

Možnosti výroby ochucených tavených mléčných výrobků

Bc. Natálie Maliňáková

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Natálie Maliňáková
Osobní číslo:	T23276
Studijní program:	N0721A210004 Technologie potravin
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Možnosti výroby ochucených tavených mléčných výrobků

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

Charakteristika tavených sýrů, tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků

Charakteristika surovin a způsob výroby tavených produktů

II. Praktická část:

Optimalizace výroby modelových vzorků tavených produktů z různých surovin a s různým ochucením

Analýza vybraných parametrů (chemická, texturní, reologická, senzorická analýza) v modelových vzorcích

Vyhodnocení výsledků a jejich diskuze

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- [1] Kassem J.M., Abbas, H.M., Bahgaat, W.K., El-Messery, T.M. Sweet Processed Cheese Spread Analogue as a Novel Healthy Dairy Product. *International Journal of Dairy Science*, 2017, 12, 5, 331-338.
- [2] Tamime, A.Y. *Processed Cheese and Analogues*. Chichester: John Wiley and Sons, 2011. ISBN: 978-1-4051-8642-1.
- [3] El-Bakry, M. a Mehta, B.M. *Processed Cheese Science and Technology: Ingredients, Manufacture, Functionality, Quality, and Regulations*. Cambridge: Elsevier, 2022. ISBN: 978-0-12-821445-9.
- [4] Bachmann, H.-P. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*, 2001, 11, 4-7, 505-515.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Zuzana Lazárková, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **1. ledna 2025**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 14. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

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

Prohlašuji, že

- jsem na diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá možnostmi výroby ochucených tavených mléčných výrobků se zaměřením na využití ovocného pyré jako ochucující složky. Cílem této práce bylo zhodnotit vliv přídavku ananasového pyré a obsahu sušiny na fyzikálně-chemické, reologické, texturní a organoleptické vlastnosti výsledných výrobků. Byly připraveny vzorky s různým podílem ananasového pyré (0–20 % hm.) a dvěma úrovněmi sušiny (40 a 45 % hm.). U všech vzorků byly stanoveny hodnoty pH, obsah sušiny, aktivita vody, byla provedena instrumentální analýza barvy, texturní analýza a reologická analýza. Dále byla provedena senzorická analýza zaměřená na vzhled, chuť, konzistenci a celkovou přijatelnost. Výsledky ukázaly, že jak obsah sušiny, tak množství přidaného ananasového pyré významně ovlivnily texturní, reologické i organoleptické vlastnosti ochuceného taveného mléčného výrobku. Na základě získaných výsledků lze pro případné další využití doporučit tavené výrobky s obsahem sušiny 45 % hm., protože vzorky se 40 % hm. sušiny byly příliš tekuté a měly charakter tavené omáčky.

Klíčová slova: tavený mléčný výrobek, ovocné pyré, ananas, barva, textura, reologie, senzorická analýza

ABSTRACT

This thesis explores the possibilities of producing flavored processed dairy products, with a focus on the use of fruit purée as a flavoring component. The aim of the study was to evaluate the effect of pineapple purée addition and dry matter content on the physicochemical, rheological, textural, and sensory properties of the final products. Samples were prepared with varying amounts of pineapple purée (0–20% w/w) and two levels of dry matter (40% and 45% w/w). For all samples, pH, dry matter content, water activity, instrumental color analysis, texture analysis, and rheological analysis were conducted. In addition, sensory analysis focused on appearance, taste, texture, and overall acceptability was performed. The results showed that both the dry matter content and the amount of added pineapple purée significantly influenced the textural, rheological, and sensory properties of the flavored processed dairy products. Based on the results, products with 45% w/w dry matter content are recommended for further use, as samples with 40% w/w dry matter were too liquid and resembled processed cheese sauce.

Keywords: processed dairy product, fruit purée, pineapple, colour, texture, rheology, sensory analysis

Ráda bych poděkovala své vedoucí práce doc. Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D. nejen za odborné vedení, rady a připomínky, ale také za její ochotu a trpělivost.

OBSAH

ÚVOD.....	13
I TEORETICKÁ ČÁST.....	14
1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH VÝROBKŮ.....	15
1.1 HISTORIE.....	15
1.2 DĚLENÍ.....	15
1.3 NUTRIČNÍ SLOŽENÍ	16
1.4 VADY TAVENÝCH VÝROBKŮ	17
1.5 ANALOGY TAVENÝCH VÝROBKŮ	18
2 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH VÝROBKŮ	20
2.1 PŘÍRODNÍ SÝR	20
2.2 SUROVINY MLÉČNÉHO PŮVODU.....	21
2.3 TAVICÍ SOLI.....	22
2.4 SUROVINY NEMLÉČNÉHO PŮVODU	23
3 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH VÝROBKŮ.....	25
3.1 PŘÍPRAVA SMĚSI.....	26
3.2 TAVENÍ.....	27
3.3 FORMOVÁNÍ, BALENÍ, SKLADOVÁNÍ A EXPEDICE VÝROBKU.....	27
4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TEXTURU TAVENÝCH VÝROBKŮ	29
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	31
5 CÍL PRÁCE	32
6 METODIKA PRÁCE	33
6.1 POPIS EXPERIMENTU.....	33
6.2 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÝCH MLÉČNÝCH VÝROBKŮ	33
6.3 ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÁ ANALÝZA	34
6.3.1 Stanovení obsahu sušiny	34
6.3.2 Stanovení pH.....	36
6.3.3 Stanovení aktivity vody.....	36
6.4 STANOVENÍ BARVY	37
6.5 TEXTURNÍ ANALÝZA	38
6.6 REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	39
6.7 SENZORICKÁ ANALÝZA	40
7 VÝSLEDKY A DISKUZE.....	42
7.1 ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÁ ANALÝZA	42
7.2 STANOVENÍ BARVY	43

7.3	TEXTURNÍ ANALÝZA	45
7.4	REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	46
7.5	SENZORICKÁ ANALÝZA	51
ZÁVĚR		54
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		55
SEZNAM OBRÁZKŮ		64
SEZNAM TABULEK.....		65
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		66
SEZNAM PŘÍLOH		67

ÚVOD

Tavené sýry a tavené mléčné výrobky představují významnou skupinu potravin s dlouho historií výroby a vysokou oblibou mezi spotřebiteli. Díky svým organoleptickým vlastnostem, variabilitě využití, delší trvanlivosti a snadnému zpracování jsou často upřednostňovány před přírodními sýry. V České republice se spotřeba tavených sýrů dlouhodobě drží na vysoké úrovni a podobný trend lze sledovat i celosvětově [1, 2].

Podle údajů Českého statistického úřadu činila v roce 2021 jejich průměrná roční spotřeba přibližně 1,9 kg na osobu, přičemž dřívější data udávají spotřebu až 2,7 kg na osobu ročně [3]. Tím se Česká republika řadí mezi přední konzumenty tavených sýrů v Evropě. Domácí produkce navíc mnohdy nestačí pokrýt poptávku, což vede k nutnosti dovozu. Na globální úrovni zájem o sýry – včetně těch tavených – neustále roste. V roce 2023 dosáhla celosvětová spotřeba sýrů podle údajů USDA (United States Department of Agriculture) rekordních 21,6 milionu metrických tun a v rámci Evropské unie se pohybovala kolem 9,5 milionu tun [4]. Tento trend potvrzuje význam tavených mléčných výrobků jako dynamického segmentu potravinářského průmyslu s potenciálem pro inovace.

Výhodou tavených mléčných výrobků oproti přírodním sýrům je jejich technologická flexibilita, která umožňuje výrobu produktů s různými strukturami, chutěmi a složením [5]. Právě možnost obohacení o různé funkční, chuťové či výživové složky, jako jsou bylinky, koření, zelenina nebo ovoce, dává výrobcům prostor pro inovace a rozšíření produktového portfolia. Ochucování tavených mléčných výrobků ovocnou složkou je však technologicky náročný proces, který přináší řadu výzev z hlediska konzistence, stability a senzorické kvality výsledného produktu [6, 7].

Tato diplomová práce se zaměřuje na možnosti výroby ochucených tavených mléčných výrobků s důrazem na aplikaci ovocné složky. V teoretické části jsou shrnuty základní informace o tavených výrobcích – jejich historie, rozdělení, nutriční složení, vady a analogové výrobky. Dále jsou popsány základní suroviny využívané při výrobě. Pozornost je věnována i technologickému postupu výroby a samotná kapitola se pak věnuje faktorům ovlivňující texturu tavených výrobků. Praktická část je zaměřena na přípravu modelových vzorků tavených mléčných výrobků s přídavkem ananasového pyré. U vybraných vzorků jsou provedeny analýzy fyzikálně-chemických, texturních, viskoelastických a organoleptických parametrů. Výsledky jsou následně vyhodnoceny a diskutovány z pohledu technologických možností, stability a konzumní přijatelnosti finálních produktů.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH VÝROBKŮ

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb. stanovuje požadavky na jakost a způsob označování mléka, mléčných výrobků, mražených krémů, jedlých tuků a olejů, a zároveň upravuje jejich rozdělení do jednotlivých kategorií. V rámci této legislativní normy se tavené výrobky člení na tavený sýr, tavený sýrový výrobek a tavený mléčný výrobek. Podle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., se taveným sýrem rozumí sýr, který byl tepelně upraven tavením. Tavený sýr je neznámějším zástupcem této kategorie a vzniká tavením jednoho nebo více druhů přírodních sýrů za použití tavicích solí. Vyznačuje se dlouhou trvanlivostí, homogenní texturou a širokou škálou příchutí. Tavený sýrový výrobek je mléčný výrobek, který byl tepelně zpracován tavením, obsahuje více než 5 % hm. laktózy a sýr tvoří nejméně 50 % hm. sušiny daného výrobku. Tavený mléčný výrobek je dle zmíněné vyhlášky charakterizován jako výrobek vzniklý tepelným ošetřením tavením, který obsahuje více než 5 % laktózy, avšak na rozdíl od taveného syrového výrobku nemusí splňovat podmínku minimálního obsahu sýru [8, 9].

1.1 Historie

Počátky výroby tavených sýrů začaly na začátku 20. století, kdy prvotní myšlenkou taveného výrobku bylo zvýšit trvanlivost přírodního sýru, najít alternativu nebo vytvořit nový typ sýru, který by byl jemnější. Mezi významný milník v historii výroby tavených sýrů nastal v roce 1911 ve Švýcarsku, kdy Walter Gerber spolu s Fritzem Stettlerem z podniku Gerber and Co. roztavili švýcarský sýr za použití citrátu sodného jako tavicích solí a díky tomu vznikl hladký a homogenní produkt. Další důležitý pokrok přišel v roce 1916 ve Spojených státech, kdy James L. Kraft založil první továrnu a získal patent na výrobu taveného sýra v USA. Jeho metoda byla založena na zahřátí sýrové směsi na vysokou teplotu, aby inaktivoval bakterie způsobující kažení a následném přidání tavicích solí pro stabilizaci textury. Postupem času se výroba a spotřeba tavených sýrů neustále zvyšovala a v dnešní době se tavený sýr řadí mezi oblíbené mléčné produkty [8, 10, 11].

