

Vliv furcellaranu na vybrané vlastnosti v tavených sýrech

Nela Švajdová

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Nela Švajdová**
Osobní číslo: **T15183**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv furcellaranu na vybrané vlastnosti v tavených sýrech**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Obecná charakteristika tavených sýrů.
2. Obecná charakteristika furcellaranu.
3. Vliv extraktu mořských řas na konzistenci tavených sýrů.

II. Praktická část

1. Výroba modelových vzorků tavených sýrů s různým zastoupením furcellaranu a směsi tavicích solí.
2. Reologická a chemická analýza vzorků.
3. Hodnocení a diskuze získaných výsledků.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] PARKER, A.; MATSUKAWA, S.; NISHINARI, K. Rheology and structure of mixed kappa-carrageenan/iota-carrageenan gels, Food Hydrocolloids. Volume 39. August 2014, Pages 272–279. Dostupné také z:

<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0268005X14000423?via%3Dihub>

[2] NUSSINOVITCH, A.; HARASHIMA, M. Cooking Innovation, Using Hydrocolloids for Thickening, Gelling, and Emulsification. CRC Press 2013. Chap. 4, Carrageenan and Furcellaran. Print ISBN: 978-1-4398-7588-9, Dostupné také

z <http://www.crcnetbase.com.proxy.k.utb.cz/doi/pdfplus/10.1201/b15547-5>

[3] ČERNÍKOVÁ, M.; SALEK, R.N.; KOZÁČKOVÁ, D.; BĚHALOVÁ, H.; LUŇÁKOVÁ, L.; BUŇKA, F. The Effect of Selected Processing Parameters on Viscoelastic Properties of Model Processed Cheese Spreads. International Dairy Journal. Elsevier B.V, 2017

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

2. února 2018

Termín odevzdání bakalářské práce:

3. května 2018

Ve Zlíně dne 2. února 2018

doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Švajdová' Nela

Obor: CHTP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou 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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské 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.

Ve Zlíně 4.5.2018

Švajdová

²⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá přidavkem furcellaranu do tavených sýrů, s 40 % sušinou (w/w) a 55 % (w/w) tukem v sušině. Byl zkoumán vliv furcellaranu na vybrané vlastnosti modelových vzorků tavených sýrů během 60denního skladování (6 ± 2 °C). Ke vzorkům byl přidán furcellaran o koncentraci 0,10 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, a 1,00 % (w/w). Vzorky byly po 1., 7., 14., 30. a 60. dni skladování podrobeny základním chemickým analýzám, které zahrnovaly stanovení sušiny a pH, a byla provedena i dynamická oscilační reometrie. Po prvním dnu skladování byl stanoven obsah tuku v sušině. Ze získaných výsledků je zřejmé, že po přidavku furcellaranu nebylo změněno pH, ale měl vliv na viskoelastické chování vzorků. Se zvyšující se koncentrací všech typů furcellaranu ve vzorku byla pozorována zvýšena tuhost vzorku. Nejvyšší tuhost vykazovaly vzorky s přidavkem furcellaranu typu B, naopak nejmenší vzorky s furcellaranem A.

Klíčová slova: tavený sýr, furcellaran, tavicí soli, hydrokoloidy, reologie

ABSTRACT

The current Bachelor thesis was focused on the addition of furcellaran into processed cheese samples with 40 % (w/w) dry matter content and 55 % (w/w) fat in dry matter content. Moreover, was investigated the effect of furcellaran addition on selected properties of processed cheese samples during a 60-day storage period (at 6 ± 2 °C). During the production of the samples was added furcellaran at a concentration scale of 0,10 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, a 1,00 % (w/w). The developed samples after 1., 7., 14., 30. and 60 days of storage were analyzed in terms of basic chemical analysis (including dry matter content, pH) and dynamic oscillatory rheological analysis. After the first day of storage was determined the fat in dry matter content. Furthermore, from the obtained results it was found that the addition of furcellaran did not affect the pH values, whereas it influenced the samples viscoelastic properties. With the increasing amount of furcellaran (including all 3 types) into the samples an increase in the samples rigidity was also observed. The highest rigidity was observed in samples to which furcellaran type B was added and on the other hand, the lowest was in samples with furcellaran type A addition.

Keywords: processed cheese, furcellaran, emulsifying salts, hydrocolloids, rheology

Za odbornou pomoc, cenné rady, konzultace, vedení a především trpělivost bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, Ph.D.

Rovněž bych ráda poděkovala paní laborantce Ing. et Ing. Ludmile Zálešákové a všem kolegyním z laboratoře za pomoc při výrobě a analýze modelových vzorků.

Také bych chtěla poděkovat své rodině a příteli za podporu při studiu a zpracování této práce.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ	11
1.1 SUROVINOVÁ SKLADBA	12
1.1.1 Suroviny mléčného původu.....	12
1.1.2 Suroviny nemléčného původu.....	14
1.1.3 Tavicí soli.....	14
1.2 TECHNOLOGIE VÝROBY	17
1.3 VLIV PROCESNÍCH PARAMETRŮ	18
2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA FURCELLARANU	20
2.1 CHARAKTERISTIKA FURCELLARAN	20
2.2 SLOŽENÍ FURCELLARANU	20
2.3 SCHOPNOST TVORBY GELU	21
3 VLIV EXTRAKTU MOŘSKÝCH ŘAS NA KONZISTENCI TAVENÝCH SÝRŮ	23
3.1 EXTRAKTY Z MOŘSKÝCH ŘAS.....	23
3.1.1 Karagenan	23
3.1.2 Agar.....	24
3.1.3 Alginát.....	25
3.2 VLIV KARAGENANŮ NA VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ	26
II PRAKTICKÁ ČÁST	27
CÍL PRÁCE	28
4 METODIKA PRÁCE	29
4.1 POPIS SUROVIN A PŘÍSTROJŮ PRO VÝROBU	29
4.2 PRACOVNÍ POSTUP.....	30
4.3 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA	30
4.4 REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	31
5 VÝSLEDKY A DISKUZE	32
5.1 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA	32
5.2 REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	34
ZÁVĚR	53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	60
SEZNAM OBRÁZKŮ	61
SEZNAM TABULEK	65

ÚVOD

Mléko a mléčné výrobky jsou nenahraditelnou součástí výživy člověka. S rozvojem technologií se rozšiřuje i sortiment mléčných výrobků. Tavené sýry se řadí mezi nejmladší kategorie, na které si pochutnáváme zatím jen jedno století.

Tavený sýry jsou pro některé jedince nepřijatelnou potravinou, která je vyráběna z nekvalitních surovin, a tavicí soli jen překrývají jejich nedostatky. To ovšem není vůbec pravda. Pro uspokojení potřeby zákazníka se výrobci snaží snížit použití tavicích solí na minimum. Je ovšem nutné zachovat si určité vlastnosti. Proto se snaží alespoň částečně nahradit tavicí soli hydrokoloidy.

Hydrokoloidy jsou extrakty z mořských řas využívané v celé řadě potravin. Při výrobě jsou kladeny určité požadavky, jak má finální výrobek vypadat nebo jakou má mít konzistenci. Aby byla splněna všechna kritéria, přidávají se do potravin přídatné látky. Do jisté míry je možné tyto látky nahradit hydrokoloidy. Mezi nejznámější hydrokoloidy patří karagenan, agar, alginát, pektin, furcellaran a řada dalších. Již několik odborných prací se zabývalo přidáváním karagenanu do surovinové skladby tavených sýrů.

Tato práce se zabývá přidáváním furcellaranu do tavených sýrů a jeho vlivem na vybrané vlastnosti v průběhu 60denního skladování.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ

Tavený sýr je vyráběn mícháním rozmělněného přírodního sýra stejného nebo různého druhu v různém stádiu zrání s tavicími solemi. Směs je zahřívána na teplotu mezi 90 – 100 °C za částečného podtlaku a stálého míchání, dokud se nedocílí homogenní směsi. Dalšími ingrediencemi, které jsou určeny typem výrobku, zahrnují mléčné složky např. máslo, mléko, tvaroh aj. a nemléčné, mezi které řadíme tavicí soli, stabilizátory, zeledninu, maso, ochucovadla, barviva, konzervanty a vodu. [1 - 3]

Pokusy o výrobu tavených sýrů jsou odhadovány v roce 1895, kdy nebyly přidány tavicí soli. Tento pokus byl neúspěšný. První úspěšné výrobky s použitím alkalických solí byly v Evropě roku 1912 a v USA roku 1917 firmy Kraft. Od té doby se trh s tavenými sýry rozšířil. [1, 4]

Obliba tavených sýrů České republiky je vysoká, patříme mezi jeho největší konzumenty. Spotřeba tavených sýrů činí přes 2,0 kg/obyvatel/rok. Vyrábí se u nás přes 20 tun, dalších 7 tun je nutné dovážet. [5, 6]

Dle Vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., je tavený sýr definován jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicí soli. Tavené sýry se dále dělí na dvě podskupiny a to tavený sýr roztíratelný nebo s lomem. V Tab. 1 jsou znázorněny další požadavky na tavený sýr nebo tavený sýrový výrobek. [7]

Tab. 1: *Obecný přehled složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků [7]*

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

1.1 Surovinová skladba

1.1.1 Suroviny mléčného původu

Pro suroviny mléčného původu je legislativně ustanoven obsah laktózy ve finálním výrobku maximálně 5 % (w/w). Při překročení hranice obsahu laktózy se už jedná o tavený sýrový výrobek. [7]

Hlavní surovinou pro výrobu tavených sýrů je přírodní sýr. Úspěšná výroba závisí na správné kvalitě a výběru přírodních sýrů. Je možné využít jeden nebo více druhů sýrů nebo směsi sýrů různého stupně zrání. Proteolýza kaseinů při zrání sýra má významný vliv na texturní vlastnosti tavených sýrů. Málo prozrálý sýr s nízkým stupněm proteolýzy vede ke vzniku taveného sýra s tvrdou konzistencí. Použitím prozrálejších sýrů vznikají tavené sýry „bohatější“ na chuť, snadněji roztíratelné. V České republice převažuje výroba z přírodních sýrů holandského typu s nízkodohřívanou sýřeninou. V menším rozsahu

se používají také sýry švýcarského typu s vysokodohřívanou sýřeninou. Většinou se vyrábí z takového druhů sýrů, které jsou pro danou oblast typické. Kvalitní surovina se odráží na jakosti výrobku. Sýry napadeny nežádoucími bakteriemi pozdního duření (*Clostridium tyrobutyricum*) nebo bílou hnilobou (*Clostridium sporogenes*) nejsou vhodné. Během tavení se sice dosáhne vysoké teploty (90 – 110 °C), díky níž dochází k pasteraci hmoty, ale teplota spory nezničí. Za vhodných podmínek může dojít k vyklíčení spor a znehodnocení sýra. Při výrobě přírodních sýrů může dojít k některým především mechanickým vadám. Mohou to být různé deformace při lisování, výskyt tzv. syrovátkových hnízd apod. Další vady bývají způsobené odchýlnými analytickými hodnotami ve srovnání s deklarovanými hodnotami od výrobce (obsah sušiny, obsah tuku). Při porcování, plátkování a balení přírodních sýrů vznikají odřezky. Všechny tyto sýry, buď s vadami, nebo odřezky je možné využít při výrobě tavených sýrů. [8 - 12]

Do surovinové skladby se zařazuje také máslo. Jeho úlohou je zvýšení obsahu tuku. Je možné jej nahradit smetanou, máselným koncentrátem nebo máselným tukem. [8]

Pro upravení chuti a konzistence je možné přidat čerstvé zahuštěné nebo odstředěné pasterované mléko. Přidáním sušeného mléka nebo syrovátky dochází k zahuštění taveniny díky obsahu laktózy. Obsah laktózy by neměl přesáhnout 5 % (w/w) v konečném výrobku. Při vyšším obsahu způsobuje vady tavených sýrů (krystalizace, karamelizace). [8]

Další surovinou, kterou je možné přidat do surovinové skladby, je tvaroh. Ten zvyšuje obsah beztuké sušiny, obsah tzv. intaktního kaseinu – což je kasein, u něhož neproběhla rozsáhlá a hluboká proteolýza. [8]

Při přidavku kaseinu nebo kaseinátů do tavených sýrů se zlepšuje konzistence finálního produktu. Dochází také k nižším ztrátám vlhkosti během zrání. Přítomnost kaseinu a kaseinátů také umožňuje lepší tavitelnost a vyšší výtěžnost tavených sýrů. [13]

Rework, neboli nátavek, je tavený sýr, který už byl jednou taven. Nátavek je vyroben úmyslně (výroba taveného sýra na přepracování nebo zbytky taveného sýra ve výrobním zařízení) nebo neúmyslně (výroba taveného sýra, který měl být určen pro tržní síť, ale nakonec nebyl uvolněn na trh, kvůli nevhodnému obalu, nesprávnému obsahu sušiny, tuku v sušině). Použitím nátavku je především ekonomickou záležitostí. [14]

1.1.2 Suroviny nemléčného původu

Do surovin nemléčného původu řazených do surovinové skladby patří voda, barviva, konzervanty, stabilizátory a tavicí soli.

Přidáním pitné vody dochází ke snížení obsahu sušiny. Vodu je možné přidávat jednorázově na začátku tavicího procesu, anebo dvoustupňově. První polovina vody se přidá hned na začátku a druhé ke konci tavení. U dvoustupňového přídatku se kasein s koncentrovaným roztokem tavicích solí lépe zabuduje. [8, 9]

Dle Vyhlášky Ministerstva zdravotnictví 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních činidel při výrobě potravin jsou při výrobě tavených sýrů povolena pouze některá barviva, jedná se o karoteny (E 160a), annato, bixin, norbixin (E 160b) a paprikový extrakt (E 160c). Dále je uvedeno nejvyšší přípustné množství kyseliny sorbové – 2 000 mg/kg. Jako konzervant je možné využít nisin (E 234) s nejvyšším přípustným množstvím 12,5 mg/kg. [15]

Nedílnou součástí surovinové skladby tavených sýrů jsou stabilizátory – hydrokoloidy, které mají velký vliv na jejich konzistenci. Mezi nejpoužívanější stabilizátory patří karagenan, lokustová guma, xantanová guma, arabská guma, nízkometylovaný pektin, nativní a modifikované škroby. Hydrokoloidy mohou být rostlinného, živočišného nebo mikrobiálního původu. Specifickou vlastností hydrokoloidů je vysoká vaznost vody a s tím spojená tvorba gelů. [8, 16]

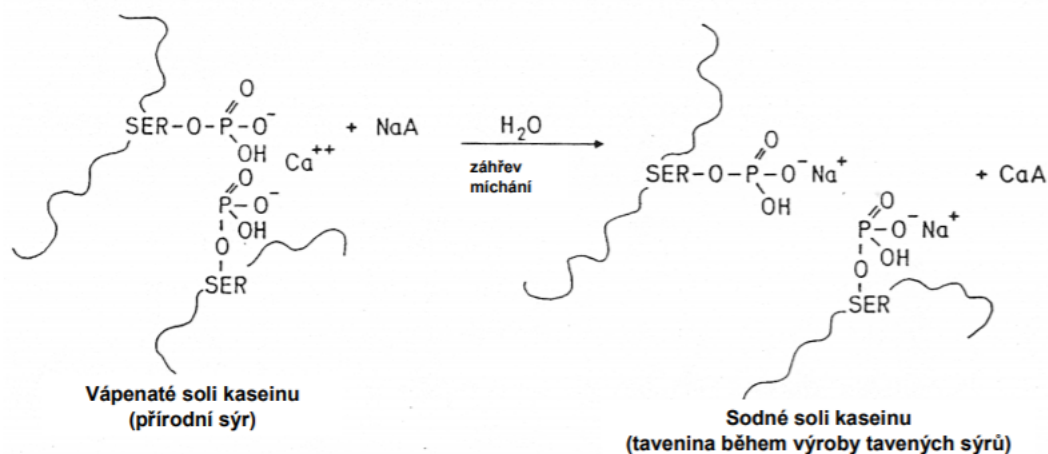
1.1.3 Tavicí soli

Dle Vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., v platném znění, kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních činidel při výrobě potravin, jsou tavicí soli látky, které mění vlastnosti bílkovin při výrobě tavených sýrů za účelem zamezení oddělování tuku. Dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, se tavicími solemi rozumí látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek. [15, 17]

Při záhřevu surovin pro výrobu tavených sýrů bez přidání tavicích solí by došlo k rozdělení směsi na tři fáze – vysráženou bílkovinu na dně, vodní fázi ve středu a oddělený volný tuk na povrchu. Při výrobě tavených sýrů se přidávají tavicí soli, které zamezí rozdělení na jednotlivé fáze. [18]

Pro docílení homogenní a dobře emulgované hmoty je třeba přítomnosti efektivně fungujících emulgátorů. V matrici přírodního sýra se tyto emulgátory vyskytují, jsou to tři frakce kaseinů – α_{S1} -kasein, α_{S2} -kasein a β -kasein, případně jejich vysokomolekulární produkty proteolytických reakcí. Tyto částice mají hydrofilní a hydrofobní části, které podmiňují jejich emulgační schopnost. V přírodních sýrech se kaseinové frakce nacházejí v trojrozměrných sítích spojené především vápenatými můstky, které snižují jejich pohyblivost a orientaci v prostředí. Kvůli tomu dochází ke snížení emulgační schopnosti těchto bílkovin. [8]

Aby nedocházelo k separaci hlavních složek (voda, tuk, vysrážené proteiny) je potřeba přidat takové potravinářsky přídatné látky, které jsou schopné odštěpit vápenaté ionty na proteinovou matrici přírodního sýra. Úlohou tavicích solí je iontová výměna Ca^{2+} iontů v tavenině za Na^+ (případně K^+) ionty, znázorněna na Obr. 1. Dojde k přeměně nerozpustných vápenatých solí kaseinu na rozpustnější sodné soli. Při tomto procesu dojde rovněž k tzv. peptizaci a rozptýlení proteinů. Tavicí soli schopnost upravit prostředí v tavené směsi tak, aby přítomné bílkoviny mohly využít svých přirozených emulgačních vlastností. [8, 19]



Obr. 1: Nákres výměny iontů sodíku za vápenaté ionty

(A- anion tavicí soli, SER – serinové zbytky) [8]

Tavicí soli jsou slabě alkalické látky s jednomocným kationtem a vícemocným aniontem. Od sebe se liší pufrovací kapacitou, schopností hydratovat a dispergovat kasein a účinností při podpoře emulgate. Běžně používané tavicí soli jsou sodné soli fosfátů, polyfosforečnanů, citrátů a jejich kombinace v celkovém množství menší jak 3 % hmotnosti konečného produktu. [19 - 21]

