

Vliv přímého a nepřímého záhřevu na konzistenci tavených sýrů

Tomáš Minařík

Bakalářská práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Tomáš Minařík**
Osobní číslo: **T17125**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Vliv přímého a nepřímého záhřevu na konzistenci tavených sýrů**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Popište obecnou charakteristiku tavených sýrů.
 2. Popište faktory působící na funkční vlastnosti tavených sýrů.
 3. Procesní parametry ovlivňující kvalitu tavených sýrů.
 4. Zpracujte literární rešerši možností přímého a nepřímého záhřevu při výrobě tavených sýrů.
-

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A. S. 2004. Effect of temperature and chemical composition on processed chesse apparent viscosity. Journal of Food Engineering, 64, 265-271. ISSN: 0260-8774.
- [2] ČERNÍKOVÁ, M. et al., 2018. The effect of different agitations and temperature maintainings on viscoelastic properties of full-fat processed cheese spreads. LWT, 89, 244-247. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.10.054. ISSN 00236438.
- [3] KAPOOR, R., METZGER, R., L. 2008. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects?A Review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 7(2). DOI: 10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x. ISSN 1541-4337.

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

Datum zadání bakalářské práce: **17. února 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji 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;
- 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 – 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem 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.

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne: 22. 4. 2020

Jméno a příjmení studenta: Tomáš Minařík

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Bakalářská práce řešila vliv tepelného záhřevu na konzistenci tavených sýrů. Teoreticky byly popsány základní suroviny pro výrobu, faktory upravující konzistenci, postup výroby a výrobní zařízení pro tento účel. Pro práci byly rozborovány dostupné rešerše ohledně přímého a nepřímého záhřevu při výrobě tavených sýrů. Byly popsány a srovnány výrobní postupy a uvedeny známé výhody a nevýhody záhřevů. Teoreticky sepsané poznatky se také zabývaly vhodnými surovinami pro výrobu, strukturou výrobků a souvisejícími reologickými změnami. Dle aktuálně vedených vědeckých výzkumů v oblasti záhřevu tavených sýrů nemohly být formulovány optimální závěry, ale současné poznatky jsou ideální k dalšímu praktickému zkoumání.

Klíčová slova: Konzistence tavených sýrů, přímý a nepřímý záhřev, tavené sýry, viskozita tavených sýrů

ABSTRACT

The bachelor thesis dealt with effect of thermal heating on the consistency of processed cheeses. Theoretically, the basic raw materials for production, factors adjusting consistency, production process and production equipment for this purpose were described. For this work, the available researches concerning direct and indirect heating in the production of processed cheeses were analyzed. Manufacturing processes were described and compared, and the known advantages and disadvantages of heaters were reported. Theoretically written knowledge also dealt with suitable raw materials for production, product structure and related rheological changes. According to scientific research carried out currently in the field of heating of processed cheeses, optimal conclusions could not be formulated, but the current findings are ideal for further practical research.

Keywords: Consistency of processed cheeses, direct and indirect heating, processed cheeses, viscosity of processed cheeses

Děkuji za odbornou spolupráci a pravidelné konzultace paní doc. MVDr. Michaele Černíkové, PhD. i Ústavu technologie potravin, především panu Ing. Richardos Nikolaos Salekovi, PhD., za vedení bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ	11
1.1 SUROVINY POUŽÍVANÉ PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ	14
1.1.1 Tavicí soli.....	15
1.2 KONZISTENCE TAVENÝCH SÝRŮ	16
1.2.1 Faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů	17
1.3 POSTUP VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ	18
1.3.1 Zařízení na výrobu tavených sýrů	21
1.3.2 Tavicí zařízení Stephan	22
2 ZÁHŘEV TAVENÝCH SÝRŮ	24
2.1 VLIV ZÁHŘEVU NA KONZISTENCI TAVENÝCH SÝRŮ	25
2.2 PŘÍMÝ ZÁHŘEV TAVENÝCH SÝRŮ	25
2.3 NEPŘÍMÝ ZÁHŘEV TAVENÝCH SÝRŮ	27
2.4 KOMBINACE PŘÍMÉHO A NEPŘÍMÉHO ZÁHŘEVU.....	28
2.5 DŮSLEDKY A LIMITY TEPELNÉHO ZÁHŘEVU	28
2.6 REOLOGICKÉ VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ – VISKOZITA	29
2.6.1 Vliv reworku na konzistenci tavených sýrů	31
ZÁVĚR	33
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	34
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	40
SEZNAM OBRÁZKŮ	41
SEZNAM TABULEK	42

ÚVOD

Výroba tavených sýrů je spojena spíše s negativním pohledem spotřebitelů, kteří se na tyto výrobky spíše dívají negativními pohledy. Tavené sýry jsou výrobky s nedlouhou historií a k jejich vzniku pravděpodobně přispěly požadavky na sýry, které by měly mít dlouhodobou trvanlivost a je možnost jejich snadné manipulace a aplikace na další potraviny. Při výrobě tavených sýrů se používají různorodé suroviny, jejichž vzájemné vhodné poměry přímo souvisí s vlastnostmi finálního výrobku. Jedním doposud příliš nezkoumaným parametrem při výrobě je způsob záhřevu surovinové skladby a jeho účinek na struktury výrobků.

Úkolem práce bylo získat, analyzovat a vyvodit závěry z doposud publikovaných výzkumů a rešerší v oblasti záhřevů a pokusit se vyvodit výhodné rozdíly.

V první kapitole teoretické části je nejprve stručně přiblížena historie výroby tavených sýrů, suroviny, postupy a zařízení používané pro výrobu tavených sýrů a charakterizována konzistence tavených sýrů. Druhá kapitola se věnuje faktorům ovlivňujícím konzistenci tavených sýrů a problému záhřevu tavených sýrů – přímému, nepřímému záhřevu i jejich kombinaci, vlivu tepelného záhřevu na konzistenci tavených sýrů, důsledkům a limitům tepelného záhřevu na strukturu, popsáním reologických změn při a po záhřevu tavených sýrů se zaměřením na viskozitu a možnosti přidavku reworku (nátavku) pro úpravu těchto vlastností.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ

Začátek výroby tavených sýrů spadá do počátku dvacátého století (konkrétně do roku 1911), jsou tedy nejmladší skupinou sýrů. Důvodem pro jejich výrobu byla především snaha prodloužit trvanlivost sýrů přírodních, ale také dosáhnout jejich širšího využití – tavené sýry nabízejí více chutí i fyzikálních vlastností (jsou měkké, tuhé, roztíratelné) v porovnání s přírodními. Vyhláška č. 397/2016 Sb. definuje, že tavený sýr je „sýr, který byl upraven tavením“ [1].

Například americká legislativa ještě navíc rozděluje podle jiných složek, než sýrů používaných pro výrobu tavených sýrů (*pasteurised process cheese*), tavených roztíratelných sýrů (*pasteurised process cheese spread*) a tavených sýrových výrobků (*pasteurised process cheese food*), a to se složkami: máslo, máselný tuk, smetana, máselný koncentrát, ostatní mléčné složky, jedlá sůl, bakteriální kultury, zdravotně nezávadné enzymy se specifickými účinky, sacharidy se sladícím účinkem, koření, sezónní zelenina a ostatní zdravotně nezávadné potraviny [6]. Při výrobě tavených sýrů (především tavených sýrových pomazánek) se často používají syrovátkové bílkovinné produkty, mimo jiné jako cenově dostupnější náhrada dražších surovin – kromě využití bílkovin je dalším pozitivním efektem dosažení jemnější konzistence a výraznější chuti [2], [21].

Výhodou tavených sýrů je mimo jiné fakt, že do základní surovinové směsi lze začlenit i přírodní sýry s mechanickými vadami, jako jsou například deformace vzniklé při lisování nebo tzv. syrovátková hnízda (lokální dutinky v hmotě sýra, jejich příčinou může být nevhodný způsob míchání při dohřívání, nebo při lisování), případně vadami způsobenými odchýlnými analytickými hodnotami ve srovnání s deklarací na obalu výrobku [4] (ale nikoliv s mikrobiologickými vadami, především obsaženými sporulujícími bakteriemi, a to kvůli riziku zdravotní závadnosti finálního výrobku. Teploty používané (v současné době) při převažující diskontinuální výrobě tavených sýrů nedokáží inaktivovat bakteriální spory; zničí pouze vegetativní formy mikroorganismů). Do surovinové skladby lze zakomponovat i rozmanité druhy přírodních sýrů, ochucující složky, sortiment lze rozšířit i prostřednictvím různých obalových materiálů a velikostí balení tavených sýrů [3].

