

Vliv přídavku furcellaranu a draselných tavících solí na konzistenci tavených sýrů

Bc. Iva Peníšková

Diplomová práce
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Iva Peníšková
Osobní číslo: T21491
Studijní program: N0721A210004 Technologie potravin
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Vliv přídavku furcellaranu a draselných tavicích solí na konzistenci tavených sýrů

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

Tavené sýry – suroviny, výroba, legislativa.

Hydrokoloidy a jejich role při výrobě tavených sýrů.

Faktory působící na konzistenci tavených sýrů.

II. Praktická část

Vyrobte modelové vzorky tavených sýrů.

Proveďte vybrané analýzy.

Vyhodnotte získané výsledky a zformulujte závěry.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Kůrová, V., Salek, R. N., Černíková, M., Lorenčová, E., Zalešáková, L., & Buňka, F. Furcellaran as a substitute for emulsifying salts in processed cheese spread and the resultant storage changes. *International Journal of Dairy Technology*, 1471-0307.12871. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12871>
- [2] Chavhan, G.B., Kanawjia, S.K., Khetra, Y. *et al.* Effect of potassium-based emulsifying salts on sensory, textural, and functional attributes of low-sodium processed Mozzarella cheese. *Dairy Sci. & Technol.* 95, 265-278 (2015). <https://doi.org/10.1007/s13594-014-0207-0>
- [3] Černíková, M., Buňka, F., Pavlínek, V., Březina, P., Hrabě, J., & Valáček, P. (2008). Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Hydrocolloids*, 22(6), 1054-1061. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.05.020>
- [4] de Kruif, C. G., & Tuinier, R. (2001). Polysaccharide protein interactions. *Food Hydrocolloids*, 15(4-6), 555-563. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00076-5](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00076-5)

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

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2023**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce bylo zjištění vlivu použití furcellaranu a draselných tavicích solí s různou délkou fosforečnanového řetězce na konzistenci tavených sýrů. Modelové vzorky tavených sýrů byly vyrobeny s obsahem 40 % (w/w) sušiny a 50 % (w/w) tuku v sušině, lišící se zastoupením draselných tavicích solí (hydrogen fosforečnan draselný - K_2HPO_4 , difosforečnan draselný - $K_4P_2O_7$ a trifosforečnan pentadraselný - $K_5P_3O_{10}$) a aplikovanou koncentrací furcellaranu (0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 % (w/w)). Modelové vzorky byly podrobeny základním fyzikálně – chemickým analýzám stanovující obsah sušiny, hodnot pH a aktivity vody. Dále analýzou jejich texturometrických a viskoelastických vlastností, barvy a senzorickeému hodnocení. Z vyhodnocených analýz lze vyvodit, že přídavek furcellaranu a draselných tavicích solí ovlivňuje viskoelastické vlastnosti tavených sýrů a s narůstající koncentrací furcellaranu ve vzorku narůstá i jejich tuhost. Přítomnost draselných tavicích solí ve vzorcích neovlivnila negativně výslednou chuť výrobku.

Klíčová slova: tavený sýr, draselné tavicí soli, hydrokoloidy, furcellaran, konzistence.

ABSTRACT

The aim of this thesis was to investigate the effect of furcellaran and potassium emulsifying salts with different phosphate chain lengths on the consistency of processed cheese. Model samples of processed cheeses were made with 40 % (w/w) dry matter and 50 % (w/w) fat in dry matter contents, differing in the presence of potassium emulsifying salts (potassium hydrogen phosphate - K_2HPO_4 , potassium diphosphate - $K_4P_2O_7$ and potassium pentasodium triphosphate - $K_5P_3O_{10}$) and the furcellaran concentration applied (0.25 %, 0.50 %, 0.75 % and 1.00 % (w/w)). The model samples were subjected to basic physicochemical analyses to determine dry matter content, pH values and water activity. They were also analyzed for their textural and viscoelastic properties, color and sensory properties evaluation. From the analyses evaluated, it can be concluded that the addition of furcellaran and potassium emulsifying salts affects the viscoelastic properties of the processed cheeses and their stiffness increases with increasing concentration of furcellaran in the sample. The presence of potassium melting salts in the samples did not adversely affect the final taste of the product.

Keywords: Processed cheese, potassium based emulsifying salts, hydrocolloids, furcellaran, consistency

Ráda bych zde poděkovala svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, Ph.D. za odborné připomínky, za jeho čas a pomoc při zpracování mé práce. Taktéž děkuji pracovníkům Ústavu technologie potravin UTB za pomoc při výrobě modelových vzorků.

Poděkování patří i mé rodině a přátelům, kteří byli po dobu studia moji velikou oporou.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TAVENÉ SÝRY	12
1.1 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY A CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ	12
1.2 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY.....	15
1.3 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ	17
1.3.1 Základní suroviny.....	17
1.3.2 Tavicí soli a jejich funkce při výrobě tavených sýrů	19
2 HYDROKOLOIDY A JEJICH ROLE PŘI VÝROBĚ TAVENÝCH SÝRŮ.....	26
2.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA HYDROKOLOIDŮ	26
2.1.1 Aplikace hydrokoloidů v potravinářství.....	26
2.1.2 Aplikace hydrokoloidů při výrobě tavených sýrů.....	27
2.2 FURCELLARAN	28
2.2.1 Charakteristika a historie furcellaranu	28
2.2.2 Struktura.....	28
2.2.3 Využití v potravinářství a vlastnosti gelu.....	29
2.2.4 Výroba fucellaranu.....	30
3 VLIVY PŮSOBÍCÍ NA KONZISTENCI TAVENÝCH SÝRŮ	31
3.1 VLIV SUROVINOVÉ SKLADBY SMĚSI	31
3.2 VLIV TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU VÝROBY.....	32
3.3 VLIV TEPLOTNÍCH PODMÍNEK A DÉLKY SKLADOVÁNÍ.....	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
4 CÍL PRÁCE	36
5 METODIKA PRÁCE.....	37
5.1 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÝCH SÝRŮ	37
5.2 FYZIKÁLNĚ – CHEMICKÁ ANALÝZA	38
5.2.1 Obsah sušiny	38
5.2.2 Stanovení pH.....	39
5.3 TEXTURNÍ ANALÝZA	39
5.4 REOLOGICKÁ – DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ ANALÝZA.....	39
5.5 INSTRUMENTÁLNÍ MĚŘENÍ BARVY	40
5.6 STANOVENÍ AW	41
5.7 SENZORICKÁ ANALÝZA	42
6 VÝSLEDKY A DISKUZE	43
6.1 VYHODNOCENÍ FYZIKÁLNĚ – CHEMICKÉ ANALÝZY	43

6.2	VYHODNOCENÍ TEXTURNÍ ANALÝZY	45
6.3	VYHODNOCENÍ REOLOGICKÉ ANALÝZY	49
6.4	VYHODNOCENÍ INSTRUMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ BARVY	55
6.5	VYHODNOCENÍ VODNÍ AKTIVITY	57
6.6	VYHODNOCENÍ SENZORICKÉ ANALÝZY	59
ZÁVĚR		61
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		62
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		72
SEZNAM OBRÁZKŮ		73
SEZNAM TABULEK.....		74
SEZNAM PŘÍLOH.....		75

ÚVOD

Tavené sýry jsou neodmyslitelnou součástí portfolia mléčných výrobků, které jsou nám nabízeny v obchodních řetězcích. Jejich výroba byla započata v Československé republice v roce 1923 firmou Bloch, nacházející se v jihočeských Vodňanech. Od té doby se v České republice jejich výrobou zabývá v současné době 14 mlékárenských podniků s celkovou produkcí 15–20 tisíc tun ročně. Přesto, že spadají tavené sýry do velmi oblíbené komodity potravin, což také potvrzuje fakt, že jejich průměrná roční spotřeba se pohybuje okolo 2 kg na osobu, je s nimi již z minulosti spojena řada mýtů. [1, 2]

S přibývajícím délkou jejich pozice na trhu, dochází nejen k rozšiřování variací příchutí a druhových rozmanitostí, ale také k nárůstu požadavků na kvalitu samotnými spotřebiteli. Tento fakt nutí výrobce tavených sýrů k neustálým inovacím jak surovinové skladby, tak výrobních technologií, které mají přímý vliv na kvalitu a konzistenci hotového výrobku.

Při výrobě tavených sýrů se používají komerční směsi tavicích solí, a to nejčastěji soli fosforečnanů nebo citronanů (soli kyseliny citronové), které zamezují uvolňování tuku a zajišťují tak homogennost výrobku při procesu tavení. Nejčastěji používané jsou soli na bázi sodíku, které jsou sice ověřené svým technologickým přínosem při výrobě, avšak z pohledu zdravotního hlediska už méně oblíbené kvůli obsahu sodíku. Z tohoto důvodu a také z důvodu vysokého obsahu fosforu ve fosforečnanových solích, snižující využitelnost vápníku v organismu, bývá stále častěji předmětem studií možnost alespoň částečného nebo úplného nahrazení tavicích solí na bázi sodíku solemi draselnými, případně úplným nahrazením tavicích solí. Draselné tavicí soli jsou demonizovány hlavně z důvodu možné hořké nebo kovové chuti, avšak při jejich použití disponují velkým benefitem, a to možností redukce obsahu sodíku v tavených sýrech. Za snahou výrobců snižovat množství tavicích solí, se v posledních letech zkoumá možnost nahrazení tavicích solí hydrokoloidy. [3, 4]

Mezi nejpoužívanější hydrokoloidy v potravinářství patří hydrokoloidy z mořských řas (karagenany, algináty, furcellaran apod.), které díky vysoké schopnosti vaznosti vody a tvorby gelu, nachází v potravinářství funkci stabilizátorů, emulgátorů, zahušťovadel apod. [5]

Předmětem této práce je zjištění vlivu draselných tavicích solí a furcellaranu na texturometrické a reologické vlastnosti tavených sýrů, které by mohly zajistit zachování charakteristických parametrů taveného sýra.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY

1.1 Legislativní požadavky a charakteristika tavených sýrů

V České republice je tavený sýr definován dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 274/2019 Sb., kterou se mění vyhláška č. 397/2016 Sb., jako sýr, který byl tepelně upraven tavením. Tato vyhláška pojednává o požadavcích na mléko a mléčných výrobcích, mražených krémech a jedlých tucích a olejích. Skupinu lze rozdělit také dle konzistence na podskupinu roztíratelné a tavené sýry s lomem. Včetně již zmíněné definice, vyhláška definuje také „tavený sýrový výrobek“ či „tavený mléčný výrobek“, které jsou vyjádřeny v tabulce č. 1. V tabulce č. 2, je vyjádřen výčet povolených složek. [6]

Tabulka č. 1 - Členění a definice tavených sýrů [6]

Druh	Skupina	Definice	Podskupina
Sýr	Tavený	sýr, který byl tepelně upraven tavením	roztíratelné s lomem
	Tavený sýrový výrobek	mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením, obsahuje více než 5 % laktózy a v němž sýr tvoří nejméně 50 % hmotnostních sušiny tohoto výrobku	
	Tavený mléčný výrobek	mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením a obsahuje více než 5 %	

Tabulka č. 2 - Přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků [6]

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

*) zdravotně nezávadné se specifickými účinky

Na obale hotového výrobku musí být uveden správný název druhu či skupiny, obsah tuku nebo tuku v sušině (TVS), obsah sušiny, případně použitá ochucující složka. [6]

Česká republika se dlouhodobě řadí mezi největší spotřebitele tavených sýrů, zejména díky jejich dobré roztíratelnosti, příznivé ceně, udržitelnosti a nepřeborné škále chuťových variací. Jejich průměrná konzumace se dlouhodobě pohybuje okolo 2 kg na osobu a rok, přesnější údaje se nacházejí v tabulce č. 3. Produkce tavených sýrů se v ČR pohybuje okolo 15 tisíc – 20 tisíc tun ročně. [1, 2]

Tabulka č. 3 - Spotřeba tavených sýrů 2013–2021 [2]

Rok	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
kg	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,9	1,9

Mezi nejvýznamnějším producenty v České republice můžeme zařadit:

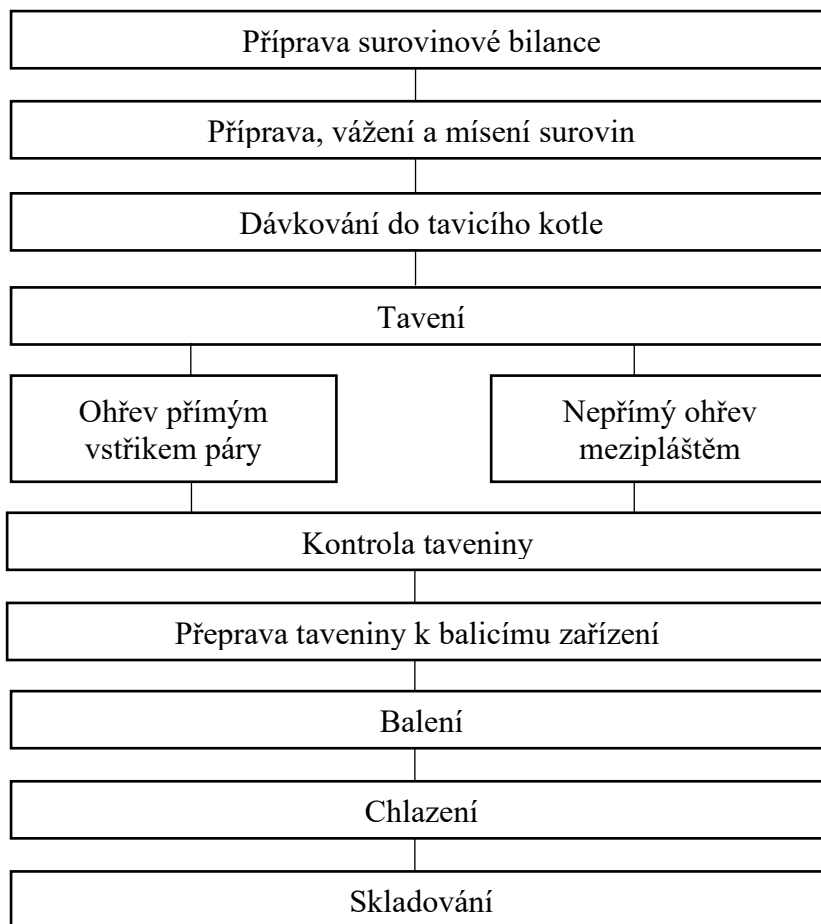
- Savencia Fromage & Dairy Czech Republic a.s., závod Hodonín;
- Bel sýry Česko a.s.;
- Madeta a.s.;
- Tany, spol. s.r.o
- Mlékárna Klatovy a.s.;
- Kromilk, a.s.;
- Laktos a.s. a další. [7]

První tavený sýr byl vyroben švýcarskou firmou Gerber v roce 1911, kdy majitelé firmy hledali způsob, jak prodloužit trvanlivost sýrů určených k vývozu. Na území Československa byl první tavený sýr vyroben v roce 1923 firmou Bloch v jihočeských Vodňanech. [8, 9]

V obchodních řetězcích se můžeme setkat i s analogy tavených sýrů, což je výrobek, který základní mléčnou složku (mléčný tuk, mléčnou bílkovinu) nahradil složkou nemléčnou. Tyto výrobky nepatří do kategorie mléčných potravin a nemohou tak být označovány jako sýry či tavené sýry, jsou označovány např. jako potravinový výrobek s rostlinným tukem, tavená pomazánka apod. Benefitem může být nižší cena a také vhodnost pro vegetariánské a veganské spotřebitele nebo jedince s alergií na mléčnou bílkovinu. [1, 8, 10]

1.2 Technologický postup výroby

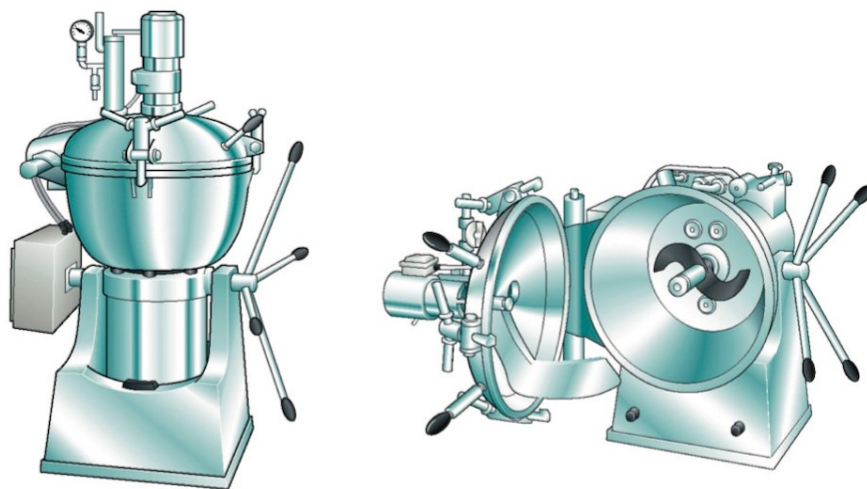
Tavené sýry lze vyrábět kontinuálním nebo rozšířenějším diskontinuálním způsobem, který je znázorněn na obrázku č. 1. Principem výroby je smíchání směsi rozkrájených přírodních sýrů a tavicích solí, zahřátí této směsi na teplotu tavení za stálého míchání, dokud se směs nerozpustí a nevznikne homogenní hmota. [11, 12, 13]



Obrázek č. 1 - Výrobní schéma diskontinuální výroby tavených sýrů [12]

Prvním krokem výroby je příprava surovinové bilance, která je ovlivněna obsahem sušiny a tuku v sušině jednotlivých vstupujících složek s ohledem na cílený obsah těchto hodnot a požadovanou konzistenci finálního výrobku. Navážené a nakrájené přírodní sýry se nadávkuje spolu s ostatními přísadami do tzv. tavicího kotle, který slouží k přeměně surovin v tavený sýr. Tavicí kotle jsou vybavené míchacím a krájecím zařízením, které zajistí důkladnou homogenizaci směsi a zkrácení tak doby tavení. Nejprve dochází k ohřevu surovinové směsi za sníženého tlaku pomocí přímého vstřiku páry, kterou je nutno zahrnout do výpočtu surovinové bilance. Další způsob ohřevu je nepřímý ohřev mezipláštěm. Použité

vakuem je volitelné, avšak reguluje vlhkost a odstraňuje část vzduchu, který by byl jinak vmícháván do výrobku během míchání. Jakmile se dosáhne tavicí teploty, která se pohybuje u diskontinuální výroby v rozmezí 80–115 °C, je tato teplota udržována po dobu několika sekund až minut (s ohledem na zvolenou tavicí teplotu). Výše tavicí teploty určuje pasterační nebo sterilační účinek, ke kterému dochází u výroby kontinuální. Po procesu tavení, kdy došlo k přeměně obsahu kotle na hustý, klišovitý roztok, musí dojít před samotným balením ke kontrole viskozity vzniklé taveniny. Pokud je tavenina nevyhovující řídké konzistence, je nutný přídavek tavicích solí anebo opětovné vymíchávání. [12, 14-17]



Obrázek č. 2 - Uzavřený a otevřený tavicí kotel [18]

Horká roztavená směs neboli tavenina je pomocí uzavřených vozíků či pomocí potrubí přepravována k balicímu zařízení. Tavenina se balí do sterilní z vnitřní strany podlepené polymerem hliníkové fólie, která je hned poté zavařena. Fólie bývá doplněna o červenou pásku, která slouží k usnadnění otevírání. Kromě trojúhelníkových nebo hranolovitých tvarů, které jsou v České republice oblíbené, se můžeme setkat i s různými formáty balení dle typu balicího zařízení (plátky, tuby, kelímky atd.). Předpokladem pro mikrobiální stabilitu výrobku je zásadní, aby došlo k zabalení taveniny ihned po samotném tavení a nedošlo tak k poklesu teploty pod 60 °C. Teplota taveniny při balení se pohybuje okolo 60–70 °C. [1, 10–12, 19]

Obecné funkce primárních a sekundárních obalů je:

- ochrana výrobku před dehydratací, která by mohla jinak vést ke snížení hmotnosti výrobku a změnu její struktury;
- ochrana před mikrobiální kontaminací;
- zamezení ztráty aroma nebo její změně;
- zabránění průniku O₂, která způsobuje oxidaci tuků, což může vést ke vzniku žluklé chuti/vůně;
- zabránění pronikání světla, který taktéž způsobuje oxidaci tuků;
- ochrana před mechanickým poškozením během transportu a skladování. [14]