1.2 Dělení

Výrobky z tavených sýrů lze klasifikovat do různých kategorií podle jejich složení, obsahu tuku, konzistence a příchutě. Nejčastěji se můžeme setkat s rozdělením podle obsahu tuku v sušině – vysokotučné obsahující 60–70 % hm., plnotučné, jejichž obsah tuku v sušině je 30–45 % hm. a poslední skupinou jsou sýry nízkotučné, které obsahují 30 % hm. a méně.

Podle použité suroviny se tavené sýry dělí na jednodruhové a směsné. Mezi jednodruhové tavené sýry řadíme typy sýrů, které obsahují pouze jeden deklarovaný sýr, skupina směsných tavených výrobků je vyrobena z více druhů přírodních sýrů v různém poměru [12]. Na základě chuti lze tavené sýry rozdělit na ochucené a neochucené, které neobsahují žádné další přísady. Ochucené tavené sýry obsahují mimo jiné i další ochucující složky, které svým složením ovlivňují chuť, barvu i konzistenci hotového produktu. Mezi ty nejznámější a nejběžnější ochucující přísady patří masné výrobky, bylinky, koření, houby, zelenina, ořechy anebo sýry s příchutí zrajících sýrů (jako je např. romadúr, camembert, ementál). Tavené sýry mohou být také děleny z hlediska konzistence, která hraje při výrobě zásadní roli, na lomivé, pevné, na tavené sýry lehce roztíratelné, krémovité a tavené omáčky. Správná konzistence taveného sýru by měla být kompaktní a homogenní, neměly by se vyskytovat hrudky, shluky a nedostatečně rozmělněné části vstupních surovin [13, 14].

1.3 Nutriční složení

Celý výrobní proces tavených sýrů má vliv na jejich nutriční složení, které se liší v závislosti na použité surovinové skladbě a technologickém zpracování. Tavené sýry se vyznačují vysokým obsahem bílkovin, tuků a minerálních látek [15]. V Tabulce 1 jsou uvedeny příklady nutričně významných složek ve 100 g sýru.

Tabulka 1: Příklady obsahu nutričně významných složek ve 100 g sýru

	Bílkoviny (g)	Tuk (g)	Vápník (g)	Energie (KJ)
Tavený sýr 30 % hm. TVS (tuk v sušině)	17,7	10,5	0,420	710
Tavený sýr 70 % hm. TVS	11,1	36,4	0,207	1570

(zdroj: upraveno podle [16])

Sýry obecně obsahují velký podíl vysoce hodnotných bílkovin. Hlavní a důležitou bílkovinou, která je obsažena v tavených sýrech je kasein, který se vyznačuje vysokou biologickou hodnotou. Další hlavní makroživinou, která je obsažena v tavených sýrech, je tuk, který je nositelem jak chuti, ale také konzistence. Mléčný tuk je tvořen různým množstvím nasycených, mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin [15]. Jejich zastoupení v sýrech je cca 65 % hm. nasycených, 30 % hm. nenasycených a 5 % hm. polynenasycených. Snížení nasycených mastných kyselin je limitováno, protože může dojít

ke zhoršení organoleptických i funkčních vlastností. Laktóza, řadící se mezi sacharidy, je další složkou obsaženou v sýrech. Pokud se využívají pouze přírodní sýry je její obsah obvykle velmi nízký, ale je třeba upozornit na obsah laktózy z důvodů intolerance na mléčný cukr. S přidavkem sušeného mléka nebo sušené syrovátky se obsah laktózy zvyšuje, ale v tavených sýrech musí být její obsah vždy pod 5 % hm. Tento požadavek nám stanovuje již zmíněná vyhláška Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., zato tavené mléčné výrobky mohou obsahovat více než 5 % hm. laktózy. Pro osoby, kterým laktóza způsobuje zdravotní problémy, se v dnešní době vyrábí mléčné výrobky zcela bez laktózy. Obsah laktózy v tavených sýrech se obvykle pohybuje mezi 0,5–4 g na 100 g výrobku [16].

Z vitamínů se nejčastěji v tavených sýrech vyskytují vitamin A a E, a to především v plnotučných variantách tavených sýrů. Jejich obsah závisí na technologii výroby a na použití druhu sýru. Za zmínku stojí ještě zastoupení minerálních látek. Tavené sýry a obecně mléčné výrobky jsou významným zdrojem vápníku, který je důležitý pro zdraví a růst kostí a zubů. Biologická dostupnost vápníku může být ovlivněna technologickým zpracováním, zejména u tavených sýrů. V průběhu tavení se do směsi přidávají tavící soli (např. fosforečnany či citráty), které mohou vytvářet komplexy s vápníkem a tím snižovat jeho vstřebatelnost v organismu. Oproti přírodní sýrům, kde je vápník vázán na kasein ve snadněji využitelné formě, může být vápník v tavených sýrech pro lidské tělo méně dostupný. Přesto však tavené sýry nadále zůstávají významným zdrojem tohoto minerálu ve stravě, zejména díky své široké dostupnosti. Dalšími minerálními prvky, které se vyskytují v mléčných výrobcích v menším množství je např. fosfor podílející se na energetickém metabolismu, hořčík, sodík, draslík, zinek a další stopové prvky [15, 16, 17, 18].

1.4 Vady tavených výrobků

Vady tavených sýrů mohou významně ovlivnit jejich kvalitu a přijatelnost pro spotřebitele. Klíčovým prvkem prevence je optimalizace technologických procesů, správná volba surovin a dodržování hygienických norem. V dnešní době jsou tavené výrobky velmi populární a oblíbenou skupinou mléčných výrobků, které mají homogenní texturu a dlouhou trvanlivost. Bohužel i u těchto typů výrobku může být kvalita ovlivněna různými vadami, které mohou být technologické, chemické nebo mikrobiologické příčiny. K vadám hotových produktů může dojít, pokud nebudou například splněny technologické či hygienické podmínky výroby anebo dojde k nesprávnému výběru použitých surovin. Na vině může být přírodní sýr obsahující vady, špatná manipulace během výrobního procesu nebo vliv působení

mikroorganismů, který se může projevit změnou tvaru, povrchu, chutě, vůně a konzistence. Správný tavený výrobek by se měl snadno oddělit od obalu, neměl by praskat, jeho povrch by měl být hladký a lesklý a v neposlední řadě by jeho chuť měla být typická po použitém přírodním sýru [19, 20].

Mezi hlavní vady tavených výrobků se řadí oddělování tuku, gumovitá nebo příliš tuhá konzistence, hrubá textura a hrudkovitost, oddělování syrovátky a také nepříjemná chuť a aroma. Oddělování tuku patří mezi nejčastější vadu, která se projevuje separací tuku na povrchu sýru a je způsoben nedostatečnou emulgací, která vede k destabilizaci tukové fáze. Tuto vadu může způsobit nevhodná kombinace tavicích solí, použití nekvalitních surovin nebo nedostatečné mechanické zpracování během tavení [19, 20]. Při výrobě je důležité použít správnou kombinaci a složení tavicích solí, zvolit dostatečné míchání a použít kvalitní suroviny s optimálním obsahem tuku. Pokud dojde k přehřátí tavené hmoty během tavení, které vede k nadměrné denaturaci bílkovin, vznikne sýr s gumovitou nebo tuhou konzistencí. Na vině může být také špatně zvolené množství tavených solí, vyšší přídavek vody, použití mladých nebo starých sýrů. Vada, která způsobuje hrubou texturu, písčitosť, je způsobena vysokými teplotami tavení, příliš dlouhou dobou tavení anebo nepřiměřeného množství aplikovaných tavicích solí a může docházet k tvorbě krystalů [21, 22]. Nepříjemná chuť a aroma může být způsobena mikroorganismy, oxidací tuků, která vede ke vzniku zatuchlého nebo žluklého pachu nebo použití nevhodných surovin. Lepivost sýru na fólii patří mezi další vadu, jejíž hlavní příčinou může být příliš vysoký obsah vody v sýru, nedostatečná krémovitá konzistence, příliš vysoké pH nebo horký sýr, který byl ponechaný po delší dobu bez míchání [21, 22, 23].

1.5 Analogy tavených výrobků

V posledních letech roste zájem o analogy tavených sýrů, které mohou sloužit jako alternativy tradičních produktů. Jedná se tedy o náhražky, imitaci tavených sýrů a podobných výrobků, kdy jsou mléčný tuk a/nebo bílkovina částečně či zcela nahrazeny nemléčnou surovinou, a to nejčastěji rostlinnou, tedy rostlinným tukem/olejem a/nebo bílkovinným koncentrátem, což může snižovat výrobní náklady a modifikovat nutriční vlastnosti produktu [24, 25].

Výroba analogů tavených výrobků umožňuje využití široké škály surovin:

- Rostlinné oleje a tuky (např. kokosový tuk, palmový tuk, slunečnicový olej) jako náhrady mléčného tuku
- Rostlinné bílkoviny (např. sójové)
- Škrobové deriváty a hydrolyzáty

Technologie výroby se podobá klasickému procesu výroby tavených produktů. Výroba zahrnuje následující kroky – míchání suchých surovin, přidání požadovaného množství vody, přidání oleje, zahřívání směsi při teplotě 85 °C do dosažení požadované konzistence, intenzivní míchání pro dosažení rovnoměrného rozptýlení tukových a bílkovinných složek, přidání ochucujících přísad, regulátorů pH a finálním krokem je balení za horka, chlazení a skladování [24, 26].

Co se týče nutričního složení sýrových tavených analogů, tak to závisí na použitých surovinách. Přídavek funkčních složek, jako jsou vláknina, probiotika nebo redukované množství sodíku může zlepšit zdravotní přínos. Analogy nacházejí široké uplatnění v potravinářském průmyslu, příkladem mohou být alternativy pro veganské a bezlaktózové výrobky, použití v instantních pokrmech a fast foodech, jako ingredience v kuchyni (omáčky, dipy, náplně) a funkční potraviny s modifikovaným složením [12, 25, 27, 28].

2 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH VÝROBKŮ

Mezi hlavní suroviny využívané při výrobě tavených sýrů patří především přírodní sýry, které tvoří základní složku finálního produktu. Obvykle se jedná o polotvrdé nebo tvrdé sýry, méně často sýry měkké. Volí se směs sýrů v různém stupni prozrání, čímž se dosahuje požadované chuti, vůně a konzistence. V některých případech se přidává také tvaroh. Další důležitou složkou je mléčný tuk, nejčastěji ve formě másla, méně často smetany nebo mléčného tuku zahuštěného nebo sušeného mléka. K dosažení požadované konzistence, tučnosti a chuťových vlastností se dále využívají další mléčné suroviny, jako je sušené mléko, sušená syrovátka, kasein nebo mléčné bílkoviny. Důležitou funkční složkou jsou tavicí soli (např. fosforečnany, citrát sodný nebo polyfosforečnany), které zajišťují emulgaci tuků, rozložení mléčné bílkoviny a vznik homogenní struktury výrobku. Ve výrobě tavených analogů se uplatňují také nemléčné suroviny, především rostlinné bílkoviny, škroby, rostlinné tuky či vláknina, a to zejména u výrobků s upraveným nutričním profilem nebo nižší cenovou kategorií. Pitná voda se používá k dosažení požadované konzistence a zároveň jako médium pro rozpouštění surovin během technologického procesu. U ochucených tavených sýrů se navíc přidávají různé ochucující přísady, jako jsou koření, bylinky, zelenina, šunka, houby, nebo uzené přísady, které ovlivňují výslednou chuť, barvu i charakter produktu [29, 30, 31].