Tabulka 1: Dělení sýrů podle vyhlášky č. 397/2016 Sb. [1]

Sýr	přírodní	čerstvý
		zrající zrající pod mazem zrající v celé hmotě s plísní na povrchu s plísní uvnitř hmoty dvouplísňový v solném nálevu, bílý pařený
		extra tvrdý (ke strouhání) tvrdý polotvrdý poloměkký měkký
	tavený	roztíratelný s lomem
	tavený sýrový výrobek	
	tavený mléčný výrobek	
	syrovátkový	

Kromě výše uvedeného dělení lze sýry klasifikovat i dalšími způsoby: podle druhu použitého mléka je dělíme na kravské, kozí a ovčí, dle sortimentu na přírodní (čerstvé či zrající sýry, které se vyrábí sladkým srážením mléka; lze je charakterizovat podle obsahu tuku v sušině, obsahu vody v tukuprosté sušině a způsobu zrání) a tavené. S ohledem na konzistenci lze sýry dělit dle obsahu vody, použité technologie výroby, obsahu tuku v sušině a obsahu tuku v tukuprosté sušině [3], [42]. Vyhláška č. 397/2016 Sb. uvádí následující klasifikaci sýrů podle obsahu tuku v sušině:

Tabulka 2: Klasifikace přírodních sýrů podle obsahu tuku v sušině [1]

Sýr	Obsah tuku v sušině (v procentech hmotnostních)
Vysokotučný	Nejméně 60,0
Plnotučný	Nejméně 45,0
Polotučný	Nejméně 25,0
Nízkotučný	Nejméně 10,0
Odtučněný	Méně než 10,0

Obsah tuku v sušině v hmotnostních procentech se stanoví dle vzorce:

$$\% \text{ hmot. tuku v sušině} = \frac{\text{hmotnost tuku v gramech}}{100 - \text{hmotnost vody v gramech}} \cdot 100$$

Vyhláška uvádí i klasifikaci přírodních sýrů podle konzistence ve vztahu k obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra:

Tabulka 3: Klasifikace přírodních sýrů podle konzistence ve vztahu k obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra [1]

Sýr	% VVTPH
Extra tvrdý	Nejvíce 47,0
Tvrdý	47,0 až 54,9
Polotvrdý	55,0 až 61,9
Poloměkký	62,0 až nejvíce 68,0
Měkký	Více než 68,0

Parametr VVTPH udává obsah vody v tukuprosté hmotě sýra, která se stanoví podle vzorce:

$$\% \text{ VVTPH} = \frac{\text{hmotnost vody v gramech}}{100 - \text{hmotnost tuku v gramech}} \cdot 100$$

Podle zrání se sýry dělí následujícím způsobem:

Tabulka 4: Dělení sýru podle zrání [1]

Sýr	Charakteristika
Sýr čerstvý	Nezrající
	Termizovaný
Sýr zrající	Na povrchu
	S mazem na povrchu
	V celé hmotě
Z toho plísňový sýr	S plísni na povrchu
	S plísni uvnitř hmoty sýra
	Dvouplísňový

Čerstvé nezrající sýry a tvarohy mohou být konzumovány bezprostředně po výrobě. Do této skupiny patří sýry: tvarohové (jejich krémovitě konzistence je dosaženo prostřednictvím hnětení), smetanové (s krátkou trvanlivostí, vyráběné syřidlovým srážením) a termizované (vyráběné homogenizací plnotučného mléka (při nízké teplotě, při vzniku lipoproteinových komplexů), kyselým srážením a následnou termizací) [3], [42].

Co se týče tavených sýrů, vzhledem k jejich značné rozmanitosti nebyl doposud vytvořen způsob jejich rozdělení do skupin dle ovlivňujících faktorů – jednotlivé výrobky se označují

obsahem tuku v sušině a identifikací použitých surovin a přísad. Dle jejich konzistence je nicméně lze rozdělit na:

- Blokované tavené sýry, u kterých se požaduje vysoký podíl sušiny ve vztahu k obsahu tuku v sušině;
- Tavené sýry krájitelné (s lomem) – pro jejich delší trvanlivost je vhodné dodržet při balení teplotu přesahující 74 °C a následně pomalé chlazení pro správnou tuhost;
- Roztíratelné tavené sýry – tavené sýry, jejichž konzistence je medovitá (balí se do lahví, tub a kelímků). Druhou skupinou jsou sýry s krémovitou konzistencí (balí se nejčastěji do hliníkové fólie);
- Termostabilní tavené sýry – tuhé blokované sýry nakrájené na kostičky, které se při následném zpracování nedeformují;
- Tavené plátkové sýry balené do plastové fólie jako jednotlivé kusy či v porcích. Dělí se na tavené plátkové sýry se schopností opětovného tavení a sýry určené k přímé konzumaci [3], [5], [36].

1.1 Suroviny používané pro výrobu tavených sýrů

Výroba tavených sýrů probíhá prostřednictvím zahřívání surovin s tavicími solemi za částečného podtlaku a stálého míchání, které probíhá až do dosažení homogenní hmoty požadovaných vlastností [3]. Základní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry – v České republice se používají především sýry holandského typu s nízkodohřívanou sýřeninou, dále sýry švýcarského typu s vysokodohřívanou sýřeninou a sýry typu Maasdamer vyráběné kombinací obou předchozích typů (pro srovnání v angloamerických zemích se používá čedar, v balkánských zemích sýry s pařenou sýřeninou a v blízkovýchodních a středovýchodních zemích zrající sýry a sýry skladované v solném nálevu (po předchozím odsolení v pitné vodě) [4]. Sýry se používají v různých stupních zralosti, což má vliv i na konzistenci konečného produktu.

Základním požadavkem u konzistence tavených sýrů je, aby byla hladká, kompaktní a stejnorodá. Za znak degradující jejich kvalitu se považuje konzistence obsahující krupičky nebo písčité struktura projevující se tvorbou krystalků (vzniká vlivem vysoké teploty, délky tavení nebo přidáním přílišného množství tavicích solí). K vadám tavených sýrů patří i nadměrná krémovitost způsobená přidáním nadměrného množství reworku a nevhodných tavicích solí,

oddělování tuku způsobené nevhodnou skladbou přírodních sýrů a nedostatečným množstvím tavicích solí. Vadou je i lepení sýru na obal (příčinou je vysoký obsah vody, nedostatečná krémovitost, vyšší hodnota pH nebo nevhodný způsob chlazení) a dírkovitost sýru vznikající vlivem mikrobiální činnosti, nebo při uzavření vzduchu v tavenině, nízké úrovni vakua v tavičce, nebo při špatné funkci plničky a baličky [5].

V současné době je část přírodních sýrů nahrazována mléčnými koncentráty – sušenou syrovátkou, sušeným mlékem, kaseinem, kaseináty, mléčnými koprecipitáty (koncentráty obsahující všechny bílkoviny, které jsou sráženy vysokoteplem záhřevem) – i nemléčnými surovinami (většinou polysacharidy) – karagenany, škroby či pektinem – které mohou mít významný vliv na jakost konečného produktu. Účelem těchto úprav je hlavně snaha o snížení nákladů na surovinovou skladbu. S náhradou tradičních surovin souvisí i využívání přídatných látek na bázi hydrokoloidů; účelem jejich použití je zlepšení vaznosti vody a stabilizace konzistence [2].

1.1.1 Tavicí soli

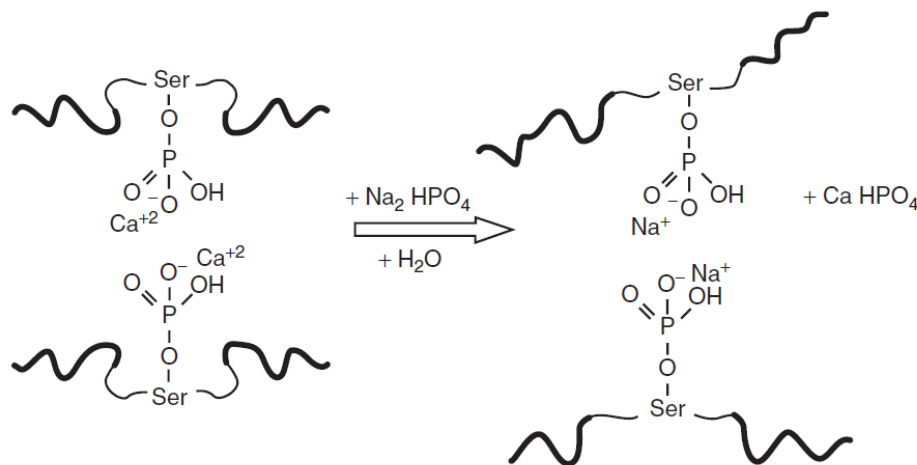
Funkcí tavicích solí v procesu výroby tavených sýrů je dosažení homogenní emulze sýru s vodou. Nejčastěji se používají především sodné a draselné soli kyseliny fosforečné a citronové, kyselé či zásadité. Draselné soli jsou rozpustnější, ale jejich nevýhodou je více hořký produkt, proto jsou více preferovány soli sodné [3], [42].

Fosfáty s pH v rozsahu 6,0 - 6,3 se aplikují při výrobě roztíratelných sýrů, citráty s pH 5,0 - 5,7. Příkladem je možné uvést fosfát monosodný, fosfát disodný, fosfát draselný a z citrátových solí citrát sodný, citrát draselný, citrát vápenatý. Další možností je použití solí kyseliny vinné [3], [49].

Tavicí soli samy o sobě nejsou emulgátory a jejich úlohou je zvýšit emulgující vlastnosti kaseinů. Vybírají se takové soli, které mají silné emulsifikující účinky a dokáží vytvořit jemnou, krémovitou konzistenci finálního výrobku. Finální výrobek by měl být dobře krájitelný v případě sýrů s lomem, nebo dokonale roztíratelný v případě sýrů roztíratelných. Přídavek soli by neměl ovlivnit chuť a sůl by neměla krystalizovat při úchově výrobku [3], [4].

Tavicí soli fungují na principu výměny iontů: řetězce bílkovin sýrů obsahují fosfoserinové skupiny a jednotlivé řetězce bílkovin jsou přes tyto skupiny propojeny vápenatými ionty (tím sýr tvoří trojrozměrnou strukturu). Vápenaté ionty, které jsou 2 vazné, a tím dokáží provázat 2 fosfoserinové skupiny, jsou vyměňovány za sodné ionty (případně draselné), které

jsou již jednovazné, a tím dochází k rozvolnění původní struktury (Obrázek 1). Proces pep-tizace (bobtnání proteinů) je právě konverze para-kaseinu vápenatého na para-kaseinát sodný; tímto procesem se výrazně zvyšuje schopnost struktury přijímat vodu. Vázáním této vody roste viskozita taveniny a dochází ke krémování [3], [11].



