

Vybrané vlastnosti tavených sýrů obohacené řeckým jogurtem

Kristýna Vinklárková

Bakalářská práce
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kristýna Vinklárková**

Osobní číslo: **T18494**

Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vybrané vlastnosti tavených sýru obohacené řeckým jogurtem**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Obecná charakteristika tavených sýrů.
2. Faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů.
3. Technologie výroby tavených sýrů.
4. Technologie výroby jogurtů řeckého typu.

II. Praktická část

1. Vyrobte modelové vzorky tavených sýrů, kde mezi základními surovinami bude jogurt řeckého typu.
2. Při výrobě modelových vzorků tavených sýrů aplikujte sodné soli fosfátu.
3. Při 30-ti denním skladování modelových vzorků proveďte základní chemickou, reologickou a texturní profilovou analýzu.
4. Vyhodnoťte a zformulujte závěry.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] BAYARRI, S. Viscoelasticity and texture of spreadable cheeses with different fat contents at refrigeration and room temperatures. *Journal of Dairy Science* [online]. 2012, 95(12), 6926–6936 [cit. 2016–08–15]. DOI: 10.3168/jds.2012–5711. ISSN 00220302. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030212006972>.
- [2] HUI, Y. H. *Handbook of food and beverage fermentation technology* [online]. New York: Marcel Dekker, 2004 [cit. 2016–08–15]. Food science and technology (Marcel Dekker, Inc.), 134. ISBN 08–247–4780–1. Dostupné z: <http://www.crcnetbase.com.proxy.k.utb.cz/doi/abs/10.1201/9780203913550.ch17>.
- [3] HOLZAPFEL, W. *Advances in fermented foods and beverages: improving quality, technologies and health benefits*. Boston, MA: Elsevier, 2015. ISBN 978–178–2420–156.
- [4] ALVES, R. M. V. Effect of light and packages on stability of spreadable processed cheese. *International Dairy Journal* [online]. 2007, 17(4), 365–373 [cit. 2016–08–15]. DOI: 10.1016/j.idairyj.2006.04.004. ISSN 09586946. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694606000732>.
- [5] LUCEY, J. A. *Dairy science and technology: Some perspectives on the use of cheese as a food ingredient* [online]. Springer Netherlands, 2008 [cit. 2016–08–10]. ISSN 1958–5586. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1051/dst%3A2008010>.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.**

Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **2. února 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2019**

Ve Zlíně dne 2. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: VINKLÁRKOVÁ KRISTÝNA.....

Obor: ČHTP.....

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně ...5.5.2019.

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

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

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

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

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce byla studie vybraných vlastností tavených sýrů obohacených řeckým jogurtem v průběhu 60 - ti denního skladování. Modelové vzorky byly vyrobeny ze surovinové směsi vody, másla, řeckého jogurtu, eidamské cihly a tavicích solí. Jako tavicí soli byly použity trifosforečnan sodný s cyklickým řetězcem (TFC) a trifosforečnan sodný s lineárním řetězcem (TFL). Modelové vzorky byly podrobeny základní chemické analýze (stanovení hodnot pH a obsahu sušiny), dále texturní analýze (zjištění tvrdosti) a reologické analýze.

Na základě naměřených výsledků lze konstatovat, že hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů za přídavku řeckého jogurtu s úpravou i bez úpravy pH vykazovaly klesající tendenci během doby skladování, naopak tvrdost modelových vzorků tavených sýrů za přídavku řeckého jogurtu s úpravou i bez úpravy pH se vzrůstající dobou skladování stoupala.

Klíčová slova: tavené sýry, tavicí soli, řecký jogurt, tvrdost

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis is the study of selected characteristics of processed cheeses enriched by Greek yoghurt during the 60 day period of their storage. The model samples were made from raw material mixture, water, butter, Greek yoghurt, a block of cheese type eidam and molten salts. Sodium tripolyphosphate with cyclic chain (TFC) and sodium tripolyphosphate with linear chain (TFL) was used as molten salts. The model samples underwent a basic chemical analysis (determination of pH values and the content of dry matter), texture analysis (determination of the hardness) and rheological analysis.

Based on the detected results it can be said that the pH values of model samples of processed cheeses with Greek yoghurt with modification or without modification of the pH showed a slightly decreasing trend during the period of their storage. On the contrary, the hardness of the model samples of processed cheeses with Greek yoghurt with modification or without modification of the pH rose increased with time.

Keywords: processed cheese, emulsifying salts, Greek yoghurt, hardness

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, Ph.D., za odborné vedení, konzultace, trpělivost, cenné rady a připomínky.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TAVENÉ SÝRY	12
1.1 HISTORIE TAVENÝCH SÝRŮ	12
1.2 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ	12
1.3 DĚLENÍ TAVENÝCH SÝRŮ	14
1.4 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ	14
1.4.1 Přírodní sýr.....	14
1.4.2 Tavicí soli.....	16
1.4.3 Suroviny mléčného původu.....	19
1.4.4 Suroviny nemléčného původu.....	19
2 PROCES VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ	20
2.1 DISKONTINUÁLNÍ ZPŮSOB	20
2.2 KONTINUÁLNÍ ZPŮSOB	22
3 ŘECKÉ JOGURTY	23
3.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA	23
3.2 PROCES VÝROBY	24
II PRAKTICKÁ ČÁST	26
4 CÍL PRÁCE	27
5 MATERIÁL A METODIKA	28
5.1 POPIS EXPERIMENTU.....	28
5.2 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÝCH SÝRŮ	28
5.3 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA	29
5.4 TEXTURNÍ ANALÝZA	29
5.5 REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	30
6 VÝSLEDKY A DISKUZE	31
6.1 VÝSLEDKY STANOVENÍ SUŠINY A PH.....	31
6.2 VÝSLEDKY STANOVENÍ TVRDOSTI.....	34
6.3 VÝSLEDKY STANOVENÍ REOLOGICKÉ ANALÝZY	37
ZÁVĚR	40
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	41
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	47
SEZNAM OBRÁZKŮ	48
SEZNAM TABULEK	50

ÚVOD

Tavené sýry patří mezi mléčné výrobky, které se svou výrobou datují do počátku 20. století. Účelem výroby tavených sýrů bylo zaručit trvanlivost zrajících sýrů, i bez dodržování chladírenského řetězce, a to po dobu transportu na delší vzdálenosti. Tavené sýry se vyrábí z přírodních sýrů, mléčných bílkovin, mléčných tuků, vody a dalších přísad. Původně byly do tavených sýrů přidávány pouze soli kyseliny citronové, ale z důvodu možnosti výroby také roztíratelných sýrů se začaly přidávat fosfáty [1, 2].

Spotřeba tavených sýrů u nás patří k nejvyšším na světě (k roku 2015 spotřeba činila 2,6 kg/na osobu a rok) [2]. Řadí se dnes již mezi moderní potraviny, a to především z důvodu jejich možnosti úpravy, tvrdé na strouhání, měkké na mazání. Také je přípustný přídavek dalších surovin, kdy můžeme využít například šunku či pažitku. Tavené sýry jsou díky obsahu bílkovin a vápníku vhodné nejen pro výživu dětí, ale i seniorů. Patří mezi snadno stravitelné a použitelné v moderní kuchyni [2].

Teoretická část bakalářské práce se skládá ze tří kapitol. První kapitola se zabývá historií a obecnou charakteristikou tavených sýrů, dělením tavených sýrů, dále surovinami na výrobu tavených sýrů, ať již mléčného nebo nemléčného původu, použitím tavicích solí a v neposlední řadě obecnou charakteristikou přírodních sýrů, které řadíme k základním surovinám pro výrobu tavených sýrů. Druhá kapitola se zabývá výrobou tavených sýrů. Třetí kapitola pojednává o obecné charakteristice řeckých jogurtů a jejich výrobě.

Cílem této bakalářské práce bylo studovat vybrané vlastnosti tavených sýrů obohacené řeckým jogurtem, dále vliv přídavku trifosforečnanu cyklického a lineárního a pH. U vyrobených modelových vzorků provést během 60 - ti denního skladování při teplotách 6 ± 2 °C základní chemickou, texturní a reologickou analýzu. Analýza byla prováděna po dobu 60 - ti dnů, v pravidelných intervalech (2., 9., 16., 30. a 60. den).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY

1.1 Historie tavených sýrů

Prvotní myšlenkou využití tavených sýrů bylo zajištění optimální trvanlivost přírodních sýrů bez dodržení chladírenského zařízení. Roku 1911 byl objeven ve Švýcarsku proces výroby sýru a to firmou Gerber a spol. Pro výrobu švýcarského sýru využívali citrát sodný jako emulgační sůl, a to z důvodu dosažení hladkého, homogenního produktu. K dalšímu vývoji procesu výroby sýru došlo o pár let později ve Spojených státech amerických, firmou J. L. Kraft. V dalších letech se proces výroby zdokonalil natolik, že při výrobě docházelo k optimálnímu zahřívání a míchání přírodních sýrů a tedy i ke vzniku větší trvanlivosti finálních výrobků. V letech 1916 až 1938 bylo poskytnuto americké firmě Phenix Cheese Co. značné množství patentů pro výrobu tavených sýrů, a to za použití soli kyseliny fosforečné. První písemnosti o výrobě českého sýru pocházejí z období 10. století. Skutečná výroba tavených sýrů se datuje k roku 1948, kdy na území Československa firma Bloch ve Vodňanech pod značkou Simplon vyrobila první tavený sýr. V tomto období se výrobou tavených sýrů zabývalo již 27 firem, ale jen některé měly specializaci na výrobu tavených sýrů a jejich produkci na trh. Nejvýznamnějším a zároveň prvním průkopníkem tavených sýrů u nás byl obchodní rada Ladislav Hertl. Původ procesu výroby tavených sýrů se datuje tedy do počátku 20. století [1, 2, 3].

1.2 Charakteristika tavených sýrů

Tavené sýry se v dnešní době řadí k velmi početné skupině sýrů. Z hlediska vyhlášky Ministerstva zemědělství České republiky č. 397/2016 Sb., v platném znění, se tavené sýry definují jako sýry tepelně upravené za přídavku tavicích solí. Tavený sýr obsahující dle vyhlášky více než 5 % laktózy se nazývá jako tavený sýrový výrobek. Tavené sýry se skladují, přepravují a uvádí na trh při teplotě stanovené výrobcem. V této vyhlášce jsou také klasifikovány 2 podskupiny podle obsahu tuku v sušině. Jako nízkotučný (roztíratelný) je možné označit takový sýr, který tvoří obsah tuku maximálně 30 % hmotnostních. Tavený sýr, který tvoří obsah tuku nejméně 60 % hmotnostních, můžeme dle vyhlášky definovat jako vysokotučný (roztíratelný) [4, 5]. Codex Alimentarius vyznačuje slovem „sýr“ výrobky, u kterých nesmí být nahrazena nebo z části nahrazena mléčná složka rostlinnými tuky či oleji [6]. Tavené sýry patří v České republice k vyhledávaným mléčným výrobkům. Jejich průměrná konzumace se pohybovala v roce 2015 v rozmezí 2,6 kg na

osobu a rok [2]. Tavené sýry se na trhu vyskytují v hojném počtu, jejich sortiment je velmi rozšířený. Jedním z důvodů je jejich velmi dobrá údržnost, která se pohybuje za podmínek chladírenského skladování za minimální doby trvanlivosti v rámci 3 - 6 měsíců. Tavené sýry se hojně využívají jak pro přímou spotřebu, tak i v provozovnách restaurací a rychlých občerstveních (fast-foodů). Mezi přednosti tavených sýrů můžeme zařadit přijatelnost ceny, vhodnou konzistenci a široké spektrum chuťových variací. V rámci výroby tavených sýrů lze na trhu nalézt také tzv. analogy (imitace) tavených sýrů, což jsou produkty, u kterých byla z části nebo úplně nahrazena některá z mléčných složek a to surovinami rostlinného původu. Nejčastěji lze na trhu nalézt výrobky, které byly nahrazeny rostlinným tukem [7, 8]. Svou konzumací se tavené sýry řadí k přísadám s jinými pokrmy, mohou se vyskytovat ve formě plátků, ale také se mohou využít k výrobě omáček pro konečnou spotřebu [5].