Dalším výrobním krokem je chlazení hotových výrobků, a to na cílovou teplotu 5–8 °C pomocí chladicích komor. Rychlost zchlazení, která výrazně ovlivňuje konzistenci výrobku, se musí vhodně zvolit s ohledem na požadující konzistenci finálního výrobku. [10, 14]

Hotový výrobek by měl být skladován v čistých prostorách při teplotách <10 °C a v relativní vlhkosti okolo 85 %. Nikdy by nemělo dojít k jejich zamražení, a to z důvodu rizika změny jejich konzistence. Platnou vyhláškou není skladovací teplota ani vlhkost nijak definována. [10, 16, 20]

Trvanlivost tavených sýrů je ovlivněna mnoha faktory, a to zejména surovinovou skladbou, výrobními procesy (např. zvolením tavicí teploty), druhem obalových materiálů a zvolenou teplotou při skladování. Obecně se trvanlivost tavených sýrů pohybuje v rozmezí od 2–6 měsíců. [11, 12]

Hlavním sensorickým znakem hotového výrobku je konzistence, která by měla být stejnorodá, hladká, kompaktní nikoliv krupičkovitá nebo písková. Tuhost taveného sýru může být od pevné, snadno roztíratelné, krémovité až po hustě tekutou. Chuť hotového výrobku nesmí vykazovat hořkou, kyselou nebo dokonce štiplavou chuť. [1]

1.3 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

1.3.1 Základní suroviny

Primární surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry o různém rozsahu zrání, kvality a složení. Nejvýznamnějšími kritérii při výběru vhodného přírodního sýra jsou: druh, chuť, zralost, konzistence, textura, kyselost (pH) a mikrobiální kvalita. V České republice

se nejvíce využívají sýry holandského typu s nízkodohřívanou sýřeninou (např. Eidamská cihla). Pro vysokou kvalitu a stabilní konzistenci výrobku, by měly být použity čtyři až šest šarží stejného sýru. Při výrobě se mohou využívat přírodní sýry i s různými vadami, které jsou nejčastěji mechanické (odřezky vzniklé při lisování, plátkování či balení) anebo s analytickými odchylkami ve složení (nejčastěji obsah tuku nebo sušiny), které by byly jinak pro přímý prodej konečnému spotřebiteli nevhodné. Nesmí být však použity přírodní sýry, které by vykazovaly vady mikrobiální (přítomnost nežádoucích bakterií či plísní) a mohly by tak ohrozit zdravotní nezávadnost samotného výrobku. [10,12,16]

Další surovinou sloužící na výrobu tavených sýrů je máslo (nebo smetana, máselný koncentrát nebo máselný tuk), které má za funkci zvýšení obsahu tuku a tím i obsah tuku v sušině, což výrobek vhodně a příjemně zjemní. [10, 11]

Tvarohem lze zvýšit obsah tukuprosté sušiny a dodat tvz. intaktní bílkoviny (kasein, u které nedošlo k rozsáhlé a hluboké proteolýze), což má vliv na stabilitu a konzistenci výrobku. Případně dochází ke snížení pH taveniny, k čemu se primárně používají tavící soli. [10,11]

Z důvodu vysoké ceny přírodních sýrů, což je nejnákladnější položka surovinové skladby, začali výrobci přidávat do surovinové skladby sušené suroviny (sušenou syrovátku, demineralizovanou sušenou syrovátku, sušené podmáslí a sušené mléko o různé tučnosti). Další možností redukce nákladů je snížení obsahu sušiny. V případě snižování obsahu sušiny a množství přírodních sýrů, musí dojít k aplikaci tvz. hydrokoloidů, což jsou biopolymery, často polysacharidy, menšinově bílkoviny s vysokou vazností vody. Výsledkem je tak stabilizovaná konzistence hotového výrobku. [6, 11, 12, 16]

Další využívanou složkou surovinové sklady je rework (tzv. nátavek), což je tavený sýr, který byl již vyroben a došlo k procesu krémování. Do surovinové skladby se může dostat dvěma způsoby: záměrně tj. cíleným přídatkem taveného sýru nebo nezáměrně např. jako ulpělý zbytek taveniny na výrobním zařízení z předchozí výroby, vyrobený tavený sýr nebyl uvolněn na trh např. z důvodu nevyhovujícího obalu. Důvody pro použití reworku mohou být jak ekonomické, tak technologické jeho přídatek zvyšuje viskozitu, pevnost, tavitelnost a snižuje množství tavících solí při výrobě (rework již obsahuje tavící soli). [10, 12, 21]

Pro tavení je také důležitý přídatek vody, který se dává buď jednorázově anebo na začátku a ke konci tavícího procesu. Druhý způsob je z technologického hlediska výhodnější, neboť se kasein s koncentrovaným množstvím tavících solí lépe zabuduje než u prvního způsobu. Přídatek pitné vody může také sloužit k úpravě/snížení obsahu sušiny. [12, 16]

Do surovinové skladby můžeme dále zařadit přísady, které nám zajistí optimální chuť a vůni. Nejčastěji se používá koření, masová složka, ryby, houby, kapie, kakaová složka, zelenina nebo rajčatový protlak, díky kterým můžeme vyrobit nepřebornou škálu příchutí. Tyto přísady se přidávají do směsi před tavením anebo až do hotového výrobku. [12, 16]

1.3.2 Tavicí soli a jejich funkce při výrobě tavených sýrů

Tavicí soli jsou základní složkou surovinové skladby při výrobě tavených sýrů, které jsou dle Nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1333/2008 definovány jako látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek. Řadí se mezi aditiva a na obale hotového výrobku jsou značeny symbolem E a trojmístnou nebo čtyřmístnou číslicí. Maximální množství tavicích solí (kyselina fosforečná, fosforečnany, – di-, tri – fosforečnany a polyfosforečnany) v tavených sýrech je dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.1333/2008 stanovena na 20.000 mg/kg. [1, 10, 22]

Tavicí soli jsou nejčastěji soli kyselin s vícesytnými anionty (fosforečnany, polyfosforečnany a citráty) a monovalentními alkalickými kovy (např. sodík, draslík nebo hliník). Měly by být dobře rozpustné ve vodě, neutrální chuti, zdravotně nezávadné a zajišťovat výměnu iontů. Jejich výběr by se měl odvíjet od několika faktorů – druh, zralost, stáří použitých surovin a požadovaná konzistence hotového výrobku. Proto se v praxi nepoužívají jednotlivé soli, ale komerční směsi obsahující dvě nebo více tavicích solí (např. směs fosforečnanů nebo fosforečnanů a citranů), aby došlo jejich kombinací k co nejlepšímu účinku. Nejlepší emulgační schopnosti vykazují tavicí soli složené z monovalentního kationtu a polyvalentního aniontu. [10, 12, 16, 22, 23]

Tavicí soli na bázi fosforečnanů

Fosforečnany jsou soli odvozené od kyseliny trihydrogenfosforečné. Soli kyseliny fosforečné obsahující jednu aniontovou skupinu PO_4^{3-} se nazývají ortofosforečnany (nazývané také monofosforečnany). Prostřednictvím vazby P-O-P mohou vzniknout až polyfosforečnany, které obsahují tři a více skupin PO_4^{3-} . Jednotlivé soli se liší svými vlastnostmi. Přehled solí kyseliny fosforečné je znázorněn v tabulce č. 4 a jednotlivé vlastnosti tavených solí v tabulce č.5. [10, 11]

Tabulka č. 4: Strukturální vzorce tavicích solí fosforečnanu sodného [23]

Ortofosforečnan (např. ortofosforečnan disodný)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{NaO}-\text{P}-\text{OH} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{Na} \end{array}$
Pyrofosforečnan (např. difosforečnan tetrasodný)	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{NaO}-\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{ONa} \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{Na} \quad \text{Na} \end{array}$
Tripolyfosforečnan (např. trifosforečnan pentasodný)	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \quad \parallel \\ \text{NaO}-\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{ONa} \\ \quad \quad \\ \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \quad \\ \text{Na} \quad \text{Na} \quad \text{Na} \end{array}$
Polyfosforečnan (kde n odpovídá počtu fosfátových skupin)	$\text{NaO} \left(\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{P}-\text{O} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{Na} \end{array} \right)_n \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{P}-\text{ONa} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{Na} \end{array}$

Při výrobě tavených sýrů se používají především sodné soli ortofosforečnanů (např. Na_2HPO_4). Existují také draselné soli ortofosforečnanů, pyrofosforečnanů a citronanů, které při podobných koncentracích poskytují podobné texturní vlastnosti jako soli sodné, ale jejich zásadní nevýhodou je dodávání hořké chuti výrobku, která se během skladování stupňuje. Z tohoto důvodu se tyto soli v praxi používají zcela výjimečně. Jejich výhodou je možnost vyrobit tavený sýr se sníženým obsahem sodíku. Kromě možné nevyhovující hořké chuti mohou být jeho negativem i vyšší cena. V potravinářském odvětví se také používají fosforečnany sodné, draselné, amonné, vápenaté, hořečnaté anebo sodno-hlinité. [10, 23]

Fosforečnany ovlivňují vlastnosti bílkovin (pomocí změny pH, iontové síly roztoku, odštěpení kationtů apod.) a také dochází k jejich navázání, což má za následek změny jejich vlastností (př. bobtnání, tvorba gelu, schopnost hydratace apod.). [11]

Fosforečnany mají významný vliv na hodnotu pH prostředí. Hodnoty pH jednotlivých tavicích solí jsou znázorněny v tabulce č. 5. Optimální hodnota pH tavených sýrů by se měla pohybovat v rozmezí 5,5 – 6,0. V případě, že by došlo k výraznějšímu odchýlení pH od tohoto optimálního rozmezí, došlo by k nežádoucím jakostním změnám. Nízké hodnoty pH mohou způsobit drobivější, suchou konzistenci, naopak vyšší hodnoty mohou být projevem příliš měkké konzistence tavených sýrů. Jednotliví zástupci fosforečnanů, které se používají jako tavicí soli, se odlišují svojí hodnotou pH, a proto je nutné, aby se tato hodnota zohlednila při výběru vhodné tavicí soli. Se schopností ovlivnit hodnotu pH souvisí

i jejich pufrční schopnost, tj. stabilizovat pH i proti vlivům okolí (př. přidavek kyseliny nebo zásady). Jejich pufrční schopnost se snižuje s narůstající délkou řetězce fosforečnanů, tedy ortofosforečnany mají největší schopnost stabilizace pH. [11, 24]

Primární vlastností fosforečnanových solí při výrobě tavených sýrů je schopnost vázat na sebe monovalentní a polyvalentní kationty kovů (např. vápník, draslík, hořčík, sodík). Tato schopnost je ovlivněna konkrétním kationtem kovu, kdy např. sodík je přitahován silněji než draslík. Tato schopnost vazby se umocňuje s narůstající teplotou, což je žádoucí vzhledem k vysoké tavicí teplotě při procesu tavení. Schopnost výměny sodných iontů za ionty vápníku, což je klíčové při výrobě tavených sýrů, je také ovlivněno počtem fosforečnanových jednotek v molekule. S narůstajícím počtem atomů fosforu v molekule dochází k nárůstu afinity. Při porovnání dvou fosforečnanů s totožným počtem fosforu v molekule rozhoduje pH směsi, kdy s narůstající hodnotou pH narůstá i schopnost této výměny. Schopnosti výměny iontů jednotlivých fosforečnanových solí je znázorněno v tabulce č. 5. [11, 12, 25, 26]

Jejich další nepostradatelnou schopností je jejich vliv na tvorbu gelu, díky čemuž jsou fosforečnany (jejich sodné soli) využívány jako tavicí soli. Největší tuto schopnost vykazují difosforečnany a trifosforečnany. [11]

Tabulka č. 5: Přehled vlastností tavicích solí na bázi fosforečnanů [10,11, 23]

Skupina	Zástupci *	E – kód	Hydratace bílkovin	Emulgace tuků	Schopnost výměny iontů	pH (1 % vodného roztoku)
Ortofosforečnany	NaH ₂ PO ₄ Na ₂ HPO ₄ Na ₃ PO ₄	E339	nízká	nízká	Velmi nízká	4,5 9,1 11,9
Pyrofosforečnany (difosforečnany)	Na ₂ H ₂ P ₂ O ₇ Na ₄ P ₂ O ₇	E450	velmi vysoká	velmi vysoká	nízká	4,1 10,2
Trifosforečnany	Na ₅ P ₃ O ₁₀	E451	Velmi vysoká až nízká	Velmi vysoká až nízká	střední	9,7
Polyfosforečnany	(NaPO ₃) _n Grahamova sůl	E452	Velmi vysoká až nízká	Velmi vysoká až nízká	Vysoká až velmi vysoká	6,6

* Tavicí soli jsou obvykle vyráběny ve formě hydrátů

Mezi další neopomenutelnou vlastnost fosforečnanů je jejich bakteriostatický vliv, a to především na gram pozitivní bakterie, některé mikromycety a kvasinky. Jejich účinek se navyšuje s použitým množstvím fosforečnanů. [11, 23]

Tavicí soli na bázi citranů

Citráty jsou soli odvozené od trikarboxylové kyseliny citronové. Jedním z nejvíce používaných citrátů je citrát trisodný. Díky schopnosti okyselení, lze mono- a disodné citráty využít při korekci pH tavené směsi (např. při použití vysokého podílu přírodního sýra s vysokým stupněm zralosti, který má vysokou hodnotu pH). Citráty vykazují nízkou schopnost hydratace bílkovin a emulzi tuku. Dále jsou charakteristické nízkou afinitou k vápenatým iontům, která je ale stále vyšší než u samotných sodných iontů. Jejich chování při výrobě tavených sýrů je obdobné s ortofosforečnany. Tavené sýry bývají bělejší než tavené sýry s použitou jinou tavicí solí. Porovnání vlastností jednotlivých skupin tavicích solí je znázorněno v tabulce č. 6. Bývají považovány také za látky, které

se nepodílejí na zasíťování bílkovinné matrice (nevážou se na kasein). Vzhledem ke značnému podílu citronanu sodného mají velmi dobrou pufrací schopnost a tavicí schopnost. Citráty dodávají výrobkům neutrální chuťový vjem. Jejich využití je hlavně s ostatními tavicími solemi v komerčních směsích. Obecně se využívají při výrobě tuhých výrobků určených po krájení. [16, 23, 27]

Tabulka č. 6 - Přehled vlastností tavicí soli na bázi citronanů [10, 23]

Skupina	Zástupci *	E – kód	Hydratace bílkovin	Emulgace tuků	Schopnost výměny iontů	pH (1 % vodného roztoku)
Citráty	$\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$	E331	nízká	nízká	Velmi nízké	8,4

* Tavicí soli jsou obvykle vyráběny ve formě hydrátů

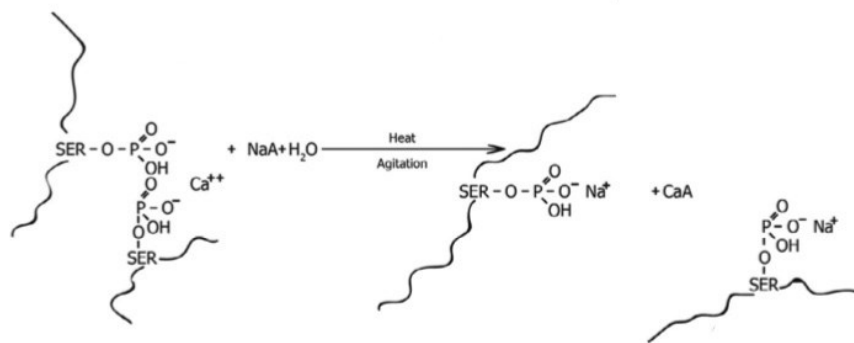
1.3.2.1 Proces tavení

V případě, že by se surovinová směs bez tavicích solí zahřála na teplotu tavení, lze očekávat, že by došlo k několika interakcím. Nejprve by došlo k destrukci membrán tukových kuliček a následně jejich roztání. Tukové kuličky by se začaly srážet za vzniku velkých útvarů bez ochranné lipoproteinové membrány. V rámci působení teploty během zpracování a pH směsi pohybující se v intervalu 5,0 - 5,5 by došlo k agregaci a kontrakci kaseinových bílkovin v přírodním sýru doprovázeným uvolněním vody. Tyto reakce by zapříčinily vznik heterogenní směsi s oddělenou hydrofilní (voda a bílkoviny) a hydrofobní (tuk) fází, což by bylo pro konečné spotřebitele nepřijatelné. [10, 11, 19, 28]

Abychom vyrobili homogenní, jemný, hladký výrobek, je nutný přídavek emulgátoru. V matici přírodního sýra jsou již obsaženy emulgátory, přesněji frakce α_{S1} – kasein, α_{S2} – kasein, β – kasein a jejich vysokomolekulární produkty (vznikající hydrolýzou kaseinů během zrání sýra proteolytickou reakcí). Tyto kaseiny obsahují hydrofilní a hydrofobní segmenty, které určují jejich emulgační schopnost. V síti přírodního sýra se vyskytují kaseinové frakce a jejich proteolytické štěpy, které jsou spojeny vápenatými můstky znemožňující jejich emulgační schopnost. Proto je nezbytný přídavek tavicích solí, které zajistí odštěpení vápenatých iontů z proteinové matrice přírodního sýra. Rozpustnost kaseinu (hydrolytických štěpů) ve vodě, by se zvýšil s výměnou iontu Ca za ionty Na – nerozpustné vápenaté soli kaseinu by byly přeměněny na rozpustnější soli

sodné. Tuto iontovou výměnu umožňují tavicí soli tak, aby upravily prostředí přítomným proteinům (kaseiny a jejich hydrolytické štěpy) a mohli využít svoji emulgační schopnost. [10,11, 19]

Při samotném tavení se navazují vícesytné anionty přes vápenaté ionty na protein, dochází k iontové výměně vápenatých a sodných iontů, což vede ke zvýšení vaznosti vody vícesytnými anionty. Nerozpustné vápenaté parakaseiny (v síti sýrových bílkovin) se přemění na lépe rozpustné sodné parakaseiny rozptýlené v tavenině s emulgační schopností. Aby vznikla stabilní emulze, musí být ve směsi obsažen dostatek ne zcela hydrolyzovatelných peptidů, protože krátké, tj. snadno hydrolyzovatelné peptidy, mohou být příčinou vzniku nestabilní emulze a oddělení fází (vysrážená bílkovina na dně, ve středu vodní fáze a na povrchu oddělený volný tuk). [10, 12, 16, 18]

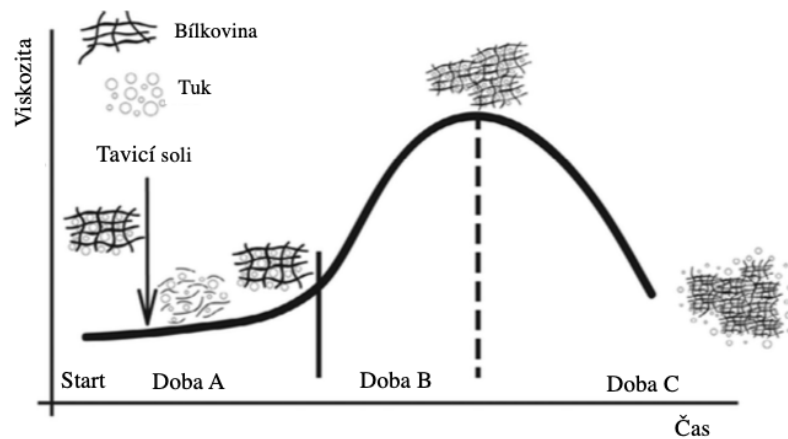


Obrázek č. 3 - Znázornění výměny iontů sodíku za ionty vápníku při tavení přírodních sýrů (vlevo jsou navázány vápenaté soli kaseinu v přírodním sýrů; „NaA“ - tavicí sůl se sodnými ionty; „CaA“ – tavicí sůl s vápenatými ionty; vpravo sodné soli kaseinu vzniklé během tavení) [10, 12]

Působením tavicích solí dochází mimo jiné i ke změně pH, k jejímu nárůstu (zvýšení záporného náboje kaseinů), což vede k rozpadu proteinové matrice a navýšení vaznosti vody. [12]