Obrázek 1: Princip výměny vápenatých iontů za sodné [3]

1.2 Konzistence tavených sýrů

Konzistence sýrů patří mezi základní jakostní požadavky. V minulosti zákazníci preferovali spíše tužší a pevné tavené sýry, v současnosti platí opačný trend, kdy spotřebitelé upřednostňují roztíratelné tavené sýry na úkor tuhých. Konzistence je jedním z základních faktorů při hodnocení výrobku jak odborníky, tak běžnými zákazníky (spolu se vzhledem, vůní, chutí, obalem a označením výrobku). Na sensorickou kvalitu mléka (a tedy i výrobků z něj) má vliv proces jeho zpracování, přičemž odchylky v jeho vlastnostech zákazníci vnímají a hodnotí. Co se týče konzistence, mléko by mělo být stejnorodá tekutina bez usazenin [18]. Konzistence tavených sýrů, především jejich tuhost a roztíratelnost, souvisí se schopností mléčného tuku narušit kontinuitu a kompaktnost proteinové matrice [19].

Tavené sýry lze tedy vyrábět o různé konzistenci, která musí být vždy stejnorodá, kompaktní a hladká, nežádoucí je krupičkovitá či písčitá konzistence. Na konzistenci sýrů má vliv obsah tuku a sušiny, technologie výroby, použité suroviny, tavicí soli i způsob tavení (záhřevu). Dle konzistence dělíme tavené sýry na blokové (krájitelné), roztíratelné (krémovité) a tavené sýrové omáčky (husté a tekuté). U roztíratelných tavených sýrů se obsah sušiny pohybuje mezi 35 a 45 hmotnostními procenty, obsah tuku v sušině má být minimálně 20 %.

Tavené sýrové omáčky mají nízký obsah sušiny pohybující se v rozmezí 18-24 %. Speciálním typem jsou plátkové tavené sýry [29].

Dalším faktorem je obsah tuku. Koca a Metin [20] uvádějí, že sýry s nízkým obsahem tuku jsou nejtvrďší díky vysokému obsahu proteinů. Na druhou stranu nízkotučné sýry obsahující syrovátkový proteinový koncentrát vykazují nižší hodnoty tvrdosti. Použití tukových náhražek nemusí mít na hodnoty tvrdosti žádný vliv [20]. Vliv na strukturu a konzistenci taveného sýru má také velikost dispergovaných tukových kuliček, ovlivněná především dobou a intenzitou míchání, kdy se při zvýšení intenzity míchání (při konstantní době i teplotě tavení) zmenšuje průměr tukových kuliček a zvyšuje jejich množství. Plnotučné sýry jsou charakteristické jemnější konzistencí. Delší doba míchání vede ke zmenšení velikosti tukových kuliček a nárůstu jejich počtu; platí to pro prvních pět až deset minut tavicího procesu, poté se počet tukových kuliček stabilizuje. Finální konzistenci sýru ovlivňují i procesy hydratace proteinů a emulgace tuku. Záhřev surovinové směsi způsobí destrukci membrán pokrývajících tukové kuličky a následkem toho se kuličky shlukují do větších celků. Záhřev způsobí i agregaci a kontrakci kaseinových frakcí, což vede k oddělení hydrofilní a hydrofobní fáze [20].

1.2.1 Faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů

Konzistence je jednou ze základních vlastností sýrů, kterou vnímá spotřebitel svými smysly a ovlivňuje ho v jeho rozhodování, zda je pro něj výrobek přijatelný z hlediska tuhosti či hutnosti (kromě chuti, vůně či vzhledu). Původně tvrdý přírodní sýr pevného skupenství je při výrobě taveného sýru díky působení tavicích solí zkrémován (kasein má přirozené emulgační vlastnosti a tímto procesem se jich zpětně nabyde) [3]. Konzistence výsledného taveného sýru je proměnlivá – základní podskupiny tavených sýrů dle vyhlášky jsou sýry roztíratelné a s lomem [1]. V České republice je hlavním zástupcem sýru s lomem Primator (který je vyráběn z přírodního sýru ementálského typu), při jehož výrobě nejsou používány téměř žádné tavicí soli a sýr má díky tomu tuhou konzistenci a dá se krájet. Lom vzniká při rozdělení sýru.

Konzistenci tavených sýrů lze ovlivnit několika způsoby, přičemž všechny faktory působí zároveň, a tedy se vzájemně ovlivňují (kdy mezi nimi mohou být synergické nebo antagonistické vztahy, tzn. svými účinky, buď výsledný účinek posilují, nebo naopak oslabují):

- Složením surovinové směsi (různé typy přírodních sýrů a stupně jejich prozrálosti, obsah sušiny, pH, obsah vápenatých iontů, laktózy, obsah a složení tavicích solí, použití dalších surovin mléčného i nemléčného charakteru, použití emulgátorů a hydrokolidů – biopolymerů se sacharidickou nebo bílkovinnou povahou). Jedním z nejčastěji používaných hydrokolidů je agar pocházející z červených mořských řas čeledi *Rhodophyceae*, který se skládá z agarózy a agaropektinu – lineárních polysacharidů, jejichž základní stavební jednotkou jsou β -D-galaktopyranóza a 3,6-anhydro- α -L-galaktopyranóza střídavě vázané glykosidickými vazbami α -(1,3) a β -(1,4). Tento agar je využíván především díky své schopnosti vytvářet gelovitou strukturu, a to prostřednictvím vytváření vodíkových vazeb, kterými se náhodné spirály spojují do dvojité helixy. Zajímavé je chování agaru při zahřevu: ohřátím se agarový gel rozrušuje, ale po ochlazení se gelovitá struktura obnovuje, a tento proces není nevratný, tzn. lze ho provádět opakovaně (závisí to nicméně na pH, případně na přítomnosti oxidačních činidel) [13];
- Způsobem zpracování a chlazení taveniny (použitá tavicí teplota, celková doba tavení, počet otáček míchacího zařízení, rychlost chlazení taveniny);
- Délkou a podmínkami při skladování (teplota skladování).

Pokud surovinová směs obsahuje vysoký obsah tuku, je výsledný produkt charakteristický měkkou roztíratelnou konzistencí, naopak u nízkotučných směsí lze lepší roztíratelnosti dosáhnout snížením podílu sušiny (u tavených sýrů určených na krájení je naopak vysoký obsah sušiny žádoucí) [12].

Vliv má i rychlost míchání, teplota tavení a doba její výdrže, rychlost chlazení. [10]. Významný vliv má i stupeň zralosti použitého přírodního sýru – méně zralý sýr vede ke vzniku tužší a gumovitější konzistence finálního produktu. Naopak pokud v surovinové směsi převažují zralé sýry, je snadněji tavitelná a ve finálním produktu se projeví plné a výrazné aroma. Nejvýhodnější je pak oba typy kombinovat. Odpovídající zralosti přírodních sýrů se dosáhne mícháním mladší a starší suroviny, takto se získá vhodný poměr mléčných bílkovin, které jsou schopny dále tvořit strukturu taveného sýra [4].

1.3 Postup výroby tavených sýrů

Principem výroby tavených sýrů je smíchání přírodních sýrů s tavicími solemi, které dispergují mléčné bílkoviny a zamezují jejich srážení, neboť na sebe naváží část vápníku. Právě

výměna vápenatých iontů síru za sodíkové či draselné ionty tavicích solí je podstatou výroby tavených sýrů. Omezením vazby vápenatých iontů na bílkovinu je umožněn záhřev surovinové směsi vedoucí k vytvoření krémové konzistence bez koagulace. Tavicí soli též emulgují tuk (při míchání rovnoměrně rozptýlený do taveniny) a upravují pH [5].

Tavené sýry se vyrábějí prostřednictvím kontinuálního či diskontinuálního způsobu, který je ve světě více rozšířený.

Formulace surovinové skladby	
Příprava, vážení a mísení surovin	
Dávkování do tavicího kotle	
Proces tavení	
Ohřev přímým vstříkem páry	Nepřímý ohřev mezipláštěm
Kontrola taveniny a případná úprava	
Přeprava taveniny k balicím strojům	
Balení	
Chlazení	
Expedice	

Obrázek 2: Princip diskontinuální výroby tavených sýrů [4]

První fází je formulace surovinové základny, jejíž složení zůstává většinou stálé, ale někdy je utvářeno dle aktuální nabídky jednotlivých surovin. Bilance surovinové skladby se odvíjí od známého obsahu sušiny a tuku v jednotlivých potravinách a požadovaného obsahu sušiny a tuku ve finálním taveném sýru. Výpočet je založen na tzv. sušinových a tukových jednotkách (jednicích) [4]. Po očištění, navážení, rozřezání a rozmělnění jednotlivých složek, mezi které mohou patřit sýrové ořezy, máslo, smetana, tvaroh. Na mlecích soupravách se surovina dávkuje do tavicího zařízení (v České republice se používají především značky Stephan, Kustner a Vögele) spolu s tavicími solemi (které jsou vedeny jako potravinářské přídatné látky). Pro lepší vlastnosti finálního produktu se přidává i rework (část taveniny zbylá po předchozím tavení) [4].