Od kyseliny trihydrogenfosforečné je možné odvodit její soli – fosforečnany. Ty tvoří skupiny sloučenin, které zahrnují anion $(\text{PO}_4)^{3-}$. Soli s jednou skupinou $(\text{PO}_4)^{3-}$ se nazývají orthofosforečnany. Za zvýšené teploty může dojít k vyloučení vody dvěma sousedními hydroxylovými skupinami dvou různých orthofosforečnanů a k jejich kondenzaci. Ze dvou monomerů se stává jeden dimer – pyrofosforečnan. Na polymeraci se mohou podílet i delší řetězce fosforečnanů. Dochází ke vzniku polymeru s více jak 2 fosfory v molekule a vznikají polyfosforečnany. V potravinách působí fosforečnany zejména na vlastnosti přítomných proteinů. Pozměňují podmínky prostředí (např. změnou pH, výměnou kationtů apod.) Při určitých reakcích se fosforečnany mohou navázat na bílkoviny a upravují jejich vlastnosti (změna schopnosti vázat vodu, tvořit gely, apod.) [22, 23]

Při výrobě tavených sýrů je nutné dbát na správnou hodnotu pH. U roztíratelných tavených sýrů je optimální pH v rozmezí hodnot 5,6-6,0. Při výrazném překročení hranic hodnot pH nastává zhoršení jakosti výrobků (u nízkého pH dochází ke změně textury na tuhou až drobivou, naopak u vysokého pH je měkká až rozbředlá). [23]

Kromě úpravy pH prostředí je neopomenutelnou vlastností fosforečnanů tzv. pufovací schopnost. Je to schopnost odolávat změnám podmínek, pH je stabilizováno. [22, 23]

Tab. 2: Fosforečnany používané jako tavicí soli při výrobě tavených sýrů [23]

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

Dalšími látkami využívané při procesu tavení jsou soli odvozené od trikarboxylové kyseliny citronové – citráty. Jsou dostupné citrany monosodné a disodné. Jejich nevýhodou je silné okyselení taveniny, což způsobuje vznik nestabilní taveniny a uvolnění vody. Ve velmi omezené míře je možné je použít pro úpravu vysokého pH taveniny. K nejpoužívanějším citrátům patří citran trojsodný (E331). Kvůli nízké afinitě k vápenatým iontům a nízké schopnosti zvyšovat hydrataci proteinů se nepoužívá samostatně, ale ve směsích. Jeho výhodou je pufrovací schopnost. [23]

1.2 Technologie výroby

Tavené sýry jsou vyráběny diskontinuálním nebo kontinuálním způsobem. Po celém světě je rozšířen spíše diskontinuální způsob. Prvním krokem při výrobě je sestavení směsi surovin. Surovinová skladba jednotlivých tavíren je většinou stejná. Občas je ale potřeba zpracovat určité suroviny (zejména přírodní sýr), proto může dojít k její změně. Surovinová skladba musí být sestavena tak, aby vznikl finální výrobek o požadovaném obsahu sušiny, tuku a pH. [8]

Dle sestavené skladby se potřebné suroviny očistí, naváží, rozřežou nebo rozmělní. Přírodní sýr se rozkrájí pomocí hydraulicky ovládaných nožů na menší kousky, které jsou dále rozemlety vysokorychlostními drtiči velkých mlecích strojů. Suroviny putují do tavicího zařízení a jsou k nim přidávány přídatné látky. Poté je nutné suroviny zahřát. Suroviny se ohřívají buď pomocí mezipláště a nebo častěji přímým vstřikem páry do díla. Při druhém způsobu ohřevu je nutné přidanou páru, která během zahřívání zkondenzuje, započítat do surovinové skladby. Při diskontinuální výrobě se používají tavicí teploty kolem 90 – 105 °C s výdrží řádově desítek sekund. Celková doba tavení se pohybuje kolem 10 minut. [3]

Po procesu tavení je nutné zhodnotit konzistenci taveniny. Pokud je tavenina příliš řídká, je nutné zařadit další vymíchávání nebo se konzistence upravuje přidávkem dalších tavicích solí. Pokud konzistence taveniny odpovídá předpokladům, je přepravena k balicímu zařízení. [8]

Finální výrobek je balen nejčastěji do hliníkových fólií potažených vhodným polymerem, na který se vychlazený výrobek nebude lepit. Využívá se i balení do plastových kelímků, tub, v menší míře do střívek, kovových konzerv a do skla. Při balení je důležité udržet teplotu taveniny co nejvyšší (60 - 70°C). Při vyšší teplotě tavenina vykazuje nižší viskozitu a zabraňuje se také sekundární kontaminaci spadem. Po balení následuje chlazení. Rychlost zchlazení ovlivňuje konzistenci finálního výrobku. [8]

1.3 Vliv procesních parametrů

Při výrobě je nutné nezapomínat na procesní parametry, které podstatně ovlivňují konzistenci tavených sýrů. Patří sem:

- celková doba tavicího procesu,
- rychlost otáček nožů/míchadla,
- tavicí teplota,
- rychlost chlazení.

Konzistence a struktura taveného sýra není závislá pouze na obsahu tuku. Důležitá je i velikost dispergovaných tukových kuliček. Na velikosti tukových kuliček se podílí celá řada faktorů, nejpodstatnější je intenzita a doba míchání. Při zvyšování počtu otáček (při stále teplotě a době tavení) se průměr tukových kuliček zmenšuje a tím se zvyšuje jejich počet. Po určité době tavení a míchání (5-10 minut) dochází ke stabilizaci tukových kuliček.

Kdy ke stabilizaci dojde, závisí na mnoha faktorech, jako jsou intenzita míchání nebo teplota při tavení. [8]

Swenson, Wendorff a Lindsay (2000) studovali vliv výdrže teploty (0 – 20 minut) taveniny při 75 °C, při konstantním míchání (přesná hodnota otáček nebyla uvedena) na finální konzistenci roztíratelného taveného sýra. Autoři zjistili, že prodloužením výdrže teploty taveniny byla výrazně snížena pevnost taveného sýra. Bowland a Foegeding (1999) pozorovali vliv doby tavení surovin (10, 20 a 30 minut) při teplotě 80 °C a konstantním míchání na konzistenci bloků taveného sýra. Tito autoři poznamenali, že síla gelu ve finálním produktu se se zvyšující dobou tavení zvyšuje, na rozdíl od výsledků Swenson a kol. (2000). Sutherawattananda, Fulcher, Martin a Bastian (1997) studovali vliv výdrže teploty 65,5 °C (0 – 15 minut) na distribuci tukových kuliček v blocích taveného sýra. Zjistili, že v prvním pěti minutách výdrže se tukové kuličky zmenšily. Nicméně další prodloužení výdrže již nemělo význam na velikost tukových kuliček. Lee, Buwalda, Euston, Foegeding a McKenna (2003) popsali změny viskozity v horké tavenině (~ 80 °C) dávkované do rotačního viskozimetru během 50 minut měření. Během prvních 25 minut bylo pozorováno zvýšení viskozity horké taveniny. Po dosažení lokálního maxima viskozity (~ 25 minut) začala viskozita horké taveniny postupně klesat. Avšak konzistence finálního produktu (studený tavený sýr) nebyla studována. [24]

Noronha, O'Riordan a O'Sullivan (2008) se zaměřili na vlivu různé rychlosti míchání (100 – 1500 otáček za minutu) při konstantní výdrži (~ 2 minuty) při 80 °C na konzistenci imitaci bloků taveného sýra. Jejich výsledky ukázaly, že s rostoucí rychlostí míchání se tvrdost konečného produktu, jeho soudržnost a elastický modul pružnosti G' zvýšila. Naopak velikost tukových kuliček byla snížena. [24]

Černíková, Salek, Kozáčková, Běhalová, Luňáková a Buňka (2017) sledovali viskoelastické vlastnosti tavených sýrů při různých rychlostech míchání a výdrží tavicí teploty po 60 dnech skladování za studena. Zkoumané rychlosti míchání (1000, 1500 a 3000 otáček za minutu) ovlivňovali tvrdost vzorků od 3. do 20. minuty výdrže. Nejvýraznější nárůst byl zaznamenán ve vzorcích vyrobených při 3000 otáčkách za minutu od 10. minuty výdrže. [24]

2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA FURCELLARANU

Po mnoha staletí byly červené mořské řasy používány pro potravu na Dálném východě a v Evropě. Různé druhy *Rhodophyceae* obsahují přirozeně se vyskytující polysacharid. Je zde zahrnut karagenan, furcellaran a agar. Tyto polysacharidy mají hlavní řetězec galaktózu, ale liší se v poměru a umístění esterově vázaných sulfátových skupin a podílu 3,6-anhydrogalaktózy. Rozdíly ve složení a konformaci přináší širokou škálu reologických vlastností, kterých se využívá v různých potravinách. [25]

2.1 Charakteristika furcellaran

Směs galaktanu, neboli furcellaran, byl první průmyslově vyráběný hydrokoloid z červených řas. První pokusy o výrobu furcellaranu byly v Dánsku už v roce 1917. Po mnoha desetiletí je extrakt, díky svým specifickým vlastnostem, využíván v potravinářství. [26]

Furcellaran je známý též pod názvem „dánský agar“, jelikož jeho zdroje se nachází především na pobřeží Dánska. Na rozdíl od agaru, který má velmi nízký obsah síranu [$>$ než 4,5 % (w/w)], furcellaran má obsah významný [12-16 % (w/w)]. Druhy *Furcellaria* produkující polysacharid se nachází ve studených vodách severní Evropy a Asie. Furcellaran je obvykle produkován červenými řasami *Furcellaria lumbricalis* (dříve nazývané *F. fastigiata*). [26, 27]

Výnos furcellaranu závisí na podmínkách extrakce a použité suroviny. Existuje značný rozdíl ve výtěžku extrakce mezi vázanou a nevázanou formou *Furcellaria lumbricalis*. Zatímco výnos nevázané formy těchto řas je pouze 19 % furcellaranu během 4hodinové extrakce v čisté vodě, připojené formy poskytují výnos až 32 % furcellaranu za stejných podmínek. Vysoké výnosy polysacharidu z vázané formy *F. lumbricalis* nejsou vzácné, výnosy mohou být až 50 %. Nižší výtěžky v případě nevázané formy jsou zřejmě způsobeny morfologií stélky, tj. vyšší množství kortexu díky tenčím vláknům stélky, což způsobí celkově nižší obsah galaktanu. [26]

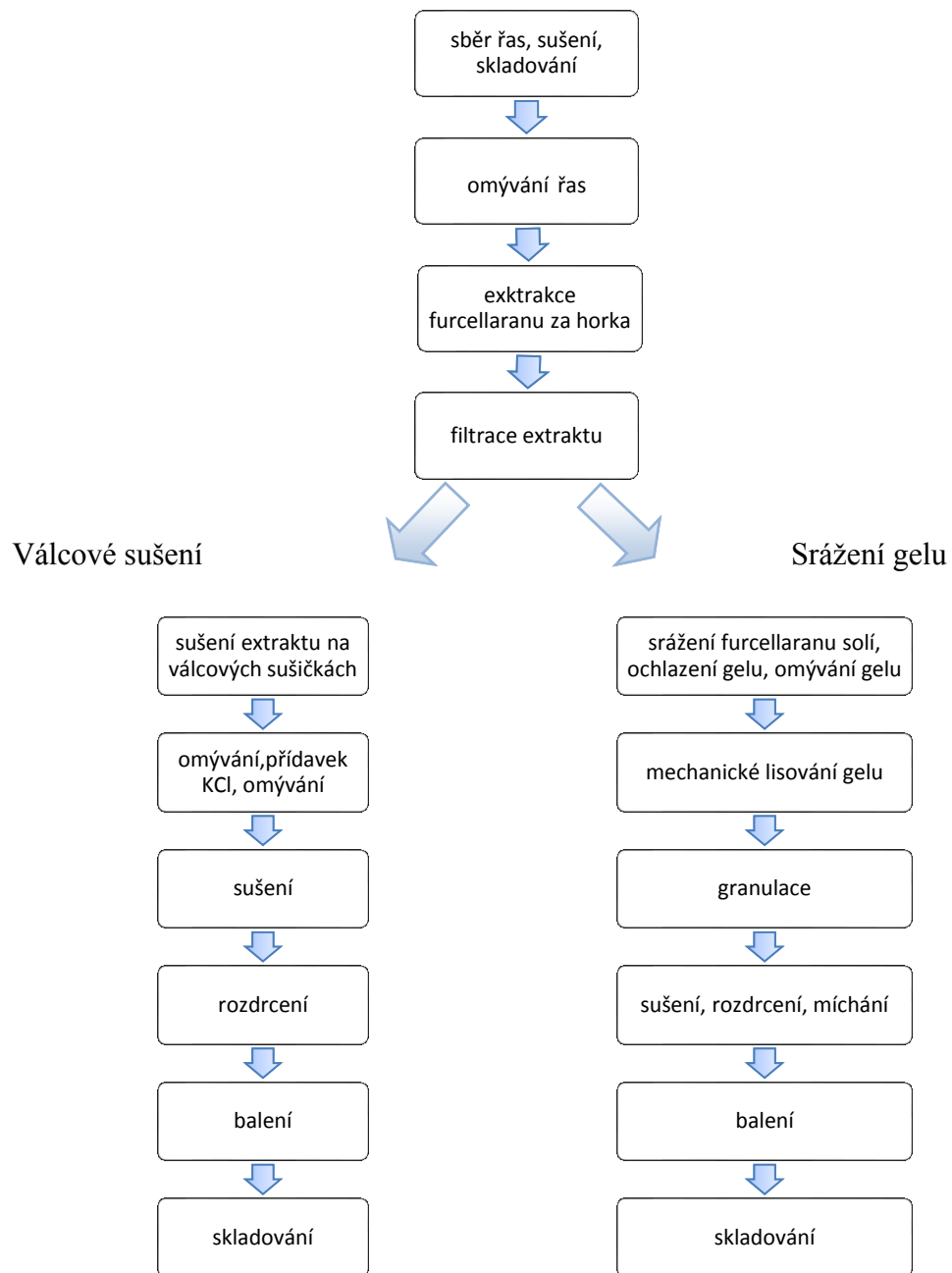
2.2 Složení furcellaranu

Furcellaran se skládá z D-galaktózy [46-53 % (w/w)], 3,6-anhydro-D-galaktózy [30-35 % (w/w)] a sulfátových částí obou těchto cukrů [16-20 % (w/w)]. Díky podobné

strukturu a vlastnostem s κ -karagenanem bývá furcellaran řazen mezi karagenany. Podstatným rozdílem je, že κ -karagenan má sulfátovou skupinu navázanou na každé druhé cukerné jednotce, furcellaran na každé třetí nebo čtvrté jednotce. Vzhledem k vysoké koncentraci proteinových pigmentů je tento druh řasy bohatý na dusík (obvykle se pohybuje od 1,1 do 4,8 % sušiny). Také obsah jódu je poměrně vysoký. [27, 28]

2.3 Schopnost tvorby gelu

Jelikož je furcellaran rozpustný v teplé vodě, je schopen tvořit jemné, pružné a termostabilní gely. Zvýšit pevnost gelu lze přidávkem sacharózy, struktura se mění z křehké na elastickou. V přítomnosti K^+ a NH_4^+ je schopen tvořit pevné a stabilní gely. Slabší vliv mají ionty Ca^+ , v přítomnosti Na^+ gely nevznikají. Gely se udržují stabilitu i vůči kyselinám využívaných v potravinářství. Díky těmto vlastnostem se používá při výrobě pudinků a mléčných dezertů. Své využití našel také v masném průmyslu při výrobě zpracovaných masných výrobků, jako jsou masové pomazány nebo pasty. Je vhodný i pro náplně do pečiva a pro výrobu cukrové polevy. [27 - 29]



Obr. 2: Schéma procesu výroby furcellaranu [30]

3 VLIV EXTRAKTU MOŘSKÝCH ŘAS NA KONZISTENCI TAVENÝCH SÝRŮ

Polysacharidy (pektin, modifikovaný škrob, guma guar, atd.) jsou často přidávány do mléčných výrobků ke stabilizaci struktury, zlepšení viskozity a změnu texturních vlastností. Karagenany jsou nejrozšířenější polysacharidy z mořských řas, protože nabízejí velké spektrum funkčních vlastností. Jsou používány jako zahušťovací a stabilizační činidla v mléčných produktech, například v tavených sýrech. Karagenany jsou extrahovány z buněčných stěn červených řas, jako jsou *Furcellaria lumbricalis*, *Euchemma gelatinae*, *Euchemma speciosa*, *Endocladia muricata* a *Tichocarpus crinitus*. [31, 32]

3.1 Extrakty z mořských řas

3.1.1 Karagenan

Karagenan je souhrnný název pro komplexní rodinu aniontových polysacharidů izolovaných z červených řas (třída *Rhodophyceae*). Tyto polysacharidy se vyznačují vysokou molekulovou hmotností. Tyto ve vodě rozpustné, lineární biopolymery jsou stále více používány jako přírodní zahušťovadla, stabilizátory, želírovací prostředky v rozsahu použití od potravinářských výrobků po léčiva. Karagenan je klasifikován do tří průmyslově významných frakcí: kappa (κ), ionta (ι) a lambda (λ) s různým počtem a pozicí sulfátové skupiny na galaktózovém dimeru. Je také známa hybridní forma složená z κ -karagenanu a ι -karagenanu - κ -2 karagenan. Jejich přítomnost v červených řasách závisí na zdroji řas, na období sklizně a na použitém extrakčním postupu. Extrakt z rodu *Kappaphycus* je téměř čistý κ -karagenan, s minimálním množstvím ι -karagenanu. ι -karagenan je extrahován z rodu *Euchemma*. [27, 33, 34]

κ -karagenan obvykle vytváří pevné a křehké gely, naopak ι -karagenan měkké a elastické. Síla gelu vytvořená je stejně jako u furcellaranu ovlivněna přítomností kationtů. κ -karagenan je zvláště citlivý na draslík, ι -karagenan na ionty vápníku, λ -karagenan není schopen vytvořit stabilní gel. [27, 31, 34]

Molekulová hmotnost ι -karagenanu a κ -karagenanu je proměnlivá, pohybuje se kolem 700 000 až 5 milionů Da. Vzhledem se jedná o bílý až žlutý prášek nebo vločky. Sodné soli ι -karagenanu a κ -karagenanu jsou rozpustné ve studené vodě. Draselné a vápenaté soli je nutné zahřívat na teplotu > 60 °C. ι -karagenan i κ -karagenan jsou slabě rozpustné v horkých koncentrovaných cukerných roztocích, jsou rozpustné v horkém koncentrovaném

solném roztoku. Nerozpustné jsou v 35% etanolu, rostlinných olejích a propylenglykolu. V potravinářství se používají jako gelující činidla, zahušťovadla a do náplní. Využívají se také ke stabilizaci emulzí, zpomalují tvorbu krystalů ledu. [35]

κ -karagenany jsou vhodné zvláště pro mléčné produkty, díky silné synergické interakci s kaseinem umožňuje vytvořit gel při velmi nízkých koncentracích karagenanu [např. 0,04 % (w/w)]. Vločkovací schopnosti karagenanu byly tradičně využívány k čiření piva a vína. κ -karagenan může interagovat s bílkovinami pod jejich izoelektrickým bodem. Toto vzájemné působení zlepšuje stabilitu bílkovinných produktů. [35]

