

Vliv postupného přidávání vody na reologické vlastnosti tavených sýrů

Bc. Wendy Číhalová

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. Wendy Číhalová
Osobní číslo:	T19415
Studijní program:	N0721A210004 Technologie potravin
Studijní obor:	Technologie potravin
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Vliv postupného přidávání vody na reologické vlastnosti tavených sýrů.

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Základní charakteristika tavených sýrů a podobných produktů.
2. Vliv surovinové skladby na kvalitu tavených sýrů.
3. Faktory působící na reologické vlastnosti tavených sýrů.

II. Praktická část

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

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

Seznam doporučené literatury:

- Fu, W., & Nakamura, T. (2020). Moisture content impact creaming effect and microstructure of processed cheese containing different textural starches. *International Dairy Journal*, 105.
- Marchesseau, S., Gastaldi, E., Lagaude, A., & Cuq, J.L. (1997). Influence of pH on protein interactions and microstructure of process cheese. *Journal of Dairy Science*, 80, 1483–1489.
- Salek, R.N., Černíková, M., Maděrová, S., Lapčík, L., & Buňka, F. (2016). The effect of different composition of ternary mixtures of emulsifying salts on the consistency of processed cheese spreads manufactured from Swiss-type cheese with different degrees of maturity. *Journal of Dairy Science*, 99, 3274–3287.

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 užit 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

Hlavním cílem této diplomové práce bylo sledovat vliv postupného přidavku vody na reologické vlastnosti tavených sýrů. Byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrů, do kterých bylo během výroby, přidáváno recepturní množství vody ve čtyřech různých poměrech, a to 100:0, 90:10, 75:25 a 50:50. Každý přídavek byl přidáván po 6 minutách míchání tavicí směsi. Byly vyrobeny dvě řady modelových vzorků, a to z čerstvého přírodního sýru a z lyofilizovaného přírodního sýru. U všech vzorků byla následně provedena základní fyzikálně – chemická analýza, texturní analýza a dynamická oscilační reometrie. Tyto analýzy byly provedeny 2., 14. a 30. den skladování vzorků. Na základě získaných dat a vyhodnocených výsledků bylo zjištěno, že různé intervaly postupného přidávání vody do směsi mají určitý vliv na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů, konkrétně na tvrdost, lepivost a viskozitu. Z výsledků lze shrnout, že v případě většího přídavku vody hned na začátku výroby, byly výrobky pevnější. Dále lze zhodnotit, že i doba skladování měla patrný vliv na reologické vlastnosti modelových vzorků.

Klíčová slova: tavený sýr, reologie, texturní profilová analýza

ABSTRACT

The main aim of this diploma thesis was to monitor the effect of the gradual addition of water on the rheological properties of processed cheeses. Model samples of processed cheeses were made, to which a recipe amount of water was added during production at four different ratios, such as 100:0, 90:10, 75:25 and 50:50. Each addition was added after stirring the melting mixture for 6 minutes. Two series of model samples were made from fresh natural cheese and from lyophilized natural cheese. Basic physicochemical analysis, texture analysis and dynamic oscillation rheometry were then performed for all samples. These analyses were performed on 2nd, 14th and 30th day of sample storage. Based on the obtained data and evaluation of the results, it was found that different intervals of gradual addition of water to the mixture have a certain effect on the viscoelastic properties of processed cheeses, namely on hardness, tack, and viscosity. From the results it can be summarized that in the case of a larger addition of water right at the beginning of the production, the samples were stronger. Furthermore, it can be evaluated that the storage time also had a noticeable effect on the rheological properties of the model samples.

Keywords: processed cheese, rheology, texture profile analysis

Tímto bych chtěla poděkovat všem, kteří se, jakkoliv podíleli na realizaci této diplomové práce. Obzvláště bych chtěla upřímně poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, Ph.D. za jeho celkovou podporu, veškeré rady, poskytnuté materiály, užitečné připomínky a hlavně čas, který mi po celou dobu mé práce, věnoval. Dále mu děkuji za pomoc při měření a vysvětlení potřebných znalostí, které jsem k těmto úkonům potřebovala a bez kterých by nemohla tato práce vzniknout.

Ráda bych poděkovala i paní Ing. Aleně Jedouňkové a kolegyním, za pomoc při výrobě modelových vzorků a při jejich analýzách.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině a příteli za neustálou podporu, pevné nervy, důvěru a především motivaci, kterou mi dávali během celého mého navazujícího magisterského studia.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ A PODOBNÝCH PRODUKTŮ.....	12
1.1 HISTORIE A ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA.....	12
1.2 ROZDĚLENÍ TAVENÝCH SÝRŮ.....	13
1.3 SUROVINY NA VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ	14
1.4 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ.....	20
1.5 ANALOGY TAVENÝCH SÝRŮ.....	22
2 VLIV SUROVINOVÉ SKLADBY NA KVALITU TAVENÝCH SÝRŮ.....	24
2.1 VLVY VYBRANÝCH FAKTORŮ NA KVALITU TAVENÝCH SÝRŮ.....	24
2.2 VADY TAVENÝCH SÝRŮ.....	32
3 FAKTORY PŮSOBÍCÍ NA REOLOGICKÉ VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ	34
3.1 TEXTURNÍ VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ	34
3.2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TEXTURNÍ VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ	35
3.3 REOLOGICKÉ MĚŘENÍ	36
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	38
4 CÍL PRÁCE.....	39
5 METODIKA PRÁCE.....	40
5.1 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÝCH SÝRŮ	40
5.2 ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNĚ – CHEMICKÁ ANALÝZA.....	42
5.3 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA.....	45
5.4 DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE	46
6 VÝSLEDKY A DISKUZE	49
6.1 STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU SUŠINY.....	49
6.2 STANOVENÍ HODNOT PH.....	50
6.3 VÝSLEDKY TEXTURNÍ PROFILOVÉ ANALÝZY	51
6.4 DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE	56
ZÁVĚR.....	70
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	72
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	87
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	88
SEZNAM TABULEK	90

ÚVOD

Tavené sýry jsou tepelně upravené přírodní sýry vyrobené za přídavku tavících solí. Výroba tavených sýrů sahá do dávné historie – starověkého Egypta, avšak ucelenější výrobní postupy byly vyvinuty až na počátku 20. století. V tomto období byly pro výrobu pružných tavených sýrů využívány tavící soli citronanu sodného. Postupně se začaly používat také tavící soli na bázi fosforečnanů, které se používají dodnes. Tavené sýry se začaly vyrábět z důvodu docílení delší skladovatelnosti a trvanlivosti.

Tyto mléčné výrobky se staly velmi oblíbenou potravinou jak ve světě, tak především v České republice, která byla v roce 2006 ve spotřebě tavených sýrů na 1. místě s roční konzumací 2 až 3 kg taveného sýru na osobu. Ve světě se spotřeba pohybuje okolo 1 kg na osobu a méně. Jedná se o velmi oblíbené mléčné výrobky, jelikož jej lze koupit v mnoha variantách od výrobků roztíratelných až po tuhé či krájitelné, v mnoha příchutích a různých typech a velikostech balení. Pro zákazníky jsou tedy tyto faktory hlavním aspektem při výběru tavených sýrů. Dalším faktorem je samozřejmě velice dostupná cena. Z tohoto důvodu se klade stále větší důraz na kvalitu použitých surovin při výrobě tavených sýrů, jelikož ve společnosti panuje názor, že tavící soli, bez kterých by se tavené sýry nemohly vyrábět, jsou nezdravé a pro tělo škodlivé. Výrobci tak hledají různé možnosti, jak omezit použití tavících solí na co nejmenší množství a hledají alternativy pro výrobu tavených sýrů s použitím hydrokoloidů.

Reologie se zabývá studiem deformace a proudění tekutin. Patří mezi rozhodující faktory pro potravinářskou výrobu, zpracování a celkové vlastnosti výsledného výrobku. Mezi reologické vlastnosti patří viskozita, pružnost, plasticita, mez toku a viskoelasticita. Kontrolou těchto vlastností je zabezpečeno jednodušší zpracování a výsledný produkt pak disponuje vysokou kvalitou.

Teoretická část této diplomové práce je rozdělena do třech hlavních kapitol. První kapitola zahrnuje informace o historii a základní charakteristiku tavených sýrů, rozdělení tavených sýrů, suroviny na výrobu a technologii výroby tavených sýrů a jsou zde také stručně popsány analogy tavených sýrů. Druhá kapitola se zabývá faktory, které mohou ovlivňovat kvalitu tavených sýrů a dále jsou zde uvedeny možné vady tavených sýrů. Poslední kapitola pojednává o faktorech, které mají vliv na reologické vlastnosti tavených sýrů.

Cílem diplomové práce bylo zjistit, zda mají různé intervaly přídavku vody do tavící směsi vliv na reologické vlastnosti tavených sýrů. Pro zhodnocení byly vyrobené modelové

vzorky podrobeny základní fyzikálně – chemické analýze, texturní profilové analýze a dynamické oscilační reometrii. Experimentální část této diplomové práce je rozdělena také do třech kapitol. První kapitola charakterizuje stanovené cíle práce. Druhá kapitola pojednává o metodice práce, zahrnuje popis výroby modelových vzorků a charakteristiku vybraných analýz. V třetí kapitole je věnována pozornost výsledkům provedených analýz, a to včetně průběžné diskuse naměřených hodnot.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ A PODOBNÝCH PRODUKTŮ

1.1 Historie a základní charakteristika

Tavené sýry a jejich počátek výroby není zcela jednoznačný, neboť neexistuje žádný pevný důkaz o tom, kdy se tento výrobek opravdu začal vyrábět. Historie sahá až do starověkého Egypta, kde docházelo ke zdomácnování zvířat, především ovcí. Už v této době by se jakési experimenty v rámci výroby mléčných výrobků daly očekávat. Při produkci mléka u ovcí a následném uchování a skladování této prvotní suroviny a probíhajícími přirozeným procesům tvorby syrovátky a jejího následovného oddělování, šlo předpokládat určitou změnu formy mléka v prototyp primitivního čerstvého sýra. [1 – 4]

V Evropě v 19. století již byly snahy o výrobu tavených sýrů reálnější, ale i v této době nebyly stoprocentně ověřeny funkce tavících solí. Přibližně v roce 1895 byl v Německu, díky působení tepla v kovových plechovkách, poprvé vyroben zrající sýr Camembert. Později, roku 1911 ve Švýcarsku, ve firmě Gerber a spol. byly použity dodnes známé tavící soli citronanu sodného, pomocí kterých byly vyrobeny první tavené sýry. Citronan sodný působí jako emulgační sůl a výsledkem pak byl hladký, homogenní výrobek. Další známou firmou je J. L. Kraft ve Spojených státech amerických, kdy při výrobě docházelo k adekvátnímu záhřevu a průběžnému míchání sýrů a tím i docílení delší trvanlivosti výsledných produktů. Americká firma Phenix Cheese Co. za použití soli kyseliny fosforečné, obdržela velké množství patentů k výrobě tavených sýrů. V období Československa, firma Bloch, v roce 1948, vyrobila první tavený sýr. [4 – 6]

Tavený sýr je dle nejaktuálnější vyhlášky o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje Ministerstva zemědělství České republiky č. 274/2019 Sb. definován jako sýr, který byl tepelně upraven tavením. Dále, jako tavený mléčný výrobek je definován sýr, který je tepelně ošetřen tavením, obsahuje více než 5 % laktózy a v němž sýr tvoří nejméně 50 % hmotnostních sušiny tohoto výrobku. Tavené sýry se vyrábí z přírodního sýru, který je rozmělněn a následně emulgován složkami mléčného a nemléčného původu, za přítomnosti tavících solí. [1, 2, 7, 8]

Tavené sýry jsou produktem celosvětově rozšířeným a jsou velmi oblíbenou potravinou jak v domácnostech pro přímou spotřebu, tak v restauracích a rychlých občerstveních. Jedná se o víceméně levnější produkty mléčných výrobků, což se považuje

za výhodu v jejich pořizování. Dalším kladným faktorem je jejich dlouhá trvanlivost, která se pohybuje až do 6 měsíců. Využití tavených sýrů je rozmanité, jelikož se dají využít ke strouhání nebo v měkké podobě k mazání či jako přísady při výrobě sýrových omáček. Prodávají se v různých typech obalů, jako jsou plastové kelímky, tuby, tavené plátky či nejznámější balení ve tvarech trojúhelníků či čtverečků, což jsou tavené sýry balené do hliníkových fólií. [1, 9, 10]

1.2 Rozdělení tavených sýrů

Tavené sýry se dle obsahu tuku v sušině (TVS) rozdělují na tavené sýry nízkotučné, polotučné, plnotučné a vysokotučné. Nízkotučné tavené sýry obsahují 30 a méně hmotnostních % tuku v sušině. Tavené sýry polotučné obsahují 30 – 45 hmotnostních % tuku v sušině. Plnotučné tavené sýry obsahují tuku v sušině 45 – 55 % hmotnostních a tavené sýry vysokotučné obsahují tuku v sušině 60 – 70 % hmotnostních. Tavené sýry, které by měly obsahovat méně než 20 % hmotnostních TVS, se nevyrábí, naopak tavené sýry, které by měly obsahovat více než 70 % hmotnostních TVS, by už neměly hodnotu taveného sýru. [11 – 13]

Dále rozdělujeme tavené sýry dle použitých surovin na jednodruhové, pokud je tavený sýr vyroben z větší části pouze z jednoho deklarovaného druhu sýra a na směsné tavené sýry v případě, kdy při výrobě tavených sýrů byla použita směs odlišných druhů přírodních sýrů. Ochucené tavené sýry jsou takové, u kterých během výroby byly použity ochucující přísady, při výrobě neochucených tavených sýrů se tyto přísady nepřidávají. [14 – 16]

Tavené sýry je dále možno rozdělit podle výsledné konzistence. Jedná se o základní rozdělení na tavené sýry blokové, roztíratelné a tavené sýrové omáčky. V obchodní síti se však můžeme setkat také s plátkovými tavenými sýry, které jsou vyráběny odlíváním taveniny přímo do obalů, které mají tvar plátků nebo plátkováním výsledného tuhého taveného sýru. Blokové tavené sýry jsou sýry tzv. krájitelné, mají větší tuhost, vyšší obsah sušiny (40 – 60 hm. %) a nižší obsah TVS (25 – 35 hm. %). Při výrobě blokových sýrů je nutno použití přídatných látek ve formě stabilizátorů, které jsou zodpovědné za výslednou stabilitu a tuhost těchto sýrů. Roztíratelné tavené sýry obsahují 35 – 45 hm. % sušiny a nejméně 20 hm. % TVS. Tavené sýrové omáčky se používají spíše při výrobě omáček v rychlém občerstvení či restauracích. Obsahují pouze 18 – 24 hm. % sušiny. [17 – 19]

1.3 Suroviny na výrobu tavených sýrů

Tavené sýry nejsou vyráběny přímo z mléka, tak jako přírodní sýry, ale právě z výsledného přírodního sýru. Záleží na mnoha faktorech použitého přírodního sýru, které jsou při výrobě tavených sýrů sledovány. Mezi tyto faktory patří hodnota pH, obsah vápníku, zralost přírodního sýra, obsah tuků a množství intaktního kaseinu. Právě množství intaktního kaseinu zásadně ovlivňuje mikrostrukturu a reologické vlastnosti tavených sýrů. Mezi přírodní sýry, které se pro výrobu tavených sýrů používají v České republice, řadíme nejčastěji Eidamský blok a Eidamskou cihlu, v menším množství se používá Moravský blok a sýr Primátor. Ve světě se používá i Čedar – ve Velké Británii, Mozzarella či Gruyère – v USA a Kanadě a Ementál – v západní Evropě. [16, 18, 20 – 24]

V případě použití málo dozrálého přírodního sýru, jehož obsah intaktního kaseinu činí okolo 90 %, je účelem výroby krájitelný tavený sýr. Použitím mladé, nedozrálé vstupní suroviny je docíleno tužší a gumovitější konzistence, dále hraje důležitou roli vysoká vaznost vody, naopak chuť je prázdnější a sýr je hůře tavitelný. Při použití více zralého přírodního sýru s obsahem 60 – 75 % intaktního kaseinu, je výsledkem roztíratelný tavený sýr, jehož chuť je díky procesu zrání a vzniku více sensoricky aktivních látek, plnější a pronikavější. Musí být věnován zřetel při použití až přezrálého sýru, jelikož by se mohly objevit vady konzistence, jež se projevují zrnitostí výrobku. Dále se mohou projevit vady následkem uvolňováním nedostatečně emulgovaného tuku, jenž má za výsledek roztékavou konzistenci. [25 – 30]

Je tedy důležité zhodnotit, jaký přírodní sýr bude pro výrobu tavených sýrů použit, jelikož stupeň zralosti, a tím obsah intaktního kaseinu, je ovlivňován mnoha faktory. Faktory, které ovlivňují skladbu přírodního sýra jsou dány podmínkami při samotném zrání, veškerými předúpravami použitého mléka, použitím syřidel a vybraných zákysových kultur, dále také přítomnými nezákysovými bakteriemi mléčného kvašení, hodnotou pH, množstvím původního vápníku a v neposlední řadě přidanými enzymy. Hodnota a snižování intaktního kaseinu se determinuje z měření množství dusíku, který je nerozpustný v izoelektrickém bodu kaseinu, což je hodnota pH rovna 4,6. Pokud se množství intaktního kaseinu snižuje, má to za následek menší tuhost taveného sýru a zlepšení zpětné tavitelnosti. Čím více je přírodní sýr prozrálý, tím menší je hodnota intaktního kaseinu, což umožňuje lepší emulgaci tuku v taveném sýru. [28, 31 – 34]

Tavené sýry jsou ve výsledku tak kvalitní, jak kvalitní přírodní sýr byl pro jejich výrobu použit. Záleží na mnoha faktorech, které určují samotnou kvalitu, a to druh sýra, doba jeho zrání a celková kvalita a složení přírodního sýru. K této výrobě se používají sýry, které nejsou vhodné k přímému prodeji v obchodní síti. Jedná se o přírodní sýry s mechanickými a vzhledovými vadami, jako jsou například slepé sýry bez tvorby ok či sýry s patřičnými trhlinami. Nesmí se však jednat o sýry, které jsou poškozené mikrobiologicky, jako například sýry napadené plísněmi či bakteriemi. K výrobě tavených sýrů se však používají přírodní sýry různých stupňů zralosti, které docílí výslednou konzistenci a chuť. [10, 15, 35, 36]

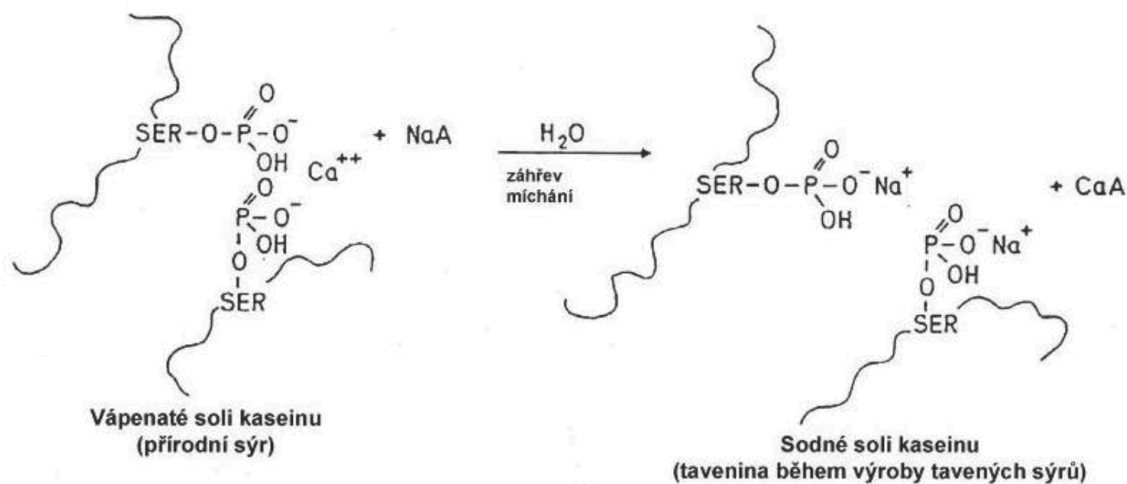
K dosažení požadovaného množství tuku v sušině se používají suroviny mléčného původu, jako je máslo, smetana či tvaroh. Smetana nejen zvyšuje obsah tuku v sušině, ale také zjemňuje chuť výsledného taveného sýru, avšak její přídatné množství by dle vyhlášky č. 274/2019 Sb. nemělo překročit 5 hm. %. Překročení této předepsané hodnoty by mohlo zapříčinit krystalizaci či karamelizaci tavených sýrů. Přídavek tvarohu doplňuje kasein, jakožto intaktní mléčnou bílkovinu. Jelikož kasein nebyl podroben kompletním hydrolyzačním procesům jako je proteolýza, a tudíž ovlivňuje výslednou stabilitu a konzistenci konečného výrobku. Dalšími složkami mléčné povahy, které se přidávají do tavené směsi mohou být mléčný tuk, sušené mléko, podmásli či syrovátka. [7, 9, 37, 38]

Mezi ostatní přídatné suroviny patří voda, konzervanty, barviva, jedlá sůl, hydrokoloidy a ochucující přísady. Voda se do tavené směsi přidává z důvodu úpravy obsahu sušiny a do směsi se přidává buď na začátku tavicího procesu či ve dvou nebo více stupních během tavení. Ochucující přísady, kterými mohou být masové složky, zelenina, houby, koření, dále jedlá sůl se přidávají z důvodu ochucení výsledného produktu. Při výrobě tavených sýrů je však zakázáno použití esencí a chemických konzervačních činidel, kromě kyseliny sorbové, sorbátu draselného a sorbátu vápenatého v povoleném množství. Dále se mohou přidávat pouze barviva sýrařského původu jako je karoten, bixin, norbixin, annato či paprikový extrakt v předepsaném množství. [1, 23, 39, 40]

1.3.1 Tavicí soli

Tavicí soli jsou nezbytnou přídatnou látkou při výrobě tavených sýrů. Jejich úkolem je stabilizace pH, homogenizace směsi ve výsledku hladké konzistence, ovlivňují rozsah výměny vápenatých iontů, chuť, barvu i trvanlivost. Nejpoužívanějšími tavicími soli jsou sodné a draselné soli kyseliny fosforečné či citronové. Tavicí soli se chovají a jsou často označovány jako emulgátory, ale přesněji řečeno se jedná o emulgační činidla. Odštěpují

dvojmocný vápník, který je navázán na proteinovou matici přírodního sýra a následně jej nahrazují jednomocným sodíkem. Přídavek tavicích solí dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 Sb. o potravinářských přídatných látkách, nesmí být víc jak 2 – 3 % hmotnosti finálního výrobku. Dle tohoto nařízení se tavicími solemi rozumějí látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek. [41 – 44]



Obrázek 1.: Schematické vyjádření výměny iontů sodíku za ionty vápníku při tavení přírodních

Při výrobě tavených sýrů tyto soli upravují prostředí v tavené směsi tak, aby kaseiny a další přítomné bílkoviny mohly plnit své přirozené funkce vlastnosti emulgátorů. Další funkcí tavicích solí je hydratace a zvyšování rozpustnosti těchto bílkovin, emulgate tuku, bobtnání bílkovin a podpora tvorby gelu. Tavicí soli dále umožňují lepší roztíratelnost tavených sýrů, jelikož díky jejich emulgačním vlastnostem zabraňují oddělení tukové složky od bílkovinné. Jejich chuť a vůně je neutrální a jsou dobře rozpustné ve vodě. [18, 27, 28, 45]

1.3.2 Mléčné a rostlinné tuky

Pro výrobu tavených sýrů se používá mléčný tuk. Rostlinné tuky se využívají při výrobě sýrových analogů k nahrazení tuku mléčného. Tuky hrají podstatnou roli ve složení a finální konzistenci. Mléčný tuk je tvořen z 98 % triacylglyceroly, dalšími glyceroly – diacyl a mono, volnými mastnými kyselinami, steroly a fosfolipidy. Mezi nenasycené mastné kyseliny obsažené v mléčných tucích patří kyselina olejová, mezi nasycené mastné

kyseliny patří kyselina stearová, palmitová a myristová. Vyskytuje se v kravském mléce a mléčných výrobcích jako je například smetana nebo máslo. Mléčný tuk obsahuje krátký uhlíkatý řetězec. [46, 47]

Mléčný tuk se vyskytuje ve formě emulze, která je tvořena mléčným sérem a tukovými kuličkami obalenými fosfolipidovou membránou, která zabraňuje spojení malých tukových kuliček ve velké shluky. Mléčný tuk je dobře stravitelný a obsahuje značné množství v tučích rozpustných vitamínů jako jsou vitamíny A, D, E a K. Při výrobě tavených sýrů se využívá sušeného mléčného tuku, který obsahuje téměř 100 % mléčný tuk, neboť jeho vlhkost je menší než 1 %. Tato forma mléčného tuku je výhodou z pohledu delší trvanlivosti a v případě vhodného zabalení může být při pokojové teplotě uchován i několik měsíců. [18, 21, 48]

Rostlinný tuk je používán při výrobě analogů tavených sýrů. Používají se tuky, které jsou získávány z rostlin, jejich semen nebo plodů. Využívá se rostlinný tuk z bavlníku, z jader arašídů, kukuřice, sóji, kokosu, sezamu, z dužniny či jádra palmy olejné, slunečnice nebo světlice. Surový olej se z těchto plodů získává lisováním nebo přímou extrakcí rozpouštědlem. Podstatným rozdílem mezi rostlinným a mléčným tukem je obsah cholesterolu, který v rostlinných tučích obsažen není. [23, 29, 49]

Většina rostlinných tuků je pro zdraví vhodnější než tuky mléčné neboli živočišné, neboť obsahují více nenasycených mastných kyselin a neobsahují výše zmíněný cholesterol, jehož nadměrná konzumace může vést ke zdravotním problémům, kterými jsou srdečně-cévních onemocnění či ateroskleróza. Použití rostlinných tuků ovlivňuje výslednou konzistenci a texturu sýrů a jejich analogů. Podle zvoleného tuku se budou výsledné vlastnosti lišit, jelikož každý tuk má jiné fyzikálně – chemické vlastnosti. [24, 50]

1.3.3 Hydrokoloidy

Hydrokoloidy jsou charakterizovány jako zahušťovací, stabilizační a želírující prostředky, které se využívají v potravinářském průmyslu v mnoha odvětvích. Jedná se o vysokomolekulární látky, které mají sacharidickou nebo proteinovou povahu. Hydrokoloidy se používají jak samostatně, tak ve směsích, v koncentraci maximálně do 1 hm. %. V praxi se používají jako emulgátory, stabilizátory, plnidla a zahušťovadla. Využívají se díky jejich schopnosti tvořit gel, což se uplatňuje při výrobě tavených sýrů. Díky přísadám hydrokoloidy se zvyšuje tvrdost tavených sýrů. [51 – 53]

Nejpoužívanějším hydrokoloidem v potravinách je škrob, lepek, kolagen a celulóza. Při výrobě tavených sýrů, se tyto tzv. jedlé polymery, využívají především kvůli jejich vlastnostem vázat vodu a tvořit gely, dále zvyšují viskozitu a zajišťují / zpevňují potřebnou texturu. Hydrokoloidy také zlepšují roztíratelnost a vařící vlastnosti (tekutost a tavitelnost při vaření sýrových omáček) a slouží jako zahuš'ovadla výsledného výrobku. [54, 55]

Mezi hydrokoloidy, které právě zajišťují texturu a funkční vlastnosti řadíme jedlé gummy, jako je guma arabská, guarová, lokusová, xantanová nebo guma karaja či ghatti. Dále pektiny, modifikované škroby, karagenany a karboxymethylcelulosa. Tyto polymerní látky se však mohou používat jen v předepsaném množství a to od 0,1 až 0,3 hm.%. Dalšími hydrokoloidy, které se získávají z řas jsou agar, alginát a karagenan a hydrokoloidy živočišného původu jsou kaseináty, sójové a vaječné proteiny či želatina. [55 – 57]