Ve druhé fázi je určena směs tavicích solí, které jsou dle Nařízení EP a Rady 1333/2008, o potravinářských přídatných látkách přídatné látky a rozumějí se tím takové látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek. Množství tavicích solí je obvykle 2-3 % (maximálně 3,5 %) hmotnosti výsledného výrobku. Složení tavicích solí má značný vliv na vlastnosti výsledného produktu – jeho texturní vlastnosti (tuhost, soudržnost, lepivost atd.), pH (optimální hodnota mezi 5,6-6,1), možnost a intenzitu opětovného tavení atd. [3]. Tato fáze výroby je zároveň

největší neznámou v celém procesu, neboť vlivy jednotlivých složení tavicích směsí nejsou v odborné literatuře často zmiňovány.

Následuje záhřev směsi, který probíhá v tavičkách nebo v kutrech. Směs se uzavře víkem v kotli s míchadlem a zahřívá se při stálém pomalém míchání a podtlaku, který vzniká odsáváním par (podtlak má hodnotu 0,04-0,05 MPa). Doba tavení se pohybuje od deseti do patnácti minut. Pokud jsou používány duplikátorové kotle, obsah tavičky se ohřívá přímo parou (je nutné zohlednit obsah vody získaný kondenzací par). Na dalším zařízení může být tavenina sterilována, čímž se usmrtí sporotvorné organizmy a prodlouží trvanlivost sýru, negativně je však ovlivněna jeho konzistence (běžně se sterilace u tavených sýrů však nedělá).

Poslední fáze zahrnuje balení taveniny (většinou do hliníkové fólie, která je z vnitřní strany lakovaná, případně do plastových kelímků s víčkem): Horká roztavená směs (s teplotou minimálně 75 °C, aby nedošlo k porušení konzistence) se nalévá do formovacích a balicích strojů; teplota taveniny by při balení neměla klesnout pod 70 °C, neboť s klesající teplotou tavenina tuhne a též se zvyšuje riziko kontaminace nežádoucími mikroorganismy. Zabalené sýry se vychladí, proces chlazení opět ovlivňuje konzistenci sýru [5]. Následně se hotové výrobky skladují při teplotě 4-8 °C [3].

Speciálním případem tavených sýrů jsou tavené plátkové sýry, které se vyrábějí od padesátých let 20. století ve dvou typech: pro teplou a studenou kuchyni. Co se týče jejich konzistence, plátkové tavené sýry určené pro teplou kuchyni jsou tzv. reverzibilní – při tepelné úpravě se opět roztaví, na připravovaném pokrmu vytvoří krustu a díky tomu jsou u zákazníků oblíbené. Druhý typ má tužší konzistenci, používá se především při výrobě sendvičů. Výroba tavených plátkových sýrů probíhá ze začátku stejně jako u roztíratelného typu: přírodní sýr (jednodruhový či směs více druhů) je rozemlet a po přidání ostatních přísad roztaven na hmotu. Vzniklá tavenina se poté navíjí na chladičí válec nebo se táhne přes vodní lázeň – vznikne pás, z něhož se na balicí lince krájí jednotlivé plátky, které se balí do fólie [27]. U tohoto způsobu výroby se tedy roztavená hmota plní přímo do obalů, v nichž následně ztuhne. Jiný typ výroby probíhá krájením (plátkováním) blokových tavených sýrů, pro které je charakteristická tužší konzistence podobná přírodním sýrům. Tento typ sýrů má vyšší obsah sušiny (40-60 hmotnostními procenty) a nižší obsah tuku v sušině (25-35 hmotnostními procenty) – v důsledku toho je potřeba do surovinové směsi přidat potravinářské přídatné látky na bázi stabilizátorů, které zajistí stabilitu a tuhost sýru [30], [43].

Typický je vyšší obsah ostatních přísad – odstředěného mléka, palmového tuku, barviv (většinou betakarotenu či paprikového extraktu) a tavicích solí. Odborníci na výživu kvůli tomu konzumaci tavených plátkových sýrů nedoporučují a radí je nahradit přírodními sýry tvrdými nebo polotvrdými, případně různými typy polotvrdých sýrů. Spotřebitelé nicméně tavené plátkové sýry preferují pro jejich měkkou konzistenci [28].

1.3.1 Zařízení na výrobu tavených sýrů

Zařízení na výrobu tavených a termizovaných mléčných výrobků obsahuje různé technologické celky: tavicí zařízení, zvedací zařízení na suroviny, homogenizátor, horkovodní okruh, vyvíječ páry včetně úpravny vody, řezačku surovin, automatický navažovací systém, plničku, baličku. Co se týče tavicího zařízení, musí disponovat dostatečně velkým objemem, nádoba musí být opláštěna pro ohřev výrobku horkou vodou, obvyklou pracovní teplotou 90 °C, automatickým nebo naklápějícím otevřením víka a automatickým naklápěním nádoby, pneumatickým ovládním vyprazdňování ventilů, možností umístění násypky na víku nádoby pro přidání dalších přísad, nádoba musí umožňovat přímý vstřík páry rovnoměrně pro šetrný záhřev nejméně ze čtyř míst pro vstřík páry, tvar nádoby musí umožňovat snadné a rychlé rozmělnění a míchání surovin i snadné čištění. Při výrobě tavených sýrů se často používá tzv. duplikátor – kotel s dvojitou stěnou pro nepřímé zahřívání. Duplikátor je možné použít také při chlazení, kdy je plněn chladicím médiem, toho se využívá při vyšších teplotních záhřevech [33].

Po připravení požadované surovinové směsi následuje její zpracování záhřevem a mícháním, čímž vznikne homogenní hmota, která se balí a ochlazuje. Například americký kodex CFR stanovuje minimální teplotu a dobu pro výrobu tavených sýrů na 65,5 °C a 30 sekund [6]. Výroba může být dávková či kontinuální, používají se různé druhy míchacích systémů a typy a mechanismy záhřevu [9]. Při kontinuální výrobě probíhá stálý, nepřerušovaný tok materiálu od jednoho kroku ke druhému. Diskontinuální výroba probíhá po dávkách (várkách). Samotní výrobci tavených sýrů nicméně používají různé typy vařičů s různým designem i provozními podmínkami: Běžné druhy většinou používají vysokorychlostní řezací čepele, které pracují při rychlosti 1500–3000 otáček za minutu při teplotách 95–100 °C i více po dobu 2 až 5 minut (například zařízení od firmy Stephan) [9]. Co se týče tuzemských tavení, první tavnice zahájila činnost v roce 1923 a o deset let později jich fungovalo

již 27. V České republice jsou v současnosti aktivní například tavníky TPK v Hodoníně (Savencia Fromage & Dairy), želetavské Bel Sýry Česko, Madeta v jihočeském Řípci, Tany v Nýrsku a Mlékárna Klatovy.

Jedním ze zařízení používajících přímý ohřev je kontinuální vařič RotaTherm, který zajišťuje rychlý ohřev a čistotu výrobku. Jeho součástí je zcela uzavřená vysokotlaká varná zóna umožňující vaření až do teploty 145 °C; pára je vstříkována přímo prostřednictvím nehořlavých trysek a smíchána s výrobkem pomocí rotoru s nastavitelnou rychlostí – tím je zajištěn rovnoměrný ohřev výrobku za dobu přibližně 15 sekund [35].

1.3.2 Tavicí zařízení Stephan

Univerzální stroje Stephan (STEPHAN Universal Machines) jsou kompaktní a flexibilní procesní jednotky, které zvládnou všechny kroky při výrobě tavených sýrů – míchání, krájení, emulgaci i odvodušňování, přímý i nepřímý záhřev a ochlazování – v rámci jednoho zařízení (princip *all-in-one*). Pro výrobu tavených sýrů jsou určeny tři typy univerzálních strojů Stephan – UM 70, UM 130 a UM 200 – které se liší obsahem nádoby (70, 130 a 200 litrů), teplotou zpracování (95, 95/125 a 95/125 °C), objemem várky (30-55, 50-90 a 80-170 litrů) a výrobní kapacitou (30-330, 50-540, 80-1020 litrů za hodinu) [23].

Výrobky společnosti Stephan Machinery jsou charakteristické svou univerzálností, robustností, dlouhou výdrží a snadnou údržbou. Jejich velkou výhodou je možnost provádět více kroků výrobního procesu na jednom stroji. Na obrázku č. 2 je zobrazeno tavicí zařízení Stephan UMC-5 s nepřímým záhřevem, pracovní teplotou 95 °C a pětilitrovou kapacitou nádoby. Výroba taveného sýru probíhá tak, že nejprve je do mísy z nerezové oceli vložen nakrájený přírodní sýr, který je rozměňován rychlostí několika tisíc otáček za minutu po dobu asi 30 vteřin. Následně jsou přidány ostatní suroviny – máslo, tavicí soli a pitná voda, uzavřeno víko z polyfenylsulfonu (PPSU) – vysoce odolného plastového materiálu, u něhož je zaručena pevnost i při vysokých provozních teplotách. Poté je uvnitř mísy vytvořen podtlak prostřednictvím vývěvy odsávající vzduch, který snižuje riziko oxidace taveného sýru, a zahájeno nepřímé zahřívání surovin pláštěm za stálého míchání. Tavicí zařízení je ovládáno prostřednictvím dotykové klávesnice FT 3011. Součástí moderních tavicích zařízení firmy Stephan jsou mixovací nože s vysokými otáčkami, díky nimž není nutné vstupní suroviny precizně rozemílat. [23]



Obrázek 3: Tavicí zařízení Stephan UMC-5 [7]

2 ZÁHŘEV TAVENÝCH SÝRŮ

Jak bylo zmíněno výše, výroba tavených sýrů probíhá pomocí tepelného zahřívání surovin. Podle Dostálové a Čurdy [8] tepelný záhřev (několikaminutový s teplotou nad 80 °C) vede ke snižování jejich biologické hodnoty – především snížení obsahů vitamínů a biologické hodnoty bílkovin. Konkrétní hodnoty poklesu obsahu vitamínů a biologické hodnoty závisí na výši použité teploty a době jejího působení. Kromě použití zvýšené teploty hraje roli i přidání tavicích solí. Další problém záhřevu tavených sýrů je vznik vazeb obtížně štěpitelných či neštěpitelných v lidském trávicím traktu. Na druhou stranu autoři upozorňují, že tavené sýry jsou i tak hodnotnou potravinou obsahující plnohodnotné bílkoviny, vitaminy, minerální látky – především vápník) [8].