Extrakce karagenanu probíhá tak, že se řasy dobře umyjí, čím dojde k odstranění písku a kamenů. Poté se rychle vysuší, aby se zabránilo mikrobiální degradaci karagenanu. Řasy se dopravují do zpracovatelských závodů. Výrobní závody jsou umístěny v blízkosti místa sklizně, řasy je schopné udržet vlhké. Tím se přechází nákladnému sušené a následným rehydratačním procesům. Mořské řasy se poté podrobí extrakci zředěnými alkalickými látkami (hydroxid vápenatý nebo sodný). Doba extrakce závisí na kvalitě a podmínkách surovin. Alkalické látky podporují vnitřní přesmyk, který modifikuje polysacharidový základní řetězec a poskytuje karagenanu vlastnosti pro vytváření gelu. [27]

3.1.2 Agar

Agar byl prvním fykokoloidem používaným jako potravinářské aditivum na Dálném východě před více než 300 lety. Fykokoloidy jsou želírující produkty extrahované z mořských řas. Tyto extrakty jsou nejvíce využívány kvůli jejich koloidním vlastnostem. Agar je definován jako silně gelující hydrokolooid z mořských řas. Jeho hlavní struktura je chemicky charakterizována opakovanými jednotkami D-galaktózy a 3,6-anhydro-L-galaktózy, s malými obměnami a nízkým obsahem sulfátových esterů. Mimořádná síla agaru tvořit gel je založena výhradně na vodíkových vazbách tvořených mezi jejími lineárními galaktanovými řetězci. [25]

V polovině sedmnáctého století byl agar vyráběn v Japonsku výhradně z druhu *Gelidium amansii*, Korea a Čína je brzy po tom následovala. Tento typ červených řas byl hojně dostupný na těchto pobřežích. Když bylo řas *Gelidium amansii* nedostatek, byla snaha využít *Rhodophyceae* jako náhražku. [25]

Ačkoliv je agar možné využít k různým účelům, 80 % agaru se využívá jako složka potravin, zbylých 20 % tvoří biotechnologické aplikace. V Evropě se agar považuje za přídatnou látku pod kódem E406. [25]

3.1.3 Alginát

Alginát poprvé popsal britský chemik E. C. C. Stanford v roce 1881. Je to nejhojnější polysacharid v hnědých řasách obsahující až 40 % (w/w) sušiny. Je umístěn v mezibuněčné matici jako gel, který obsahuje ionty sodíku, vápníku, hořčíku, stroncia a baria. Díky schopnosti zadržovat vodu, gelujícím a stabilizačním vlastnostem je alginát široce používán průmyslově. Některé bakterie jsou schopny produkovat alginát mimo buňku, rod *Azotobacter vinelandii* byl vyhodnocen jako zdroj pro průmyslovou výrobu. V současné době jsou však komerční algináty extrahovány z řas. [25]

Na rozdíl od všech polysacharidů schopných tvořit gel jsou alginátové gely nezávislé na teplotě. Kinetika tvorby gelu může být silně modifikována změnou teploty. Vlastnosti konečného gelu také mění, pokud nastane tvorba gelu při různých teplotách. Je to způsobeno tím, že algináty jsou nerovnoměrné gely a jsou závislé na historii vzniku. Dalším důsledkem tepelné obnovitelnosti je, že tyto gely jsou tepelně stabilní. Lze je zpracovávat bez tání. Algináty jsou ale vystaveny chemickým degradačním procesům, proto dlouhodobé tepelné opracování při nízké nebo vysokém pH může gel destabilizovat. [25]

Prvním krokem při výrobě alginátu je iontová výměna s protony extrakce mletého pletiva řas s 0,1 – 0,2 M anorganickou kyselinou. V druhém kroku se vzniklá kyselina převede do roztoku neutralizací alkalickými látkami, jako jsou uhličitán sodný nebo hydroxid sodný, za vzniku ve vodě rozpustného alginátu sodného. Následují rozsáhlé separační postupy, jako jsou prosévání, flotace, odstředování a filtrace, za účelem odstranění částic řas. Rozpustný alginát sodný se vysráží přímo alkoholem, chloridem vápenatým nebo anorganickou kyselinou. Nakonec se vysuší a rozemele. Kromě Na-alginátu se vyrábějí i jiné rozpustné algináty, jako jsou draselné a amonné soli. Jediným derivátem alginátů, který má dnes komerční hodnotu, je propylenglykolalginát (PGA). Tento produkt je vyráběn esterifikací alginátu propylenoxidem. PGA se používá v pivech a salátových dressingích díky své vyšší rozpustnosti při nízkém pH. [25]

Díky velkému množství volných hydroxylových a karboxylových skupin rozložených podél páteře, může být alginát snadno pozměněn na rozmanité strukturní formy, jako jsou hydrogely, mikrokuličky, mikrokapsle, houby, pěny, vlákna a filmy. Modifikací

alginátu mohou být zlepšeny různé vlastnosti, jako je rozpustnost, hydrofobie, fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Změna potenciálu spojená s širokým aplikačním spektrem je významná z hlediska využití v tkáňovém inženýrství, dovozu léků, hojení ran, zpracování odpadních vod a balení potravin. [36]

3.2 Vliv karagenanů na vlastnosti tavených sýrů

Zvýšení koncentrace κ -karagenanu a ι -karagenanu v tavených sýrech mění jeho vlastnosti. Vzniká gel, který vykazuje vyšší tuhost. Tento jev je možné vysvětlit skutečností, že s rostoucí koncentrací κ -karagenanu a ι -karagenanu dochází k intenzivnějším interakcím mezi karagenanovými řetězci. To vede ke vzniku hustší sít'ové struktury. V případě

ι -karagenanu lze předpokládat intenzivnější adsorpci spirálových částí karagenanových řetězců na kasein a vznik můstků mezi kaseiny. [31]

Kationty také hrají roli v tvorbě gelu, protože přispívají k tvorbě elektrostatických vazeb mezi záporně nabitou dvojitou šroubovicí, čímž dochází k agregaci. Pevnost šroubovice agregátů nebo spojovacích zón přímo souvisí s pevností gelu, která je závislá na iontové síle a koncentraci karagenanu. [33]

Shabbir, Masood, Imran a Aysha sledovali vliv κ -karagenanu na fyzikálně-chemické a texturní vlastnosti taveného sýra Cheddar / čedar. Autoři použili různou koncentraci κ -karagenanu a postupně snižovali obsah tavicích solí. Při měření sušiny byl uveden nejmenší pokles vlhkosti při nejvyšší koncentraci κ -karagenanu. To znamená, že použitý hydrokoloid zadržuje vodu v taveném sýru. Stejně jako u Černíková, Buňka, Pavlínek, Březina, Hrábě a Valášek (2008) bylo prokázáno, že se zvyšující se koncentrací κ -karagenanu v tavených sýrech se zvyšuje tuhost gelu. [37]

PRAKTICKÁ ČÁST

CÍL PRÁCE

Doposud se žádná studie nezabývala vlivem přídavku výtažku z mořských řas *Furcellaria lumbricalis* furcellaranu do tavených sýrů.

Proto bylo cílem této bakalářské práce v teoretické části:

- Zpracovat literární rešerši o tavených sýrech
- Zpracovat literární rešerši o furcellaranu
- Popsat vliv přídavku různých hydrokoloidů na vlastnosti tavených sýrů.

V praktické části poté:

- Vyrobit modelové vzorků tavených sýrů s obsahem sušiny 40 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 55 % (w/w) a přídavkem furcellaranu (A, B, C) o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s tavicími solemi [o celkové koncentraci 2,9 % (w/w)]
- Provést základní chemickou analýzu – stanovení obsahu sušiny, pH, obsahu tuku
- Provést reologickou analýzu
- Zformulovat závěry

4 METODIKA PRÁCE

Praktická část bakalářské práce začala výrobou modelových vzorků tavených sýrů [o obsahu sušiny 40 % (w/w) a tuku v sušině 55 % (w/w)] s tavicími solemi (TS) a furcellaranem A, B a C o koncentraci 0,10 %; 0,25 %; 0,50 %; 0,75 % a 1,00 % (w/w). Následně byly modelové vzorky baleny, chlazeny a skladovány při chladírenské teplotě (6 ± 2 °C). Byly provedeny základní chemické a reologické analýzy v určitých intervalech. Výroba probíhala na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně, Fakultě technologické na Ústavu technologie potravin.

4.1 Popis surovin a přístrojů pro výrobu

- přírodní sýr eidamského typu: 50 % (w/w) obsahu sušiny a 30 % (w/w) tuku v sušině, zralost 7 týdnů, Kromilk, s.r.o., Kroměříž, Česká republika;
- máslo: 84 % (w/w) obsah sušiny a 82 % (w/w) tuku v sušině, Sachsenmilch Leppe-nsdorf, GmbH, Wachau, Německo;
- pitná voda;
- tavicí soli [s celkovou koncentrací 2,9 % (w/w) z celkové hmotnosti taveniny], 35 % NaH_2PO_4 , 20 % Na_2HPO_4 , 25 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ a 20 % P20 (sodná sůl polyfosfátu s průměrnou délkou $n \approx 20$), Fosfa a.s., Břeclav, Česká republika;
- Furcellaran A, B a C o koncentraci 0,10 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %, Estagar, Estonsko.

K výrobě modelových vzorků byly použity tři druhy furcellaranu. Jednotlivé druhy se od sebe liší tzv. „*water gel strenght*“ („*síla gelu v roztoku vody*“), Výrobce uvádí následující hodnoty:

Furcellaran A – 1000 Estgel: 450-750 g

Furcellaran B – 8500 Estgel: 400-600 g

Furcellaran C – 7000 Estgel: 250-350 g

Pro výrobu modelových vzorků taveného sýra byl použit Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Hameln, Německo). Cílová teplota 90 °C byla udržována po dobu 1 minuty při 3000 otáčkách za minutu. Horká tavenina byla nalita do plastových vaniček a uzavřena hliníkovými víčky. Vyrobené vzorky byly ochlazeny a skladovány při 6 ± 2 °C do doby měření. Analýzy probíhaly po 1., 7., 14., 30. a 60. dni skladování.

4.2 Pracovní postup

Veškeré suroviny potřebné pro výrobu modelových vzorků byly předem naváženy. Přírodní sýr byl nakrájen na menší kousky a byl rozmělněn v přístroji Stephan. Mělnění probíhalo při 3000 otáčkách 1 minutu. Poté byl přístroj zastaven a byly do něj nadávkovány ostatní suroviny dle surovinové skladby – máslo, tavicí soli, furcellaran a pitná voda. Po uzavření tavicího zařízení byl odsát vzduch. Tavenina byla zahřívána pomocí mezipláště na tavicí teplotu 90 °C s výdrží 1 minutu, 3000 otáček za minutu. Po dosažení požadované teploty a času byla horká tavenina nalita do plastových kelímků. Kelímky byly uzavřeny hliníkovou folií a náležitě označeny. Poté následovalo vychlazení při laboratorní teplotě a uchování v chladicím zařízení při teplotě 6 ± 2 °C do doby analýzy.

4.3 Základní chemická analýza

Obsah sušiny byl stanoven ve vzorcích gravimetricky podle normy ISO 5534 (2004). [38] Do předem zvážené vysoušecí misky s křemičitým pískem a tyčinkou se na analytických vahách navážilo cca 3 g homogenního vzorku taveného sýra. Vzorek byl tyčinkou promíchán s pískem a následně vložen do sušárny. Bylo sušeno s teplotou 102 ± 2 °C do konstantního úbytku hmotnosti. Výpočet obsahu sušiny v % podle vzorce (1):

$$S = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

kde S – obsah sušiny v %

m_1 – hmotnost vysoušení misky s křemičitým pískem [g]

m_2 – hmotnost vysoušení miska s kř. pískem a taveným sýrem před vysušením [g]

m_3 – hmotnost vysoušení misky s kř. pískem a taveným sýrem po vysušení [g]

Hodnoty pH byly měřeny při laboratorní teplotě (22 ± 2 °C) použitím skleněné elektrody pH-metru (pH Spear, Eutech Instruments, Oakton, Malajsie). Do modelového vzorku byly provedeny tři vpichy, vždy do jiného místa. Z jedné šarže byly měřeny dva vzorky ($n = 6$)

Obsah tuku v sušině byl stanoven pouze po prvním dni sladování metodou dle Van Gulik – ČSN ISO 3433 (2010). [39] Tuk v sušině modelových vzorků tavených sýrů byl vypočítán dle vztahu (2):

$$\text{obsah tuku v sušině} = \frac{\text{obsah tuku (\%)} \cdot 100}{\text{obsah sušiny (\%)}} \quad (2)$$

4.4 Reologická analýza

Na analýzu viskoelastických vlastností modelových vzorků taveného sýra byl využit dynamický oscilační reometr Rheostress 1 (Haake, Bremen, Německo) s geometrií deska – deska (průměr = 35 mm, štěrbina = 1 mm) v rozsahu frekvencí 0,01 – 100,00 Hz, amplitudou stříhového napětí 20 Pa, při teplotě $20,0 \pm 0,1$ °C. Byl vyhodnocen elastický modul pružnosti (G'), který popisuje elastické chování vzorků, ztrátový modul pružnosti (G''), popisující viskózní chování vzorků. Dle vztahu (3) lze vypočítat tangens úhlu fázového posunu:

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

Komplexní modul pružnosti (G^*) byl vypočítán dle vztahu (4):

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

Vzorek taveného sýra byl vložen mezi statickou a oscilující desku reometru, desky byly poté přiblíženy k sobě na požadovanou vzdálenost. Přebytek taveného sýra byl odstraněn, aby nedošlo k ovlivnění měření. Kraje vzorků byly natřeny silikonovým olejem, který slouží proti vysychání vzorků.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Základní chemická analýza

Modelové vzorky tavených sýrů se sušinou 40 % (w/w) a tuku v sušině 55 % (w/w) s přídavkem furcellaranu různého typu a TS, byly podrobeny základní chemické analýze. Do této analýzy bylo zahrnuto měření pH (Tab. 3, 4 a 5) a sušiny po 1., 7., 14., 30. a 60. dni skladování. Stanovení obsahu tuku bylo provedeno pouze po 1. dni skladování.

Všechny modelové vzorky měly prakticky stejný obsah sušiny i pH. To umožňovalo srovnávat vliv furcellaranu o různých koncentracích. Jak pH tak obsah sušiny mají vliv na konzistenci tavených sýrů. [31]

Z výsledků v Tab. 3, 4 a 5 je zřejmé, že přídavek furcellaranu do modelových vzorků tavených sýrů pH neovlivnil. S delší dobou skladování dochází k postupnému snižování pH. Pokles pH bylo způsobeno přítomností polyfosfátových tavicích solí. U těchto tavicích solí dochází k jejich hydrolyze během skladování. S klesajícím počtem monomerů v řetězci polyfosforečanů se zvyšuje jejich pufovací schopnost. [40] Pro roztíratelné tavené sýry se optimální pH pohybuje v rozmezí 5,6 – 6,0. [23] V prvních 14 dnech skladování u všech vzorků bylo toto rozmezí dodrženo. Při delším skladování (analýza 30. a 60. den od výroby) došlo se snížení pH pod optimální hranici pro roztíratelné tavené sýry. [23]. Dle Lee a Klostermeyer [2001] je pH významným faktorem ovlivňující konzistenci taveného sýra. Tavené sýry s nízkým pH mají suchou až drobivou strukturu, naopak produkty s příliš vysokým pH jsou vlhké a pružné. [41]. Studie Nagyová a kol. (2012) [42] také potvrzuje, že se ze zvyšující se hodnotou pH výrobku snižuje jeho tuhost. Mohou za to náboje na kaseinových bílkovinnách. Blíží-li se hodnoty pH produktu izoelektrickému bodu kaseinu ($\text{pH} \approx 4,6$), pak dojde k vyrovnání náboje na kaseinech. Jednotlivé řetězce jsou k sobě přibližovány přitažlivými silami. Pokud je hodnota pH více vzdálena izoelektrickému bodu kaseinu převažuje na řetězcích záporný náboj. Dochází tedy ke zvyšování vzdálenosti mezi proteiny a vzniku méně tuhé struktury.

Kromě pH byl měřen také obsah sušiny a tuku v sušině. Sušina se měřila ve dnech, kdy probíhala analýza. Z každého vzorku byla třikrát stanovena sušina. Poté se následně stanovila průměrná celková sušina \pm směrodatná odchylka. Obsah sušiny byl stanoven v rozmezí 40,18 – 40,59 % (w/w). Obsah tuku v sušině byl v intervalu 20,29 – 21,78 % (w/w).