Tavené sýry se dají upravovat na různé způsoby. Mohou se jednak využívat ke strouhání, nebo v měkké podobě k mazání. Vyskytují se v různých podobách a tvarech, od klasických trojúhelníčků, po rodinné balení, v podobě kelímků, tub nebo tavených plátků, ale také s různým obsahem tuku a příchutí. Co se týče konzistence tavených sýrů, tak může být stejnorodá, hladká. Krupičková nebo písková konzistence patří k negativním faktorům tavených sýrů společně s hořkou či kyselou chutí [9]. Tavené sýry se řadí k významným výrobkům mlékárenského průmyslu. Hlavní důvod spočívá v tom, že pokud dojde k výskytu sýru, který je svou chutí bezchybný, ale svým vzhledem nevyhovuje danému typu, přesto lze tento sýr zhodnotit během technologie výroby [10]. Nutriční hodnota tavených sýrů je závislá na surovinové skladbě použité při výrobě. Bílkoviny jsou důležitou součástí tavených sýrů. Hlavní bílkovinou je kasein, který má vysokou biologickou hodnotu. K dalším důležitým složkám tavených sýrů patří mléčný tuk, který je tvořen vzájemným poměrem nasycených, mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin. V rámci zastoupení dalších důležitých složek tavených sýrů nelze opomenout obsah minerálních látek. Tavené sýry jsou důležitým zdrojem vápníku, jehož příjem je v dnešní době poměrně nízký. Doporučená dávka vápníku pro průměrného obyvatele se pohybuje v rozmezí 800 - 1200 mg za den. Vápník se vyskytuje jak v mléce, tak i v mléčných výrobcích, lze tedy konstatovat, že využitelnost pro organismus je dostačující [7].

1.3 Dělení tavených sýrů

Výrobky lze běžně rozdělit podle použité suroviny nebo obsahu tuku v sušině (TVS). Tavené sýry lze tedy podle obsahu tuku v sušině rozčlenit na vysokotučné, které obsahují tuku v sušině 60 - 70 % hmotnostních, plnotučné, které obsahují tuku v sušině 45 - 55 % hmotnostních, dále na polotučné, jež obsahují tuku v sušině 30 - 45 % hmotnostních a v neposlední řadě na nízkotučné sýry, jejichž obsah tuku v sušině se udává 30 % hmotnostních a méně. Tavené sýry, které obsahují nižší procentuální zastoupení, než je výše uvedeno se prakticky nevyrábí. Tavený sýr o obsahu tuku v sušině vyšším než 70 % hmotnostních nemá charakter taveného sýru. V rámci dalšího členění tavených sýrů je možné je rozlišit dle použitých surovin na sýry jednodruhové, směsné, ochucené a neochucené. Sýry jednodruhové jsou zastoupeny pouze jedním druhem deklarovaného sýru. Směsné sýry jsou tvořeny různou směsí sýrů. Pro výrobu ochucených sýrů se využívá přídavku ochucujících složek. Neochucené sýry jsou sýry bez přídavku ochucujících přísad během jejich výroby [5]. Dále lze tavené sýry dělit dle jejich konzistence, a to na sýry blokové, jež jsou tvořeny vysokou sušinou oproti taveným plátkovým sýrům, na tavené plátkové sýry, které mají schopnost opětovného tavení, dále na krájitelné sýry a roztíratelné tavené sýry. Termostabilní tavený sýr je druh sýru tuhého blokového, který se zpracovává na kostičky a není tvořen ochucujícími složkami [11].

1.4 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Suroviny využívané pro výrobu tavených sýrů patří v dnešní době k těm nejlepším. Řadíme k nim především přírodní sýr/ sýry v konzumní kvalitě, tavicí soli, máslo, ale také sušené mléko nebo sušenou syrovátku. Na dochucení se využívá kvalitních ochucujících složek [3].

1.4.1 Přírodní sýr

Přírodní sýr se řadí k nejzákladnějším a nejdůležitějším surovinám pro výrobu tavených sýrů. Pro výrobu tavených sýrů se v České republice často využívají sýry eidamského typu jako Eidamská cihla nebo Eidamský blok. Přírodní sýr je tvořen hlavně tukem, sušinou bez tuku (minerálními látkami, chloridem sodným a bílkovinami) a vlhkostí. Pokud nastane při výrobě tavených sýrů situace, kdy přírodní sýr obsahuje mechanickou vadu, není to závada. I tento sýr lze pro výrobu využít, ale nesmí se uvádět do oběhu. Naopak přísný zákaz platí pro sýry s mikrobiologickými vadami, jedná se tedy hlavně o přítomnost bakterií a plísní.

Jedním z nejdůležitějších kritérií pro výrobu tavených sýrů je vhodný výběr a kombinace přírodního sýru. Důležitý vliv na konzistenci tavených sýrů má stupeň zralosti přírodního sýru. Použitím zralé suroviny docílíme jemnější a roztíratelnější konzistence, naopak využijeme - li méně prozralé suroviny, docílíme tuhosti a gumovité konzistence výrobku [12].

Výroba přírodních sýrů může probíhat dvěma způsoby. Jedná se o kyselé či sladké srážení. Výroba kyselým srážením spočívá v enzymatickém srážení kaseinu syřidlem. Pro hladký průběh kyselého srážení je nutné snížit pH na hodnoty izoelektrického bodu kaseinu. Podle způsobu výroby je můžeme rozdělit na čerstvé, zrající, měkké, tvrdé, pařené a s plísní v těstě nebo s plísní na povrchu [10].

Čerstvý sýr definuje vyhláška Ministerstva zemědělství České republiky č. 397/2016 Sb., v platném znění, jako nezrající sýr, včetně nezrajících sýrů termizovaných [4]. Proces výroby čerstvých sýrů neboli měkkých sýrů nezrajících je ukončen vysrážením mléka, po kterém následuje krájení sýřeniny, její formování a vyloučení podílu syrovátky, vysolení a balení. V dnešní době se čerstvé sýry vyrábí s vyšším obsahem tuku v sušině (65 % hmotnostních), anebo s obsahem tuku v sušině 20 % hmotnostních. Zrání sýrů je poměrně zdlouhavé, může trvat několik dnů, ale i týdnů, což záleží na druhu sýru. Mezi zástupce můžeme zařadit například Romadúr či dezertní sýr. Měkké sýry, které zrají v chladu, se ukládají do zracích sklepů, jejichž teplotu je nutno regulovat v rozmezí 6 - 10 °C. Zrání sýrů může probíhat v celé hmotě několik měsíců, jedná se například o sýr Zlato. Jako bílé sýry označuje měkký sýr, který po celou dobu zraje v solném nálevu. Tento typ sýrů pochází z Balkánu a Blízkého východu. Obsah soli se pohybuje v rámci hodnot 4 - 8 %. Dalšími zástupci jsou plísňové sýry, které jsou od pohledu typické porostem bílé plísně *Penicillium camemberti* u typu sýru s plísní na povrchu, kde se mezi zástupce řadí Camembert, De Brie. V České republice jsou tyto sýry vyráběny pod známějším názvem Hermelín. Charakteristickým znakem plísňových sýrů s plísní v těstě je mramorové porostení modré plísně *Penicillium roqueforti*. Mezi zástupce této skupiny řadíme u nás i ve světě Nivu, Roquefort nebo Gorgonzolu [10, 13 - 16].

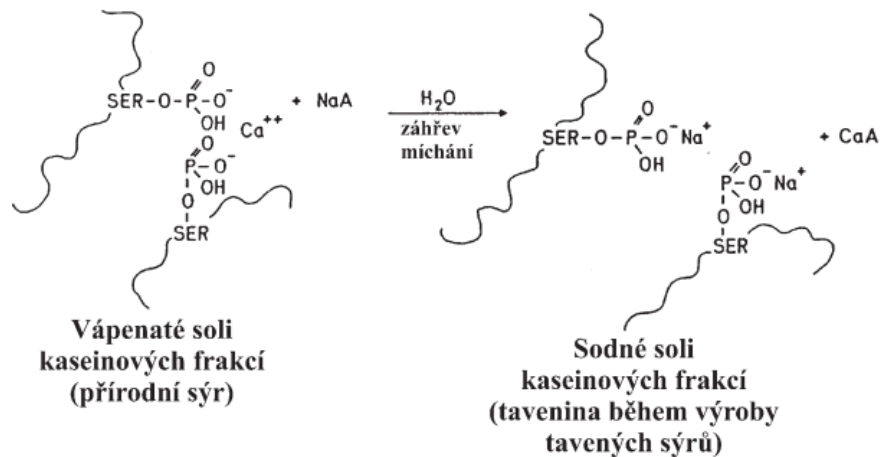
Pařené sýry jsou skupinou sýrů, při jejichž výrobě se využívá speciálního zpracování sýřeniny o pH 5,0 - 5,2; a to v horké vodě, ve které se stává plastickou. Sýřenina se krájí na kousky, které přechází do bubnu ponořeného v horké vodě o teplotě 80 - 85 °C. Působením teploty dochází ke změknutí, zvláčnění a tvorby vláčné hmoty. Po následném tvarování se musí provést rychlé zchlazení. Dalším krokem je solení na sucho nebo v lázni.

Tvrdé sýry dělíme podle způsobu zpracování sýřeninou na tvrdé sýry s vysokodohřívanou sýřeninou a na tvrdé sýry s nízkodohřívanou sýřeninou. K zástupcům tvrdých sýrů s vysokodohřívanou sýřeninou patří Ementál, Moravský blok. Mezi zástupce tvrdých sýrů s nízkodohřívanou sýřeninou patří Eidamská cihla, Gouda [5, 12, 17 - 18]. Pro výrobu se využívá tvaroh, jehož přídavek spočívá ve zvýšení obsahu tukuprosté sušiny. Tvaroh je schopen předat tzv. intaktní bílkoviny, jedná se o kasein, který nepodléhá rozsáhlé proteolýze (rozkladu bílkovin). Proteolýza může ovlivnit jak konzistenci výrobku, tak i jeho stabilitu. Vzhledem k tomu, že nedošlo k porušení kaseinu, tak dochází ke snížení pevnosti sýru a jeho lomivosti. Při použití dozrálé suroviny s vysokým stupněm proteolýzy se finální výrobek vyznačuje jemnější a roztíratelnější konzistencí. Naopak při použití málo prozralé suroviny s nízkým stupněm proteolýzy výrobek vykazuje tužší a gumovitější konzistenci [1, 5, 7, 12].

1.4.2 Tavicí soli

Dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách, v platném znění se tavicí soli definují jako látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek. Používají se při výrobě tavených sýrů, aby se zamezilo oddělování tuku [19]. Tavicí soli jsou vyráběny ze směsi látek chemického původu o daném složení. Při výrobě tavených sýrů musí být vždy stanoveno přesné množství fosforečnanových tavicích solí, nejvýše 20 000 mg na 1 kg výrobku, což odpovídá asi 3,5 % (w/w) na celou surovinovou skladbu. Předávkování by mohlo vést nejen k nedodržení požadované konzistence, ale také k ovlivnění chuti tavených sýrů. Využití fosforečnanů během výroby tavených sýrů může způsobit antimikrobní účinky, které mohou působit proti kvasinkám, plísním nebo grampozitivním bakteriím. K inhibičnímu působení fosforečnanů může přispívat teplota či pH prostředí, a také počáteční počty mikroorganismů [20, 21]. Tavicí soli jsou často označovány špatně jako emulgátory, odborněji jako emulgační činidla, které mají za úlohu upravit prostředí v tavené směsi tak, aby mohly bílkoviny (kaseiny) uplatnit své vlastnosti přirozených emulgátorů během procesu tavení. Jelikož nejsou tavicí soli povrchově aktivními látkami, nemohou být tedy označeny za emulgátory. Jako tavicí soli se nejvíce využívají soli s vícesytnými anionty (fosforečnany či jejich polymery a citráty) a monovalentními alkalickými kovy (hlavně sodíkem). Tavicí soli lze rozdělit podle použití do tří skupin, a to na polyfosforečnany, monofosforečnany (ortofosforečnany) a citráty [5, 7, 20, 22 - 23].