Po přidání přírodního sýru, vody, barviv, soli, koření a emulgátorů se směs zahřívá. Přírodní sýr je roztaven a pH se zvyšuje do alkalických hodnot [4]. Směs složek se zpracovává za použití tepla a míchání tak dlouho, až vznikne homogenní hmota, která je zabalena a ochlazená. Výrobci tavených sýrů používají různé varianty výrobních podmínek, liší se i typy používaných míchacích systémů a mechanismy ohřevu – nepřímý ohřev nebo přímé vstřikování páry [9].

Záhřev přírodního sýru na teplotu tavení není možný bez rozvrstvení hmoty na vysrážené bílkoviny na dně, vodní fázi ve středové části a povrchový tuk. Aby bylo tomuto efektu zabráněno, přidávají se do surovinové směsi tavicí soli, které bílkoviny rozpouštějí a brání jejich srážení prostřednictvím navázání určité části vápníku z přírodního sýru. Výroba tavených sýrů funguje na principu výměny vápenatých iontů v surovině sodíkovými či draselnými ionty tavicích solí. V důsledku je pak omezena vazba vápenatých iontů na bílkovinu a výsledkem záhřevu je krémová konzistence výrobku bez koagulace. Tavicí soli též emulgují tuk, který se při stálém míchání rovnoměrně rozmělní do taveniny a též upravují pH [5]. Zásadním krokem při výrobě taveného sýru je tavení surovin a míchání směsi s emulgačními solemi. Zahřívání se provádí nepřímo nebo přímo vstřikováním páry do vařiče, což deaktivuje startovací bakterie a ostatní bakterie a enzymy obsažené v přírodním sýru a zvýší dobu údržnosti. Vliv konkrétních typů fosfátů na tuhost taveného sýru se zvyšuje v následujícím pořadí: ortofosfát < polyfosfát < difosfát < trifosfát [38].

Jednou z forem tepelného záhřevu používaného u sýrů je sterilační záhřev, který ovlivňuje řadu parametrů tavených sýrů, například obsah mastných kyselin. Platí, že lineárním zvýšením sterilační teploty lze exponenciálně zkrátit dobu záhřevu při zachování konstantního

sterilačního účinku [24]. Používá se pro usmrcení mikroorganismů, kdy pro číselné vyjádření účinku sterilačního záhřevu (kombinace výše teploty a doby jejího působení) můžeme použít tzv. F-hodnotu: hodnota 1 F odpovídá smrtícímu účinku teploty 121,1 °C působící po dobu jedné minuty. Hodnotu F určíme dle vztahu:

$$F = t \cdot 10^{\frac{T-121,1}{z}},$$

kde t je doba působení sterilační teploty v minutách, T je sterilační teplota v °C a z je hodnota, která vyjadřuje nárůst v teplotě potřebné k získání stejného smrtícího účinku při 1/10 doby působení (obvykle se pohybuje kolem hodnoty 10 °C) [24].

2.1 Vliv záhřevu na konzistenci tavených sýrů

Proces tavení sýru – použitá teplota tavení, způsob a rychlost míchání taveniny i celková doba trvání tavicího procesu – mají vliv na výslednou konzistenci výrobku. Záhřevem se kromě konzistence docílí i likvidace většiny přítomné mikroflóry, a tedy zvýšení trvanlivosti výrobku [31]. Platí, že čím nižší je tavicí teplota, tím více se snižuje tuhost tavených sýrů a naopak [32].

Během procesu tavení a následného skladování dochází k rozpadu polyfosforečnanových tavicích solí, které mohou být hydrolyzovány až na jednoduché fosforečnany. Jejich působením může vzniknout tužší konzistence tavených sýrů [29]. V případě, že tavicí proces přežijí spory bakterií, vlivem produkce oxidu uhličitého hrozí riziko vzniku nežádoucích kaveren [29].

2.2 Přímý záhřev tavených sýrů

Přímý záhřev znamená, že topné médium je smícháno se surovinovou směsí. Mimo to, lze využít přímý vstřík páry do i k ohřevu vody, kdy je pára vstříkována přímo do vody a přenáší tak teplo prostřednictvím proudění a vedení. Přímý záhřev je efektivní při rychlém zahřívání, nicméně je to podmíněno smícháním produktu s topným médiem (což klade na vlastnosti média přísné požadavky) a následným zpracováním. [34]

Tento způsob záhřevu (tavení) sýrů tedy probíhá tak, že směs se předeřeje na 70-90 °C a posléze se přímým vstříkem páry zahřeje až na teplotu 130-145 °C, která je udržována ve výdržníku po dobu 2-5 sekund (zpravidla přitom dojde ke sterilizaci). Pro vytvoření krémové struktury je poté nutné ochladit taveninu na teplotu kolem 90 °C a při této teplotě směs

stále míchat po dobu 4-15 minut. Následuje zabalení, chlazení, skladování a expedice [10]. Tavení probíhá v aseptických podmínkách, aby nedošlo ke kontaminaci a znehodnocení finálního výrobku.

Jak upozorňuje Štancl [14], cílem tepelné úpravy potravin je mimo jiné jejich sterilizace či pasterizace (zajištění jejich mikrobiální bezpečnosti). Zároveň je však žádoucí v co největší míře zachovat nutriční hodnoty tepelně opracované potraviny. Na jedné straně je tedy potřeba potravinu zahřát na určitou teplotu (a nějakou dobu tuto teplotu udržet), při níž dojde ke zničení případných choroboplodných zárodků, na druhou stranu je žádoucí, aby byla potravina vystavena vysoké teplotě co možná nejkratší dobu (například metoda UHT). Podle Štancla je však technická realizace takového aparátu při použití standardních metod náročná a není aplikovatelná na všechny typy potravin [14].

Podle Kapoora a Metzgera [9] je primární používanou metodou záhřevu u většiny zařízení právě přímý vstřík páry do potraviny [9]. Pára vstříknutá do směsi zkondenzuje, což je nutné zohlednit již při formulování (výpočtu) surovinové skladby a je zároveň největší nevýhodou přímého záhřevu. Další nevýhodou přímého záhřevu je možnost lokálního přehřátí při nižších otáčkách míchání a dochází k denaturaci bílkovin pouze v jediném určitém místě (nerovnoměrně), což může vést k příliš vysoké účinnosti tavicích solí právě v těchto místech, což znamená příliš viskózní strukturu v těchto lokálních místech a vede k nekompozitní struktuře v celkovém objemu výroby. Po dosažení vysokých otáček s vhodným poměrem vstříku páry je přímý ohřev významně rychlejší a struktura výrobku se vytvoří tak optimálně rychle. [48]

Dříve se v potravinářských závodech při výrobě tavených sýrů uplatňovaly dvoukotlové vakuové soupravy, dnes se používají především tavicí zařízení firmy Stephan, kdy je surovinová směs ohřívána v kotli s míchadlem buď přímým vstříkem páry, nebo parou přes plášť kotle. [39]

Jednou z metod přímého termického ošetření je také přímý ohmický ohřev, kdy teplo je v ohřívané potravíně generováno přímo průchodem elektrického proudu v důsledku jejího elektrického odporu. Přínosy této metody jsou vysoká rychlost záhřevu a jeho snadné řízení a monitorování a dále také téměř žádné nežádoucí biochemické změny. Nevýhodou tohoto postupu jsou vznikající doprovodné elektrochemické děje, které způsobují elektrochemickou korozi elektrod, vznik usazenin potravin na elektrodách a nejasný vliv elektrického

proudu na potravinu. Problémy spojené s přímým ohmickým ohřevem jsou spojeny i s vlivem materiálu a kontaktem povrchu elektrod na potraviny, tvorba možných úsad na elektrodách a byly zaznamenány případy i kovové chuti výrobku při dlouhodobém používání. Tyto poznatky vycházejí z množství provedených pokusů s přímým ohmickým ohřevem tuhých potravin i ohřevem tekutých potravin průtočně [14].

2.3 Nepřímý záhřev tavených sýrů

Nepřímý přenos tepla je nejčastěji používanou metodou při výrobě tavených sýrů i mléčných výrobků obecně. Mezi výrobek a topné (či chladicí) médium je umístěna přepážka. Teplo je pak přenášeno přes přepážku do výrobku. Topným médiem je většinou horká voda tekoucí na jedné straně přepážky, potravina je umístěna na opačné straně přepážky. Přepážka se zahřívá na straně topného média, na druhé straně je naopak ochlazována studeným mlékem. U deskových tepelných výměníků tvoří přepážku deska. Na každé straně přepážky je hraniční vrstva. Rychlost kapaliny se zpomaluje třením téměř na nulu v místě, kde je hraniční vrstva v kontaktu s přepážkou. Na opačné straně je rychlost nízká, neboť je zpomalena kapalinou v hraniční vrstvě. Rychlost se postupně zvyšuje směrem ke středu kanálu, kde je maximální. Čím blíže je kapalina k přepážce, tím více je ochlazována studeným mlékem na druhé straně. Teplo je přenášeno prouděním (konvekci) a vedením do hraniční vrstvy. Přenos z jedné hraniční vrstvy na druhou probíhá téměř výhradně vedením, zatímco následný přenos do mléka ve střední zóně probíhá vedením i prouděním [34].

