, Paul D. Cotter, David W. Everett. ISBN 9780124170124. s. 889-910.
46. GABRIELE, D. et al., 2001. A weak gel model for foods. *Rheol Acta*. vol. 40. s. 120-127.

47. GLIBOWSKI, P. et al., 2008. The rheological and instrumental textural properties of selected table fats. *International Journal of Food Properties*. Vol. 11. s. 678-686.
48. GOUDA, A., A. ABOU EL-NOUR, 2003. Processed Cheese. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2. ed. Elsevier. ISBN 9780122270550. s. 1108-1115.
49. GUINEE, T. P., M. CARIĆ, M. KALÁB, 2004. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. In: Fox, P. F. (ed). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. vol. 2. ISBN 9780122636530. s. 349-394.
50. GUINEE, T. P., 2011. Pasteurized Processed Cheese Products. *Encyclopedia of Dairy Sciences (second Edition)*. ISBN 9780123744074. s. 805-813.
51. GUINEE, T. P., D. J. O'CALLAGHAN, 2013. Effect of increasing the protein-in-water ratio and reducing fat content on the chemical and physical properties of processed cheese product. *J. Dairy Sci.* Vol. 96. s. 6830-6839.
52. HLADKÁ, K. et al., 2011. Pevnost tavených sýrů vyrobených bez tradičních tavicích solí. *Mlékařské listy*. č. 126.
53. HLADKÁ, K. et al., 2014. The effect of cheese maturity on selected properties of processed cheese without traditional emulsifying agents. *LWT – Food Science and Technology*. vol. 55. Issue 2. s. 650-656.
54. HORNE, D. S., 2017. 14 – Characteristics of Milk. In: Damodaran (ed). *Fennema's Food Chemistry*, 5. ed. CRC Press. [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011MF8Q1/fennemas-food-chemistry/characteristics-milk>.
55. CHANDAN, R. C., 2016. *Dairy Processing and Quality Assurance: An Overview* 2. ed. John Wiley & Sons. [online]. [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011NBHZZ/dairy-processing-quality/introduction>.
56. JANŠTOVÁ, B. et al., 2012. *Technologie mléka a mléčných výrobků*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-637-7. s. 141.
57. JEŽEK, F., A. SALÁKOVÁ, 2012. *Senzorická analýza potravin*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. Fakulta veterinární hygieny a ekologie. s. 125. [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: https://fvhe.vfu.cz/files/skripta-senzorika_2012.pdf.

58. KADLEC, P. et al., 2002. *Technologie potravin II*. 1 vyd. Praha: VŠCHT. ISBN 80-7080-510-2. s. 236.
59. KAILASAPATHY, K., 2016. Chemical Composition, Physical and Functional Properties of Milk and Milk Ingredients. In: Chandan R. C. *Dairy Processing and Quality Assurance*. 2. ed. 4.1.3. *Milk and Public Health*. John Wiley & Sons. [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011NBL91/dairy-processing-quality/milk-public-health>.
60. KALIAPPAN, S., LUCEY, J. A., 2011. Influence of mixtures of calcium chelating salts on the physicochemical properties of casein micelles. *Journal of Dairy Science*. Vol. 94. s. 4255-4263.
61. KAPOOR, R., L. E. METZGER, 2008. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects – A Review. *Comprehensive Reviews in Food Safety*, č. 7. ISSN 1541-4337. s. 194-214.
62. KARAHADIAN, C., R. C. LINDSAY, 1984. Flavor and Textural Properties of Reduced-Sodium Process American Cheeses. *Journal of Dairy Science*. vol. 67, Issue 9. s. 1892-1904.
63. KOPÁČEK, J., L. LIKLER, 2010. Tavené sýry – švýcarský vynález, ale tak trochu český fenomén. *Potravinářská revue*, č. 6, s. 33-35.
64. KWAK, H. S. et al., 2002. Casein Hydrolysate Fractions Act as Emulsifiers in Process Cheese. *Journal of Food Science*. Vol 67. no. 2. ISSN. 0022-1147. s. 821-825.
65. LEE, S. K., H. KLOSTERMEYER, 2001. The effect of pH on the rheological properties of reduced-fat model processed cheese spreads. *LWT – Food Science and Technology*. vol. 34. s. 288-292.
66. LEE, S. K. et al., 2003. Changes in the rheology and microstructure of processed cheese during cooking. *LWT – Food Science and Technology*. vol. 36. Issue 3. s. 339-345.
67. LEE, S. K. et al., 2015. Effect of fat and protein-in-water concentrations on the properties of model processed cheese. *International Dairy Journal*. Vol. 50. s. 15-23.