Dle experimentu s využitím různých hydrokoloidů na zvyšování pevnosti tavených sýrů bylo zjištěno, že v případě použití agaru jako hydrokoloidu a překročení jeho limitní koncentrace 0,4 hm. %, došlo ke zvýšení tvrdosti tavených sýrů. V případě menších přídavek dochází k růstu pevnosti tavených sýrů. V případě větších přídavek dochází ke zvětšení tuhosti tavených sýrů. Při použití alginátu sodného byla limitní koncentrace stanovena na totožné hodnotě (0,4 hm. %). V případě koncentrace vyšší než 0,8 hm. % již nebyla pozorována žádná změna v tuhosti. Při použití karagenanu byla limitní koncentrace stanovena na 0,5 hm. % a nad koncentrací 0,65 hm. % již nebyly pozorovány změny v tuhosti. V případě použití nízko a vysokoesterifikovaného pektinu byly limitní koncentrace identifikovány hůře, jelikož k pomalému nárůstu tuhosti docházelo u vysokoesterifikovaného pektinu až do koncentrace 0,75 hm. %. [43, 56, 58]

Hlavní složkou mléka jsou kaseinové micely, které se angažují s hydrokoloidy. Díky asociaci submicel pomocí fosforečnan vápenatých můstků mají kaseiny schopnost se samostatně asociovat do micel. Například interakce agaru s kaseinovými micelami nejsou vykazovány, jelikož agar vykazuje omezenou reaktivitu s dalšími materiály a obsahuje méně esterově vázaných síranových skupin. Naproti tomu karagen, i přes záporný náboj, vykazuje interakce mezi jeho sulfátovými skupinami a krátce pozitivně nabitou oblastí mezi 97. a 112. aminokyselinou kapa kaseinu. Karagen také ovlivňuje zesíťování systému, které obsahují méně než 0,2 hm. % ι -karagenanu strukturovaného můstky ι -karagenanu a micelami kaseinu. [21, 28, 34, 44]

Dalšími složkami při výrobě tavených sýrů jsou rostlinné nebo mléčné proteiny. Stejně jako tuky mají význam ve finální textuře, ale také ovlivňují reologické vlastnosti jako je tvrdost a lomivost. Jedná se o látky, které standardizují složení a texturu výsledných produktů. Mezi mléčné bílkoviny řadíme kasein, kaseináty a syrovátkový protein. Rostlinné bílkoviny jsou opět náhražkami za mléčné bílkoviny používané při výrobě sýrových analogů. [31, 59, 60]

Kasein je nejpodstatnější, ve vodě nerozpustnou, mléčnou bílkovinou, který tvoří přibližně 80 % mléčných bílkovin. Jedná se o heterogenní skupinu fosfoproteinů a je získáván vysrážením z odstředěného mléka za daných technologických podmínek (pH = 4,6, teplota 20 – 40 °C) a pomocných látek. Kasein je tvořen frakcemi α_s -kaseinu, β -kaseinu a γ -kaseinu, jež jsou uspořádány do micel, které kromě těchto frakcí obsahují také minerální látky, jako je vápník a hořčík, dále fosfáty a citráty. Kasein může být buď sladký nebo kyselý, to záleží na způsobu srážení. Sladký kasein zahrnuje pouze kaseinovou bílkovinnou frakci a je získáván srážením odstředěného mléka za působení syřidla na bázi enzymů pepsin a chymozinu. Kyselý kasein obsahuje jen kaseinovou frakci mléčné bílkoviny, je získáván srážením odstředěného, pasterovaného mléka za procesu kysání či využití minerálních kyselin jako jsou například kyselina sýrová, solná či mléčná. [18, 27, 41, 54, 61]

Kaseináty jsou rozpustné formy kaseinu, které se vyrábí rozpuštěním kaseinu v bázích či solích, kdy jsou následně tyto roztoky obvykle sušeny. Kaseináty se dělí na rozpustné, do kterých řadíme kaseináty sodné a kaseináty draselné a na kaseináty dispergovatelné, což jsou kaseináty vápenaté a hořečnaté. Nejpoužívanějším kaseinátem při výrobě tavených sýrů je kaseinát sodný. U sýrových analogů se používá kaseinát vápenatý. Tyto formy kaseinu se využívají jako pěnotvorné a emulgační prostředky, výborně váží vodu a mají značnou nutriční hodnotu. [35, 45, 59]

Poslední mléčnou bílkovinou jsou syrovátkové proteiny, které jsou získávány ze syrovátky srážením za vysoké teploty (90 °C), ultrafiltrací nebo gelovou chromatografií. Obdobně jako kaseináty disponují dobrými emulgačními vlastnostmi a vysokou nutriční hodnotou, dále jsou využívány z důvodu schopnosti želatinizace. Tyto proteiny jsou zcela stravitelné, neboť obsahují nejhodnotnější živočišné bílkoviny jako jsou albuminy a β -laktoglobulin. Pro lidský organismus jsou cennější než samotný kasein, jelikož jsou tvořeny vysokým obsahem aminokyselin jako je cystein a cystin obsahující síru. [18, 45, 62, 63]

Rostlinné proteiny jsou využívány u sýrových analogů, ačkoliv jejich vlastnosti nejsou moc příznivé. Struktura rostlinných proteinů je zcela odlišná od mléčných – živočišných a způsobují nechtěnou přilnavost, roztažnost, zhoršenou elasticitu a tekutost. Využívá se proteinů ze sóji, hrachu či burského oříšku. [15, 64]

1.3.4 Ochucující látky, barviva a ostatní přídatné složky

Jako zvýrazňující složky se využívají přísady, které mají za úkol ovlivnit celkové senzorycké vlastnosti sýrů, jako je chuť, textura, vzhled. Výsledná chuť je ovlivněna přidáním ze sterilovaných výrobků jako jsou maso, ryby, oříšky, koření, ryby a jiné. Barvu tavených sýrů určují přírodní barviva jako jsou paprika, karoten, annatto a další syntetická barviva, která se ale používají velice málo. [48, 65, 66]

Mezi konzervační činidla a stabilizující složky používané při výrobě tavených sýrů patří nisin, sorbát draselný a propionáty vápenaté a sodné. Konzervační činidla inhibují růst plísní a slouží k prodloužení trvanlivosti. Stabilizující složky, jako jsou především tavící soli a hydrokoloidy, jsou zodpovědné za výslednou texturu výrobku a zlepšují fyzikálně-chemickou stabilitu. [54, 63, 64, 67]

1.4 Technologie výroby tavených sýrů

Technologický postup výroby tavených sýrů zahrnuje více po sobě jdoucích kroků. Prvním předpokladem pro úspěšnou výrobu dobrého taveného sýru, je správná volba přírodního sýru, jelikož jeho výběr ovlivňuje celkový charakter, mikrostrukturu a reologické vlastnosti výsledného produktu. Při výběru přírodního sýru se musí dbát na jeho složení, a to obsah sušiny a obsah tuku v sušině. Dále však záleží na výběru ostatních surovin, jako jsou tavící soli, voda a další složky mléčného i nemléčného původu. [2, 14, 18, 68]

Prvním krokem je tedy důkladný výběr přírodního sýru, následuje jeho očištění, což zahrnuje odstranění obalů a zrajících fólií, omytí sýru od případného mazu, odkrojení kůry a mechanicky poškozených částí. Poté následuje jeho pokrájení na menší kusy a rozemletí, které probíhá na válcových stolicích. Do takto rozemleté směsi, která je přepravena do tzv. tavících kotlů, se přidávají tavící soli a další složky. Po přidání všech ostatních složek se směs promíchá, aby došlo k homogenizaci všech surovin, což ve výsledku ovlivní konzistenci produktu. Po míchání následuje proces tavení, který probíhá v tavících kotlích, v nichž jsou míchadla, jejichž rychlost otáček se dá nastavit dle požadavků. [19, 33, 38]

Tavení probíhá několik minut za velmi sníženého tlaku (0,04 – 0,05 MPa) při teplotě min 80 °C za stálého míchání. Při tomto procesu dochází díky tavícím solím k rozpouštění bílkovin, což ve výsledku brání jejich shlukování a tvorbě sraženin. Po tavícím procesu následuje formování a balení do hliníkových fólií, které v České republice mají trojúhelníkový nebo hranolovitý tvar. Při balení do těchto fólií dochází k zatavení, aby byla zaručena trvanlivost tavených sýrů a nedošlo k nežádoucí kontaminaci mikroorganismy a následnému zkažení. Po balení následuje chlazení a skladování. Tavené sýry jsou skladovány v suchých, dobře větraných prostorech při teplotě do 10 °C. [31, 32, 69 – 71]

1.4.1 Kontinuální způsob tavení

Tavené sýry se mohou vyrábět dvěma způsoby. Prvním je tzv. kontinuální způsob výroby tavených sýrů, jež je způsob novodobější a používá se spíše minoritně. Proces tavení tímto způsobem spočívá v použití vyšších teplot a to okolo 135 – 145 °C a krátkého času do 5 s. Za těchto podmínek je dosažena inhibice nežádoucích mikroorganismů, které by se mohly vyskytovat v přírodních vyzrálých sýrech, jež byly pro výrobu tavených sýrů použity. Nastává sterilační efekt, při kterém dochází i k inaktivaci vegetativních forem mikroorganismů a také inaktivaci spor, tudíž se jedná o razantnější zásah než u diskontinuálního způsobu. [11, 15, 18, 72]

Samotné tavení probíhá pomocí přímé páry v nerezových trubkách, ve kterých je tavící směs v tenké vrstvě zahřívána na výše zmíněné teploty po dobu pár sekund. Za těchto podmínek je také dosaženo delší trvanlivosti hotových produktů. Horká tavenina je průběžně míchána, aby došlo k homogenizaci směsi a ve výsledku k hladké a lesklé konzistenci. Průběžně dochází v trubkách k odpaření části vody, a nakonec se tavenina formuje v plnicím zařízení, kde se dále také automaticky balí. Tavení kontinuálním způsobem musí probíhat za aseptických podmínek. Výsledný výrobek se nesmí trhat, musí být lesklý, nesmí se lepit a musí mít potřebnou viskozitu. [6, 11, 14, 35, 62]

1.4.2 Diskontinuální způsob tavení

Diskontinuální způsob tavení je způsob, který se v České republice používá častěji než způsob kontinuální. Na rozdíl od kontinuálního způsobu, při kterém dochází až ke sterilačnímu efektu, zde dochází k efektu pasteračního. V tomto případě nejsou zničeny veškeré spory mikroorganismů, ale dochází k inaktivaci vegetativních forem vyskytujících se mikroorganismů. Tavení probíhá za sníženého tlaku až podtlaku, a to z toho důvodu,

aby došlo k eliminaci případných vzduchových bublin a k odstranění nežádoucích aromatických látek z výsledného výrobku. Diskontinuální způsob tavení probíhá ve třech fázích, jimiž jsou fáze ohřevu, samotné tavení v tavicím kotli a fáze míchání. Doba tavení tímto způsobem se pohybuje maximálně 10 – 15 minut. [3, 18, 41, 72]

V první fázi dochází po smíchání všech surovin k transportu tavicí směsi do tavicího kotle. Následuje záhřev taveniny přímým vstřikem páry na tzv. tavicí teplotu, která se pohybuje okolo 60 °C. Druhým krokem je fáze vlastního tavení za vyšší teploty (cca 90 °C) po dobu do 5 minut. Tuto teplotu je nutno stálým mícháním udržovat po dobu několika sekund, ne však déle, aby nedošlo k nežádoucímu překrémování výrobku, což by zapříčinilo „pudinkovou“ konzistenci s vysokou viskozitou. Třetí fází je fáze míchání, v průběhu, které je dotvářena požadovaná konzistence, která musí být zhomogenizovaná, nesmí obsahovat zmíněné vzduchové bubliny a nepříjemné pachy. Po dosažení této konzistence se ještě horká tavenina formuje do forem a poté po zatavení do hliníkových folií, se automaticky balí na balicích strojích. Posledním krokem je chlazení zabalených výrobků, které musí proběhnout neodkladně po balení a zatavení, aby nedošlo k ovlivnění výsledné konzistence a tvorbě nežádoucí mikroflóry způsobené růstem psychrotrofních mikroorganismů. [15, 35, 38]

1.5 Analogy tavených sýrů

Analogy tavených sýrů rozumíme takové výrobky, u kterých je při výrobě některá mléčná složka kompletně nahrazena surovinou rostlinného původu, přičemž technologie výroby sýrových analogů je stejná jako technologie výroby tavených sýrů. Nejčastěji je nahrazován mléčný tuk a mléčné bílkoviny za rostlinný tuk, olej nebo rostlinné bílkoviny. Výroba analogů tavených sýrů je finančně méně nákladná, a to z důvodu vynechání dražší mléčné složky za použití levnější suroviny rostlinného původu. [18, 64, 73, 74]

Analogy obsahují více polynenasycených mastných kyselin a mají také nižší obsah cholesterolu, což se řadí mezi výhodu jejich použití. Další výhodou je redukované množství nasycených tuků a sodíku, také nižší obsah kalorií. Využití kombinace mléčných surových materiálů a rostlinných tuků je pro trh také velkým plusem. Za zmínku stojí také možnost celosezonní výroby díky tomu, že nedochází k výkyvům v dodávkách a zachování konstantní kvality během všech období. Na rozdíl od tavených sýrů, kdy je jako základní surovina přírodní sýr, který je vyroben z mléka. A právě kvalita mléka je hlavním důvodem, kdy dochází ke změně chuti výsledných výrobků. A to v případě nadojeného

mléka v různých obdobích. Obecně lze sýry vyrobené z mléka nadojeného od jara do podzimu považovat za chutnější, jelikož mají zvířata čerstvé krmění. Naproti tomu nadojené mléko v zimě není tak chutné, jelikož potrava pro zvířata není tak pestrá, neobsahuje aroma bylinek z krmiva - trávy a výsledná chuť sýru není tak pestrá. Zavádění sýrových analogů se stává trendem v mlékárenství, které využívá levnějších surovin a tím výhodnější cenu za finální výrobek. [16, 17, 20]

Sýrové analogy mohou být rozděleny na dva typy vzhledem k postupu při jejich výrobě. V prvním typu se používá tekuté mléko a splňují se veškeré sýrařské metody. Takto vyrobené sýry jsou nazývány jako plněné sýry. Ve druhém typu dochází k míchání různých surových surovin a dochází k napodobení technologického postupu výroby jako u výroby klasických tavených sýrů. Tyto imitace jsou nazývány právě jako sýrové analogy. Veškerá výroba a všechny suroviny se snaží přiblížit výrobě tavených sýrů, proto se pro výrobu analogů využívá sice tukových a bílkovinných zdrojů jiných než mléčného původu, ale s napodobením systému příchutí a vůní co nejpodobnějších přírodním sýrům. Sýrové analogy se dělí na nemléčné, částečně mléčné nebo mléčné. Liší se v množství použití mléčných proteinů a máselných tuků na úkor rostlinných tuků a proteinů. [12, 26, 64, 65, 75]

V České republice pro tyto analogy není žádný termín, proto se s tímto názvem v obchodní síti nesetkáme. Analogy ve svém složení nahrazují některou mléčnou složku složkou rostlinnou, a proto nesmí nést název „sýr“. V českých obchodech tedy můžeme tyto produkty najít pod označením „alternativa mléčného výrobku“ nebo „tavený výrobek“. Dále mohou být klasifikovány jako sýrové substituenty či imitace nahrazující a napodobující klasické sýry obsahující mléčné složky. [15, 74]

2 VLIV SUROVINOVÉ SKLADBY NA KVALITU TAVENÝCH SÝRŮ

2.1 Vlivy vybraných faktorů na kvalitu tavených sýrů

Tavené sýry podléhají různým změnám jak vizuálně či pachově viditelným, ale také změnami na první pohled nepozorovatelnými. Vzhledem k jejich výskytu v různých konzistencích, jako je konzistence tekutá až dobře roztíratelná, dochází zde k určitým změnám i v tomto ohledu. Faktory, které ovlivňují právě chuť, vůni a změnu konzistence, zahrnují složení surovinové směsi, způsob zpracování a chlazení taveniny, způsob skladování, které zahrnuje také vliv světla a obalů. [9, 18, 36, 76]

2.1.1 Vliv složení surovinové směsi na kvalitu a konzistenci tavených sýrů

Složení surovinové směsi ovlivňuje výslednou konzistenci tavených sýrů. Pro výrobu tavených sýrů, jak již bylo zmíněno v první kapitole, se používá přírodní sýr. A právě prozrálost přírodního sýru ovlivňuje konzistenci taveného sýru. V případě, že se jedná o přírodní sýr, který není úplně dozrálý, a stupeň proteolýzy je nízký, výsledná konzistence je pak tužší, gumovější a nedá se dobře roztírat. Naopak při použití zralého sýru, u kterého je stupeň proteolýzy vysoký, je konzistence hladká, jemná a tavený sýr je poté mnohem lépe roztíratelný. [9, 15, 25, 77]

Dalším rozdílem je také výsledná chuť, která je v případě použití nedozrálého sýru, velice nevýrazná až mdlá. Dále může docházet k nežádoucímu bobtnání a tvorbě vzduchových bublin. Při výrobě ze zralého sýru je výsledná chuť i vůně mnohem výraznější a aroma plnější, což je zapříčiněno velkým obsahem sensoricky aktivních látek, které vznikají při samotném zrání přírodního sýru. Avšak tento výrobek může mít chuť příliš ostrou a může dojít ke snížení stability emulze, která byla vytvořena při technologickém zpracování. Z tohoto důvodu se v praxi používá kombinace méně zralého a více zralého sýru, aby bylo dosaženo vyrovnané chuti a aroma. [22, 35, 37, 78, 79]

Dalším vlivem použití přírodního sýru je obsah sušiny a obsah tuku v sušině, hodnota pH, obsah laktózy, poměr tavících solí, obsah vápníku a kaseinu, obsah dusíkatých látek. Kasein v procesu proteolýzy, která je nejdůležitějším mikrobiologickým dějem při zrání přírodních sýrů, hydrolyzuje na peptidy a volné aminokyseliny. Právě množství nepoškozeného kaseinu v kaseinové matici snižuje, případně zvyšuje lomivost a pevnost sýru. Dále pokud přírodní sýr obsahuje velké množství dusíkatých látek, dochází ke zvýšení tuhosti a zhoršení roztíratelnosti, na rozdíl od sýru obsahujícího méně dusíkatých látek, kdy je tavený sýr dobře roztíratelný. [34, 59, 80]

Obsah sušiny a obsahu tuku v sušině je dalším rozhodujícím faktorem ovlivňující konzistenci. Pokud je v případě výroby tavených sýrů použit přírodní sýr s nízkým obsahem tuku v sušině, tak konzistence výsledného produktu bude tužší než za použití přírodního sýru s vysokým obsahem tuku v sušině. V tomto případě bude mít výsledný produkt jemnější konzistenci a lepší roztíratelnost. Tuhá konzistence je také výsledkem použití sýru s vyšším obsahem vápenatých iontů. Za zmínku stojí také role laktózy, která konzistenci výsledných tavených sýrů také v určité míře ovlivňuje. Laktóza je do surovinové skladby taveniny přidávána ve formě sušeného odstředěného mléka nebo ve formě sušené syrovátky. Laktóza na konzistenci působí však pozitivně, neboť snižuje tuhost finálního výrobku a zlepšuje jeho roztíratelnost. [15, 37, 81, 82]

Také hodnota pH má podstatný vliv na konzistenci výsledných tavených sýrů, a to v případě stáří přírodního sýru. Vyšší pH je u sýrů, které jsou starší, více prozralé a konzistence výsledného produktu je poté velmi měkká a nestabilní, také trvanlivost v tomto případě je velmi krátká a dochází k občasnému přilepení sýrů k hliníkovým obalům. K tomu může dojít v důsledku snížení elektrostatických interakcí a zvýšení negativního náboje kaseinu. V případě použití sýru, jehož hodnota pH se blíží k izoelektrickému bodu přítomného proteinu kaseinu, což je hodnota pH 4,6, je konzistence výsledného produktu tužší až drobná. Hodnotu pH ovlivňuje poměr a koncentrace tavících solí, které jsou při výrobě požitý. Optimální hodnota pH taveného sýru, při které dochází k tvorbě trojrozměrné struktury, která vede ke zpevnění tukových kuliček a zabránění shlukování bílkovin, by měla být v rozmezí od 5,6 – 6,1. [29, 83, 84]

Tavící soli jsou nedílnou surovinou při výrobě tavených sýrů, avšak jejich koncentrace a skladba může značně ovlivnit konzistenci výsledných produktů. Vyšší tuhost výrobků je způsobena použitím tavících solí fosforečnanového či citranového typu (do 3 hm. %). Přidávky tavících solí ovlivňují také výše popsanou hodnotu pH a to tak, že její hodnotu upravují na optimální (5,6 – 6,1). Avšak právě větší přidávky tavících solí fosforečnanového a citranového typu mohou hodnotu pH snižovat a konzistence tavených sýrů je poté suchá, tvrdá až zcela drobná. Z tohoto důvodu se v praxi využívá kombinaci více typů tavících solí. [41, 85 – 87]

Pokud se jedná o fosforečnanové soli, je důležité zdůraznit jejich vliv na iontovou výměnu mezi vápníkem a jednomocnými ionty. Dále tyto soli hrají značnou roli při úpravě hodnoty pH a jeho pufrčních schopnostech při stabilizaci. Tato schopnost u fosforečnanových tavících solí je ovlivněna délkou řetězce skupiny fosforečnanů. Hodnotu

pH nejlépe upravují a stabilizují orthofosforečnany. Obecně platí, že čím delší řetězec – čím větší počet fosforů v molekule, tím se snižuje pufrční schopnost. Tyto soli dále zlepšují emulgaci tuků proteiny, a to tak, že se stabilizujícím se prostředím pH je odebráno více vápenatých iontů z kaseinových řetězců a tím dochází ke zlepšení přirozených emulgačních vlastnostem kaseinu. Může však nastat negativní vliv, kdy dojde v důsledku neustálého zmenšování tukových kuliček a zvětšování jejich povrchu k integraci proteinových řetězců a tím ke zhoršení kvality výsledného produktu. Tento nežádoucí jev špatné emulgace je výsledkem vylučování tukových kuliček z taveného sýru. Při správné emulgaci dochází k příjemnému měkkému tavenému sýru. Soli na bázi fosforečnanů mají dále schopnost ovlivnit tvorbu gelu. Tato vlastnost je ovlivněna typem použitého fosforečnanu, kdy nízkomolekulární fosforečnany mají pozitivní vliv na zesílení matrice gelu, a to větší než polyfosforečnany, které jsou lineární. V případě vysokomolekulárních fosforečnanů je pojednáváno jako o fosforečnanech, které inhibují tvorbu gelu. Důležitou funkci plní fosforečnany během zpracování taveniny a následnému skladování. Dochází k hydrolyze lineárních kondenzovaných fosforečnanů až na nejkratší skupinu fosforečnanů – orthofosforečnany. Rychlost hydrolyzy je nejrychlejší při rozkladu z polyfosforečnanů na difosforečnany, avšak s rozkladem na orthofosforečnany se rychlost zpomaluje. Celý proces hydrolyzy je závislý na čase a teplotě při zpracovávání taveniny a ve výsledku ovlivňuje pufrční vlastnosti a k poklesu afinity tavicích solí k vápenatým iontům. Negativní důsledek se projevuje nežádoucí tvorbou krystalů, k čemuž dochází při hydrolyze fosforečnanů. [3, 38, 41, 45, 70, 81, 86, 88, 89]

V případě využití tavicích solí na bázi citranů se jedná o citrany monosodné a disodné. Tyto citrany se používají společně v předepsaném poměru, jelikož při použití těchto solí odděleně, může docházet ke vzniku nestabilní emulze uvolňující vodu, a to v důsledku překyselení výsledného produktu. V praxi se kombinují například s polyfosforečnany, kdy dochází k vytvoření optimálního pH taveného sýru, také schopnost zvyšovat hydrataci či emulgaci tuků je oproti fosforečnanům nízká. Citrany se dále na rozdíl od fosforečnanů nijak nezapojují do zesílení proteinové matrice. Existují také citrany draselné, ty se však z důvodu tvorby nahořklé chutě výsledných výrobků nepoužívají. [3, 10, 18, 25, 49, 90]

2.1.2 Vliv způsobu zpracování a chlazení taveniny na kvalitu tavených sýrů

Způsob zpracování taveniny a poté její chlazení má také významný vliv na kvalitu a konzistenci tavených sýrů. Nejpodstatnějším faktorem je tavicí teplota, která ovlivňuje

nejen mikrobiologickou kvalitu výrobku v souvislosti s eliminací přítomné mikroflóry, ale také ovlivňuje konzistenci výsledného taveného sýru. Čím vyšší tavící teplota je použita, tím nižší je pevnost sýra. [18, 62, 91]

Způsob zpracování taveniny zahrnuje jak hodnotu tavící teploty, tak především intenzitu a celkovou dobu míchání taveniny a následně rychlost chlazení horké taveniny. Pokud je tavenina udržována delší dobu při vyšších teplotách okolo 85 °C dochází k překřemování a nežádoucímu jevu, který vede k pevné až pudinkové konzistenci, která uvolňuje tuk a dochází k narušení vytvořené emulze. Intenzita a doba míchání horké taveniny podmiňují velikost přítomných tukových kuliček. [14, 22, 29, 35]

V průběhu zpracování taveniny dochází k emulgaci tuku, její zlepšení je možné docílit delším a intenzivnějším mícháním horké taveniny, což se ve výsledku může projevit vyšší tuhostí výsledného sýra. Avšak tento fakt nemusí být vždy pravdivý, jelikož u produktech s obsahem tuku pod 1 % může z důvodu dlouhého tavícího procesu tuhost sýru naopak klesat. [36, 92, 93]

Poslední fází technologického postupu výroby tavených sýrů je fáze chlazení horké taveniny, které již z podkapitoly 1.5. *Technologie výroby tavených sýrů* víme, že musí probíhat velmi rychle, neodkladně po zatavení do obalů, aby nedocházelo k nežádoucím změnám a také růstu nežádoucích psychrotrofních mikroorganismů. Pokud chlazení probíhá příliš dlouho, dochází ke zhoršení tuhosti a také k zhoršení roztíratelnosti konečného produktu. Naopak pomalé chlazení také není vhodné, jelikož může dojít k intenzivnějšímu průběhu Maillardových reakcí a také k vytvoření vhodných podmínek růstu sporotvorných bakterií. Proto tento finální krok musí být opravdu hlídán a prováděn zkušenými pracovníky z důvodu zaručení optimální konzistence výsledných tavených sýrů. [2, 38, 43, 86]

2.1.3 Vliv způsobu skladování na jakost tavených sýrů

Skladování tavených sýrů by mělo probíhat v suchých, dobře větraných prostorách při teplotách do 8 °C, jak již bylo zmíněno v podkapitole 1.5. *Technologie výroby tavených sýrů*. Teploty skladování mohou být i vyšší, ale ve výsledku tento způsob skladování může vést k nežádoucí změně barvy – ztmavnutí a možné ztrátě některých nutričně významných složek. Tato změna barvy je způsobena Maillardovu, neenzymatickou reakcí, při které dochází k degradaci aminokyselin a redukci laktózy – mléčného cukru. [3, 70, 80, 94]

I během skladování může dojít k určitým jakostním změnám. Tyto změny jsou ovlivněny právě podmínkami při skladování a použitým obalovým materiálem. Během skladování nejčastěji dochází k patrnému tuhnutí, jež je nejintenzivnější na počátku skladování, během prvních 6 měsíců. Faktory, které mohou ovlivňovat skladování zahrnují rozklad tavících solí, změny disociace tavících solí, změna hodnoty pH k nižší než původní hodnotě či mnohotvárnost mléčného tuku, která může dále vést k nežádoucí krystalizaci tavených sýrů. Nesprávné skladování také ovlivňuje obsah těkavých látek ve výrobku, které mohou negativně ovlivnit aroma výrobku a celkovou senzorickou hodnotu. [22, 32, 84, 95, 96]

2.1.4 Mikrobiologická jakost tavených sýrů

Mikrobiologická jakost tavených sýrů je ze značné míry ovlivněna již na začátku výroby samotných sýrů, a to výběrem kvalitních surovin a následným dodržováním podmínek technologického postupu výroby. Je nutné dodržovat předepsané teploty, jak tavící při procesu tavení, tak teploty chladicí při uchovávání výrobků. Dále je nutné upravení požadované hodnoty pH a v neposlední řadě pravidelná sanitace závodu, kde by mohlo dojít k případné kontaminaci mikroorganismy z vnějšího prostředí a dodržování hygienických podmínek během výroby. [18, 97 – 99]