Výroba nepřímým záhřevem probíhá tak, že do připravené směsi se přidají tavicí soli a následně je záhřevem zahájeno tavení, poté následuje formování a chlazení taveniny. Přírodní sýry jsou nejprve očištěny, nakrájeny na kousky a rozetřeny na jemnou hmotu. Správný průběh tavení je podmíněn přidáním tavicích solí, jejichž množství se pohybuje mezi 2 a 3 % hmotnosti konečného produktu. Tavičky, v nichž tavení probíhá, disponují pláštěm, který umožňuje i následné ochlazení taveniny, dále míchadlem s regulací a armaturou. V minulosti se směs při výrobě tehdy preferovaných tavených sýrů používala teplota tavení 80-85 °C, doba tavení 4-6 minut, přídavek 0-2 % reworku a pomalé míchání, zatímco u roztíratelných sýrů se teplota tavení pohybovala v rozmezí 85-95 °C, doba tavení 10-15 minut, používalo se rychlé míchání a přídavek reworku maximálně 5 %. V současnosti se používají tavicí teploty přesahující 90-100 °C [29].

Výhodou nepřímého záhřevu je eliminace následného zvýšení obsahu vody vstříkem páry (v případě parní infuze) do tavicí směsi, ale zároveň nedochází k tak efektivnímu prohřátí směsi [48].

2.4 Kombinace přímého a nepřímého záhřevu

Společnost Arla Foods Ingredients vyvinula vylepšené postupy výroby tavených sýrů, s využitím účinků roztoků mléčných bílkovin a kombinace přímého a nepřímého záhřevu. Společnost se zaměřuje na vytvoření inovativních postupů v několika oblastech: bloky a plátky tavených sýrů, tavené sýrové pomazánky, tavené sýry se sníženým obsahem sodíku, tavené smetanové sýry a sýrové snacky. V každé oblasti využívá odlišný výrobní postup. Výrobní proces tavených sýrových bloků a plátků pomocí přímého a nepřímého záhřevu zahrnuje následující kroky: do nádoby vařiče jsou vloženy základní suroviny (sýr, tuk, voda), následuje nepřímý záhřev při 45 °C a rychlosti 750 otáček za minutu. Poté jsou přidány zbylé suroviny a směs je míchána tři minuty opět při dané rychlosti. Přidáním kyseliny citronové je upraveno pH směsi na hodnotu 5,7 a pokračuje míchání směsi při dané rychlosti, která je udržována po celou zbývající dobu trvání výrobního procesu. Následuje nepřímý záhřev při teplotě 50 °C po dobu 30 sekund, poté přímý záhřev a pasterizace při teplotě 85 °C. Po dvou minutách se směs plní do obalů (buď ve formě bloků, nebo plátků zatavených do plastové fólie) a v závěru je výrobek ochlazen na 5 °C [22].

Další metodou kombinující přímý a nepřímý záhřev je technologie high-heat infusion. Standardní vysokoteplotný záhřev nezajistí stoprocentní sterilitu výrobku: např. pro eliminaci spor bakterií *Bacillus sporothermodurans* je nutný záhřev na 150 °C po dobu dvou až šesti sekund a při použití technologie high-heat infusion je dosahováno takto vysokých teplot, čímž je docíleno inaktivace těchto spor bakterií [25].

2.5 Důsledky a limity tepelného záhřevu

Tepelné ošetření je technologický proces prováděný způsobem, při kterém se použitím různých kombinací teploty a doby působení tepelného záhřevu, jež vykazují rovnocenný účinek, omezuje počet nežádoucích mikroorganismů a zajišťuje zdravotní nezávadnost a prodloužení trvanlivosti konečného výrobku [5].

Změny indukované tepelným záhřevem postihují prakticky všechny složky – bílkoviny, tuky, sacharidy, minerální látky, vitamíny, enzymy. Rozsah změn složek zpravidla narůstá se zvyšující se použitou teplotou a prodlužující se dobou záhřevu [41].

Podle autorů Altana a Turhana [19] vede tepelný záhřev sýrů ke snížení jejich biologické hodnoty, kdy vlivem vysokých teplot a v důsledku přidání aditiv klesá v surovinové směsi obsah vitamínů, a naopak se zvyšuje obsah fosforu a sodíku. Záhřev navíc vede ke vzniku vazeb, které jsou v lidském zažívacím traktu obtížně nebo vůbec štěpitelné [19].

Dále, co se týče využitelnosti vápníku, výsledky některých studií ukazují téměř stejnou využitelnost jako v mléce nebo přírodních sýrech, z obecného pohledu je vápník vázaný na kasein považován za nejlépe využitelnou formu; u tavených sýrů se vápník váže na fosfát nebo citrát [8].

Důležité je tedy zvolit optimální kombinaci času a teploty, při níž budou zničeny potenciální choroboplodné zárodky a zároveň zachovány všechny aspekty kvality suroviny. Právě tepelný záhřev je nejdůležitější součástí i zpracování mléka, takže znalosti o jeho vlivu na kvalitu mléka a mléčných výrobků nabývají na významu [15].

2.6 Reologické vlastnosti tavených sýrů – viskozita

S vlivem záhřevu na konzistenci tavených sýrů úzce souvisí viskozita tavených sýrů. Viskozita charakterizuje míru vnitřního tření závisujícího především na přitažlivých silách mezi částicemi tekutiny [44]. Jako fyzikální veličina byla poprvé definována Newtonovým zákonem viskozity. Během tavicího procesu, při déletrvajícím účinku teploty a mechanického míchání, se začnou polyvalentní anionty přes vápenaté ionty navazovat na proteiny, čímž se zvyšuje jejich hydrofilní charakter. Následným vázáním dodatečné vody (polyvalentní anionty mají vysokou vaznost vody) roste viskozita taveniny vedoucí k tzv. krémování. Pro vytvoření stabilní emulze je důležité, aby ve směsi byl dostatek ne zcela hydrolyzovaných peptidů, neboť krátké (příliš hydrolyzované) peptidy vedou k nebezpečí tvorby nestabilní emulze a oddělení fází. Působením tavicích solí obvykle dojde k mírnému růstu pH (u roztíratelných tavených sýrů na výsledných pH 5,6–6,0) a ke zvýšení negativního náboje přítomných proteinů a peptidů. To má za následek další desintegraci proteinové matrice, která je schopna vyšší vaznosti vody [4].

Vliv teploty a chemického složení na zdánlivou viskozitu (*apparent viscosity*) taveného sýru gouda zkoumali Dimitreli a Thomareis [40]. Viskozita byla měřena během zpracování, před

ochlazením produktu. Zdánlivá viskozita je poměr tečného napětí a rychlostního gradientu, který je u newtonských kapalin funkcí rychlostního gradientu. Údaj o hodnotě zdánlivé viskozity má význam jen tehdy, je-li současně uvedena metoda měření a hodnota příslušného rychlostního gradientu. Proces výroby tavených sýrů vyžaduje míchání a záhřev surovinové směsi za přítomnosti emulsifikujících činidel. Vyrobená emulze je pak balena a ochlazována. Během různých fází výroby se používá přenos tepla, a proto je pro modelování a optimalizaci prováděných operací, kromě tepelných vlastností a hustoty produktů, nezbytná i znalost jejich viskozity. Měření viskozity taveného sýru u finálního produktu může též charakterizovat jeho tavitelnost – jednu z nejdůležitějších fyzikálních vlastností, která umožňuje jeho využití v rozmanitých pokrmech. Hodnotu viskozity lze stanovit různými způsoby [40]. Pro měření viskozity jsou používány přístroje fungující na dvou principech: viskózní tekutina buď brání pohybu těles v ní, případně viskózní tekutina pomalu teče (k měření se používají výtokové, kapilární (průtokové), pádové (tělískové), rotační, vibrační, ultrazvukové či provozní viskozimetry). Viskozita představuje důležitý sensorický deskriptor potravin a je jedním z ukazatelů jejich kvality [44].