2.1 Přírodní sýr

Přírodní sýr určený k tavení by měl být chuťově nezávadný a správně vyzrálý. Technologie výroby tavených sýrů a mléčných tavených výrobků nám umožňuje použít i sýry, které po chuťové stránce jsou bezchybné, ale už nevyhovují vzhledem a konzistencí anebo jejich stanovený obsah sušiny a tuků nesplňují stanovené podmínky. V dnešní době se ve výrobě využívá až 70 % surovin bez jakýkoliv závažných chyb. Výběr vhodné, správné a kvalitní suroviny je předpokladem pro dobrou jakost celkového výrobku [12, 19].

Přírodní sýr je základní a nejdůležitější surovinou pro výrobu tavených produktů. Vhodný výběr a kombinace různého druhu sýru a jeho stupně zralosti nám ve výsledném produktu určuje jeho konzistenci, chuť a vůni. V České republice se nejčastěji využívají sýry eidamského typu jako je např. Eidamská cihla nebo Eidamský blok. K výrobě přírodního sýru se používají přírodní suroviny jako je kvalitní čerstvé mléko, sůl, startovací kultury a enzymy. K výrobě tavených sýrů se také mohou použít sýry obsahující mechanickou vadu, které není možné uvést do oběhu, využívají se různé odřezky vznikající při plátkování atd.

Pokud sýry obsahují jakoukoliv mikrobiologickou vadu, kdy se jedná o přítomnost bakterií a plísní, je jejich použití přísně zakázáno [32, 33].

Pro výrobu tavených výrobků se nejčastěji v České republice využívají sýry holandského typu, které jsou charakteristické použitím nízkodohřívané syřeniny. V jiných částech světa se však uplatňují i další typy sýrů, jako například švýcarské sýry, čedar, mozzarella nebo bílé sýry zrající v solném nálevu. Použití čedaru a mozzareilly je typické zejména pro anglicky mluvící země, zatímco bílé solené sýry jsou běžné v zemích Středomoří, na Balkáně a v oblasti Blízkého a Středního východu [34, 35].

Sýry holandského typu, jako je eidam a gouda, se vyrábějí z pasterovaného mléka pomocí mezofilních kultur. Zrají přirozeně nebo zrychleně a mají dobrou tavitelnost, což je činí ideálními pro výrobu tavených sýrů. Čedar je tvrdý sýr původem z Velké Británie, charakteristický tzv. čedarizací – specifickým procesem prokysávání a lisování syřeniny. Vzhledem k výrazné chuti a kompaktní textuře je vhodný jako příměs pro dochucení tavených sýrů. Sýry švýcarského typu, např. ementál, se vyznačují přítomností propionových kultur, které způsobují tvorbu typických „ok“ a oříškově nasládlou chuť. Zrají několik měsíců a jsou ceněny pro své organoleptické vlastnosti. Mozzarella patří mezi čerstvé pařené sýry, které se vyrábějí zahříváním a tvarováním syřeniny. Její jemná chuť a elastická struktura ji předurčují k použití především v ochucených tavených výrobcích. Bílé sýry zrající v solném nálevu, rozšířené zejména v oblasti Středomoří a Balkánu, mají měkkou, lehce kluzkou strukturu a slanou chuť. Využívají se v kombinaci s dalšími typy sýrů pro vytvoření specifického chuťového profilu [19, 20, 35, 36].

2.2 Suroviny mléčného původu

Jak již bylo zmíněno, tak další složkou patřící do výroby tavených sýrů je máslo nebo smetana, které slouží ke zvýšení obsahu tuku a také tuku v sušině. Pro dosažení jemnější a stabilnější konzistence je možné použít tzv. utavený sýr – krém neboli rework, který se využívá pouze v některých případech. Mezi další suroviny, které se využívají k výrobě tavených sýrů, se řadí i sušené suroviny mléčného původu jako jsou například koncentráty, mezi které řadíme kaseináty. Dále se využívá kasein, sušené mléko nebo sušená syrovátka [8, 15, 32]. Následující Tabulka 2, kterou můžeme najít ve vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., nám stanovuje povolené složky, které jsou jiné než sýr, pro výrobu tavených výrobků [9].

Tabulka 2: Přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů, tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků

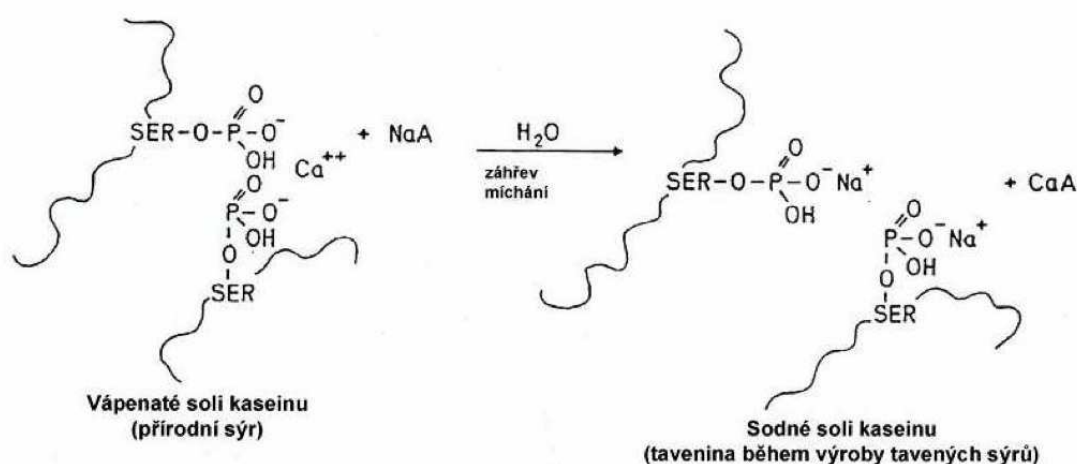
Složka jiná než sýr	Tavený sýr a tavený roztíratelný sýr		Tavený sýrový výrobek a tavený mléčný výrobek
	druhově pojmenovaný	druhově nepojmenovaný	
Máslo, máselný tuk, smetana, máselný koncentrát	pouze pro standardizaci obsahu tuku	ano	ano
Ostatní mléčné složky	ne	ano obsah nejvýše 5 % hm. laktózy ve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

(zdroj: upraveno podle [9])

2.3 Tavicí soli

Podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách jsou tavicí soli látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek. Jejich úkolem v tavených sýrech je zamezování oddělování tuku a vznik homogenní směsi [37]. Jsou nezbytnou součástí výroby tavených sýrů, mají vliv na výměnu vápenatých iontů, pH, krémování, barvu, konzistenci, chuť i trvanlivost. V tavených sýrech hrají klíčovou roli v iontové výměně, kdy dochází k nahrazení vápníkových iontů (Ca^{2+}) ionty sodíku (Na^+) nebo draslíku (K^+). Tímto procesem se vápenaté soli kaseinu přeměňují na rozpustné sodné soli, což vede k lepší hydrataci bílkovin a emulgaci tuku [38, 40].

Tavicí soli neslouží jako emulgátory, ale jsou to tzv. emulgační činidla, díky kterým mohou kaseiny využít své emulgační schopnosti. Díky tomu vzniká hladká, roztíratelná hmota bez separace složek. Na Obrázku 1 je znázorněno schématické vyjádření výměny iontů sodíku za ionty vápníku při výrobě tavených sýrů. Tavicí soli se zpravidla skládají ze směsi několika chemicky definovaných látek, nejčastěji fosforečnanů (monofosforečnanů, polyfosforečnanů) a citronanů sodných, přičemž nejčastěji používané jsou soli obsahující vícesytné anionty v kombinaci s monovalentními alkalickými kovy [10, 12, 15]. Tavicí soli se skládají ze směsi několika chemicky definovaných látek – nejčastěji fosforečnanů (monofosforečnanů, polyfosforečnanů) a citronanů sodných. Při výrobě tavených sýrů se nepoužívá pouze jedna tavicí sůl, ale většinou směs několika tavicích solí. Během výroby tavených sýrů je klíčová nejen vhodná volba směsi tavicích solí, ale také stanovení ideálního množství. Podle druhu a charakteru přírodního sýru se přidavek tavicích solí pohybuje v rozmezí 2–3 % hm. surovinové skladby [38, 39, 41].



Obrázek 1: Schématické vyjádření výměny iontů sodíku za ionty vápníku při výrobě tavených sýrů [38]

2.4 Suroviný nemléčného původu

Do této skupiny surovin lze zařadit například pitnou vodu, která slouží k regulaci obsahu sušiny ve výrobku. Voda působí jako médium, které umožňuje správnou hydrataci ostatních složek a zajišťuje požadovanou konzistenci a texturu sýra [13, 39].

Při výrobě ochucených tavených výrobků se používají různé ochucující přísady, které zásadně ovlivňují chuť, vůni, barvu a texturu konečného výrobku. Tyto přísady mohou zahrnovat přírodní a syntetické aromatické látky, koření, bylinky, kyseliny, barviva, které

nejen že zlepšují organoleptické vlastnosti sýru, ale i prodlužují jeho trvanlivost a zajišťují stabilitu produktu během skladování. Chuťové přísady mohou zahrnovat širokou škálu látek, jako jsou různé druhy koření (např. česnek, paprika, kari, kmín), sušené bylinky (bazalka, oregano). Tyto přísady výrazně mění celkovou chuťovou profilaci sýra a mohou vytvářet specifické variace chuti, které jsou oblíbené na různých trzích [39, 42].

K dalším surovinám, které lze zařadit do této skupiny, jsou přídatné látky, do kterých patří hydrokoloidy, což jsou látky bílkovinné nebo sacharidové povahy a mohou ovlivnit strukturu výrobků během skladování nebo technologických operací. Patří sem např. karagenany, xantová guma, guarová guma atd. [39, 42].

3 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH VÝROBKŮ

Celý výrobní proces tavených produktů se dělí na několik za sebou jdoucích kroků – vše to začíná správným výběrem přírodního sýru a jeho příprava, která zahrnuje drcení a mletí, dále se přidávají tavicí soli, voda a další složky podle dané receptury. Suroviny se míchají, předehtřívají a dochází k vlastnímu tavení směsi, které probíhá při určité teplotě působící určitou dobu. Nakonec se hotový výrobek formuje, balí, chladí a expeduje. Výhodou tavicího procesu je i fakt, že dochází k tepelnému ošetření a výrobek tím získá zvýšenou trvanlivost [12, 43, 44, 45]. Na Obrázku 2 je znázorněno základní schéma výroby tavených výrobků.