U tavených sýrů se může vyskytovat jen malé množství mikroorganismů, neboť převážná většina by měla být, včetně spor, zlikvidována během pasterace. A vzhledem k tomu, že se během výroby do taveniny nepřidává žádná čistá mlékařská kultura, zůstávají sporotvorné mikroorganismy monokulturou, která se ale nemnoží, jelikož je udržována hodnota pH na 5,7 a při tomto pH nedochází k množení těchto mikroorganismů. Avšak i přesto, že by potraviny, které byly tepelně ošetřeny neměly obsahovat žádné vegetativní patogeny a měly by být bezpečné, tak i v průběhu tavení mohou přežívat sporulující plynotvorné a peptonizující klostridia, která mohou způsobovat tzv. šelest a následné duření v zabalených tavených sýrech. Dále mohou být hotové tavené sýry napadeny bakteriemi netvořícími spóry, a to v důsledku rekontaminace při jejich výrobě či z obalového materiálu, který nesmí být porézní z důvodu nepropustnosti plísní a jejich spór, musí být impregnovaný a na hranách nesmí být křehký. [15, 98, 100]

2.1.5 Senzorická jakost

Senzorická jakost je především z hlediska zákazníka nejzásadnějším parametrem při výběru jakéhokoliv výrobku, jelikož se jedná o první pohled na výrobek, který spotřebitel

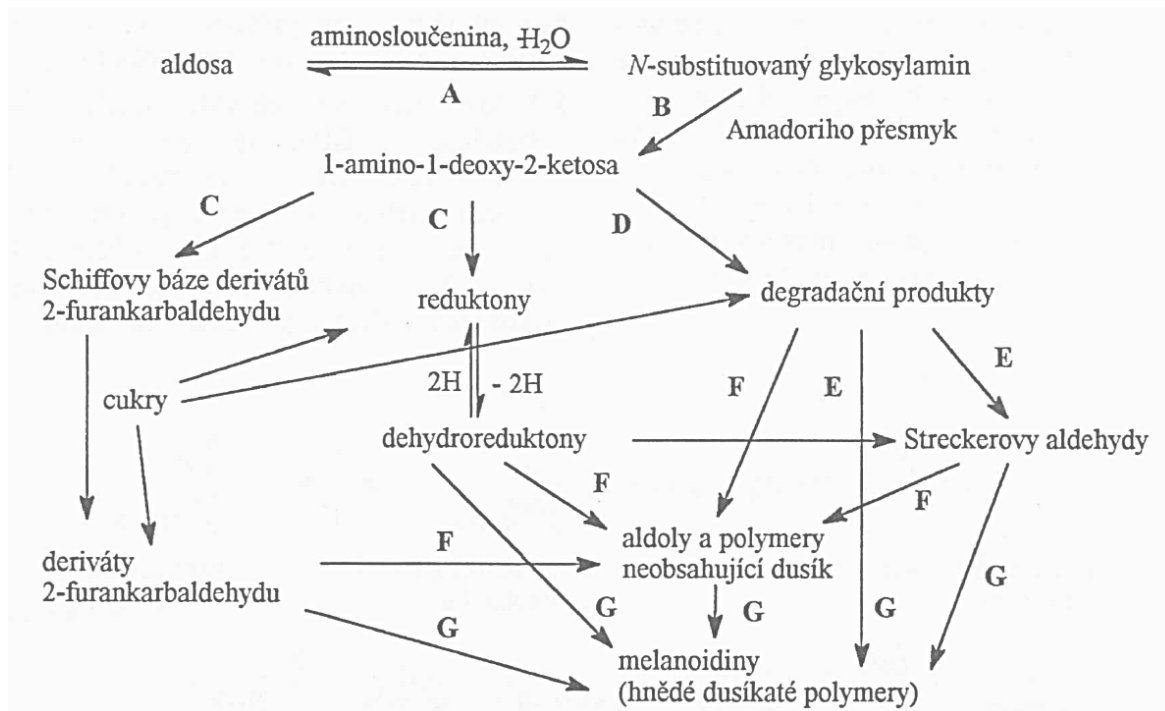
vidí, případně cítí. Zda se jedná o zdravotně závadný či nezávadný výrobek lze prvotně zhodnotit právě zrakovými vjemy. Senzorickou analýzu rozumíme posouzení organoleptických vlastností výrobku všemi lidskými smysly, a to jak zrakovými, sluchovými, chuťovými, čichovými, ale také vjemy taktilními, kinestetickými, teplotními a vjemy bolesti. Senzorické hodnocení je nedílnou součástí posouzení kvality výrobku a před uvedením do tržního oběhu, je prováděno odbornými hodnotiteli. [37, 60, 75, 101]

Senzorické hodnocení v praxi probíhá v izolovaných kójičích, kde nedochází k vlivům vnějšího podnětu, vlivům prostředí, zahrnující cizí pachy, špatné osvětlení, hluk a ostatních rušících vlivům. K základním charakteristikám sensorického posuzování tavených sýrů patří především barva, zahrnující vzhled, texturu, homogenní strukturu a nepřítomnost vzduchových kavern, a poté chuť a vůně tavených sýrů. Právě přítomnost kavern je nežádoucím viditelným jevem, jelikož naznačuje sekundární fermentaci v důsledku aktivity bakterií máselného kvašení, neboť jejich spory jsou schopny přežít tavicí teploty, a tudíž proces tavení. [26, 75, 83, 102 – 104]

Právě barva je pro běžného spotřebitele velice rozhodujícím faktorem. Jak již bylo zmíněno výše, k barvení tavených sýrů se mohou používat pouze sýrařská barviva, která jsou schválena legislativou. Vzhledem k tomu, že mléko je přirozeně zabarveno bíle až jemně krémově, výrobky z něj jsou poté v podobném zabarvení. Tato bílá barva je zaručena složením mléka, a to mléčného tuku, který se nachází ve formě tukových kuliček a také zčásti mléčnou bílkovinou – kaseinem, který je agregován ve formě kaseinových micel. Žlutý nádech zabarvení v mléčných výrobcích, především u sýrů, je výsledkem přítomnosti přírodního barviva retinolu, případně karotenoidů. Tato barviva se vyskytují přirozeně v mléce a není zde zásah umělého barvení. K nejčastější nežádoucí změně barvy, a to v hnědou barvu, dochází především v průběhu skladování. K hnědnutí dochází na základě Maillardových reakcí, které způsobují neenzymové hnědnutí v důsledku redukce laktózy a aminokyselin. Během Maillardových reakcí dochází k tvorbě reaktivních karbonylových substancí, které následně reagují s redukovanými aminokyselinami, což se projeví ve vzniku hnědých pigmentů, které se nazývají melanoidiny. [43, 94, 105 – 108]

Právě v důsledku Maillardovy reakce, která ve výrobku probíhá, dochází k organoleptickým změnám, které zahrnují nežádoucí změnu vůně, chuti a zmíněné barvy, dále také dochází ke snížení nutriční hodnoty výsledného produktu. K těmto reakcím dochází právě v důsledku špatného skladování. Maillardovy reakce jsou ovlivněny jak

teplotou, pH vnějšího prostředí, dostupnosti a druhu přítomných reaktantů, aktivitou vody a dobou samotné reakce. [43, 105, 107]



Obrázek 2.: Schematické znázornění Maillardovy reakce

Dalšími sensorickými faktory, na které je spotřebitelem kladen velký důraz jsou chuť a vůně tavených sýrů. Komplexně se vjem chutě a vůně označuje jako *flavour*, jelikož je chuť velice úzce spojená s čichem. Termín *flavour*, který se používá převzetím z anglické terminologie, označuje příjemnou chutnost či aroma. Naproti tomu termín *off-flavour* determinuje spíše nepříjemnou či nepřirozenou vůni a chuť, v češtině se tento vjem dá identifikovat jako pachů, cizí aroma či příchů. [15, 60, 104, 109]

V případě tavených sýrů se tyto vlastnosti hodnotí na základě použitého přírodního sýru, který vykazuje charakteristickou chuť či vůni. Stejně jako v případě barvy, se chuť a vůně mění v důsledku skladování, a to kvůli probíhajícím Maillardovým reakcím. Další důvod změny chutě a vůně je pro oxidaci lipidů, během které dochází k vzniku karbonylových sloučenin a degradaci lipidů, což způsobuje nežádoucí *off-flavour* u tavených sýrů. Dalším faktorem je enzymová aktivita mikroorganismů, které i přes pasterační zákrok během diskontinuálního technologického procesu, mohou mít jistý stupeň proteolytické aktivity, jež způsobuje nejen změny ve složení, ale také změny

organoleptických vlastností. Dalším faktorem ovlivňující chuť a vůni může být složení obalového materiálu a jeho bariérové vlastnosti, dále popsáno v podkapitole *2.1.6 Vliv světla a obalů na kvalitu tavených sýrů*. [83, 110 – 112]

U tavených sýrů dochází k hořknutí, a to v důsledku akumulace hořkých peptidů, které vznikají jako vedlejší produkty při enzymové proteolýze. Za zmínku hořkých peptidů stojí například tyrosin, prolin, tryptofan, valin a leucin. Avšak za hlavní původ hořkých peptidů se považuje α_{S1} -kasein. K zabránění hořkosti, která je u tavených sýrů nežádoucí, se zavádí kroky, které zahrnují kontrolu podmínek, při kterých probíhá hydrolýza a také správnou volbou proteáz. Dalším způsobem redukce hořkosti je použití endopeptidáz, které transformují hořké peptidy na nehořké peptidy o vyšší molekulové hmotnosti, které se nazývají plasteiny. Jedná se o tzv. plasteinovou reakci. [15, 43, 89, 92, 113]

2.1.6 Vliv světla a obalů na kvalitu tavených sýrů

Kvalitu tavených sýrů ovlivňuje také přístup světla do hotových výrobků. Toto ovlivnění jakosti souvisí víceméně se skladováním sýrů. Dle jednoho experimentu, tavený sýr, který byl skladován v uzavřených nádobách po dobu jednoho roku podlehl různým změnám v závislosti na teplotě skladování a vystavení světlu. Právě expozice světla v tomto experimentu vyvolala tvorbu lipidů peroxidu, které nejsou stabilní při vyšších teplotách. Barvivo riboflavin při vystavení světla degradoval, naproti tomu karoten degradován nebyl. [90, 105, 107, 110, 114]

Mléčné výrobky jsou celkově velmi citlivé na oxidaci světlem. Tato skutečnost je v souvislosti s přítomností zmíněného riboflavinu – vitamínu B, který funguje jako silný foto senzibilizátor. Riboflavin je schopen absorbovat viditelné a UV světlo a přenášet tak tuto energii do vysoce reaktivních forem kyslíku. Přítomný kyslík následně podléhá oxidačním reakcím, které vedou k oxidaci lipidů a proteinů v tavených sýrech. V tomto případě dochází k vývoji off-flavour chutí, ztrátě živin a odbarvení přítomných pigmentů. [84, 111, 112]

Kyslík se v důsledku působení světla a jeho následné oxidace, může do výrobku dostat skrz obal nebo se již ve výrobku může v menším množství vyskytovat příčinou špatného zabalení a zatavení hliníkové fólie hotových výrobků. Záleží na materiálu, ve kterém je tavený sýr zabalený. Pokud se jedná o plastové obaly, tak rychlost přenosu kyslíku bude záviset na typu polymeru, ze kterého je obal vyrobený. Mezi kvalitativní vady související s přístupem kyslíku souvisí také nežádoucí krystalizace tavených sýrů, při

kteří se na povrchu tvoří jemné bílé práškové potahy ve tvaru krystalových mřížek. Tyto vady způsobují neestetický dojem a mohou být vyloučeny z prodeje. [94, 104, 108]

2.2 Vady tavených sýrů

Výskyt vad u tavených sýrů souvisí jak se zpracováním přírodního sýru jako prvotní suroviny a dalších složek v průběhu technologického postupu, tak s následným skladováním a případnou další manipulací s hotovými výrobky. Případné vady závisí na faktorech popsaných v kapitole výše, zabývající se různými vlivy na jakosti tavených sýrů. [29, 62, 115, 116]

2.2.1 Vady konzistence hotových výrobků

Vady v konzistenci mohou vznikat přebytečným krémováním, jež může být způsobena nadměrným přídavkem taveniny a tavicích solí, které při nedodržení podmínek podporují bobtnání a tvorbu vzduchových bublin. V důsledku vysokého pH, vyššímu přídavku vody či nevhodně zvolené tavicí soli, má ve výsledku tavený sýr nedostatečně tuhý a příliš pružnou konzistenci. Naopak při nízkém pH vzniká sýr hodně tuhý. [62, 112, 117]

Ve výsledku všechny vady, které způsobují špatnou, nežádoucí konzistenci, souvisí s nesprávnou volbou tavicích solí, nedostatečným či nadměrným přídavkem vody, nedodržení optimální hodnoty pH, špatné použití konzervačních činidel. Dále volba nevhodné vstupní suroviny, jež může být hodně mladá nebo stará, nedostatečné technologické zpracování zahrnující nedostačující čas tavení nebo rychlé zchlazení taveniny. Dalším důvodem vzniku vad v konzistenci souvisí s neodpovídajícím přídavkem sušeného mléka nebo sušené syrovátky. [104, 115, 116]

Mezi vady v konzistenci tavených sýrů můžeme zařadit výše zmíněný sýr, který není dostatečně tuhý a pružný, v opačném nevhodném případě může být sýr příliš tuhý. Hotový výrobek, který má mít hladkou jemnou konzistenci a má být roztíratelný, tak je gumovitý. Dále může z důvodu jednorázového přídavku vody, dojít ke zvlhnutí taveného sýru. Z důvodu volby vysokoalkalických tavicích solí dochází k lepivosti, mazlavosti a sýr není dostatečně zkrémovatěný. Z důvodu vyšší hodnoty pH je výsledný produkt drobný až krupičkovitý. [87, 92, 118]

2.2.2 Vady chuti a vůně hotových výrobků

Vady chuti a vůně hotových výrobků tavených sýrů jsou ovlivněny především v průběhu skladování, kdy dochází k Maillardovým reakcím a dalším reakcím jako je například

oxidace lipidů. Tyto vady však mohou úzce souviset s nevhodnou volbou surovin a nedodržení podmínek tavení v průběhu výroby tavených sýrů. [105, 108]

Mezi vady chuti a vůně můžeme zahrnout například chuť slanou či kyselou, jež je způsobena použitím přesolených či překyselených přírodních sýrů. V případě použití přezrálých sýrů může dojít ke štiplavé až ostré chuti. Hořká a mýdlovitá chuť související s pachem je způsobena použitím starých sýrů. Vařivý či připálený pocit chuti je zapříčiněn příliš vysokou tavicí teplotou nebo přebytečně dlouhou dobou tavení. Z důvodu rozkladných kroků v taveném sýru, dochází k pocitu hnilobné chuti. Další vadou z hlediska sensorického může být chuť po chemikáliích, která je způsobena nevhodnými přísadami konzervačních činidel či nevhodným použitím tavicích solí. [99, 111, 116]

2.2.3 Ostatní vady hotových výrobků

Mezi ostatní vady tavených sýrů může být zařazeno oddělování tuku, které je způsobeno špatnou volbou kombinace použitých přírodních sýrů, případně nepřiměřenou dávkou tavicích solí. Plesnivý tavený sýr je způsoben nedokonalým zatavením horké taveniny do hliníkových obalů. V tom případě se do sýra dostává vzduch a v důsledku toho sýr navlhne a vznikne vhodné prostředí pro růst plísní. Pokud při výrobě nedojde k homogenní rozemletí kůry přírodních sýrů, případně všech ostatních surovin, dochází k tvorbě hrudek v tavenině a výsledkem je sýr s nestejnou homogenní strukturou. [62, 116, 119]

Mezi další vady hotových výrobků může být písčitosť tavených sýrů. Příčinou tvorby krystalek jsou vykrystalizované orthofosfáty nebo polyfosfáty, které jsou ve vazbě s vápníkem. V souvislosti s krystalizací dochází buď k jednotlivému rozhození krystalků solí ve hmotě sýra nebo k tvorbě větších krystalků na povrchu či uvnitř sýra. Ve výsledku vykazuje hotový tavený sýr hrubou konzistenci s případnou nedostatečnou vazbou. [43, 116]

3 FAKTORY PŮSOBÍCÍ NA REOLOGICKÉ VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ

Reologie se zabývá studiem deformace a proudění tekutin, zahrnující základní parametry jako jsou pružnost, plasticita a viskozita. Pokud jsou aplikovány velké deformace, využívá se TPA, naopak při malých deformacích je využívána právě reologie. Stav dané látky je charakterizován třemi hlavními typy chování v závislosti na povaze toku. Jedná se o tzv. časově nezávislé kapaliny, jejichž příkladem může být voda, olej a med. Časově závislé kapaliny zahrnují tuky, želé či barvy. V případě sýrů se jedná o kapaliny viskoelastické, tudíž mají vlastnosti viskozity i elasticity a jejich tok je nevratný. Reologické měření tavených sýrů je tedy časově obtížné. K měření reologických vlastností nejen tavených sýrů se používá přístroj reometr. [120 – 123]

Reologické a texturní vlastnosti tavených sýrů jsou ovlivňovány řadou faktorů, které mají následně vliv na chuť, vzhled a další atributy důležité pro spotřebitele. Vlastnosti ovlivňující mechanické nebo fyzikální vlastnosti taveného sýru jsou označovány jako funkční vlastnosti neboli vlastnosti pro konečné použití. Tyto vlastnosti zahrnují tavitelnost, roztažitelnost, schopnost tvorby volného oleje a hnědnutí. [117, 124]

Jednoduché reologické testování může být hlavním nástrojem pro pochopení reverzibilních a ireverzibilních dějů, které probíhají v tavených sýrech, a to v případě vystavení vysokých teplot. Pro charakteristiku reologických vlastností u tavených sýrů se používají termíny komplexního modulu označující celkovou tuhost a fázového úhlu, který udává pružnost sýru. [59, 125]

3.1 Texturní vlastnosti tavených sýrů

Texturní vlastnosti tavených sýrů jsou ovlivněny použitím surovin pro jejich výrobu. Především se jedná o použitý přírodní sýr a následně použitý tuk, a to mléčný tuk či rostlinný olej. Veškeré suroviny určitým způsobem ovlivňují mikrostrukturu, texturu, reologii, texturní a funkční vlastnosti tavených sýrů. [3, 117, 126, 127]

Texturní vlastnosti závisí na stupni prozrálosti použitého přírodního sýru. Pokud je na výrobu tavených sýrů použit mladý, nedozrálý přírodní sýr, který je charakterizován nízkým stupněm proteolýzy kaseinů a vysokou tavíci schopností, mikrostruktura, reologie a texturní vlastnosti nejsou nějak značně ovlivněny. Sice se použitím tohoto typu přírodního sýru snižují náklady na vstupní surovinu, ale výsledkem je relativně pevný sýr

s vysokou vodní absorpční kapacitou, tavené sýry jsou sice dobře krájitelné, ale během skladování jsou náchylné na tvrdnutí. V opačném případě použití sýru, který vykazuje silnější proteolýzu, je výsledná textura tužší, neboť dochází ke snižování délky kaseinových jednotek. V tomto případě se zvyšují náklady na vstupní surovinu, nicméně výsledný tavený sýr je chutnější, dobře tekutý, avšak disponuje také negativní vlastností, jež je měkkost a také to, že sýr vykazuje nízkou stabilitu emulze. Méně prozrálé sýry se tedy používají pro výrobu blokových tavených sýrů a více prozrálé sýry pro výrobu roztíratelných tavených sýrů. [22, 79, 93, 128, 129]

3.2 Faktory ovlivňující texturní vlastnosti tavených sýrů

Textura je řazena mezi psychofyzikální veličiny a je jednou z nejdůležitějších faktorů při volbě výrobku spotřebitelem. Dle normy ČSN ISO 11036 je textura definována jako veškeré mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti výrobku, které jsou vnímatelné prostřednictvím mechanických, dotykových a případně zrakových a sluchových receptorů. Proškolení posuzovatelé porovnávají výrobky s jinými, podobnými výrobky a následně stanoví povahu a texturu hodnoceného výrobku. K měření textury se využívá texturních analýz a příslušných přístrojů – texturometrů. [59, 129, 130]

Texturní vlastnosti jsou tedy, jak bylo výše zmíněno, ovlivněny převážně použitím vstupní suroviny. V případě použití více zralého přírodního sýru, dochází ke snížení gumovitosti, lepivosti a tvrdosti výsledného produktu. Dále jsou tyto vlastnosti ovlivněny obsahem sušiny a tuku v sušině přírodního sýru, typem a kvantitou použitých tavicích solí, a v neposlední řadě podmínkami během technologického zpracování. V případě volby přírodního sýru s nižším obsahem sušiny, klesá tuhost výrobků, naopak použitím sýru s vyšším obsahem sušiny, získáme sýry s roztíratelnější konzistencí. Správná volba tavicích solí má také značný vliv na texturní vlastnosti, jelikož různé tavicí soli působí různým mechanismem za vzniku požadované konzistence. [22, 125]

V případě zpracování taveniny, je nejvýznamnějším vlivem intenzita a délka míchání horké taveniny, protože tato kritéria určují velikost přítomných tukových kuliček. K výrobě ideálního taveného sýru musí být zvoleny vhodné teploty a doba míchání. Se zvyšující se intenzitou a délkou míchání dochází ke zvýšení tuhosti výsledných výrobků, naopak se snižující se intenzitou a dobou míchání taveniny se může tuhost výrobků snižovat. Dále také, v případě zvýšení intenzity míchání, dochází ke zmenšování tukových kuliček a tím ke zlepšení jejich rozprostření v bílkovinné matici, což se ve výsledku

projeví tužší strukturou konečného produktu. Ve finální kroku – chlazení – je nutné opět postupovat opatrně a pozorně. Pokud chlazení probíhá příliš dlouho, projeví se to ve zhoršené roztíratelnosti a větší tuhosti výsledných tavených sýrů. V poslední řadě hraje značnou roli způsob skladování konečných produktů. Pokud jsou výrobky skladovány po nadbytečně dlouhou dobu, dochází ke zvýšení jejich tuhosti, čemuž napomáhá také hydrolýza polyfosforečnanových tavicích solí. Tato hydrolýza ve výsledku snižuje afinitu k vápenatým iontům a jejich postupnému uvolňování, což vede k jejich zapojení do bílkovinné matrice. Během skladování může docházet k tvorbě nežádoucích krystalů, které mohou negativně ovlivnit senzory jakost tavených sýrů. [59, 131, 132]

Mezi hlavní faktory ovlivňující výslednou texturu patří hodnota pH. Se zvyšujícím se pH dochází ke zvýšení tavitelnosti a současně ke snížení viskozity. V případě použití vyššího množství emulgačních činidel, zvyšuje se hodnota pH. Se snižující se hodnotou pH dochází k moučnatosti roztíratelných tavených sýrů, jejich textura je suchá, drobivá a dochází k uvolňování volného tuku a tím ke snížení emulgačních vlastností taveniny. [123, 131, 133]

3.3 Reologické měření

Reologické měření či analýzu provádíme přístroji k tomu určenými. Z reologického hlediska mají tavené sýry jak viskózní, tak elastické vlastnosti. Reologické vlastnosti lze získat pomocí dynamické stresové reometrie. V této metodě analýzy reologických vlastností se modul skladování, charakterizující elastické vlastnosti, modul ztráty, charakterizující viskózní vlastnosti a ztrátový úhel tangens, stanoví teplotním rozmezí (které je obvykle 25 – 90 °C). Tyto hodnoty, které byly v takové analýze získány, lze použít k charakteristice fyzikálních vlastností jak roztaveného, tak neroztaveného taveného sýru. Dynamická stresová reometrie je tedy metoda vhodná k rychlému stanovení fyzikálních vlastností tavených sýrů. [120, 121]

Dynamická stresová reometrie spočívá v použití válcového vzorku o výšce přibližně 2 mm a průměru 30 mm, který se vloží mezi dvě rovnoběžné desky v reometru. Aby nedošlo ke sklouznutí vzorku, používají se ozubené desky nebo se vzorek lepí na brusný papír na horní desku v reometru. Před stanovením se provádí rozmach napětí při frekvenci 1,5 Hz a napětí v rozmezí 1 až 3000 Pa při teplotě 25 °C. Tento krok se provádí z důvodu dosažení maximální meze napětí pro lineární viskoelastickou oblast. Poté se v této oblasti, zatímco se vzorek zahřívá, provede dynamická reologická analýza. Tato metoda je

velice výhodná ve velmi rychlém stanovení fyzikálních vlastností příslušného vzorku v širokém rozmezí teplot, avšak nevýhodou je pořizovací cena tohoto reometru a k provozu je nutné odborných znalostí proškoleného analytika. [79, 124]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo sledovat změny reologických vlastností tavených sýrů na základě postupného přidávání vody při jejich výrobě. Pro dosažení cílů byla práce rozdělena na dvě části, a to teoretickou a praktickou.

Pro získání teoretických znalostí byla zpracována literární rešerše, která:

- Popisuje základní charakteristiku tavených sýrů a podobných produktů
- Charakterizuje suroviny potřebné pro výrobu tavených sýrů a technologii výroby tavených sýrů
- Dále zahrnuje skladbu surovinové směsi, která má vliv na kvalitu tavených sýrů
- V poslední kapitole věnuje pozornost faktorům, které působí na reologické vlastnosti tavených sýrů

Pro vytvoření praktické části bylo stanoveno několik dílčích cílů:

- Vyrobit modelové vzorky tavených sýrů o obsahu sušiny 40 % (w/w) a obsahu tuku v sušině 50 % (w/w)
- Během výroby všech modelových vzorků dodržet podmínky technologického postupu, a to rychlost míchání (3000 otáček / minutu) a stejnou délkou výdrže (1 minuta) tavicí teploty 90 °C.
- U modelových vzorků provést texturní profilovou analýzu, dále dynamickou oscilační reometrii charakterizující viskoelastické vlastnosti a základní fyzikálně – chemickou analýzu (stanovení obsahu sušiny a hodnoty pH)
- Provést chemickou analýzu ve stanovení obsahu sušiny v 2. a 30. den v průběhu skladování. Následně 2., 14. a 30. den provádět měření pH a dynamickou oscilační reometrii a texturní a senzorickou analýzu pouze v 2. den po výrobě modelových vzorků

5 METODIKA PRÁCE

Experimentální část diplomové práce v první řadě zahrnovala výrobu modelových vzorků tavených sýrů s přísadkou vody přidávané do směsi v různých intervalech během jejich výroby. Všechny tyto vzorky obsahovaly 40 % (w/w) sušiny a 50 % (w/w) tuku v sušině. Bylo vyrobeno osm vzorků, z toho na výrobu čtyř byla použita Eidamská cihla, která byla uchovávána v chladírenské režimu při teplotě $6\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Další čtyři vzorky byly vyrobeny z Eidamské cihly, která byla předem lyofilizovaná a následně dezintegrovaná na prášek. Modelové vzorky byly zabaleny do plastových misek, chlazeny a skladovány při chladírenské teplotě cca 6 °C . Všechny tyto vzorky byly, dle časového harmonogramu podrobeny základní fyzikálně – chemické a reologické analýze, a to v den 2., 14. a 30.

5.1 Výroba modelových vzorků tavených sýrů

Modelové vzorky tavených sýrů byly vyrobeny dle surovinové skladby tak, aby jejich výsledná hodnota obsahu tuku v sušině činila 50 % (w/w) a obsah sušiny činil 40 % (w/w).

Pro výrobu modelových vzorků byly použity základní suroviny:

- Eidamská cihla, obsah TVS 30 % (w/w), výrobce Lacrum Velké Meziříčí s.r.o.
- Čerstvé máslo, obsah TVS 80 % (w/w), výrobce Lacrum Velké Meziříčí s.r.o.
- Pitná voda
- Směs tavicích solí (DSP – hydrogenfosforečnan sodný (Na_2HPO_4), MSP – dihydrogenfosforečnan sodný (NaH_2PO_4), TSPP – difosforečnan tetrasodný ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), POLY 69), výrobce Fosfa a.s., Břeclav.