Aby došlo k vytvoření finální matrice – struktury výrobku, musí dojít k tzv. krémování, což je reakce proteinů, které je podmíněno dodržením určité doby tavení při zvýšené teplotě a míchání. Uvádí se, že vznik homogenní strukturu lze očekávat až po 6–9 minutách tavení. Jednotlivé děje probíhající během tavení a míchání jsou znázorněny pomocí obrázku č. 4. V první fázi (doba A) je znázorněno působení tavicích solí v tavicí směsi při tepelném

zpracování a stálého míchání. Probíhá iontová výměna a dispergace kaseinů vlivem tavicích solí. V následující fázi (doba B), kde stále probíhá tepelné zpracování a míchání, dochází k hydrataci, bobtnání bílkovin a vzniku nové proteinové struktury. Narůstá viskozita taveniny vlivem interakcí v nově vytvořené proteinové matici. V případě, že by doba B trvala nepřiměřeně dlouho, může dojít k opačnému procesu tzv. překrémování (doba C), kdy dochází ke snížení viskozity, uvolnění tuku a vody za vzniku nestabilního systému, který je považován za vadu. [10, 12]



Obrázek č. 4 - Schématické znázornění vývoje změny viskozity taveniny během procesu tavení a mechanického míchání [10]

2 HYDROKOLOIDY A JEJICH ROLE PŘI VÝROBĚ TAVENÝCH SÝRŮ

2.1 Obecná charakteristika hydrokoloidů

Stabilizátory, zahušťovadla a želírující látky, které jsou běžnou součástí potravinářského odvětví, se souhrnně označují jako potravinářské hydrokoloidy. Dle jejich původu se mohou dělit na přírodní, polosyntetické a syntetické. [29, 30]

Hydrokoloidy neboli biopolymery, jsou vysokomolekulární látky sacharidové nebo bílkovinové povahy, které jsou snadno dispergovatelné, plně nebo částečně rozpustné, vykazující vysokou schopnost bobtnat ve vodě a zajišťovat tak stabilitu různých struktur potravinářského výrobku. Molekuly hydrokoloidu silně interagují prostřednictvím vodíkových vazeb s molekulami vody a vytváří spletité sítě a makroskopické gely, se schopností plnit funkci zahušťovadel, stabilizátorů emulzí apod. Přítomnost mnoha hydroxylových skupin v jejich struktuře nápadně zvyšuje afinitu k vazbě vody, čímž se stávají hydrofilními. Přesto, že se v praxi používají ve velmi nízkých koncentracích (do 1 % (w/w)), mají významný vliv na texturní, reologické a také sensorické vlastnosti hotového výrobku. [29, 30–32]

Mezi využívané hydrokoloidy polysacharidové povahy můžeme zařadit nativní i modifikované škroby, karagenany, esterifikované pektiny, xanthan, algináty (soli kyseliny alginové), tragant, lokustovou gumu, agary, arabskou gumu apod. Tyto hydrokoloidy polysacharidové povahy mohou být extrahovány z rostlin, mořských řas nebo být produkovány mikroorganismy. Mezi hydrokoloidy bílkovinové povahy se řadí želatina, kasein a jeho soli, sérové bílkoviny apod. V praxi se využívají jednotlivé hydrokoloidy nebo jejich směsi. [12, 29, 31]

2.1.1 Aplikace hydrokoloidů v potravinářství

Jednou z primárních vlastností hydrokoloidů je schopnost tvořit gely a ztužovat tekuté produkty. Mezi želírující látky se řadí např. pektin, želatina, agar nebo karagenan. Vniklé gely mohou být různého typu, od měkkých, pružných až po tvrdé a křehké. [29]

V potravinářství se velmi využívají v potravinách, kde byl obsah oleje nebo tuku výrazně snížen anebo nahrazen vodou. Voda, která nahradila tuk nebo olej, je hydrokoloid schopen zahustit. Obvykle dojde ke vzniku emulze, kterou je nutno stabilizovat, aby nedošlo k jejímu rozdělení. Aplikací hydrokoloidu je tedy možné dosáhnout výrobku s velmi podobnými

vlastnostmi jako u potravin plnotučných. U výrobků mražených jako je např. zmrzlina, je nutná regulace tvorby ledových krystalků v čem mohou mít pozitivní roli hydrokoloidy a používají se např. karagenan, guarová guma. [29]

Dalším benefitem aplikace hydrokoloidů může být přínos nutriční, kdy např. použitím arabské gummy, dojde k navýšení zdroje rozpustné vlákniny, která může mít potenciální přínos při snižování cholesterolu anebo sloužit jako prevence rizika rakoviny. [29, 30]

Jejich uplatnění v potravinářství je velmi široké, protože potravinám dodávají texturu, strukturu, ovlivňují chuť a vzhled a také trvanlivost. Mohou být obsaženy např. v salátových dresincích se sníženým obsahem tuku, nízkokalorických sirupech, rajčatových omáčkách, jogurtech, pudincích apod. [29, 30]

2.1.2 Aplikace hydrokoloidů při výrobě tavených sýrů

Hydrokoloidy jsou při výrobě tavených sýrů běžnou součástí surovinové skladby. Maximální množství použitého hydrokoloidu, ať už jednotlivě nebo ve směsi, by nemělo přesáhnout množství 0,8 % (w/w) v konečném výrobku. Jak už bylo zmíněno, do surovinové skladby jsou přidávány cíleně, a to z důvodu vysoké vaznosti vody, zvýšení viskozity, vytvoření pevné sítě a také zlepšení chuťového vjemu. Vhodný výběr hydrokoloidu ovlivňuje funkční vlastnosti taveného sýra. Jednotliví zástupci hydrokoloidů se liší svými vlastnostmi – rozpustností, viskozitou, hydratační schopností a také interakcí s mléčnými bílkoviny. Mezi nejvíce využívané patří xantanová guma, nativní škroby, modifikované škroby a obzvláště karagenany. [10, 12, 31–35]

Mezi nejčastěji využívané karagenany v potravinářství se řadí ι-karagenan, κ-karagenan a λ-karagenan, které se navzájem liší počtem sulfátových skupin a obsahem 3,6-anhydro-α-D-galaktopyranózy. Obecně mají karagenany vliv na snižování lepivosti tavených sýrů, což je vítaný faktor obzvláště, pokud je primární obal taveného sýra hliníková fólie. Konkrétně κ – karagenan je schopen interakce s κ – kaseinem poskytující hydrofóbní vlastnosti, které jsou potřebné pro interakci s tukovou fází pro emulgaci. Z tohoto důvodu jsou karagenany velmi využívané při výrobě tavených sýrů, neboť jsou schopny tvořit gelovou strukturu, která je stabilní i po dobu skladování. Jejich nevýhodou může být vznik velmi pevného gelu, který se stává špatně roztíratelným. Vzhledem k vlastnostem karagananu, mohou být použity jako náhrada tavících solí. Ostatní hydrokoloidy nevykazují schopnost stabilizace emulze tavených sýrů v porovnání s karagenany. [10, 29, 34–36]

2.2 Furcellaran

2.2.1 Charakteristika a historie furcellaranu

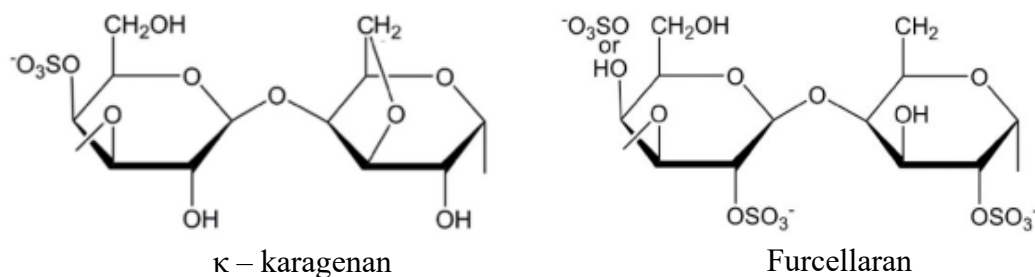
Furcellaran známý také pod názvem Dánský agar, je extrakt z buněčné stěny červených mořských řas rodu *Furcellaria*, které se nacházejí podél pobřeží v severní části Atlantského oceánu. První pokus o výrobu Furcellaranu proběhl během druhé světové války, konkrétně v roce 1917 v Dánsku, když došlo k přerušování dodávek agaru z východní Asie. Klasifikuje se společně s ostatními karagenany mezi potravinářské přídatné látky pod symbolem E 407. [37–39]



Obrázek č. 5 - Červená mořská řasa [40]

2.2.2 Struktura

Furcellaran se řadí mezi aniontový sulfátovaný polysacharid. Je velmi podobný galaktózovou strukturou κ -karagenanu, ale liší se nižším obsahem a umístěním sulfátových esterových skupin a také podílem 3,6-anhydrogalaktózy (κ -karagenan má jeden sulfátový ester na dva cukerné zbytky a furcellaran má jeden sulfátový ester na každé tři až čtyři cukerné zbytky). Tyto odlišnosti, složení a konformace, dávají zcela odlišné reologické a funkční vlastnosti (např. vyšší obsah sulfátových esterů ovlivňuje (nižší) teplotu rozpustnosti a také (nižší) pevnost gelu. Furcellaran bývá také označován jako hybrid κ a β karagenanu. [5, 37, 39, 41, 42]



Obrázek č. 6 – Strukturní vzorec κ – karagenanu a furcellaranu [43]

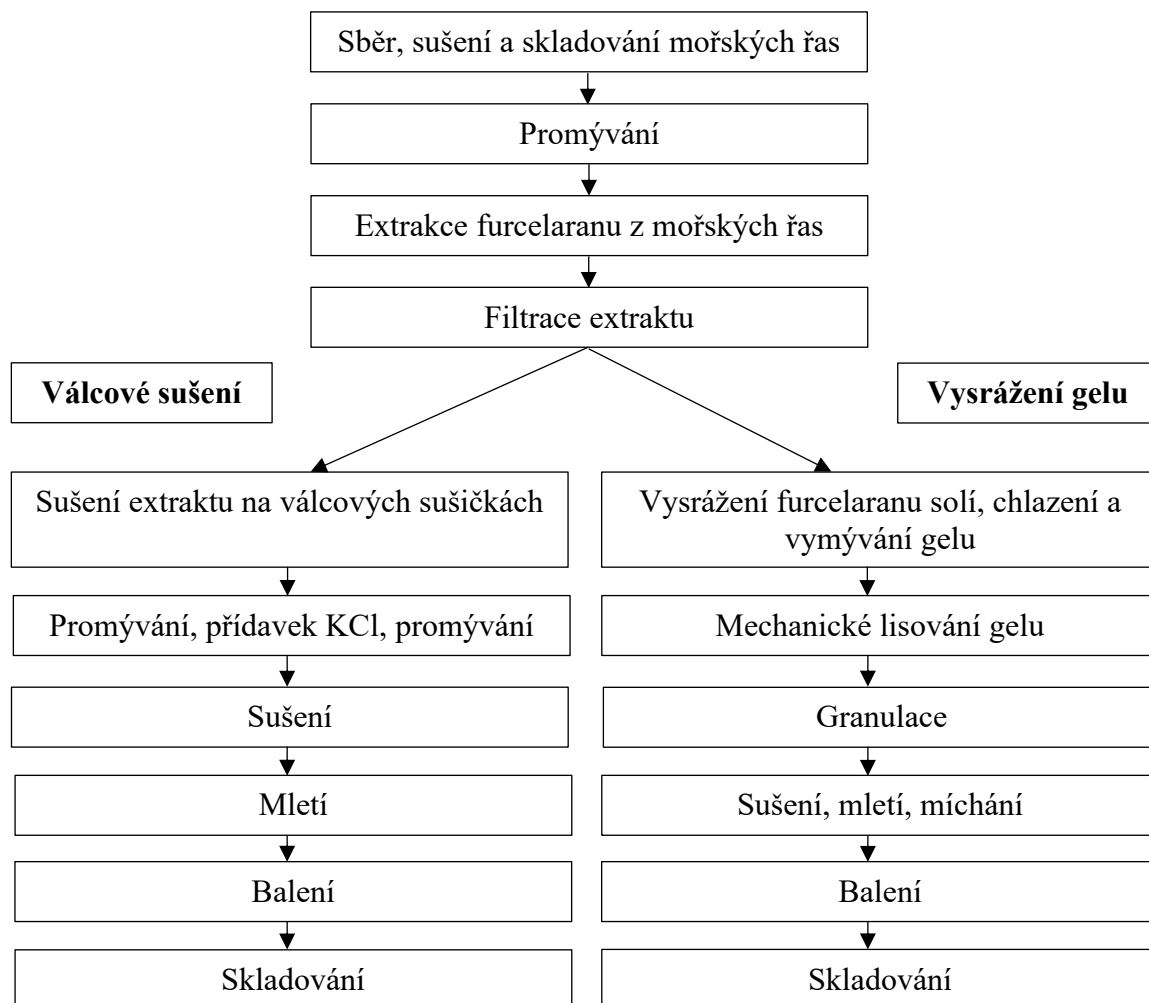
2.2.3 Využití v potravinářství a vlastnosti gelu

Mezi jeho technologicky nejvýznamnější schopnost patří tvorba tepelně reverzibilního gelu, který je velmi pevný (silný) a křehký. Tyto texturní vlastnosti jsou přímo úměrné s obsahem vápníku, draslíku a hodnotou pH. Furcellaran se snadno rozptýlí ve studené vodě na homogenní suspenzi bez výskytu hrudek, jeho částice pomalu bobtnají a stanou se transparentními, nerozpustí se. Rozpustný je v mléce a v čisté vodě až při teplotách dosahujících více než 75°C. Jeho rozpustnost je ovlivněna kromě teploty hodnotou pH roztoku, která by se měla pohybovat v optimálním rozmezí 6-9 pH, při hodnotách pH dochází k hydrolyze a degradaci gelu. Dalším ovlivňujícím faktorem jeho rozpustnosti je obsah draslíku a vápníku, kdy se snižujícím se obsahem těchto dvou prvků narůstá jeho rozpustnost. Po ochlazení vodného roztoku dochází k jeho tuhnutí, vytvoření gelu, který může mít žluté zbarvení. Tvorba gelu může být podpořena jednomocnými nebo dvojmocnými kationty např. K^+ , Rb^+ , naopak Na^+ může v tvorbě gelu bránit. Gel je netoxický, biologicky odbouratelný. Furcellaran je kompatibilní i s ostatními hydrokoloidy. [27–39, 43]

V potravinářství je využíván jako stabilizační a želírující látka. Příklady využití furcellaranu v potravinářství: náplně a polevy dortů, marmelády, pomazánky, masné výrobky (např. jako náhrada želatiny v masných konzervách), při výrobě piva (náhrada mladiny). V mlékárenském odvětví se využívá při výrobě pudíngů, samostatně anebo v kombinaci se škrobem, neboť s mlékem poskytuje stabilní gelovou strukturu. Využívá má využití při výrobě pudíngů, neboť s mlékem poskytuje stabilní gelovou strukturu. [38, 44]

Mimo potravinářství je součástí ve farmaceutickém průmyslu a obalového průmyslu pro své vynikající antioxidační a mikrobiální účinky. [45, 46]

2.2.4 Výroba furcellaranu



Obrázek č. 7 – Výrobní schéma furcellaranu [47]

Furcellaran se získává z mořské řasy *Furcellaria lumberricalis*. Tento druh se běžně vyskytuje v severním Atlantiku (od Barentsova moře po Biskajský záliv) a ve vodách Baltského moře. Pro komerční produkci furcellaranu, se využívá záliv Kassari, který leží na západním pobřeží Estonska. [5, 48]

U posbíraných řas se odstraní písek a kamení, rychle se usuší, aby se zabránilo mikrobiální degradaci. Extrakce probíhá pomocí horkých zásad (např. CaOH, NaOH) a její délka se odvíjí od stavu a kvality suroviny. Vzniklý extrakt se čistí filtrací. Z přefiltrovaného extraktu lze izolovat furcellaran odstraněním vody v sušárně za vzniku vloček. Další možností izolace je vysrážení furcellaranu solí KCl. Komerčním produktem je draselný furcellaran obsahující 8–15 % KCl. [5, 47]

3 VLIVY PŮSOBÍCÍ NA KONZISTENCI TAVENÝCH SÝRŮ

Mezi nejvýznamnější sensorický ukazatel tavených sýrů je jejich konzistence, která patří mezi charakteristiku tohoto výrobku a je sledována samotnými spotřebiteli. Tavené sýry nabízí širokou škálu příchutí a konzistencí, které mohou být lehce ovlivněny několika faktory již při jejich výrobě. [11, 49]

Mezi základní faktory ovlivňující konzistenci a strukturu můžeme zařadit:

- surovinová skladba směsi;
- technologický postup výroby;
- teplotní podmínky a délka skladování. [11, 12]

3.1 Vliv surovinové skladby směsi

Konzistence taveného sýra může ovlivnit hned základní surovina, a to přírodní sýr a jeho stupeň zralosti. Výběr vhodné suroviny ovlivňuje nejen konzistenci, ale také chuťový vjem. Sýr s nízkým stupněm zralosti vykazuje neutrální chuť díky malému obsahu sensoricky aktivních látek, stabilní matici, vysokou vaznost vody, ale může být příčinou zhoršené tavitelnosti a tužší konzistence. S použitím vyzrálých přírodních sýrů s větším množstvím hydrolyzovaných bílkovinných řetězců získáme plnější, výraznější chuť, snazší tavitelnost, jemnější konzistenci, ale také nestabilní matici, která může uvolňovat tuk nebo dokonce i vodu. V praxi jsou pak využívány směsi přírodních sýrů o různém stupni zralosti, a to jak z technologického, tak z důvodu ekonomického. [10–12]

Dále je konzistence ovlivněna obsahem tuku, sušiny a bílkovin. Vysoký obsah tuku a nízký obsah sušiny a bílkovin zajišťuje snížení tuhosti. Tento vztah platí i naopak, kdy při nižším obsahu tuku v sušině dochází ke zvyšování tuhosti. [10]

Hydrokoloidy, které jsou sacharidové nebo bílkovinné povahy, jsou využívány převážně z důvodu vysoké vaznosti vody a tedy zajišťující stabilitu konzistence i během skladování. V surovinové směsi se vyskytují ve velmi nízkých koncentracích, méně než 1 % (w/w) a to buď samostatně nebo ve směsích. Mezi nejčastěji používané hydrokoloidy patří karagenany, xantanová guma, pektin, nativní škroby, modifikované škroby a další. [5, 10]

Komerční směsi tavicích solí, které jsou při výrobě tavených sýrů využívány, se skládají nejčastěji z 2–3 složek (sodné soli fosforečnanů, polyfosforečnanů nebo citronanů). Obecně lze očekávat, že s narůstající koncentrací tavicích solí dochází ke vzniku tužší konzistence

doprovázenou hořkou chutí nebo i výskytem krystalků. Ovšem v případě použití nedostatečné koncentrace tavicích solí, avšak může dojít k výskytu kousků nerozpuštěných surovin různých velikostí. [10]

Kromě surovinové skladby vstupující do směsi může ovlivnit konzistenci tavených sýrů i obsah Ca^{2+} , který způsobuje tužší konzistenci díky vazbám mezi molekulami bílkovin tvořící gelovou síť. [10, 12]

3.2 Vliv technologického postupu výroby

Během výroby tavených sýrů vstupuje několik faktorů, které se podílejí na výsledné konzistenci.