Funkce tavicích solí spočívá ve výměně vápenatých iontů v tavenině na ionty sodné (popřípadě draselné) v průběhu tavení. Dochází k přeměně nerozpustné vápenaté soli kaseinu na soli sodné, které jsou rozpustné. Díky tomuto procesu dochází k lepší hydrataci a emulgaci tuku [20].



Obrázek 1: Schématické vyjádření výměny iontů sodíku za ionty vápníku při tavení přírodních sýrů [20].

K dalším funkcím tavicích solí lze zařadit schopnost rozpouštění bílkovin, emulgaci mléčného tuku, který je schopen se procesem míchání rovnoměrně rozptýlit v tavenině, podílí se na vazbě vody (hydrataci) a úpravě pH (pro roztíratelné tavené sýry se hodnota pH pohybuje v rozmezí 5,6 - 5,8; pro krájitelné tavené sýry se pH pohybuje v hodnotách 5,4 - 5,6). Nejčastěji se tavicí soli využívají ve formě směsi, jejich přidávkem během výroby docílíme hladkého, jemného a homogenního taveného sýru [18, 20]. Fosforečnany, respektive soli na bázi fosforu, jsou soli odvozené od kyseliny trihydrogenfosforečné (H_3PO_4) a tvoří skupinu sloučenin, která obsahuje anion $(\text{PO}_4)^{3-}$. Ortofosforečnany jsou soli kyseliny fosforečné, které obsahují pouze jednu skupinu $(\text{PO}_4)^{3-}$. Působením vysoké teploty může docházet ke ztrátě vody dvou sousedních hydroxylových skupin dvou různých ortofosforečnanů, kdy dojde k následné kondenzaci. Ze dvou monomerů vznikne dimer, který lze také nazvat jako pyrofosforečnan. Polyfosforečnany jsou polymery, které jsou tvořeny více jak dvěma fosfory v molekule, k jejich vzniku dochází polymerací řetězců fosforečnanů [1, 20, 23 - 24]. Fosforečnany mohou ovlivnit nejen vlastnosti přítomných proteinů a to prostřednictvím úpravy podmínek prostředí (například změnou pH, výměnou kationtů), ale také mohou upravit pH prostředí. Jednotlivé fosforečnany mají různé pH, jak je zřejmé z Tabulky 1 (měřeno v 1% vodném roztoku).

*Tabulka 1: Fosforečnany používané jako tavicí soli při výrobě tavených sýrů
(upraveno dle [20]).*

Skupina	Látka	Vzorec	pH 1% vodného roztoku	E - kódy
Ortofosforečnany	Dihydrogenfosforečnan sodný	NaH_2PO_4	4,5	E 339
	Monohydrogenfosforečnan sodný	Na_2HPO_4	9,1	
	Fosforečnan sodný	Na_3PO_4	11,9	
Difosforečnany (pyrofosforeč- nany)	Dihydrogendifosforečnan sodný	$\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	4,1	E 450
	Difosforečnan sodný	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	10,2	
Trifosforečnany	Trifosforečnan sodný	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	9,7	E 451
Polyfosforečnany	Polyfosforečnan sodný (Grahamova sůl)	$(\text{NaPO}_3)_n$	6,6	E 452

Jestliže se pH výrazně liší od optimálních hodnot 5,6 - 5,8 během optimálních podmínek, důvodem je zhoršení jakosti finálních výrobků. Při nižších hodnotách pH dochází k tunutí a drobivosti tavených sýrů. Naopak za vyšších hodnot pH, než udávají optimální hodnoty, tavené sýry vykazují měkkou až rozbředlou konzistenci. Fosforečnany jsou schopny vykazovat tzv. pufrovací schopnosti, což vyjadřuje schopnost stabilizovat pH systému vůči okolnímu prostředí. Mají schopnost odštěpovat z prostředí a tím na sebe vázat monovalentní a polyvalentní kationty kovů. Tato vlastnost je klíčová z důvodu proveditelnosti tradiční výroby tavených sýrů. Fosforečnany mají dále tu schopnost ovlivňovat schopnost tvorby gelu. Lineární polyfosforečnany s atomy fosforu v molekule jsou schopné podpořit tvorbu gelu pouze omezeně. Na rozdíl od nízkomolekulárních polyfosforečnanů, které dokáží ovlivnit tvorbu gelu a tím podpořit zesílení matrice gelu. Cyklické polyfosforečnany, tzv. metafosforečnany jsou oligomery kyseliny hydrogenfosforečné (HPO_3) [20, 23, 25].

Citráty jsou soli odvozené od trikarboxylové kyseliny citronové. Poměrně využívaným citranem je především citran trojsodný (E331). Citran trojsodný je tavicí sůl, která má nízkou afinitu k vápenatým iontům a neúčastní se zesílení proteinové matrice. Pro výrobu tavených sýrů se využití citranu trojsodného uplatňuje ve směsi s dalšími tavicími solemi (polyfosforečnany), jelikož vytváří nahořklou chuť finálního výrobku [20, 25].

1.4.3 Suroviny mléčného původu

K základním surovinám pro výrobu tavených sýrů patří kromě již zmíněného přírodního sýru také suroviny mléčného původu. Do této skupiny se řadí mléčné bílkovinné složky, kaseinát nebo sušené mléko a sušená syrovátka. Mezi další suroviny pro výrobu tavených sýrů lze zařadit mléčný tuk, čili máslo nebo smetanu [7, 18]. Máslo, či smetana slouží především ke zvýšení obsahu tuku, a to i tuku v sušině. Další složkou pro výrobu tavených sýrů může být sýr, který byl již utavený, tzv. krém (rework), díky kterému je možné dosáhnout jemnější a stabilnější konzistence tavených sýrů [1, 4, 7, 12].

1.4.4 Suroviny nemléčného původu

Jsou druhem surovin nevyrobených za pomoci mléka. Můžeme mezi tyto suroviny zařadit pitnou vodu, jejichž vliv spočívá v úpravě obsahu sušiny, nebo různé příchutě na ochucení tavených sýrů (houby, masová složka, koření, zelenina aj.). K surovinám nemléčného původu také můžeme zařadit přídatné látky, do kterých se řadí hydrokoloidy. Hydrokoloidy jsou bílkovinné nebo sacharidické povahy, schopné ovlivnit strukturu systému během skladování nebo technologických operací. Do skupiny hydrokoloidů řadíme karagenany, jež se získávají extrakcí z červených mořských řas z čeledi *Rhodophyceae*. Karagenany jsou vysokomolekulární lineární anionaktivní polysacharidy, jejichž využití spočívá ve zlepšení technologických vlastností blokových a plátkových sýrů. Také slouží jako prevence lepidlosti na obaly u roztíratelných výrobků. Se vzrůstající koncentrací κ -karagenanu i ι -karagenanu dochází ke změně povahy gelu, který vykazuje vyšší tuhost [7, 10, 12, 26].

2 PROCES VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ

Tavené sýry se vyrábí záhřevem surovin za přídavku tavicích solí během neustálého míchání a částečného podtlaku až do vzniku homogenní hmoty o požadovaných vlastnostech. Před začátkem samotné výroby tavených sýrů je nutný výběr složek a jejich příprava, do které se řadí očištění, omytí, oškrábání, a to podle připravené receptury. Dále následuje rozemletí, použití tavicích solí, promíchání, tavení, formování a balení taveniny. Tavenina se chladí a skladuje. Během celé výroby je nezbytná přítomnost tavicích solí. Existují dva způsoby, jak lze vyrobit tavené sýry. Výroba může probíhat kontinuálně nebo diskontinuálně. V České republice se tavené sýry vyrábí většinou diskontinuálně v tzv. tavicích kotlích [7, 18]. Hlavní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry, u kterých je potřeba před samotným tavením provést očištění, nakrájení a rozemletí. Takto připravený sýr je poté smíchán se zbylými surovinami. Surovinová skladba je sestavena dle požadavků na obsah sušiny a obsahu tuku v sušině ve finálním výrobku. Pro výrobu je možné využít i více druhů sýrů s různou dobou zrání [7].

2.1 Diskontinuální způsob

Tento proces zahrnuje přípravu směsi, která je určena k tavení, přídavek daného množství tavicích solí, proces tavení a balení taveniny, chlazení, skladování a poté následuje expedice finálních výrobků. Pro výrobu tavených sýrů je důležité použití kvalitních přírodních sýrů. Využívají se sýry přírodní polotvrdé a tvrdé. K nejvíce používaným sýrům se řadí zástupci sýru Holandského typu (eidam, gouda), nebo například sýry tzv. švýcarského typu (ementál). Pro samotnou výrobu tavených sýrů je možné také použít sýry, které mohou být mechanicky poškozené, tyto sýry se nesmí uvádět přímo do prodeje, ale z ekonomického důvodu je jejich zpracování vhodné. Přídavek tvarohu zajišťuje vyšší obsah tukuprosté sušiny. Přídavkem pitné vody dochází k upravení obsahu sušiny. Smetana či máslo se používá pro zvýšení obsahu tuku. Čím méně tuku finální výrobek obsahuje, tím více se jeho funkční vlastnosti zhoršují, což se může projevit vyšší tvrdostí výrobku nebo nedostačující tavicí schopností. Kvalita dalších surovin se posuzuje podle potřeby kritérií pro výrobu, ať mezi ně již řadíme chuť, konzistenci, obsah tuku v sušině, pH finálního výrobku, obsah tuku, nebo například použití soli, ochucovadel nebo koření. Další důležitou surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou tavicí soli, jak již bylo zmíněno v podkapitole 1.4.2. Obvykle se používají v množství 2 - 3 % hmotnosti finálního výrobku. Limitní hodnota pro použití fosforečné tavicí soli se pohybuje v rámci 20 g (vyjádřeno jako P_2O_5) na 1 kg taveného sýru.

Zprůměrováním se výsledná hodnota obsahu tavicích solí pohybuje v rámci 3,5 % (w/w). Pro samotnou výrobu tavených sýrů není důležité nejen množství použitých tavicích solí, ale také složení jejich skladby. Tavicí soli jsou schopny nejen ovlivnit výsledné vlastnosti tavených sýrů, konkrétněji texturní vlastnosti (tuhost, lepivost), ale i pH nebo možnost a intenzitu opětovného roztavení. Jedním z prvních kroků výroby tavených sýrů je zbavení se nečistot u přírodních sýrů, jejich nakrájení na menší kusy a mělnění na homogenní směs. Čím lépe je směs rozmělněná, tím více se zkracuje doba tavení a výsledný produkt není tvořen hrubými kusy. Rozmělněná a připravená směs se následně dopravuje do tzv. tavicího kotle, po smísení všech surovin a přídavku tavicích solí se tavicí kotel uzavře a začíná samotný tavicí proces. Tavicí proces probíhá za sníženého tlaku z důvodu odstranění vzduchových bublin z výrobku a v krátkém časovém úseku. Za těchto podmínek dochází ke zvýšení teploty až na tavicí teplotu. Následuje poměrně rychlý záhřev směsi na tzv. tavicí teplotu, která se pohybuje v rozmezí 90 - 100 °C. Záhřev může probíhat mezipláštěm a nebo kombinací se vstřikováním páry. Během neustálého míchání se tavicí teplota udržuje několik desítek sekund. Tuhost výrobku se s vzrůstající dobou tavení zvyšuje a dochází k tzv. překrémování. Překrémování je nežádoucí jev finálního výrobku, kdy dochází ke vzniku hmoty, která vykazuje konzistenci pudinku a projevuje se vysokou viskozitou. Následným krokem je samotné balení taveniny. Horká tavenina o teplotě 70 °C se formuje, balí a dávkuje do forem, které jsou vyloženy hliníkovou fólií (z vnitřní strany jsou formy lakované) a uzavírá se. Balení taveniny musí proběhnout ihned po natavení, aby se zamezilo nežádoucí kontaminaci mikroflórou. Balení finálních výrobků probíhá strojově. Využívá se plastových kelímků, které jsou opatřeny přivařitelným víčkem, dále tub či sklenic. Výsledný produkt může mít různé tvary, ať již tvaru trojúhelníků nebo hranolu. Zvýšení trvanlivosti výrobku docílíme zavařením obalu formy se směsí. Hodnoty teploty nesmí přesáhnout 70 °C. Velmi důležitým krokem při výrobě tavených sýrů je chlazení výrobku, které v případě roztíratelných tavených sýrů musí probíhat co nejrychleji. Čím pomaleji chlazení bude probíhat, tím více může docházet k ovlivnění konzistence finálních výrobků. Balené výrobky se uchovávají za teplot 4 - 8 °C. Vzhledem k nízkým teplotám skladování může docházet k mikrobiologickým vadám tavených sýrů a to působením psychrotrofních mikroorganismů nebo mikroorganismů, jenž jsou schopny růstu za atmosféry s nízkým obsahem kyslíku. Dalšími patogenními kontaminanty jsou mikroorganismy, které jsou schopny přežít tavicí teplotu či se do výrobku dostat jako sekundární kontaminanty, mezi které lze zařadit *Staphylococcus aureus* a *Listeria monocytogenes*. Minimalizace nežádoucí