Samotná výroba modelových vzorků zahrnovala několik kroků. V prvním kroku byl čerstvý Eidamský sýr nakrájený na menší kousky, rozdrčen a rozmělněn pomocí rotačních nožů při 3000 otáčkách za minutu. Po uplynulé době 60 sekund, co byl sýr dostatečně rozmělněn, byly přidávány další suroviny jako máslo, tavicí soli a pitná voda v různých intervalech. Stejným způsobem byly vyrobeny i vzorky z lyofilizovaného sýra. V obou případech čerstvého a lyofilizovaného sýra byly vyrobeny čtyři analogické typy vzorků, a to s přísadkou vody v různých intervalech míchání směsi. Voda byla přidávána v poměrech 90/10, 75/25, 50/50 a 100. V případě vzorku značeném jako 100, bylo veškeré recepturní množství pitné vody do směsi přidáno hned na začátku, poté byla směs míchána a následně podrobena procesu tavení. Dále vzorek značený 90/10 udává, že 90 % recepturního množství pitné vody bylo přidáno na začátku a po 6 minutách míchání bylo přidáno

zbylých 10 % vody. U vzorku značeném jako 75/25 bylo na začátku přidáno 75 % recepturního množství pitné vody a po 6 minutách míchání, bylo do směsi přidáno zbylých 25 %. V případě vzorku značeném 50/50 to bylo přesně napůl, tedy 50 % recepturního množství pitné vody bylo přidáno na začátku a 50 % bylo přidáno po 6 minutách míchání. Poté následoval proces tavení u všech vzorků, který probíhal při teplotě 90 °C s výdrží 1 minutu, při 3000 otáčkách za minutu. Vyrobené horké taveniny byly nalévány do plastových misek (potřebné na fyzikálně – chemickou analýzu a reologii), které byly zakryty plastovými víčky. Malé vzorky z každé taveniny byly nality do menších kelímků, které byly zataveny hliníkovými víčky. Tyto vzorky sloužily pro texturní analýzu modelových vzorků, která se stanovovala 2. den po výrobě. Všechny misky a kelímky byly správně popsány, aby nedošlo k záměně při analýzách. Takto opatřené vzorky byly poté vychlazeny při laboratorní teplotě a poté vloženy do lednice a skladovány při teplotě cca 6 °C do doby každé analýzy. Byly vyrobeny následující modelové vzorky tavených sýrů.

Modelové vzorky taveného sýru z Eidamské cihly:

- Modelový vzorek (EC_40/50_100) s přidavkem vody v poměru 100:0
- Modelový vzorek (EC_40/50_90/10) s přidavkem vody v poměru 90:10
- Modelový vzorek (EC_40/50_75/25) s přidavkem vody v poměru 75:25
- Modelový vzorek (EC_40/50_50) s přidavkem vody v poměru 50:50

Modelové vzorky taveného sýru z lyofilizované Eidamské cihly

- Modelový vzorek (LYO_40/50_100) s přidavkem vody v poměru 100:0
- Modelový vzorek (LYO_40/50_90/10) s přidavkem vody v poměru 90:10
- Modelový vzorek (LYO_40/50_75/25) s přidavkem vody v poměru 75:25
- Modelový vzorek (LYO_40/50_50) s přidavkem vody v poměru 50:50



Obrázek 3.: Modelové vzorky tavených sýrů (*vlastní fotografie*)

5.2 Základní fyzikálně – chemická analýza

U všech osmi modelových vzorků byla ve stanovených časových intervalech prováděna základní fyzikálně – chemická analýza. Tato analýza zahrnovala měření pH při každém odběrovém dni a v den 2. a 30. stanovení obsahu sušiny. Všechny tyto analýzy probíhaly v laboratorních podmínkách dle stanovených předpisů.

5.2.1 Stanovení pH

Vodíkový exponent neboli pH je definován jako záporně vzatý dekadický logaritmus vodíkových kationů, je vyjadřován dle vztahu: $\text{pH} = -\log c(\text{H}^+)$ a určuje, zda se roztok bude chovat kyselě či zásaditě.

Stanovení pH bylo prováděno potenciometricky pomocí vpichového pH metru (Foodcare HI 99161, výrobce Hanna Instruments), určeného pro měření pH v potravinách a mléčných výrobcích. Hodnoty pH byly měřeny při každém odběrovém dni, a to při laboratorní teplotě pohybující se okolo 21 ± 2 °C. Měření bylo u všech zhomogenizovaných vzorků prováděno na šesti různých místech vpichem skleněné elektrody do příslušného vzorku modelového taveného sýru v plastových miskách. Měření na tolika místech bylo prováděno z důvodu možných odchylek a faktorů, které mohly mít vliv na pH při celkovém technologickém postupu výroby.



Obrázek 4.: pH metr Foodcare HI 99161 (*vlastní fotografie*)

5.2.2 Stanovení celkového obsahu sušiny

Celkový obsah sušiny byl u modelových vzorků analyzován 2. den po výrobě a následně v den 30. – poslední den analýz. Stanovení probíhalo gravimetricky a jako nasávací hmota byl použit křemenný písek. Stanovení bylo prováděno dle postupu uvedeném v ČSN EN ISO 5534:2005 o stanovení obsahu celkové sušiny.

Prakticky se vzorky odvažovaly do předem vysušených hliníkových misek. Předsušení misek obsahujících křemenný písek probíhalo při teplotě okolo 102 °C, poté došlo k ochlazení písku na laboratorní teplotu a bylo započato vážení. Pomocí kovové lžičky byly přibližně 3 g analyzovaného vzorku odváženy na analytických vahách s přesností na čtyři desetinná místa. Takto byly od každého modelového vzorku odváženy dva vzorky určené ke stanovení obsahu sušiny a následně pomocí skleněné tyčinky promíchány s křemenným pískem. Modelových vzorků bylo osm, tudíž vzorků k analýze bylo šestnáct. Po důkladném promíchání analytu s pískem, byly misky uloženy do sušárny na přibližně 3 hodiny při teplotě okolo 102 °C. Sušením v sušárně došlo ke konstantnímu úbytku hmotnosti a po sušení byly misky vloženy do exsikátoru, kde proběhlo jejich ochlazení. Poté byly vzorky zváženy opět na analytických vahách. Veškeré hodnoty prázdných misek, misek se vzorky a misek po sušení byly pečlivě zaznamenány pro požadované vyhodnocení.

Pro výpočet obsahu celkové sušiny byly použity rovnice níže:

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100 \quad S = 100 - W$$

Kde: W ... obsah vody [% (w/w)]

m_1 ... hmotnost hliníkové misky obsahující křemenný písek [g]

m_2 ... hmotnost hliníkové misky obsahující křemenný písek a navážený vzorek sýra před sušením [g]

m_3 ... hmotnost hliníkové misky obsahující křemenný písek a navážený vzorek sýra po sušení [g]

S ... obsah sušiny [% (w/w)]

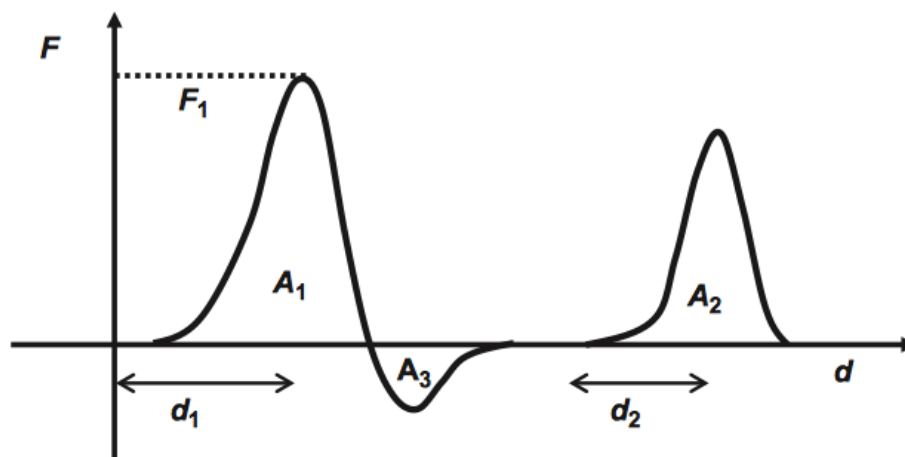


Obrázek 5.: Proces přípravy modelových vzorků ke stanovení celkového obsahu sušiny (vlastní fotografie)

5.3 Texturní profilová analýza

Texturní profilovou analýzu je možno zařadit jako určitou část sensorického hodnocení potraviny. Vzhled a kvalita textury a celkově mechanické vlastnosti potravin jsou pro spotřebitele jedním z prvních ukazatelů kvality. Avšak nejen z pohledu spotřebitele je textura důležitým faktorem, ale je také důležitým ukazatelem pro stanovení vlastností při skladování. Podle textury lze analyzovat také odolnost výrobku vůči mechanickým účinkům související s analýzou mechanického chování potraviny při samotné konzumaci. Texturu lze dle ČSN ISO 11036 definovat jako mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti výrobku, vnímatelné prostřednictvím mechanických, dotykových, případně zrakových a sluchových receptorů.

Přístrojovou metodou texturní profilové analýzy se imituje proces žvýkání potravy a v závislosti na tomto vjemu jsou určeny tzv. texturní parametry. Tyto parametry jsou však ovlivněny faktory, mezi které řadíme hodnotu pH, charakter použitého přírodního sýru, množství a druh tavicích solí a také technologické zpracování taveniny. Mezi texturní parametry jsou řazeny křehkost, elasticita, kohezivnost, přilnavost, tvrdost, plastičnost, žvýkatelnost a gumovitosti.



Obrázek 6.: Křivka texturní profilové analýzy ($d = \text{čas [s]}$, $F = \text{síla [N]}$)

Tvrdostí (*Hardness*) je charakterizována vlastnost textury, který se vztahuje na sílu, která je potřebná k docílení dané deformace nebo penetrace výrobku. Z pohledu sensorického hodnocení se jedná o jev, kdy je potravina stlačena mezi zuby či jazykem a patrem. Čím větší hodnoty maximálního píku křivky (znázorněn na obrázku 6 jako plocha A1) jsou, tím tvrdší je výrobek a tím více síly je potřebné k deformaci taveného sýra.

Soudržnost (*Cohesiveness*) představuje texturní vlastnost, která souvisí s mírou možné deformace materiálu před tím, než dojde k jeho porušení. Lze ji definovat jako sílu vnitřních vazeb, které tvoří danou potravinu. Z obrázku 6 je možné vidět plochu A2 a plochu A1, jejichž poměrem dostaneme právě tento parametr.

Lepivost (*Adhesiveness*) neboli relativní lepivost je dána prací, která je potřebná ke zdolání přitažlivých sil mezi povrchem potraviny a povrchem sondy. V praxi se jedná o mechanickou vlastnost, která se vztahuje k síle potřebné k eliminaci ulpívající látky v ústech. Tuto vlastnost je možné charakterizovat jako poměr absolutní hodnoty plochy záporného píku A3 k ploše kladného píku plochy A1 znázorněné na obrázku 6.

Dalšími texturními parametry jsou pružnost (*Elasticity*), která odpovídá rychlosti návratu deformovaného materiálu do původního stavu. Dále žvýkatelnost (*Chewiness*) jež vyjadřuje energii, která je potřebná k požívání tuhé potraviny do stavu, ve kterém je možné potravinu spolknout. Žvýkatelnost je součinem parametrů tvrdosti, kohezivnosti a pružnosti a může se často vylučovat s parametrem gumovitosti (*Gumminess*), jež je energie potřebná k rozmělnění polotuhých potravin do stavu, kdy je možné je spolknout.

Texturní profilová analýza (TPA) v této diplomové práci byla stanovena pomocí texturního analyzátoru TA.XT.plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie). Stanovení bylo provedeno 2. den po výrobě modelových vzorků, a to dvojnásobnou penetrací vzorku válcovou hliníkovou sondou o průměru 20 mm, značeno P/20. Každý vzorek byl podroben analýze dvakrát, aby byly získány případné odchylky. Rychlost penetrace byla nastavena na 2 mm/s, hloubka činila 10 mm a počáteční síla odpovídala hmotnosti 5 g. V průběhu měření se vytvářel graf, na kterém bylo možné sledovat vytváření píků odpovídajících sledovaným znakům jako je tvrdost, kohezivnost a relativní lepivost analyzovaného taveného sýra. Na grafu byly vytvářeny tzv. zátěžové křivky, které popisují závislost síly použité k deformaci na čase.

5.4 Dynamická oscilační reometrie

Dynamická oscilační reometrie je metoda sloužící ke stanovení viskoelastických vlastností tavených sýrů. Během stanovení dochází k řízené deformaci analyzovaného vzorku a současně je sledováno chování při toku látek. Viskoelastická je definována elastickým (G') a ztrátovým (G'') modulem pružnosti, jejichž poměrem lze vypočítat tangens úhlu fázového posunu. Míra elasticity je vyjádřena elastickým modulem pružnosti a míra viskozity je vyjádřena ztrátovým modulem pružnosti.

Fázový posun lze vyjádřit jako:

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

Vzorky jsou popsány využitím tzv. komplexního modulu pružnosti G^* jež je definován jako celkový odpor analyzovaného vzorku vůči deformaci. Komplexní modul je vypočten dle rovnice níže:

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

V této diplomové práci byl k analýze reologických vlastností použit rotační viskozimetr Thermo ScientificTM RheoStress 1, HAAKE Brémy – Německo (viz. Níže Obrázek 7). Byla určena geometrie deska – deska o průměru 35 mm, výška štěrbiny byla přibližně 1 mm a celé měření probíhalo v oblasti lineární viskoelastivity při teplotě 20 °C a v rozsahu frekvence 0,1 – 100 Hz s amplitudou smykového napětí 20 Pa.

Samotné měření spočívalo v umístění analyzovaného vzorku mezi statickou a oscilující deskou reometru. Po vložení vzorku na dolní desku byla spuštěna horní deska a sýr, který byl v důsledku přitlačení desek vytlačen mimo analyzovanou oblast, byl opatrně odebrán. Následovala relaxace trvající 5 minut a poté měření elastického a ztrátového modulu při výše zmíněné frekvenci. Před každým měřením byl přístroj s využitím vodní lázně temperován na požadovanou teplotu (20 °C ± 0,1 °C) a poté byla prováděna analýza modelových vzorků. Reologické měření probíhalo při každém odběrovém dni a to den 2., 14. a 30. Každý vzorek byl analyzován dvakrát k vyhodnocení případných naměřených odchylek. Posledním krokem byl, ze získaných hodnot elastického a ztrátového modulu pružnosti, výpočet tangens úhlu fázového posunu a komplexního modulu pružnosti zvlášť pro každý analyzovaný vzorek.



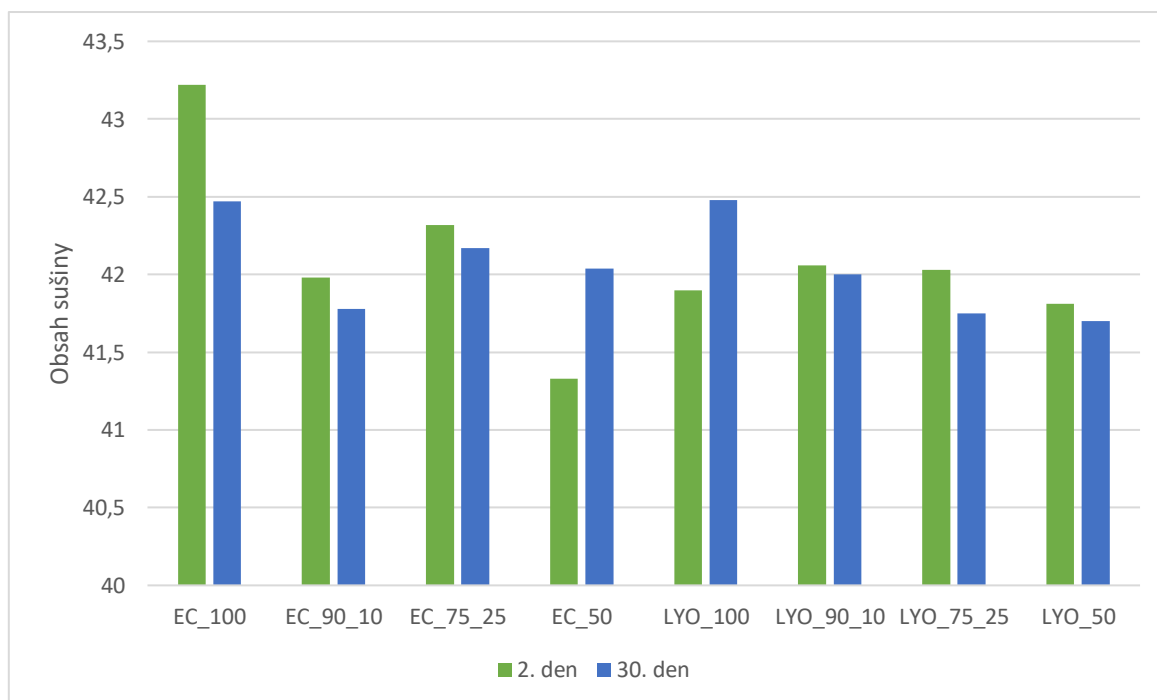
Obrázek 7.: Reometr Rheostress 1 (*vlastní fotografie*)

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

V rámci této diplomové práce byly vyrobeny 2 řady modelových vzorků tavených sýrů. První řada byla vyrobena z čerstvé Eidamské cihly a druhá řada z předem lyofilizované Eidamské cihly. U obou řad byly vyrobeny 4 vzorky s různými přídávky vody, a to v poměrech 90:10, 75:25, 50:50 a 100 %. Byly provedeny základní chemické, texturní a reologické analýzy během 30 – ti dnů skladování v pravidelných intervalech, a to 2., 14. a 30. den.

6.1 Stanovení celkového obsahu sušiny

Hodnoty obsahu celkové sušiny (viz. Obrázek 8) se u vyrobených modelových vzorků tavených sýrů bez ohledu na typ použitého přírodního sýru a bez ohledu na čas a množství přidané vody, pohybovaly v rozmezí 41,33 – 43,22 % (w/w). Tyto hodnoty ve výsledku splňovaly odpovídající požadovanou hodnotu obsahu sušiny vzorků, která měla činit 40 % (w/w) a odpovídaly tedy i zvolené surovinové skladbě při výrobě modelových vzorků tavených sýrů. Tyto výsledky jsou velice zásadní, jelikož obsah sušiny výrazně ovlivňuje jak texturní, tak i reologické vlastnosti a kdyby se naměřené hodnoty příliš lišily, nebyly by zajištěny standardnosti analyzovaných modelových vzorků, a tím by výsledky nemohly být považovány za korektní.

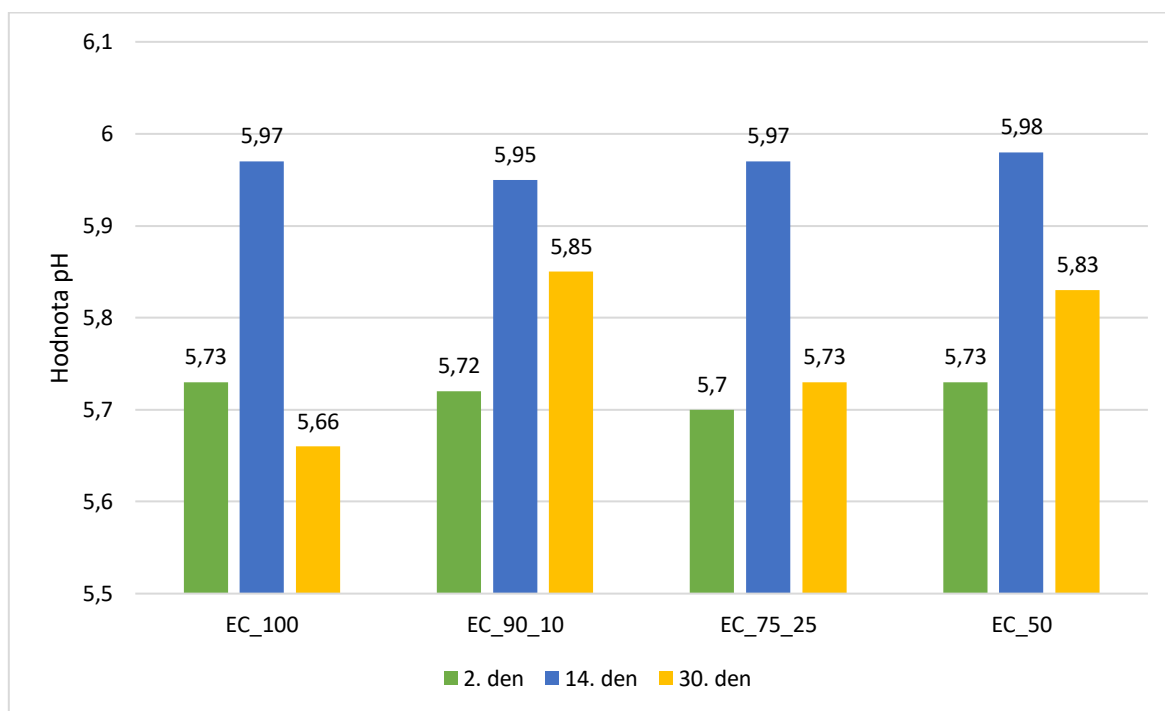


Obrázek 8.: Graf naměřených hodnot celkového obsahu sušiny u modelových vzorků

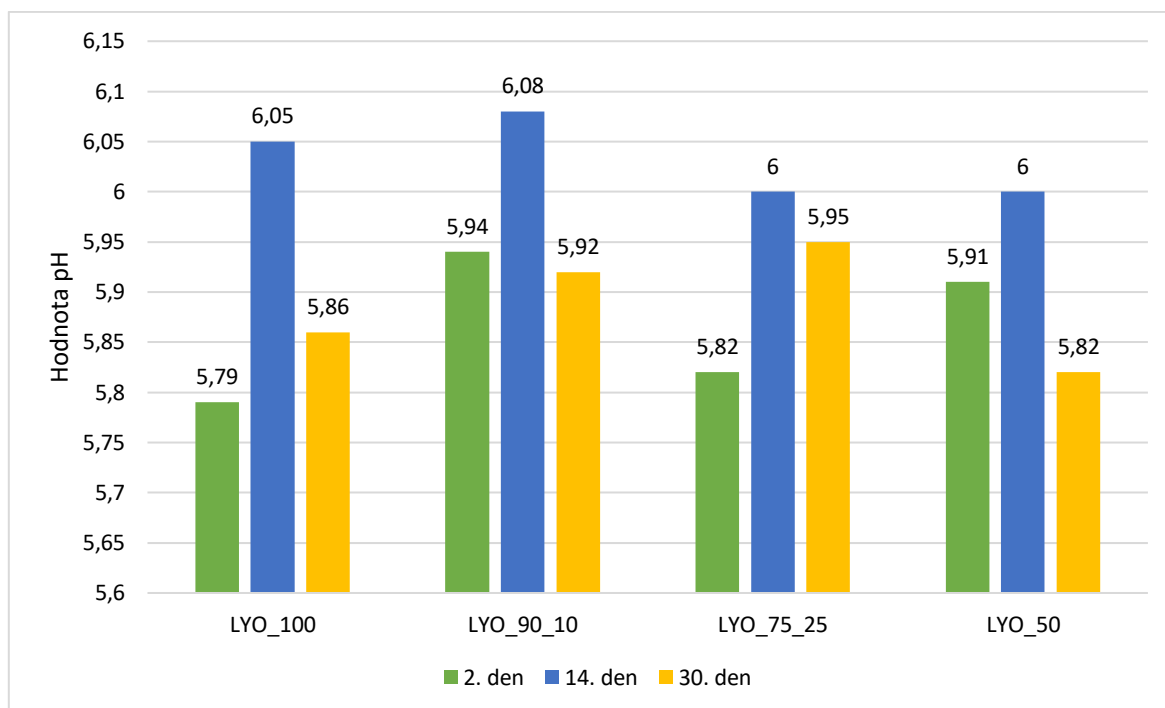
6.2 Stanovení hodnot pH

Měření pH u modelových vzorků bylo prováděno při každém odběrovém dni, tudíž 2., 14. i 30. den měření. Naměřené hodnoty pH se v průběhu skladování nelišily. U vzorků z čerstvé Eidamské cihly se naměřené hodnoty pohybovaly v rozmezí 5,66 – 5,98. U vzorků z lyofilizované Eidamské cihly byly naměřeny hodnoty pH v rozmezí 5,79 – 6,08.

Optimální hodnota pH pro roztíratelné tavené sýry je v rozmezí 5,6 – 6,1. Výsledky naměřených toto kritérium splňovaly. Z grafů a naměřených dat zhotovit, že nezáleží na typu použitého přírodního sýru při výrobě tavených sýrů, jelikož jak v případě čerstvého, tak v případě lyofilizovaného přírodního sýry byly naměřené hodnoty pH ve velmi podobném rozpětí.



Obrázek 9.: Naměřené hodnoty pH u modelových vzorků vyrobených z čerstvé Eidamské cihly v průběhu 30 ti denního skladování



Obrázek 10.: Naměřené hodnoty pH u modelových vzorků vyrobených z lyofilizované Eidamské cihly v průběhu 30 ti denního skladování

6.3 Výsledky texturní profilové analýzy

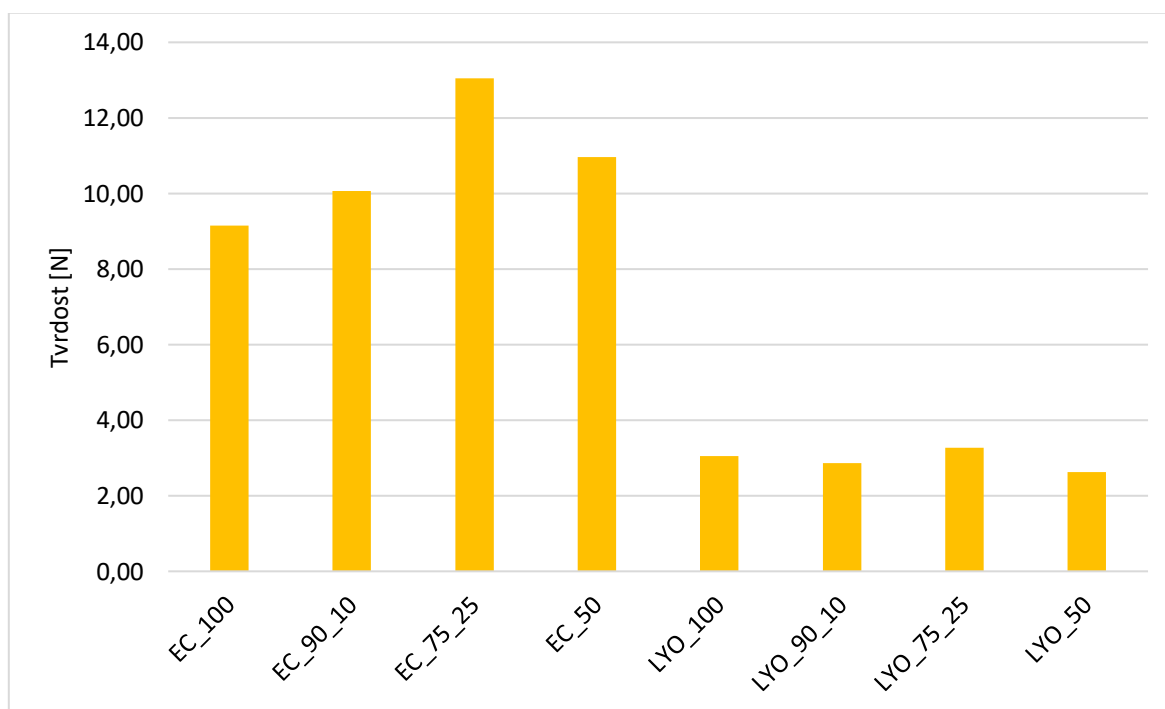
Texturní profilová analýza byla provedena pouze ve 2. den po výrobě modelových vzorků. Díky kladným získaným výsledkům měření obsahu sušiny, mohla být tato analýza provedena. Tavený sýr je definován jako viskoelastický materiál, přičemž teplota a doba skladování může ovlivnit jeho reologické vlastnosti. Stanovení texturní profilové analýzy probíhalo pouze jednou, tudíž nemáme srovnání, zda by se hodnoty lišily v průběhu skladování. Pro stanovení byla použita sonda typu P20. Pro lepší přehled byly vytvořeny grafy pro jednotlivé texturní analýzy a dále byla data vložena do přehledné tabulky pro možnost rychlého srovnání.