Tab. 3: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů s TS a furcellaranem A během skladování

den	Kontrola	FA_0_10	FA_0_25	FA_0_50	FA_0_75	FA_1_00
1.	6,06 ± 0,01	6,05 ± 0,01	6,02 ± 0,01	6,03 ± 0,01	6,02 ± 0,01	6,02 ± 0,01
7.	5,73 ± 0,01	5,73 ± 0,01	5,70 ± 0,01	5,72 ± 0,00	5,72 ± 0,00	5,71 ± 0,01
14.	5,70 ± 0,02	5,71 ± 0,01	5,70 ± 0,02	5,66 ± 0,06	5,68 ± 0,03	5,68 ± 0,03
30.	5,53 ± 0,01	5,53 ± 0,01	5,50 ± 0,01	5,52 ± 0,00	5,52 ± 0,00	5,51 ± 0,01
60.	5,33 ± 0,01	5,37 ± 0,01	5,38 ± 0,01	5,39 ± 0,01	5,39 ± 0,01	5,38 ± 0,01

Tab. 4: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů s TS a furcellaranem B během skladování

den	Kontrola	FB_0_10	FB_0_25	FB_0_50	FB_0_75	FB_1_00
1.	5,81 ± 0,02	5,83 ± 0,02	5,85 ± 0,01	5,80 ± 0,01	5,81 ± 0,01	5,82 ± 0,01
7.	5,79 ± 0,01	5,76 ± 0,02	5,74 ± 0,01	5,75 ± 0,01	5,75 ± 0,01	5,77 ± 0,02
14.	5,72 ± 0,02	5,68 ± 0,01	5,70 ± 0,02	5,62 ± 0,06	5,64 ± 0,03	5,64 ± 0,03
30.	5,59 ± 0,01	5,53 ± 0,02	5,57 ± 0,01	5,50 ± 0,01	5,51 ± 0,01	5,54 ± 0,02
60.	5,35 ± 0,12	5,39 ± 0,04	5,37 ± 0,04	5,35 ± 0,06	5,36 ± 0,03	5,38 ± 0,04

Tab. 5 Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů s TS a furcellaranem C během skladování

den	Kontrola	FB_0_10	FB_0_25	FB_0_50	FB_0_75	FB_1_00
1.	5,78 ± 0,07	5,79 ± 0,03	5,77 ± 0,02	5,76 ± 0,03	5,78 ± 0,03	5,70 ± 0,06
7.	5,73 ± 0,01	5,70 ± 0,01	5,71 ± 0,01	5,67 ± 0,01	5,67 ± 0,01	5,65 ± 0,01
14.	5,67 ± 0,04	5,65 ± 0,01	5,66 ± 0,01	5,63 ± 0,01	5,54 ± 0,02	5,55 ± 0,01
30.	5,55 ± 0,02	5,52 ± 0,01	5,49 ± 0,03	5,52 ± 0,01	5,51 ± 0,00	5,50 ± 0,00
60.	5,51 ± 0,02	5,48 ± 0,02	NH	5,45 ± 0,02	5,45 ± 0,02	5,42 ± 0,02

*NH – nehomogenní vzorek

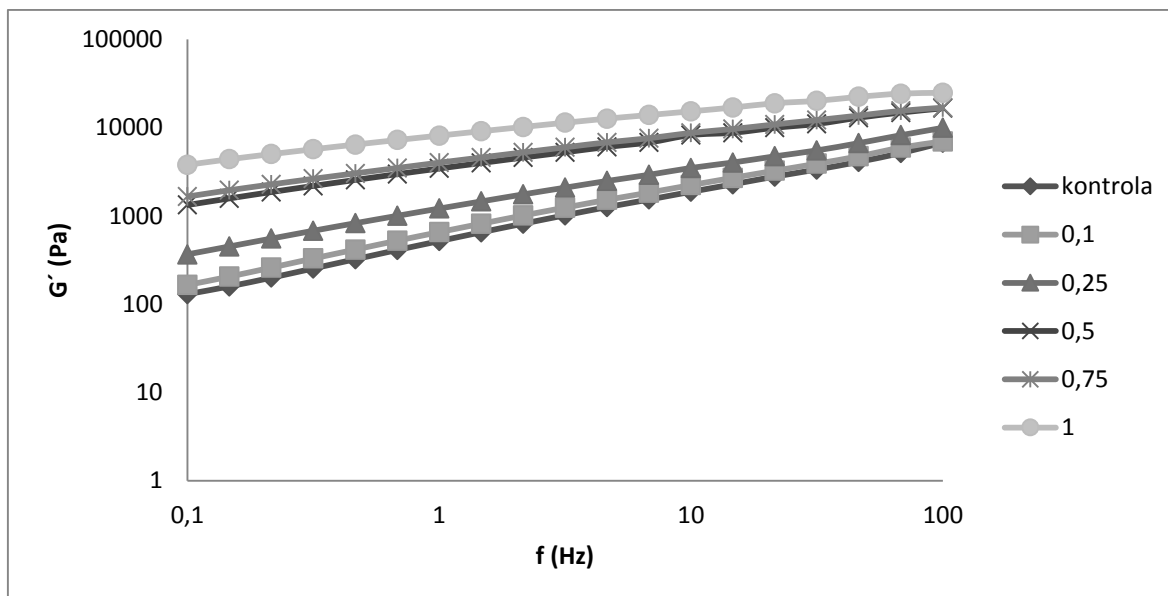
5.2 Reologická analýza

Viskoelastické chování modelových vzorků tavených sýrů s TS a s přídavkem furcellaranu A, B a C [0,10 %; 0,25 %; 0,50 %; 0,75 % a 1,00% (w/w)] bylo měřeno metodou dynamické oscilační reometrie při frekvenci 0,01 – 100,00 Hz. Pomocí této metody byla naměřena data pro elastický (G') a ztrátový (G'') modul pružnosti. Dle vzorce (4) byl vypočten komplexní modul pružnosti (G^*). Z naměřených hodnot byly sestaveny grafy (Obr. 3 – 33) závislosti elastického (G') nebo ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci a závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na době skladování.

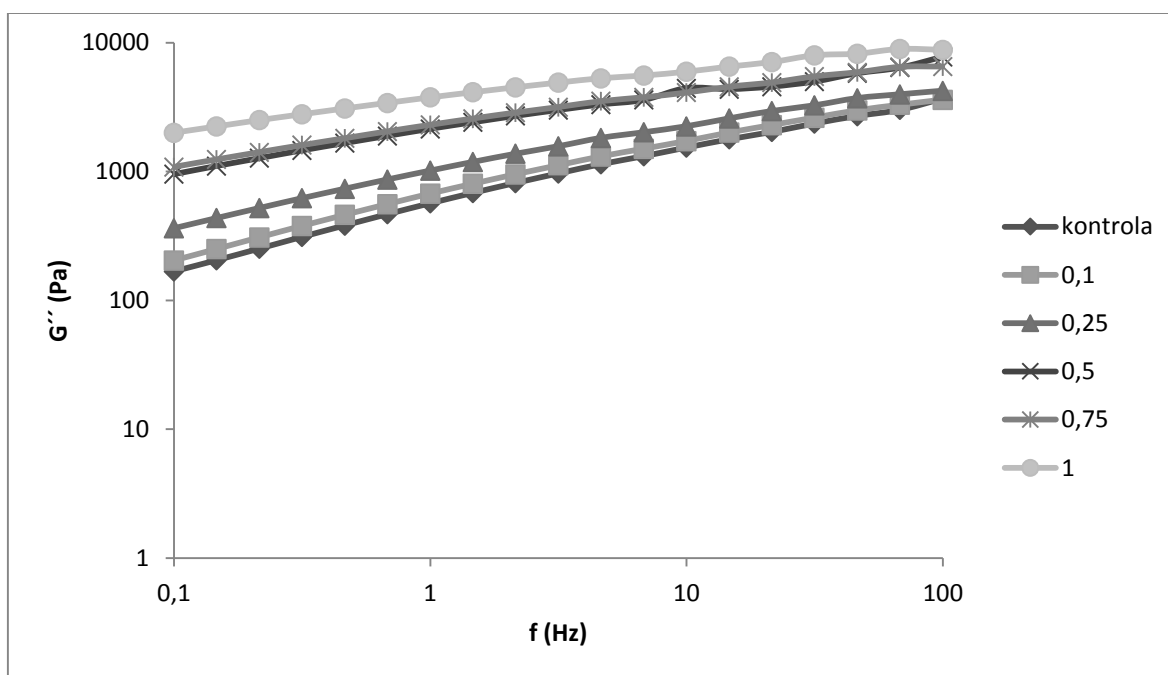
Na Obr. 3 až 33 je zřejmé, že přídavek furcellaranu do modelových vzorků tavených sýrů ovlivnil viskoelastické vlastnosti. Černíková a kol. (2008) [31] se zabývali přídavkem κ - a ι -karagenanu do tavených sýrů. Přídavek karagenanu také zvyšoval tuhost finálního vzorku. S jeho zvyšující se koncentrací dochází k intenzivnějším interakcím mezi karagenanovými řetězci, což vede ke vzniku hustší sít'ové struktury. [43] Tento jev je možné vysvětlit obdobným způsobem. Také Ahmad a kol. (2016) [37] se zabývali náhradou tavicích solí za κ -karagenan. Ve své studii uvádějí, že κ -karagenan tvoří s kaseinovým proteinem silnou síť. Tím se zvyšuje tuhost sítě, protože může obsahovat velké množství bílkovin. Ribeiro a kol. (2004) [33] také docílili výsledků, že se zvyšující se koncentrací karagenanu roste tuhost vzniklého gelu.

S rostoucí koncentrací přídavku furcellaranu vzrostl jak elastický modul pružnosti G' , tak ztrátový modul pružnosti G'' . U vzorků s 0,10% a 0,25% přídavkem furcellaranu typu A (Obr. 3 – 13) není pozorována tak výrazná změna od kontroly. Lze tedy říct, že je nutný přídavek minimální (limitní) koncentrace furcellaranu, který by výrazně měnil viskoelastické vlastnosti modelových vzorků tavených sýrů. Hodnota limitní koncentrace závisí na řadě faktorů (pevnost gelu bílkovinné sítě v taveném sýru, stupeň hydrolýzy přítomných proteinů, pH, iontové prostředí). [44, 31] Tento fakt potvrzuje i studie Nagyová a kol. [2014] a Černíková a kol [2008]. U vzorků s furcellaranem typu B (Obr. 14 - 24) došlo k výraznému zvýšení tuhosti vzorků už při koncentraci 0,10 % (w/w). U furcellaranu typu C (Obr. 25 – 33) je stanovena minimální koncentrace na 0,50 % (w/w), která by výrazně měnila tuhost modelových vzorků oproti kontrole. Pro furcellaran C po 60 dnech nebyla provedena analýza z důvodu nehomogenní struktury vzorku.

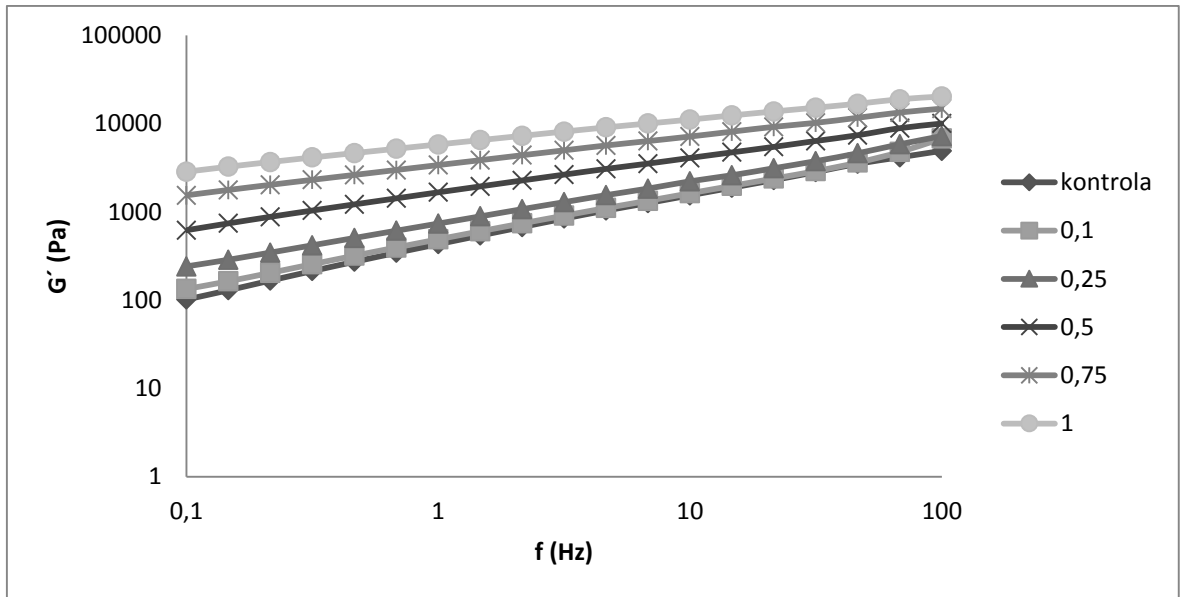
Jak je možné vidět na Obr. 13, 24 a 33, během skladování modelových vzorků tavených sýrů dochází ke zvýšení tuhosti vzorků. Jev lze vysvětlit dle Buňka a kol (2008) [40] tím, že dochází k hydrolýze polyfosfátových tavených solí. Podle studie Sádliková a kol. (2010) [40] při hydrolýze polyfosfátů vznikají trifosfáty, difosfáty a monofosfáty a ty způsobují významné tuhnutí taveného sýra. Produkty hydrolýzy, mají vysokou schopnost agregovat kasein, který vede ke vzniku tužší a pružnější konzistence. [45] Také je možné sledovat nejvyšší tuhost vzorků s přidavkem furcellaranu B, naopak vzorky s furcellaranem C vykazovaly nejnižší tuhost. Může to být způsobeno schopností jednotlivých typů tvořit stabilní gel.



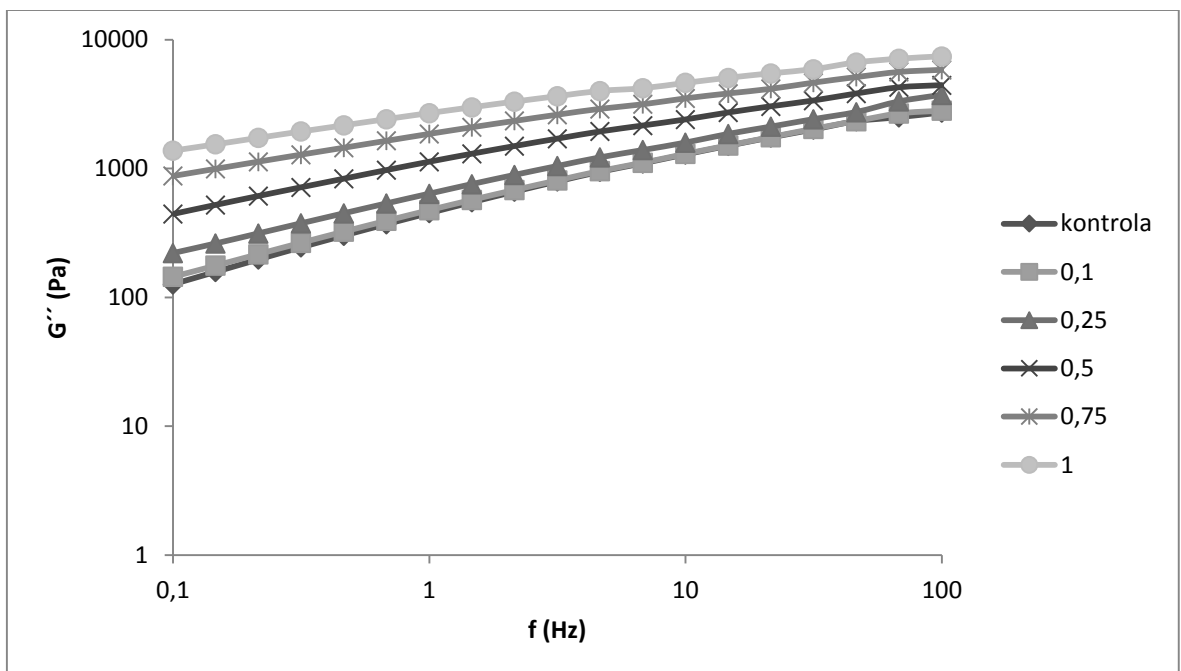
Obr. 3: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 1. dni skladování



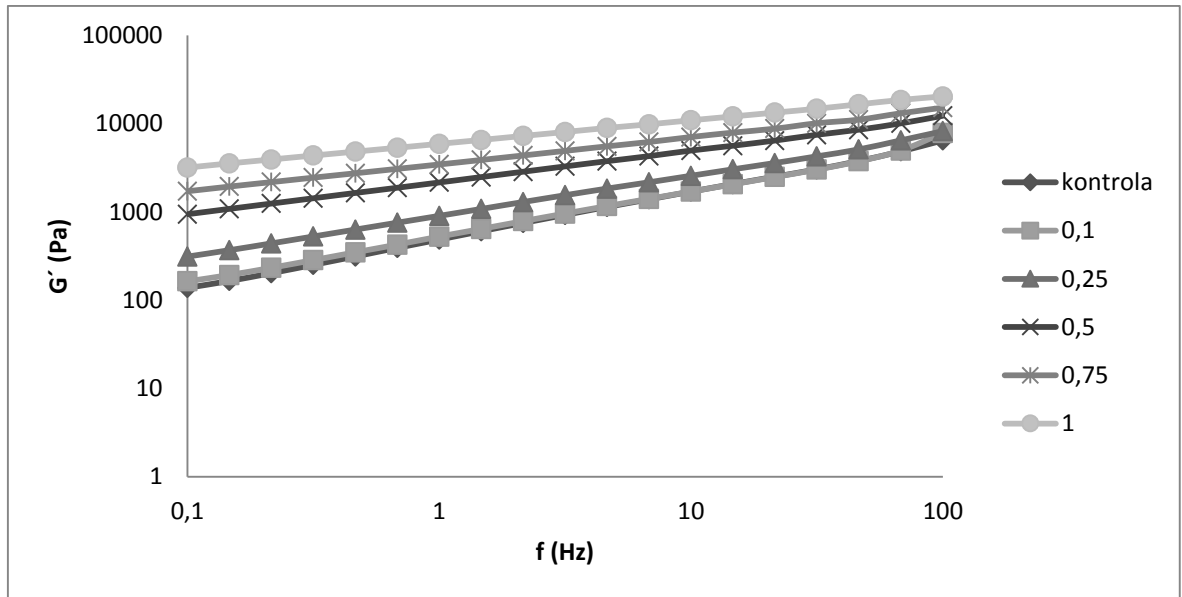
Obr. 4: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 1. dni skladování.



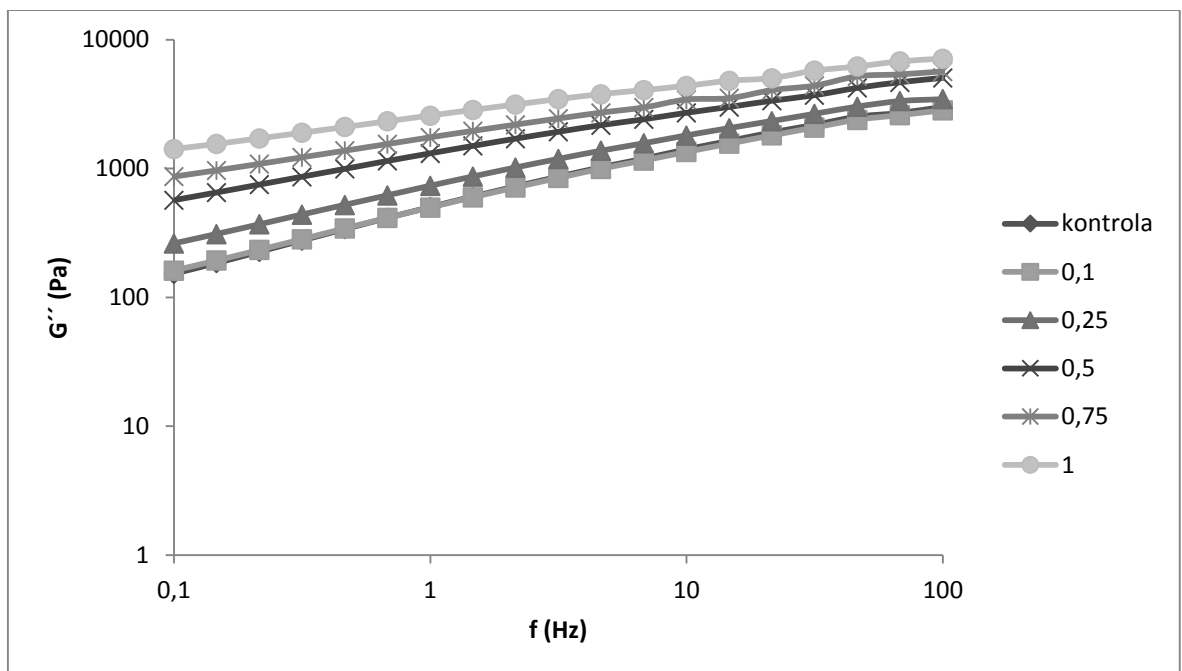
Obr. 5: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 7. dni skladování.