kontaminace spočívá například v aplikaci bakteriocinů (bakteriocin - antimikrobiální látka peptidu produkovaná bakteriemi, která neinhibuje růst producenta). Při dodržování pravidel výběru kvalitní suroviny, která nebyla kontaminována a dodržováním hygienických podmínek během procesu výroby i při skladování můžeme říct, že lze spotřebiteli zajistit tavený sýr jako bezpečnou potravinu [5, 7, 20, 22 - 24, 27]. Se skladováním finálních výrobků přímo souvisí i doba, po kterou se mohou tavené sýry konzumovat. Minimální doba trvanlivosti tavených sýrů se pohybuje v rozmezí několika měsíců. Produkty obsahující vyšší zastoupení vody jsou náchylnější k délce skladování, jedná se například o lehce roztíratelné sýry, oproti výrobkům s tužší konzistencí. Jak je výše uvedeno, hodnota skladování by se měla pohybovat v rozmezí 4 - 8 °C. Zvýšení teploty k hranici 20 °C a výše může vést k riziku mikrobiální kontaminace, která se projeví změnou barvy produktu [5].

Dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. v platném znění musí být na obalu uvedeno: název druhu; tavený sýr, tavený sýrový výrobek a syrovátkový sýr rovněž názvem skupiny, obsah tuku nebo tuku v sušině, obsah sušiny, použitá ochucující složka [4].

2.2 Kontinuální způsob

Kontinuální způsob výroby tavených sýrů spočívá v kombinaci teplot a časů, jež jsou schopny zajistit sterilační efekt. Dochází během něj nejen k inaktivaci vegetativních forem mikroorganismů, ale i k inaktivaci spor bakterií. Jestliže probíhá výroba i balení finálních výrobků za aseptických podmínek, mluvíme o výrobcích s dlouhou dobou skladovatelnosti. Proces výroby tavených sýrů spočívá v záhřevu směsi v nerezových trubkách v tenké vrstvě o teplotě 130 - 145 °C po dobu několika sekund. Následuje fáze krémování za stálého míchání za nižších teplot a konečné balení výrobku, tzv. sterilovaných sýrů [5, 7, 23 - 24].

3 ŘECKÉ JOGURTY

Řecké jogurty patří k nejoblíbenějším produktům v celkové kategorii jogurtů. Především jsou významné kvůli svým nutričním hodnotám a to ve srovnání s tradičními jogurty. Řecké jogurty a jogurty řeckého typu jsou v současnosti nejrychleji rostoucími produkty mlékárenského průmyslu [28, 29]. Tento druh výrobku vznikl na Středním východě [30, 31, 32]. Řecké jogurty a jogurty řeckého typu se v dnešní době vyrábí v mnoha zemích, například na Balkánu, ve východním Středomoří a na indickém subkontinentu. Řecký jogurt je produkt obsahující 23 - 25 % celkové pevné látky na 100 g, z toho 8 - 11 % na 100 g je tuk. V Řecku probíhá výroba řeckého jogurtu z ovčího nebo kozího mléka a je velmi často využíván pro přípravu pokrmu tzatziki [33].

3.1 Obecná charakteristika

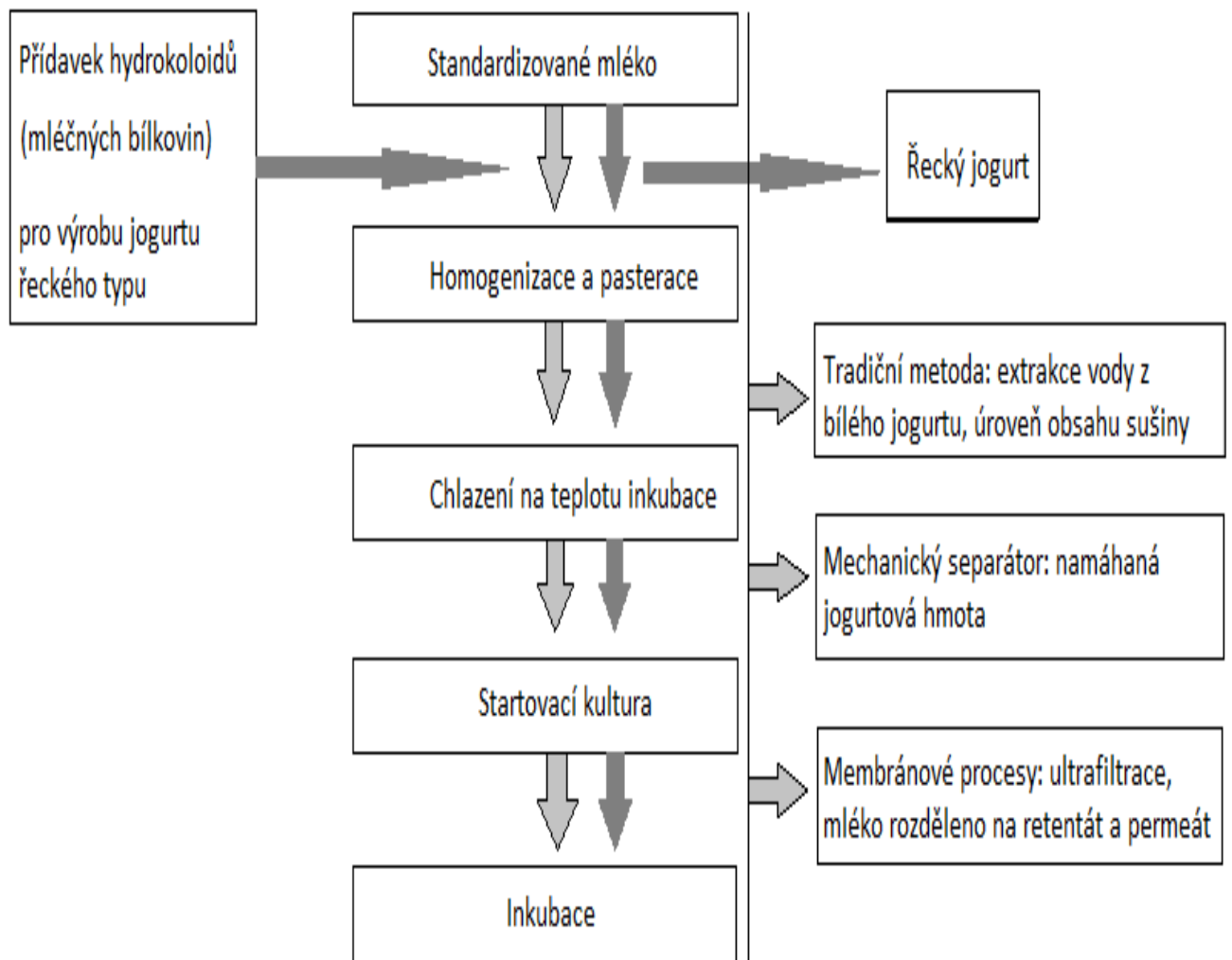
Řecké jogurty jsou v dnešní době často využívanou potravinou. Z hlediska vyhlášky Ministerstva zemědělství České republiky č. 397/2016 Sb., v platném znění, se řecký jogurt značí jako jogurt, u kterého byl zvýšen obsah sušiny odebráním syrovátky, a který obsahuje nejméně 5,6 % (w/w) mléčných bílkovin, které nebyly do výrobku záměrně přidány v koncentrované formě. Na obale výrobku se uvede země původu výrobku podle nařízení o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. Jako jogurt řeckého typu nebo jogurt řeckého stylu se značí jogurt, který obsahuje nejméně 5,6 % bílkovin, čehož bylo dosaženo přidáním koncentrovaných bílkovinných mléčných složek před zahájením kysacího procesu [4]. Řecké jogurty jsou často konzumovány jak v České republice, tak i v zahraničí a to především kvůli jejich plné chuti a nízkému obsahu tuku [30, 31]. Z důvodu procesu, který zvyšuje hodnotu sušiny, obsahují méně laktózy než běžné jogurty, ale naopak disponují vyšším obsahem sušiny. Díky tomuto faktoru se jogurty řeckého typu konzumují ve větší míře, jelikož vykazují vyšší nutriční hodnoty. Koncentrovaný jogurt neboli řecký jogurt je fermentovaný polotuhý výrobek. Řecké jogurty se vyznačují poměrně vysokým obsahem mléčného tuku a mléčné sušiny bez tuku. Mají jemnou, mírně nakyslou chuť v důsledku nepřítomnosti syrovátky. Jsou dobře stravitelné. Tradiční řecké jogurty jsou pevné, krémové nebo tekuté konzistence vyrobené z mléka nebo mléčné složky za pomoci termofilních bakterií mléčného kvašení [32].

3.2 Proces výroby

Řecký jogurt je fermentovaný mléčný výrobek vyrobený eliminací syrovátky z jogurtu [32]. Řecké jogurty mohou být vyráběny za použití přídatku hydrokoloidů nebo proteinů ve formě aditiv, které zlepšují texturu a kvalitu jogurtu. Mají schopnost zadržovat vodu a díky tomu tvořit strukturu gelovité konzistence. Také mohou být vyrobeny pomocí přídatku sušených ingrediencí, včetně mléčných proteinových složek, čímž lze docílit silnější textury [28, 29]. Jako základní surovina pro výrobu jogurtu řeckého typu se používá mléko. Může se použít kravské nebo například i kozí. Složení mléka ovlivňuje výrobní podmínky, smyslové kvality, ale i nutriční vlastnosti jogurtů. Mléčný tuk dokáže stabilizovat proteinový gel, který se vytvoří po fermentaci a oddělení syrovátky [34].

Tradiční metoda výroby jogurtu řeckého typu zahrnuje zpracování jogurtu, který je vložen do sýrařského plátna až do doby dosažení požadované úrovně obsahu sušiny. Sýrařské plátno je zavěšeno v chladu, kdy dochází k odtékání syrovátky a ke zvýšení obsahu sušiny s přídatkem látek. Poté se hmota vede do tzv. tanku, ve kterém se hmota míchá. Výsledkem procesu malovýroby je finální výrobek, který se následně balí a expeduje. Moderní výroba zahrnuje využití centrifugace a ultrafiltrace [29].

Prvním krokem výroby jogurtu řeckého typu je standardizace směsi tuku a tukuprosté sušiny použitím odstředěného mléka. Poté nastává tepelné zpracování směsi o teplotě 97 °C po dobu 10 minut. Proces výroby zahrnuje také homogenizaci směsi za teploty 60 °C. Směs se poté chladí na teplotu asi 45 °C. Dalším výrobním krokem je fermentace, kdy se ke směsi přidávají jogurtové kultury, mezi které řadíme bakterie mléčného kvašení *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. Bakterie za daných teplot přeměňují mléčné cukry (laktózu) na kyselinu mléčnou, snižují pH mléčné kultury a způsobují tuhnutí. Tento proces je důležitou podmínkou pro vznik jogurtu řeckého typu. Při procesu dochází k okyselení a ke srážení jogurtu a k vývoji charakteristické chuti jogurtu řeckého typu. Inkubace probíhá při teplotě 43 °C až do hodnoty pH 4,5. Poté dochází k odstranění přebytečné syrovátky a k zisku požadované úrovně obsahu sušiny. Výsledný produkt se balí do kelímků a distribuuje v chladu [32]. Následující Obrázek č. 2 popisuje zpracovatelské kroky při výrobě jogurtu řeckého typu.