68. MARCHESSEAU, S. et al., 1997. Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science*. vol. 80, s. 1483-1489.
69. MAURER, A., 2012. 100 let tavených sýrů = 100 let tavicích solí. *Potravinářská revue*, č. 1, s 25-27.
70. MCMAHON, D. J., M. BRYM, 2016. Cheese. In: Chardan R. C. (ed). *Dairy Processing and Quality Assurance*, 2. ed. John Wiley & Sons. [online]. [cit. 2020-11-24]. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011NBTW4/dairy-processing-quality/milk-receival>.
71. MCSWEENEY, P. L. H., 2007. Dutch-type cheeses. *Wood head Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Cheese Problems Solved*. Wood head Publishing. ISBN 9781845690601. s. 230-245.
72. MIZUNO, R., J. A. LUCEY, 2005. Effects of Emulsifying Salts on the Turbidity and Calcium-Phosphate – Protein Interactions in Casein Micelles. *J. Dairy Sci*. Vol. 88. s. 3070-3078.
73. MIZUNO, R., J. A. LUCEY, 2007. Properties of milk protein gels formed by phosphates. *J. Dairy Sci*. Vol. 90. s. 4524-4531.
74. NAGYOVÁ, G. et al., 2012. Vliv délky fosforečnanového řetězce na texturní vlastnosti tavených sýrů. *Mlékařské listy*. č. 133. [Online]. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2012/133_s_iv-vi.pdf.
75. NAGYOVÁ, G. et al., 2014. Usage of sodium polyphosphates with different linear length in the production of spreadable processed cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 97. s. 111-122.
76. PECHOVÁ, V. et al., 2017. Texturní analýza jako moderní přístup k hodnocení lékových forem a zdravotnických prostředků. *Chemické listy*. č. 111. s. 622-627.
77. PISKA, I., J. 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*. vol. 61. Issue 4. s. 551-555.
78. PLUTA-KUBICA, A. et al., 2021. Influence of the melt holding time on fat droplet size and the viscoelastic properties of model spreadable processed cheeses with

- different compositions. *International Dairy Journal*. vol. 113. 104880. ISSN. 0958-6946.
79. SÁDLÍKOVÁ, I. et al., 2010. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese. *LWT – Food Science and Technology*. vol. 43 s. 1220-1225.
80. SALEK, R. N. et al., 2015. The effect of composition of ternary mixtures containing phosphate and citrate emulsifying salts on selected textural properties of spreadable processed cheese. *International Dairy Journal*. Vol. 44. s. 37-43.
81. SALEK, R. N. et al., 2016. The effect of different composition of ternary mixtures of emulsifying salts on the consistency of processed cheese spreads manufactured from Swiss-type cheese with different degrees of maturity. Vol. 99. Issue 5. s. 3274-3287.
82. SALEK, R. N. et al., 2017a. Tvrdost tavených sýrů vyrobených z různých druhů přírodních sýrů. *Mlékařské listy*. č. 162. vol. 28. No. 3.
83. SALEK, R. N. et al., 2017b. Properties of spreadable processed Mozzarella cheese with divergent compositions of emulsifying salts in relation to the applied cheese storage period. *LWT – Food Science and Technology*. Vol. 77. s. 30-38.
84. SALEK, R. N. et al., 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*. vol. 107. ISSN 0023-6438. s. 178-184.
85. SALEK, R. N. et al., 2020a. The impact of Cheddar or white brined cheese with various maturity degrees on the processed cheese consistency: A comparative study. *International Dairy Journal*. Vol. 111. 104816.
86. SALEK, R. N. et al., 2020b. The impact of Chios mastic gum on textural, rheological and melting properties of spread-type processed cheese during storage. *International Dairy Journal*. vol. 109. 104755. ISSN 0958-6946.
87. SCHÄFFER, B. et al., 2001. Processed cheeses made with and without peptization. Submicroscopic structure and thermodynamic characteristics (Conference Paper). *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. vol. 64. Issue 2. s. 671-679.
88. SCHUCK, P., 2011. Lactose and Oligosaccharides. Lactose: Crystallization. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2. ed. s. 182-195.