Obrázek 2: Schéma výroby tavených výrobků [upravené podle 46]

Při výrobě tavených sýrů lze rozlišit dva základní technologické postupy – diskontinuální a kontinuální způsob. Oba postupy mají specifika nejen v samotném tavení, ale i v předchozích i navazujících krocích, jako je příprava surovin, způsob tepelného ošetření, délka zpracování, chlazení a balení. Zatímco diskontinuální způsob se v České republice využívá výrazně častěji, kontinuální proces je méně běžný a nachází uplatnění zejména v moderních provozech s vysokou mírou automatizace [24, 43, 44].

Diskontinuální způsob výroby tavených sýrů patří mezi tradiční a nejrozšířenější metody používané především v České republice. Celý proces začíná přípravou surovinové směsi, která obsahuje přírodní sýry, tavicí soli, vodu a případné další přísady jako koření, šunku, zeleninu či další ochucující komponenty. Následuje vlastní tavení směsi, které probíhá ve speciálních varných kotlích za teplot 80 až 110 °C, přičemž obvyklý rozsah se pohybuje mezi 90 a 100 °C. Celý proces tavení trvá přibližně 10–15 minut, během kterých dochází nejen k roztavení směsi, ale i k hydrataci bílkovin, emulgaci tuků a vytvoření homogenní struktury. Vlastní výdrž tavicí teploty se pak pohybuje mezi 1–3 minutami. Pro dosažení požadované konzistence následuje formování horké taveniny do obalů, a rychlé zchlazení, které zamezí nežádoucím změnám kvality a případné mikrobiální kontaminaci [45, 47, 48].

Na rozdíl od klasického diskontinuálního procesu se kontinuální výroba tavených sýrů používá méně často, ale je výhodná v provozech, kde je kladen důraz na rychlost, sterilitu a automatizaci výroby. Tavení zde probíhá v antikoročních trubkách, kde je směs zpracována pomocí přímé páry. Teploty během tohoto procesu dosahují 120 až 145 °C a doba působení je velmi krátká – pouze 2–3 s. Díky těmto podmínkám dochází ke sterilaci produktu, na rozdíl od diskontinuálního způsobu, kde je dosažen pouze efekt pasterace. Po tavení následuje rychlé odpaření části vody za podtlaku a poté je tavenina zchlazena na 80–90 °C, přičemž se směs stále míchá, aby byla zachována její homogenita. Horká tavenina je následně asepticky plněna, čímž se minimalizuje riziko sekundární kontaminace [24, 43, 49]. Dále v textu je charakterizován diskontinuální způsob výroby tavených sýrů.

3.1 Příprava směsi

Před samotným tavením se přírodní sýry, které byly určeny k výrobě, musí nejdříve mechanicky očistit, nevhodné části se odstraní a sýry se krájí a rozemelou pomocí válcových stolic a řezaček na menší kusy. Tento krok usnadňuje tavení, dochází k lepšímu promíchání směsi a tavicí soli mají lepší přístup k jednotlivým složkám sýru. Po důkladném rozdrcení a

rozemletí se zbylé suroviny – máslo, voda, tavicí soli a další ingredience podle receptury, které byly přesně naváženy, přidají k připravenému sýru a celá směs se míchá a takto připravená směs je přemístěna do tavicího kotle, kde probíhá tavicí proces [2, 10, 12, 32].

3.2 Tavení

Tavením se rozumí tepelné zpracování předem nachystaných a navážených surovin, ze kterých se během procesu stává tavený sýr. Vlastní tavení probíhá v kotlech tavičky za sníženého tlaku (0,04–0,05 MPa) a při tzv. tavicí teplotě, která se udržuje několik minut. Tavicí kotle jsou vybavené pláštěm, který umožňuje zahřívání taveniny a míchadlem s regulací a celou armaturou. Charakter celého procesu je hlavně fyzikálně-chemický, při kterém dochází ke koloidním a disperzním změnám v tavené hmotě. Na směs působí jak fyzikální vlivy (teplota, tlakové změny, mechanické zpracování – míchání), tak vlivy chemické (bobtnání, výměna iontů mezi tavicími solemi a taveninou). Tavicí proces patří mezi nejdůležitější fázi výrobního procesu a je důležité dodržovat dané podmínky – teplotu, celkovou dobu tavy, způsob a rychlost míchání, aby vznikla homogenní konzistence. Tavenina, která vznikne, musí být hladká, lesklá a neměla by uvolňovat kapénky tuku, zároveň musí mít požadovanou viskozitu, nesmí se „trhat“, ani lepit na obal [19, 21, 30, 50].

3.3 Formování, balení, skladování a expedice výrobku

Po tavicím procesu je nutné ještě horkou tekutou taveninu dopravit k formovacím a balicím strojům, kde se nejčastěji balí do trojúhelníkových nebo hranolových forem, které jsou předem vyloženy hliníkovou folií. Aby se zabránilo mikrobiální kontaminaci a nedošlo k poškození konzistence taveného výrobku je třeba dodržet, aby tekutina byla plněna do vhodných obalů při teplotě 60–70 °C. Je možné použít i jiné obalové materiály, jako jsou například laminované hliníkové obaly, tuby, plastové kelímky či střívká a skleněné obaly. K balení hotových tavených výrobků by mělo dojít co nejrychleji, cca do 15–30 min, a to hlavně z toho důvodu, aby došlo ke snížení pravděpodobnosti kontaminace výrobku mikroorganismy [13, 24, 48].

Po balicím procesu je dalším a velmi důležitým krokem zchlazení hotových výrobků, aby se zachovala ideální konzistence. Ve větších továrnách se využívá chladicího tunelu, kdy se výrobky dávají na dopravník a prochází tunelem po dobu 30 až 60 minut při teplotě 25 až 30 °C. Rychlost, ale také způsob chlazení, je závislý na typu taveného sýru, u roztíratelných probíhá rychle, u sýrových bloků probíhá proces chlazení pomaleji. Čím

probíhá chlazení pomaleji, tím je konzistence sýru tužší. Po vychlazení se výrobky skupinové balí do transportních obalů, skladují se a přepravují. Takto zabalené a zchlazené tavené sýry je nutné skladovat při teplotách 4–8 °C, aby si zachovaly hygienickou nezávadnost, optimální konzistenci a organoleptické vlastnosti. U diskontinuálně vyráběných tavených sýrů, které nejsou sterilovány, se při správném chladírenském skladování obvykle udává minimální trvanlivost v rozmezí 3 až 6 měsíců. Naopak u kontinuální výroby, kde dochází díky vysokým teplotám (až 145 °C) a zpracování za podtlaku k částečné nebo úplné sterilaci produktu, je možné tyto výrobky skladovat i při pokojové teplotě. Za běžných podmínek se u těchto výrobků očekává trvanlivost do 1 roku. V případě hermetického uzavření do nepropustných obalů, jako jsou konzervy, které zajišťují mikrobiologickou stabilitu výrobku po celou dobu skladování a jsou splněny odpovídající skladovací podmínky může být trvanlivost prodloužena až na 2 roky. [15, 19, 30, 51].

4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TEXTURU TAVENÝCH VÝROBKŮ

Textura je jednou z klíčových organoleptických vlastností tavených výrobků a významně ovlivňuje celkovou konzumní kvalitu výrobku. Jedná se o vlastnost vnímanou hmatem a mechanickými smysly v ústech nebo při manipulaci s výrobkem, kterou lze charakterizovat jako kombinaci vlastností jako je tuhost, pružnost, roztíratelnost, soudržnost či lámavost. Mezi hlavní faktory, které mají zásadní vliv na texturu tavených sýrů patří složení surovin, použití tavicích solí, technologické parametry a skladovací podmínky. Použité suroviny mají zásadní vliv na výslednou texturu výrobku. Jako první je třeba zmínit, že je důležité vybrat vhodný druh a staří přírodního sýru. Použitím velmi mladých, nedostatečně prozrálých sýrů vzniká gumovitá a tužší konzistence hotového výrobku. Výhodou může být vysoká vaznost vody a taky možnost ušetření nákladů za hlavní surovinu využívanou při výrobě tavených výrobků – přírodního sýra. Při využití staršího, prozrálejšího sýru, který obsahuje více hydrolyzovaných bílkovin, které ovlivňují tavení a konečnou konzistenci, můžeme získat tavený sýr, který má výraznou vůni, chuť, dobrou tavitelnost a roztíratelnost. Pro některé konzumenty může být nepříjemná ostrá chuť, proto je vhodné kombinovat různé druhy přírodních sýrů a jejich zralosti [10, 24, 43].

Dalším faktorem, který může ovlivnit texturu, je obsah sušiny a obsah tuku v sušině. Vyšší obsah sušiny bývá spojen s tužší a kompaktnější texturou výrobku, zatímco nižší obsah sušiny vede k měkčí a roztíratelnější konzistenci. Pokud zvolíme sýry s vyšším obsahem tuku, anebo přidáme více másla či smetany bude výsledný produkt měkčí a krémovější, zatímco nižší obsah může způsobit tuhost a gumovitost finálního výrobku. Tuk také přispívá k organoleptickým vlastnostem, jako je hladkost a roztíratelnost sýru a také dodává sýru plnější chuť [12, 24].

Tavicí soli jsou nedílnou součástí a důležitou surovinou pro výrobu tavených sýrů, jejich množství a skladba může ovlivnit konzistenci hotového výrobku. Nedostatečné množství solí vede k hrudkovité textuře, zatímco přebytek způsobuje gumovitou konzistenci. Tavicí soli také ovlivňují hodnotu pH, kdy optimální pH tavených sýrů je obvykle mezi 5,6 a 6,1. Vyšší přídavek fosforečnanových a citrnanových solí může způsobit snižování pH a vznikne suchá, tvrdá až drobivá konzistence. Proto se využívá kombinace více typů tavicích solí [38, 52, 53].

Způsob, jakým se zpracovává tavenina, také ovlivňuje výslednou konzistenci taveného výrobku. K těmto faktorům patří teplota, délka procesu tavení, rychlost míchání a chlazení.

Příliš vysoká teplota může vést k nadměrné denaturaci bílkovin a tím způsobit pevnou, pudinkovou a gumovitou texturu, naopak nízká teplota nemusí zajistit dostatečnou homogenizaci složek. Při delším míchání se podporuje lepší disperze složek, ale příliš intenzivní mechanické působení může negativně ovlivnit viskozitu a texturu. Důležitost chlazení horkého výrobku již byla zmíněna v předchozí podkapitole. Ke zvýšení tuhosti a zhoršení roztíratelnosti může dojít, pokud chlazení trvá příliš dlouho. Při pomalém chlazení zase může dojít k intenzivnímu průběhu Maillardových reakcí a také se mohou vytvořit vhodné podmínky pro růst sporotvorných bakterií [30, 51, 54, 55].