Obrázek 2: Zpracovatelské kroky při výrobě řeckého jogurtu (upraveno dle [28]).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce bylo sledovat vybrané vlastnosti tavených sýrů obohacené řeckým jogurtem během doby skladování. Vzorky byly vyrobeny za použití tavicích solí trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) a trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$). U vzorků také došlo k úpravě pH na cílovou hodnotu 5,6 - 5,8. Vzorky byly také produkovány bez úpravy pH.

Cílem teoretické části bakalářské práce byla:

- studie tavených sýrů zaměřená na charakteristiku tavených sýrů, popis surovin pro výrobu tavených sýrů, zejména tavicích solí, a to konkrétně využití trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem a trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem,
- popis výrobního procesu tavených sýrů,
- charakteristika řeckého jogurtu, proces výroby.

Cílem praktické části bakalářské práce bylo:

- vyrobit modelové vzorky tavených sýrů za použití jogurtu řeckého typu a tavicích solí trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem a trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem,
- provést základní chemickou, texturní a reologickou analýzu modelových vzorků,
- vyhodnotit a zformulovat výsledky a závěry.

5 MATERIÁL A METODIKA

5.1 Popis experimentu

Praktická část bakalářské práce zahrnovala výrobu modelových vzorků za použití základních surovin a tavicích solí trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem a trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem. Vyrobené vzorky byly skladovány při teplotě 6 ± 2 °C a analýza byla prováděna po dobu 60 - ti dnů, v pravidelných intervalech (2., 9., 16., 30., 60. den). U vzorků byla provedena základní chemická analýza, přičemž bylo sledováno pH a obsah sušiny. Dále byly vzorky podrobeny texturní analýze, kdy byla sledována tvrdost, a reologické analýze.

5.2 Výroba modelových vzorků tavených sýrů

Experimentální část bakalářské práce byla zahájena výrobou modelových vzorků tavených sýrů o hodnotě sušiny 40 % (w/w) a obsahu tuku v sušině 50 % (w/w). Pro výrobu modelových vzorků byly použity základní suroviny:

- eidamská cihla s obsahem sušiny 50 % hmotnostních a obsahem tuku v sušině 30 % hmotnostních; zralost 7 týdnů; výrobce Kromilk, Kroměříž, Česká republika,
- máslo s obsahem sušiny 84 % hmotnostních a obsahem tuku v sušině 82 % hmotnostních; Tatra, Mlékárna Hlinsko, Česká republika,
- tavicí soli trifosforečnan sodný s lineárním řetězcem a trifosforečnan sodný s cyklickým řetězcem; výrobce Fosfa, Břeclav, Česká republika,
- řecký jogurt; výrobce Kri Kri S. A., Řecko,
- pitná voda.

Výroba tavených sýrů probíhala za laboratorních podmínek za použití tavicího přístroje Vorwerk Thermomix TM 31 (Vorwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Německo) za teploty tavení 90 °C po dobu 1 minuty. Celková doba tavení se pohybovala v rozmezí 10 až 12 minut. Vzniklá horká tavenina se poté ihned dávkovala do přichystaných polypropylenových kelímků, které byly poté zažehleny hliníkovým víčkem. Vyrobené modelové vzorky tavených sýrů byly po celou dobu skladovány při chladírenské teplotě 6 ± 2 °C.

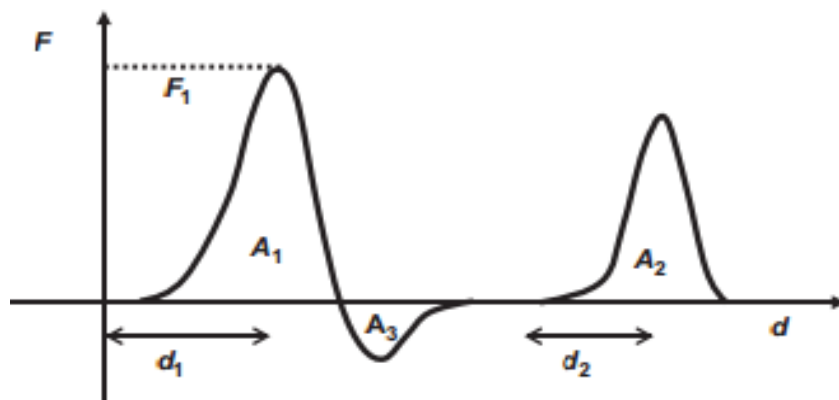
5.3 Základní chemická analýza

K základním aspektům hodnocení v chemické analýze se řadí měření pH a stanovení obsahu sušiny ve stanovovaném vzorku. Hodnota pH je definována jako záporně vzatý dekadický logaritmus aktivity oxoniových kationtů. Měření hodnot pH bylo prováděno vpichem do vzorků pomocí pH metru se skleněnou elektrodou; výrobce Eutech. Vždy byly analyzovány tři vzorky vyrobené za přídavku trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem a tři vzorky za přídavku trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem, a to bez úpravy pH a s úpravou pH. Každý vzorek byl měřen třikrát v náhodných místech. Stanovení obsahu sušiny bylo prováděno podle normy ČSN EN ISO 5534 do konstantního úbytku hmotnosti sušením za teplot $102 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ [35].

5.4 Texturní analýza

Texturní profilová analýza (TPA) je metoda sloužící k charakterizaci textury materiálu. Řadí se k významným ukazatelům kvality výrobků, u kterých určuje požadované vlastnosti [36, 37].

Modelové vzorky tavených sýrů byly podrobeny texturní analýze prostřednictvím texturního analyzátoru TA.XTPlus; Stable Micro Systems Ltd., Velká Británie. Analýza byla provedena pomocí válcové sondy o průměru 20 mm a hloubce 10 mm s rychlostí penetrace 2 mm/s. Využitím této analýzy byla sledována tvrdost. Tvrdost (pevnost) udává sílu potřebnou k dosažení dané deformace (maximální sílu potřebnou při průniku materiálu). Jednotkou tvrdosti je newton (N) [38].



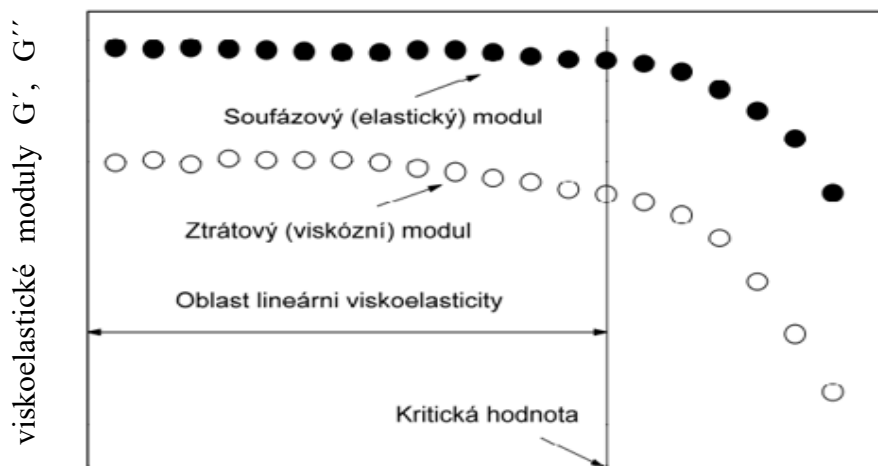
Obrázek 3: Křivka texturní analýzy ($F = \text{síla}[N]$, $d = \text{čas}[s]$) [37].

5.5 Reologická analýza

Reologická analýza slouží k identifikaci textur a strukturálních vlastností. Tato analýza je založena na principu deformace vzorku využitím různých druhů nástrojů [37]. Modelové vzorky tavených sýrů byly podrobeny reologické analýze při 30. dni skladování. Pro zkoumání viskoelastických vlastností modelových vzorků tavených sýrů byl použit dynamický oscilační smykový reometr RheoStress 1; HAAKE, Brémy, Německo; vybavený deskou o průměru 35 mm při dané teplotě. Pro měření viskozity, elastického modulu pružnosti (G'), ztrátového modulu pružnosti (G'') byla použita frekvence 1 Hz. Tangens úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) se získává z již zmíněných parametrů a vyjadřuje vztah mezi elastickým modulem pružnosti a ztrátovým modulem pružnosti [39]. Komplexní modul (G^*) se následně počítá pomocí elastického modulu pružnosti a ztrátového modulu pružnosti dle vzorce:

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

Viskozita (Pa s) udává odpor materiálu vůči tečení. Viskozitu ovlivňuje mnoho parametrů, řadíme zde například teplotu, se kterou viskozita klesá. Dalším parametrem je tlak, při kterém je viskozita na tlaku nezávislá. Elastický modul pružnosti (G') udává schopnost viskoelastického materiálu ukládat vratně energii, materiál vykazuje tedy elastické chování (pevnost). Jednotkou elastického modulu pružnosti je pascal (Pa). Ztrátový modul pružnosti (G'') vykazuje nevratnou disipaci (přeměnu) tepla, materiál vykazuje viskózní chování (tekutost). Jednotkou ztrátového modulu pružnosti je pascal (Pa) [40].



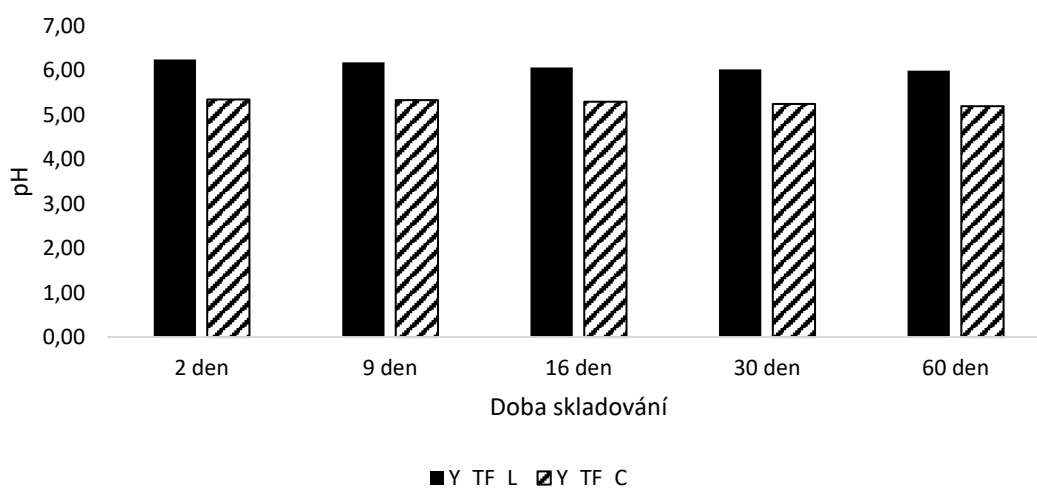
Obrázek 4: Grafické znázornění závislosti viskoelastických modulů G' a G'' na deformaci γ [-] a napětí σ [Pa] [40].

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

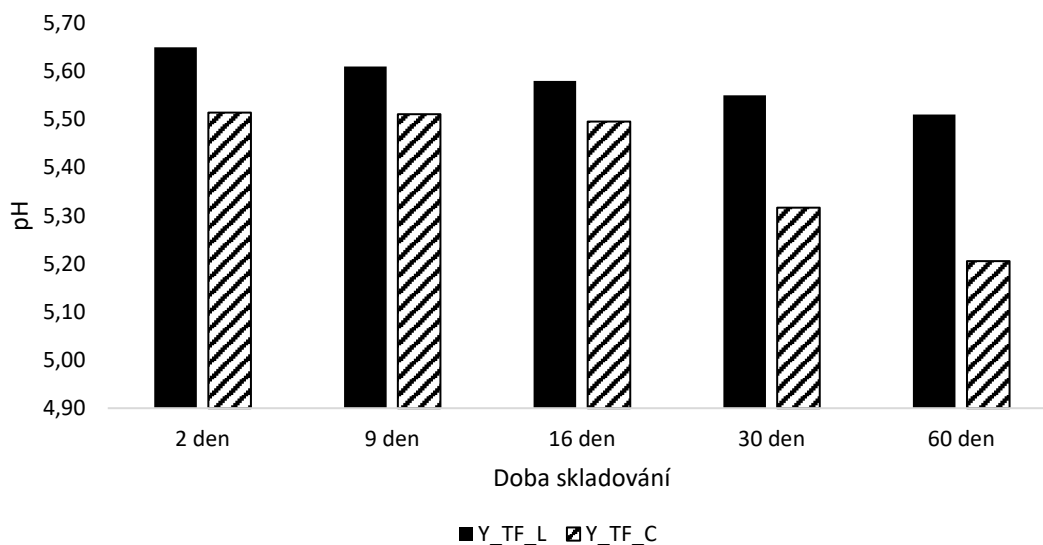
6.1 Výsledky stanovení sušiny a pH

Cílem bylo vyrobit modelové vzorky tavených sýrů o požadovaném obsahu sušiny 40 % hmotnostních. Vyrobené modelové vzorky tavených sýrů tvořily obsah sušiny v intervalu 40,12 - 40,86 % hmotnostních. Tento interval odpovídá cílové hodnotě, tudíž je akceptovatelný a umožňuje porovnat vyrobené vzorky tavených sýrů.