89. SHIRASHOJI, N. et al., 2006. Effect of trisodium citrate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 89. s. 15-28.
90. SHIRASHOJI, N., J. J. JAEGGI, J. A. LUCEY, 2010. Effect of sodium hexametaphosphate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 93. s. 2827-2837.
91. SOLOWIEJ, B. G. Et al., 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*. Vol. 105. 104694. ISSN 0958-6946.
92. SWENSON, B. J. et al., 2006. Effects of Ingredients on the Functionality of Fat-free Process Cheese Spreads. *Journal of Food Science*. vol. 65, Issue 5. s. 822-825.
93. ŠUSTOVÁ, K., V. SÝKORA, 2013. *Mlékárenské technologie*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova univerzita, ISBN 978-80-7375-704-5. s. 223.
94. ŠUSTOVÁ, K., 2015. *Mlékárenské technologie (návody do cvičení)*. Mendelova Univerzita v Brně. Agronomická fakulta. ISBN 978-80-7509-248-9. s. 123.
95. TAMIME, A. Y., 2011. *Processed Cheese and Analogues*. John Wiley & Sons. [Online]. [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011NCR51/processed-cheese-analogues/historical-background>.
96. WEISEROVÁ, E. et al., 2011. The effect of combination of sodium phosphates in Binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. *International Dairy Journal*. vol. 21, Issue 12. s. 979-986.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AMK	aminokyselina
apod.	a podobně
Ca ²⁺	kationt vápníku
CaCl ₂	chlorid vápenatý
CFR	Code of Federal Regulations
DM	dry matter content
DSP	monohydrogenfosforečnan sodný
EB	Edam block
EC	eidamská cihla
EC_30	eidamská cihla s obsahem 30 % (hmotnostních) tuku v sušině
ES	Evropský parlament a Rada
FAO	Organizace pro výživu a zemědělství
FDA	Úřad pro kontrolu potravin a léčiv
FDM	fat content in the dry matter
G'	elastický modul pružnosti
G''	ztrátový modul pružnosti
G*	komplexní modul pružnosti
KNO ₃	dusičnan draselný
LYO1	jemný lyofilizovaný sýrový prášek
LYO2	hrubý lyofilizovaný sýrový prášek
LYO1_EC30	jemný sýrový prášek vyrobený z EC30
LYO2_EC30	hrubý sýrový prášek vyrobený z EC30
MSP	dihydrogenfosforečnan sodný
Na ⁺	kationt sodíku
NaCl	chlorid sodný
NaH ₂ PO ₄	dihydrogenfosforečnan sodný
Na ₂ HPO ₄	monohydrogenfosforečnan sodný
Na ₂ H ₂ P ₂ O ₇	dihydrogendifosforečnan sodný
Na ₃ HP ₂ O ₇	monohydrogendifosforečnan sodný

$(\text{NaPO}_3)_n$	polyfosforečnan sodný
Na_3PO_4	fosforečnan sodný
$\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$	cyklo-trifosforečnan trisodný
$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	difosforečnan tetrasodný
$\text{Na}_4\text{P}_4\text{O}_{12}$	cyklo-tetrafosforečnan trisodný
$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	trifosforečnan sodný
ot./min.	otáček za minutu
např.	například
nereg.	neregistrováno
PCP	processed cheese products
$(\text{PO}_4)^{3-}$	aniont kyseliny trihydrogenfosforečné
P_2O_5	oxid fosforečný
POLY69	sodná sůl polyfosforečnanu
resp.	respektive
TSPP	difosforečnan tetrasodný
TS	tavený sýr
TVS	tuk v sušině
tzv.	tak zvaný
WHO	Světová zdravotnická organizace