Obecně s prodlužující dobou tavicího procesu dochází ke zvýšení tuhosti taveniny a pevnosti gelu hotového výrobku, vlivem zmenšení velikosti tukových kuliček a zlepšení jejich emulgate. [10, 12]

Rychlost otáček a jeho vliv na konzistenci taveného sýru souvisí s dalšími faktory jako délkou tavicího procesu a nastavenou tavicí teplotou. Se zvyšujícím se počtem otáček dochází ke zmenšení průměru velikosti tukových kuliček a tím k navýšení jejich počtu, což vede k navýšení tuhosti taveného sýra. [10, 12]

Tavicí teplota se odvíjí od zvoleného typu výroby. Vysoké teploty se z pravidla používají při kontinuální výrobě, nižší teploty u výroby diskontinuální. Při zvýšené teplotě dochází ke snížení viskozity taveniny a ke zmenšení velikosti tukových kuliček, čím se navyšuje tuhost konzistence. Vyšší teplota dále mění rovnováhu různých přitažlivých sil (např. hydrofobní interakce) mezi částicemi kaseinu, což přispívá k tužší konzistenci. [10, 12, 14]

Dalším důležitým faktorem je rychlost zchlazení již utavené směsi. Rychlost zchlazení by se měla odvíjet od cílené konzistence hotového výrobku. V průběhu chlazení dochází k tuhnutí hmoty, konkrétně k tuhnutí tukových kuliček v nově vzniklé matrici. S narůstající časovou prodlevou zchlazení na teplotu skladování dochází ke zvýšení tuhosti, lepivosti např. na hliníkovou fólii, pevnosti a zhoršení roztíratelnosti výrobku. [10, 12, 14, 50]

3.3 Vliv teplotních podmínek a délky skladování

V průběhu skladování tavených sýrů dochází k několika jakostním změnám, které se mohou projevit např. zvýšením tuhosti, což je charakteristickým znakem v prvních měsících skladování tavených sýrů. Tento projev může být ovlivněn snižující se hodnotou pH, možnou hydrolyzou tavicích solí či jiných sloučenin, dále polymorfismem mléčného tuku. K hydrolyze tavicích solí dochází během tavení, následně během skladování, kdy již po několika týdnech dojde k hydrolyze většiny polyfosforečnanů. [10, 12, 51]

V případě, že je okolní teplota vyšší (vyšší než 10 °C), může dojít k výraznějšímu projevu tuhosti, také ke změně barvy projevující se nahnědlým zbarvením tavených sýrů, které jsou projevem Maillardové reakce. Maillardovy reakce lze ovlivnit nižším obsahem laktózy, bílkovin a teplotou skladování. [10, 11, 12]

Další změnou během skladování může být změna aromatu, projevující se nepříjemnou chutí, která je způsobena změnou koncentrace těkavých látek vlivem oxidace lipidů a Maillardovou reakcí. I zde dochází k intenzivnější sensorické změně se zvyšující se teplotou skladování. [10, 11, 12]

Při dlouhodobém skladování tavených sýrů při nízkých teplotách (nižší než 10 °C) může dojít k tvorbě krystalků tavicích solí. Projev krystalků je nežádoucí, protože vytváří efekt písčité-zrnité konzistence. Krystalky nemusí být způsobeny pouze nevhodně zvoleným poměrem a množstvím tavicích solí, ale také vysokou hodnotou pH a obsahem laktózy, nebo použitím přírodního sýra s vysokým obsahem Ca (vznik krystalů fosforečnanu vápenatého). Tvorbu krystalků lze ovlivnit vhodným výběrem tavicích solí dle obsahu fosfátů a hodnoty pH. [10, 19]

Kromě již zmíněných faktorů je dalším důležitým faktorem ovlivňující konzistenci hodnota pH výsledné taveniny. Hodnota pH tavených sýrů by se měla pohybovat v rozmezí 5,5 – 6,0, případně se může měnit s ohledem na požadovanou konzistenci finálního výrobku. Vysoká hodnota pH (>6,0) může být pak příčinou nestabilní roztékající konzistence a také rizikem vzniku nežádoucí mikroflóry. Naopak nižší pH vykazuje konzistenci suchou se sklonem k drobení. S hodnotou pH úzce souvisí vliv použitých tavicích solí, které tuto hodnotu mění. S blížící se hodnotou pH k izoelektrickému bodu kaseinů 4,6 dochází k vyvážení kladných a záporných nábojů na molekulách kaseinu, což má vliv na zintenzivnění interakcí a agregací kaseinových frakcí. [9, 10, 14]

Tabulka č. 7 - Obecný přehled parametrů ovlivňující konzistenci tavených sýrů [19]

Parametr	Pevnost	Roztíratelnost	Výsledný účinek
Zvýšený podíl obsahu tavicích solí	↑	↓	Vyšší hydratace kaseinu a stupeň emulgace tuku
Náhrada ortofosforečnanů sodných polyfosforečnany	↑	↓	Vyšší emulgace tuků
Náhrada citrátů ortofosforečnany nebo polyfosforečnany	↑	↓	Vyšší emulgace tuků
Zvýšený podíl sýru s nízkou zralostí ve směsi	↑	↓	Menší stupeň proteolýzy a více neporušeného kaseinu
Zvýšený obsah vlhkosti	↓	↑	Nižší obsah neporušeného kaseinu, vyšší roztíratelnost
Navýšení pH	↓	↑	-
Zvýšený obsah laktózy nebo tuku v sušině	↓	↑	Lepší rozpustnost bílkovin
Zvýšený obsah bílkovin v sušině	↑	↓	Vyšší stupeň emulgace tuku a větší obsah neporušeného kaseinu
Zvyšování tavicí teploty při zpracování	↑	↓	Zvýšená hydrofobní interakce mezi proteiny
Doba při maximální teplotě	↑	↓	

*Vysvětlivky: ↑ - značí nárůst ↓ - značí pokles

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo posouzení vlivu přídavku furcellaranu o různých koncentracích, spolu s použitím jednotlivých draselných solí, na konzistenci vyrobených tavených sýrů. Diplomová práce byla rozčleněna na dvě části s následujícími dílčími cíli:

Teoretická část:

- charakteristika tavených sýrů;
- technologie výroby a surovinová skladba tavených sýrů;
- charakteristika furcellaranu a využití v potravinářství;
- prozkoumání faktorů, které mohou mít vliv na konzistenci tavených sýrů.

Praktická část:

- výroba modelových vzorků tavených sýrů s obsahem 40 % (w/w) sušiny a 50 % (w/w) tuku v sušině, lišící se zastoupením draselných tavicích solí (K_2HPO_4 , $K_4P_2O_7$ a $K_5P_3O_{10}$) a furcellaranu o koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %, (w/w);
- provedení základních chemických analýz (zahrnující stanovení pH a obsah sušiny), reologické a texturní analýzy, instrumentální měření barvy, stanovení aktivity vody a sensorické hodnocení;
- zpracování a vyhodnocení výsledků měření.

5 METODIKA PRÁCE

5.1 Výroba modelových vzorků tavených sýrů

Dle surovinové skladby byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrů potřebných k jednotlivým analýzám. Vzorky se odlišovaly v koncentraci použitého hydrokoloidu furcellaranu, a to v koncentracích 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1,00 % (w/w), a dále v zastoupení draselných tavicích solí K_2HPO_4 , $K_4P_2O_7$ a $K_5P_3O_{10}$. V rámci každé analýzy byly také stanoveny kontrolní vzorky (KV), které neobsahovaly furcellaran.

Pro výrobu modelových vzorků byly použity následující suroviny:

- Eidamská cihla 50 % (w/w) obsah sušiny, 30 % (w/w) tuku v sušině (TVS), o 6týdenní zralosti, (výrobce Lacrum Velké Meziříčí, s.r.o., Česká republika);
- máslo obsah tuku min. 82 % (w/w), (výrobce Polabské mlékárny, a.s., Česká republika);
- tavicí soli (výrobce Fosfa, a.s, Česká republika);
- pitná voda;
- Furcellaran (výrobce Est – Agar, a.s., Estonsko).

Jednotlivé suroviny byly naváženy a přírodní sýr Eidam byl nakrájen na kostky o velikosti cca 3x3x3 cm. Tyto kostky přírodního sýru byly přidány do přístroje Thermomix TM6 (Vorwerk International, Německo) a následně byly rozmělněny mixovacími noži. Následně byly přidány ostatní suroviny ze surovinové skladby, a to v procentuálním zastoupení: 50 % (w/w) Eidamská cihla, 32 % (w/w) voda, 15% (w/w) máslo, 2 % (w/w) tavicí sůl, a 1 % (w/w) furcellaranu. Celá směs se nejprve vytemperovala na teplotu 90 °C a nechala se tavit po dobu 1 minuty při otáčkách 1500 ot/min v přístroji Thermomix, který je znázorněn na obrázku č. 8. Horká směs se nalila do předem připravených jednorázových hliníkových misek (kónického tvaru o průměru 8,0 cm a výšce 2,5 cm), které se následně zatavily pomocí hliníkového víčka na přístroji Nirosta (Nirosta, s.r.o., Česká republika). Náležitě označené misky byly postupně zchlazeny a dále uskladněny do doby analýzy při chladírenské teplotě 6 ± 2 °C. Surovinová skladba se měnila dle jednotlivých zastoupení draselných tavicích solí a potřebné koncentrace furcellaranu (0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1,00 %, w/w).



Obrázek č. 8 - Thermomix TM6 (Vorwerk International, Německo) [52]

5.2 Fyzikálně – chemická analýza

5.2.1 Obsah sušiny

Stanovení obsahu sušiny bylo provedeno referenční metodou dle normy ČSN EN ISO 5534 (2005) [53]. Do předem připravených misek byl vložen vzorek taveného sýru o hmotnosti 3 g, který se pečlivě promíchal s křemenným pískem pomocí skleněné tyčinky. Takto připravené vzorky byly sušeny v sušárně při teplotě 102 °C do konstantní hmotnosti a následně zchlazeny v exsikátoru. Během stanovení obsahu sušiny bylo provedeno měření hmotnosti na analytických vahách, a to vzorku před a po jeho vysušení. Získané hodnoty hmotnosti sloužily k získání obsahu sušiny z následujícího vztahu:

$$sušina = \frac{m_2 - m_1}{n} \cdot 100 \quad (1)$$

kde m_2 ... hmotnost hliníkové misky se vzorkem po vysušení (g)

m_1 ... hmotnost hliníkové misky s pískem (g)

n ... navážka vzorku (g)

5.2.2 Stanovení pH

Hodnota pH byla stanovena pomocí pH – metru s vpichovou elektrodou (Hanna Instruments, HI 99161, Česká republika) vhodnou do potravinářského sektoru. Hodnota pH daného vzorku byla měřena šesti přímými vpichy elektrody v různých částech misky se vzorkem, aby naměřená hodnota byla co nejpřesnější. Z naměřených hodnot byl spočítán aritmetický průměr.



Obrázek č. 9 - pH metr HI 99161 (Hanna Instruments, Česká republika) [54]

5.3 Texturní analýza

Texturní analýza byla vyhodnocena za pomoci texturního analyzátoru TA.XT plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie), který je schopen měřit texturní vlastnosti zkoumaného vzorku. Analýza byla provedena penetrací hliníkovou sondou o průměru 20 mm, a do hloubky 10 mm s rychlostí pronikání 2 mm/s. Měření probíhalo 6krát pro každou šarži modelového vzorku tavených sýrů při laboratorní teplotě 20 ± 1 °C. Hodnoty měření byly vyhodnoceny v programu Texture Exponent Lite (Stable Micro Systems Ltd.).

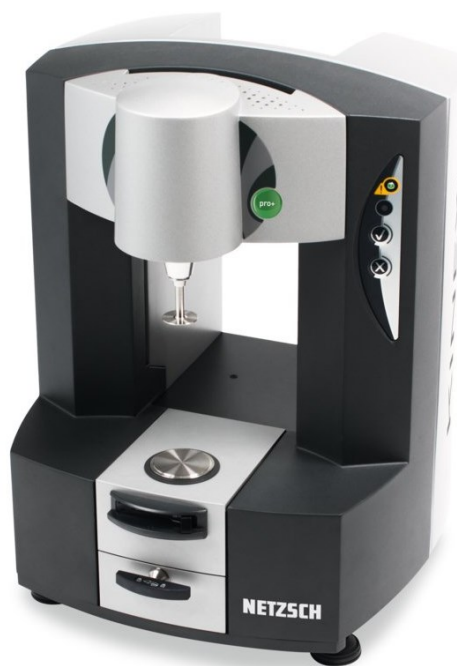
5.4 Reologická – dynamická oscilační analýza

Viskoelastické vlastnosti modelových vzorků byly stanoveny pomocí dynamického oscilačního reometru Kinexus Pro+ (Malvern Panalytical, Velká Británie). Měření probíhalo při laboratorní teplotě 20 ± 1 °C, ve frekvenčním rozsahu 0,1 – 10,0 Hz s geometrií deska – deska o průměru 60 mm. Vzorek byl vložen mezi horní – dynamickou a dolní – statickou desku reometru, následně došlo k poklesu horní desky za vzniku mezery o 1 mm, přebytečné množství vzorku bylo odstraněno. Každý vzorek byl analyzován dvakrát. Z naměřených hodnot byl vyhodnocen elastický modul pružnosti G' (Pa) a ztrátový

modul pružnosti G'' (Pa), které poskytují informaci o konzistenci výrobku. Dále byl stanoven tangens úhlu fázového posunu δ , který lze vyjádřit dle následujícího vztahu [10]:

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad (2)$$

Získané výsledky byly vyhodnoceny pomocí programu rSpace (Malvern Panalytical, Velká Británie).



Obrázek č. 10 - reometru Kinexus Pro+ (Malvern Panalytical, Velká Británie) [55]

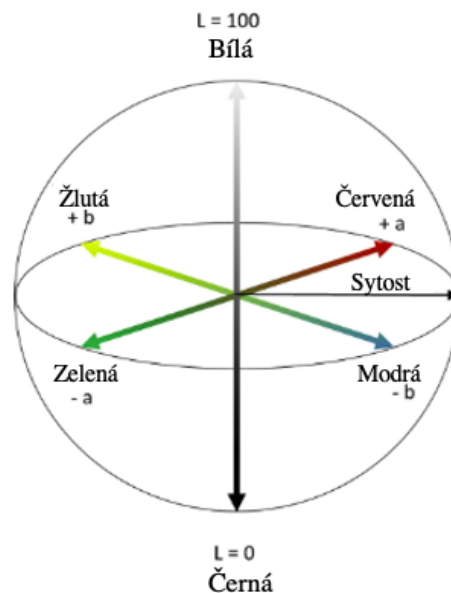
5.5 Instrumentální měření barvy

Instrumentální měření barvy bylo měřeno pomocí spektrofotometru HunterLab UltraScan® Pro Colour Measurement Spectrophotometer (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, VA, USA), za pomoci barevné stupnice CIE (Mezinárodní komise pro osvětlení) $L^* a^* b^*$ se světelným zdrojem D65 simulující denní světlo s barevnou teplotou 3500 K. Kalibrace byla provedena pomocí bílých a černých kachliček. Barevná stupnice CIE vyjadřuje kvantitativní vztah barev na třech osách:

- hodnota L^* označuje jas (světlost) a je znázorněna na svislé ose, kde hodnota 0 indikuje černou a hodnota 100 indikuje bílou;
- hodnota a^* (poměr červené a zelené), kde kladná hodnota indikuje červenou a záporná hodnota indikuje zelenou;

- hodnota b^* (poměr žluté a modré), kde kladná hodnota indikuje žlutou a záporná hodnota indikuje modrou.

A přitom vzdálenost od centrální osy znázorňuje sytost barvy. [10, 56]



Obrázek č. 11 - Znázornění barevného prostoru dle CIE [56]

5.6 Stanovení a_w

Stanovení aktivity vody zkratkou a_w byla provedena dle normy ČSN ISO 18787 (2022) pomocí laboratorního přístroje Aqualab 4TE (Meter, USA) [57]. Vzorek se nanas do kulaté formy s absencí vzduchových bublin, forma se vložila do komory přístroje a následně došlo k odečtu naměřené hodnoty. Každá šarže byla měřena 2krát.

5.7 Senzorická analýza

Senzorické hodnocení bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 8586 (2015) skupinou 12 hodnotitelů z řad studentů FT, kteří hodnotili pomocí 7 - mi bodové stupnice [58]. Vzorky byly podávány neoznačené a v náhodném pořadí při teplotě 20 ± 2 °C.

Hodnoceny byly následující kritéria:

- vzhled a barva;
- konzistence;
- tuhost;
- roztíratelnost;
- chuť a vůně;
- hořká chuť;
- přítomnost cizích pachů a pachutí.

Hodnotitelské schéma pro tavené sýry je součástí přílohy I. diplomové práce.

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

V rámci diplomové práce byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrů o různých koncentracích aplikovaného hydrokoloidu – furcellaranu (0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 % (w/w)) a draselných fosforečnanových solí (K_2HPO_4 , $K_4P_2O_7$, $K_5P_3O_{10}$). Součástí každého měření byla analýza i kontrolního vzorku, značeného zkratkou KV, který neobsahoval furcellaran, ale pouze zvolenou draselnou tavicí sůl.

6.1 Vyhodnocení fyzikálně – chemické analýzy

Součástí fyzikálně – chemické analýzy bylo stanovení u všech modelových vzorků taveného sýra s obsahem 40 % (w/w) sušiny a 50 % (w/w) tuku v sušině, furcellaranu o koncentraci 0,25 – 1,00 % (w/w) a tavicí soli o koncentraci 2,00 % (w/w), stanovení sušiny a hodnoty pH.

Optimální hodnota pH taveného sýra by se měla pohybovat v rozmezí 5,5–6,0 neboť ovlivňuje rozpustnost tavicích solí, hydrataci bílkovin, výměnu (sekvestraci) vápenatých iontů a také texturní vlastnosti taveného sýra. Hodnota pH může být ovlivněna výběrem přírodního sýra o různém stupni zralosti a také zvolenou tavicí solí, která upravuje hodnotu pH. [23]

Aritmetické hodnoty pH jsou vyjádřeny v tabulce č. 8, kde můžeme vidět, že veškeré hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů jsou mírně vyšší, než je optimální hodnota. Nejvyšší hodnota pH byla u modelového vzorku taveného sýra, kde byla použita tavicí sůl $K_5P_3O_{10}$ a nejvyšší koncentrace furcellaranu, tedy 1,00 % (w/w). Vyšší hodnoty pH, než je optimum pro tavené sýry ovlivňuje dle Nagyová a kol. [25] a Barth a kol. [59] konzistenci tavených sýrů, projevující se měkčí, kašovitou konzistencí, což se i potvrdilo v rámci senzorické analýzy, která je vyjádřena v tabulce č. 13. Tato konzistence je pravděpodobně projevem zvýšení záporného náboje kaseinů a elektrostatického odpuzování v kaseinové matici, což má za následek volnější matici se schopností lepší vaznosti vody. Se zvýšenou hodnotou pH hrozí mimo jiné i zvýšení mikrobiologického rizika. [10, 14]

Z hodnot je patrné, že s narůstající koncentrací použitého furcellaranu v porovnání s KV, došlo k minimálním odchylkám hodnot, a tedy jakákoliv koncentrace furcellaranu nemá vliv na hodnotu pH. Toto tvrzení platí u všech použitých tavicích solí o koncentraci 2 % (w/w) K_2HPO_4 , $K_4P_2O_7$, $K_5P_3O_{10}$ a furcellaranu o koncentraci (0,25 % - 1,00 % (w/w)).

Hodnoty pH tavicí soli K_2HPO_4 jsou mírně nižší v porovnání s $K_4P_2O_7$ a $K_5P_3O_{10}$. Tyto hodnoty dopadly dle očekávání, neboť typ tavicí soli ovlivňuje hodnotu pH. S narůstajícím řetězcem fosforečnanů se snižuje jejich pufrční schopnost. [11]

Tabulka č. 8 - Srovnání naměřených průměrných hodnot pH modelových tavených sýrů s použitím různých draselných tavicích solí a koncentrací furcellaranu (0,25 – 1,00 % w/w).