Textura taveného sýra se může měnit i po výrobě, a to v závislosti na skladovacích podmínkách. Změny jsou často ovlivněny teplotou a použitým materiálem. Po několika měsících skladování může dojít k ztuhnutí a ztrátě roztíratelnosti. Mezi další faktory ovlivňující skladování patří rozklad tavicích solí, změna hodnoty pH, může docházet k nežádoucí krystalizaci některé ze složek tavených sýrů. Nevhodné skladovací podmínky mohou rovněž ovlivnit obsah těkavých látek ve výrobku, které se negativně promítá do jeho aroma a celkové senzorické kvality [54, 55, 56, 57].

II PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit možnosti výroby ochucených tavených mléčných výrobků se zaměřením na využití ananasového pyré jako ochucující složky a v závislosti na přídavků pyré sledovat zejména texturní, viskoelastické a organoleptické vlastnosti taveného mléčného výrobku. Samotná práce byla rozdělena na část teoretickou a část praktickou.

Cílem teoretické části diplomové práce bylo:

- popsat základní charakteristiku tavených sýrů, tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků, jejich historii, rozdělení
- zaměřit se na základní suroviny, které se používají k výrobě tavených produktů
- přiblížit technologické postupy výroby tavených výrobků

Cílem praktické části diplomové práce bylo:

- připravit modelové vzorky ochucených tavených mléčných výrobků s různým obsahem ovocné složky a různou sušinou
- provést analýzu vybraných fyzikálně-chemických, texturních, reologických a organoleptických parametrů
- na základě těchto výsledků vyhodnotit vhodnost zvoleného ochucení a jeho vliv na vlastnosti finálního produktu

6 METODIKA PRÁCE

6.1 Popis experimentu

Pro praktickou část diplomové práce bylo připraveno celkem 10 modelových vzorků tavených mléčných výrobků dle předem připravených receptur. Tyto vzorky se lišily dvěma faktory – obsahem sušiny a koncentrací přidaného ananasového pyré.

Prvních pět vzorků bylo připraveno s obsahem sušiny 40 % hm., přičemž koncentrace ananasového pyré v jednotlivých vzorcích činila 0 % hm., 5 % hm., 10 % hm., 15 % hm. a 20 % hm. Další pět vzorků bylo připraveno se zvýšeným obsahem sušiny 45 % hm. a shodnými koncentracemi ananasového pyré (0, 5, 10, 15, 20 % hm.). Vzorky s 0 % hm. koncentrací byly vzorky kontrolní, bez použití ochucující složky.

Výroba probíhala v laboratorních podmínkách dle standardního technologického postupu pro tavené mléčné výrobky. Po výrobě byly všechny vzorky skladovány po dobu přibližně 14 dnů v chladírenských podmínkách při teplotě 6 ± 2 °C. Po uplynutí doby skladování byly vzorky podrobeny sérii analytických měření. Hodnoceny byly následující parametry: obsah sušiny, hodnota pH, aktivita vody (a_w), barva, texturní, reologické a organoleptické vlastnosti. Každý z těchto parametrů byl sledován za účelem posouzení vlivu přídavku ananasového pyré a obsahu sušiny na výsledné vlastnosti tavených mléčných výrobků.

6.2 Výroba modelových vzorků tavených mléčných výrobků

Pro výrobu modelových vzorků ochucených tavených mléčných výrobků 40 % hm. sušiny a 45 % hm. sušiny byly použity suroviny, jejichž přesné složení a množství nelze zveřejnit z důvodu obchodního tajemství.

Modelové vzorky tavených sýrů byly připraveny v laboratorních podmínkách za použití zařízení Thermomix TM 31-1 (Vorwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Německo). Výroba probíhala následujícím způsobem: do tavicí nádoby byly postupně nadávkovány jednotlivé suroviny a směs byla zahřata na teplotu 90 °C a za stálého míchání (přibližně 4000 ot./min) udržována po dobu jedné minuty. Celková doba tavení činila přibližně 10 minut. Bezprostředně po výrobě byla horká tavená směs dávkována do hliníkových kelímků, které byly následně uzavřeny zatavením hliníkovým víčkem. Do dvou hodin po výrobě byly vzorky zchlazeny a následně skladovány při teplotě 6 ± 2 °C v chladícím zařízení. Po

uplynutí přibližně 14 dnů skladování byly na vzorcích provedeny veškeré analýzy. Na Obrázku 3 jsou vyfoceny hotové modelové vzorky po zchlazení. Nahoře s obsahem sušiny 40 % hm. a koncentrací pyrě zleva od 0-20 % hm., dole s obsahem sušiny 45 % hm. a koncentrací pyrě zleva od 0-20 % hm.



Obrázek 3: Vyrobené modelové vzorky (nahore s obsahem sušiny 40 % hm., konc. pyrě 0-20 %, dole s obsahem sušiny 45 % hm., konc. pyrě 0-20 %)

6.3 Základní fyzikálně-chemická analýza

6.3.1 Stanovení obsahu sušiny

Obsah celkové sušiny představuje hmotnostní podíl všech látek obsažených ve vzorku po úplném odstranění vody. Výsledná hodnota se vyjadřuje v procentech hmotnosti (% hm.). Stanovení bylo realizováno dle normy ČSN EN ISO 5534 – Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda) [58].

Z každého vzorku byly připraveny tři navážky o hmotnosti přibližně 3 g (s přesností na čtyři desetinná místa). Tyto vzorky byly umístěny do hliníkových misek obsahující písek a

skleněnou tyčinku. Misky byly předem vysušeny při teplotě 102 ± 2 °C, poté ochlazeny na laboratorní teplotu a zváženy.

Po navážení byly vzorky sušeny v sušárně při teplotě 102 ± 2 °C až do dosažení konstantního úbytku hmotnosti, což odpovídalo přibližně době sušení 5 hodin. Po sušení byly vzorky ochlazeny v exsikátoru a následně opět zváženy na analytických vahách. Výpočet obsahu vody a následně obsahu sušiny ve vzorcích byl proveden pomocí následujících rovnic:

a) Obsah vody:

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (1)$$

kde:

- W ... obsah vody [% hm.]
- m_1 ... hmotnost hliníkové misky s pískem před sušením [g]
- m_2 ... hmotnost misky s pískem a vzorkem taveného mléčného výrobku před sušením [g]
- m_3 ... hmotnost misky s pískem a vzorkem taveného mléčného výrobku po sušení [g]

b) Obsah sušiny:

$$S = 100 - W \quad (2)$$

kde:

- S ... obsah sušiny [% hm.] [59].

Takto získané hodnoty byly následně zpracovány a využity k hodnocení vlivu přídatku ochucující složky a obsahu složky na výsledné vlastnosti modelových vzorků. Stanovení obsahu sušiny bylo provedeno 3x a výsledky byly vyjádřeny jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka.

6.3.2 Stanovení pH

Hodnota pH představuje jednu ze základních fyzikálně-chemických charakteristik potravinářských výrobků a úzce souvisí s jejich mikrobiální stabilitou, chutí, texturou i chemickými procesy probíhajícími během skladování. pH je definováno jako záporně vzatý dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů: $\text{pH} = -\log c(\text{H}^+)$ [60].

Stanovení pH bylo u modelových vzorků tavených mléčných výrobků prováděno za laboratorní teploty 22 ± 1 °C pomocí vpichového pH-metru Spear s kombinovanou skleněnou elektrodou (Eutech Instruments, Oakton, Malajsie). Elektroda byla přímo vpichována do střední části každého vzorku.

Měření bylo realizováno ve třech vzorcích každé koncentrace, přičemž každý vzorek byl analyzován na dvou náhodně zvolených místech v rámci jednoho balení ($n = 6$). Tímto způsobem bylo minimalizováno riziko případných odchylek způsobených nehomogenitou produktu či vlivem skladovacích podmínek. Hodnoty pH byly odečítány s přesností na dvě desetinná místa. Vzhledem k technickým limitům přístroje je běžná odchylka měření $\text{pH} \pm 0,01$ jednotky. Stanovení pH bylo provedeno 6x a výsledky byly vyjádřeny jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka.

6.3.3 Stanovení aktivity vody

Aktivita vody vyjadřuje poměr parciálního tlaku vodní páry nad vzorkem k parciálnímu tlaku vodní páry nad čistou vodou při stejné teplotě. Udává množství volně dostupné vody v potravině, které je využitelné pro mikrobiální růst a chemické reakce. Na rozdíl od celkového obsahu vody zohledňuje pouze vodu, která není pevně vázaná na ostatní složky. Hodnota se pohybuje v intervalu 0–1, přičemž vyšší hodnoty značí vyšší riziko mikrobiální kontaminace [61, 62].

Z technologického hlediska mají potraviny s hodnotou aktivity vody nad 0,95 vyšší kazivost – např. mléčné výrobky, čerstvé maso nebo ovoce. Mikroorganismy běžně vyžadují hodnotu $a_w > 0,91$ pro růst, zatímco některé plísňe jsou schopny růst i při aktivitě vody kolem 0,80. U tavených sýrů se aktivita vody běžně pohybuje v rozmezí 0,91–0,96 [12].

Měření aktivity vody modelových vzorků bylo realizováno pomocí laboratorního přístroje AquaLab 4TE (METER Group, Decagon Devices, USA). Před každým měřením byla provedena kalibrace přístroje pomocí standardního roztoku o známé aktivitě vody, což zajistilo přesnost výsledků.

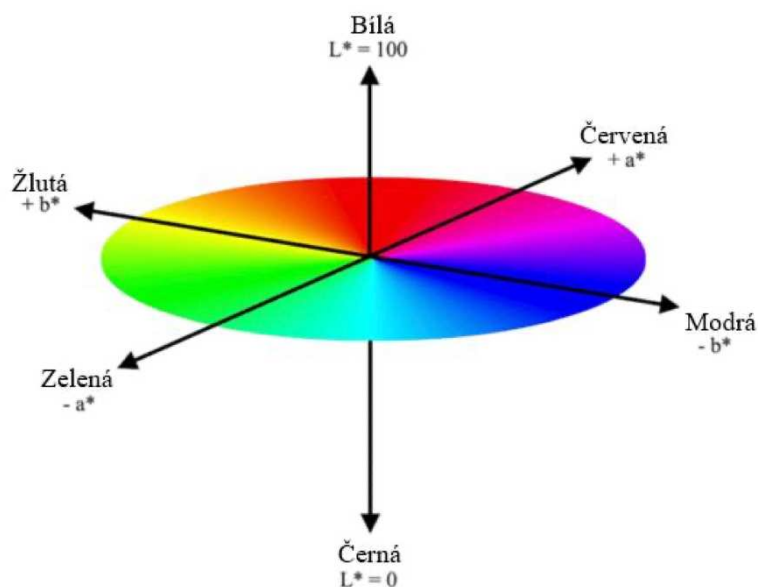
Vzorek byl umístěn do plastové kulaté testovací misky tak, aby rovnoměrně pokrýval dno nádoby. Následně byl vložen do měřicí komory přístroje, kde došlo k vlastnímu měření. Každý vzorek byl analyzován třikrát pro zajištění reprodukovatelnosti výsledků. Měření probíhalo při laboratorní teplotě přibližně 22 ± 1 °C. Výsledky byly vyjádřeny jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka.