6.3.1 Tvrdost

Tvrdost je v tomto případě diplomové práce jedním z nejdůležitějších faktorů analýzy. U tavených sýrů je důležitou vlastností pevnost a pružnost výrobku, tímto texturním ukazatelem je právě tvrdost. Jedná se o sílu, která je potřebná pro deformaci výrobku. Tvrdost je ovlivněna typem použitého přírodního sýru, tedy dle prozrálosti sýru bude tvrdost výsledného výrobku nižší či vyšší. V případě použití více zralého přírodního sýru, bude tvrdost klesat. Dalším faktorem, který může způsobovat změny v konzistenci je

použití tavicích solí, zejména fosforečné tavicí soli, které byly v určitém poměru použity pro výrobu modelových vzorků. Neboť s přidavkem hydrokoloidů se zvyšuje tvrdost finálního výrobku.

Naměřené hodnoty modelových vzorků jsou znázorněny níže na Obrázku 11. V obou řadách vzorků byla použita stejná surovinová skladba až na typ použitého přírodního sýru. Z grafu lze zhodnotit, že vzorky, které byly vyrobené z čerstvého přírodního sýru vyžadují větší sílu potřebnou k deformaci výrobku. Vzorky vyrobené z lyofilizovaného sýru vyžadují menší sílu k tomu, aby byl výrobek zdeformován. Z těchto dat je dále viditelné, že v případě 75 % přidavku recepturního množství vody na začátku výroby a poté přidání 25 % zbylého množství vody po 6 ti minutovém míchání směsi, je hodnota tvrdosti nejvyšší. V dalších vzorcích nejsou výrazné změny, které by indikovaly, že intervaly přidavků vody ovlivňují výslednou tvrdost.



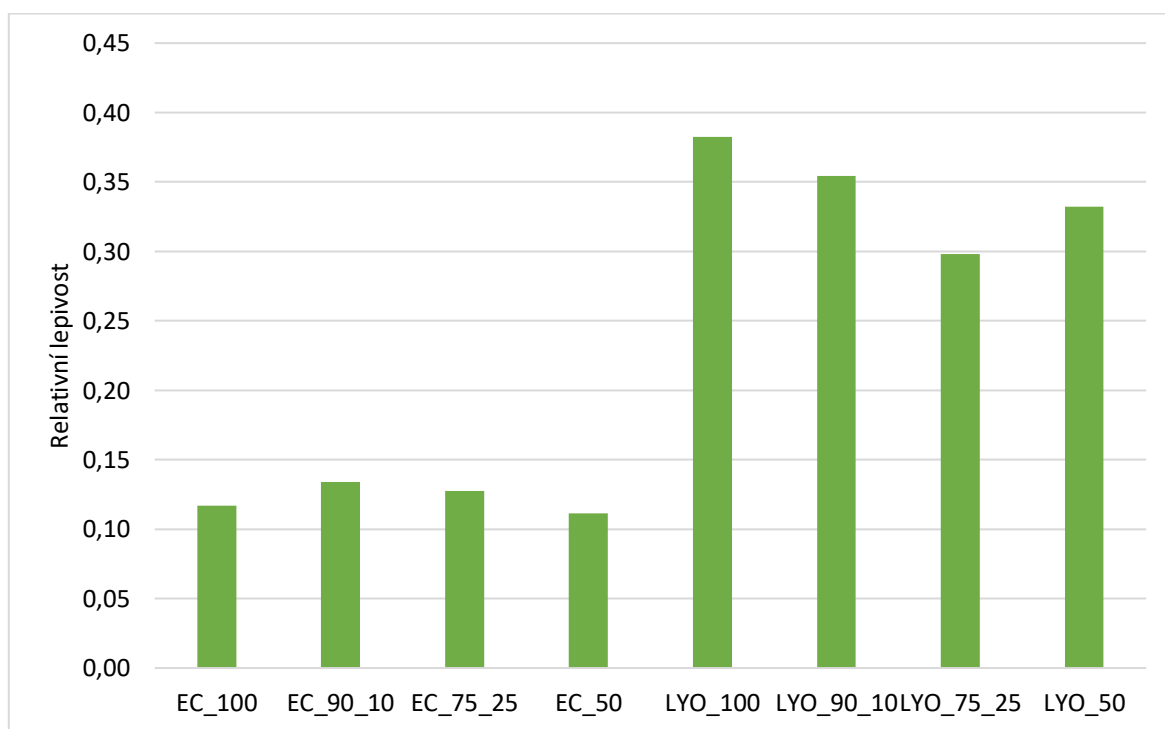
Obrázek 11.: Získané hodnoty z textuometru – Tvrdość

6.3.2 Relativní lepiość

Hodnoty získané při měření relativní lepiości na první pohled (viz obrázek 12) indikují, že modelové vzorky tavených sýrů, které byly vyrobeny z lyofilizovaného sýru, vykazují značně vyšší lepiość než sýry, které byly vyrobené ze sýru čerstvého. Lepiość je dána

prací, která je potřebná ke zdolání přitažlivých sil mezi povrchem potraviny a povrchem dalšího materiálu, se kterým přijde potravina do styku. Přidávkem tavicích solí jako hydrokoloidů dochází ke snížení lepivosti taveného sýru.

V tomto případě lze zhodnotit, že větší práce potřebná ke zdolání těchto sil je nutná u vzorků vyrobených z lyofilizovaného sýru. Tyto vzorky mají naměřené hodnoty relativní lepivosti v rozpětí 0,30 – 0,38, to značí, že produkt je velmi lepkavý, bude se lepit na obal a bude se zvyšovat přilnavost k hliníkové fólii. V případě vzorků vyrobených z čerstvého přírodního sýru je hodnota relativní lepivosti v průměru 0,1225, což značí, že výrobky jsou pevnější a budou se lépe oddělovat od použitého obalu. Opět je možno zhodnotit že přísady vody v různých intervalech nijak extrémně neovlivňují výsledky relativní lepivosti.

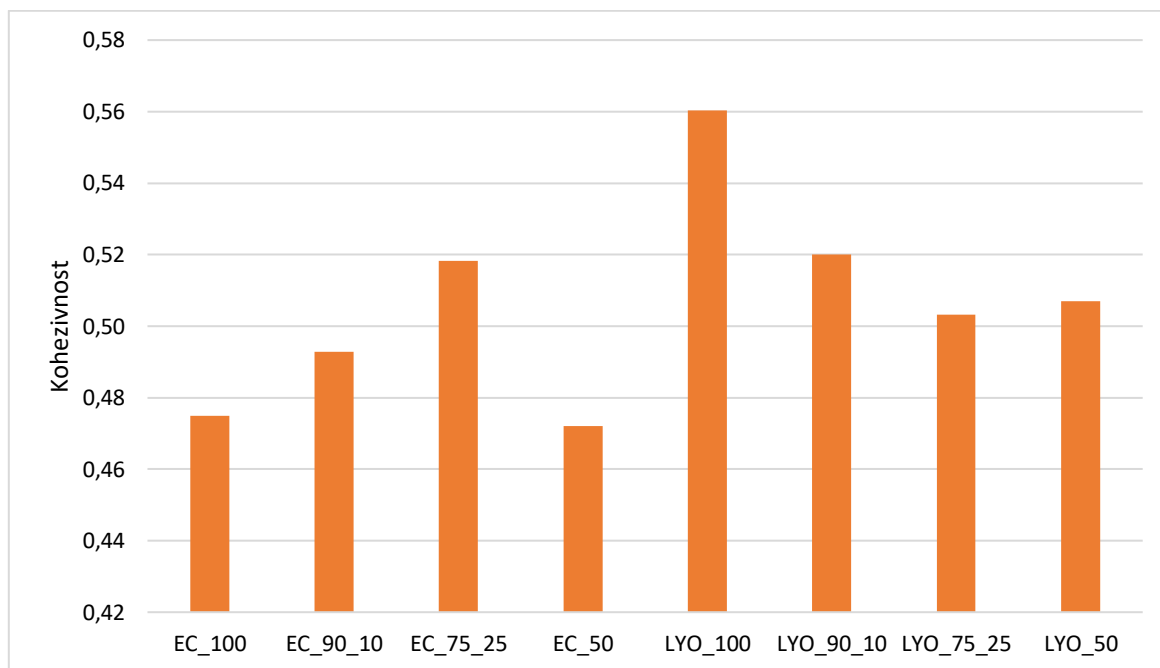


Obrázek 12.: Získané hodnoty z textuometru - Relativní lepkavost

6.3.3 Kohezivnost

Kohezivnost neboli soudržnost je texturním parametrem, který udává pevnost vnitřních vazeb v potravine. Kohezivnost je stejně jako tvrdost ovlivněna zralostí použitého přírodního sýru. Naměřené hodnoty jsou vidět níže na Obrázku 13. Největší viditelný výkyv je pozorovatelný u vzorku z lyofilizovaného přírodního sýru, u kterého byl přísadek

veškerého recepturního množství na začátku výroby. Avšak i tak se naměřené hodnoty kohezivnosti příliš neliší, a to bez ohledu na interval přidaného množství vody. Hodnoty kohezivnosti u všech vzorků jsou v rozmezí 0,47 – 0,56.



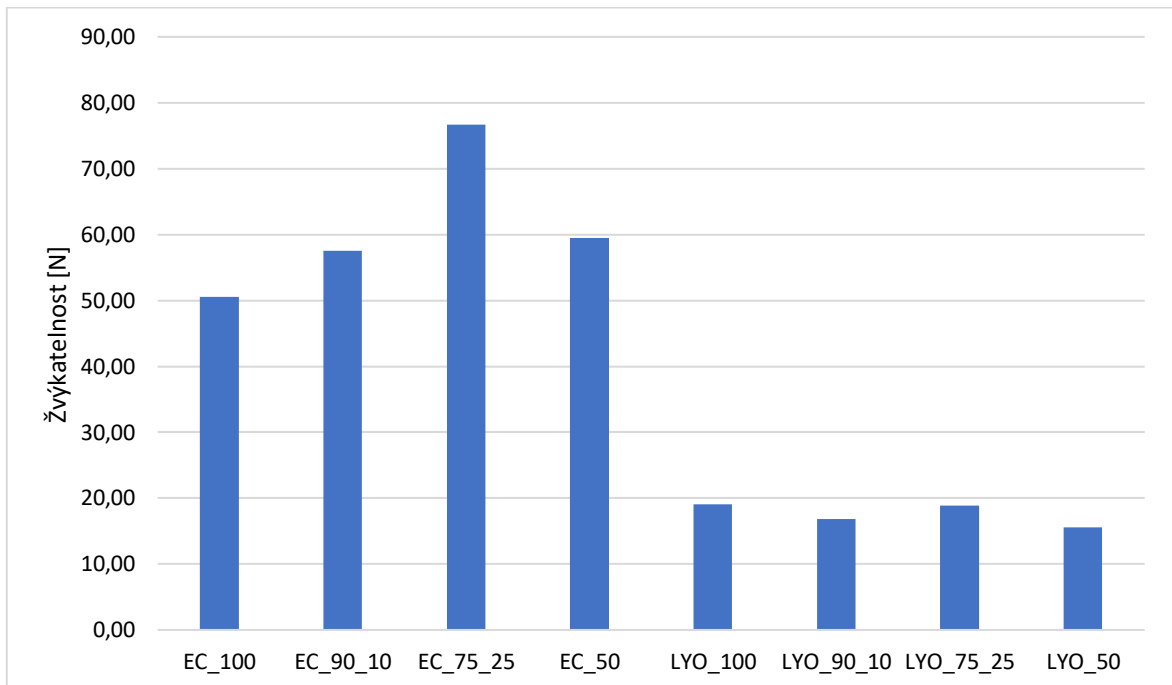
Obrázek 13.: Získané hodnoty z textuometru – Kohezivnost

6.3.4 Žvýkatelnost a gumovitost

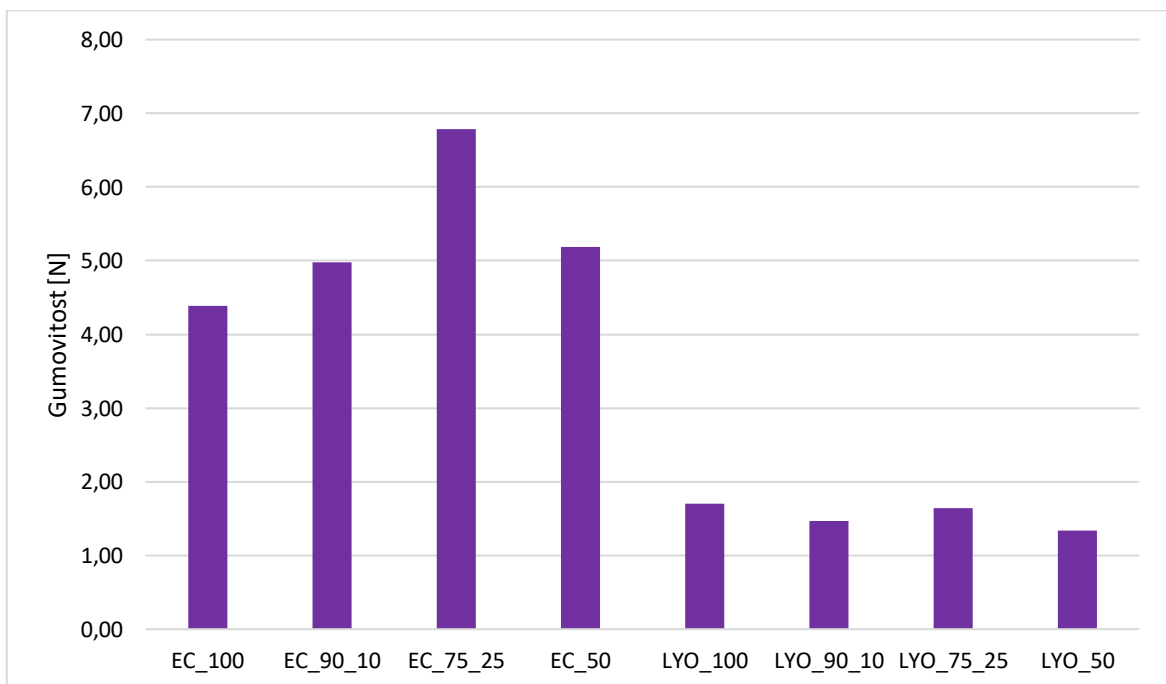
Žvýkatelnost a gumovitost se řadí mezi vedlejší texturní vlastnosti. U obou vlastností jde o energii, která je potřebná pro rozmělnění či požvýkání potravy do stavu, kdy ji bude možno spolknout. Naměřené hodnoty modelových vzorků, které jsou uvedeny na Obrázku 14 a 15 značí, že energie potřebná k rozmělnění potraviny je v obou hodnotících parametrech srovnatelná. A to tak, že v případě modelových vzorků vyrobených z čerstvého přírodního sýru, jsou hodnoty žvýkatelnosti i gumovitosti značně vyšší než u vzorků, které byly vyrobeny z lyofilizovaného sýru.

Naměřené hodnoty žvýkatelnosti u vzorků z čerstvého sýru jsou v rozmezí 50,58 – 76,66 a pro gumovitost v rozmezí 4,39 – 6,78. U vzorků z lyofilizovaného sýru se hodnoty žvýkatelnosti pohybují v rozmezí 15,61 – 19,02 a naměřené hodnoty pro gumovitost jsou v rozmezí 1,34 – 1,71. Opět je zde menší výkyv u vzorku z čerstvého sýru, u kterého bylo

na počátku výroby přidáno 75 % recepturního množství pitné vody a po 6 minutách míchání přidán zbytek vody do směsi.



Obrázek 14.: Získané hodnoty z textuometru – Žvýkatelnost



Obrázek 15.: Získané hodnoty z textuometru – Gumovitost

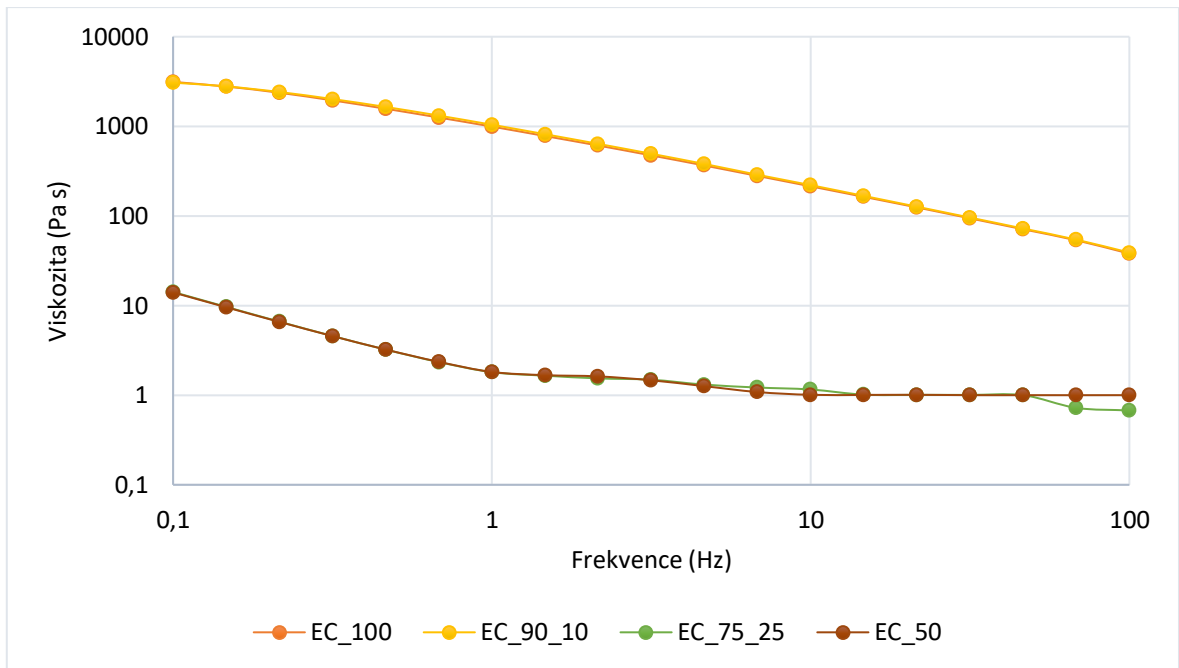
	Tvrдост [N]	Relativní lepivost [-]	Kohezivnost [N]	Žvýkatelnost [N]	Gumovitost [N]
EC_100	9,16	0,12	0,47	50,58	4,39
EC_90/10	10,07	0,13	0,49	57,57	4,98
EC_75/25	13,04	0,13	0,52	76,66	6,78
EC_50	10,97	0,11	0,47	59,47	5,19
LYO_100	3,05	0,38	0,56	19,02	1,71
LYO_90/10	2,86	0,35	0,52	16,84	1,47
LYO_75/25	3,27	0,30	0,50	18,82	1,64
LYO_50	2,63	0,33	0,51	15,61	1,34

Obrázek 16.: Tabulka průměrů naměřených dat vybraných texturních vlastností

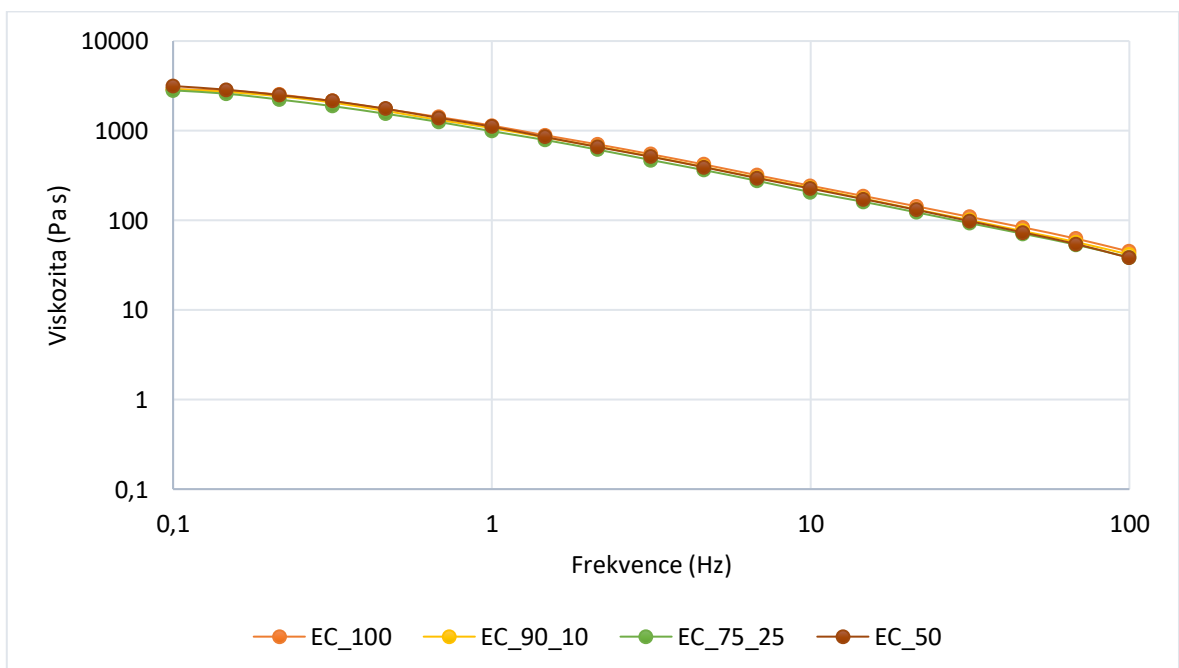
6.4 Dynamická oscilační reometrie

Cílem této práce bylo zjistit, zda má množství vody přidávané v různých intervalech vliv na reologické vlastnosti tavených sýrů. Byly vyrobeny dvě řady modelových vzorků, a to z čerstvého a lyofilizovaného sýru. Voda byla do surovinové skladby přidávána v odlišných časových intervalech v různých poměrech. V prvním případě bylo přidáno celkové množství vody na začátku výroby, druhý typ modelového vzorku byl vyrobený tak, že 90 % vody bylo přidáno na začátku a zbylých 10 % po 6 minutách míchání směsi. Třetí vzorky byly vyrobeny z 75 % množství vody přidané na začátku a 25 % vody po 6 minutách míchání a u posledních vzorků bylo přidáno 50 % vody na začátku a zbylých 50 % po stejné době míchání jako ostatní vzorky. Měření bylo provedeno v 2., 14. a 30. den po výrobě.

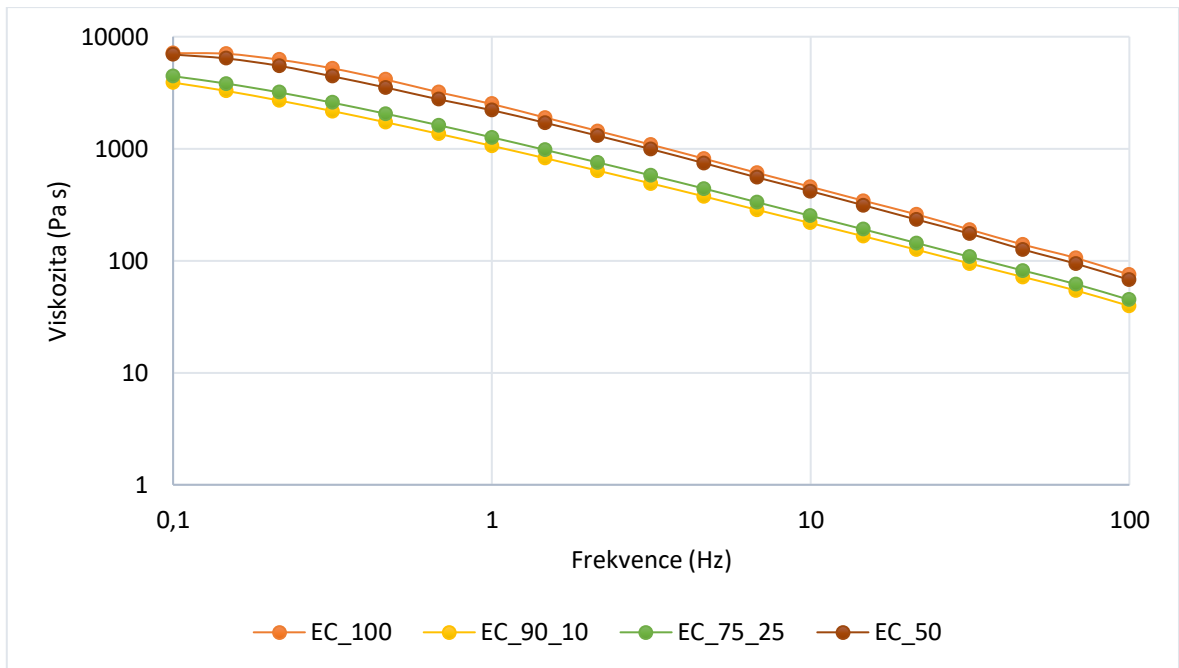
Dynamickou oscilační reometrií byly získány hodnoty viskozity, elastického modulu pružnosti (G') a ztrátového modulu pružnosti (G''). Z elastického a ztrátového modulu pružnosti byl pro frekvence 0.1, 1.0, 10.0 a 100.0 Hz odečten komplexní modul pružnosti (G^*). Měření bylo pro všechny modelové vzorky s homogenní konzistencí provedeno při frekvenci v rozsahu 0.1 – 100.0 Hz. Viskoelastické vlastnosti modelových vzorků byly dále stanoveny pomocí tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$). Výsledky analýz viskozity, elastického a ztrátového modulu byly pro přehlednost zaneseny do grafů (Obrázky 18 – 34) zvlášť pro modelové vzorky vyrobené z čerstvého sýru a zvlášť pro sýry vyrobené z lyofilizovaného sýru. Výsledky komplexního modulu pružnosti a tangente úhlu fázového posunu byly vloženy do tabulky (Obrázky 35 a 36).