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Hlavní kroky výrobního schématu sýrů pomocí sladkého srážení (Upraveno podle Fox a McSweeney, 2004; Šustová a Sýkora, 2013)	22
Obrázek 2 Chemická reakce výměny iontů sodíku za ionty vápníku při tavení přírodních sýrů (A – anion tavicí soli, SER – serinové zbytky) (Upraveno podle Buňka, 2017; Carić a Kaláb, 1997).....	29
Obrázek 3 Schéma technologického postupu výroby tavených sýrů (Upraveno podle Tamime, 2011).....	33
Obrázek 4 Schéma procesu krémování a změna struktur proteinové matrice (Upraveno podle Lee et al., 2003)	36
Obrázek 5 Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z chlazené Eidamské cihly v závislosti na obsahu TVS a délce skladování (30 dní)	53
Obrázek 6 Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z jemného sýrového prášku v závislosti na obsahu TVS a délce skladování (30 dní).....	54
Obrázek 7 Tvrdost modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z hrubého sýrového prášku v závislosti na obsahu TVS a délce skladování (30 dní).....	54
Obrázek 8 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování	62
Obrázek 9 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování	63
Obrázek 10 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování.....	63
Obrázek 11 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování.....	64
Obrázek 12 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování	64
Obrázek 13 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování	65

Obrázek 14 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování.....	65
Obrázek 15 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování	66
Obrázek 16 Závislost viskozity na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování	66
Obrázek 17 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování	68
Obrázek 18 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování	68
Obrázek 19 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování	69
Obrázek 20 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování.....	69
Obrázek 21 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování	70
Obrázek 22 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování	70
Obrázek 23 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování.....	71
Obrázek 24 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování	71
Obrázek 25 Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování	72

Obrázek 26 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování	72
Obrázek 27 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování	73
Obrázek 28 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 1 dni skladování	73
Obrázek 29 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování.....	74
Obrázek 30 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování	74
Obrázek 31 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 15 dnech skladování	75
Obrázek 32 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z EC s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování.....	75
Obrázek 33 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z jemného sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování	76
Obrázek 34 Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky vyrobené z hrubého sýrového prášku s různým obsahem TVS [30 %, 40 %, 50 % (w/w)] po 30 dnech skladování	76

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Přehled povolených složek jiných než sýry v tavených sýrech a tavených mléčných výrobcích (upraveno podle Anonym 5, 2019)	13
Tabulka 2 Výživové hodnoty tavených sýrů a jiných mléčných potravin (Upraveno podle Mauer, 2012).....	26
Tabulka 3 Přehled fosforečnanů používaných jako tavicí soli při výrobě tavených sýrů (upraveno podle Buňka a Buňková, 2009; Guinee et al., 2004).....	31
Tabulka 4 Přehled vyrobených vzorků a jejich značení	45
Tabulka 5 Formulace pro výrobu modelových vzorků tavených sýrů	45
Tabulka 6 Výsledky obsahu sušiny vzorků tavených sýrů v průběhu 30denního skladování	50
Tabulka 7 Výsledky hodnot pH vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování (30 dní).....	51
Tabulka 8 Výsledky relativní lepivosti modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování (30 dní).....	56
Tabulka 9 Výsledky elasticity modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování (30 dní)	57
Tabulka 10 Výsledky kohezivnosti modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování (30 dní)	58
Tabulka 11 Výsledky žvýkatelnosti modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování (30 dní).....	59
Tabulka 12 Výsledky gumovitosti modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování (30 dní)	61
Tabulka 13 Výsledky komplexního modulu pružnosti (G^*) při frekvenci 1 Hz modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování	78
Tabulka 14 Výsledky tangenty úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) při frekvenci 1 Hz modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na obsahu TVS, úpravě použitého přírodního sýra a délce skladování	80