K výzkumu Dimitrelia a Thomareise [40] použili tři měsíce starý sýr gouda (s obsahem tuku v sušině 47,5 % a proteinů 25,5 %), máslo (s obsahem tuku 82 %) a sušené odstředěné mléko. K základním surovinám byl přidán citronan sodný (3 %). Přidáním různého množství základních surovin bylo vytvořeno široké spektrum vzorků od blokových sýrů až po rozτίratelné. Surovinová směs byla zahřívána při 80 °C po dobu deseti minut za stálého míchání rychlostí 50 otáček za minutu (díky tomu bylo eliminováno riziko vzniku vzduchových bublinek). Cílové teploty bylo dosaženo po 6,5 minutách. Během zahřívání a udržování vzorku na požadované teplotě bylo zamezeno odpařování vody. Zdánlivá viskozita vzorků taveného sýru byla stanovena při teplotách 55, 65, 75, 85 a 95 °C v kapalně formě před ztuhnutím. Bylo zjištěno, že během zpracování se trojrozměrná síť parakaseinu vápenatého v přírodním sýru částečně rozpadne a přemění na parakasein sodný. Konformace molekuly je přitom otevřená a reaktivní s dobrými emulgačními a vazebnými vlastnostmi. Molekuly parakaseinanu tak přispívají k emulgaci povrchu dispergovaných kapek volného tuku a současně váží a znehybňují značné množství obsažené volné vody. Syrovátkové proteiny vykazují podobné konformační a funkční vlastnosti jako kaseiny po jejich tepelné denaturaci. Tak vznikne emulze typu olej ve vodě, kdy ve vodné fázi vzniká interakce protein-protein, díky čemuž dochází během následného chlazení ke gelaci. Všechny popsané změny jsou

označovány jako krémování, které vede ke zvýšení viskozity během doby zpracování. Konzistence taveného sýru závisí na teplotě tavení, vlhkosti a obsahu proteinů. Jestliže se zvýší teplota a vlhkost, index konzistence se sníží, tavený sýr má tudíž menší viskozitu. Naopak zvýšení obsahu proteinů vede ke zvýšení viskozity. Tuk nemá na zdánlivou viskozitu významný vliv [40].

Zevrubně zkoumány jsou reologické vlastnosti tavených sýrů; reologie zkoumá a modeluje deformační vlastnosti látek, především závislost deformace a napětí. Co se týče tavených sýrů, její význam spočívá především v tom, že jejím prostřednictvím lze popisovat konzistenci sýru jako složku jakosti. Reologické vlastnosti závisí na podmínkách měření (například deformační rychlosti), přičemž tato závislost má různý charakter u sýrů různého typu (s odlišným pH, stupněm zralosti). U sýrů jednoho typu je rozmanitost dána různým složením sýru. Viskoelastické chování tavených sýrů je možno posuzovat metodou dynamické oscilační reometrie, geometrií typu deska – deska. Odezvou je harmonický průběh smykové deformace, která je však vlivem existence nevratné deformace způsobené viskozitní složkou reologického chování posunuta o fázový úhel δ . Celkový odpor vzorku proti deformaci vyjadřuje komplexní modul pružnosti ve smyku G^* daný vztahem:

$$G^* = \frac{\tau_0}{\gamma_0} [\cos(\delta) + i\sin(\delta)] = G' + iG'',$$

kde G^* je komplexní modul pružnosti [Pa], G' elastický modul pružnosti [Pa], G'' ztrátový modul pružnosti [Pa], τ_0 amplituda smykového napětí [Pa], γ_0 amplituda smykové deformace [-] a δ fázový posun [Pa]“ [45].

2.6.1 Vliv reworku na konzistenci tavených sýrů

Rework je krém neboli nátavek (již utavený sýr), který označuje tavený sýr, jenž může být vyroben buď neúmyslně, nebo záměrně (ze zbylých odřezků přírodních sýrů, zbytků po plátkování či zbytků taveného sýru v tavicím zařízení), případně jde o sýr původně určený pro zákazníky, který ale nebyl uveden na trh kvůli nevhodnému obalu, obsahu, hmotnosti nebo estetické vadě. Rework může být čerstvý, který byl ihned po výrobě zmrazen, pocházející z předchozí výroby, případně ve formě tzv. horké taveniny, kdy jde o tavený sýr vystavený extrémnímu namáhání [37].

Díky tomu, že u reworku již proběhlo krémování a obsahuje tavicí soli, má schopnost ovlivnit funkční vlastnosti výsledného taveného sýra, do kterého je při výrobě přidáván. Obecně

platí, že čím vyšší přídavek, tím pevnější, méně roztékavou a tužší konzistenci má výsledný tavený sýr. Při výrobě z reworku lze také snížit množství tavicích solí, jelikož rework již emulgační sůl obsahuje [47]. V praxi je běžné použití čerstvého reworku, případně 3-14 dní starého. Rework lze rozdělit i podle typu použitého taveného sýru na rework z mladého sýru s dlouhými bílkovinnými řetězci, z překrémovaného produktu s jemnou strukturou a z obyčejného sýru s krémovitou strukturou [46]. Co se týče vlivu množství přidaného reworku na konzistenci taveného sýru, Meyer [48] uvádí, že přidání 1-2 % čerstvého reworku vede ke vzniku roztíratelných tavených sýrů, a to i při použití přezrálých sýrů. U reworku ve formě sýru s krémovou strukturou vede přidání 2-30 % k vytvoření pevných a pružných výrobků (použití při výrobě blokových tavených sýrů). U překrémovaného sýru s jemnou strukturou Meyer [48] radí přidání pouhého 1 % reworku, neboť při vyšším množství hrozí riziko překrémování finálního výrobku [48].

ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala teoretickým popisem způsobů záhřevu při výrobě tavených sýrů.

Tavené sýry lze vyrábět v různých konzistencích, ale tato musí být celistvá pro celý výrobek. Z výzkumu vyplynulo, že konzistence je ovlivnitelná vhodnou volbou surovin, jejich poměrem i následným technickým zařízením. Nezanedbatelný efekt v souvislosti s konzistencí měla velikost dispergovaných tukových kuliček, která byla značně ovlivněna intenzitou a dobou míchání, způsobem zpracování, chlazení taveniny, délkou a podmínkami při skladování.

Jako jedna z významných nevýhod zkoumaného přímého záhřevu byla skutečnost, že přímým vstřikem páry do suroviny dochází ke zvodnění, které musí být zohledněno při návrhu výrobku. Další nevýhodou je možnost lokálního přehřátí vlivem pomalých otáček. Tyto problémy lze odstranit jednoduchou optimalizací výrobního procesu. Výhodami přímého záhřevu je rychlé dosažení vysokých teplot a při využití high-heat infusion inaktivace extrémně odolných spor bakterií.

Představitelem netypického způsobu přímého záhřevu bylo uvedení ohmického typu. Pozitivními přínosy je rychlý záhřev a eliminace biochemických změn. Nevýhodou použití je přítomnost cizí chuti vlivem migrace kovu z elektrod při dlouhodobém používání.

Dalším standardem je nepřímý záhřev směsi. Jako výhoda byla shledána eliminace zvodnění, které by bylo dodáno vstřikem páry. Jednou z možných nevýhod byla nižší teplota záhřevu, než je tomu u přímého způsobu. Jevila se tak možnost přítomnosti bakteriálních spor, tato skutečnost byla vyvrácena optimalizací délky záhřevu v rámci minut.

Jako velmi vlivný parametr byla shledána viskozita. Z výzkumu vyplynulo, že konzistence taveného sýru závisí na teplotě a vlhkosti, kdy se viskozita sníží zvýšením těchto parametrů, naopak zvýšením obsahu proteinů se viskozita zvýší. Změna obsahu tuku neměla vliv na viskozitu.

Z důvodu stále probíhajících výzkumů a chybějících podkladů v oblasti záhřevu tavených sýrů nemohly být vyvozeny přesnější závěry, ale práce je ideálním podkladem pro praktický pokus nebo další práce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Vyhláška č. 397/2016 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje*, 2016. 12. 12. 2016 [cit. 2019-06-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397>
- [2] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. a S.KRÁČMAR, 2009. Vybrané hydrokoloidy a emulgátory ve výrobě tavených sýrů. *Acta fytotechnica et zootechnica*, Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2009, s. 69-78. Dostupné z: <http://docplayer.cz/23491118-Acta-fytotechnica-et-zootechnica-mimoriadne-cislo-nitra-slovaca-universitas-agriculturae-nitriae-2009-s.html>
- [3] TAMIME, A. Y., ed. *Processed cheese and analogues*. Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell, c2011, xviii, 350 s. Society of dairy technology book series. DOI: 9781444341850. Dostupné také z: <http://online-library.wiley.com/book/10.1002/9781444341850>
- [4] BUŇKA, F., 2017. *Tavené sýry a faktory ovlivňující jejich konzistenci*. Brno: VUT. ISBN 978-80-214-5460-6.
- [5] JANŠTOVÁ, B., VORLOVÁ, L., NAVRÁTILOVÁ, P., KRÁLOVÁ, M., NECIDOVÁ, L. a E. MAŘICOVÁ, 2012. *Technologie mléka a mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-637-7.
- [6] 21CFR133.169. *Food and drugs: Food for human consumption*. 2(21). USA: FDA Home, 2019. [online]. [cit. 2020-01-28]. Dostupné z: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=133.169>
- [7] *Stephan Product Portfolio. Standard Universal Machines* [online], červenec 2018 [cit. 2019-06-04]. Dostupné z: https://stephanmachinery.com/fileadmin/inhalte_downloads/stephan_machinery_brochure_standard_universal_machines_en.pdf
- [8] DOSTÁLOVÁ J. a L.ČURDA, 2010. Význam tavených sýrů ve výživě. In: *Zpravodaj pro školní stravování* [online], březen a duben 2010 [cit. 2019-06-03]. Dostupné z: <http://www.vyzivapol.cz/wp-content/uploads/2015/09/zpravodaj-2-2010.pdf>