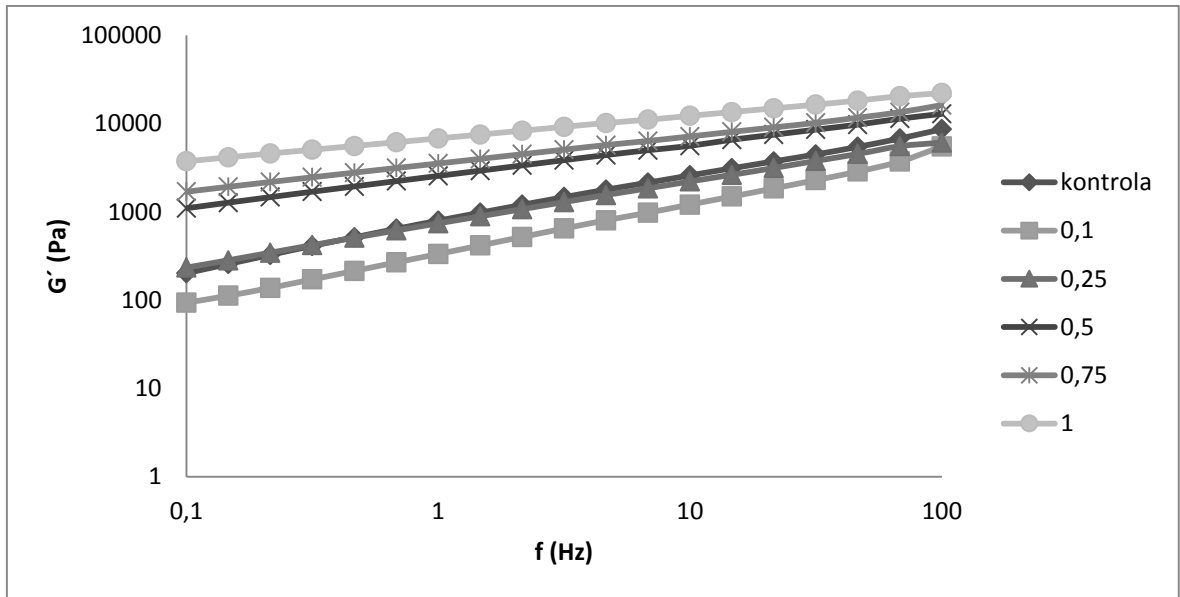
Obr. 6: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 7. dni skladování.



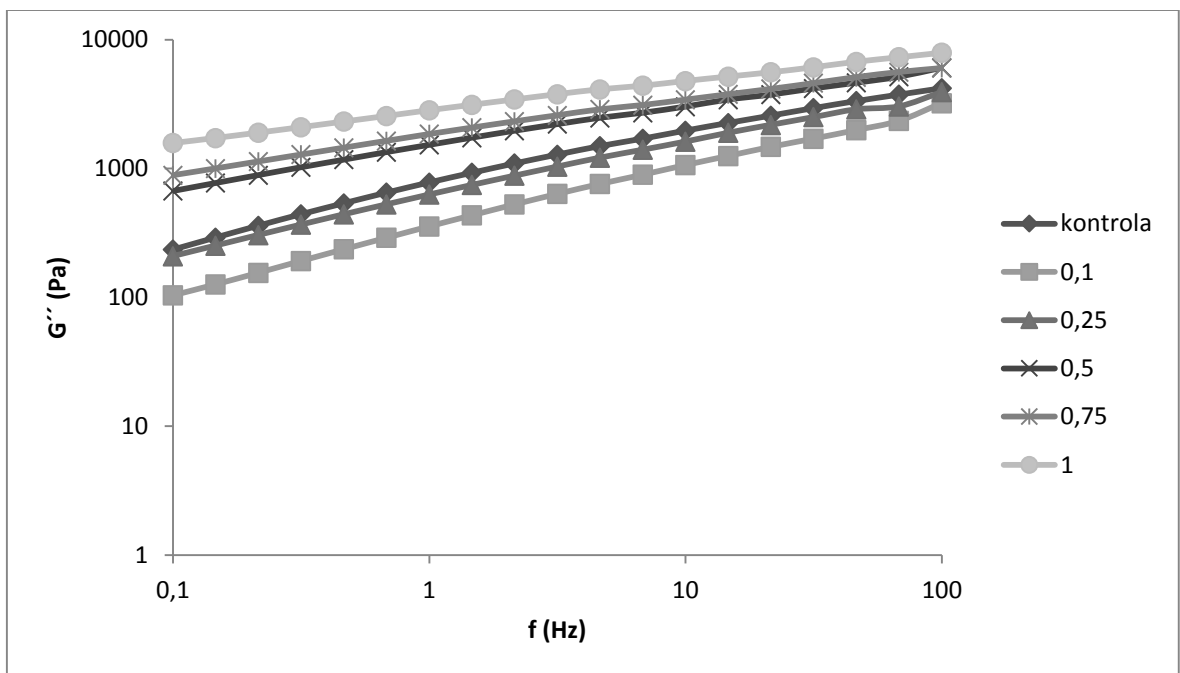
Obr. 7: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 14. dni skladování.



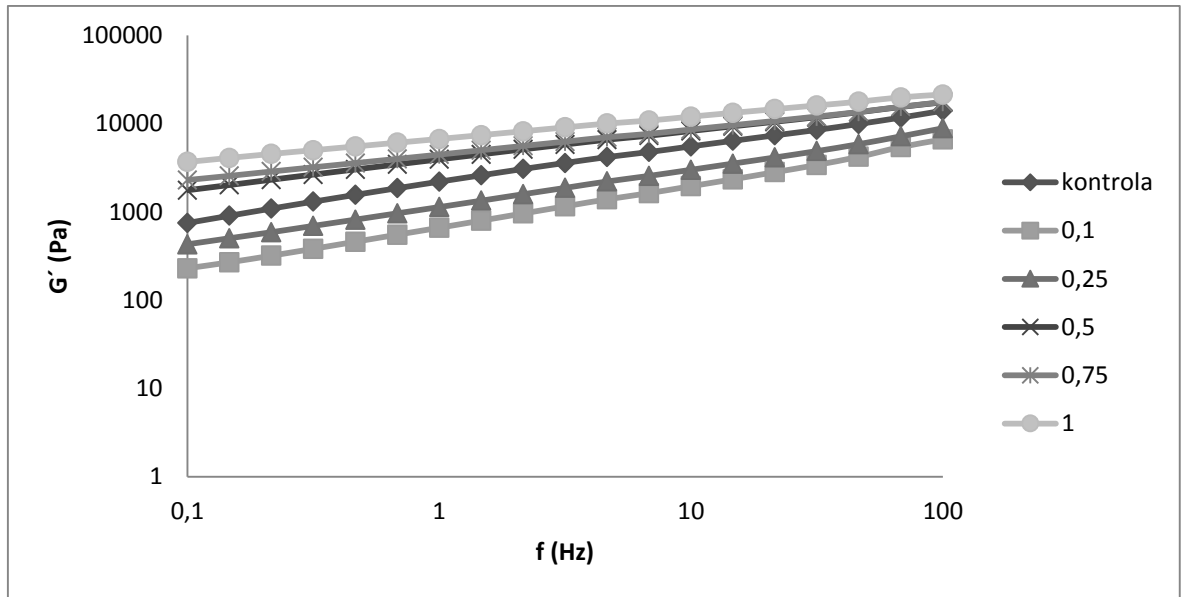
Obr. 8: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 14. dni skladování.



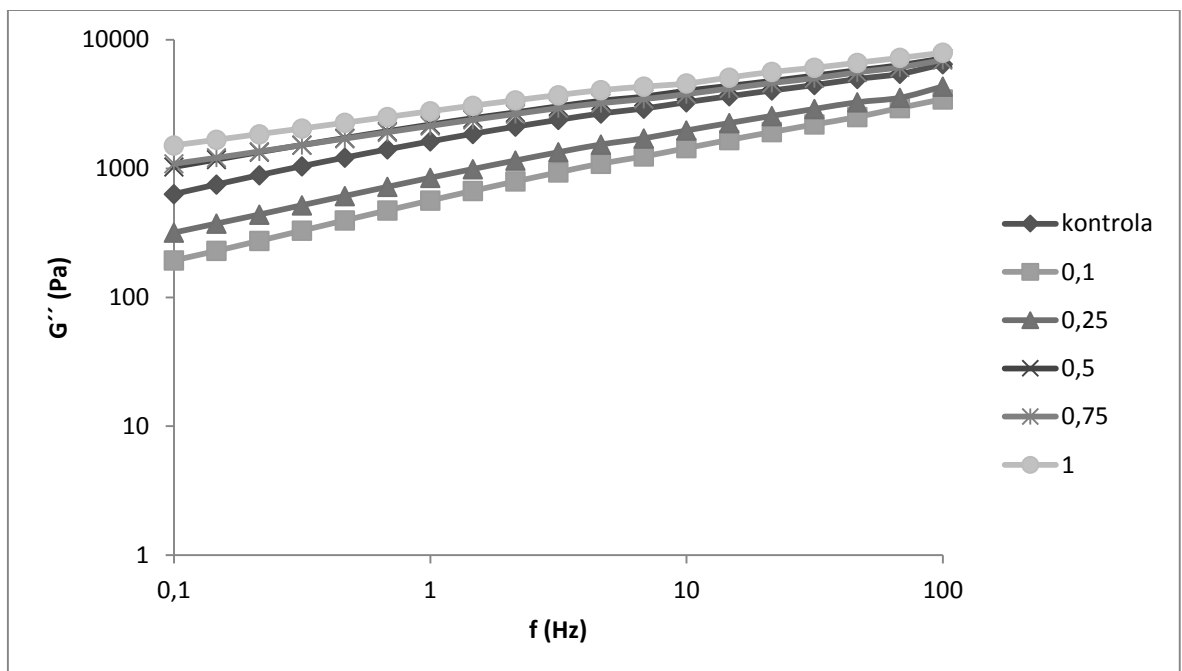
Obr. 9: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 30. dni skladování.



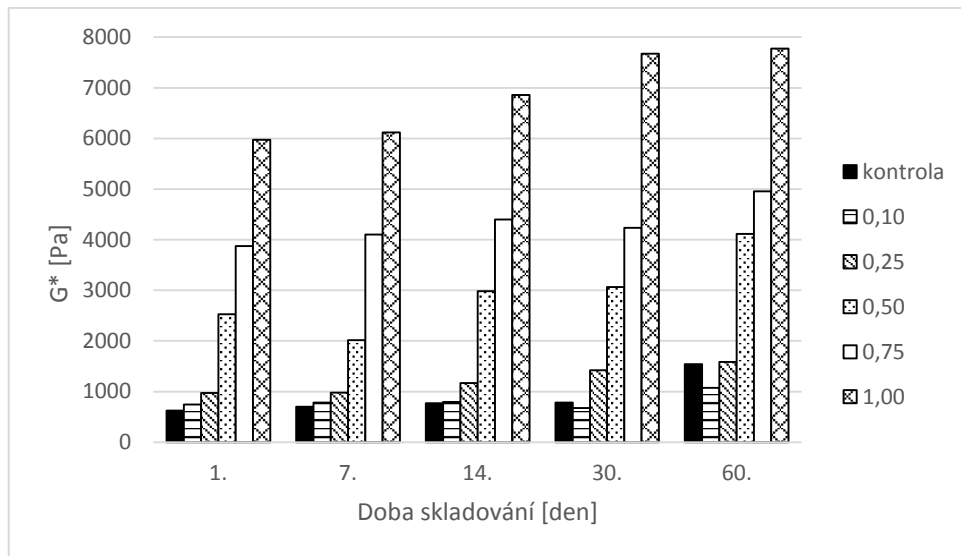
Obr. 10: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 30. dni skladování.



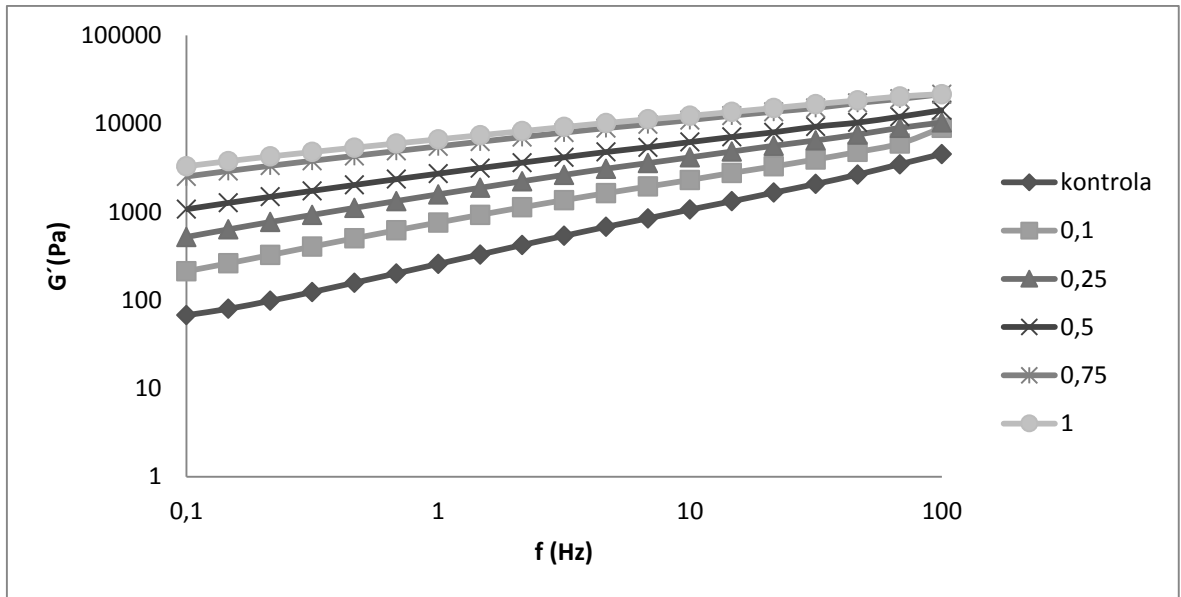
Obr. 11: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 60. dni skladování.



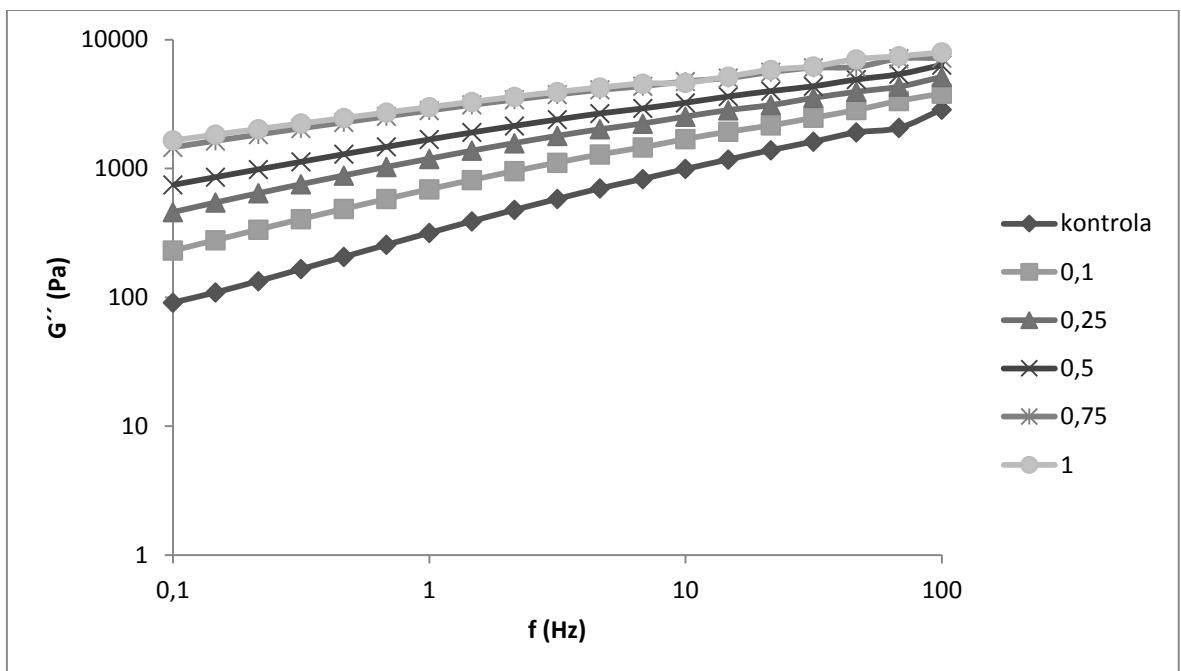
Obr. 12: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 60. dni skladování.



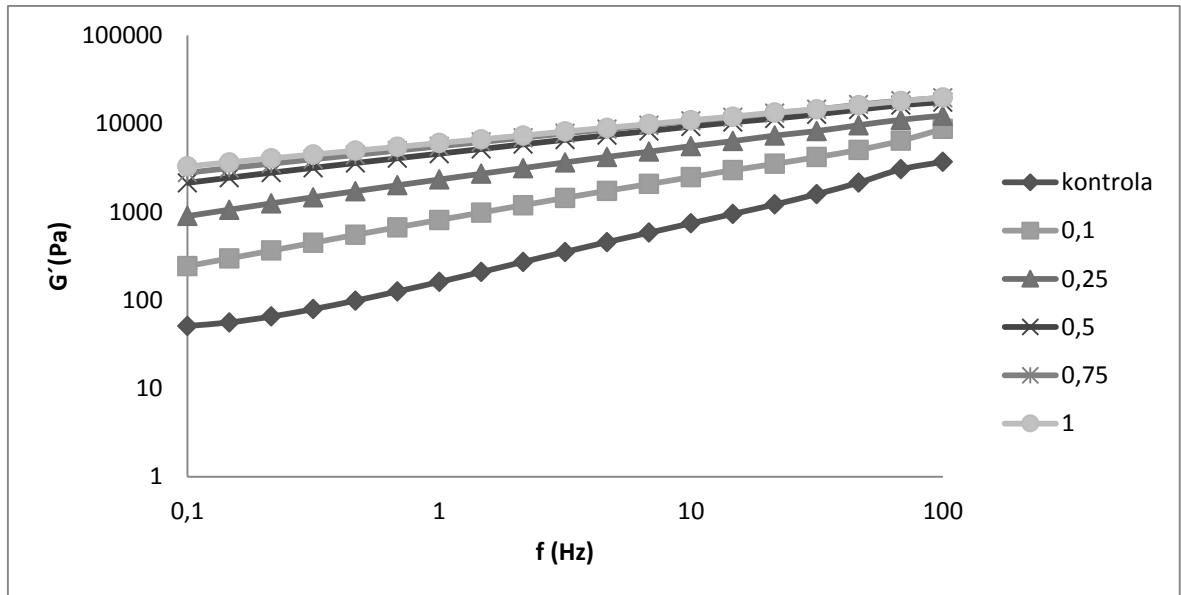
Obr. 13: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* na době skladování (1., 7., 14., 30. a 60. den) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)], s TS.