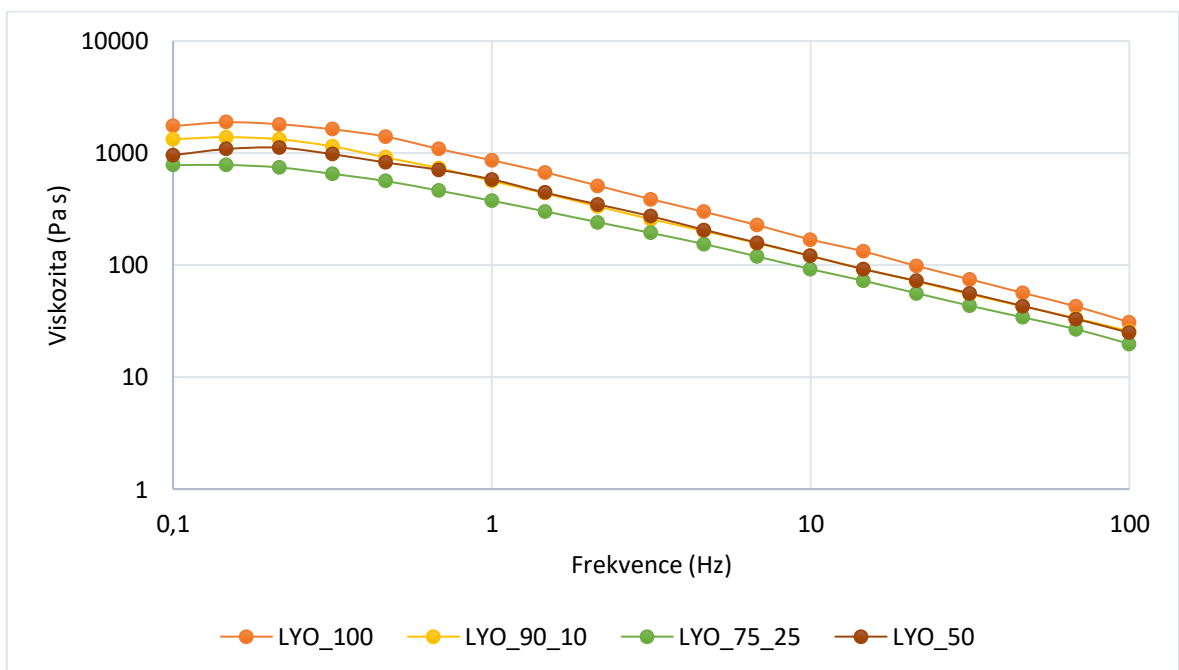
Obrázek 17.: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 2. den po skladování



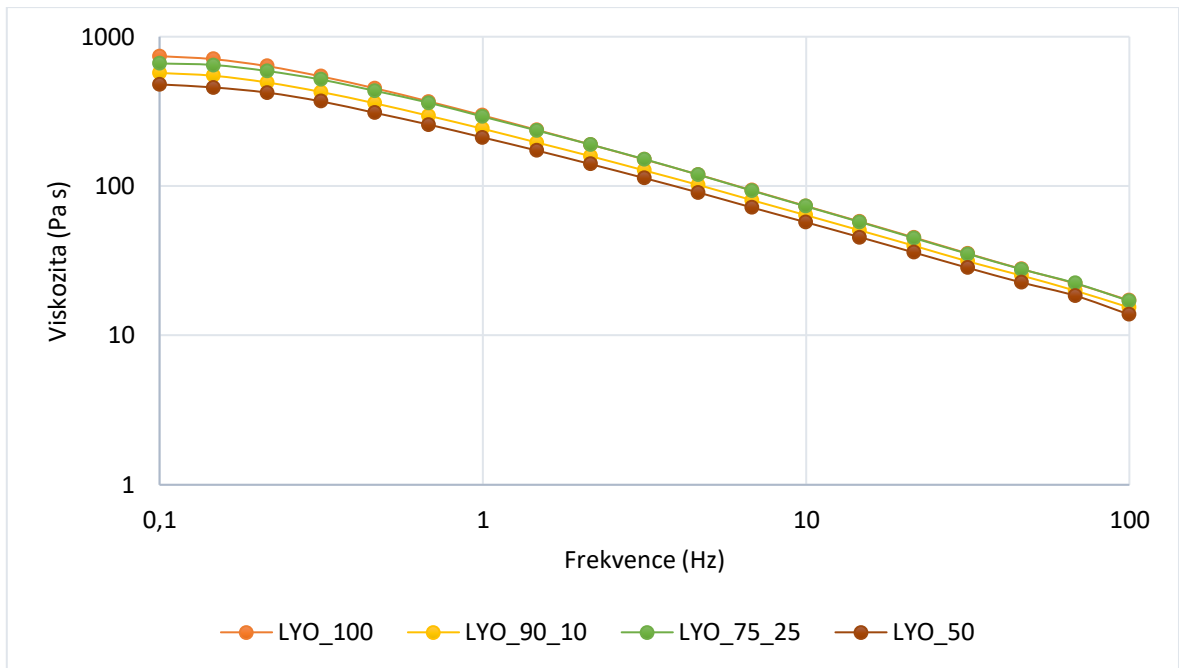
Obrázek 18.: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 14. den po skladování



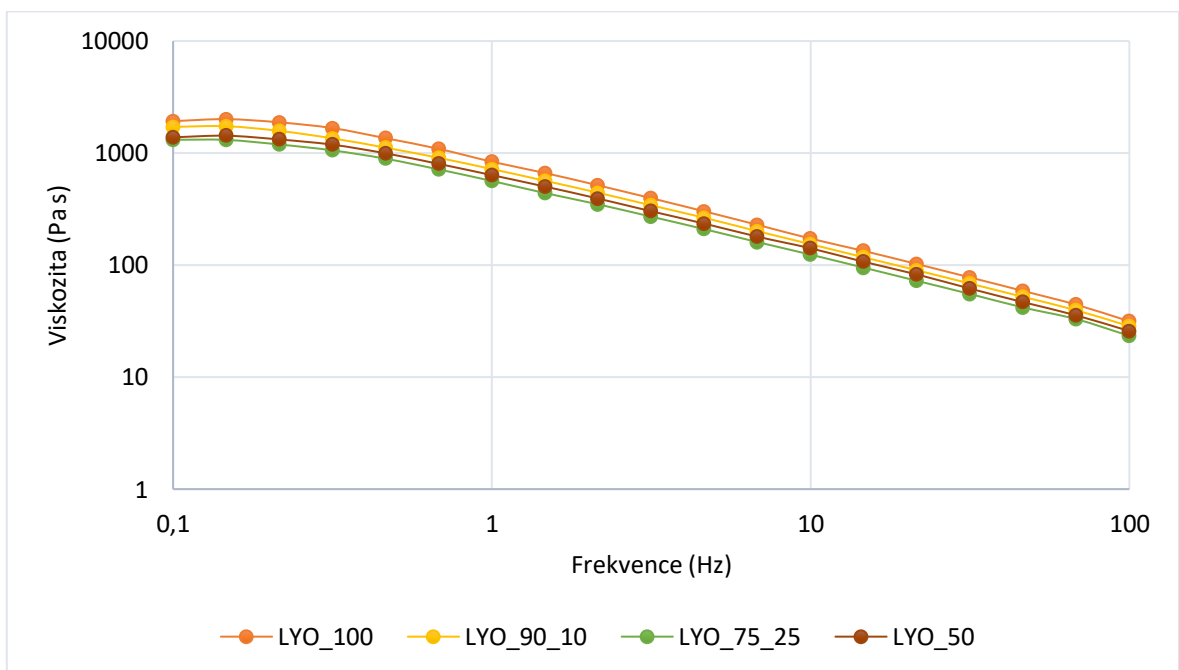
Obrázek 19.: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 30. den po skladování



Obrázek 20.: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 2. den po skladování

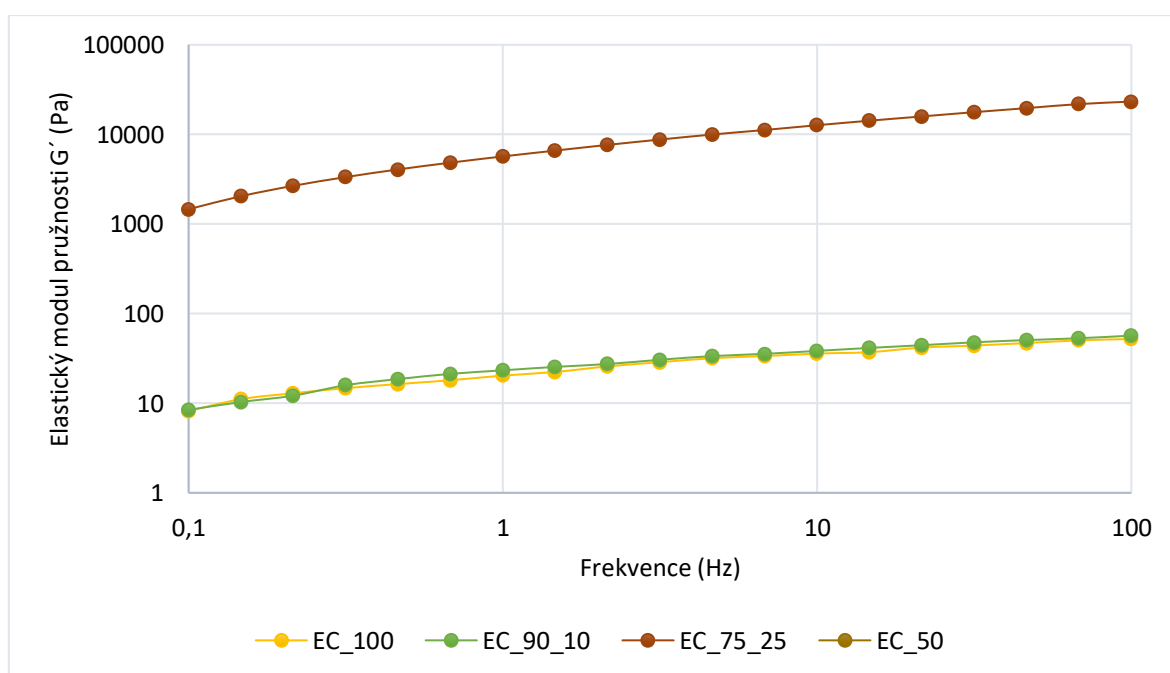


Obrázek 21.: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 14. den po skladování

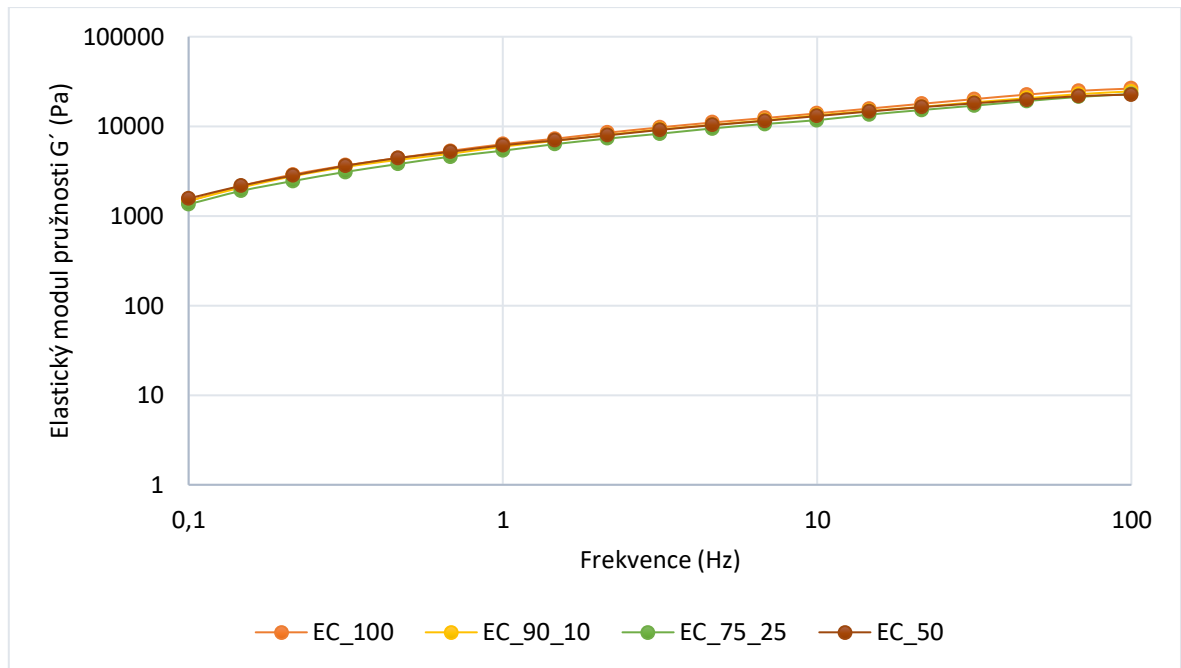


Obrázek 22.: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 30. den po skladování

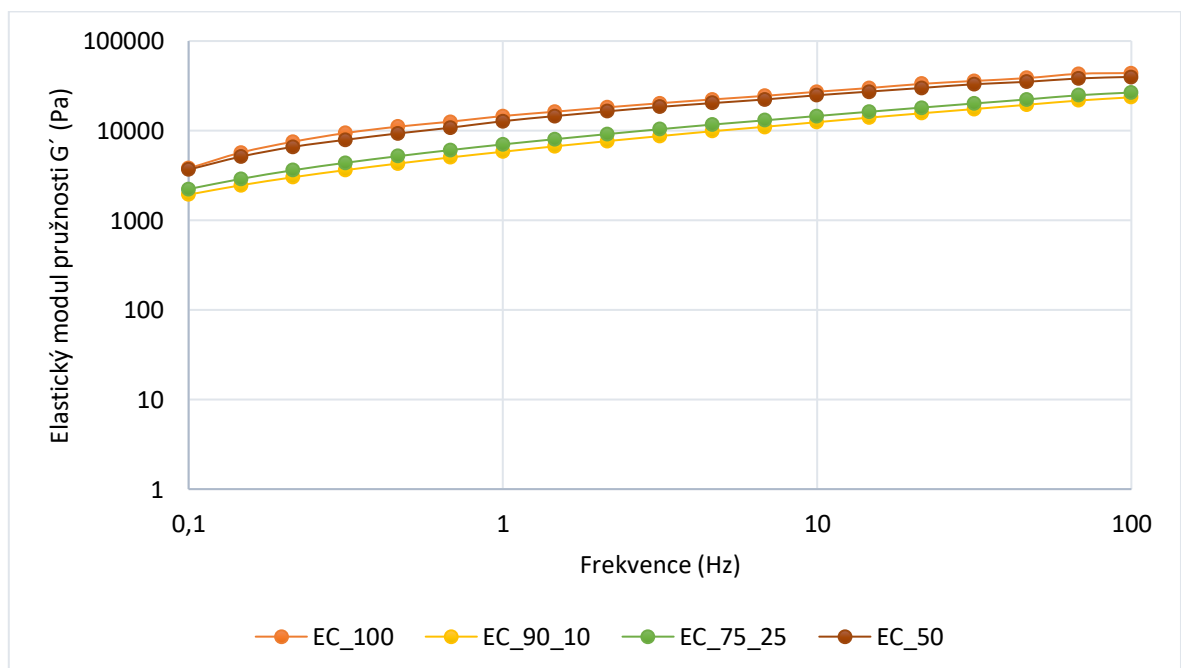
Na obrázcích 17 až 22 jsou znázorněny hodnoty viskozity a změny v jejich hodnotách v průběhu skladování modelových vzorků. U vzorků vyrobených z přírodního sýru lze zhodnotit, že různé intervaly přidavků vody má vliv na viskozitu tavených sýrů. Nejvíce viskózní vzorky byly ty, u kterých bylo celkové recepturní množství přidáno hned na začátku výroby, a to jak u vzorků z přírodního, tak u vzorků z lyofilizovaného sýra. Tyto hodnoty se však extrémně v průběhu skladování nezměnily. Dalším velice viskózním vzorkem v případě použitého čerstvého přírodního sýru byl ten, u něž byl přídavek vody nejdříve 90 % a po 6 ti minutovém mícháním přidán zbytek vody (10 %). Tento fakt se však po 30 ti dnech skladování změnil a více viskózní vzorek byl ten, u něž bylo na začátku výroby přidáno 50 % recepturního množství vody a po dané době míchání bylo přidáno zbylých 50 %. Mezi nejméně viskózní vzorek, byl v případě použitého čerstvého sýru bez ohledu na skladování ten, u kterého byl přídavek vody na začátku 75 % a po dané době míchání zbylých 25 %. U modelových vzorků z lyofilizovaného sýra byl nejméně viskózní vzorek 75:25 až na 14. den skladování, kde byl nejméně viskózní vzorek 50:50.



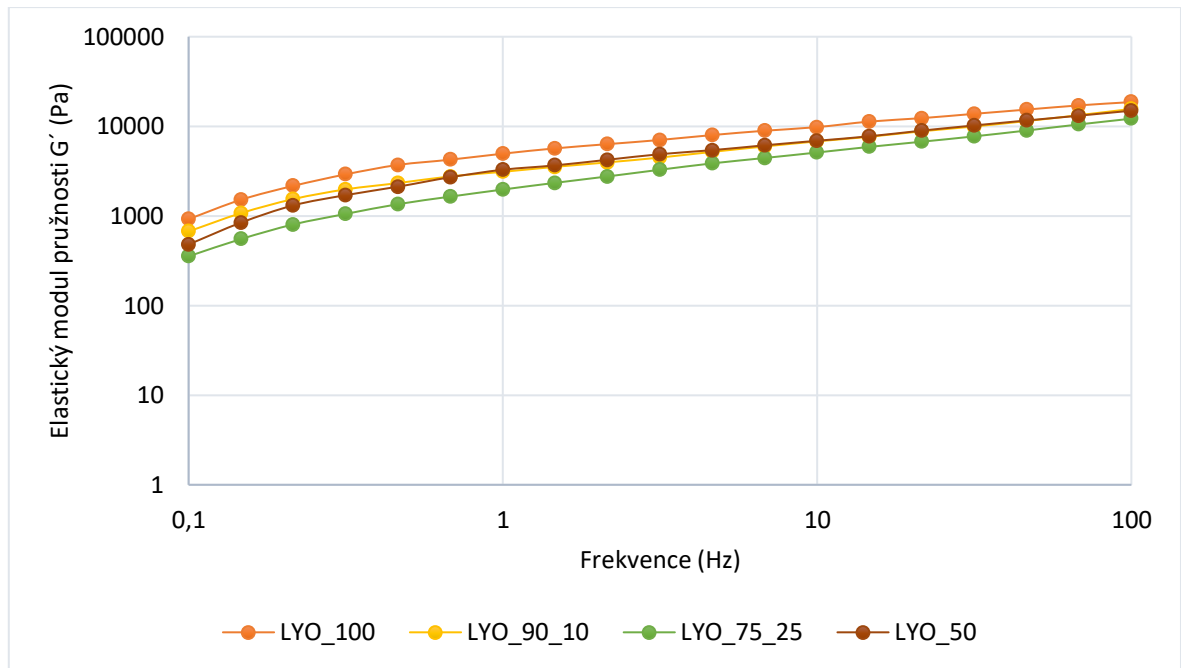
Obrázek 23.: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 2. den po skladování



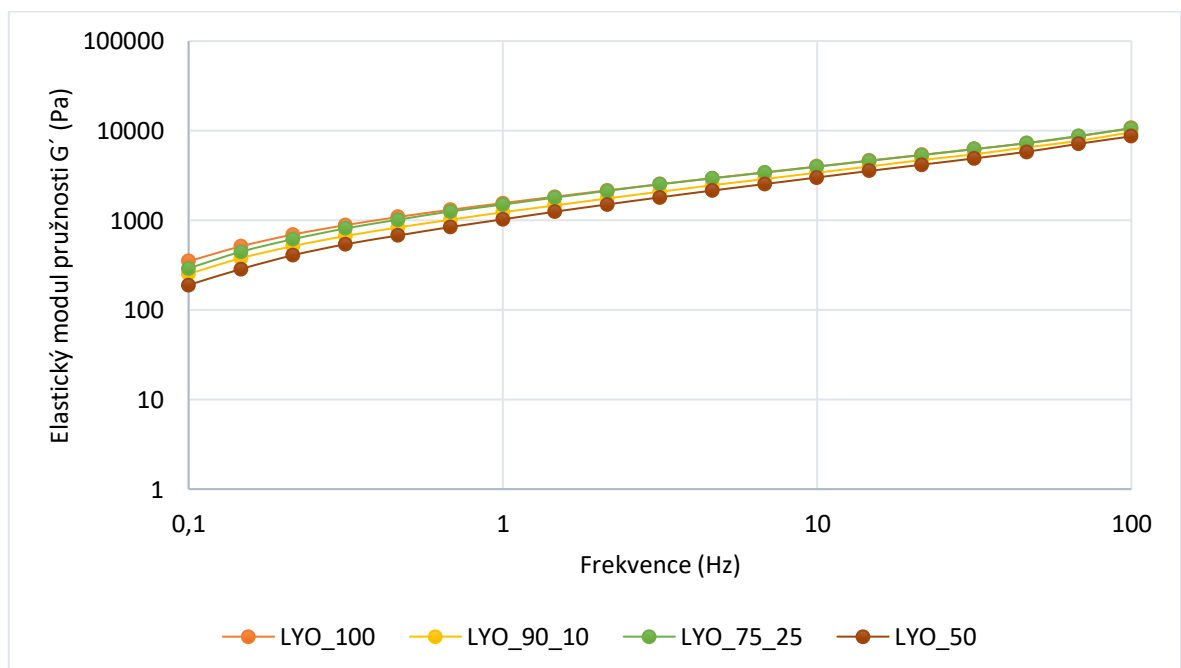
Obrázek 24.: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 14. den po skladování



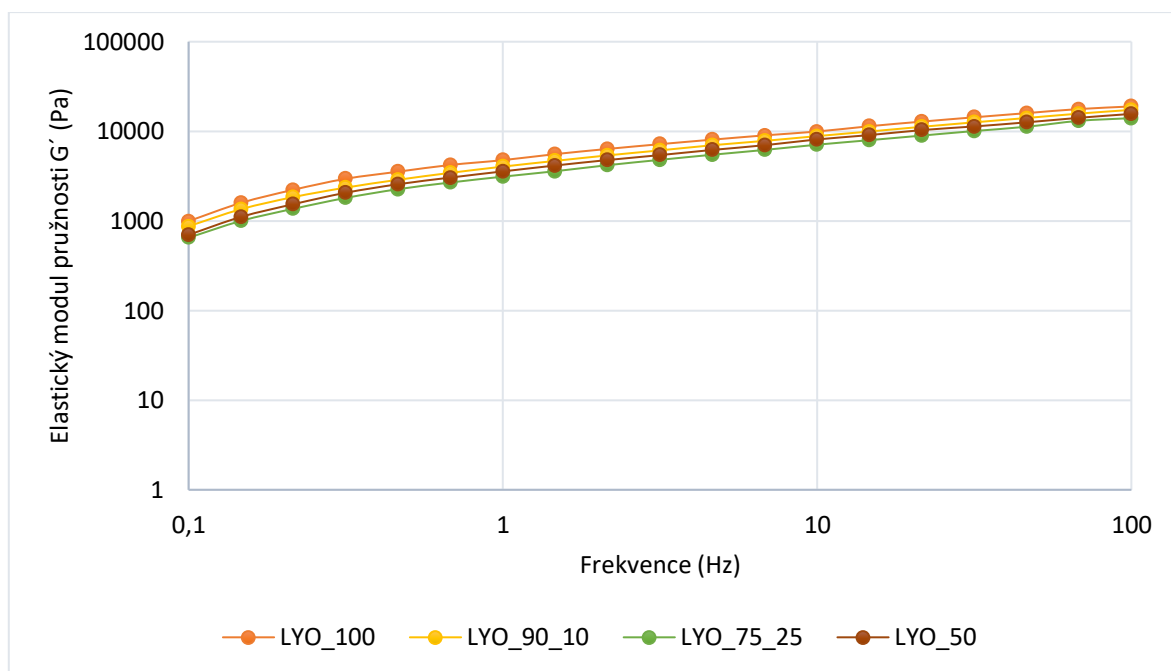
Obrázek 25.: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 30. den po skladování



Obrázek 26.: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 2. den po skladování



Obrázek 27.: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 14. den po skladování

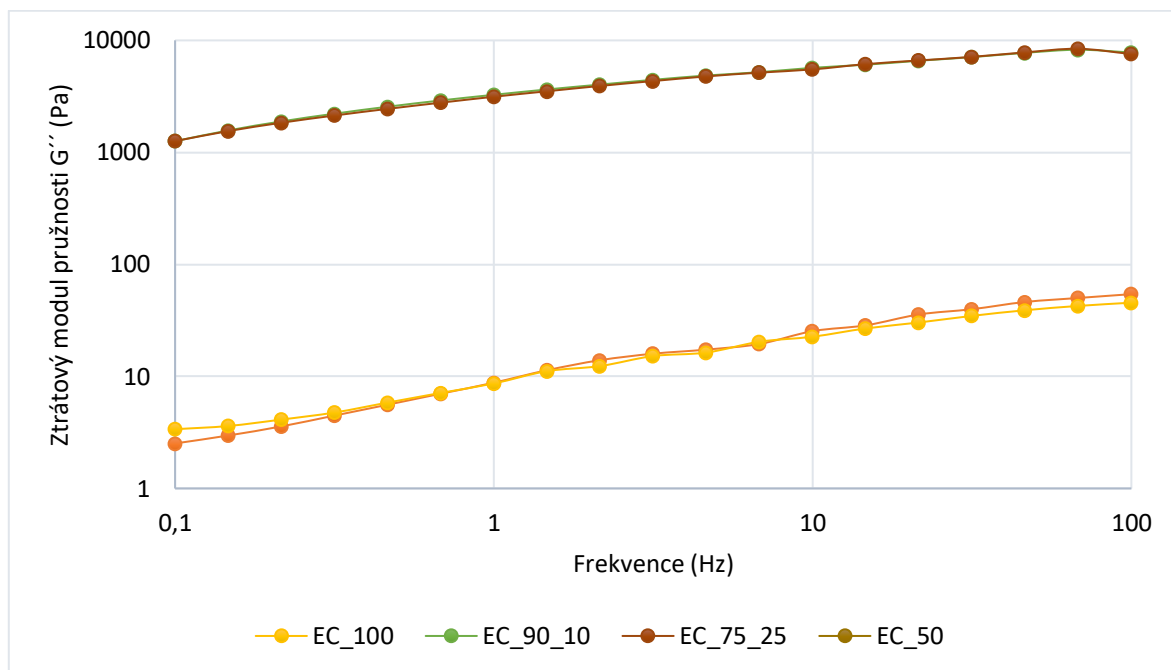


Obrázek 28.: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 30. den po skladování

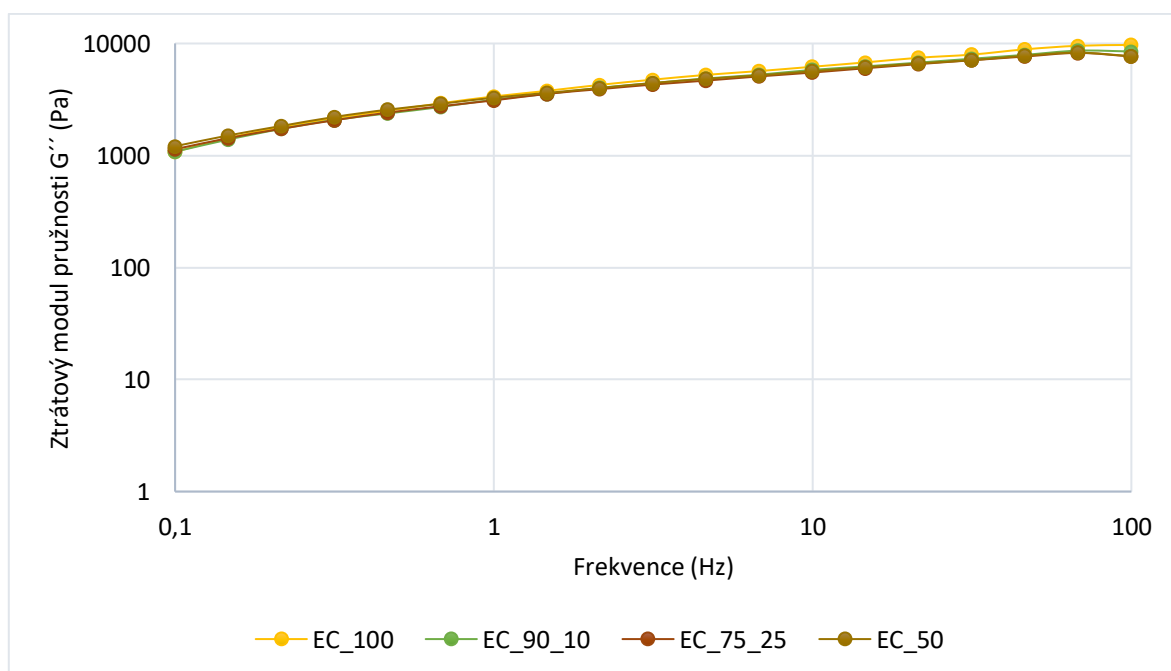
Elastický modul pružnosti (viz. Obrázky 23 – 28) vykazuje nejmenší hodnoty v případě 2. a 30. dne skladování, u vzorků, u kterých bylo celkové množství vody přidáno hned na začátku výroby a u vzorků, kdy bylo přidáno nejdříve 90 % vody na začátku výroby a zbytek po 6 minutých míchání, a to v případě modelových vzorků vyrobených z čerstvého sýra. Ve 14. den skladování vykazovaly nejmenší hodnoty vzorky s přísadky vody 75:25 a 50:50. Naopak nejvyšší hodnoty elastického modulu pružnosti u vzorků ze stejné řady byly naměřeny po 2. a 30. dnu skladování, u vzorku, u kterého bylo přidáno nejdříve 50 % recepturního množství vody a po míchání byl přidán zbytek a u vzorku, u nějž bylo na začátku přidáno 75 % vody a po dané době míchání zbylých 25 %. Ve 14. den skladování byly nejvyšší hodnoty u vzorků, u nichž byly přísadky vody v poměrech 90:10 a 100:0.