6.4 Stanovení barvy

Pro instrumentální hodnocení barvy modelových vzorků byl použit spektrofotometr UltraScan VIS (HunterLab, USA), který pracuje na principu měření odrazivosti světla ve viditelné oblasti spektra. Barevné hodnoty byly vyhodnoceny v systému CIE Lab při standardním osvětlení D65 (denní světlo) a s pozorovacím úhlem 10°. Tento barevný model umožňuje popis barvy ve třech osách:

- L^* : světlost (0 = černá, 100 = bílá),
- a^* : barevná osa zelená (-) až červená (+),
- b^* : barevná osa modrá (-) až žlutá (+).

Na Obrázku 4 je znázorněn barevný prostor CIE Lab ($L^*a^*b^*$) [63, 64].



Obrázek 4: Trojrozměrný barevný prostor CIE $L^*a^*b^*$ [63]

Před samotným měřením byla provedena kalibrace přístroje pomocí referenčních desek: bílé (C6299 HunterLab Color Standard) a šedé (C62996 HunterLab Color Standard). Vzorky byly nanášeny do plastového víčka.

Měření probíhalo za laboratorní teploty přibližně 22 ± 1 °C. Výsledné hodnoty L^* , a^* a b^* umožnily srovnání barevných rozdílů mezi jednotlivými variantami modelových vzorků v závislosti na koncentraci ochucující složky. Stanovení barvy bylo provedeno 3x a výsledky byly vyjádřeny jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka.

6.5 Texturní analýza

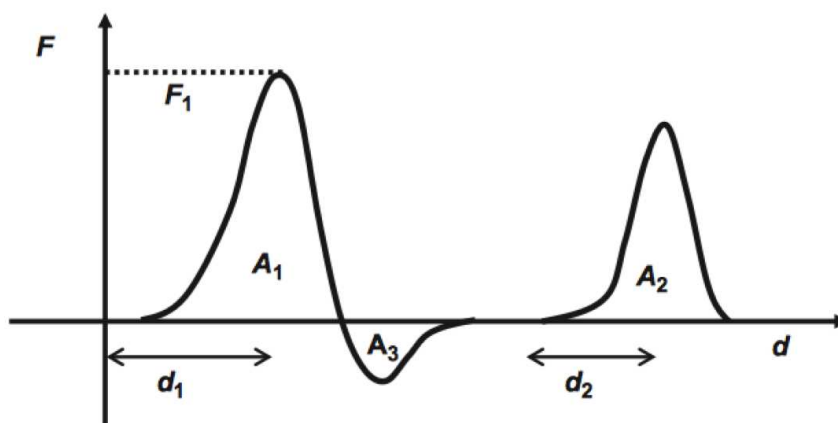
Textura je významným senzorickým parametrem, který odráží mechanické a strukturální vlastnosti potravin. Tyto vlastnosti hrají zásadní roli při hodnocení jejich jakosti a ovlivňují výsledný spotřebitelský dojem. Textura se definuje jako reakce hmatových receptorů na fyzikální podněty vznikající při styku potraviny s částmi lidského těla, např. při žvýkání nebo roztírání [65, 66].

Texturní profilová analýza (TPA) byla provedena pomocí analyzátoru textury TA.XT.plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie). Měření probíhala při teplotě vzorků 22 ± 2 °C (vzorky byly temperovány po dobu cca 2 hodin v klimatizované laboratoři). Pro každý vzorek byla texturní analýza provedena 3krát a výsledky byly vyjádřeny jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka.

Samotná analýza byla realizována metodou dvojité penetrace válcovou ocelovou sondou P20 (průměr 20 mm). Rychlost penetrace byla nastavena na 2 mm/s a hloubka ponoru sondy na 10 mm při počáteční síle 5 g. Získaná data byla zpracována v softwaru Exponent Lite. Na Obrázku 5 je znázorněna křivka texturní profilové analýzy. Z naměřených zátěžových křivek byly vyhodnoceny následující texturní parametry:

- Tvrdost (hardness) – vyjadřuje maximální sílu potřebnou k první deformaci vzorku (odpovídá maximu prvního píku – A1).
- Relativní lepivost (adhesiveness) – představuje mechanickou vlastnost spojenou s přilnavostí materiálu, udává sílu potřebnou k oddělení vzorku od sondy. Vyjádřena byla jako relativní hodnota (poměr absolutní hodnoty píku A3 ku A1) [65, 66].

Součástí texturního hodnocení bylo rovněž stanovení roztíratelnosti, tedy schopnosti vzorku rovnoměrně se rozprostřít při aplikaci tlaku [67]. Vzorky byly dávkovány do dolní části kuželové sondy a následně zatíženy horní částí pod úhlem 45°, přičemž deformovaný materiál vytékal do stran. Tato metoda poskytuje informace o praktickém chování výrobku při jeho aplikaci. Každý vzorek byl měřen třikrát a k vyhodnocení byl také použit software Exponent Lite. Výsledky byly vyjádřeny jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka.



Obrázek 5: Křivka texturní profilové analýzy (d = čas [s], F = síla [N]) [66]

6.6 Reologická analýza

Reologie je vědní obor, který se zabývá tokovými a deformačními vlastnostmi materiálů při působení vnějších sil. V potravinářství se reologické vlastnosti využívají především ke zhodnocení textury, konzistence a stability výrobků, jelikož ovlivňují nejen zpracovatelnost, ale i výsledný senzorický dojem spotřebitele [68].

V této práci byly viskoelastické vlastnosti vzorků stanoveny pomocí dynamického oscilačního reometru Kinexus Pro+ (Malvern, USA) v konfiguraci deska – deska o průměru 35 mm. Měření bylo prováděno při teplotě $20,0 \pm 0,1$ °C. Před každým měřením byl reometr kalibrován. Vzorek byl nanesen na spodní neotáčivou desku tak, aby po spuštění horní desky byla pokryta celá měřicí plocha. Štěrbina mezi deskami byla nastavena na 1 mm.

Oscilační testy probíhaly při amplitudě smykového napětí 5 Pa ve frekvenčním rozsahu 0–10 Hz. Každý vzorek byl měřen třikrát, přičemž jako referenční byla zvolena frekvence 1 Hz, pro kterou byly vyhodnoceny klíčové parametry. Výsledky byly vyjádřeny jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka. Získaná data byla použita k výpočtu následujících reologických parametrů:

- Elastický modul pružnosti (G') – vyjadřuje uloženou (vratnou) energii v materiálu, tedy jeho elastickou složku.
- Viskózní (ztrátový) modul (G'') – vyjadřuje ztracenou energii v důsledku toku materiálu, tj. jeho viskózní složku.
- Komplexní modul pružnosti (G^*), který charakterizuje celkový odpor materiálu vůči deformaci, vypočtený dle vztahu:

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \quad (3)$$

- Úhel fázového posunu δ – udává poměr mezi viskózní a elastickou složkou vzorku a byl vypočítán podle vztahu:

$$\delta = \arctan\left(\frac{G''}{G'}\right) \times \frac{180}{\pi} \quad (4)$$

Tyto parametry slouží k určení, zda se vzorek chová spíše jako pevná látka (tj. elasticky, pokud je $G' > G''$ nebo úhel δ menší než 45°), nebo spíše jako kapalina (tj. viskózně, pokud je $G'' > G'$ nebo úhel δ větší než 45°). Reologické chování zkoumaných vzorků tak poskytuje cenné informace o jejich struktuře, stabilitě a způsobu vnímání při konzumaci [68].

6.7 Senzorická analýza

Za účelem porovnání celkové sensorické kvality jednotlivých výrobků a posouzení jejich přijatelnosti pro spotřebitele byla provedena sensorická analýza. Sensorické hodnocení se zúčastnilo celkem 14 posuzovatelů z řad studentů a zaměstnanců Fakulty technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, kteří byli proškoleni v souladu s normou ČSN ISO 8586 (Sensorická analýza – Obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti vybraných posuzovatelů a odborných sensorických posuzovatelů).

Hodnocení probíhalo v sensorické laboratoři při pokojové teplotě ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) za standardních podmínek minimalizujících rušivé vjemy (neutrální osvětlení, oddělená stanoviště). Vzorky byly označeny náhodnými kódy a podávány v náhodném pořadí. Mezi jednotlivými vzorky bylo možné neutralizovat chuť pomocí pšeničného pečiva a pitné vody. Vzorky s různými obsahy sušiny byly hodnoceny zvlášť (tj. při jednom hodnocení bylo posuzováno 5 vzorků), a to v jednom dni s cca 3hodinovou přestávkou.

K hodnocení byly použity dvě stupnice – pro intenzitu a pro celkový dojem. Pro intenzitu byla použita následující sedmibodová stupnice, kde:

- 1 označovalo hodnocení „*nezatelná*“,
- 2 „*velmi malá*“,

- 3 „malá“,
- 4 „střední“,
- 5 „mírně větší“,
- 6 „velká“ a
- 7 „extrémní“.

Pro celkový dojem byla použita sedmibodová hédonická stupnice, kde:

- 1 označovalo hodnocení „ *vynikající* “,
- 2 „ *výborný* “,
- 3 „ *velmi dobrý* “,
- 4 „ *dobrý (průměrný)* “,
- 5 „ *méně dobrý* “,
- 6 „ *nedobrá* “ a
- 7 „ *nepřijatelný* “.

Hodnotitelé posuzovali následující atributy:

- intenzitu žluté barvy,
- intenzitu tuhosti,
- intenzitu roztíratelnosti,
- intenzitu ananasové příchutě
- intenzitu sladké chuti,
- intenzitu tvarohové/mléčné chuti,
- intenzitu cizích chutí/vůní a
- celkový dojem

Pro zaznamenání výsledků byl použit hodnotící dotazník (viz. příloha PI). Výsledky byly vyjádřeny jako mediány.

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

7.1 Základní fyzikálně-chemická analýza

Výsledky základní fyzikálně-chemické analýzy (obsah sušiny, hodnoty pH a aktivita vody) jsou uvedeny v následující Tabulce 3.

Tabulka 3: Výsledky stanovení obsahu sušiny, hodnot pH a aktivity vody

sušina (%)	konc. pyrè (%)	sušina (%)	pH (-)	aktivita vody (-)
40	0	42,21 ± 0,11	6,37 ± 0,01	0,970 ± 0,001
	5	42,31 ± 0,10	6,34 ± 0,01	0,969 ± 0,001
	10	42,00 ± 0,11	6,31 ± 0,01	0,968 ± 0,001
	15	41,87 ± 0,17	6,19 ± 0,01	0,968 ± 0,001
	20	42,04 ± 0,02	6,16 ± 0,01	0,966 ± 0,001
45	0	46,88 ± 0,11	6,31 ± 0,01	0,963 ± 0,001
	5	46,81 ± 0,16	6,28 ± 0,02	0,963 ± 0,001
	10	46,86 ± 0,21	6,23 ± 0,02	0,961 ± 0,001
	15	46,77 ± 0,43	6,16 ± 0,01	0,960 ± 0,002
	20	47,49 ± 1,55	6,16 ± 0,01	0,960 ± 0,002

Z výsledků měření vyplývá, že přidavek ananasového pyrè neměl v obou sledovaných úrovních sušiny (40 % a 45 % hm.) žádný vliv na obsah sušiny ve finálním výrobku. Obsah sušiny se u všech výrobků pohyboval v úzkém rozmezí 41,87–42,31 (pro vzorky s předpokládaným obsahem sušiny 40 % hm.) a 46,77–47,49 (pro vzorky s předpokládaným obsahem sušiny 45 % hm.). Srovnatelný obsah sušiny u všech vzorků je důležitý pro možnost vzájemného srovnání vzorků. Mírně vyšší naměřený obsah sušiny oproti teoretickému (vypočítanému) je dán použitím surovin, u nichž není obsah sušiny deklarován na obalu a může se lišit.