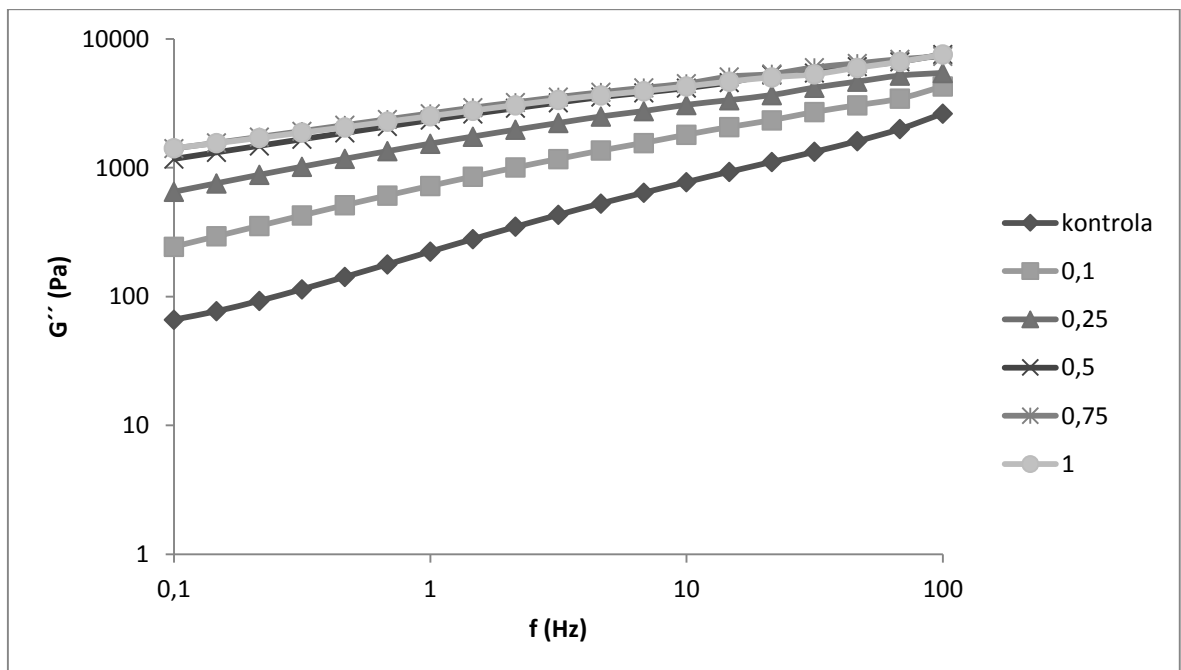
Obr. 14: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 1. dni skladování.



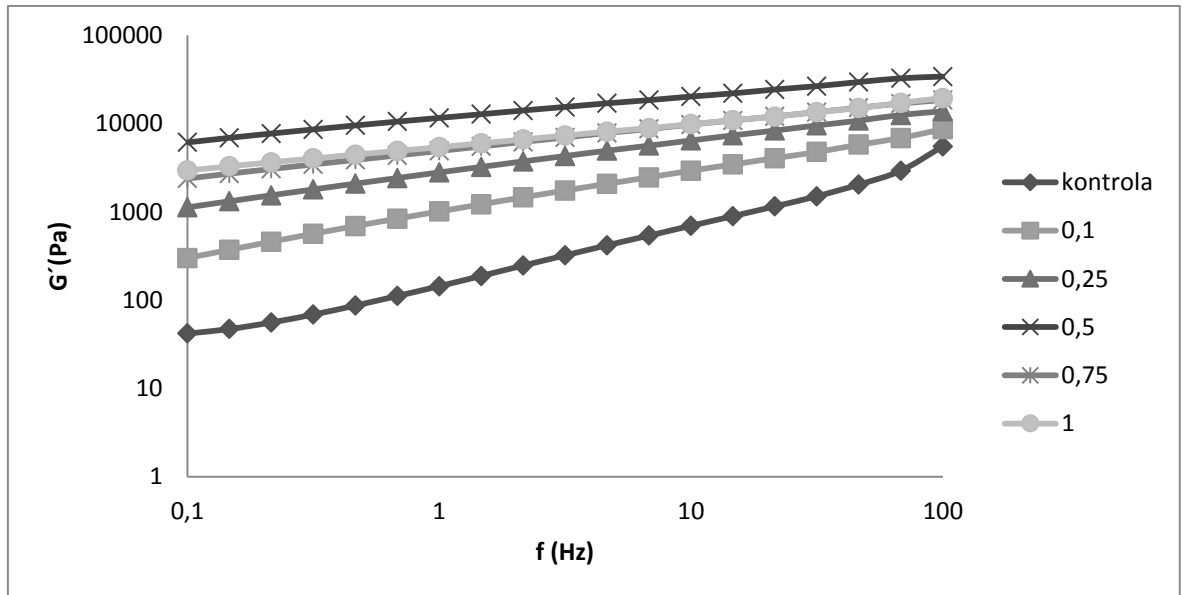
Obr. 15: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 1. dni skladování.



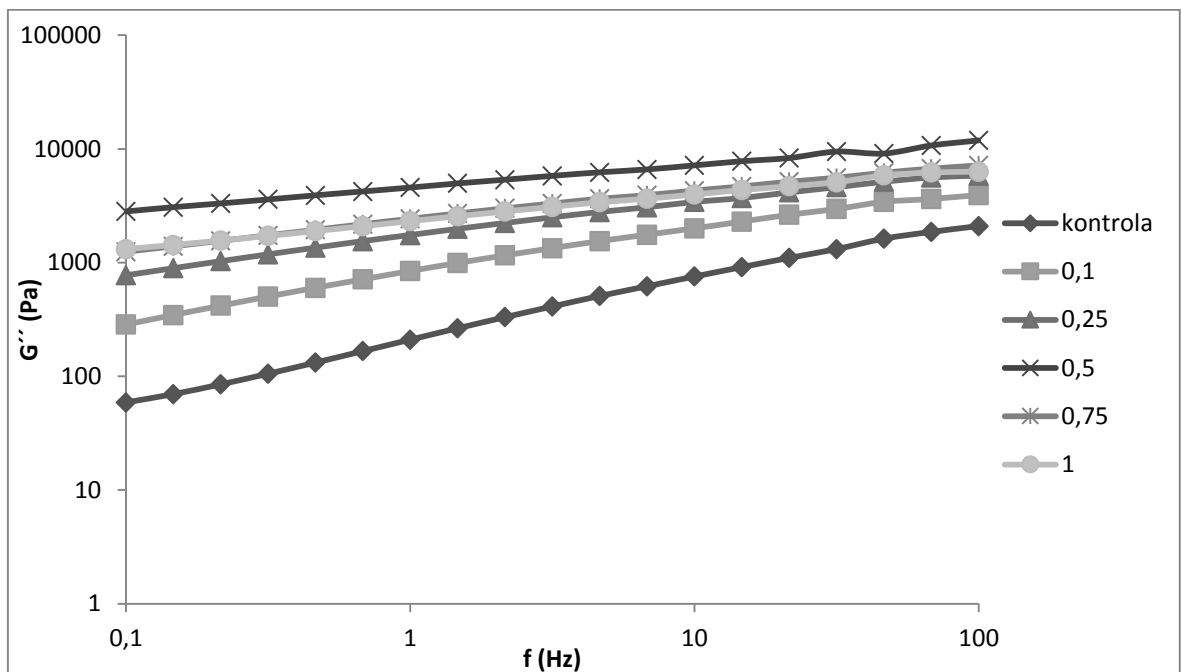
Obr. 16: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 7. dni skladování.



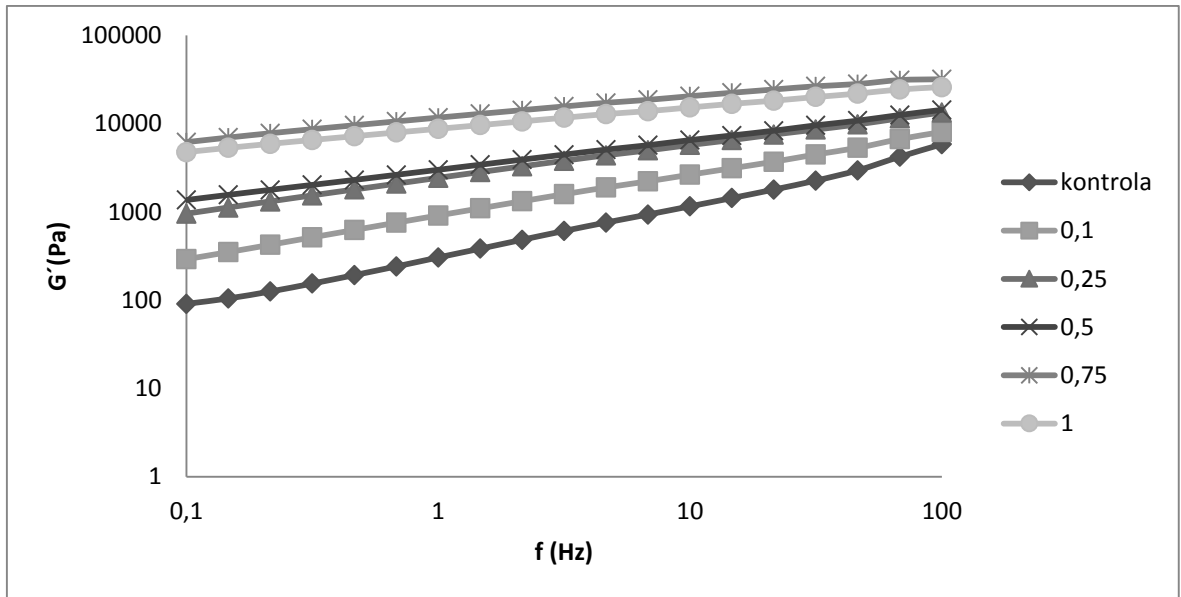
Obr. 17: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 7. dni skladování.



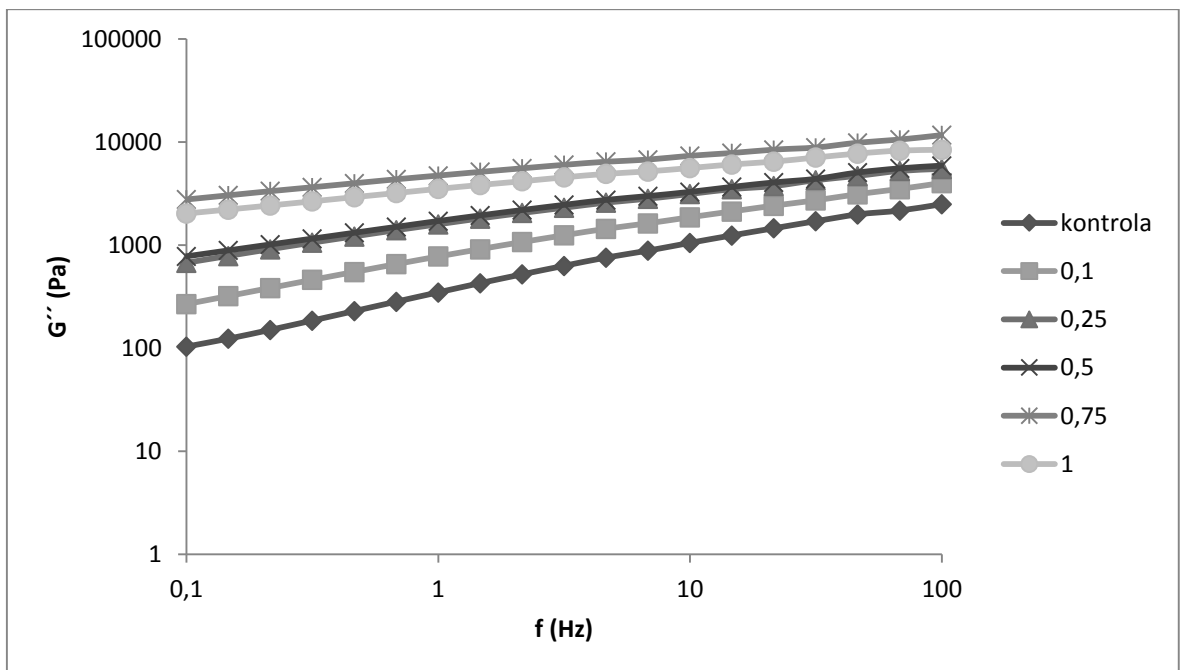
Obr. 18: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 14. dni skladování.



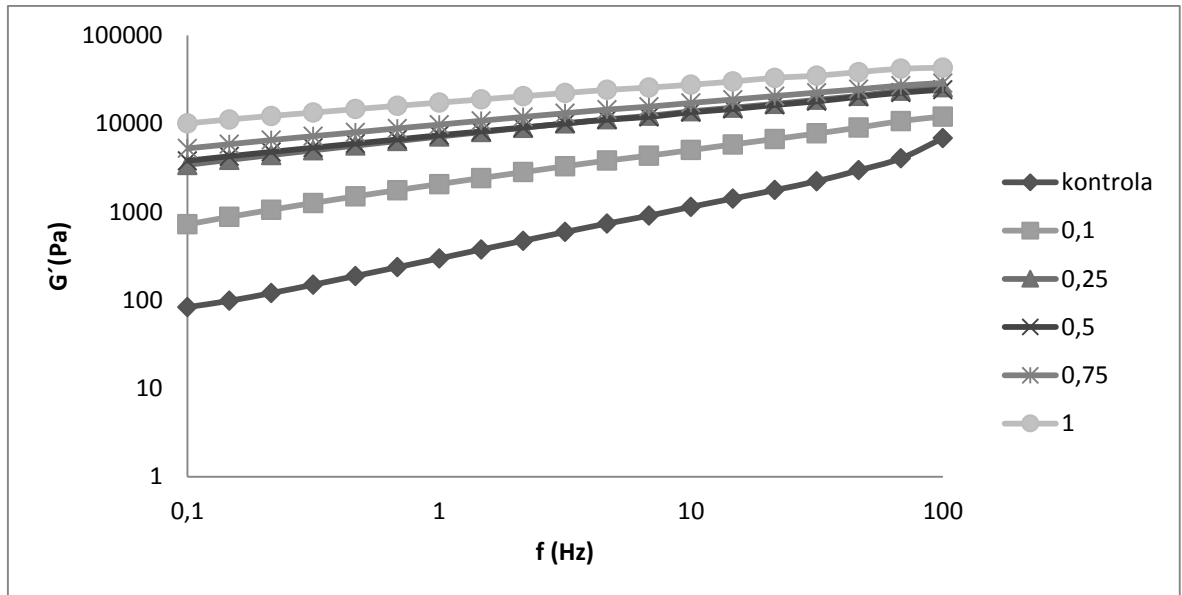
Obr. 19: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 14. dni skladování.



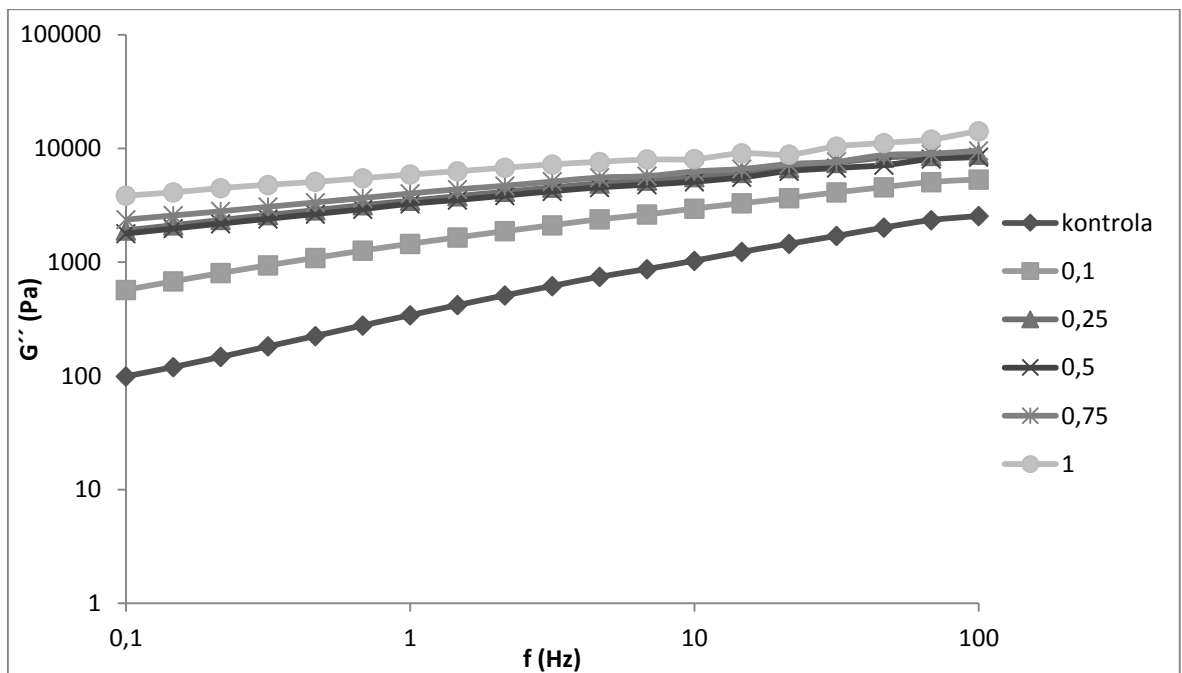
Obr. 20: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 30. dni skladování.



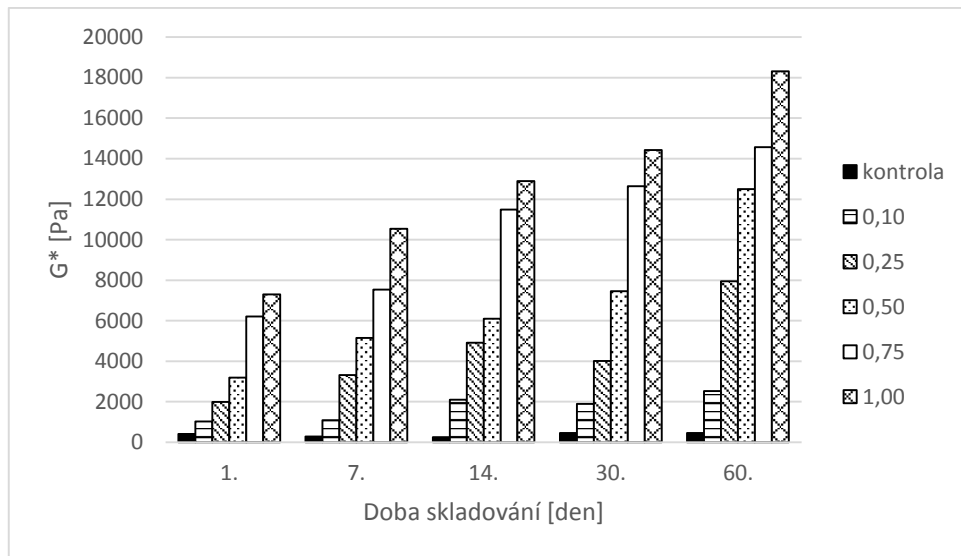
Obr. 21: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 30. dni skladování.