V případě modelových vzorků, které byly vyrobeny ze sýru lyofilizovaného, to bylo velice podobné, až na 14. den skladování, kdy nejvyšší hodnoty elastického modulu pružnosti byly naměřeny v případě vzorku, u kterého bylo celkové recepturní množství vody přidáno na začátku výroby a u vzorku, u kterého bylo nejdříve přidáno 75 % vody a po 6 minutách míchání přidán zbytek recepturního množství vody.

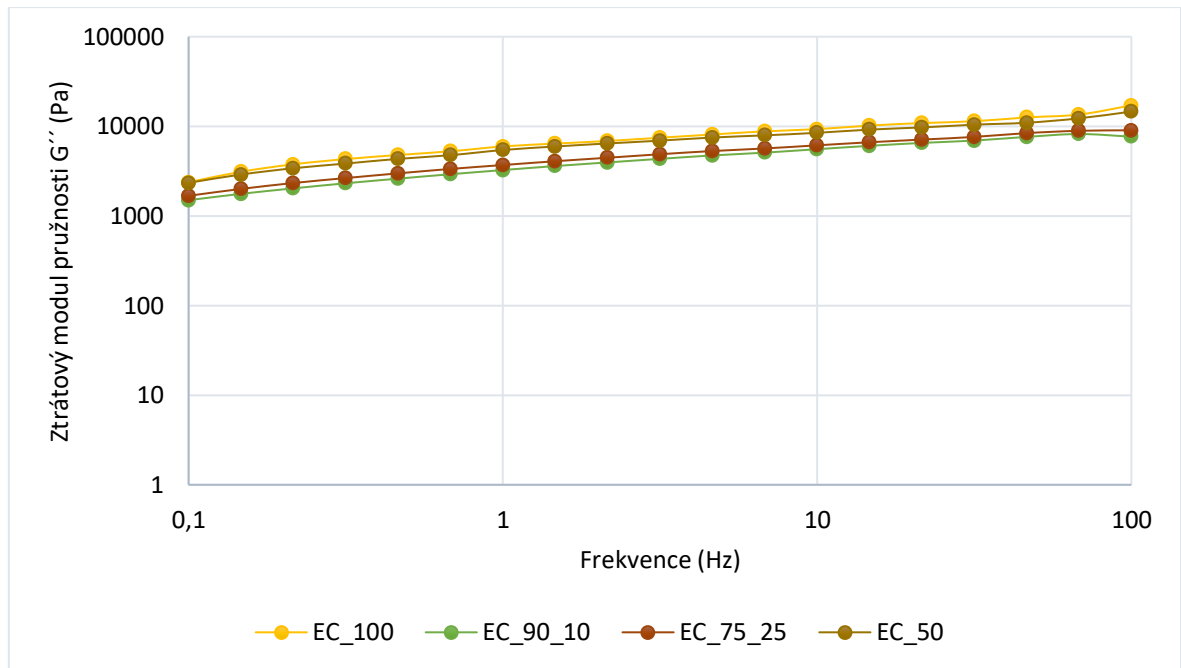
V obou případech lze tedy zhodnotit, že ve 14. den skladování byly znatelné určité výkyvy v elastických vlastnostech analyzovaných tavených sýrů. Tyto vlastnosti se však při delším skladování opět srovnaly a vykazovaly zjevně podobné hodnoty, jaké byly naměřeny 2. den po výrobě modelových vzorků.



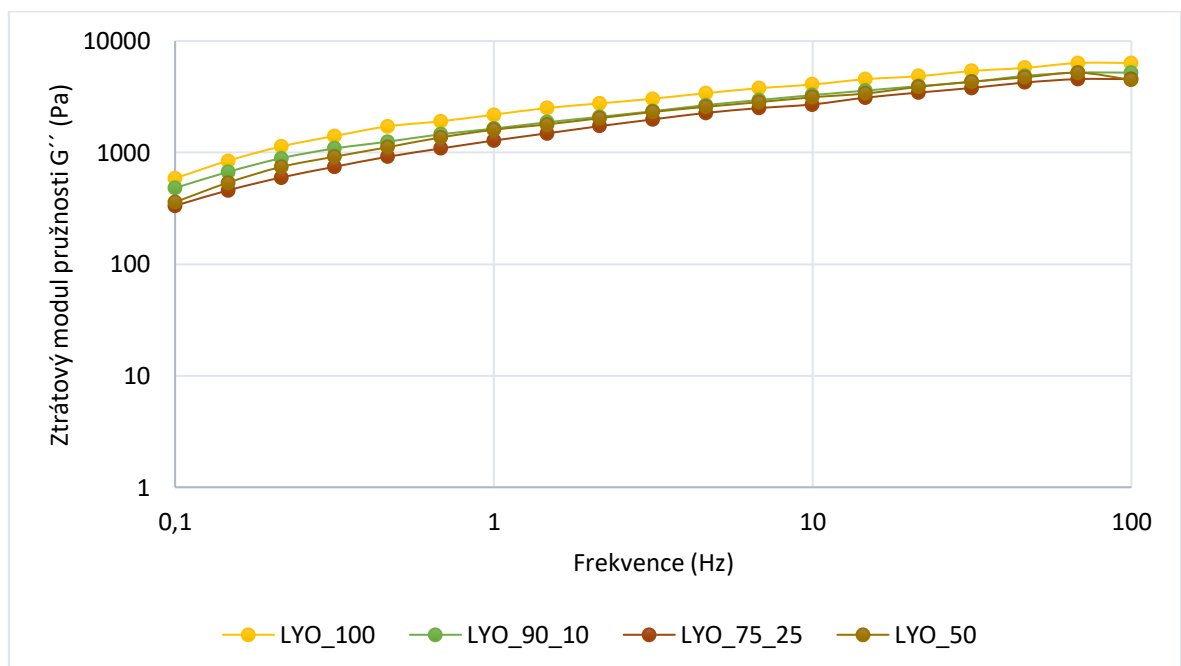
Obrázek 29.: Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 2. den po skladování



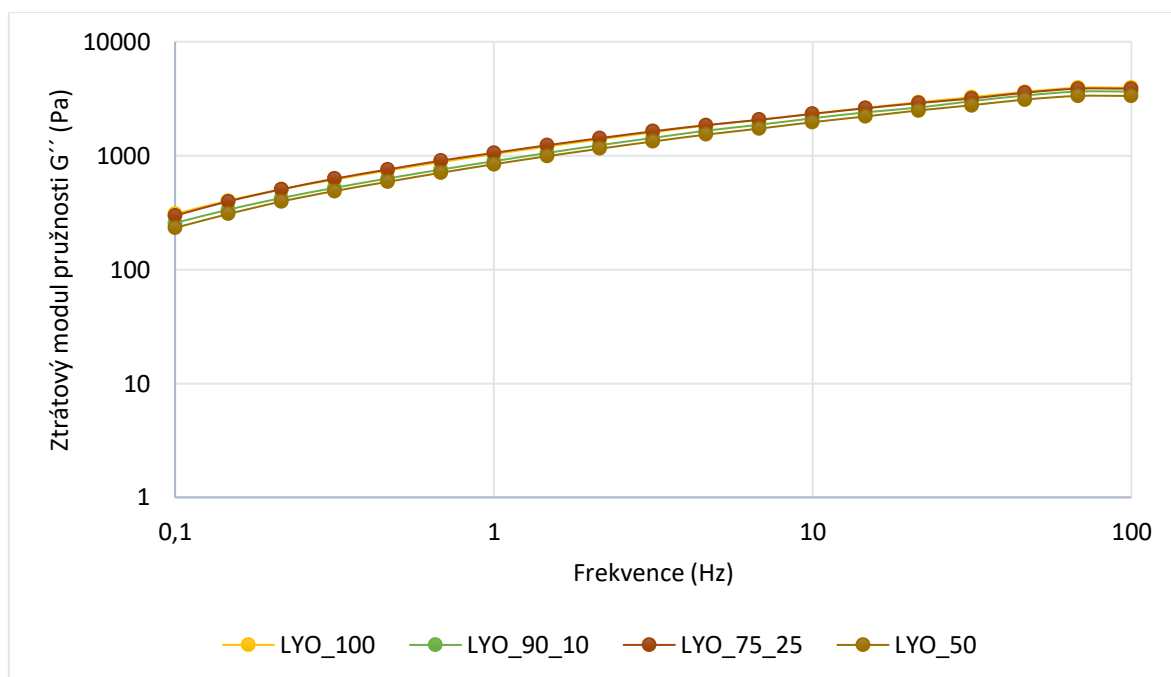
Obrázek 30.: Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 14. den po skladování



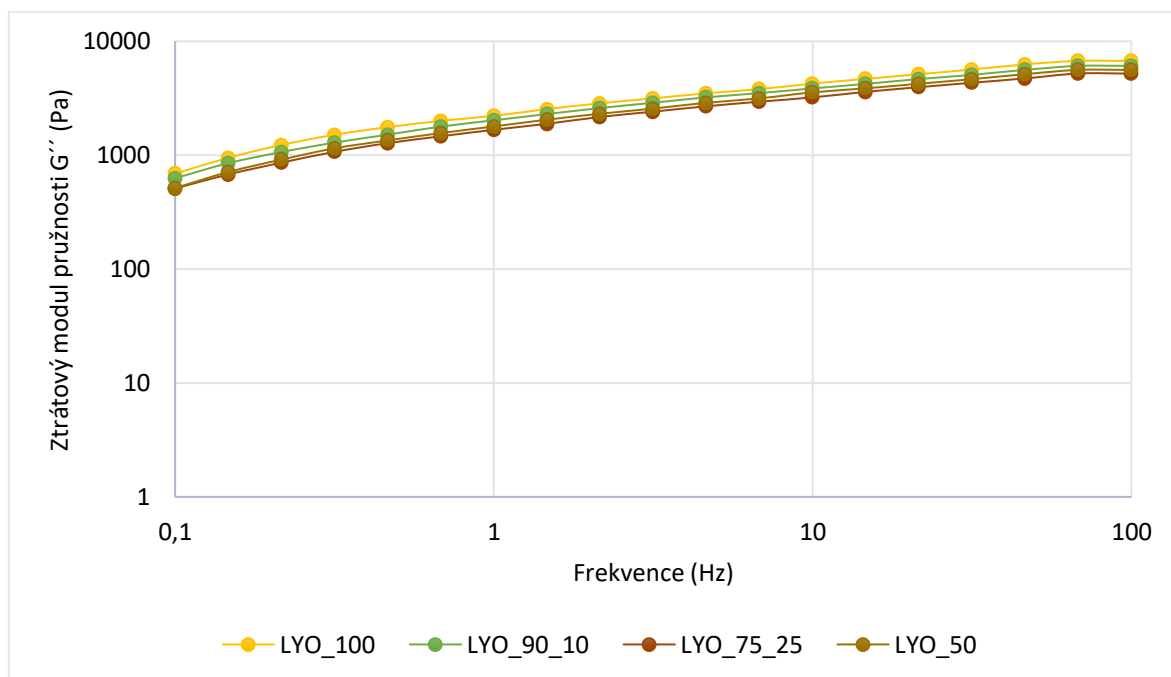
Obrázek 31.: Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 30. den po skladování



Obrázek 32.: Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 2. den po skladování



Obrázek 33.: Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 14. den po skladování



Obrázek 34.: Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 30. den po skladování

Hodnoty ztrátového modulu pružnosti (viz Obrázky 29 – 34) u obou řad vykazovaly velice odlišné hodnoty v průběhu skladování. V případě modelových vzorků vyrobených z čerstvého přírodního sýry byly 2. den nejvyšší u vzorku s přídavkem v poměru 75:25, naopak ve 14. a 30. den skladování byly nejvyšší hodnoty u vzorku, kdy bylo přidáno celkové množství hned na začátku výroby. Nejmenší hodnoty byly naměřeny ve 2. a 14. den skladování u vzorku 50:50 a ve 30. den skladování ve vzorku, u nějž byl přídavek vody v poměru 90:10.

V případě modelových vzorků z lyofilizovaného sýra, byly nejvyšší hodnoty naměřeny u vzorku, kdy byl přidán celkový objem recepturního množství vody hned na začátku výroby, a to v případě 2. a 30. dne skladování. Ve 14. den skladování byly hodnoty nejvyšší u vzorku, kdy byl přídavek vody v poměru 75:25. Naopak nejmenší hodnoty byly u vzorku 75:25, a to ve 2. a 30. dni skladování. A ve 14. den skladování byly nejmenší hodnoty ztrátového modulu pružnosti u vzorku, u nějž byl přídavek vody v poměru 50:50.

Na základě tabulek níže (viz. Tabulka 1 a 2) lze zhodnotit, že komplexní modul pružnosti se zvyšuje v průběhu skladování a lze říct, že nejvíce pevný je vzorek, u kterého bylo přidáno celkové množství vody hned na začátku výroby, druhý nejpevnější/nejtužší vzorek je ten, u kterého byl přídavek vody v poměru 50:50. Nejméně pevné vzorky jsou u vzorků, kde byly přídavky vody v poměrech 75:25 a 90:10. Toto zhodnocení lze aplikovat na vzorky, které byly vyrobeny z čerstvého přírodního sýru.

V případě modelových vzorků, které byly vyrobeny z předem lyofilizovaného sýra, vykazuje největší pevnost opět vzorek s celkovým přídavkem vody hned na začátku výroby. Avšak druhým nejpevnějším vzorkem je ten, u kterého byl přídavek vody v poměru 90:10. Nejméně tuhé vzorky byly ty, u kterých byl přídavek vody v poměru 75:25 a 50:50.

Vzorek	Frekvence (Hz)	Doba skladování (počet dní)					
		2		14		30	
		G* (kPa)	tan δ	G* (kPa)	tan δ	G* (kPa)	tan δ
EC_100	0.1	8,8	0,413	1820,3	0,737	4481,2	0,626
	1.0	11,3	1,179	7163,2	0,533	15745,1	0,409
	10.0	161,4	0,382	15270,8	0,444	28732,6	0,342
	100.0	7183,5	0,318	28112,2	0,368	47175,6	0,389
EC_90_10	0.1	1966,0	0,837	1825,1	0,737	2447,6	0,776
	1.0	6242,5	0,582	6724,7	0,531	6665,9	0,559
	10.0	13443,0	0,449	14488,4	0,438	13625,2	0,447
	100.0	23845,9	0,334	25992,5	0,345	24781,4	0,325
EC_75_25	0.1	8,8	0,299	1766,1	0,844	2790,7	0,753
	1.0	11,4	1,209	6186,2	0,580	7943,0	0,526
	10.0	68,3	0,400	12954,7	0,469	15816,5	0,421
	100.0	6575,8	0,621	24170,3	0,334	28132,8	0,339
EC_50	0.1	1929,6	0,862	1979,0	0,773	4355,3	0,638
	1.0	6548,6	0,576	6974,3	0,534	13876,1	0,426
	10.0	13879,3	0,450	14189,3	0,434	26249,9	0,341
	100.0	24503,1	0,336	23880,1	0,341	42419,2	0,367

Tabulka 1.: Hodnoty komplexního modulu (G*; kPa) a hodnoty tan δ modelových vzorků vyrobených z čerstvého Eidamského sýra v závislosti na různých intervalech přídavku vody do směsi v průběhu výroby během 30denní doby skladování (při 4 °C ± 2 °C).

Vzorek	Frekvence (Hz)	Doba skladování (počet dní)					
		2		14		30	
		G* (kPa)	tan δ	G* (kPa)	tan δ	G* (kPa)	tan δ
LYO_100	0.1	1093,5	0,638	465,3	0,881	1209,9	0,691
	1.0	5414,6	0,442	1865,8	0,662	5259,3	0,465
	10.0	10620,9	0,416	4617,0	0,584	10822,0	0,427
	100.0	19381,0	0,282	10776,3	0,089	19776,2	0,297
LYO_90_10	0.1	826,9	0,717	359,5	1,016	1074,6	0,719
	1.0	3514,8	0,528	1519,2	0,727	4517,2	0,501
	10.0	7546,1	0,482	4008,0	0,626	9650,2	0,436
	100.0	16003,8	0,215	9652,8	0,042	17804,2	0,229
LYO_75_25	0.1	487,0	0,941	416,1	1,021	825,8	0,784
	1.0	2352,0	0,650	1832,8	0,705	3540,2	0,535
	10.0	5777,2	0,530	4591,3	0,588	7790,0	0,453
	100.0	12422,9	0,204	10664,2	0,127	14614,4	0,287
LYO_50	0.1	600,6	0,749	299,8	1,226	868,7	0,735
	1.0	3649,7	0,489	1324,5	0,820	3993,4	0,501
	10.0	7582,1	0,454	3590,6	0,655	8869,6	0,438
	100.0	15615,8	0,301	8663,5	0,052	16171,1	0,259

Tabulka 2.: Hodnoty komplexního modulu (G*; kPa) a hodnoty tan δ modelových vzorků vyrobených z lyofilizovaného Eidamského sýra v závislosti na různých intervalech přidávku vody do směsi v průběhu výroby během 30denní doby skladování (při 4 °C ± 2 °C).

ZÁVĚR

Cílem práce bylo posoudit vliv postupného přidavku vody na reologické vlastnosti tavených sýrů o obsahu sušiny 40 % (w/w) a obsahu tuku v sušině 50 % (w/w). Modelové vzorky byly vyrobeny ve dvou řadách, a to řada vyrobená z čerstvého přírodního sýra a řada vyrobená z lyofilizovaného přírodního sýra. V obou řadách byly přidavky vody v poměrech 100:0, 90:10, 75:25 a 50:50, kde první číslo uvádí recepturní množství přidané již na začátku výroby a druhé číslo udává zbylý přídavek vody, který byl vždy přidán po 6 minutách míchání směsi. Na základě naměřených dat a zpracovaných výsledků, lze vyhodnotit následující závěry:

- Postupný přídavek vody v případě obou řad modelových vzorků při stanovování celkového obsahu sušiny neměl žádný vliv na výsledné hodnoty, které se pohybovaly v rozmezí 41,33 – 43,22 % (w/w) a spadaly tedy do plánované surovinové skladby.
- Taktéž hodnoty pH nebyly postupnými přidavky vody nijak ovlivněny. Veškerá naměřená data u pH spadaly do hranice optimální pH pro tavené sýry, jež je v rozmezí 5,6 – 6,1.
- V případě tvrdosti lze zhodnotit, že modelové vzorky vyrobené z čerstvého sýru vykazují větší tvrdost, tudíž větší sílu potřebnou k deformaci výrobku. Nejvyšší tvrdost vykazoval vzorek, u kterého byl přídavek vody v poměru 75:25.
- Modelové vzorky vyrobené z lyofilizovaného sýru vykazují mnohem větší lepidlost než vzorky vyrobené z čerstvého sýru, tudíž u těchto vzorků je potřebná větší síla k deformaci přitažlivých sil mezi povrchem potraviny a povrchem dalšího materiálu.
- V případě kohezivnosti nejsou viditelné žádné větší výkyvy v postupných přídavcích vody. Jediný patrný rozdíl je u vzorku z lyofilizovaného sýru, u kterého byl celkový přídavek vody na začátku výroby.
- V případě žvýkatelnosti a gumovitosti je značný rozdíl v porovnání vzorků vyrobených z čerstvého sýra, neboť naproti vzorkům vyrobených z lyofilizovaného sýru, vykazují tyto vzorky vyšší hodnoty. Tento fakt souvisí s tvrdostí těchto vzorků, jelikož je potřebná větší síla k rozmělnění potraviny do stavu, aby ji bylo možné spolknout.

- V případě viskozity u vzorků vyrobených z čerstvého sýra byl nejvíce viskózní vzorek, u něhož bylo celkové množství vody přidáno na začátku výroby, to stejné platilo i pro vzorek vyrobený ze sýru lyofilizovaného. Naopak nejméně viskózní vzorek z čerstvého sýru byl ten, u něhož byl přídavek vody v poměru 75:25. Lze tedy zhodnotit že přídavky vody v různých intervalech mají vliv na viskozitu.
- Hodnoty komplexního modulu pružnosti jasně vykazují, že postupné přídavky vody mají vliv na reologické vlastnosti tavených sýrů. V obou řadách byly vzorky nejpevnější, když celkový objem vody byl hned na počátku výroby. Nejméně pevné/tuhé sýry byly ty, u kterých byl přídavek vody v poměru 50:50 a 75:25.
- Lze tedy zhodnotit, že čím větší přídavek vody byl přidán hned na začátku výroby, tím byly výrobky, bez ohledu na typ použitého přírodního sýra, pevnější/tužší.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] FORMAN, Ladislav. *Mlékárenská technologie II*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1994. ISBN 80-7080-214-6.
- [2] BUŇKA, F. a J. HRABĚ. *Tavené sýry*. Potravinářská revue, 2006. ISSN 1801-9102.
- [3] CARIC, M. a M. KALÁB. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. 2. London: P.F.Fox, ed., Chapman & Hall, 1997. ISBN 0-412-535106.
- [4] ANDĚL, Michal. *Sýry a tvarohy ve výživě*. Praha: Česká technologická platforma pro potraviny, 2012. Publikace České technologické platformy pro potraviny. ISBN 978-80-905096-2-7.
- [5] KOPÁČEK, J. *TAVENÉ SÝRY – švýcarský vynález, ale tak trochu český fenomén* [online]. Potravinářská revue, 2010 [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Berankova/Re6_2010.pdf
- [6] BISWAS, Ananya, Kasiviswanathan MUTHUKUMARAPPAN, Chenchiah MARELLA a Lloyd METZGER. Understanding the role of natural cheese calcium and phosphorous content, residual lactose and salt-in-moisture content on block-type processed cheese functional properties: Cheese hardness and flowability/meltability. *International Journal of Dairy Technology* [online]. 2015, **68**(1), 44-53 [cit. 2021-05-04]. ISSN 1364-727X. Dostupné z: doi:10.1111/1471-0307.12167
- [7] *Vyhláška č. 274/2019 Sb.: o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje*. In: 2019. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2019-274>
- [8] LANGMAIER, Ferdinand. *Nauka o zboží*. Vyd. 2. nezměn. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2002. ISBN 80-731-8092-8.
- [9] KAPOOR, R. a L.E. METZGER. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety: Institute of Food Technologists*. 2008, **7**(2), 194-214. Dostupné z: doi:10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x
- [10] BERGER, Wolfgang. *Process cheese manufacture*. Ladenberg Germany: BK GIULINI CHEMIE GmbH & Co., 1998. ISBN 978-2951281400.
- [11] GAJDŮŠEK, Stanislav. *Mlékařství II*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. ISBN isbn80-7157-342-6.

- [12] BYLUND, G. *Dairy processing handbook*. 3. Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB, 2015. ISBN 9789176097199.
- [13] HUI, Y.H. *Handbook of food science, technology, and engineering*. 4. Editor Y. H. HUI, editor E. CASTELL-PEREZ. United States of America: Taylor & Francis Group, 2006. ISBN 0-8493-9849-5.
- [14] PAVELKA, Antonín. *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. Vyd. 1. Brno: Litera, 1996. ISBN 80-85763-09-5.
- [15] BUŇKA, F., L. BUŇKOVÁ, M. ČERNÍKOVÁ a K. HLADKÁ. *Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů*. Potravinářská revue, 2010. ISSN 1801-9102.
- [16] GUNASEKARAN, S. a Ak.M. MEHMET. *Cheese Rheology and Texture*. 1. Boca Raton: CRC Press LLC, 2003. ISBN 1-58716-021-8.
- [17] BUŇKA, F. a L. BUŇKOVÁ. *Faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů*. Potravinářská revue, 2012.
- [18] BUŇKA, František, Leona BUŇKOVÁ a Stanislav KRÁČMAR. *Základní principy výroby tavených sýrů: Basic principles of processed cheese production : monografie*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-807-3753-368.
- [19] KADLEC, Pavel. *Technologie potravin*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. ISBN 80-7080-510-2.
- [20] CARIC, M. a S. MILANOVIC. *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering*. 4. Boca Raton: CRC Press Tailor & Francis Group, 2006. ISBN 0-8493-9847-5.
- [21] HENNING, D.R., R.J. BAER, A.N. HASSAN a R. DAVE. Major Advances in Concentrated and Dry Milk Products, Cheese, and Milk Fat-Based Spreads. *Journal of Dairy Science* [online]. 2006, **89**(4), 1179-1188 [cit. 2021-05-05]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds. S0022-0302(06)72187-7
- [22] PISKA, Ivo a Jiří ŠTĚTINA. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering* [online]. 2004, **61**(4), 551-555 [cit. 2021-05-05]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/S0260-8774(03)00217-6

- [23] ŠEBELA, F. *Mlékářství*. 1. Praha: Státní zemědělské nakladatelství v Praze ve spolupráci s Ústavem vědeckotechnických informací MZLVH, 1964.
- [24] ČERNÁ, M. *Nutriční hodnota mléka a mléčných výrobků*. 1. Praha: Středisko technických informací potravinářského průmyslu v Praze, 1979.
- [25] GUINEE, T.P., M. CARIC a M. KALÁB. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. 3rd ed. Editor Patrick F. FOX. Amsterdam: Elsevier, 2004. ISBN 0122636538.
- [26] MULSOW, B.B., D. JAROS a H. ROHM. Processed Cheese and Cheese Analogues. TAMIME, Adnan, ed., Adnan TAMIME. *Structure of Dairy Products* [online]. 1. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2007, s. 210-235 [cit. 2021-05-05]. ISBN 9780470995921. Dostupné z: doi: 10.1002/9780470995921.ch8
- [27] LANGENDORFF, V, G CUVELIER, B LAUNAY, C MICHON, A PARKER a C.G DE KRUIF. Casein micelle/iota carrageenan interactions in milk: influence of temperature. *Food Hydrocolloids* [online]. 1999, **13**(3), 211-218 [cit. 2021-05-05]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/S0268-005X (98)00087-3
- [28] VEGA, C., D.G. DALGLEISH a H.D. GOFF. Effect of κ -carrageenan addition to dairy emulsions containing sodium caseinate and locust bean gum. *Food Hydrocolloids* [online]. 2005, **19**(2), 187-195 [cit. 2021-05-05]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foodhyd.2004.05.003
- [29] ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA. *Mlékárenské technologie*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-704-5.
- [30] KONTOVÁ, M. *Technologické principy výroby tavených syrov* [online]. 2004, [cit. 2021-05-06]. ISSN 1210-3144.
- [31] FRENCH, S.J., K.M. LEE, M. DECASTRO a W.J. HARPER. Effects of different protein concentrates and emulsifying salt conditions on the characteristics of a processed cheese product. *Milchwissenschaft*. 2002., 79-83.
- [32] WALSTRA, P., M.T.J. WOUTERS a J.T. GEURTS. *Dairy Science and Technology* [online]. CRC Press, 2005 [cit. 2021-05-05]. ISBN 9780429116148. Dostupné z: doi:10.1201/9781420028010
- [33] HRABĚ, J., F. BUŇKA, I. HOZA a P. BŘEZINA. *Technologie výroby potravin živočišného původu pro kombinované studium*. Zlín: UTB ve Zlíně-Fakulta technologická, 2007. ISBN 978-80-7318-521-3.