Tavicí sůl	koncentrace furcellaranu (% w/w)	pH
K_2HPO_4	KV	6,24 ± 0,01
	0,25	6,23 ± 0,02
	0,50	6,18 ± 0,04
	0,75	6,21 ± 0,07
	1,00	6,30 ± 0,04
$K_4P_2O_7$	KV	6,34 ± 0,01
	0,25	6,35 ± 0,02
	0,50	6,34 ± 0,01
	0,75	6,35 ± 0,01
	1,00	6,35 ± 0,02
$K_5P_3O_{10}$	KV	6,34 ± 0,01
	0,25	6,35 ± 0,02
	0,50	6,34 ± 0,01
	0,75	6,35 ± 0,01
	1,00	6,36 ± 0,01

KV – kontrolní vzorek

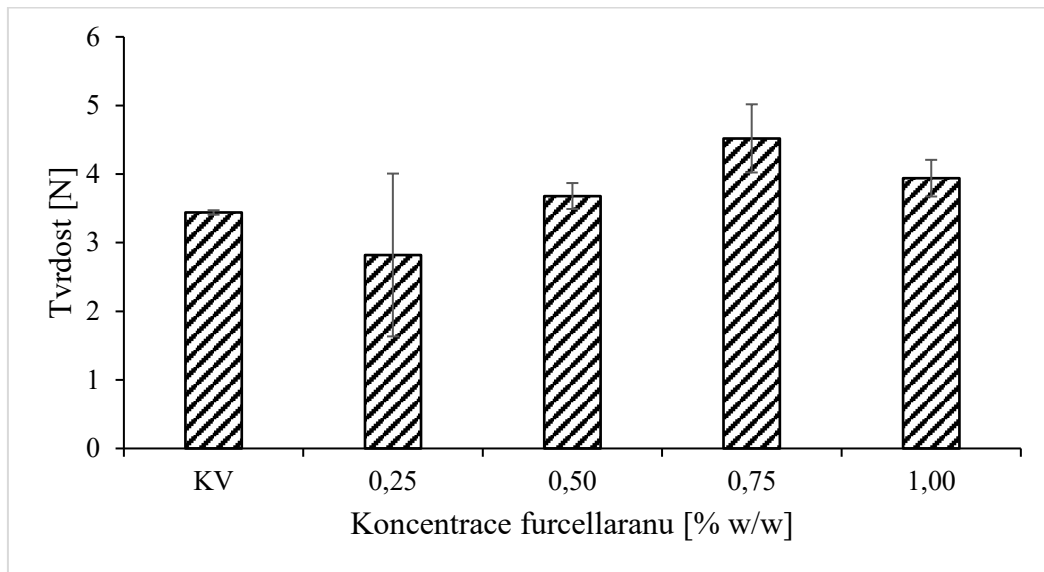
Obsah sušiny modelových vzorků tavených sýrů se pohyboval ve srovnatelných hodnotách, a to v intervalu 42,5 – 43,9 % (w/w). Hodnoty byly mírně vyšší, než 40 % (w/w) sušiny, což mohlo být vlivem použitých surovin ze surovinové skladby (přírodní sýr a máslo), které ovlivnily konečný obsah sušiny.

6.2 Vyhodnocení texturní analýzy

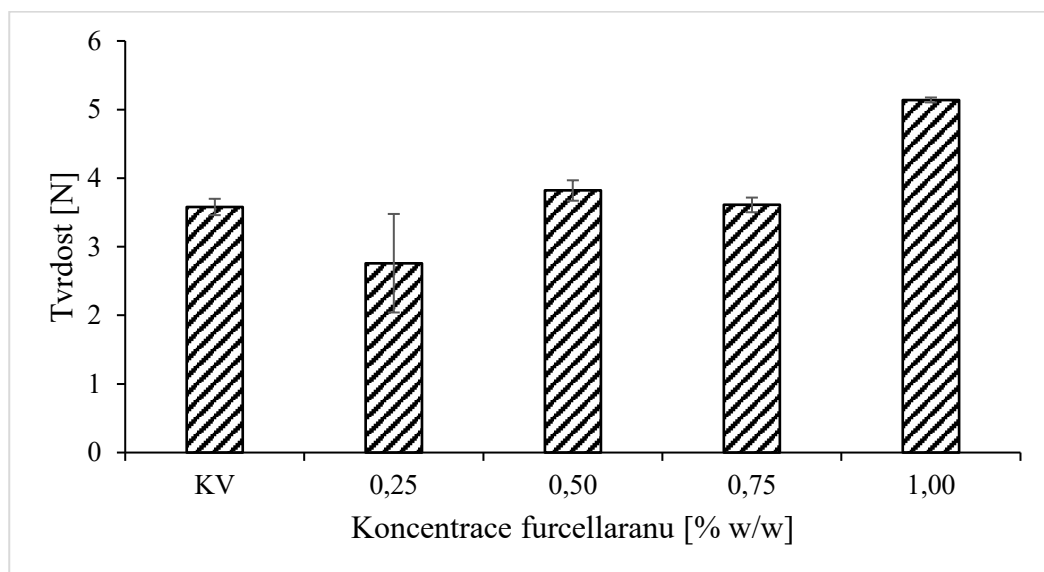
V rámci hodnocení texturní analýzy byly vyhodnoceny následující parametry: tvrdost, relativní lepivost, elasticita, kohezivnost a gumovitost u modelových vzorků tavených sýrů lišící se zvoleným typem draselné tavicí soli a koncentrací použitého furcellaranu.

Obrázky č. 12, 13 a 14 ukazují vývoj tvrdosti [N] v závislosti na použitém typu draselné tavicí soli se stoupající koncentrací furcellaranu. Tvrdost je definována jako maximální síla, která je potřebná k dosažení dané deformace [10, 60]. Z výsledků lze usoudit, že s narůstající koncentrací furcellaranu dochází ke kolísavému nárůstu tvrdosti modelových vzorků u všech tří tavicích solí. Tento trend je v souladu se studií Vincová a kol. [61], kteří uvedli, že tvrdost vzorků se zvyšovala s narůstající koncentrací hydrokoloidů včetně furcellaranu v sýrových krémových produktech. Ke stejnému trendu došli také Ahmad a kol. [62], kteří se zabývali náhradou tavicí soli kappa karagenanem. Mimo jiné, vysoká hodnoty tvrdosti mohou mít negativní vliv na roztíratelnost výrobku, což může mít negativní dopad na hodnocení výrobku spotřebiteli [63]. Narůstající tvrdost modelových vzorků vlivem narůstající koncentrace použitého furcellaranu lze vysvětlit tím, že k větším interakcím mezi samotnými molekulami furcellaranu, větší vaznosti vody, zahušťování, což vede ke zvyšování tvrdosti. [10]

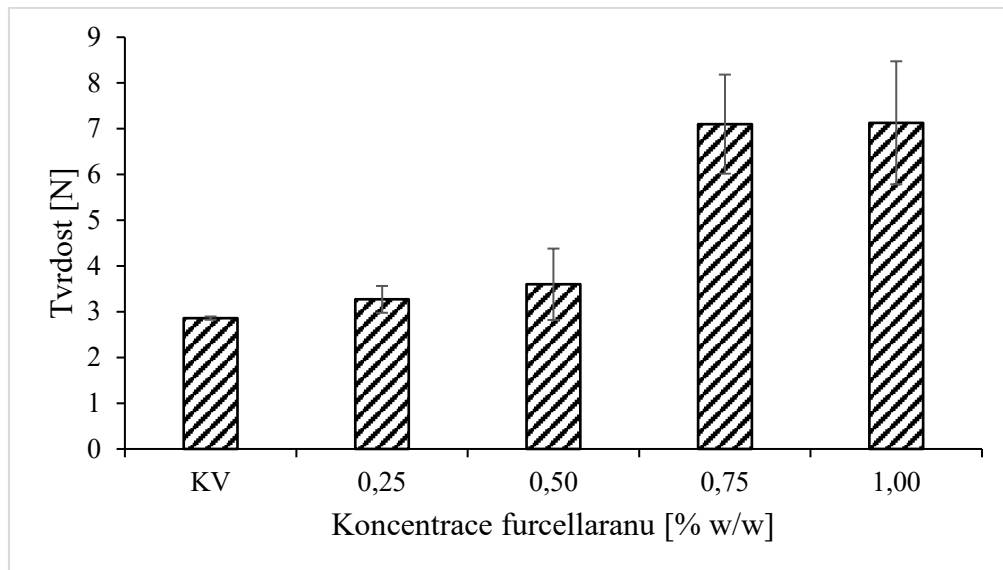
Uvádí se, že s prodlužující se délkou fosforečnanových solí (tedy s rostoucím podílem fosforečnanů) narůstá schopnost dispergace kaseinu a tím schopnost vázat vápenaté ionty. Navyšuje se schopnost kaseinu vázat vodu a emulgovat tuk, což vede k navýšení interakcí a zesíťování kaseinové matrice, která je pak projevem nárůstu tvrdosti taveného sýra. [10, 23, 25, 26, 64]. Tento jev se u modelových vzorků tavených sýrů nepotvrdil. Ze tří typů draselných tavicích solí dosahovala nejvyšší hodnoty tvrdosti tavicí sůl K_2HPO_4 s hodnotou tvrdosti 7,13 N při použití koncentrace furcellaranu 1,00 % (w/w), naopak draselná tavicí sůl $K_5P_3O_{10}$ dosahovala při stejné koncentraci furcellaranu nižší hodnotu a to 5,14 N. Přesto však lze konstatovat, že tavicí sůl ovlivňuje tvrdost taveného sýra a dle studií Salek a kol. [51] a Akin a Solak [65] vykazují tavené sýry rostoucí trend tvrdosti v závislosti na době skladování.



Obrázek č. 12 - Závislost tvrdosti (N) taveného sýru na použité tavicí soli $K_4P_2O_7$ a furcellaranu o koncentraci (0,25 – 1,00 % w/w). KV – kontrolní vzorek



Obrázek č. 13 - Závislost tvrdosti (N) taveného sýru na použité tavicí soli $K_5P_3O_{10}$ a furcellaranu o koncentraci (0,25 – 1,00 % w/w). KV – kontrolní vzorek



Obrázek č. 14 - Závislost tvrdosti (N) taveného sýru na použité tavicí soli K_2HPO_4 a furcellaranu o koncentraci (0,25 – 1,00 % w/w). KV – kontrolní vzorek

Hodnoty relativní lepivosti, elasticity, kohezivnosti, žvýkatelnosti a gumovitosti jsou vyjádřeny v tabulce č. 9.

Relativní lepivost představuje práci způsobenou tahovou silou potřebnou k odtržení taveného sýra a jejímu oddělení [10]. Získané hodnoty modelových vzorků tavených sýrů vykazují klesající trend s rostoucí koncentrací furcellaranu u všech tří draselných tavicích solí. Nejvyšší hodnotu relativní lepivosti vykazoval modelový vzorek tavených sýrů s koncentrací furcellaranu 0,75 % (w/w) a draselnou tavicí solí $K_5P_3O_{10}$. Buňka a kol. [64] uvedli vztah mezi tvrdostí a relativní lepivosti u tavených sýrů, kdy s nárůstem tvrdosti dochází ke snižování relativní lepivosti. Tento trend byl u modelových vzorků tavených sýrů potvrzen. Vyšší hodnoty relativní lepivosti mohou způsobit zhoršené oddělování primárního obalu od výrobku, což není příznivé pro spotřebitele [65].

Elasticita (pružnost) vyjadřuje vzdálenost (nebo napětí), s jakou se deformovaný materiál po odstranění deformující síly vrací do původního stavu [10]. Získané hodnoty vykazují stoupající trend s rostoucím přídatkem koncentrace furcellaranu. Nejvyšší hodnotu vykazoval modelový vzorek tavených sýrů s koncentrací furcellaranu 0,50 % (w/w) a draselnou tavicí solí $K_4P_2O_7$.

Kohezivnost (soudržnost) lze popsat jako veličinu simulující pevnost vnitřních vazeb matrice potraviny [10, 60]. Dle získaných hodnot lze konstatovat, že koncentrace furcellaranu nemá vliv na kohezivnost modelových vzorků tavených sýrů.

Gumovitost vyjadřuje množství potřebné energie potřebné k rozmělnění potraviny do stavu vhodné k polknutí [10, 60]. Ze získaných hodnot modelových vzorků tavených sýrů lze konstatovat, že s narůstající koncentrací použitého furcellaranu dochází k navýšení hodnot gumovitosti. Nejvyšší hodnotu vykazoval modelový vzorek s tavicí solí $K_5P_3O_{10}$ a s nejvyšší koncentrací furcellaranu 1,00 % (w/w). Rostoucí trend gumovitosti s koncentrací furcellaranu popisuje také Vincová a kol. [61].

Z hodnot, které byly získány u KV lze obecně říct, že typ draselné tavicí soli má vliv na analyzované parametry: relativní lepivosti, elasticity, kohezivnosti a gumovitosti vliv. Naopak s narůstající koncentrací použitého furcellaranu docházelo, u již zmíněných sledovaných parametrů ke zvyšování elasticity, gumovitosti a naopak ke snížení relativní lepivosti.

Tabulka č. 9 - Hodnoty relativní lepivosti, elasticity, kohezivnosti, žvýkatelnosti a gumovitosti modelových vzorků tavených sýrů.

Tavicí sůl	Koncentrace furcellaranu (% w/w)	Relativní lepivost (N)	Elasticita (%)	Kohezivnost (-)	Gumovitost (N)
K_2HPO_4	KV	$0,89 \pm 0,20$	$2,93 \pm 0,03$	$0,36 \pm 0,19$	$1,24 \pm 0,02$
	0,25	$1,02 \pm 0,14$	$4,09 \pm 0,78$	$0,66 \pm 0,03$	$1,85 \pm 0,54$
	0,50	$0,70 \pm 0,02$	$4,56 \pm 0,04$	$0,63 \pm 0,89$	$2,33 \pm 0,05$
	0,75	$0,61 \pm 0,16$	$4,52 \pm 0,18$	$0,64 \pm 0,12$	$2,89 \pm 0,13$
	1,00	$0,67 \pm 0,11$	$4,38 \pm 0,08$	$0,53 \pm 0,09$	$2,12 \pm 0,66$
$K_4P_2O_7$	KV	$0,61 \pm 0,55$	$2,88 \pm 0,15$	$0,66 \pm 0,23$	$2,37 \pm 0,62$
	0,25	$0,90 \pm 0,12$	$4,42 \pm 0,22$	$0,65 \pm 0,07$	$1,78 \pm 0,17$
	0,50	$0,81 \pm 0,43$	$5,25 \pm 0,30$	$0,62 \pm 0,23$	$2,36 \pm 0,03$
	0,75	$0,45 \pm 0,11$	$4,65 \pm 0,12$	$0,57 \pm 0,12$	$2,06 \pm 0,23$
	1,00	$0,86 \pm 0,66$	$4,62 \pm 0,89$	$0,68 \pm 0,56$	$3,50 \pm 0,49$
$K_5P_3O_{10}$	KV	$0,54 \pm 0,22$	$5,08 \pm 0,09$	$0,66 \pm 0,34$	$1,90 \pm 0,15$
	0,25	$1,09 \pm 0,12$	$4,11 \pm 0,25$	$0,68 \pm 0,03$	$2,22 \pm 0,02$
	0,50	$1,22 \pm 0,05$	$4,03 \pm 0,87$	$0,66 \pm 0,12$	$2,38 \pm 0,91$
	0,75	$1,38 \pm 0,12$	$4,01 \pm 0,07$	$0,59 \pm 0,02$	$4,22 \pm 0,07$
	1,00	$0,92 \pm 0,45$	$3,53 \pm 0,11$	$0,56 \pm 1,11$	$4,09 \pm 0,32$

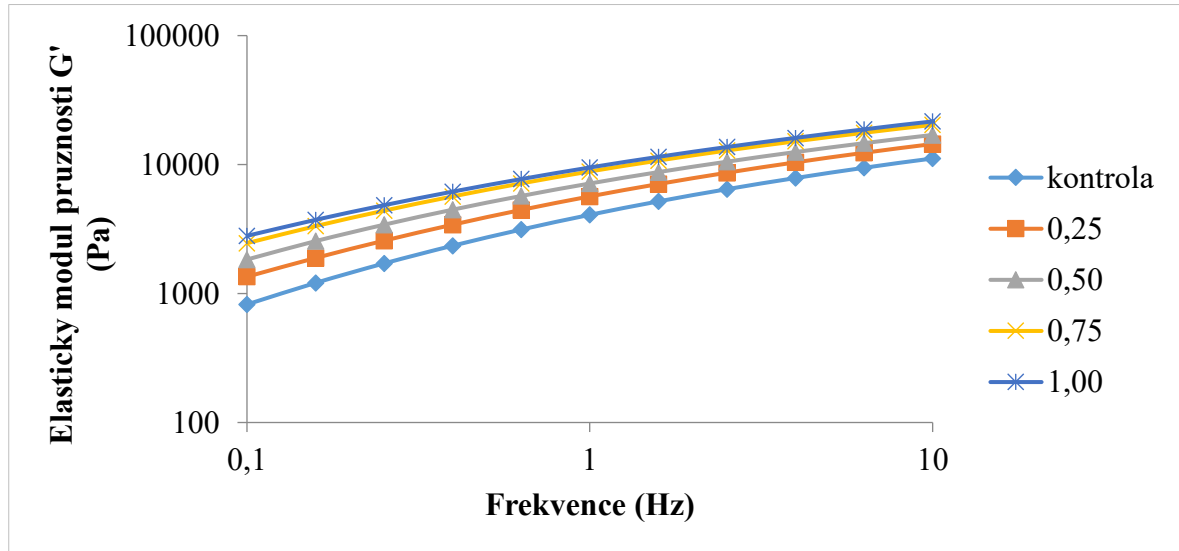
6.3 Vyhodnocení reologické analýzy

Z reologického pohledu je tavený sýr viskoelastický materiál, který vykazuje jak viskózní, tak elastické vlastnosti. [14]. Při této analýze byly stanoveny pomocí dynamického oscilačního reometru Kinexus Pro+ elastický modul pružnosti (G'), který udává nakolik se vzorek chová jako elastická látka a ztrátový modul pružnosti (G''), který udává na kolik se vzorek chová jako viskózní. Dalším hodnoceným parametrem byl $\tan \delta$ fázového posunu, který byl získán jednoduchým výpočtem (2) z hodnot G' a G'' . Touto analýzou ze získaných hodnot lze stanovit fyzikální vlastnosti taveného sýra, která může sloužit jako nástroj pro kontrolu kvality. [14, 23]

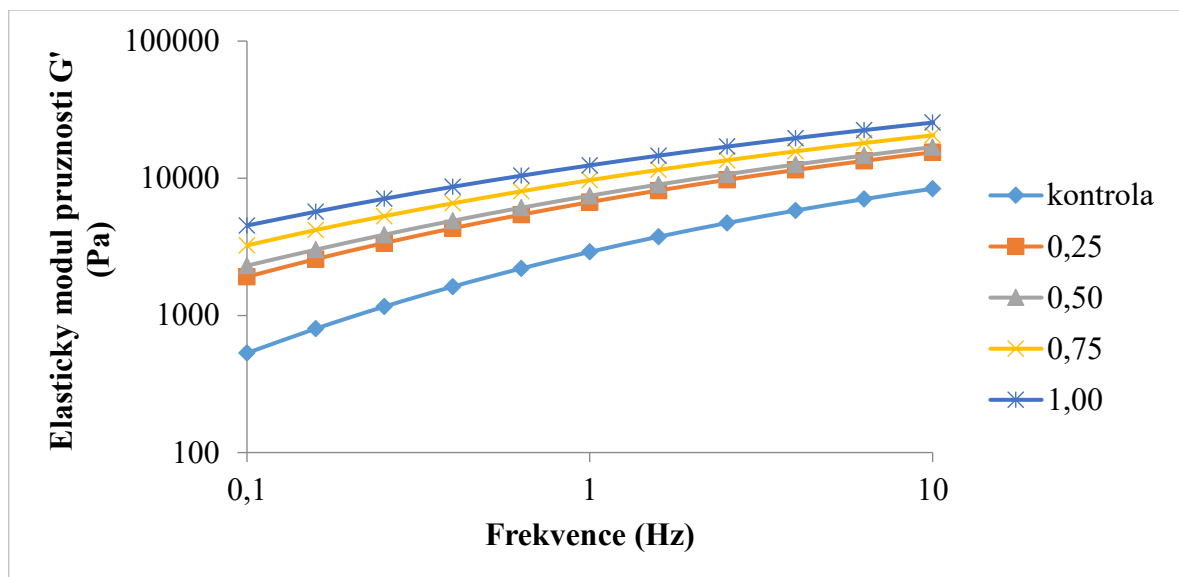
Obrázky č. 15, 16 a 17 znázorňují závislost elastického modulu pružnosti (G') u modelových vzorků tavených sýrů s použitou koncentrací furcellaranu 0,25 – 1,00 % (w/w) a draselné tavicí soli ($K_4P_2O_7$, $K_5P_3O_{10}$, K_2HPO_4). Všechny měření byly provedeny i u KV, které furcellaran neobsahovaly. Data byla vyjádřena pro frekvence 0,10 – 10,00 Hz.