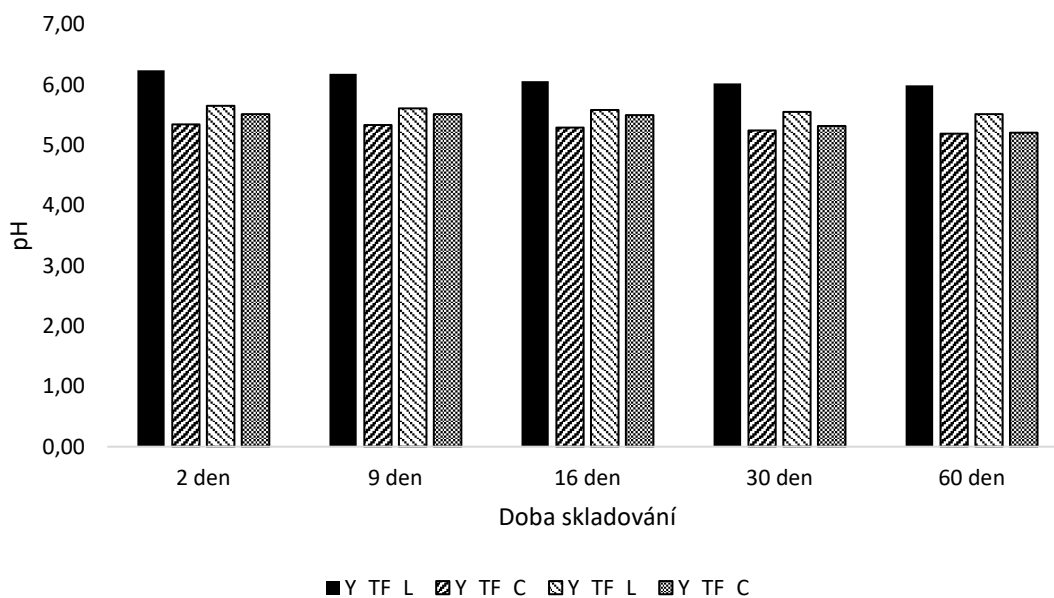
Modelové vzorky tavených sýrů za použití surovin řeckého jogurtu a tavicích solí trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem a trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem při době skladování 60 - ti dnů v pravidelných intervalech (2., 9., 16., 30. a 60. den) za teploty 6 ± 2 °C vykazovaly hodnoty bez úpravy pH v rozmezí 5,19 - 6,24. Tento interval je dán použitím tavicí soli o různých pufracích schopnostech [41]. Vzorky vyrobené pomocí tavicí soli trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem vykazovaly vyšší hodnoty pH než vzorky vyrobené za použití tavicí soli trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem. S nárůstem doby skladování pH modelových vzorků tavených sýrů klesá. Pokles pH může být způsoben hydrolýzou polyfosforečnanů nebo degradací laktózy [42]. Modelové vzorky vyrobeny za úpravy pH vykazovaly hodnoty v rozmezí 5,21 - 5,65. I zde vykazovaly vyšší hodnoty pH vzorky vyrobené za použití tavicí soli trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem. S nárůstem doby skladování opět hodnoty pH klesaly. Vývoj hodnot pH modelových vzorků je znázorněn na Obrázcích 5 - 7.



Obrázek 5: pH modelových vzorků tavených sýrů během 60 denního skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Vzorky jsou produkovány bez úpravy pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.



Obrázek 6: pH modelových vzorků tavených sýrů během 60 denního skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Vzorky jsou produkovány s úpravou pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.



Obrázek 7: pH modelových vzorků tavených sýrů během 60 denního skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Vzorky jsou produkovány bez úpravy i s úpravou pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.

Na základě naměřených výsledků pH modelových vzorků tavených sýrů vyrobených za použití tavicích solí trifosforečnanu lineárního a cyklického a také řeckého jogurtu lze konstatovat mírný pokles hodnot pH během 60 - ti denního skladování za teplot $6 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

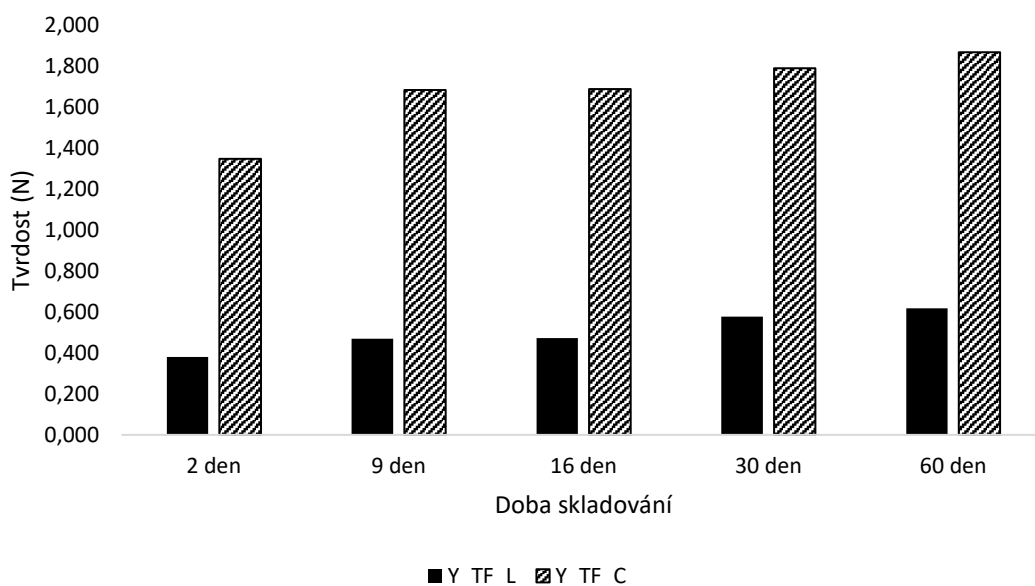
Z Obrázku 5 je patrné, že při zvyšující se době skladování modelových vzorků tavených sýrů klesá hodnota pH. Vyšší hodnoty pH vykazují vzorky vyrobené pomocí trifosforečnanu lineárního během doby skladování za teplot $6 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Z Obrázku 6 je patrné, že při zvyšující se době skladování modelových vzorků tavených sýrů klesá pH. Modelové vzorky vyrobené pomocí tavicí soli trifosforečnanu lineárního vykazují vyšší hodnoty pH během skladování za teploty $6 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Z Obrázku 7 je patrné, že s rostoucí dobou skladování klesají hodnoty pH modelových vzorků. Nejvyšší hodnoty pH vykazují modelové vzorky vyrobené za použití tavicí soli trifosforečnanu lineárního a to bez úpravy pH.

Změna pH může být způsobena přítomností tavicích solí fosforečnanů ve vzorcích, protože dokáží ovlivnit přítomnost proteinů a tím upravit podmínky prostředí [20]. Optimální pH pro roztíratelné tavené sýry se pohybuje v rozmezí 5,6 - 5,8 [41]. Při výrobě tavených sýrů bez úpravy pH za přítomnosti trifosforečnanu lineárního se hodnoty pH pohybují nad optimální hranicí pH, což znamená, že vyrobené vzorky vykazovaly tekutější a měkčí konzistenci. Vzorky vyrobeny přidavkem trifosforečnanu cyklického naopak vykazovaly hodnoty pH pod hranicí optimálních podmínek, což vede k tužší konzistenci modelových vzorků. Modelové vzorky vyrobené opět za přidavku trifosforečnanu cyklického a lineárního s úpravou pH vykazovaly při použití trifosforečnanu lineárního optimální hodnoty pH, naopak vzorky připravené za pomocí tavicí soli trifosforečnanu cyklického vykazovaly hodnoty pH mírně pod optimální hranicí [20, 23, 25].

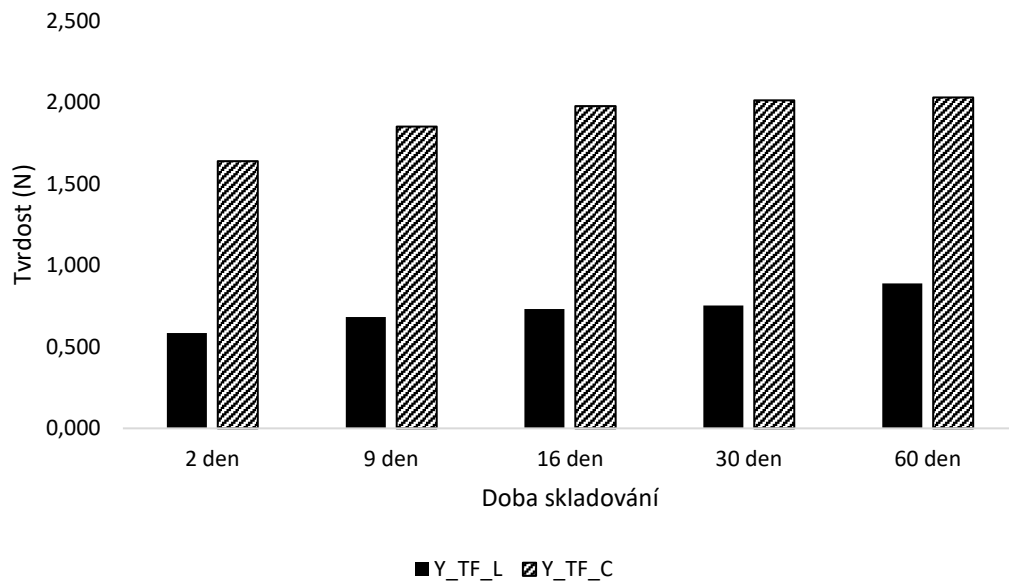
6.2 Výsledky stanovení tvrdosti

Texturní analýza slouží k určení textury materiálu, v tomto případě se jedná o modelové vzorky tavených sýrů. Tvrdost je důležitým ukazatelem pro určení kvality výrobků, u kterých je požadována vhodná pevnost výrobku. Ke změnám konzistence mohou přispívat fosforečné tavicí soli, které byly použity při výrobě modelových vzorků tavených sýrů [36, 37].

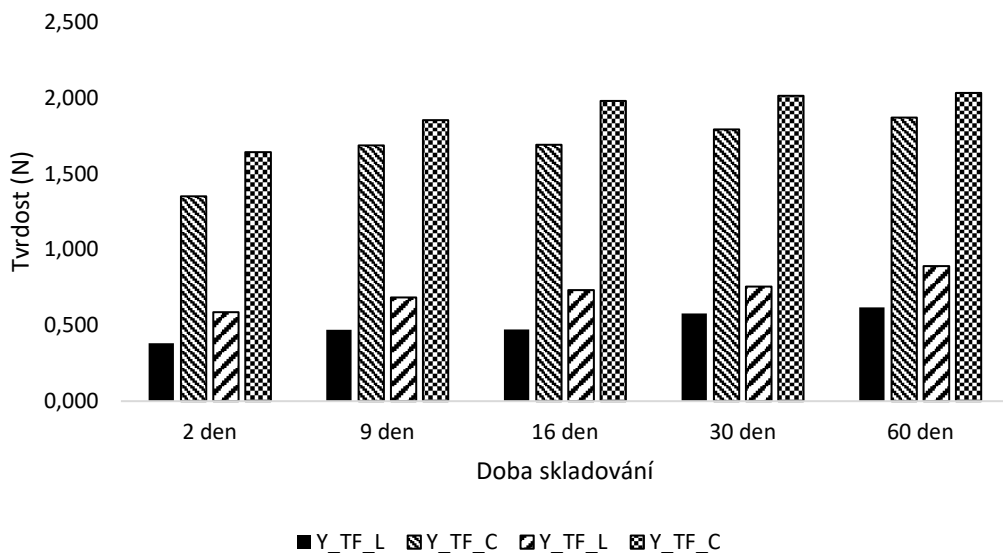
Výsledky stanovení tvrdosti jsou uvedeny v Obrázcích 8 - 10. V následujících grafech jsou znázorněny výsledky tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů za použití tavicích solí trifosforečnanu lineárního a cyklického s přidavkem řeckého jogurtu při délce skladování 60 - ti dnů za teplot $6 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.