V případě pH se projevil mírný pokles při zvyšování koncentrace pyré. U vzorků se 40 % hm. sušiny se hodnota pH snížila z 6,37 na 6,16. U vzorků s vyšším obsahem sušiny došlo ke snížení hodnot pH z 6,31 na 6,16. Tento trend lze přičíst přirozeně nižšímu pH ananasového pyré. Z výsledků je patrné, že obsah sušiny na hodnoty pH vliv neměl. I přesto se pH finálních výrobků udrželo v technologický přijatelném rozmezí, vhodném pro daný typ výrobku [69, 70].

Aktivita vody zůstala prakticky neměnná ve všech vzorcích (0,96–0,97), což odpovídá danému typu výrobku a svědčí o tom, že přídavek pyré ani obsah sušiny neměly zásadní vliv na dostupnost volné vody ve výrobku.

Výsledky odpovídají literatuře, která popisuje mírné snížení pH po přidavku ovocných komponent do mléčných výrobků [71, 72]. Podle Guggisberga et al. (2015) může aktivita vody pod 0,970 přispět ke zpomalení mikrobiálního růstu v mléčných výrobcích [73]. Všechny hodnocené vzorky této hodnoty dosáhly. Přesto je třeba zdůraznit, že tavené mléčné výrobky obecně nepatří mezi mikrobiálně stabilní potraviny, a to ani při snížené aktivitě vody. Naměřené hodnoty aktivity vody ve vzorcích jsou stále vysoké, aby umožnily růst některých mikroorganismů, zejména při nevhodném skladování. Proto je nutné tyto výrobky uchovávat v chladírenském režimu, který zamezí pomnožení mikroorganismů a prodlouží jejich bezpečnou trvanlivost.

Z výše uvedeného vyplývá, že formulace taveného mléčného výrobku s obsahem sušiny 40 a 45 % hm. a s obsahem ananasového pyré od 0 do 20 % je možná bez negativního dopadu na základní fyzikálně-chemické parametry.

7.2 Stanovení barvy

V následující Tabulce 4 jsou zaznamenány výsledky instrumentálního stanovení barvy. Z hlediska barvy došlo v důsledku přidavku pyré k několika výrazným změnám. Světlost (L^*) se mírně snižovala s rostoucí koncentrací pyré, zejména u vzorků s 45 % hm. sušiny. Tento pokles může být dán přítomností pigmentů v ananasovém pyré, které zabarvují výrobek směrem ke žlutějším odstínům a tím dochází i k mírnému tmavnutí výrobků. Přesto všechny vzorky vykazovaly vysoké hodnoty světlosti blízké hodnotě 100 (bílá barva).

Hodnota parametru a^* (červený/zelený odstín) se postupně posouvala směrem ke kladnějším hodnotám, což značí, že odstín výrobku přecházel z jemně nazelenalého až do

lehce načervenalého tónu a může být vnímáno jako příjemnější a atraktivnější barva pro konzumenta.

Hodnota parametru b^* (žlutý/modrý odstín) rostla v obou případech s rostoucím podílem pyré, tenhle trend byl očekávaný vzhledem k typické žluté barvě ananasu. Například u výrobků s 40 % hm. sušiny vzrostla hodnota b^* z 19,69 na 22,79, zatímco u vzorků s 45 % hm. sušiny až na 24,54.

Tabulka 4: Naměřené výsledky ze stanovení barvy

sušina (%)	konc. pyré (%)	L^* (-)	a^* (-)	b^* (-)
40	0	87,05 ± 0,06	-0,82 ± 0,09	19,69 ± 0,09
	5	85,84 ± 0,12	-0,63 ± 0,01	20,31 ± 0,06
	10	85,72 ± 0,90	-0,35 ± 0,90	21,02 ± 0,25
	15	85,27 ± 0,40	-0,23 ± 0,02	21,82 ± 0,12
	20	84,76 ± 0,17	0,01 ± 0,03	22,79 ± 0,19
45	0	85,96 ± 0,21	-0,92 ± 0,05	22,77 ± 0,07
	5	85,80 ± 0,17	-0,66 ± 0,02	22,79 ± 0,24
	10	85,32 ± 0,17	-0,42 ± 0,03	23,40 ± 0,07
	15	84,33 ± 0,16	-0,29 ± 0,03	24,41 ± 0,07
	20	83,75 ± 0,22	-0,04 ± 0,12	24,54 ± 0,31

Obsah sušiny neměl téměř žádný vliv na parametry L^* a a^* , hodnota b^* byla o něco vyšší u tavených výrobků s vyšším obsahem sušiny (45 % hm.).

Barevné změny odpovídají očekáváním – přirozené pigmenty v ananasu zabarvují výrobek žlutě a způsobují mírné tmavnutí a posun chromatičnosti do oblasti červené. Podle Gonçalves et al. (2012) mají změny barvy silný vliv na senzorické hodnocení, a to především u výrobků, kde barva signalizuje příchut'. Podobné výsledky uvádí i studie Ramasubburayan et al. (2020) s přidavky tropického ovoce, kde jsou změny barevných

parametrů považovány za atraktivní pro konzumenta. Ve své práci dále uvádějí, že spotřebitelé očekávají u ovocných produktů odpovídající zbarvení – v případě ananasu tedy žlutý až zlatavý odstín. Vzorky s vyšší koncentrací pyrre tedy lépe odpovídají tomuto očekávání [74, 75].

Z technologického hlediska je důležité, že změny byly progresivní a konzistentní, což usnadňuje standardizaci výroby podle cílového vizuálního profilu. Výsledky současně ukazují, že není třeba používat syntetická barviva, což může být komerčně i marketingově výhodné.

7.3 Texturní analýza

Výsledky texturní analýzy jsou uvedeny v Tabulce 5. Texturní vlastnosti byly u obou úrovní sušiny výrazně ovlivněny přidavkem ananasového pyrre. Tvrdost výrobků klesala s rostoucí koncentrací pyrre, přičemž tento pokles byl markantnější u výrobků s vyšší sušinou (z 1,03 N na 0,28 N). Podobný trend byl zaznamenán i u relativní lepivosti. Měkčí struktura a nižší lepivost souvisí pravděpodobně s ředícím efektem pyrre, které narušuje strukturu vzorku a přispívá ke krémovější konzistenci a vyrobené vzorky se chovaly spíše jako omáčky. Vyšší obsah sušiny zapříčinil zvýšení tvrdosti i relativní lepivosti, což se dalo očekávat.

Roztíratelnost výrobků zůstávala relativně stabilní, s rostoucím obsahem ananasové složky se mírně zlepšila. Nepřekvapivě byly lépe roztíratelné vzorky s nižším obsahem sušiny, což odpovídá výsledkům tvrdosti. Výsledky tedy naznačují, že přidavek pyrre nejen nezhoršuje manipulovatelnost výrobku, ale může ji dokonce v určité míře pozitivně ovlivnit.

Získaná data ukazují, že přidavek pyrre měl zásadní vliv na mechanické vlastnosti výrobku. Snížení texturních parametrů souvisí s ředícím efektem a působením polysacharidů ovoce, které ovlivňují gelovou síť mléčných proteinů. Ve studii Sodini et al. (2004) byl popsán podobný efekt při přidavku ovocných složek. Lucey (2002) rovněž upozorňuje na interakce mezi pektiny a kaseinem, které mohou ovlivnit konzistenci a krémovitost [76, 77]. Tento efekt je žádoucí do určité míry – zejména pokud cílem je dosažení krémovější a snadněji roztíratelné konzistence. Vzorky s 10–15 % hm. pyrre vykazovaly nejlepší rovnováhu mezi pevností a plasticitou. Při 20 % hm. koncentraci však už začal být patrný pokles strukturální integrity, což může ovlivnit vnímání „kvality“ konzistence ze strany konzumenta. Vzhledem k tomu, že roztíratelnost zůstala prakticky nezměněná, lze konstatovat, že i při vyšší koncentraci pyrre je manipulace s výrobkem uživatelsky přijatelná.

Podle Sordiniho et al. (2004) a dalších studií se pro koncové uživatele jedná o důležitý parametr [76].

Tabulka 5: Výsledky texturní analýzy (tvrdost, relativní lepivost, roztíratelnost)

sušina (%)	konc. pyrè (%)	tvrdost (N)	rel. lepivost (-)	roztíratelnost ($\text{N}\cdot\text{s}^{-1}$)
40	0	$0,18 \pm 0,01$	$0,07 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,02$
	5	$0,12 \pm 0,01$	$0,07 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,01$
	10	$0,12 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,02$
	15	$0,10 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,01$
	20	$0,10 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,01$	$0,07 \pm 0,01$
45	0	$1,03 \pm 0,07$	$0,38 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,02$
	5	$0,74 \pm 0,02$	$0,28 \pm 0,01$	$0,11 \pm 0,01$
	10	$0,61 \pm 0,02$	$0,22 \pm 0,02$	$0,11 \pm 0,01$
	15	$0,50 \pm 0,02$	$0,18 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,01$
	20	$0,28 \pm 0,02$	$0,11 \pm 0,01$	$0,07 \pm 0,01$

7.4 Reologická analýza

Naměřené a vypočítané hodnoty komplexního modulu pružnosti, komplexní viskozity a úhlu fázového posunu pro referenční hodnotu 1 Hz byly zaznamenány do Tabulky 6. Reologická měření provedená při frekvenci 1 Hz ukazují, že s rostoucím přídatkem ananasového pyrè došlo ke zdatelnému poklesu komplexního modulu G^* i komplexní viskozity η^* . Tento trend je patrný hlavně u výrobků s obsahem sušiny 40 % hm., zde je pokles výraznější. Například hodnota G^* klesla z 315,55 Pa (0 % hm. pyrè) na 51,80 Pa (20 % hm. pyrè). Snížení G^* a η^* naznačuje oslabení gelové sítě výrobku a odpovídá tak změkčení textury a méně pevné vnitřní struktury materiálu. U vzorků s 45 % hm. sušiny byly hodnoty G^* i η^* obecně vyšší, což odráží pevnější strukturu díky vyššímu obsahu sušiny.