- [9] KAPOOR, R. a L. E. Metzger, 2008. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects – A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2008 [cit. 2019-06-04]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x>
- [10] ČERNÍKOVÁ, M. *Vybrané faktory působící na konzistenci tavených sýrů*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2018, 55 s. Teze habilitační práce. ISBN 9788074547287. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/41623/%20ern%C3%ADkov%C3%A1_2017_teze.pdf?sequence=2
- [11] BUŇKA, F. & BUŇKOVÁ, L. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská Revue*, 2009, č. 1, s. 13 – 16. ISSN 1801-9102.
- [12] GAJDŮŠEK, S., 1998. *Mlékařství II*. Brno: MZLU. ISBN 80-7157-342-6.
- [13] NAGYOVÁ, G., ČERNÍKOVÁ, M., PACHLOVÁ, V. a F. BUŇKA, 2014. Srovnání účinnosti vybraných hydrokoloidů na zvyšování pevnosti tavených sýrů. *Mlékařské listy* [online]. 2014 [cit. 2019-06-05]. Č. 147. Dostupné z: http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2014/147_xxvii-xxxi.pdf
- [14] ŠTANCL, J. *Přímý ohmický ohřev potravin* [online]. Nedatováno, [cit. 2019-06-04]. Dostupné z: <http://chps.fsid.cvut.cz/pt2010/pdf/StanclJaromir.pdf>
- [15] Anonym. *Heat exchangers*, nedatováno [online]. [cit. 2019-06-05]. Dostupné z: <https://dairyprocessinghandbook.com/chapter/heat-exchangers>
- [16] Anonym. *Pasterace a sterilace mléka*, nedatováno [online]. [cit. 2019-06-19]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76688.aspx>
- [17] CUPÁKOVÁ, Š., JANŠTOVÁ, B., NAVRÁTILOVÁ, P. a L. NECIDOVÁ, 2001. *Rizika konzumace syrového kravského mléka* [online]. Veterinářství, 2001 [cit. 2019-06-19]. Dostupné z: <https://www.vetweb.cz/rizika-konzumace-syroveho-kravskeho-mleka/>
- [18] EVERS J. M., HUGHES C. G., 2003: Chemical Analysis, s. 34 – 40. In: ROGINSKI H., FUQUAY J. W., FOX P., 2003 *Encyclopedia of dairy sciences*. London: Academic Press, 557 s.

- [19] ALTAN, A. a M. Turhan. Comparison of Covered and Uncovered Schreiber Test for Cheese Meltability Evaluation. *Journal of Dairy Science*. 2005, **8**(88), 857-861. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72751-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72751-X). ISSN 0022-0302.
- [20] KOCA, N. a M. METIN, 2003. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *International dairy journal / published in association with the International Dairy Federation* [online]. Roč. 5, č. 5, s. 365-373 [cit. 2019-06-20]. ISSN 0958-6946. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.006>.
- [21] BRITZ, T. J., ROBINSON, R. K., 2008: *Advanced dairy science and technology*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 300s
- [22] Versatile quality processed cheese with flexible Nutrilac solutions. *Arla Foods Ingredients Bulletin* [online]. [cit.2019-06-20]. Dostupné z: https://www.arlafoodsingredients.com/globalassets/global/downloads/applications/cheese/processed-cheese/bt_processed_cheese.pdf
- [23] *Universal Machines UM 70/130/200*, nedatováno [online]. [cit. 2019-06-20]. Dostupné z: <https://stephan-machinery.com/ww-en/machine-details/universal-machines-um-70130200/>
- [24] LAZÁRKOVÁ, Z., 2009. *Faktory ovlivňující jakost sterilovaných tavených sýrů*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Dizertační práce. Fakulta technologická.
- [25] *XLII. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin. Sborník příspěvků*, 2012 [online]. 21.-23. 5. 2012 [cit. 2019-06-20]. Dostupné z: http://www.czechfoodchem.cz/Sborn%C3%ADk_2012.pdf
- [26] MCSWEENEY, P. L. H. *Cheese problems solved*. Cambridge CB21 6AH. Woodhead Publishing Limited, 2007. 425p. ISBN 978-1-84569-353-4.
- [27] VEČERKOVÁ, H., 2001. *Jak kvalitní jsou plátky tavených sýrů* [online]. 13. 11. 2001 [cit. 2019-07-28]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/test-a-spotrebitel/jak-kvalitni-jsou-platky-tavenych-syru.A011113_102424_test_jan
- [28] *Tavené plátkové sýry jsou nezdravé, skutečného sýra obsahují málo*, 2017 [online]. 18. 1. 2017 [cit. 2019-07-28]. Dostupné z: <https://spotrebitel.dtest.cz/clanek-5611/tavene-platkove-syry-jsou-nezdrave-skutecneho-syra-obsahuji-malo>

- [29] OSTHOFF, G., SLABBER, E., KNIEFEL, W., DÜRRSCHMID, K. Flavours and Flavourants, Colours and Pigment. *Processed Cheese and Analogues*, First Edition. Blackwell Publishing Ltd., 2011. p. 133-147. ISBN 978-1-4051-8642-1.
- [30] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. Faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů. *Potravinářská revue: odborný časopis pro výživu, výrobu potravin a obchod* Praha: Agral, 2004-, 2012 (č.: 6). ISSN 1801-9102. Dostupné také z: <http://www.agral.cz>
- [31] PAVELKA, A., 1996. *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. Brno: Littera. ISBN 80-85763-09-5.
- [32] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J. a J. A. LUCEY, 2006. Effect of Trisodium Citrate Concentration and Cooking Time on the Physicochemical Properties of Pasteurized Process Cheese [online]. *Journal of dairy science*. 89. 15-28 [cit. 2019-07-28]. Dostupné z: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(06\)72065-3/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(06)72065-3/pdf)
- [33] *Zařízení na výrobu tavených a termizovaných mlékárenských výrobků. Technická specifikace zařízení*, nedatováno [online]. [cit. 2019-07-28]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/vzprv/Soubor.aspx?guid=a3ef7147-efc5-4d74-8026-68f592c80d32>
- [34] BYLUND, G. *Dairy processing handbook*. Lund: Tetra Pak, 2015, 482 s. [online]. [cit. 2019-07-29]. Dostupné z: <https://dairyprocessinghandbook.com/chapter/heat-exchangers>
- [35] Anonym. *Gold Peg RotaTherm*, nedatováno [online]. [cit. 2019-07-29]. Dostupné z: https://www.goldpeg.com/wp-content/uploads/2019/05/RotaTherm_continuous_cooking_system.pdf
- [36] FORMAN, L., 1996. *Mlékárenská technologie II*. Praha: VŠCHT. ISBN 80-7080-250-2.
- [37] KALAB, M., YUN, J. a S. Hing YIU, 1987. Textural Properties and Microstructure of Process Cheese Food Rework. *Food Microstructure* [online]. říjen 1987 [cit. 2019-07-30]. Dostupné z: <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1168&context=foodmicrostructure>

- [38] MOHAMMADI, A. a V.FADAEI, 2017. The effect of homogenization on texture of reduced dry matter processed cheese. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 38. 10.1590/1678-457x.17817.
- [39] PRICE, W.V. a Merlin G. BUSH, 1974. *The Process Cheese Industry in the United States: A Review* [online] [cit. 2019-07-30]. Dostupné z: <https://jfoodprotection.org/doi/pdf/10.4315/0022-2747-37.4.179>
- [40] DIMITRELI, G. a A. S. THOMAREIS, 2004. Effect of temperature and chemical composition on processed chesse apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*. 2004, 64, 265-271. ISSN: 0260-8774
- [41] BUŇKA, F. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013, 258 s. ISBN 9788074542541.
- [42] BARRY, A.Law a A.Y. TAMINE. *Technology of Cheesemaking*. 2ns. Blackwell Publishing, 2010. ISBN 9781444323740.
- [43] KADLEC, P. *Technologie potravin II*. Praha: VŠCHT, 2002. ISBN 80-7080-510-2.
- [44] KUMBÁR, V., 2017. *Metody měření viskozity potravinářských produktů* [online]. 2. 10. 2017 [cit. 2019-07-30]. Dostupné z: web2.mendelu.cz/af_291.../habilitacni_prednaska_kumbar.ppsx
- [45] LANGENDORFF, V., CUVELIER, G., MICHON, C., LAUNAY, B., PARKER, A., DE KRUIF, C. G. Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures. *Food Hydrocolloids*, 2000. 14. 273 – 280.
- [46] GUINEE, T. P., CARIC, M. a M.KALÁB, 2004. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. Major Cheese Groups [online]. S. 349-394 [cit. 2019-07-30]. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. DOI: 10.1016/S1874-558X(04)80052-6. ISBN 9780122636530. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1874558X04800526>
- [47] FOX, P. F., GUINEE, T. P., COGAN, T. P., MCSWEENEY, P. L. H. *Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. Fundamentals of Cheese Science* Boston, MA: Springer US, 2017, s. 589-627 DOI: 10.1007/978-1-4899-7681-9_17. ISBN 978-1-4899-7679-6.

- [48] MEYER, A., 1973. *Processed cheese manufacture*. London: Food Trade Press. ISBN 0900379081.
- [49] FDA (2006) *Food and Drug Administration: CFR Title 21. 133.169–133.180*, Department of Health and Human Services, Washington, DC.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PPSU	polyfenylsulfon
UHT	ultra-high temperature processing, vysokoteplotní úprava
VVTPH	voda v tukuprosté hmotě sýra

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Princip výměny vápenatých iontů za sodné [3].....	16
Obrázek 2: Princip diskontinuální výroby tavených sýrů [4]	19
Obrázek 3: Tavicí zařízení Stephan UMC-5 [7]	23

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Dělení sýrů podle vyhlášky č. 397/2016 Sb. [1].....	12
Tabulka 2: Klasifikace přírodních sýrů podle obsahu tuku v sušině [1].....	12
Tabulka 3: Klasifikace přírodních sýrů podle konzistence ve vztahu k obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra [1].....	13
Tabulka 4: Dělení sýru podle zrání [1].....	13