- [34] UPRETI, P. a L.E. METZGER. Influence of Calcium and Phosphorus, Lactose, and Salt-to-Moisture Ratio on Cheddar Cheese Quality: Manufacture and Composition. *Journal of Dairy Science* [online]. 2006, **89**(2), 420-428 [cit. 2021-05-05]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72106-3
- [35] TAMINE, A.Y. *Processed Cheese and Analogues*. Wiley-BlackwellPublishing, 2011. ISBN 978-1-405-18642-1.
- [36] ZADRAŽIL, Karel. *Mlékařství: (přednášky)*. Vyd. 1. Praha: ISV, 2002. Živočišná výroba (Česká zemědělská univerzita). ISBN 80-86642-15-1.
- [37] BRICKLEY, A. Clara. The effect of natural cheddar cheese ripening on the functional and textural properties of the processed cheese manufactured therefrom. *Journal of Food Science*. 2007, **72**(9), 483-490. Dostupné z: doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00539.x
- [38] GUINEE, T.P. CHEESE | Pasteurized Processed Cheese Products. *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. 1. Elsevier, 2002, s. 411-418 [cit. 2021-05-05]. ISBN 9780122272356. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-227235-8/00085-7
- [39] GAJDŮŠEK, Stanislav. *Mlékařství*. 2. nezm. vyd. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1993. ISBN 80-7157-073-7.
- [40] FORDE, A. a GF. FITZGERALD. Biotechnological approaches to the understanding and improvement of mature cheese flavour.: Current Opinion in Biotechnology. *Current Opinion in Biotechnology*. 2000, **11**(5), 484-489. ISSN 0958 1669. Dostupné z: doi:10.1016/s0958-1669(00)00130-0
- [41] BUŇKA, F. a L. BUŇKOVÁ. *Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů*. Potravinářská revue, 2009.
- [42] LAZÁRKOVÁ, Z., F. BUŇKA, L. BUŇKOVÁ, P. VALÁŠEK, S. KRÁČMAR a J. HRABĚ. Application of different sterilising modes and the effects on processed cheese quality. *Czech Journal of Food Sciences* [online]. 2010, **28**(3), 168-176 [cit. 2021-05-05]. ISSN 12121800. Dostupné z: doi:10.17221/44/2008-CJFS
- [43] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Vyd. 1. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902391-3-7.

- [44] TAN, Y.L., A. YE, H. SINGH a Y. HEMAR. EFFECTS OF BIOPOLYMER ADDITION ON THE DYNAMIC RHEOLOGY AND MICROSTRUCTURE OF RENNETED SKIM MILK SYSTEMS. *Journal of Texture Studies* [online]. 2007, **38**(3), 404-422 [cit. 2021-05-05]. ISSN 0022-4901. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-4603.2007.00104.x
- [45] MIZUNO, R. a J.A. LUCEY. Effects of Emulsifying Salts on the Turbidity and Calcium-Phosphate-Protein Interactions in Casein Micelles. *Journal of Dairy Science* [online]. 2005, **88**(9), 3070-3078 [cit. 2021-05-05]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)72988-X
- [46] DRDÁK, Milan, Jolana KAROVIČOVÁ, Eva MÓROVÁ a Július STUDNICKÝ. *Základy potravinářských technologií spracovania rastlinných a živočíšnych surovín, cereálne a fermentačné technológie uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. 1. vyd. Bratislava: Malé Centrum, 1996. ISBN 80-967064-1-1.
- [47] EVERS, Jaap M. Determination of free fatty acids in milk using the BDI method—some practical and theoretical aspects. *International Dairy Journal* [online]. 2003, **13**(2-3), 111-121 [cit. 2021-05-04]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/S0958-6946(02)00145-0
- [48] RANKEN, M., R. KILL a C. BAKER, ed. *Food Industries Manual* [online]. Boston, MA: Springer US, 1997 [cit. 2021-05-05]. ISBN 978-1-4613-1129-4. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4613-1129-4
- [49] HUI, Y.H. *Dairy Science and Technology Handbook: Product Manufacturing*. 2. New York: Wiley, 2006. ISBN 978-0-470-12707-0.
- [50] STIESE, B. a M. KŘIVÁNEK. *Abeceda mlékárenství. 2., přepracované vyd.* Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966.
- [51] DICKINSON, Eric. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids* [online]. 2003, **17**(1), 25-39 [cit. 2021-05-04]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/S0268-005X(01)00120-5
- [52] PHILLIPS, G.O. a P.A. WILLIAMS. Introduction to food hydrocolloids. *Handbook of Hydrocolloids: A volume in Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* [online]. 3. Elsevier, 2020, s. 3-26 [cit. 2021-05-05]. ISBN 9780128201046. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-820104-6.00017-6

- [53] SMEWING, J. *Hydrocolloids In Food texture: measurement and perception: Eds. Rosenthal, A. J.* Aspen Publishers, 1999.
- [54] ČERNÍKOVÁ, M., F. BUŇKA, M. POSPIECH, B. TREMLOVÁ, K. HLADKÁ, V. PAVLÍNEK a P. BŘEZINA. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*. 2009, , 336-343.
- [55] IMESON, A., ed. *Agar in Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents* [online]. 1. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2009 [cit. 2021-05-05]. ISBN 9781444314724. Dostupné z: doi:10.1002/9781444314724
- [56] KODET, Josef. *Plnící, zahušťovací, gelotvorné a stabilizační látky pro potraviny: (Potravinářské hydrokoloidy).* 1. vyd. Praha: Středisko potravinářských informací, 1993. ISBN 8085120321.
- [57] LANGENDORFF, V. Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures. *Food Hydrocolloids* [online]. 2000, **14**(4), 273-280 [cit. 2021-05-05]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/S0268-005X (99)00064-8
- [58] BLAKEMORE, William a Alan HARPELL. Carrageenan. IMESON, Alan, ed., Alan IMESON. *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents* [online]. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2009, s. 73-94 [cit. 2021-05-04]. ISBN 9781444314724. Dostupné z: doi: 10.1002/9781444314724.ch5
- [59] LOBATO-CALLEROS, C., J. REYES-HERNÁNDEZ, C.I. BERISTAIN, Y. HORNELAS-URIBE, J.E. SÁNCHEZ-GARCÍA a E.J. VERNON-CARTER. Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat. *Food Research International* [online]. 2007, **40**(4), 529-537 [cit. 2021-05-05]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foodres.2006.10.011
- [60] CUNHA, C.R., A.I. DIAS a W.H. VIOTTO. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*. 2010., 723-729. ISSN 0963-9969.
- [61] GARNIER, C., C. MICHON, S. DURAND, G. CUVELIER, J.-L. DOUBLIER a B. LAUNAY. Iota-carrageenan/casein micelles interactions: evidence at different scales. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* [online]. 2003, **31**(1-4), 177-184 [cit. 2021-05-05]. ISSN 09277765. Dostupné z: doi:10.1016/S0927-7765(03)00137-1

- [62] JANŠTOVÁ, B. *Technologie mléka a mléčných výrobků*. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012. ISBN 978-80-7305-637-7.
- [63] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2012. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-145-0.
- [64] BACHMANN, Hans-Peter. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal* [online]. 2001, **11**(4-7), 505-515 [cit. 2021-05-04]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/S0958-6946(01)00073-5
- [65] NORONHA, Nessa, Denis CRONIN, E. O'RIORDAN a Michael O'SULLIVAN. Flavouring of imitation cheese with enzyme-modified cheeses (EMCs): Sensory impact and measurement of aroma active short chain fatty acids (SCFAs). *Food Chemistry* [online]. 2008, **106**(3), 905-913 [cit. 2021-05-05]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foodchem.2007.06.059
- [66] HANČOVÁ, Hana a Marie VLKOVÁ. *Biologie v kostce*. 2. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 1999. V kostce (Fragment). ISBN 80-7200-341-0.
- [67] DRBOHLAV, J. a M. VODIČKOVÁ. *Tabulky látkového složení mléka a mléčných výrobků*. 2. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2002. ISBN 80-7271-005-2.
- [68] HERIAN, K. *Problematika zabezpečenia kvality syrov a ich kontrola (čerstvých, zrejúcich bez obalu, parených, tavených)*. Žilina: Zborník prednášok ze školenia, 2001.
- [69] IBURG, Anne. *Lexikon sýrů: výroba, původ, druhy, chuť*. 1. vyd. Čestlice: Rebo Productions CZ, 2004. ISBN 80-7234-379-3.
- [70] AWAD, R., L. ABDEL-HAMID, S. EL-SHABRAWY a R. SINGH. Physical and Sensory Properties of Block Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *International Journal of Food Properties* [online]. 2004, **7**(3), 429-448 [cit. 2021-05-04]. ISSN 1094-2912. Dostupné z: doi:10.1081/JFP-200032934
- [71] BUŇKA, F. *Vliv sterilačního záhřevu na jakost tavených sýrů určených pro krizové situace*. Vyškov, 2004, 111 s. Disertační práce. VVŠPV.
- [72] ČEPIČKA, Jaroslav. *Obecná potravinářská technologie*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1995. ISBN 80-7080-239-1.

- [73] ŠMÍDTOVÁ, M. *Řetězce stále dělají chyby při prodeji náhražek sýrů* [online]. Státní zemědělská a potravinářská inspekce, 2008 [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://www.szpi.gov.cz/clanek/retezce-stale-delaji-chyby-pri-prodeji-nahrazek-syru.aspx>
- [74] VRANÍK, E. *Strojnictví pro 4. ročník SPŠ mlékárenské. 1.st ed. Praha. 1.* Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1984.
- [75] MUIR, D.D., A.Y. TAMIME, M.E. SHENANA a A.H. DAWOOD. Processed Cheese Analogues Incorporating Fat-Substitutes 1. Composition, Microbiological Quality and Flavour Changes During Storage at 5 °C. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 1999, **32**(1), 41-49 [cit. 2021-05-06]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1006/fstl.1998.0509
- [76] OBERMAIER, Oldřich a Vladimír ČEJNA. *Sýry a tvarohy*. 1. vyd. Praha: Sdružení českých spotřebitelů pro Českou technologickou platformu pro potraviny, 2013. Jak poznáme kvalitu?., ISBN 978-80-87719-06-0.
- [77] KAPOOR, R. a L.E. METZGER. Evaluation of Salt Whey as an Ingredient in Processed Cheese. *Journal of Dairy Science*. 2004, , 1143-1150. ISSN 0022-0302.
- [78] TAMINE, A.Y. *Structure of Dairy Products*. Oxford: Wiley Blackwell Publishing, 2007. ISBN 978-1-405-12975-6.
- [79] MARCHESSEAU, S., E. GASTALDI, A. LAGAUDE a J.-L. CUQ. Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 1997, **80**(8), 1483-1489 [cit. 2021-05-06]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds. S0022-0302(97)76076-4
- [80] BUŇKOVÁ, Leona, Pavel PLEVA, František BUŇKA, Pavel VALÁŠEK a Stanislav KRÁČMAR. Antibacterial effects of commercially available phosphates on selected microorganisms. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* [online]. 2014, **56**(5), 19-24 [cit. 2021-05-05]. ISSN 12118516. Dostupné z: doi:10.11118/actaun200856050019
- [81] SHIRASHOJI, N., J.J. JAEGGI a J.A. LUCEY. Effect of sodium hexametaphosphate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 2010, **93**(7), 2827-2837 [cit. 2021-05-06]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2009-2960

- [82] HENNELLY, Paul, Peter DUNNE, Michael O'SULLIVAN a Dolores O'RIORDAN. Increasing the moisture content of imitation cheese: effects on texture, rheology and microstructure. *European Food Research and Technology* [online]. 2005, **220**(3-4), 415-420 [cit. 2021-05-06]. ISSN 1438-2377. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-004-1097-9
- [83] SCHÄR, W a J.O BOSSET. Chemical and Physico-chemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue During Storage. A Review. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2002, **35**(1), 15-20 [cit. 2021-05-06]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1006/fstl.2001.0820
- [84] DIMITRELI, Georgia a Apostolos THOMAREIS. Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. *Journal of Food Engineering* [online]. 2004, **64**(2), 265-271 [cit. 2021-05-05]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jfoodeng.2003.10.008
- [85] BOWLAND, E.L. a E.A. FOEGEDING. Small Strain Oscillatory Shear and Microstructural Analyses of a Model Processed Cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 2001, **84**(11), 2372-2380 [cit. 2021-05-05]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds. S 0022-0302(01)74686-3
- [86] SÁDLÍKOVÁ, Ivana, František BUŇKA, Pavel BUDINSKÝ, Voldánová BARBORA, Vladimír PAVLÍNEK a Ignác HOZA. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2010, **43**(8), 1220-1225 [cit. 2021-05-06]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi: 10.1016/j.lwt.2010.04.012
- [87] LEE, S.K. a H. KLOSTERMEYER. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2001, **34**(5), 288-292 [cit. 2021-05-05]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1006/fstl.2001.0761
- [88] NAGYOVÁ, G., F. BUŇKA, R.N. SALEK, M. ČERNÍKOVÁ, P. MANČÍK, T. GRŮBER a D. KUCHAR. Use of sodium polyphosphates with different linear lengths in the production of spreadable processed cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 2014, **97**(1), 111-122 [cit. 2021-05-06]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2013-7210

- [89] CUNHA, Clarissa a Walkiria VIOTTO. Casein Peptization, Functional Properties, and Sensory Acceptance of Processed Cheese Spreads Made with Different Emulsifying Salts. *Journal of Food Science* [online]. 2010, **75**(1), 113-120 [cit. 2021-05-05]. ISSN 00221147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1750-3841.2009.01444.x
- [90] FOX, P., T. UNIACKE-LOWE, P. MCSWEENEY a J. O'MAHONY. *Dairy Chemistry and Biochemistry* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2015 [cit. 2021-05-05]. ISBN 978-3-319-14891-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-14892-2
- [91] ZHONG, QIXIN, CHRISTOPHER DAUBERT a BRIAN FARKAS. COOLING EFFECTS ON PROCESSED CHEESE FUNCTIONALITY. *Journal of Food Process Engineering* [online]. 2004, **27**(5), 392-412 [cit. 2021-05-05]. ISSN 0145-8876. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-4530.2004.00390.x
- [92] SCHATZ, Kristina, Wolfgang HOFFMANN, Katrin SCHRADER a Andrea MAURER. Effect of emulsifying salts containing potassium on the melting properties of block-type dairy cheese analogue. *International Journal of Dairy Technology* [online]. 2014, **67**(2), 202-210 [cit. 2021-05-06]. ISSN 1364727X. Dostupné z: doi:10.1111/1471-0307.12119
- [93] SWENSON, B.J., W.L. WENDORFF a R.C. LINDSAY. Effects of Ingredients on the Functionality of Fat-free Process Cheese Spreads. *Journal of Food Science* [online]. 2000, **65**(5), 822-825 [cit. 2021-05-06]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2621.2000.tb13594.x
- [94] NEWTON, Angela, Antony FAIRBANKS, Matt GOLDING, Paul ANDREWES a Juliet GERRARD. The role of the Maillard reaction in the formation of flavour compounds in dairy products – not only a deleterious reaction but also a rich source of flavour compounds. *Food & Function* [online]. 2012, **3**(12) [cit. 2021-05-06]. ISSN 2042-6496. Dostupné z: doi:10.1039/c2fo30089c
- [95] ABDEL-HAMID, LAILA, S.A. EL-SHABRAWY, R.A. AWAD a R.K. SINGH. CHEMICAL PROPERTIES of PROCESSED RAS CHEESE SPREADS AS AFFECTED BY EMULSIFYING SALT MIXTURES. *Journal of Food Processing and Preservation* [online]. 2000, **24**(3), 191-208 [cit. 2021-05-05]. ISSN 0145-8892. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-4549.2000.tb00413.x

- [96] ČERNÍKOVÁ, Michaela. *Vybrané faktory působící na konzistenci tavených sýrů: Selected factors influencing the processed cheese consistency : teze habilitační práce*. Vydání: první. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2018. ISBN 978-80-7454-728-7.
- [97] BUŇKA, F., L. BUŇKOVÁ a S. KRÁČMAR. *Vybrané hydrokoloidy a emulgátory ve výrobě tavených sýrů. Acta fytotechnica et zootechnica-Mimoriadne číslo*. Nitra, 2009.
- [98] DOLEŽÁLEK, J. *Mikrobiologie mlékárenského a tukařského průmyslu*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1962.
- [99] GÖRNER, Fridrich a Lubomír VALÍK. *Aplikovaná mikrobiológia požívatin: princípy mikrobiológie požívatin, potravinársky významné mikroorganizmy a ich skupiny, mikrobiológia potravinárskych výrob, ochorenia mikrobiálneho povodu, ktorých zárodoky sú prenášané požívatinami*. 1. vyd. Bratislava: Malé centrum, 2004. ISBN 80-967064-9-7.
- [100] GLASS, K. a M.E. DOYLE. Safety of Processed Cheese A Review of the Scientific Literature. *Food Research Institute* [online]. University of Wisconsin–Madison [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: https://fri.wisc.edu/files/Briefs_File/ProcCheese_May2005_v2.pdf
- [101] KAPOOR, R., L.E. METZGER, A.C. BISWAS a K. MUTHUKUMMARAPPAN. Effect of Natural Cheese Characteristics on Process Cheese Properties. *Journal of Dairy Science* [online]. 2007, **90**(4), 1625-1634 [cit. 2021-05-06]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2006-746
- [102] JAROŠOVÁ, A. *Senzorické hodnocení potravin*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 80-7157-539-9.
- [103] OSTHOFF, G., E. SLABBER, W. KNIEFEL a K. DÜRRSCHMID. : *Flavours and Flavourants, Colours and Pigment. Processed Cheese and Analogues*. 1. Blackwell Publishing Ltd., 2011. ISBN 978-1-4051-8642-1.
- [104] DRAKE, S.L., M.D. YATES a M.A. DRAKE. DEVELOPMENT OF A FLAVOR LEXICON FOR PROCESSED AND IMITATION CHEESES. *Journal of Sensory Studies* [online]. 2010, **25**(5), 720-739 [cit. 2021-05-05]. ISSN 08878250. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-459X.2010.00300.x

- [105] STEINHART, Hans. The Maillard Reaction. Chemistry, Biochemistry and Implications. Von Harry Nursten. *Angewandte Chemie* [online]. 2005, **117**(46), 7672-7673 [cit. 2021-05-06]. ISSN 0044-8249. Dostupné z: doi:10.1002/ange.200585332
- [106] FAJR, D., R. ŠEVČÍK, A. RAJCHL, V. MUKAŘOVSKÁ a M. VOLDŘICH. *Nedeklarované barvení sýrů.: Celostátní přehledky sýrů 2012. Mléko a sýry*. Praha: VŠCHT, 2012. ISBN 978-80-7080-838-2.
- [107] FRIEDMAN, Mendel. Food Browning and Its Prevention: An Overview †. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 1996, **44**(3), 631-653 [cit. 2021-05-05]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf950394r
- [108] KRISTENSEN, Dorthe, Eva HANSEN, Allan ARNDAL, Rikke TRINDERUP a Leif SKIBSTED. Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. *International Dairy Journal* [online]. 2001, **11**(10), 837-843 [cit. 2021-05-06]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/S0958-6946(01)00105-4
- [109] ČSN EN ISO 5492 (560030): *Senzorická analýza - Slovník*. 2009.
- [110] ALVES, Rosa, Ariene VAN DENDER, Sandra JAIME, Izildinha MORENO a Beatriz PEREIRA. Effect of light and packages on stability of spreadable processed cheese. *International Dairy Journal* [online]. 2007, **17**(4), 365-373 [cit. 2021-05-06]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi: 10.1016/j.idairyj.2006.04.004
- [111] LEMIEUX, L. a Re. SIMARD. Bitter flavour in dairy products. I. A review of the factors likely to influence its development, mainly in cheese manufacture. *Le Lait* [online]. INRA Editions, 1991, **71**(6), 599-636 [cit. 2021-05-06].
- [112] SHIPE, W.F., R. BASSETTE, D.D. DEANE et al. Off Flavors of Milk: Nomenclature, Standards, and Bibliography. *Journal of Dairy Science* [online]. 1978, **61**(7), 855-869 [cit. 2021-05-06]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.S0022-0302(78)83662-5
- [113] KRUMOV, K., G. IVANOV, A. SLAVCHEV a N. NENOV. Improving the Processed Cheese Quality by the Addition of Natural Spice Extracts. *Journal of Food Science and Technology*. 2010, **2**(6), 335-339. ISSN 2042-4876.

- [114] SUBRAMANIAM, P. Chemical Deterioration and Physical Instability of Foods and Beverages. *The Stability and Shelf Life of Food* [online]. 2. Woodhead Publishing, 2016, s. 43-76 [cit. 2021-05-06].
- [115] LUKÁŠOVÁ, Jindra. *Hygiena a technologie mléčných výrobků*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2001. ISBN 80-7305-415-9.
- [116] PADALÍKOVÁ, L. *Senzorické hodnocení tavených sýrů*. Brno, 2006. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně.
- [117] GUPTA, S.K., C. KARAHADIAN a R.C. LINDSAY. Effect of Emulsifier Salts on Textural and Flavor Properties of Processed Cheeses. *Journal of Dairy Science* [online]. 1984, **67**(4), 764-778 [cit. 2021-05-06]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.S0022-0302(84)81367-3
- [118] OBERMAIER, O. Jaká je dnes jakost mléka a mlékárenských výrobků - také si myslíte, že se zhoršila, nebo zhoršuje?. *Potravinářská revue*. 2008, **8**(3), 27-28.
- [119] EL-BAKRY, M., E. DUGGAN, E.D. O'RIORDAN a M. O'SULLIVAN. Effect of chelating salt type on casein hydration and fat emulsification during manufacture and post-manufacture functionality of imitation cheese. *Journal of Food Engineering* [online]. 2011, **102**(2), 145-153 [cit. 2021-05-05]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2010.08.012
- [120] SCHASCHKE, Carl. *A Dictionary of Chemical Engineering* [online]. Oxford University Press, 2014 [cit. 2021-05-06]. ISBN 9780199651450. Dostupné z: doi:10.1093/acref/9780199651450.001.0001
- [121] Rheology of Melted Cheese. *Centre for Industrial Rheology* [online]. Rheology Lab, 2021 [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: <https://www.rheologylab.com/articles/food/melted-cheese/>
- [122] JOSHI, N., R. JHALA, K. MUTHUKUMARAPPAN, M. ACHARYA a V. MISTRY. Textural and Rheological Properties of Processed Cheese. *International Journal of Food Properties* [online]. 2004, **7**(3), 519-530 [cit. 2021-05-06]. ISSN 1094-2912. Dostupné z: doi:10.1081/JFP-200032962
- [123] TAMIME, A., D. MUIR, M. WSZOLEK et al. Quality Control in Processed Cheese Manufacture. TAMIME, A. Y., ed., A. TAMIME. *Processed Cheese and Analogues* [online]. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2011, s. 245-340 [cit. 2021-05-06]. ISBN 9781444341850. Dostupné z: doi:10.1002/9781444341850.ch10

- [124] ABD EL-SALAM, M.H., A.F. AL-KHAMY, G.A. EL-GARAWANY, A. HAMED a A. KHADER. Composition and rheological properties of processed cheese spread as affected by the level of added whey protein concentrates and emulsifying salt. *Egyptian Journal of Dairy Science*. 1996., 309-322. ISSN 0378-2700.
- [125] LU, YANJIE, NOBUAKI SHIRASHOJI a JOHN LUCEY. Rheological, textural and melting properties of commercial samples of some of the different types of pasteurized processed cheese. *International Journal of Dairy Technology* [online]. 2007, **60**(2), 74-80 [cit. 2021-05-06]. ISSN 1364-727X. Dostupné z: doi:10.1111/j.1471-0307.2007.00314.x
- [126] BOURLAKIS, M.A. a P.W.H. WEIGHTMAN. *Food Supply Chain Management*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 2004. ISBN 1-4051-0168-7.
- [127] BOURNE, M. *Food Texture and Viscosity* [online]. 2. San Diego: Academic Press, 2002 [cit. 2021-05-06]. ISBN 9780080491332.
- [128] CAVALIER-SALOU, C. a J.C. CHEFTEL. Emulsifying Salts Influence on Characteristics of Cheese Analogs from Calcium Caseinate. *Journal of Food Science* [online]. 1991, **56**(6), 1542-1547 [cit. 2021-05-06]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2621.1991.tb08636.x
- [129] ČSN ISO 11036: *Senzorická analýza - Metodologie - Profil textury*. 2020.
- [130] FAGAN, C.C., C. EVERARD, C.P. O'DONNELL, G. DOWNEY, E.M. SHEEHAN, C.M. DELAHUNTY a D.J. O'CALLAGHAN. Evaluating Mid-infrared Spectroscopy as a New Technique for Predicting Sensory Texture Attributes of Processed Cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 2007, **90**(3), 1122-1132 [cit. 2021-05-06]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.S0022-0302(07)71598-9
- [131] DIMITRELI, Georgia a Apostolos THOMAREIS. Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity. *Journal of Food Engineering* [online]. 2007, **79**(4), 1364-1373 [cit. 2021-05-06]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.04.043
- [132] LEE, S.K. a H. KLOSTERMEYER. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2001, **34**(5), 288-292 [cit. 2021-05-06]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1006/fstl.2001.0761

- [133] LUCEY, J.A., M.E. JOHNSON a D.S. HORNE. Invited Review: Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 2003, **86**(9), 2725-2743 [cit. 2021-05-06]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds. S0022-0302(03)73869-7

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

TVS Obsah tuku v sušině

Mpa Megapascal

TPA Texturní profilová analýza

G' Elastický modul pružnosti

G'' Ztrátový modul pružnosti

G^* Komplexní modul pružnosti

P20 Sodná sůl polyfosforečnanu s průměrnou délkou řetězce $n \approx 20$

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.: Schematické vyjádření výměny iontů sodíku za ionty vápníku při tavení přírodních.....	16
Obrázek 2.: Schematické znázornění Maillardovy reakce.....	30
Obrázek 3.: Modelové vzorky tavených sýrů (<i>vlastní fotografie</i>).....	42
Obrázek 4.: pH metr Foodcare HI 99161 (<i>vlastní fotografie</i>).....	43
Obrázek 5.: Proces přípravy modelových vzorků ke stanovení celkového obsahu sušiny (<i>vlastní fotografie</i>).....	44
Obrázek 6.: Křivka texturní profilové analýzy ($d = \text{čas [s]}$, $F = \text{síla [N]}$)	45
Obrázek 7.: Reometr Rheostress 1 (<i>vlastní fotografie</i>).....	48
Obrázek 8.: Graf naměřených hodnot celkového obsahu sušiny u modelových vzorků...	49
Obrázek 9.: Naměřené hodnoty pH u modelových vzorků vyrobených z čerstvé Eidamské cihly v průběhu 30 ti denního skladování.....	50
Obrázek 10.: Naměřené hodnoty pH u modelových vzorků vyrobených z lyofilizované Eidamské cihly v průběhu 30 ti denního skladování.....	51
Obrázek 11.: Získané hodnoty z textuometru – Tvrdost	52
Obrázek 12.: Získané hodnoty z textuometru - Relativní lepivost.....	53
Obrázek 13.: Získané hodnoty z textuometru – Kohezivnost.....	54
Obrázek 14.: Získané hodnoty z textuometru – Žvýkatelnost	55
Obrázek 15.: Získané hodnoty z textuometru – Gumovitost	55
Obrázek 16.: Tabulka průměrů naměřených dat vybraných texturních vlastností	56
Obrázek 17.: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 2. den po skladování	57
Obrázek 18.: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 14. den po skladování	57
Obrázek 19.: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 30. den po skladování	58

Obrázek 20.: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 2. den po skladování.....	58
Obrázek 21.: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 14. den po skladování.....	59
Obrázek 22.: Závislost komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 30. den po skladování.....	59
Obrázek 23.: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 2. den po skladování	60
Obrázek 24.: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 14. den po skladování	61
Obrázek 25.: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 30. den po skladování	61
Obrázek 26.: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 2. den po skladování.....	62
Obrázek 27.: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 14. den po skladování.....	62
Obrázek 28.: Závislost elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 30. den po skladování.....	63
Obrázek 29.: Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 2. den po skladování	64
Obrázek 30.: Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 14. den po skladování	64
Obrázek 31.: Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z čerstvé Eidamské cihly 30. den po skladování	65
Obrázek 32.: Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 2. den po skladování.....	65
Obrázek 33.: Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 14. den po skladování.....	66
Obrázek 34.: Závislost ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky vyrobené z lyofilizované Eidamské cihly 30. den po skladování.....	66

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1.: Hodnoty komplexního modulu (G^* ; kPa) a hodnoty $\tan \delta$ modelových vzorků vyrobených z čerstvého Eidamského sýra v závislosti na různých intervalech přidavku vody do směsi v průběhu výroby během 30denní doby skladování (při $4\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$)..... 68

Tabulka 2.: Hodnoty komplexního modulu (G^* ; kPa) a hodnoty $\tan \delta$ modelových vzorků vyrobených z lyofilizovaného Eidamského sýra v závislosti na různých intervalech přidavku vody do směsi v průběhu výroby během 30denní doby skladování (při $4\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$). 69