Obrázek 8: Vývoj tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů během 60 dnů skladování při teplotě $6 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Vzorky byly produkovány bez úpravy pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.



Obrázek 9: Vývoj tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů během 60 dnů skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Vzorky byly produkovány s úpravou pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.



Obrázek 10: Vývoj tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů během 60 dnů skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Vzorky byly produkovány bez úpravy i s úpravou pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.

Obrázek 8 popisuje závislost tvrdosti modelových vzorků na délce skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Při zvyšující se době skladování modelových vzorků roste tvrdost. Je to dáno hydrolyzou fosforečnanů s více než dvěma atomy fosforu na vazby jednodušší. Tvrdost je značně vyšší u vzorků vyrobených pomocí tavicí soli trifosforečnanu cyklického bez úpravy pH. Obrázek 9 popisuje závislost tvrdosti modelových vzorků na délce skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Při zvyšující se době skladování modelových vzorků roste tvrdost. Tvrdost je značně vyšší u vzorků vyrobených pomocí tavicí soli trifosforečnanu cyklického s úpravou pH na hodnoty 5,6 - 5,8 určující ideální pH pro tavené roztíratelné sýry. Z Obrázku 10 je patrné, že při zvyšující se době skladování dochází k postupnému zvyšování tvrdosti u modelových vzorků tavených sýrů. Schopnost fosfátů rozptýlit kaseiny vázané v síti nejspíše souvisí s jejich schopností vázat vápník do komplexů [38]. Tvrdost vzorků je nejnižší za použití monofosfátů. S rostoucím počtem atomů fosforu v molekule použitého fosforečnanu jako emulgační soli se zvyšují hodnoty tvrdosti u finálních výrobků [43]. Vliv fosfátů na tvrdost u vyrobených tavených sýrů popisují Dimitreli a Thomareis [44].

6.3 Výsledky stanovení reologické analýzy

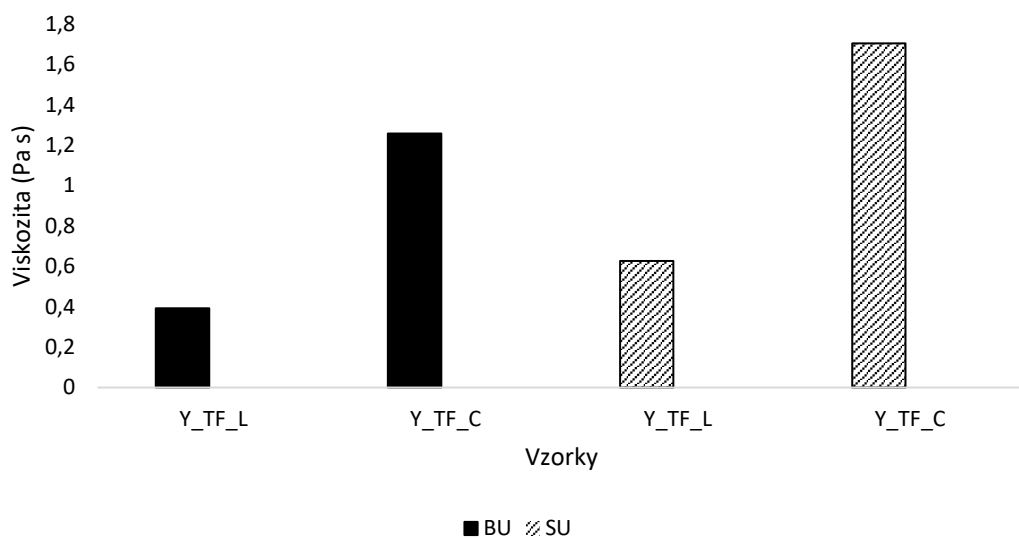
Modelové vzorky tavených sýrů byly podrobeny reologické analýze pouze při 30. dni skladování za použití frekvence 1 Hz. Byly naměřeny hodnoty pro viskozitu, elastický modul pružnosti, ztrátový modul pružnosti a z těchto parametrů byl zjištěn úhel fázového posunu. Tabulka 2 znázorňuje naměřené hodnoty pro modelové vzorky tavených sýrů bez úpravy a s úpravou pH.

Tabulka 2: Modelové vzorky tavených sýrů podrobené reologické analýze při 30. dni skladování bez úpravy a s úpravou pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.

Vzorky		Parametry				
		Viskozita (Pa s)	Elastický modul pružnosti (G'; Pa)	Ztrátový modul pružnosti (G''; Pa)	Komplexní modul (G*; Pa)	tan δ
BU	Y_TF_L	0,393	0,716	3,013	3,097	4,208
	Y_TF_C	1,258	1,723	9,253	9,412	5,370
SU	Y_TF_L	0,627	0,630	2,940	3,006	4,667
	Y_TF_C	1,705	2,278	7,569	8,030	3,323

Z následujících naměřených hodnot viskozity (Pa s) byl sestrojen graf pro modelové vzorky tavených sýrů vyrobených pomocí tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu. Vzorky byly produkovány bez úpravy pH i s úpravou pH a byly podrobeny reologické analýze pouze při 30. dni skladování.

Z Tabulky 2 lze vyčíst, že ať byly vzorky produkovány bez úpravy pH a nebo s úpravou pH, vždy vykazovaly vyšší hodnoty viskozity modelové vzorky tavených sýrů, které byly vyrobeny pomocí tavicí soli trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.



Obrázek 11: Vývoj viskozity modelových vzorků tavených sýrů během 30. dne skladování. Vzorky byly produkovány bez úpravy pH i s úpravou pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.

Z Obrázku 11 je patrné, že viskozita je vyšší u modelových vzorků tavených sýru za použití tavicí soli trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a to bez úpravy pH i s úpravou pH za dané teploty a skladování pouze při 30. dni. Naopak viskozita u modelových vzorků tavených sýrů za použití tavicí soli trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu je mnohem nižší. Vzorky tedy vykazují tekutější konzistenci. Viskozita může být ovlivněna použitím různých emulgačních solí, samotnou výrobou modelových vzorků tavených sýrů, kdy je důležité dostatečně rychlé promíchání a následná manipulace se vzorky, anebo použití suroviny řeckého jogurtu, kdy mohou vykazovat pevnou, krémovou či tekutou konzistenci, protože se pro jejich výrobu používá mléčných proteinových složek, čímž tedy můžeme docílit pevnější textury vzorku [28, 29, 32].

Dále byly u modelových vzorků tavených sýrů naměřeny hodnoty pro elastický modul pružnosti (G' ; Pa) a ztrátový modul pružnosti (G'' ; Pa). Elastický modul pružnosti (G' ; Pa) udává schopnost viskoelastického materiálu ukládat vratně energii, materiál tedy vykazuje elastické chování (pevnost). Ztrátový modul pružnosti (G'' ; Pa) vykazuje nevratnou přeměnu tepla, materiál tedy vykazuje viskózní chování (tekutost) [40]. Z naměřených hodnot lze tedy

odvodit, že modelové vzorky tavených sýrů vždy vykazovaly vyšší hodnoty ztrátového modulu pružnosti než elastického modulu pružnosti $G'' > G'$. Zvýšení pevnosti a elasticity vzorků může být způsobeno postupnou hydrolyzou polyfosfátů, jejichž množství se zvyšuje ve směsi. Lineární fosfáty podléhají hydrolyze v různých oblastech během zpracování, tedy procesu tavení, a skladování zpracovaného sýru. Výroba modelových vzorků za přídavku fosfátových solí způsobuje tvorbu produktů s odlišnými viskoelastickými vlastnostmi. Mezi další faktory, které ovlivňují viskoelastické vlastnosti, můžeme zařadit hodnoty pH [40, 45]. V rámci porovnání elastického modulu pružnosti a ztrátového modulu pružnosti můžeme tedy u modelových vzorků tavených sýrů konstatovat, že vzorky vykazovaly viskózní chování (tekutost).

Tangens úhlu fázového posunu (δ) vyjadřuje vztah mezi elastickým modulem pružnosti a ztrátovým modulem pružnosti [39]. Tangens úhlu fázového posunu slouží u tavených sýrů k indikaci, zda v tavených sýrech převažují vlastnosti viskózní a nebo elastické. Pokud je hodnota $\tan \delta < 1$, tavený sýr vykazuje elastické vlastnosti (pevnost). Jestliže je hodnota $\delta > 1$, tavený sýr vykazuje viskózní vlastnosti (tekutost) [46, 47]. Z naměřených hodnot uvedených v Tabulce 2 lze odvodit, že vyrobené modelové vzorky tavených sýrů vykazují viskózní chování (tekutost).

ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na studium vybraných vlastností tavených sýrů obohacených řeckým jogurtem. Cílem bylo vyrobit modelové vzorky tavených sýrů za použití jogurtu řeckého typu a tavicích solí, konkrétně trifosforečnanu lineárního a trifosforečnanu cyklického. Modelové vzorky byly skladovány během doby 60 - ti dní za teploty 6 ± 2 °C, a byly podrobeny základní chemické analýze, texturní profilové analýze a reologické analýze v pravidelných intervalech (2., 9., 16., 30. a 60. den).

Na základě naměřených výsledků lze konstatovat, že:

- obsah sušiny modelových vzorků tavených sýrů se pohyboval v rozmezí 40,12 - 40,86 % hmotnostních,
- hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů za přídavku řeckého jogurtu s úpravou i bez úpravy pH vykazovaly klesající tendenci během doby skladování,
- tvrdost modelových vzorků tavených sýrů za přídavku řeckého jogurtu s úpravou i bez úpravy pH se vzrůstající dobou skladování stoupala,
- viskozita modelových vzorků tavených sýrů za přídavku řeckého jogurtu bez úpravy i s úpravou pH při 30. dni skladování stoupala,
- modelové vzorky tavených sýrů vykazovaly vyšší hodnoty ztrátového modulu pružnosti, u vzorků převažovalo viskózní chování.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KAPOOR, R., METZGER, E. L. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2008, 7(2), s. 194-214 [cit. 2017-01-07]. DOI: 10.1111/j.15414337.2008.00040.x. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x>
- [2] ANDĚL, M., a spol. *Sýry a tvarohy ve výživě*. [online]. 2012. [cit. 2016-04-08]. ISBN 978-80-905096-2-7. Dostupné z: <http://www.socr.cz/file/1977/tvarohy-a-syry-ve-vyzive.pdf>].
- [3] KOPÁČEK, J., LIKLER, L. Tavené sýry - švýcarský vynález, ale tak trochu český fenomén. *Potravinářská revue*, 2010, č. 6, s. 33.
- [4] Česká republika. Vyhláška č. 397/2016, kterou se stanoví požadavky na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění. *Sbírka zákonů České republiky*.
- [5] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., KRÁČMAR, S. *Základní principy výroby tavených sýrů: Basic principles of processed cheese production: monografie* [online]. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009 [cit. 2017-03-2]. *Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. ISBN 978-807-3753-368.
- [6] Codex Alimentarius General Standard for Food. [online]. [cit. 2017-01-2].
- [7] BUŇKA, F., a spol. Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářská revue*, 2010, č. 6, s. 29-32.
- [8] BISWAS, A. C., MUTHUKUMARAPPAN, K., MARELLA, CH., METZGE, E. L. Understanding the role of natural cheese calcium and phosphorous content, residual lactose and salt-in-moisture content on block-type processed cheese functional properties: Cheese hardness and flowability/meltability. *International Journal of Dairy Technology*. 2015, 68(1), 44-53. DOI: 10.1111/1471-0307.12167. ISSN 1364727x. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1471-0307.12167>
- [9] OBERMAIER, O., ČEJNA, V. *Sýry a tvarohy* [online]. Praha: Sdružení českých spotřebitelů pro Českou technologickou platformu pro potraviny, 2013 [cit. 2017-02-29]. Jak poznáme kvalitu? ISBN 978-80-87719-06-0.