Z výsledků je zřejmé, že přidavek furcellaranu ovlivňuje hodnoty elastického modulu pružnosti (G') a to již od nejnižší použité koncentrace furcellaranu 0,25 % (w/w). Tento jev byl potvrzen u všech tří draselných tavicích solí. Nejvyšší hodnoty dosahoval vzorek s K_2HPO_4 a s nejvyšší koncentrací furcellaranu 1,00 % (w/w). Tyto výsledky korelují s výsledky Kůrová a kol. [35], kteří se zabývali furcellarem jako náhradou tavicí soli v tavené sýry s roztíratelnou konzistencí, kde jejich výsledky prezentují stoupající trend G' a G'' s rostoucí koncentrací použitého furcellaranu. Stoupající trend se potvrdil i u další studie Kůrová a kol. [44], kteří zkoumali vliv přídavku polysacharidů na viskoelastické vlastnosti tavených sýrových omáček, kde také potvrzují zvýšení křivek G' a G'' s navyšující se koncentrací furcellaranu. Totéž chování potvrzuje i Vincová a kol. [61], u tvarohovo-smetanových produktů, kde nejvyšších hodnot G' a G'' dosáhl kappa-karagenanu se kterým bývá furcellaran často srovnáván. Kappa-karagenan vykazoval stejné chování ve vzorcích u tavených sýrů ve studii Kratochvílová a kol. [33] a stejný trend popisuje také u sýru Panela s přídavkem karagenanů Błaszak a kol. [36]. Všechny zmíněné studie také potvrzují, že se zvyšujícími hodnotami G' , G'' došlo k nárůstu tuhosti vzorků, což má i vliv na pevnost gelu [66]. Pevnost gelu s narůstající koncentrací furcellaranu udává i samotný výrobce furcellaranu Est Agar [67]. Nárůstu tuhosti vzorku byl potvrzen i při senzoričtém hodnocení, které je znázorněné v tabulce č. 13.

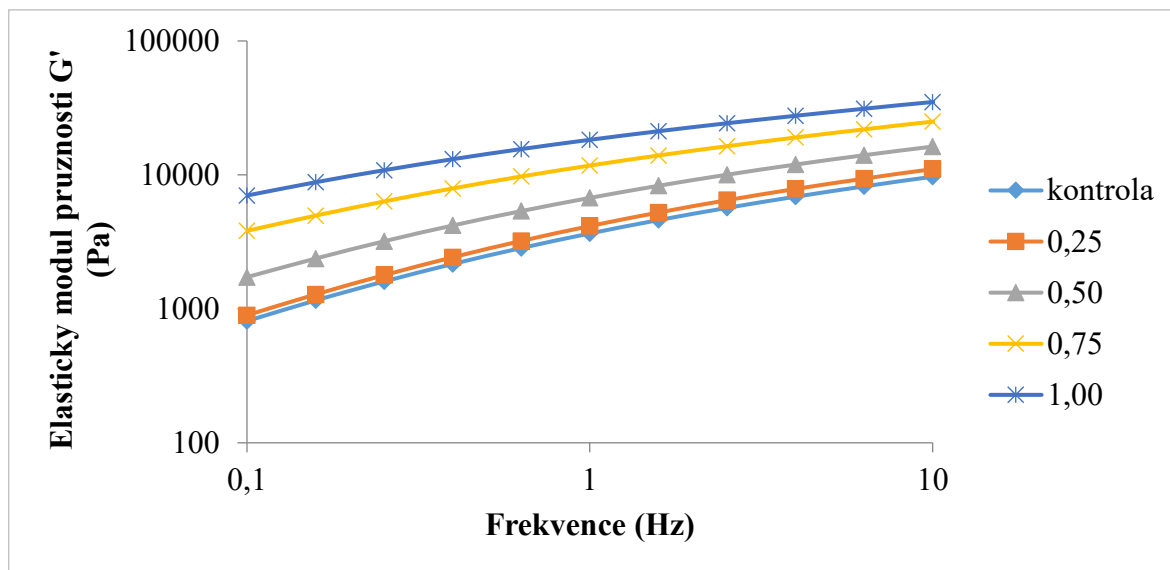
Nárůst tuhosti vzorků je pravděpodobně projevem zintenzivněním interakcí mezi polysacharidem (sulfátovými jednotkami) a mléčnou bílkovinou (kappa-kaseiny), což má za následek zpevnění síťové struktury. [34]



Obrázek č. 15 - Závislost elastického modulu pružnosti G' (Pa) na frekvenci (Hz) u modelových vzorků s $K_4P_2O_7$ a furcellaranu o koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %. KV – kontrolní vzorek.



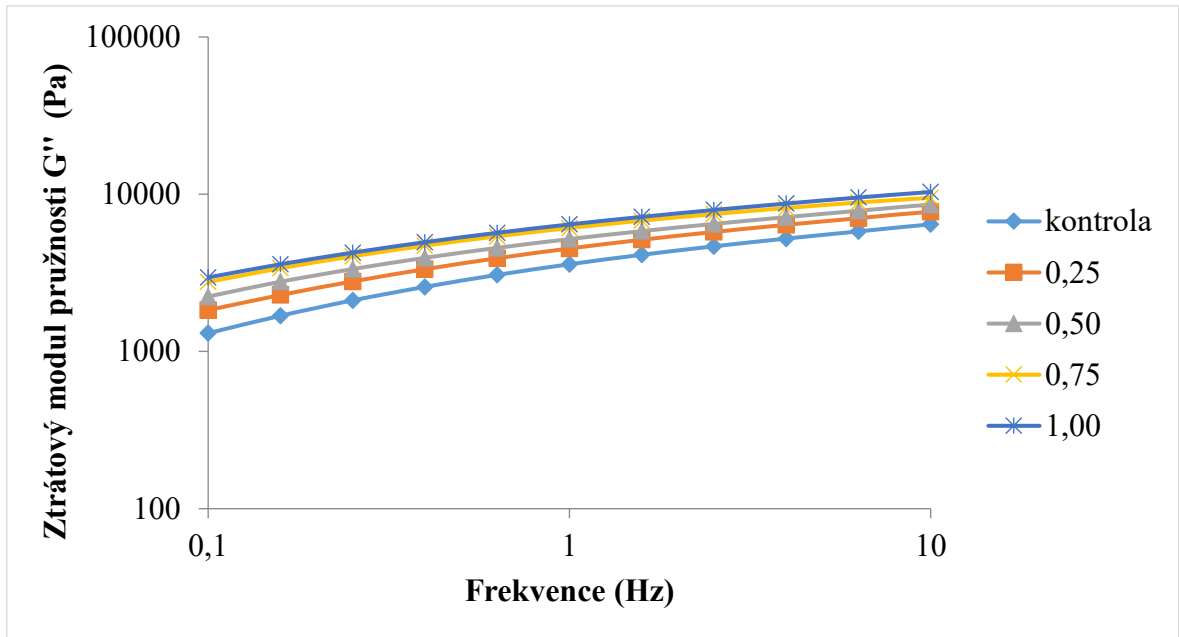
Obrázek č. 16 - Závislost elastického modulu pružnosti G' (Pa) na frekvenci (Hz) u modelových vzorků s $K_5P_3O_{10}$ a furcellaranu o koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %. KV – kontrolní vzorek.



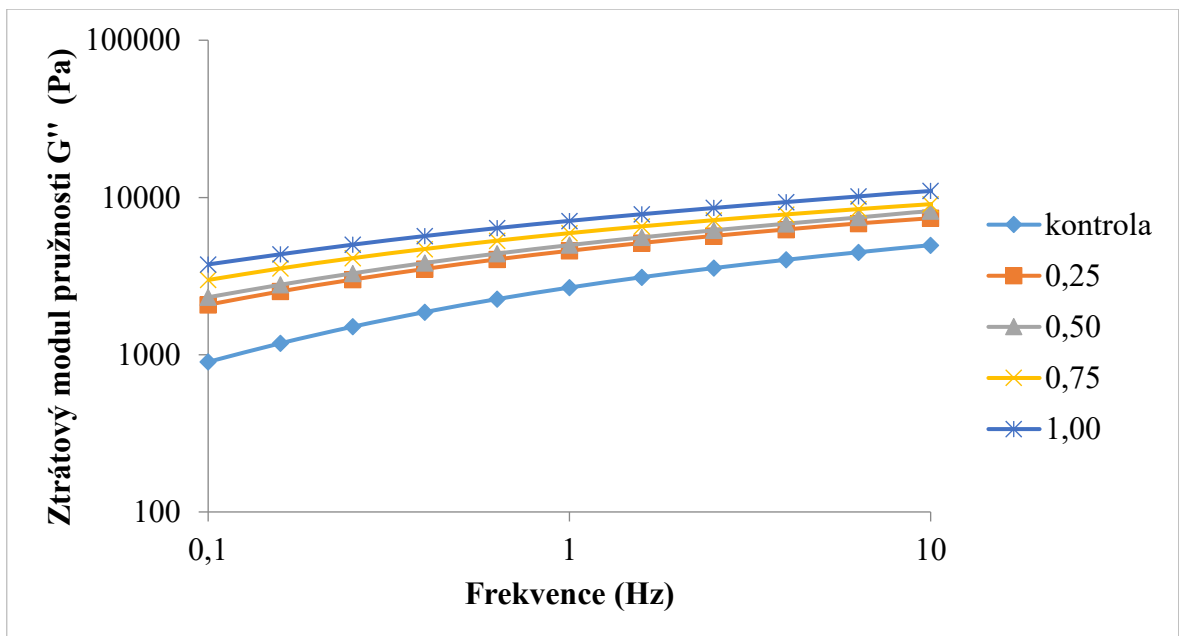
Obrázek č. 17 - Závislost elastického modulu pružnosti G' (Pa) na frekvenci (Hz) u modelových vzorků s K_2HPO_4 a furcellaranu o koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %. KV – kontrolní vzorek.

Obrázky č. 18, 19 a 20 znázorňují závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') u modelových vzorků tavených sýrů s použitou koncentrací furcellaranu 0,25 – 1,00 % (w/w) a draselné tavicí soli ($K_4P_2O_7$, $K_5P_3O_{10}$, K_2HPO_4). Všechny měření byly provedeny i u KV, které furcellaran neobsahovaly.

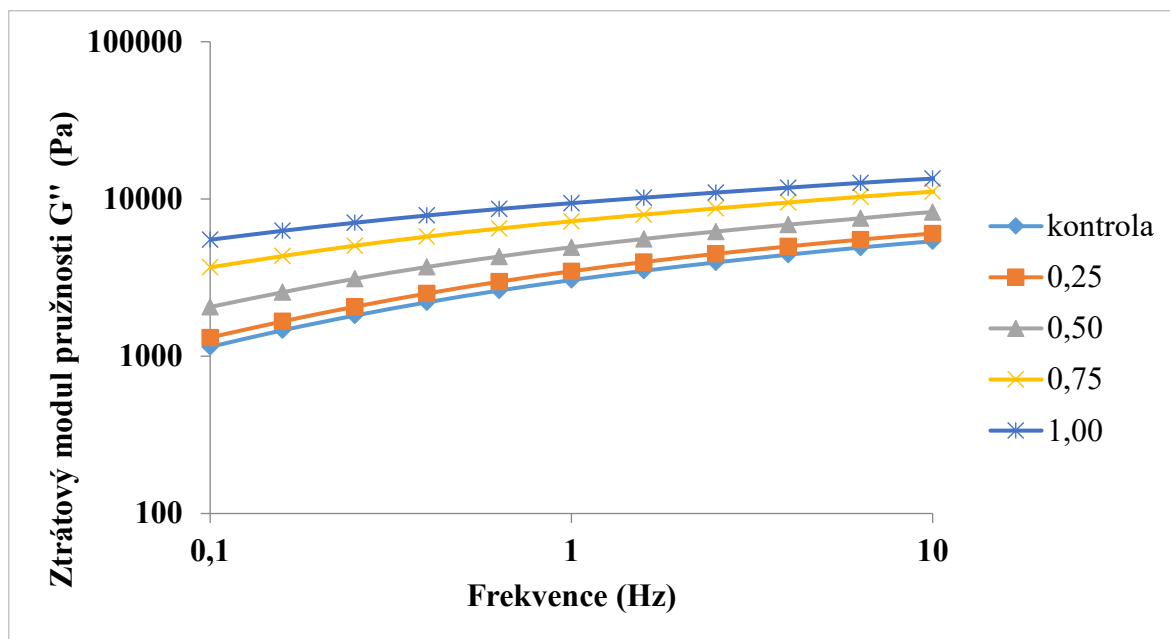
Z výsledků je patrné, že přidavek furcellaranu neovlivňoval nejen elastický modul pružnosti (G'), ale také ztrátový modul pružnosti (G'') a to u všech použitých draselných tavicích solí v celém testovaném frekvenčním rozsahu. Nejvyšší hodnota byla zjištěna stejně jako u modulu (G') u tavicí soli K_2HPO_4 s nejvyšší použitou koncentrací furcellaranu 1,00 % (w/w).



Obrázek č. 18 - Závislost ztrátového modulu pružnosti G'' (Pa) na frekvenci (Hz) u modelových vzorků s $K_4P_2O_7$ a furcellaranu o koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %, KV – kontrolní vzorek.



Obrázek č. 19 - Závislost ztrátového modulu pružnosti G'' (Pa) na frekvenci (Hz) u modelových vzorků s $K_5P_3O_{10}$ a furcellaranu o koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %, KV – kontrolní vzorek.



Obrázek č. 20 - Závislost ztrátového modulu pružnosti G'' (Pa) na frekvenci (Hz) u modelových vzorků s K_2HPO_4 a furcellaranu o koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %, KV – kontrolní vzorek.

Výsledky hodnot $\tan \delta$ fázového posunu modelových vzorků tavených sýrů jsou vyjádřeny v tabulce č. 10. Tyto hodnoty byly získány výpočtem ze vztahu (2) elastického modulu pružnosti G' a ztrátového modulu pružnosti G'' při frekvenci 1,00 Hz. Pokud jsou hodnoty elastického modulu pružnosti vyšší než hodnoty ztrátového modulu ($G' > G''$), mají tavené sýry více elastické vlastnosti. V opačném případě vztahu ($G' < G''$), vykazuje výrobek více vlastnosti viskózní [63, 60].

Z hodnot $\tan \delta$, které jsou v tabulce č. 10 lze konstatovat, že všechny modelové vzorky měly hodnoty < 1 (vykazovaly chování $G'' < G'$), což znamená, že u všech modelových vzorků tavených sýrů převažuje elastický charakter.

Tabulka č. 10 - Srovnání hodnot $\tan \delta$ (tangens úhlu fázového posunu) modelových vzorků tavených sýrů s použitím různých typů draselných tavicích solí a koncentrací furcellaranu (0,25 – 1,00 % w/w), KV – kontrolní vzorek.

Tavicí sůl	Koncentrace furcellaranu (% w/w)	Tan δ (-)
K_2HPO_4	KV	0,8342
	0,25	0,8367
	0,5	0,7325
	0,75	0,6148
	1	0,5149
$K_4P_2O_7$	KV	0,8790
	0,25	0,7268
	0,5	0,7973
	0,75	0,6767
	1	0,6893
$K_5P_3O_{10}$	KV	0,9211
	0,25	0,6840
	0,5	0,6676
	0,75	0,5717
	1	0,6128

6.4 Vyhodnocení instrumentálního měření barvy

Výsledky barevné analýzy modelových vzorků tavených sýrů jsou vyjádřeny v tabulce č. 11 [10, 68, 69]. Barva hotového výrobku je často první smyslový vjem, se kterým se spotřebitel setká. Patří mezi nejvýznamnější vizuální vlastnosti mléčných výrobků a může ovlivnit preference spotřebitelů, vnímání chuti, ale také identifikovat čerstvost a kvalitu potravin.

Z výsledků lze charakterizovat všechny vzorky jako lehce nažloutlé s jemným červeným odstínem. Hodnoty L^* se u KV pohybovaly v intervalu 90,49 - 91,11. S narůstající koncentrací použitého furcellaranu vykazují vzorky mírné ztmavení, neboť hodnota 100 indikuje bílou barvu. K největšímu ztmavení vzorku došlo u vzorku s použitou tavicí solí K_2HPO_4 a nejvyšší koncentrací furcellaranu 1,00 % (w/w).

S narůstající koncentrací použitého furcellaranu dochází také k zintenzivnění červené barvy ve vzorku, která je vyjádřena kladnou hodnotou a^* . K největšímu zintenzivnění červené barvy došlo u použité tavicí soli K_2HPO_4 . U již zmíněné tavicí soli došlo také při použití furcellaranu k nejvyšším kladným hodnotám b^* , která indikuje barvu žlutou. U ostatních dvou tavicích solí ($K_4P_2O_7$, $K_5P_3O_{10}$) byly změny i po přidavku furcellaranu minimální a jejich hodnoty se stejně jako KV pohybovaly v kladných hodnotách $b^* \pm 13,00$.

Z výsledků lze obecně říct, že přidavek vyšší koncentrace furcellaranu ovlivňuje mírné ztmavení výrobku a dodává velmi mírnou červenou barvu. Toto tvrzení koresponduje s výsledky Kůrová a kol. [35], kteří ve své studii uvedli, že přidavek furcellaranu snižoval hodnotu L^* a dodával tmavší zbarvení. Použitý typ tavicí soli neměl vliv na hodnoty barevné stupnice L^* , a^* a b^* .

Tabulka č. 11 - Charakteristika barvy modelových vzorků tavených sýrů za použití vybraných draselných tavicích solí (K_2HPO_4 , $K_4P_2O_7$ a $K_5P_3O_{10}$) a různou koncentrací furcellaranu (0,25 – 1,00 % w/w).

Tavicí sůl	Koncentrace furcellaranu (% w/w)	Barevná stupnice:		
		L^*	a^*	b^*
$K_5P_3O_{10}$	KV	90,51 ± 0,19	0,12 ± 0,06	13,91 ± 0,10
	0,25	90,35 ± 0,23	0,15 ± 0,05	13,66 ± 0,32
	0,50	90,03 ± 0,41	0,20 ± 0,07	13,54 ± 0,28
	0,75	89,71 ± 0,09	0,26 ± 0,02	13,39 ± 0,37
	1,00	89,68 ± 0,05	0,26 ± 0,07	13,14 ± 0,19
$K_4P_2O_7$	KV	90,49 ± 0,54	0,14 ± 0,09	13,74 ± 0,52
	0,25	90,05 ± 0,34	0,14 ± 0,07	13,89 ± 0,45
	0,50	89,67 ± 0,44	0,21 ± 0,09	13,86 ± 0,36
	0,75	89,45 ± 0,15	0,28 ± 0,07	13,74 ± 0,34
	1,00	89,58 ± 0,04	0,31 ± 0,04	13,46 ± 0,06
K_2HPO_4	KV	91,11 ± 0,22	0,09 ± 0,05	13,64 ± 0,16
	0,25	90,73 ± 0,26	0,16 ± 0,04	13,60 ± 0,14
	0,50	89,86 ± 0,77	0,23 ± 0,06	14,40 ± 0,71
	0,75	88,28 ± 1,06	0,31 ± 0,06	15,67 ± 0,74
	1,00	87,36 ± 0,08	0,34 ± 0,03	16,23 ± 0,57

6.5 Vyhodnocení vodní aktivity

Naměřené hodnoty vodní aktivity jsou vyjádřeny v tabulce č. 12. Hodnoty aktivity vody a_w u modelových vzorků tavených sýrů se pohybovaly v intervalu od 0,979 po 0,989. Nejnižší hodnota a_w byla u modelu taveného sýru s použitím tavicí soli K_2HPO_4 a koncentrace furcellaranu 0,50 % (w/w). Nejvyšší hodnotu a_w vykazoval modelový vzorek taveného sýra s použitou tavicí solí $K_5P_3O_{10}$ a furcellaranu o koncentraci 0,50 % (w/w). Z naměřených hodnot lze usoudit, že došlo k minimálním odchýlkám hodnot a_w po přidání jakékoliv z použitých koncentrací furcellaranu. Tyto výsledky korespondují s Vincová a kol. [61], kteří se zabývali vlivem přísadky vybraných hydrokoloidů (karagenany, furcellaran, alginát sodný) v sýrových smetanových produktech, jejíž vliv se na a_w neprojevil. Dle hodnot KV lze konstatovat, že zvolený druh tavicí soli neměl vliv na hodnoty a_w .

Hodnota a_w vyjadřuje dostupnost vody pro růst a množení mikroorganismů. Vodní aktivita u tavených sýrů se běžně pohybuje v rozmezí od 0,91 po 0,96, což je rozmezí, které není přívětivé pro různé kmeny *Clostridium Botulinum* a jejich toxiny. Mikrobiologická kvalita taveného sýra je ovlivněna především mikrobiologickou kvalitou použitých surovin, dodržování hygienických podmínek během výroby, zvoleným typem obalového materiálu a správným skladování hotového výrobku. [70].