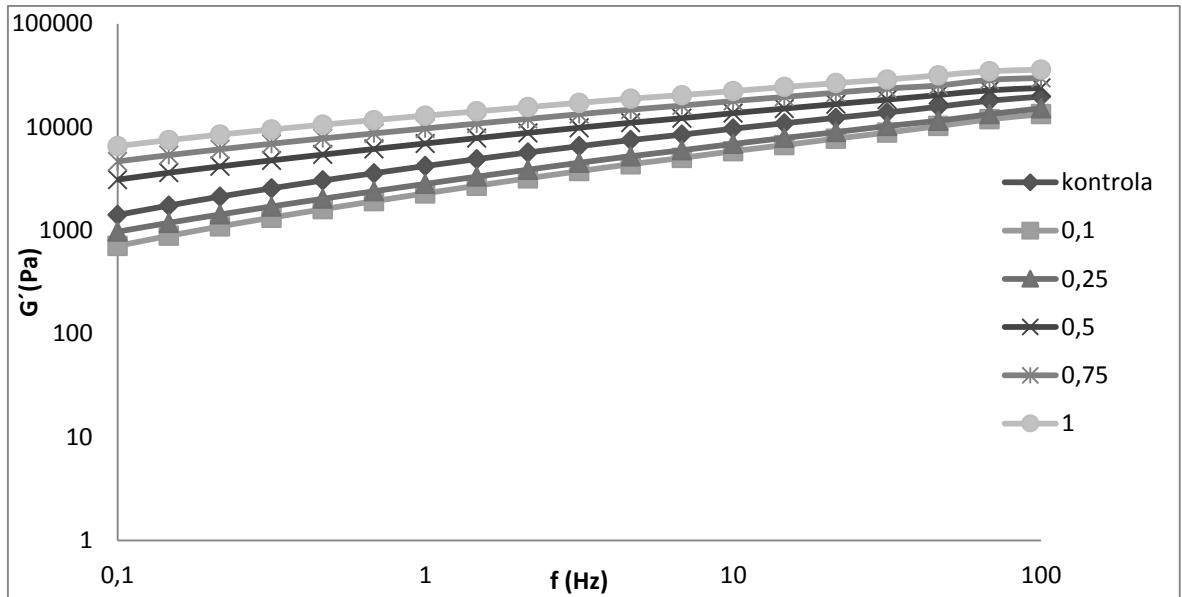
Obr. 22: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 60. dni skladování.



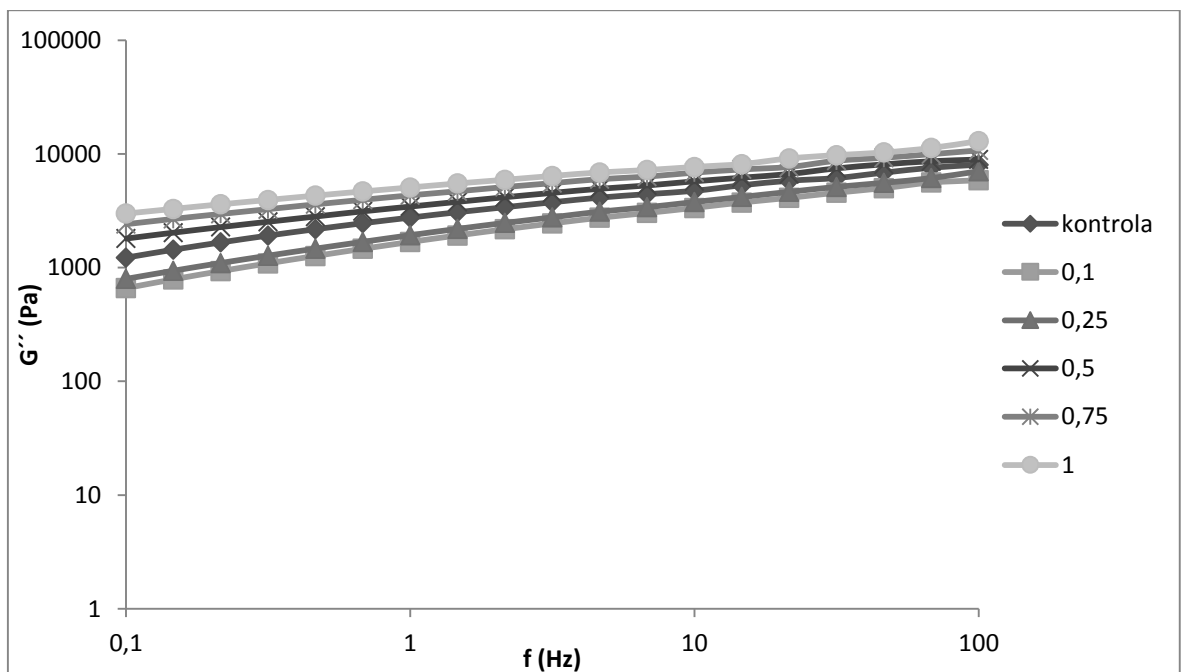
Obr. 23: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 60. dni skladování.



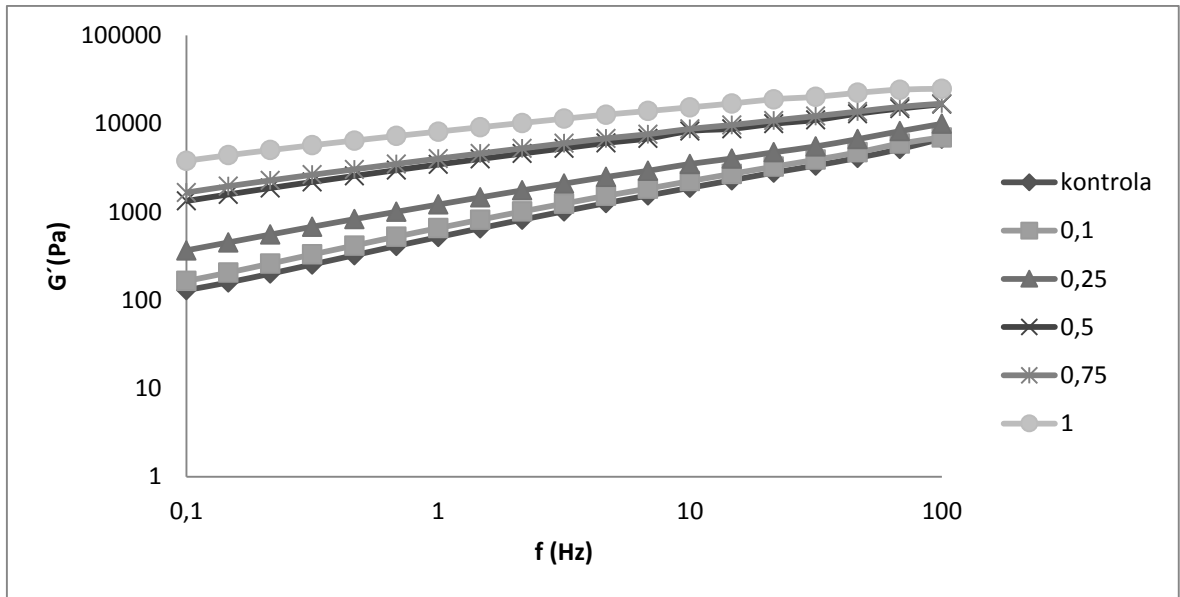
Obr. 24: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* na době skladování (1., 7., 14., 30. a 60. den) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w), s TS.



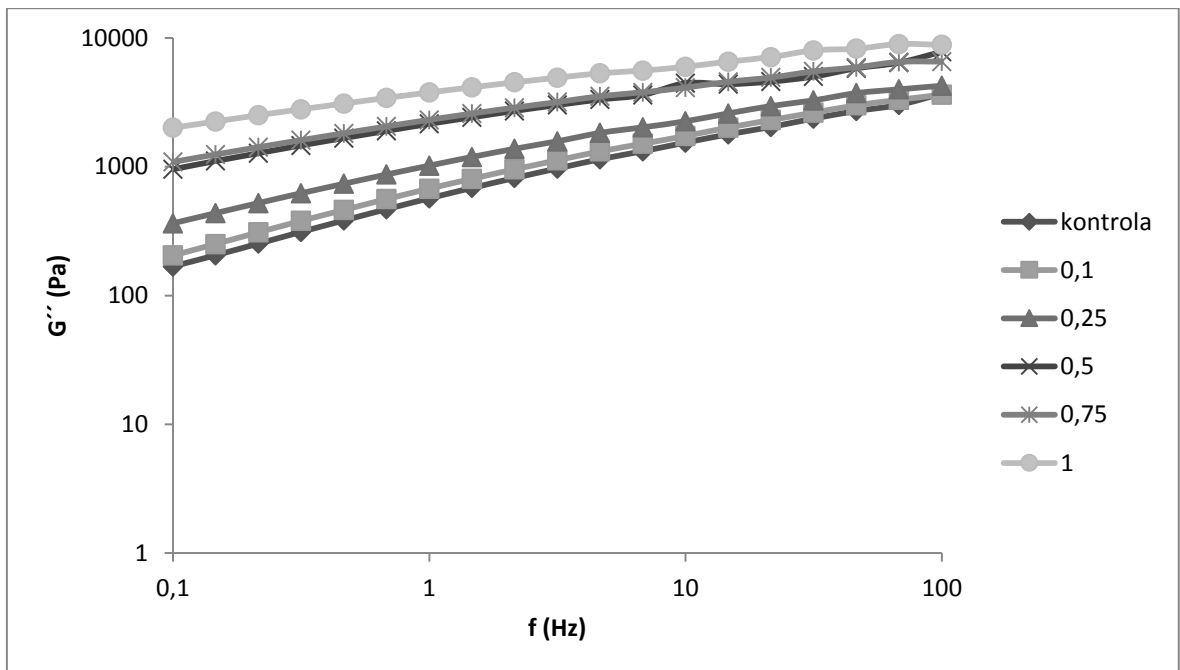
Obr. 25: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 1. dni skladování.



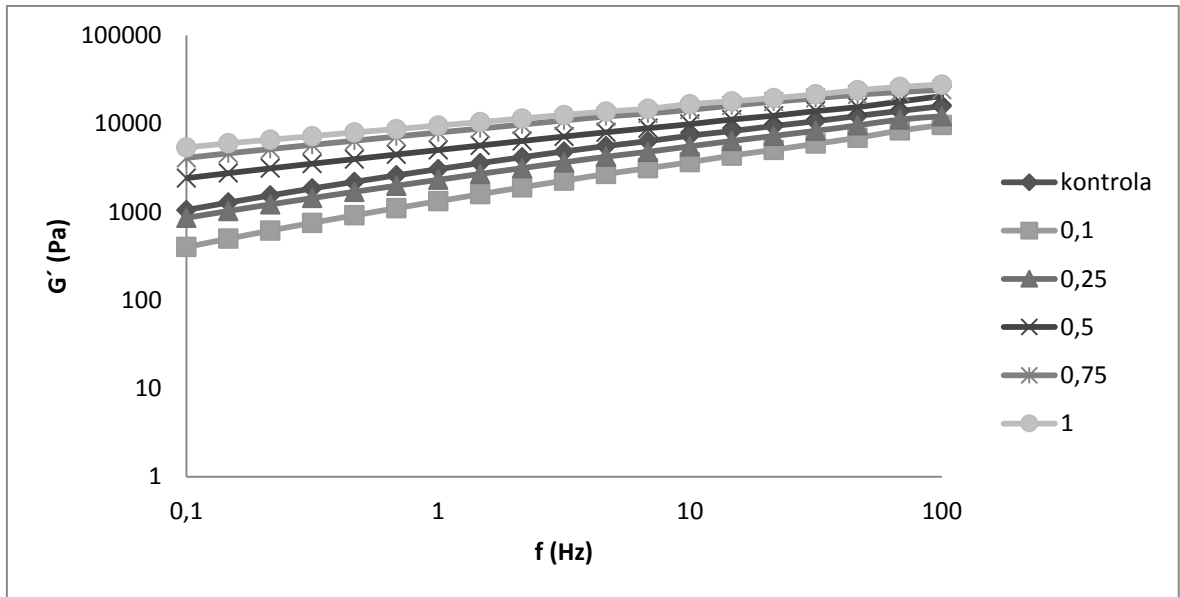
Obr. 26: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 1. dni skladování.



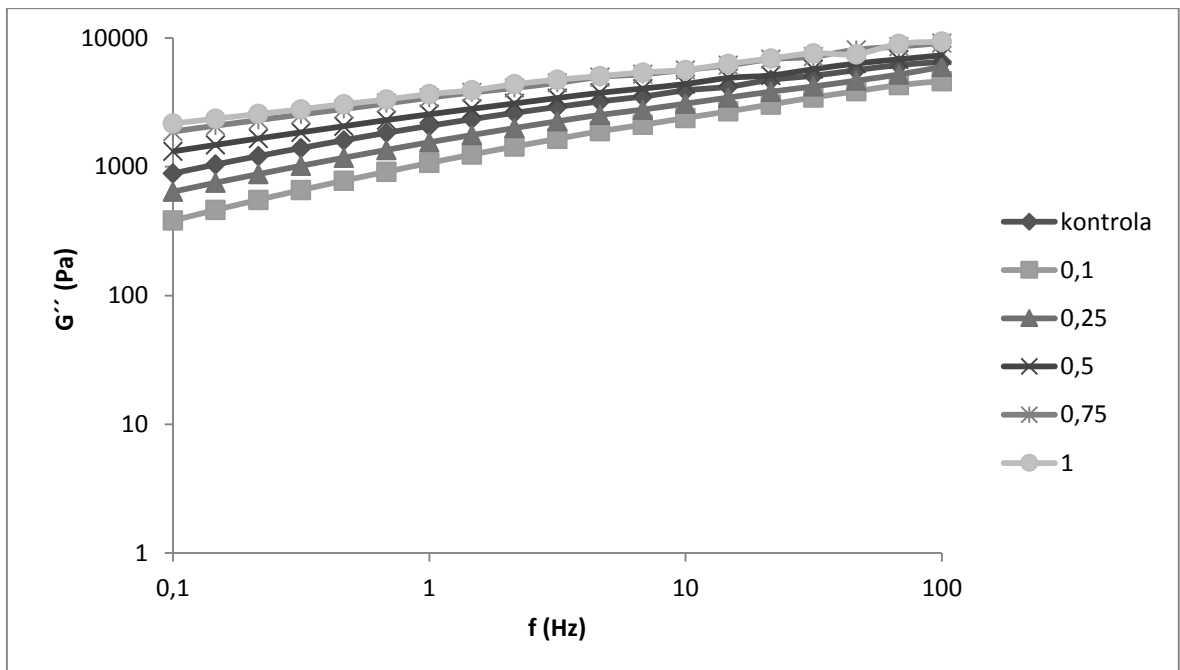
Obr. 27: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 7. dni skladování.



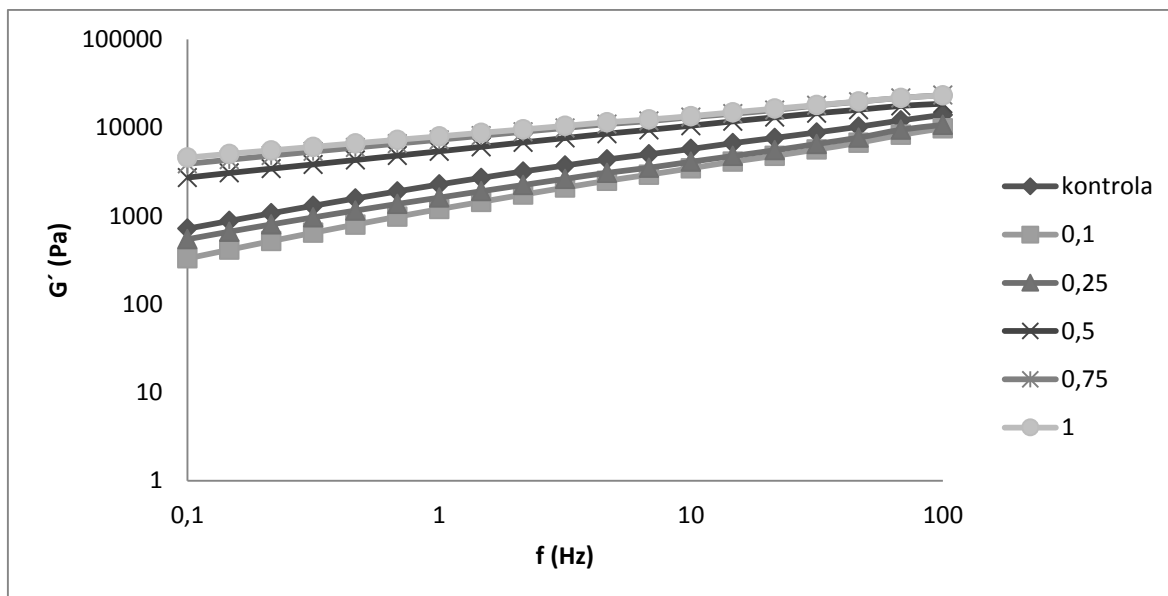
Obr. 28: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 7. dni skladování.



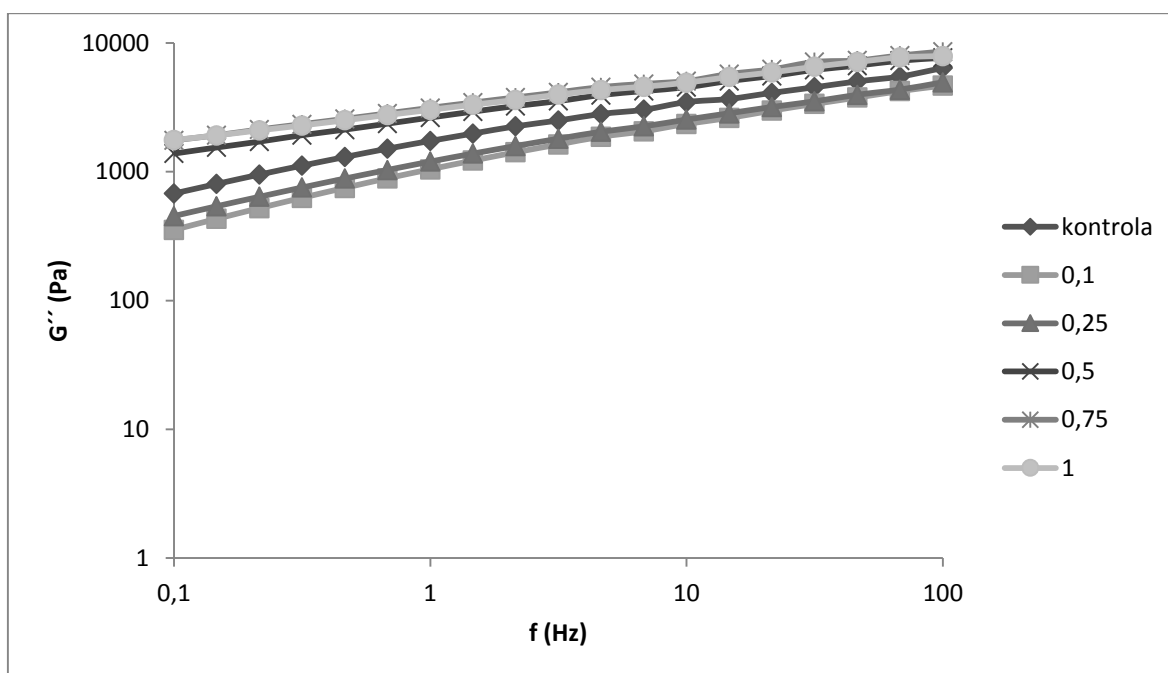
Obr. 29: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 14. dni skladování.