- [10] LANGMAIER, F. *Nauka o zboží*. Vyd. 2. nezměn. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2002. ISBN 80-731-8092-8.
- [11] FORMAN, L., STRMISKA, J. *Mlékárenství II*. 1. vyd., Praha: SNTL, 1984, 176 s.
- [12] HUI, Y. H. *Handbook of food science, technology, and engineering*. Boca Raton: Taylor, 2006 [cit. 2017-03-01]. Food science and technology (Taylor, 148. ISBN 978-0-8493-9847-6).
- [13] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., a spol. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Inflow: ScienceDirect* [online]. 2008 [cit. 2016-04-08]. ISSN 0268-005.
- [14] HUI, Y. H. and EDITOR. *Dairy science and technology handbook*. New York: VCH, 1993. ISBN 978-047-0127-070.
- [15] BAYARRI, S., CARBONEL, I., COSTELL, E. Viscoelasticity and texture of spreadable cheeses with different fat contents at refrigeration and room temperatures. *Journal of Dairy Science* [online]. 2012, 95(12), 6926-6936 [cit. 2017-03-01]. DOI: 10.3168/jds.2012-5711. ISSN 00220302. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030212006972>
- [16] MAYO, B. *Handbook of cheese in health: Production, nutrition and medical sciences: Blue cheese* [online]. [cit. 2017-03-01]. ISSN 2212-375X.
- [17] WALSTRA, P. *Cheese Varieties* [online]. 687 [cit. 2017-03-03]. DOI: 10.1201/9781420028010.ch27. Dostupné z: <http://www.crcnet-base.com/doi/abs/10.1201/9781420028010.ch27>
- [18] KADLEC, P., MELZOCH, K., VOLDŘICH, M. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2012. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-145-0.
- [19] Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách. In: *Úřední věstník Evropské unie*.
- [20] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., 2009: Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská revue*, 09 (1): 13-16
- [21] Vyhláška č. 4/2008, kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin. *Sbírka zákonů České republiky*.

- [22] FOX, P. F. *Cheese: chemistry, physics and microbiology* [online]. 3rd ed. London: Elsevier, 2004 [cit. 2017-03-01]. ISBN 01-226-3653-8.
- [23] TAMIME, A. Y. *Processed cheese and analogues* [online]. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2011 [cit. 2017-02-22]. Society of Dairy Technology series. ISBN 14-051-8642-9.
- [24] CARIČ, M., KALÁB, M. *Cheese: chemistry, physics and microbiology* [online]. 2. ed. London [u.a.]: Chapman, 1999 [cit. 2017-03-08]. ISBN 0412535106.
- [25] LUCEY, J. A., MAURER-ROTHMANN, A., KALIAPPAN, S. Functionality of Ingredients: Emulsifying Salts. *Processed Cheese and Analogues* [online]. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2011, 110 [cit. 2017-03-15]. DOI: 10.1002/9781444341850.ch4. ISBN 9781444341850. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/9781444341850.ch4>
- [26] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., KRÁČMAR, S. Vybrané hydrokoloidy a emulgátory ve výrobě tavených sýrů. *Acta fytotechnica et zootechnica – Mimoriadne číslo*. 2009, 69-78 [cit. 2017-04-01].
- [27] LEE, S. K., KLOSTERMEYER, K. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2001, 34(5), 288-292 [cit. 2017-04-09]. DOI: 10.1006/fstl.2001.0761. ISSN 00236438. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643801907613>
- [28] GYAWALI, R., IBRAHIM, A. S. Effects of hydrocolloids and processing conditions on acid whey production with reference to Greek yogurt. *Trends in Food Science* [online]. 2016, 56, 61-76 [cit. 2017-04-09]. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.07.013. ISSN 09242244. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224416300280>
- [29] DESAI, N. T., SHEPARD, L., DRAKE, M. A. Sensory properties and drivers of liking for Greek yogurts. *Journal of Dairy Science* [online]. 2013, 96(12), 7454-7466 [cit. 2017-04-09]. DOI: 10.3168/jds.2013-6973. ISSN 00220302. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002203021300725X>

- [30] ATAMIAN, S., OLABI, A., KEBBE BAGHDADI, O., TOUFEILI, I. *The characterization of the physicochemical and sensory properties of full-fat, reduced-fat and low-fat bovine, caprine, and ovine Greek yogurt (Labneh)* [online]. [cit. 2017-04-11]. DOI: 10.1002/fsn3.89. ISBN 10.1002/fsn3.89. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/fsn3.89>
- [31] KASAPIS, S., BOSKOU, D. Rheological and sensory properties of popular greek foodstuffs: A review. *International Journal of Food Properties* [online]. 2001, 4(2), 327-340 [cit. 2017-04-09]. DOI: 10.1081/JFP-100105197. ISSN 1094-2912. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/JFP-100105197>
- [32] CHANDAN, R. C. *Manufacturing yogurt and fermented milks* [online]. Ames, Iowa: Blackwell Pub., 2006 [cit. 2017-04-11]. ISBN 08-138-2304-8.
- [33] SALAMPESSY, J. a KAILASAPATHY, K. *Dairy ingredients for food processing: Fermented Dairy Ingredients* [online]. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2011, 335 - 354 [cit. 2017-04-15]. ISBN 9780813817460.
- [34] SMITH, S., SMITH, T. J., DRAKE, M. A. Short communication: Flavor and flavor stability of cheese, rennet, and acid wheys. *Journal of Dairy Science* [online]. 2016, 99(5), 3434-3444 [cit. 2017-04-15]. DOI: 10.3168/jds.2015-10482. ISSN 00220302. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030216300224>
- [35] ČSN EN ISO 5534. *Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda)*. Český normalizační institut. Praha, 2005.
- [36] KADLEC, P. *Procesy potravinářských a biochemických výrob*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. ISBN 80-708-0527-7.
- [37] CHEN, J. Food oral processing—A review. *Food Hydrocolloids* [online]. 2009, 23(1), 1-25 [cit. 2017-04-22]. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2007.11.013. ISSN 0268005x. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X07002421>
- [38] BUŇKA, F., DOUDOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., KUCHAR, D., MICHÁLEK, J., SLAVÍKOVÁ, Š., KRÁČMAR, S. The effect of different ternary mixtures of sodium phosphates on hardness of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science* [online]. 2012, 47(10), 2063-2071 [cit. 2017-04-22]. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03070.x. ISSN 09505423. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2012.03070.x>

- [39] SALEK, R. N., ČERNÍKOVÁ, M., PACHLOVÁ, V., BUBELOVÁ, Z., KONEČNÁ V., BUŇKA, F. Properties of spreadable processed Mozzarella cheese with divergent compositions of emulsifying salts in relation to the applied cheese storage period. *LWT* [online]. 2017, 77, 30-38 [cit. 2018-04-13]. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.11.019. ISSN 00236438. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643816306909>
- [40] PAVLÍNEK, V., STĚNIČKA, M., MRLÍK, M. *Reologie potravin a kosmetických prostředků*.
- [41] BUŇKA, F., NAGYOVÁ, G., KUCHAR, D., GRÜBER, T. Vliv délky fosforečnanového řetězce na texturní vlastnosti tavených sýrů. *Mlékařské listy* [online]. 2012 [cit. 2018-04-14].
- [42] GAUCHER, I., MOLLÉ, D., GAGNAIRE, V., GAUCHERON, F. Effects of storage temperature on physico-chemical characteristics of semi-skimmed UHT milk. *Food Hydrocolloids* [online]. 2008, 130 - 143 [cit. 2018-04-14].
- [43] WEISEROVÁ, E., DOUDOVÁ, L., GALIOVÁ, L., ŽÁK, L., MICHÁLEK, J., JANIŠ, R., BUŇKA, F. 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. 2017-04-29]. DOI: 10.1016/j.idairyj.2011.06.006. ISSN 09586946. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694611001828>
- [44] DIMITRELI, G., THOMAREIS, S. A. Instrumental Textural and Viscoelastic Properties of Processed Cheese as Affected by Emulsifying Salts and in Relation to its Apparent Viscosity. *International Journal of Food Properties* [online]. 2009, 12(1), 261-275 [cit. 2018-04-14]. DOI: 10.1080/10942910802256164. ISSN 1094-2912. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10942910802256164>
- [45] SÁDLÍKOVÁ, I., BUŇKA, F., BUDINSKÝ, P., VOLDÁNOVÁ, B., PAVLÍNEK, V., HOZA, I. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2010, 43(8), 1220-1225 [cit. 2018-04-17]. DOI: 10.1016/j.lwt.2010.04.012. ISSN 00236438. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002364381000143X>

- [46] SOŁOWIEJ, B., CHEUNG, I. W.Y., LI-CHAN, E. C.Y. Texture, rheology and meltability of processed cheese analogues prepared using rennet or acid casein with or without added whey proteins. *International Dairy Journal* [online]. 2014, 37(2), 87-94 [cit. 2018-04-17]. DOI: 10.1016/j.idairyj.2014.03.003. ISSN 09586946. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694614000612>
- [47] SOŁOWIEJ, B., GLIBOWSKI, P., MUSZYŃSKI, S., WYDRYCH, J., GAWRON, A., JELIŃSKI, T. The effect of fat replacement by inulin on the physicochemical properties and microstructure of acid casein processed cheese analogues with added whey protein polymers. *Food Hydrocolloids* [online]. 2015, 44, 1-11 [cit. 2018-04-17]. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2014.08.022. ISSN 0268005X. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X14002987>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

TFC	Trifosforečnan sodný s cyklickým řetězcem
TFL	Trifosforečnan sodný s lineárním řetězcem
Y_TF_L	Trifosforečnan sodný s lineárním řetězcem s přídavkem řeckého jogurtu
Y_TF_C	Trifosforečnan sodný s cyklickým řetězcem s přídavkem řeckého jogurtu
BU	Bez úpravy
SU	S úpravou

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schématické vyjádření výměny iontů sodíku za ionty vápníku při tavení přírodních sýrů [20].	17
Obrázek 2: Zpracovatelské kroky při výrobě řeckého jogurtu (upraveno dle [28]).	25
Obrázek 3: Křivka texturní analýzy ($F = \text{síla [N]}$, $d = \text{čas [s]}$) [37].	29
Obrázek 4: Grafické znázornění závislosti viskoelastických modulů G' a G'' na deformaci $\gamma [-]$ a napětí σ [Pa] [40].	30
Obrázek 5: pH modelových vzorků tavených sýrů během 60 denního skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Vzorky jsou produkovány bez úpravy pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.	31
Obrázek 6: pH modelových vzorků tavených sýrů během 60 denního skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Vzorky jsou produkovány s úpravou pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.	32
Obrázek 7: pH modelových vzorků tavených sýrů během 60 denního skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Vzorky jsou produkovány bez úpravy i s úpravou pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.	32
Obrázek 8: Vývoj tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů během 60 dnů skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Vzorky byly produkovány bez úpravy pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.	34
Obrázek 9: Vývoj tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů během 60 dnů skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Vzorky byly produkovány s úpravou pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.	35

Obrázek 10: Vývoj tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů během 60 dnů skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Vzorky byly produkovány bez úpravy i s úpravou pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.....35

Obrázek 11: Vývoj viskozity modelových vzorků tavených sýrů během 30. dne skladování. Vzorky byly produkovány bez úpravy pH i s úpravou pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu.....38

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Fosforečnany používané jako tavicí soli při výrobě tavených sýrů (upraveno dle [20]).....</i>	<i>18</i>
<i>Tabulka 2: Modelové vzorky tavených sýrů podrobené reologické analýze při 30. dni skladování bez úpravy a s úpravou pH za použití tavicích solí Y_TF_L trifosforečnanu sodného s lineárním řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu a Y_TF_C trifosforečnanu sodného s cyklickým řetězcem s přidavkem řeckého jogurtu</i>	<i>37</i>