Tabulka č. 12 - Vodní aktivita modelových tavených sýrů s použitím různých draselných tavicích solí (K_2HPO_4 , $K_4P_2O_7$ a $K_5P_3O_{10}$) a koncentrací furcellaranu (0,25 – 1,00 % w/w).

Tavicí sůl	koncentrace furcellaranu (% w/w)	a_w
K_2HPO_4	KV	$0,983 \pm 0,001$
	0,25	$0,980 \pm 0,003$
	0,50	$0,979 \pm 0,002$
	0,75	$0,980 \pm 0,002$
	1,00	$0,979 \pm 0,004$
$K_4P_2O_7$	KV	$0,981 \pm 0,004$
	0,25	$0,983 \pm 0,001$
	0,50	$0,984 \pm 0,001$
	0,75	$0,984 \pm 0,002$
	1,00	$0,983 \pm 0,003$
$K_5P_3O_{10}$	KV	$0,984 \pm 0,003$
	0,25	$0,982 \pm 0,001$
	0,50	$0,989 \pm 0,003$
	0,75	$0,988 \pm 0,003$
	1,00	$0,981 \pm 0,000$

6.6 Vyhodnocení sensorické analýzy

Senzorická analýza je velmi důležitý proces, neboť současní spotřebitelé mají vysoká očekávání založená již na zkušenostech. Splnění jejich očekávání a žádoucích smyslové vlastnosti výrobku je klíčové pro jejich přijetí nebo odmítnutí výrobku spotřebitelem. [10, 23]

Uvedené mediánové hodnoty sensorického hodnocení modelových vzorků tavených sýrů jsou uvedeny v tabulce č. 13. Hodnotitelské schéma tavených sýrů pro sensorickou analýzu je součástí přílohy I.

Z výsledků hodnotitelského skóre pro vzhled a barvu se lze domnívat, že zvolený typ draselné tavicí soli a koncentrace furcellaranu nemá vliv na tyto znaky. Všechny vzorky byly dle hodnotitelského schéma hodnoceny jako vzorky se smetanově bílou barvou bez cizích odstínů s hladkým, lesklým vzhledem.

Dalším hodnoceným parametrem byla konzistence modelových vzorků tavených sýrů, přičemž KV byly hodnoceny jako velmi dobře nebo dobře roztíratelné. S narůstající koncentrací použitého furcellaranu vzorky vykazovaly zhoršující se konzistenci, která se projevovala špatnou roztíratelností a tužší konzistencí. Při nejvyšší koncentraci furcellaranu, tedy 1,00 % (w/w), byly hodnoceny vzorky jako tuhé a špatně roztíratelné.

Vzorky vykazující největší tuhost, tedy velmi tuhé dle hodnotitelského skóre 1, byly modelové vzorky s použitou koncentrací furcellaranu 0,75 % (w/w) a 1,00 % (w/w), u všech typů draselných tavicích solí. Tento výsledek byl očekáván, neboť tavicí sůl a furcellaran s jejich emulgačními schopnostmi může být příčinou vysoké tuhosti. Tyto výsledky korespondují s výsledky Kůrová a kol. [35], kteří uvádí, že zařazením furcellaranu do vzorků tavených sýrových pomazánek došlo ke zvýšení tuhosti vzorků s výjimkou vzorku obsahující koncentraci 0,10 % (w/w).

Z hodnocení roztíratelnosti je patrné, že s narůstající koncentrací použitého furcellaranu dochází ke zhoršení roztíratelnosti výrobku. Všechny modelové vzorky bez použitého hydrokoloidu (KV) bez ohledu na použitý typ tavicí soli, byly hodnoceny jako hůře roztíratelné. S použitím furcellaranu o koncentraci 0,75 % (w/w) a 1,00 % (w/w) byly vzorky hodnoceny jako obtížně roztíratelné anebo jako neroztíratelné. Při použití nízké koncentrace furcellaranu 0,25 % (w/w) nedošlo ke změnám roztíratelnosti v porovnání s KV.

Při hodnocení chuti a vůně lze konstatovat, že koncentrace furcellaranu ve vzorku je přímo úměrná s hodnocením hodnotitelů. Modelové vzorky všech tří draselných tavicích solí s obsahem furcellaranu 1 % (w/w), byly dle hodnotitelského schéma hodnoceny skórem 2,

tedy jako výborná. Tyto výsledky vyšly dle očekávání, neboť přítomnost hydrokoloidu má vliv na viskozitu potraviny, která ovlivňuje uvolňování aromatických látek [5, 71].

Hořká chuť, která se může vyskytovat při použití draselných tavicích solí, nebyla potvrzena. Hodnoty pro hodnocení hořké chuti se pohybovaly v rozmezí 1 až 2, což dle hodnotitelského schéma vyjadřuje naprosto nehořkou nebo velmi málo hořkou chuť. Tyto výsledky korespondují s výsledky Hoffman a kol. [72], kteří u svých vzorků tavených sýrů hodnotili typickou hořkou chuť jako sotva znatelnou. Ganesh a kol. [73] provedli studii zaměřenou na použití draselných tavicích solí a chloridu draselného v sýru Mozzarella, které hodnotili vliv draselných tavicích solí na chuť jako nevýznamnou, senzorycky neovlivňující.

Žádný z testovaných modelových vzorků tavených sýrů nevykazoval přítomnost cizích pachů a pachutí.

Tabulka č. 13 - Senzorické hodnocení modelových vzorků tavených sýrů lišící se použitým typem tavicí soli (K_2HPO_4 , $K_4P_2O_7$ a $K_5P_3O_{10}$) a koncentrací furcellaranu (0,25 – 1,00 % w/w).

Tavicí sůl	koncentrace furcellaranu (% w/w)	vzhled a barva	Konzistence	Tuhost	Roztíratelnost	Chuť a vůně	Hořká chuť	Pachutě
K_2HPO_4	KV	1	3	3	3	4	2	1
	0,25	1	4	3	3	3	1	1
	0,50	1	4	2	3	2	2	1
	0,75	1	5	1	1	2	2	1
	1,00	1	6	1	1	2	2	1
$K_4P_2O_7$	KV	1	4	3	3	4	2	1
	0,25	1	4	3	3	4	2	1
	0,50	1	5	2	2	3	1	1
	0,75	1	6	1	1	2	1	1
	1,00	1	6	1	1	2	2	1
$K_5P_3O_{10}$	KV	1	3	3	3	3	1	1
	0,25	1	3	3	3	2	1	1
	0,50	1	4	2	3	2	1	1
	0,75	1	5	1	2	2	1	1
	1,00	1	6	1	1	2	1	1

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo posouzení vlivu přídatku furcellaranu o koncentracích 0,25 % 0,50 %, 0,75 % a 1,00 % (w/w) a draselných tavicích solích K_2HPO_4 , $K_4P_2O_7$ a $K_5P_3O_{10}$, na konzistenci tavených sýrů s obsahem sušiny 40 % (w/w) a tuku v sušině 50 % (w/w).

Z výsledků, které byly získány v rámci praktické části diplomové práce, lze vyvodit následující body:

- hodnoty pH a obsah sušiny v modelových vzorcích tavených sýrů nebyly nijak ovlivněny přítomností furcellaranu ve vzorcích o koncentracích 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 % (w/w);
- furcellaran ovlivňuje viskoelastické vlastnosti tavených sýrů a jeho koncentrace ve vzorcích je přímo úměrná s tuhostí vzorků, což bylo potvrzeno i samotnými hodnotiteli v rámci sensorického hodnocení;
- ze všech tří použitých draselných tavicích solí (K_2HPO_4 , $K_4P_2O_7$ a $K_5P_3O_{10}$) měla největší vliv na tvrdost tavených sýrů sůl K_2HPO_4 , a tedy vzorky obsahující tuto draselnou tavicí sůl byly nejtvrději a zároveň byly nejvíce elastické;
- vyšší tuhost výrobku ovlivňuje jeho roztíratelnost, což může být negativně hodnoceno spotřebiteli;
- přítomnost furcellaranu ve vzorku dodávala vzorkům mírné ztmavení a velmi mírnou červenou barvu;
- draselné tavicí soli a přítomnost furcellaranu ve vzorcích neměl vliv na hodnotu a_w ;
- draselné tavicí soli nijak negativně neovlivnily chuť výrobku;
- náhradou draslíku je možnost dietetického zlepšení tavených sýrů (snížení obsahu Na ve výrobku) aniž by došlo ke zhoršení jakosti;
- nejlépe hodnocený dle sensorických kritérií byl vzorek s použitou tavicí solí $K_5P_3O_{10}$ a s koncentrací furcellaranu 0,25 % (w/w).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] OBERMAIER, Oldřich, Vladimír ČEJNA a Jiří KOPÁČEK. *Sýry a tvarohy*. 2. přepracované vydání. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, z.ú., [2016]. Jak poznáme kvalitu?. ISBN 978-80-87719-43-5.
- [2] STRAKOVÁ, Karolína. *Komoditní karta – dostupná data ke dni 19. září 2022 MLEKO a mlékárenské výrobky* [online]. 30.9.2022 [cit. 2022-10-10]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/710867/Komoditni_karta_Mleko_a_mlecne_vyrobky_Cervenec_2022.pdf
- [3] ČERNÍKOVÁ, Michaela, František BUŇKA, Matej POSPIECH, Bohuslava TREMLOVÁ, Kristýna HLADKÁ, Vladimír PAVLÍNEK a Pavel BŘEZINA. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal* [online]. 2010, **20**(5), 336-343 [cit. 2023-05-09]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2009.12.012
- [4] LU, Wei, Zining HU, Xuelian ZHOU, Yumei QIN, Yin ZHANG, Yapeng FANG a Pavel BŘEZINA. Natural biopolymer masks the bitterness of potassium chloride to achieve a highly efficient salt reduction for future foods. *Biomaterials* [online]. 2022, **283**(5), 336-343 [cit. 2023-05-04]. ISSN 01429612. Dostupné z: doi:10.1016/j.biomaterials.2022.121456
- [5] VENUGOPAL, Vazhiyil. *Marine polysaccharides: food applications*. USA: CRC Press, 2011. ISBN 978-1-4398-1527-4.
- [6] ČESKO. Vyhláška č. 274/2019 Sb. Vyhláška o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2019. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2019-274>
- [7] KOPÁČEK, Jiří. 100 let od zahájení výroby tavených sýrů. *Cz-test* [online]. 2011 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.cz-test.cz/clanek/100-let-od-zahajeni-vyroby-tavenych-syru>
- [8] KOPÁČEK, Jiří. *Mýty o mléce a mléčných výrobcích*. Praha: Českomoravský svaz mlékárenský, 2019. ISBN 978-80-270-6881-4.
- [9] FOX, P. F., Timothy P. GUINEE, Timothy M. COGAN a P. L. H. MCSWEENEY. *Fundamentals of cheese science*. Second edition. New York: Springer, [2017]. ISBN 978-1-4899-7679-6.

- [10] EL-BAKRY, Mamdouh a Bhavbhuti MEHTA. *Processed Cheese Science and Technology: Ingredients, Manufacture, Functionality, Quality, and Regulations*. United Kingdom: Woodhead Publishing, 2022. ISBN 978-0-12-821445-9.
- [11] BUŇKA, František, Leona BUŇKOVÁ a Stanislav KRÁČMAR. *Základní principy výroby tavených sýrů: Basic principles of processed cheese production: monografie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7375-336-8.
- [12] BUŇKA, František. *Tavené sýry a faktory ovlivňující jejich konzistenci: Processed cheese and factors influencing its consistency: teze přednášky k profesorskému jmenovacímu řízení v oboru Potravinářská chemie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, 2017. ISBN 978-80-214-5460-6.
- [13] FOX, P.F. a P.L.H MCSWEENEY. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. UK: Springer, 1998. ISBN 0-412-72000-0.
- [14] TAMINE, A. Y. *Processed Cheese and Analogues*. UK: Blackwell Publishing, 2011. ISBN 978-1-4051-8642-1.
- [15] FOX, P. F., Timothy P. GUINEE, Timothy M. COGAN a P. L. H. MCSWEENEY. *Fundamentals of cheese science*. Second edition. New York: Springer, [2017]. ISBN 978-1-4899-7679-6.
- [16] ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA. *Mlékárenské technologie*. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-704-5.
- [17] KILLER, Jiří. *Potravinářská mikrobiologie: pro posluchače FAPPZ*. 3. přepracované vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2019. ISBN 978-80-213-2945-4.
- [18] KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2012. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-145-0.
- [19] MCSWEENEY, Paul L.H., *Cheese Problems Solved*. England: Woodhead Publishing, 2007. ISBN 978-1-84569-060-1.
- [20] MEGHWAL, Murlidhar, Megh R. GOYAL a Rupesh S. CHAVAN. *Dairy Engineering: Advanced Technologies and Their Applications*. USA: Apple Academic Press, 2017. ISBN 978-1-77188-380-1.

- [21] ČERNÍKOVÁ, Michaela, Jana NEBESÁŘOVÁ, Richardos Nikolaos SALEK, Romana POPKOVÁ, František BUŇKA, Yapeng FANG a Pavel BŘEZINA. The effect of rework content addition on the microstructure and viscoelastic properties of processed cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 2018, **101**(4), 2956-2962 [cit. 2023-05-01]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2017-13742
- [22] EVROPA. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách, v platném znění. Úřední věstník Evropské Unie. L 354, 31.12. 2008, 16-33. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32008R1333>
- [23] MCSWEENEY, Paul L.H., Patrick F. FOX a Paul D. COTTER. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Fourth Edition. UK: Academic Press, 2017. ISBN 978-0-12-417012-4.
- [24] LU, Y., N. SHIRASHOJI, J.A. LUCEY, Romana POPKOVÁ, František BUŇKA, Yapeng FANG a Pavel BŘEZINA. Effects of pH on the Textural Properties and Meltability of Pasteurized Process Cheese Made with Different Types of Emulsifying Salts. *Journal of Food Science* [online]. 2008, **73**(8), E363-E369 [cit. 2023-05-01]. ISSN 00221147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1750-3841.2008.00914.x
- [25] NAGYOVÁ, Gabriela, František BUŇKA a Dalibor KUCHAR. Vliv délky řetězce fosforečnanového řetězce na texturní vlastnosti tavených sýrů. In: *Mlékařské listy* [online]. ČR, 2012 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <http://www.mlekarskelisty.cz/archiv/rok-2012.html>
- [26] WEISEROVÁ, Eva, Lucie DOUDOVÁ, Lucie GALIOVÁ, Libor ŽÁK, Jaroslav MICHÁLEK, Rahula JANIŠ a František BUŇKA. The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. *International Dairy Journal* [online]. 2011, **21**(12), 979-986 [cit. 2023-05-01]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2011.06.006
- [27] CHEN, L., H. LIU, Lucie GALIOVÁ, Libor ŽÁK, Jaroslav MICHÁLEK, Rahula JANIŠ a František BUŇKA. Effect of emulsifying salts on the physicochemical properties of processed cheese made from Mozzarella. *Journal of Dairy Science* [online]. 2012, **95**(9), 4823-4830 [cit. 2023-05-01]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2012-5480

- [28] KAPOOR, Rohit, Lloyd E. METZGER, Lucie GALIOVÁ, Libor ŽÁK, Jaroslav MICHÁLEK, Rahula JANIŠ a František BUŇKA. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2008, 7(2), 194-214 [cit. 2023-05-01]. ISSN 1541-4337. Dostupné z: doi:10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x
- [29] IMESON, Alan. *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. UK: Blackwell Publishing, 2010. ISBN 978-1-4051-3267-1.
- [30] RAZAVI, Seyed M.A. *Emerging Natural Hydrocolloids:: Rheology and Functions*. UK: John Wiley, 2019. ISBN 978-1-119-41866-5.
- [31] TYKVARTOVÁ, Dagmar, Jan HRABĚ a Dita HORNÍČKOVÁ. Výběr vhodných hydrokoloidů pro stabilizaci jakosti termizovaných jogurtových nápojů. In: *Mlékařské listy* [online]. ČR, 2009 [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2010/118_s_8-12.pdf
- [32] LI, Juan-Mei, Shao-Ping NIE, Lucie GALIOVÁ, Libor ŽÁK, Jaroslav MICHÁLEK, Rahula JANIŠ a František BUŇKA. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods: Scientific and Technological Aspects—A Review. *Food Hydrocolloids* [online]. 2016, 53(2), 46-61 [cit. 2023-05-01]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2015.01.035
- [33] KRATOCHVÍLOVÁ, Alena, Richardos Nikolaos SALEK a Martin VAŠINA. The Impact of Different Hydrocolloids on the Viscoelastic Properties and Microstructure of Processed Cheese Manufactured without Emulsifying Salts in Relation to Storage Time. *Foods* [online]. 2022, 11(22), 1-13 [cit. 2023-04-05]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods11223605
- [34] KRATOCHVÍLOVÁ, Alena, Richardos Nikolaos SALEK, Martin VAŠINA, Eva LORENCOVÁ, Vendula KŮROVÁ, Zuzana LAZÁRKOVÁ, Jolana DOSTÁLOVÁ a Jana ŠENKÝŘOVÁ. The Impact of Different Hydrocolloids on the Viscoelastic Properties and Microstructure of Processed Cheese Manufactured without Emulsifying Salts in Relation to Storage Time: Scientific and Technological Aspects—A Review. *Foods* [online]. 2022, 11(22), 46-61 [cit. 2023-05-01]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods11223605

- [35] KŮROVÁ, Vendula, Richardos Nikolaos SALEK, Michaela ČERNÍKOVÁ, Eva LORENCOVÁ, Ludmila ZALEŠÁKOVÁ, František BUŇKA, Jolana DOSTÁLOVÁ a Jana ŠENKÝŘOVÁ. Furcellaran as a substitute for emulsifying salts in processed cheese spread and the resultant storage changes: Scientific and Technological Aspects—A Review. *International Journal of Dairy Technology* [online]. 2022, **75**(3), 679-689 [cit. 2023-05-01]. ISSN 1364-727X. Dostupné z: doi:10.1111/1471-0307.12871
- [36] BŁASZAK, Błażej, Grażyna GOZDECKA, Alexander SHYICHUK, Eva LORENCOVÁ, Ludmila ZALEŠÁKOVÁ, František BUŇKA, Jolana DOSTÁLOVÁ a Jana ŠENKÝŘOVÁ. Carrageenan as a functional additive in the production of cheese and cheese-like products [pdf]: Scientific and Technological Aspects—A Review. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* [online]. 2015, **17**(2), 107-116 [cit. 2023-05-01]. ISSN 16440730. Dostupné z: doi:10.17306/J.AFS.2018.0550
- [37] RINAUDO, M., Grażyna GOZDECKA, Alexander SHYICHUK, Eva LORENCOVÁ, Ludmila ZALEŠÁKOVÁ, František BUŇKA, Jolana DOSTÁLOVÁ a Jana ŠENKÝŘOVÁ. Seaweed Polysaccharides: Scientific and Technological Aspects—A Review. *Comprehensive Glycoscience* [online]. Elsevier, 2007, 2007, **17**(2), 691-735 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780444519672. ISSN 16440730. Dostupné z: doi:10.1016/B978-044451967-2/00140-9
- [38] FEATHERSTONE, Susan. A Complete Course in Canning and Related Processes: Microbiology, Packaging, HACCP and Ingredients. 14. UK: Woodhead Publishing, 2015. ISBN 978-0-85709-678-4.
- [39] PHILP, Kevin, Grażyna GOZDECKA, Alexander SHYICHUK, Eva LORENCOVÁ, Ludmila ZALEŠÁKOVÁ, František BUŇKA, Jolana DOSTÁLOVÁ a Jana ŠENKÝŘOVÁ. Polysaccharide Ingredients: Scientific and Technological Aspects—A Review. *Reference Module in Food Science* [online]. Elsevier, 2018, 2018, **17**(2), 691-735 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 16440730. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.22367-6
- [40] ANONYM. Seaweed. In: *Est agar* [online]. 2023 [cit. 2023-02-03]. Dostupné z: <https://estagar.ee/seaweed/>