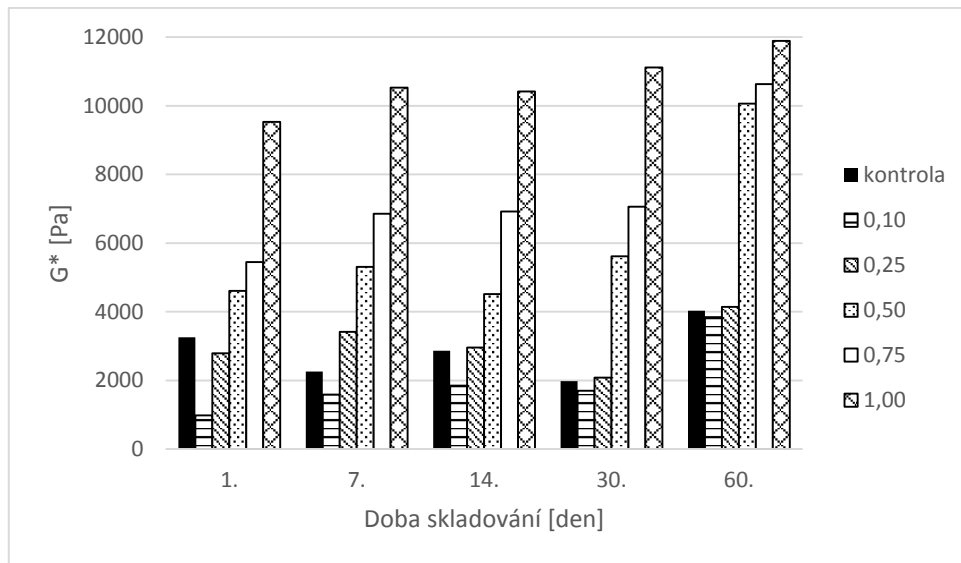
Obr. 30: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 14. dni skladování.



Obr. 31: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 30. dni skladování.



Obr. 32: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 30. dni skladování.



Obr. 33: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* na době skladování (1., 7., 14., 30. a 60. den) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zařadit furcellaranu typu A, B a C do surovinové skladby tavených sýrů [40 % sušina a 55 % tuk v sušině (w/w)] s tavicími solemi a sledovat jeho vliv na vlastnosti vzorků. Furcellaran byl přidáván v koncentracích 0,10 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 % (w/w).

Ze získaných výsledků bylo možné učinit tyto závěry:

- obsah sušiny ani obsah tuku nebyl ovlivněn přidavkem jakéhokoliv typu furcellaranu, sušina se pohybovala v rozmezí 40,18 - 40,59 % (w/w), tuk v sušině 20,29 - 21,78 % (w/w),
- přítomnost furcellaranu v modelových vzorcích nemělo vliv na pH,
- použitý hydrokoloid ovlivňuje viskoelastické vlastnosti modelových vzorků tavených sýrů,
- se zvyšující se koncentrací furcellaranu ve vzorku dochází ke zvyšování tuhosti výrobku,
- u furcellaranu typu A při koncentraci 0,10 % a 0,25 % (w/w) není zřejmá taková změna tuhosti oproti kontrole, z toho vyplývá, že je nutný přidavek minimální koncentrace furcellaranu, který by výrazněji měnil viskoelastické vlastnosti modelových vzorků, při vyšších koncentracích byla zřejmá vyšší tuhost vzorků,
- u furcellaranu typu B byl již 0,10% (w/w) přidavek oproti kontrole zřejmý, tudíž furcellaranu typu B má nižší minimální koncentraci oproti furcellaranu A,
- vzorky s furcellaranem typu C vykazovaly vyšší tuhost oproti kontrole až při koncentraci 0,50 % (w/w) a více.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] FOX, P.F.; UNIACKE-LOWE, T; MCSWEENEY, P.L.H.; O'MAHONY, J.A. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Druhé vydání. Springer. 2015, 584 s. ISBN 978-3-319-14891-5.
- [2] ČERNÍKOVÁ, M; BUŇKA, F; POSPIECH, M; TREMLOVÁ, B; HLADKÁ, K; PAVLÍNEK, V; BŘEZINA, P. *Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production*. *International Dairy Journal* [online]. 2010, vol.20, iss.5, s. 366-343. ISSN 0958-6946. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09586946090025444>
- [3] ROGINSKI, H; FUQUAY, W.J.; FOX, F.P. *Encyclopedia of Dairy Science*. Vol 1, Amsterdam: Academic Press, 2003, 557 s. ISBN 0122272358
- [4] SALEK, R.N. *Vybrané vlastnosti modelových systému mléka obsahujících ternární směsi fosforečnanových a citronanových solí*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012, 102 s. Dostupné také z : <http://hdl.handle.net/10563/40638>
- [5] DOSTÁLOVÁ, J; KADLEC, P. *Potravinářské zbožíznalství: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing. 2014, 425 s. ISBN 978-80-7418-208-2.
- [6] ANONYM. Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů (na obyvatele a rok) v ČR v letech 2007 – 2016. *Český statistický úřad České republiky* [online]. Dostupné také z: <https://www.czso.cz/documents/10180/45565376/2701391701.pdf/0ac2fb94-6722-4b36-92c8-5d047f0953c7?version=1.0>
- [7] ANONYM. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění. In: *Sbírka zákonů České republiky*.
- [8] BUŇKA, F. *Tavené sýry a faktory ovlivňující jejich konzistenci*. VUT v Brně, Vutium, Brno, 2017. 27 s. ISBN 978-80-214-5460-6. Dostupné také z: <http://www.vutium.vutbr.cz/tituly/pdf/ukazka/978-80-214-5460-6.pdf>
- [9] ŠUSTOVÁ, K; SÝKORA, V. *Mlékárenská technologie*. Brno, Mendelova univerzita, 2013, 223 s. ISBN 978-80-7375-704-5.
- [10] TAMIME, A.Y. *Processed cheese and analogues*. Ames: Wiley-Blackwell, 2011, 350 s. ISBN 978-1-4051-8642-1.

- [11] SALEK, RN; ČERNÍKOVÁ, M; MADĚROVÁ, S; LAPČÍK, L; BUŇKA, F. *The effect of different composition of ternary mixtures of emulsifying salts on the consistency of processed cheese spreads manufactured from Swiss-type cheese with different degrees of maturity*. Journal of Dairy Science. [online]. 2016, vol. 99, iss. 5, s. 3274-3287. ISSN 0020-0302. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030216001545>.
- [12] BUŇKA, F; DOUDOVÁ, L; WEISEROVÁ, E; KUCHAR, D; PONÍŽIL, P; ZAČALOVÁ, D; NAGYOVÁ, G; PACHLOVÁ, V; MICHÁLEK, J. *The effect of ternary emulsifying salt composition and cheese maturity on the textural properties of processed cheese*. International Dairy Journal. [online]. 2013, vol. 29, iss. 1, s. 1-7. ISSN 0958-6946. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694612002014>.
- [13] MIRALLES, B; KRAUSE, I; RAMOS, M; AMIGO, L. *Comparison of capillary electrophoresis and isoelectric focusing for analysis of casein/caseinate addition in processed cheese*. International Dairy Journal. [online]. 2006, vol. 16, iss. 12, s. 1448-1453. ISSN 09586946. Dostupné také z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0958694605002803?via%3Dihub>
- [14] ČERNÍKOVÁ, M; NEBESÁŘOVÁ, J; SALEK, R.N; POPKOVÁ, R; BUŇKA, F. *The effect of rework content addition on the microstructure and viscoelastic properties of processed cheese*. Journal of Dairy Science. [online]. 2018, vol. 101, iss. 4, s. 2956-2962. ISSN 0022-0302. Dostupné také z: <http://web.a.ebsco-host.com.proxy.k.utb.cz/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=90f3fe0c-8964-4ea0-826d-1c7ecd7a1503%40sessionmgr4010>
- [15] ANONYM. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin, v platném znění. In: *Sbírka zákonů České republiky*
- [16] FELIX da SILVA, D; BARBOSA de SOUZA FERREIRA, S; BRUSCHI, M,L; BRITTEN, M; MATUMOTO-PINTRO, P.T. *Effect of commercial konjac glucomannan and konjac flours on textural, rheological and microstructural properties of low fat processed cheese*. Food Hydrocolloids. [online]. 2016, vol. 60. ISSN 0268055X. Dostupné také z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0268005X16301278?via%3Dihub>

- [17] ANONYM. Nařízení Evropského parlamentu s Rady (ES) č. 1333/2008, o potravinářsky přídatných látkách. *Úřední věstník Evropské unie*.
- [18] KADLEC, P. a kol. *Technologie potravin II*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002, 263 s, ISBN 80-7080-510-2
- [19] KADLEC, P; MELZOCH, K; VOLDŘICH, M. a kol. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Vyd. 1, Ostrava: Key Publishing, 2012, 569 s, ISBN 978-80-7418-145-0
- [20] BUŇKA, F; DOUDOVÁ, L; WEISEROVÁ, E; KUCHAR, D; MICHÁLEK, J; SLAVÍKOVÁ, Š; KRÁČMAR, S. *The effect of different ternary mixtures of sodium phosphates on hardness of processed cheese spreads*. International Journal of Food Science and Technology. Wiley-Blackwell. 2012, vol. 47. iss.10. s. 2063-2071. Dostupné také z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2621.2012.03070.x>
- [21] DIMITRELI, G; THOMAREIS, A.S. *Instrumental textural and viscoelastic properties of processed cheese as affected by emulsifying salts and in relation to its Apparent Viscosity*. International Journal of Food Properties. Taylor & Francis Group, 2009, vol. 12,iss 1. S. 261-275. ISSN 1094-2912. Dostupné také z: <http://web.a.ebscohost.com.proxy.k.utb.cz/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=69471a6c-7794-4c2b-be13-fb8b81996637%40sessionmgr4006>
- [22] LAMPINA, L.E. *Applications and functions of foodgrade phosphates*. Annals of the New York Academy of Science. Blackwell Science Publ, 2013, vol. 1301. iss 1, s. 37-44. ISSN 00778923.
- [23] BUŇKA, F. BUŇKOVÁ, L. *Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů*. Potravinářská revue. 1/2009, s. 13-16. Dostupné také z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/PZ/RE1-2009%20oprava.pdf>
- [24] ČERNÍKOVÁ, M; SALEK, R.N; KOZÁČKOVÁ, D; BĚHALOVÁ, H; LUŇÁKOVÁ, L; BUŇKA, F. *The effect of selected processing parameters on viscoelastic properties of model processed cheese spreads*. International Dairy Journal [online]. 2017, vol. 66, s. 84-90. ISSN 0958-6946. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694616303375> .

- [25] PHILLIPS, G.O; WILLIAMS, P.A. *Handbook of hydrocolloids*. Woodhead Publishing, 2000, ISBN 978-1-85573-501-9. Dostupné také z: <https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpHH000001/viewerType:toc>
- [26] TUVIKENE, R; TRUUS, K; ROBAL, M; VOLOBUJEVA, O; MELLIKOV, E; PEHK, T; KOLLIST, A; KAILAS, T; VAHER, M. *Extraction, structure, and gelling properties of hybrid galactan from the red alga *Furcellaria lumbricalis* (Baltic Sea, Estonia)*. Journal of Applied Phycology [online]. 2010, vol. 22, iss. 1, s. 51-63. ISSN 0921-8971. Dostupné také z: <https://link-springer-com.proxy.k.utb.cz/article/10.1007%2Fs10811-009-9425-x>
- [27] VENUGOPAL, V. *Marine polysaccharides: food applications*. Boca Raton: CRS Press, 2011, ISBN 978-1-4398-1526-7
- [28] VELÍŠEK, J; HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin I*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 2 sv. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [29] NUSSINOVITCH, A.; HARASHIMA, M. *Cooking Innovation, Using hydrocolloids for thickening, gelling, and emulsification*. CRC Press 2013. Chap. 4, Carrageenan and Furcellaran. Print ISBN: 978-1-4398-7588-9, Dostupné také z: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781439875896>
- [30] Manufacturing, Furcellaran. Dostupné také z: <http://estagar.ee/manufacturing/>
- [31] ČERNÍKOVÁ, M; BUŇKA, F; PAVLÍNEK, V; BŘEZINA, P; HRÁBĚ, J; VALÁŠEK, P. *Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese*. Food hydrocolloids. Elsevier, 2008, vol. 22, iss 6, s. 1054-1061. ISSN 0268005X.
- [32] PRÉCHOUX, A; GENICOT, S; ROGNIAUX, H; HELBERT, W. *Enzyme – assisted preparation of furcellaran- like κ - β -carrageenan*. Marine Biotechnology. [online] 2016, vol. 18, iss. 1, s. 133-143. Dostupné také z: <https://link-springer-com.proxy.k.utb.cz/article/10.1007%2Fs10126-015-9675-3>
- [33] RIBEIRO, K.O; RODRIGUES, M.I; SABADINI, E; CUNHA, R.L. *Mechanical properties of acid sodium caseinate- κ -carrageenan gels: Effect of co-solute addition*. Food Hydrocolloids.[online] 2004, vol. 18, iss. 1. s. 71-79. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X03000432>
- [34] VILLANUEVA, R.D; MENDOZA, W.G; RONRIGUEZA, M.R.C; ROMERO, J.B; MONTANO, M.N.E. *Structure and funtional performance of gıgartinacean*

- kappa-iota hybrid carrageenan and solieriacean kappa-iota carrageenan blends*. Food Hydrocolloids [online] 2004, vol. 18, iss. 2, s. 283-292. Dostupné také z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0268005X03000845>
- [35] SHEPHERD, R. *Food additives Data Book: Polysaccharides*. 2011. Blackwell Publishing. s. 65. ISBN 978-1-4051-9543-0
- [36] MIHAI, G.A. *The Influence of Nanofillers on Physical-Chemical Properties of Polysaccharide-Based Film Intended for Food Packaging*. Food Packaging – Nanotechnology in the Agri-Food Industry. 2017, vol. 7. ISBN 987012804328
- [37] AHMAD, S; BUTT, M.S; PASHA, I; SAMEEN, A. *Quality of processed cheddar cheese as a function of emulsifying salt replaced by κ -carrageenan*. International Journal of Food Properties. [online]. 2015, vol. 19, iss. 8, s. 1874-1883. Dostupné také z: <http://web.a.ebscohost.com.proxy.k.utb.cz/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=0d90fecb-00ac-4e7b-952f-7cc961d007e3%40sessionmgr4008>
- [38] ČSN EN ISO 5534, Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda), *Český normalizační institut*, 2005, 12 s.
- [39] ISO Standard No. 3433:2008, Cheese – Determination of fat content – van Gulik method. *International Organization for Standardization Geneva*.
- [40] BUŇKA, F; ŠTĚTINA, J; HRABĚ, J. *The effect of storage temperature and time on the consistency and color of sterilized processed cheese*. European Food Research and Technology. [online]. 2008, vol. 228, iss. 2, s. 223-229. ISSN 14382377. Dostupné také z: <https://search-proquest-com.proxy.k.utb.cz/docview/205867133?accountid=15518>
- [41] LEE, S.K; KLOSTERMEYER, H. *The effect of pH on the rheological properties of reduced-fat model processed cheese spreads*. LWT-Food Science and Technology. [online]. 2001, vol. 34, iss. 5, s. 288-292. ISSN 00236438. Dostupné také z: <https://linkinghub-elsevier-com.proxy.k.utb.cz/retrieve/pii/S0023643801907613>
- [42] NAGYOVÁ, G; BUŇKA, F; KUCHAR, D; GRÜBER, T. *Vliv délky fosforečnanového řetězce na texturní vlastnosti tavených sýrů*. Mlékárenské listy. [online]. 2012, č. 133, ISSN 1212-950X. Dostupné také z: http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2012/133_s_iv-vi.pdf

- [43] LANGENDORFF, V; CUVELIER, G; MICHON, C; LAUNAY, B; PARKER, A; DE KRUIF, C.G. *Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures*. Food Hydrokolloids. [online]. 2000, vol. 14, iss. 4, s. 273-280. Dostupné také z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0268005X99000648?via%3Dihub>
- [44] NAGYOVÁ, G; ČERNÍKOVÁ, M; PACHLOVÁ, V; BUŇKA, F. *Srovnání účinnosti vybraných hydrokoloidů na zvyšování pevnosti tavených sýrů*. Mléčné listy. [online]. 2014, č. 147. Dostupné také z: http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2014/147_xxvii-xxxi.pdf
- [45] SÁDLÍKOVÁ, I; BUŇKA, F; BUDINSKÝ, P; VOLDÁNOVÁ, B; PAVLÍNEK, V; HOZA, I. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese. LWT – Food Science and Technology. [online]. 2010, vol. 43, iss. 8, s. 1220-1225. Dostupné také z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S002364381000143X?via%3Dihub>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

w/w	Hmotnostní procenta
TS	Tavicí soli
G'	Elastický modul pružnosti [Pa]
G''	Ztrátový modul pružnosti [Pa]
G^*	Komplexní modul pružnost [Pa]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: *Nákres výměny iontů sodíku za vápenaté ionty (A- anion tavicí soli, SER – serinové zbytky) [8]*

Obr. 2: *Schéma procesu výrobu furcellaranu [30]*

Obr. 3: *Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 1. dni skladování.*

Obr. 6: *Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 7. dni skladování.*

Obr. 7: *Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 14. dni skladování.*

Obr. 8: *Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 14. dni skladování.*

Obr. 9: *Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 30. dni skladování.*

Obr. 10: *Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 30. dni skladování.*

Obr. 11: *Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 60. dni skladování.*

Obr. 12: *Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 60. dni skladování.*

Obr. 13: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* na době skladování (1., 7., 14., 30. a 60. den) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu A o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)], s TS.

Obr. 14: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 1. dni skladování.

Obr. 15: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 1. dni skladování.

Obr. 16: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 7. dni skladování.

Obr. 17: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 7. dni skladování.

Obr. 18: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 14. dni skladování.

Obr. 19: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 14. dni skladování.

Obr. 20: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 30. dni skladování.

Obr. 21: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 30. dni skladování.

Obr. 22: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 60. dni skladování.

Obr. 23: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 60. dni skladování.

Obr. 24: Závislost komplexního modulu pružnosti G^* na době skladování (1., 7., 14., 30. a 60. den) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu B o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)], s TS.

Obr. 25: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 1. dni skladování.

Obr. 26: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 1. dni skladování.

Obr. 27: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 7. dni skladování.

Obr. 28: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 7. dni skladování.

Obr. 29: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 14. dni skladování.

Obr. 30: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 14. dni skladování.

Obr. 31: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 30. dni skladování.

Obr. 32: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s TS po 30. dni skladování.

Obr. 33: *Závislost komplexního modulu pružnosti G^* na době skladování (1., 7., 14., 30. a 60. den) u modelových vzorků taveného sýra s přidavkem furcellaranu typu C o různé koncentraci [0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w)] s*

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: *Obecný přehled složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků [7]*

Tab. 2: *Fosforečnany používané jako tavicí soli při výrobě tavených sýrů [23]*

Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů s TS a furcellaranem A během skladování

Tab. 4: *Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů s TS a furcellaranem B během skladování*

Tab. 5 *Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů s TS a furcellaranem C během skladování*