- [41] ŠTĚPÁNKOVÁ, Kateřina, Kadir OZALTIN, Jana PELKOVÁ, et al. Furcellaran Surface Deposition and Its Potential in Biomedical Applications: Scientific and Technological Aspects—A Review. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. Elsevier, 2022, 2018, **23**(13), 691-735 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 1422-0067. Dostupné z: doi:10.3390/ijms23137439
- [42] RAMAWAT, Kishan Gopal a Jean-Michel ME´RILLON. *Polysaccharides: Bioactivity and Biotechnology*. Switzerland: Springer, 2015. ISBN 978-3-319-16297-3.
- [43] SONG, Dong-Heon, Van Ba HOA, Hyoun Wook KIM, et al. Edible Films on Meat and Meat Products: Scientific and Technological Aspects—A Review. *Coatings* [online]. Elsevier, 2021, 2018, **11**(11), 691-735 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 2079-6412. Dostupné z: doi:10.3390/coatings11111344
- [44] KÚROVÁ, V., R.N. SALEK, M. VAŠINA, et al. The effect of homogenization and addition of polysaccharides on the viscoelastic properties of processed cheese sauce: Scientific and Technological Aspects—A Review. *Journal of Dairy Science* [online]. Elsevier, 2022, 2018, **105**(8), 6563-6577 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2021-21520
- [45] PLUTA-KUBICA, Agnieszka, Ewelina JAMRÓZ, Gohar KHACHATRYAN, et al. Application of Furcellaran Nanocomposite Film as Packaging of Cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review. *Polymers* [online]. Elsevier, 2021, 2018, **13**(9), 6563-6577 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 2073-4360. Dostupné z: doi:10.3390/polym13091428
- [46] MARANGONI JÚNIOR, Luís, Roniérik Pioli VIEIRA, Ewelina JAMRÓZ, et al. Furcellaran: An innovative biopolymer in the production of films and coatings. *Carbohydrate Polymers* [online]. Elsevier, 2021, 2018, **252**(9), 6563-6577 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2020.117221
- [47] Manufacturing. In: *Est agar* [online]. Estonsko [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://estagar.ee/manufacturing/>

- [48] SALURI, Mihkel, Kadri-Liis KALJUVEE, Tiina PAALME, et al. Structural variability and rheological properties of furcellaran: An innovative biopolymer in the production of films and coatings. *Food Hydrocolloids* [online]. Elsevier, 2021, 2018, **111**(9), 6563-6577 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2020.106227
- [49] LU, YANJIE, NOBUAKI SHIRASHOJI, JOHN A LUCEY, et al. Rheological, textural and melting properties of commercial samples of some of the different types of pasteurized processed cheese: An innovative biopolymer in the production of films and coatings. *International Journal of Dairy Technology* [online]. Elsevier, 2007, 2018, **60**(2), 74-80 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 1364-727X. Dostupné z: doi:10.1111/j.1471-0307.2007.00314.x
- [50] PISKA, Ivo, Jiří ŠTĚTINA, JOHN A LUCEY, et al. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese: An innovative biopolymer in the production of films and coatings. *Journal of Food Engineering* [online]. Elsevier, 2004, 2018, **61**(4), 551-555 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/S0260-8774(03)00217-6
- [51] SALEK, Richardos Nikolaos, Michaela ČERNÍKOVÁ, Eva LORENCOVÁ, et al. The impact of Cheddar or white brined cheese with various maturity degrees on the processed cheese consistency: A comparative study. *International Dairy Journal* [online]. Elsevier, 2020, 2018, **111**(4), 551-555 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2020.104816
- [52] ANONYM. Thermomix® TM6. In: *Vorwerk* [online]. 2023 [cit. 2023-02-03]. Dostupné z: <https://www.vorwerk.cz/thermomix-tm6>
- [53] ČSN EN ISO 5534. *Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda)*. Praha: ÚNMZ, leden 2005.
- [54] ANONYM. HI99161 Portable Food and Dairy pH Meter. In: *Hanna Instruments* [online]. 2017-2023 [cit. 2023-02-03]. Dostupné z: https://m.hannamalaysia.com/?ws=showproducts&products_id=1668993&cat=Portable-Meters

- [55] ANONYM. Kinexus Pro+ Rheometer. In: *Nexus-analytics* [online]. 2023 [cit. 2023-02-03]. Dostupné z: <https://www.nexus-analytics.com.my/product/kinexus-pro-rheometer/>
- [56] LY, Bao Chau K., Ethan B. DYER, Jessica L. FEIG, et al. Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry. *Journal of Investigative Dermatology* [online]. Elsevier, 2020, 2018, **140**(1), 3-12.e1 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 0022202X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jid.2019.11.003
- [57] ČSN EN ISO 18787. *Potraviný – Stanovení aktivity vody*. Praha: ÚNMZ, duben 2022.
- [58] ČSN EN ISO 8586. *Senzorická analýza – Obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti vybraných posuzovatelů a odborných sensorických posuzovatelů*. Praha: ÚNMZ, duben 2015.
- [59] BARTH, A.P., C.F. TORMENA, W.H. VIOTTO, et al. PH influences hydrolysis of sodium polyphosphate in dairy matrices and the structure of processed cheese: Cutaneous Colorimetry. *Journal of Dairy Science* [online]. Elsevier, 2017, 2018, **100**(11), 8735-8743 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2017-12764
- [60] GUNASEKARAN, Sundaram a M. Mehmet AK. *Cheese Rheology and Texture*. USA: CRC Press, 2003. ISBN 1-58716-021-8.
- [61] VINCOVÁ, Anna, Kristýna ŠANTOVÁ, Vendula KŮROVÁ, et al. The Impact of Divergent Algal Hydrocolloids Addition on the Physicochemical, Viscoelastic, Textural, and Organoleptic Properties of Cream Cheese Products: Cutaneous Colorimetry. *Foods* [online]. Elsevier, 2023, 2018, **12**(8), 8735-8743 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods12081602
- [62] AHMAD, Shabbir, Masood Sadiq BUTT, Imran PASHA, et al. Quality of Processed Cheddar Cheese as a Function of Emulsifying Salt Replaced by κ -Carrageenan: Cutaneous Colorimetry. *International Journal of Food Properties* [online]. Elsevier, 2016, 2018, **19**(8), 1874-1883 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 1094-2912. Dostupné z: doi:10.1080/10942912.2015.1085396

- [63] SOŁOWIEJ, Bartosz G., Maciej NASTAJ, Jagoda O. SZAFRAŃSKA, et al. Effect of emulsifying salts replacement with polymerised whey protein isolate on textural, rheological and melting properties of acid casein model processed cheeses: Cutaneous Colorimetry. *International Dairy Journal* [online]. Elsevier, 2020, 2018, **105**(8), 1874-1883 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2020.104694
- [64] BUŇKA, František, Lucie DOUDOVÁ, Eva WEISEROVÁ, et al. The effect of ternary emulsifying salt composition and cheese maturity on the textural properties of processed cheese: Cutaneous Colorimetry. *International Dairy Journal* [online]. Elsevier, 2013, 2018, **29**(1), 1-7 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2012.09.006
- [65] BULUT-SOLAK, Birsen, Nihat AKIN, Eva WEISEROVÁ, et al. Impact of Cooking pH Values on the Textural and Chemical Properties for Processed Cheeses with/without the Use of Traditional Village Cheese during Storage: Cutaneous Colorimetry. *Food Science of Animal Resources* [online]. Elsevier, 2019, 2018, **39**(4), 541-554 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 2636-0772. Dostupné z: doi:10.5851/kosfa.2019.e34
- [66] SALEK, R.N., M. ČERNÍKOVÁ, S. MADĚROVÁ, et al. 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: Cutaneous Colorimetry. *Journal of Dairy Science* [online]. Elsevier, 2016, 2018, **99**(5), 3274-3287 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2015-10028
- [67] ANONYM. Furcellaran properties. In: *Est agar* [online]. Estonsko [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://estagar.ee/properties/>
- [68] ALQAHTANI, Nashi K., Tareq M. ALNEMR, Abdullah M. ALQATTAN, et al. Physicochemical and Sensory Properties and Shelf Life of Block-Type Processed Cheeses Fortified with Date Seeds (*Phoenix dactylifera* L.) as a Functional Food: Cutaneous Colorimetry. *Foods* [online]. Elsevier, 2023, 2018, **12**(3), 3274-3287 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods12030679

- [69] O'SULLIVAN, Maurice G. *A handbook for sensory and consumer-driven new product development: innovative technologies for the food and beverage industry*. Amsterdam: Woodhead Publishing, an imprint of Elsevier, [2017]. Woodhead Publishing in food science, technology, and nutrition. ISBN 978-0-08-100352-7.
- [70] BUŇKOVÁ, Leona, František BUŇKA, Abdullah M. ALQATTAN, et al. Microflora of processed cheese and the factors affecting it: Cutaneous Colorimetry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. Elsevier, 2015, 2018, **57**(11), 2392-2403 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2015.1060939
- [71] DE KRUIF, C.G, R TUINIER, Abdullah M. ALQATTAN, et al. Polysaccharide protein interactions: Cutaneous Colorimetry. *Food Hydrocolloids* [online]. Elsevier, 2001, 2018, **15**(4-6), 555-563 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/S0268-005X(01)00076-5
- [72] HOFFMANN, Wolfgang, Juliane GÄRTNER, Kristina LÜCK, et al. Effect of emulsifying salts containing potassium on the quality of block-type processed cheese: Cutaneous Colorimetry. *International Dairy Journal* [online]. Elsevier, 2012, 2018, **25**(1), 66-72 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2011.11.010
- [73] CHAVHAN, Ganesh B., S. K. KANAWJIA, Yogesh KHETRA, et al. Effect of potassium-based emulsifying salts on sensory, textural, and functional attributes of low-sodium processed Mozzarella cheese: Cutaneous Colorimetry. *International Dairy Journal* [online]. Elsevier, 2015, 2018, **95**(3), 265-278 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9780081005965. ISSN 1958-5586. Dostupné z: doi:10.1007/s13594-014-0207-0

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a_w – vodní aktivita

Ca – vápník

DDD – doporučená denní dávka

FT – fakulta technologická

G' – elastický modul pružnosti [Pa]

G'' – ztrátový modul pružnosti [Pa]

KV – kontrolní vzorek

TVS – tuk v sušině

w/w – hmotnostní zlomek

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 - Výrobní schéma diskontinuální výroby tavených sýrů [12]	15
Obrázek č. 2 - Uzavřený a otevřený tavicí kotel [18]	16
Obrázek č. 3 - Znázornění výměny iontů sodíku za ionty vápníku při tavení přírodních sýrů (vlevo jsou navázány vápenaté soli kaseinu v přírodním sýru; „NaA“ - tavicí sůl se sodnými ionty; „CaA“ – tavicí sůl s vápenatými ionty; vpravo sodné soli kaseinu vzniklé během tavení) [10, 12].....	24
Obrázek č. 4 - Schématické znázornění vývoje změny viskozity taveniny během procesu tavení a mechanického míchání [10]	25
Obrázek č. 5 - Červená mořská řasa [40].....	28
Obrázek č. 6 – Strukturní vzorec κ – karagenanu a furcellaranu [43]	29
Obrázek č. 7 – Výrobní schéma furcellaranu [47].....	30
Obrázek č. 8 - Thermomix TM6 (Vorwerk International, Německo) [52].....	38
Obrázek č. 9 - pH metr HI 99161 (Hanna Instruments, Česká republika) [54].....	39
Obrázek č. 10 - reometru Kinexus Pro+ (Malvern Panalytical, Velká Británie) [55]	40
Obrázek č. 11 - Znázornění barevného prostoru dle CIE [56].....	41
Obrázek č. 12 - Závislost tvrdosti (N) taveného sýru na použité tavicí soli $K_4P_2O_7$ a furcellaranu o koncentraci (0,25 – 1,00 % w/w). KV – kontrolní vzorek	46
Obrázek č. 13 - Závislost tvrdosti (N) taveného sýru na použité tavicí soli $K_5P_3O_{10}$ a furcellaranu o koncentraci (0,25 – 1,00 % w/w). KV – kontrolní vzorek	46
Obrázek č. 14 - Závislost tvrdosti (N) taveného sýru na použité tavicí soli K_2HPO_4 a furcellaranu o koncentraci (0,25 – 1,00 % w/w). KV – kontrolní vzorek	47
Obrázek č. 15 - Závislost elastického modulu pružnosti G' (Pa) na frekvenci (Hz) u modelových vzorků s $K_4P_2O_7$ a furcellaranu o koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %. KV – kontrolní vzorek.	50
Obrázek č. 16 - Závislost elastického modulu pružnosti G' (Pa) na frekvenci (Hz) u modelových vzorků s $K_5P_3O_{10}$ a furcellaranu o koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %. KV – kontrolní vzorek.....	50
Obrázek č. 17 - Závislost elastického modulu pružnosti G' (Pa) na frekvenci (Hz) u modelových vzorků s K_2HPO_4 a furcellaranu o koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %. KV – kontrolní vzorek.....	51
Obrázek č. 18 - Závislost ztrátového modulu pružnosti G'' (Pa) na frekvenci (Hz) u modelových vzorků s $K_4P_2O_7$ a furcellaranu o koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %, KV – kontrolní vzorek.....	52
Obrázek č. 19 - Závislost ztrátového modulu pružnosti G'' (Pa) na frekvenci (Hz) u modelových vzorků s $K_5P_3O_{10}$ a furcellaranu o koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %, KV – kontrolní vzorek.....	52
Obrázek č. 20 - Závislost ztrátového modulu pružnosti G'' (Pa) na frekvenci (Hz) u modelových vzorků s K_2HPO_4 a furcellaranu o koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %, KV – kontrolní vzorek.....	53

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 - Členění a definice tavených sýrů [6]	12
Tabulka č. 2 - Přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků [6]	13
Tabulka č. 3 - Spotřeba tavených sýrů 2013–2021 [2]	14
Tabulka č. 4: Strukturní vzorce tavicích solí fosforečnanu sodného [23]	20
Tabulka č. 5: Přehled vlastností tavicích solí na bázi fosforečnanů [10,11, 23]	22
Tabulka č. 6 - Přehled vlastností tavicí soli na bázi citronanů [10, 23].....	23
Tabulka č. 7 - Obecný přehled parametrů ovlivňující konzistenci tavených sýrů [19]	34
Tabulka č. 8 - Srovnání naměřených průměrných hodnot pH modelových tavených sýrů s použitím různých draselných tavicích solí a koncentrací furcellaranu (0,25 – 1,00 % w/w).	44
Tabulka č. 9 - Hodnoty relativní lepivosti, elasticity, kohezivnosti, žvýkatelnosti a gumovitosti modelových vzorků tavených sýrů.	48
Tabulka č. 10 - Srovnání hodnot $\tan \delta$ (tangens úhlu fázového posunu) modelových vzorků tavených sýrů s použitím různých typů draselných tavicích solí a koncentrací furcellaranu (0,25 – 1,00 % w/w), KV – kontrolní vzorek.	54
Tabulka č. 11 - Charakteristika barvy modelových vzorků tavených sýrů za použití vybraných draselných tavicích solí (K_2HPO_4 , $K_4P_2O_7$ a $K_5P_3O_{10}$) a různou koncentrací furcellaranu (0,25 – 1,00 % w/w).	56
Tabulka č. 12 - Vodní aktivita modelových tavených sýrů s použitím různých draselných tavicích solí (K_2HPO_4 , $K_4P_2O_7$ a $K_5P_3O_{10}$) a koncentrací furcellaranu (0,25 – 1,00 % w/w).	58
Tabulka č. 13 - Senzorické hodnocení modelových vzorků tavených sýrů lišící se použitým typem tavicí soli (K_2HPO_4 , $K_4P_2O_7$ a $K_5P_3O_{10}$) a koncentrací furcellaranu (0,25 – 1,00 % w/w).	60

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I: Hodnotitelské schéma tavených sýrů pro senzorickou analýzu

Hodnotitelské schéma pro tavené sýry:

Vzhled a barva

1. barva smetanově bílá, stejnorodá, bez cizích odstínů. Sýr hladký, lesklý,
2. nepatrná odchylka, bez cizích odstínů, homogenní. Změny barvy způsobené osýcháním sýru, oxidačními změnami vyloučeny. Vzhled bez jakýchkoliv známek deformace, čistý, hladký, lesklý,
3. mírná odchylka, bez cizích odstínů, homogenní. Změny barvy způsobené osýcháním sýru, oxidačními změnami jen nepatrné. Vzhled bez jakýchkoliv známek deformace, na povrchu sýra čistý, hladký, lesklý,
4. barva odpovídá druhu taveného sýra, je homogenní s vyloučením mramorování barvy. Vzhled vykazuje odchylky způsobené mírnou deformací tvaru, drobnější závady v hladkosti povrchu, povrch sýra je nepatrně matný, stále však hladký,
5. barva odpovídá druhu taveného sýra, je homogenní s nepatrnými náznaky mramorování barvy. Vzhled vykazuje odchylky způsobené deformací tvaru, drobnější závady v hladkosti povrchu, povrch sýra je mírně matný, mírné odchylky v hladkosti,
6. barva mírně nehomogenní (mramorovitá), povrch sýra matný bez lesku, na povrchu mírné barevné změny v důsledku oxidativních změn,
7. barva na povrchu i v těstě nehomogenní, silné oxidativní změny na povrchu, výskyt plísňe, značná deformace povrchu, vzhled narušen dužením sýra, vytavený, oddělený tuk.

Konzistence

1. lehce roztíratelná, plastická, dokonale utavená, bez vzduchových dutin, homogenní, bez výskytu neutavených kousků sýra,
2. konzistence výborně roztíratelná, jemná, nelepivá,
3. roztíratelnost velmi dobrá, nepatrně tužší nebo měkčí,
4. roztíratelnost dobrá, mírně tužší nebo měkčí, slabě lepivá,
5. roztíratelnost horší, tužší, pastovitá nebo měkčí, lepivá,
6. lepivá, tuhá, řídká, nehomogenní, špatně roztíratelná,
7. velmi tuhá až drobivá, silně lepivá, rozbředlá, nehomogenní s oddělujícím se tukem, zduřelá s výskytem provzdušnění, silně krupičkovitá, roztékavá.

Tuhost

1. Tavený sýr velmi tuhý
2. Tavený sýr tuhý
3. Tavený sýr mírně tužší
4. Tuhost taveného sýra optimální
5. Tavený sýr mírně měkčí než jeho optimum
6. Tavený sýr měkký
7. Tavený sýry velmi měkký

Roztíratelnost

1. Tavený sýr není roztíratelný
2. Tavený sýr je obtížně roztíratelný
3. Tavený sýr je hůře roztíratelný
4. Roztíratelnost je typická, optimální
5. Tavený sýr je velmi roztíratelný až mírně řídký
6. Tavený sýr je roztékavý
7. Tavený sýr má tekutý charakter

Chuť a vůně

1. **Vynikající** – chuť jemná, mléčně sýrová, nebo máslová, smetanová, jemně sýrově nasládlá, výrazná. Vůně čistá velmi harmonická, cizí příchutě jsou vyloučeny,
2. **Výborná** – nepatrné odchylky od vynikající chuti a vůně, chuť a vůně harmonická, sýrová, nebo máslová, smetanová, jemně mléčně nakyslá nebo nasládlá, typická, cizí příchutě vyloučeny,
3. **Velmi dobrá** – mírné odchylky od vynikající chuti a vůně, přesto harmonická, odpovídající deklarovanému druhu, přirozeně mléčně nakyslá nebo nasládlá, typická, cizí příchutě vyloučeny,
4. **Dobrá** – chuť a vůně typická pro smetanový tavený sýr s odchylkami ne zásadního charakteru, avšak charakteristická a čistá pro deklarovaný druh,
5. **Méně dobrá** – výskyt cizích příchutí ve velmi malé intenzitě, méně harmonická, slabě nahořklá nebo slanější, slabá příchut' po tavicích solích, mírně kyselejší, dílčí odchylky v chuti, slabě nečistá, slabě kvasničná,
6. **Nevyhovující** – výskyt cizích příchutí, méně harmonická, nahořklá, slanější, příchut' po tavicích solích, kyselejší, mírně oxidovaná, dílčí odchylky v chuti, mírně nečistá, mírně kvasničná,
7. **Nepřijatelná** – nečistá, žluklá, slaná, hořká, cizí, netypická, silně oxidovaná (žluklá), zatuchlá, kvasnicová, ostře kyselá aj.

Hořká chuť

1. Naprosto nehořký
2. Velmi málo hořký
3. Dost málo hořký
4. Zřetelně hořký
5. Dost hořký
6. Velmi hořký
7. Nesmírně hořký

Přítomnost cizích pachů a pachutí:

1. výrobek naprosto bez cizích pachů a pachutí
- 2.
- 3.
4. mírný náznak cizích pachů a pachutí, stále však akceptovatelný výrobek
- 5.
- 6.
7. vysoká přítomnost cizích pachů a pachutí