Současně došlo s rostoucím obsahem ovocné složky ke zvýšení úhlu δ , což signalizuje větší podíl viskózního chování na úkor elastického. Tento efekt je v souladu s pozorovaným zjemněním konzistence vzorků s vyšším podílem pyré. Zároveň došlo s nárůstem sušiny k poklesu úhlu fázového posunu, což naopak souvisí s vyšší tuhostí těchto vzorků.

Výsledky tedy potvrzují, že přídavek ananasového pyré ovlivňuje reologické vlastnosti výrobku, přičemž míra změny závisí jak na koncentraci pyré, tak na obsahu sušiny.

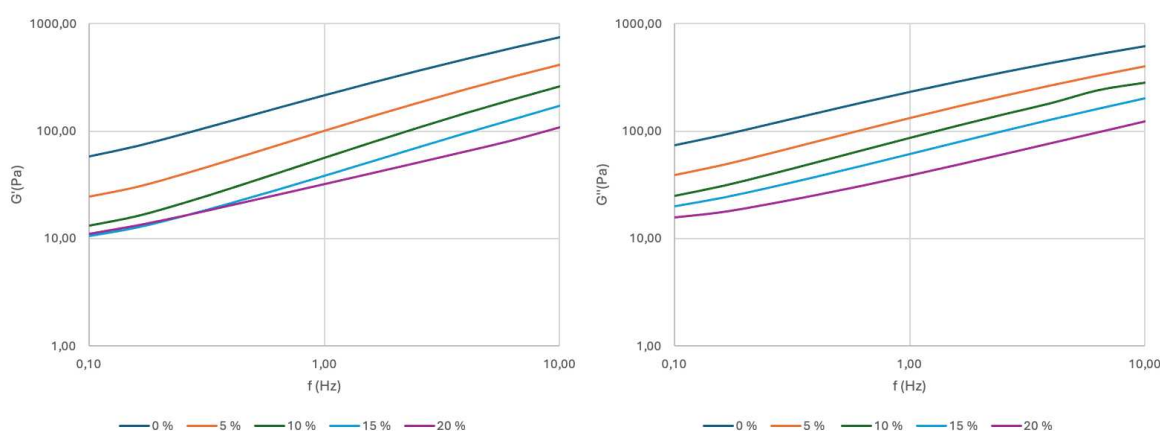
Tabulka 6: Výsledky reologické analýzy (komplexní modul pružnosti, komplexní viskozita a úhel fázového posunu) pro referenční hodnotu 1 Hz

sušina (%)	konc. pyré (%)	G^* (Pa)	η^* (Pa·s)	δ (°)
40	0	$315,55 \pm 15,34$	$50,22 \pm 4,43$	$47,04 \pm 1,32$
	5	$166,35 \pm 1,63$	$26,48 \pm 3,26$	$52,63 \pm 1,63$
	10	$103,76 \pm 1,30$	$16,51 \pm 2,57$	$57,61 \pm 2,26$
	15	$72,22 \pm 1,02$	$11,50 \pm 1,11$	$58,03 \pm 3,48$
	20	$51,80 \pm 1,36$	$8,24 \pm 1,06$	$58,74 \pm 3,49$
45	0	$2686,50 \pm 63,44$	$427,60 \pm 32,12$	$27,65 \pm 1,41$
	5	$1933,00 \pm 49,65$	$307,67 \pm 29,74$	$27,89 \pm 1,14$
	10	$1748,50 \pm 44,35$	$278,25 \pm 15,25$	$31,21 \pm 0,39$
	15	$1491,50 \pm 14,85$	$237,35 \pm 12,33$	$32,17 \pm 0,40$
	20	$1346,25 \pm 13,69$	$214,28 \pm 10,34$	$33,21 \pm 0,12$

Reologická data přinášejí hlubší vhled do chování systému pod zatížením. Pokles komplexního modulu G^* a komplexní viskozity η^* znamená, že produkt s rostoucím množstvím pyré ztrácí elasticitu a stává se více tekutým. Tento trend je běžný u výrobků s přídavkem cukrů nebo ovoce, které narušují síť bílkovinných agregátů a snižují kohezní síly [78, 79].

Zvýšení úhlu δ potvrzuje posun od gelovitého (elastického) chování k více viskóznímu (tekutému). Tyto změny nejsou na závadu, pokud výsledný produkt splňuje senzorické a manipulační požadavky. Vzorky s vyšší sušinou (45 % hm.) byly v tomto ohledu stabilnější, což lze vysvětlit vyšší koncentrací sušiny a bílkovin, které dokážou lépe „absorbovat“ vliv ovoce.

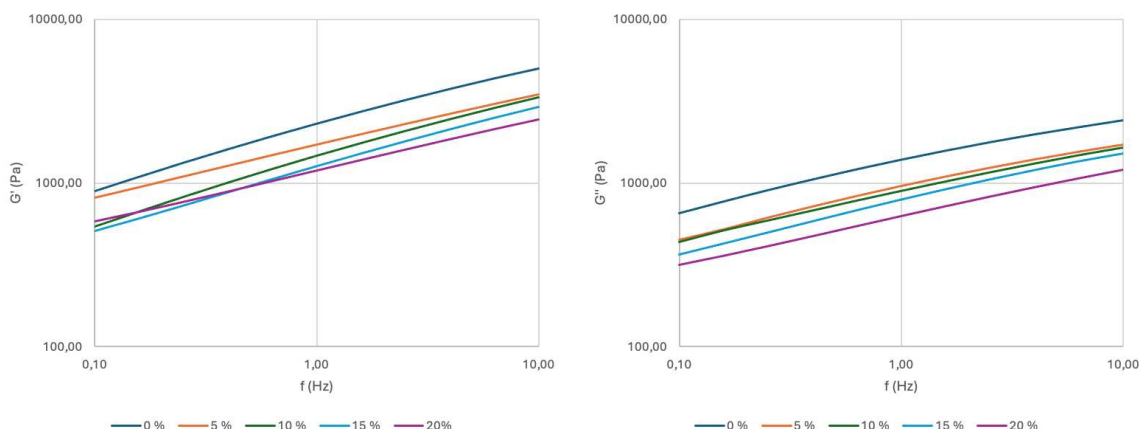
Na následujícím Obrázku 6 jsou znázorněny dva grafy pro vzorky s 40 % hm. sušiny – první graf (vlevo) znázorňuje závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (f), druhý graf (vpravo) znázorňuje závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (f).



Obrázek 6: Závislosti elastického a ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky s obsahem sušiny 40 % hm.

Na grafech je patrné, že s rostoucí frekvencí dochází k nárůstu jak modulu elasticity G' (levý graf), tak viskózního modulu G'' (pravý graf), což je typické chování pro gelovité systémy. Nejvyšších hodnot dosahuje vzorek s 0 % obsahu pyré, tedy kontrolní vzorek taveného mléčného výrobku bez přídavku ananasového pyré. Přídavek pyré vede k postupnému snižování hodnot obou modulů, přičemž čím vyšší koncentrace (5 % až 20 %), tím výraznější pokles. Tento jev svědčí o tom, že ananasové pyré narušuje strukturu proteinové gelové sítě – pravděpodobně v důsledku přítomnosti kyselin, cukrů nebo enzymů, které mohou ovlivnit interakce mezi mléčnými bílkovinami. Výraznější rozdíly mezi vzorky jsou patrné zejména při nižších frekvencích, kde struktura více reaguje na namáhání.

Na Obrázku 7 jsou znázorněny grafy pro vzorky s obsahem sušiny 45 % hm. – závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci (vlevo) a závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci (vpravo).



Obrázek 7: Závislosti elastického a ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky s obsahem sušiny 45 % hm.

U vzorků s obsahem sušiny 45 % hm. je rovněž patrný nárůst G' i G'' s rostoucí frekvencí. Celkové hodnoty obou modulů jsou výrazně vyšší než u výrobků s obsahem sušiny 40 % hm., což ukazuje na pevnější a kompaktnější strukturu gelu při vyšším podílu sušiny. I zde platí, že kontrolní vzorek bez ovocné složky vykazuje nejvyšší hodnoty G' i G'' . Přídavek ochucující složky vede ke snižování těchto hodnot, avšak rozdíly mezi jednotlivými koncentracemi nejsou tak výrazné jako u vzorků s obsahem sušiny 40 % hm. To může naznačovat, že při vyšším obsahu sušiny je gelová struktura stabilnější a méně náchylná k narušení vlivem ananasového pyré. Viskózní složka (G'') se i zde zvyšuje méně strmě než elastická složka (G'), což odpovídá chování silně elastických gelů. Vyšší obsah sušiny pravděpodobně podporuje hustší a pevnější síť taveniny, která je odolnější vůči narušení přídavkem pyré. To ukazuje, že vyšší sušina zajišťuje lepší strukturální stabilitu finálního produktu, a to i při ochucení ovocnou složkou.

Z výsledků je patrné, že přídavek ananasového pyré má vliv na reologické vlastnosti tavených výrobků – dochází ke snižování hodnot G' i G'' , tedy k oslabení gelové sítě. Tento efekt byl výraznější u vzorků s obsahem sušiny 40 % hm., což naznačuje, že nižší koncentrace sušiny zajišťuje méně stabilní strukturu, která je citlivější na působení ovocné složky. Možné příčiny tohoto chování lze hledat v chemické složení ananasového pyré. Ananas obsahuje kyseliny (např. askorbovou, citronovou), cukry a potenciálně i proteolytické enzymy, které mohou ovlivnit síťování mléčných bílkovin, a tím i jejich schopnost tvořit pevnou a pružnou strukturu. Podobné účinky ovocných složek byly popsány i u jiných mléčných produktů [80, 81].

Při porovnání vzorků se sušinou 40 a 45 % hm. lze pozorovat, že vzorky s vyšší sušinou vykazují obecně vyšší hodnoty G' a G'' , což znamená pevnější a hustší strukturu. Tento jev lze vysvětlit vyšší koncentrací bílkovin a sušiny celkově, která umožňuje tvorbu robustnějších gelových struktur s větším počtem interakcí mezi proteinovými řetězci. Zatímco ve vzorcích s nižší sušinou byl vliv pyré silnější, u vzorků se sušinou 45 % hm. byly rozdíly mezi koncentracemi pyré méně výrazné. Tato pozorování naznačují, že vyšší sušina zajišťuje lepší odolnost vůči narušení struktury, a je tedy z technologického hlediska výhodnější pro vývoj ochucených výrobků.

Srovnáme-li hodnoty G' , G'' a úhlu δ pro obě sušiny, můžeme konstatovat, že u vzorků s obsahem sušiny 40 % hm. platí $G' < G''$ a zároveň $\delta > 45^\circ$. Z toho vyplývá, že tavené výrobky s nižším obsahem sušiny vykazovaly spíše viskóznější chování (blížily se tedy chování kapaliny). Oproti tomu pro vzorky s vyšším obsahem sušiny platilo $G' > G''$ a zároveň $\delta < 45^\circ$. Tyto výrobky se tedy chovaly spíše jako pevná látka a převažovala u nich elastická složka [68].

Podobné výsledky byly zaznamenány ve studiích zaměřených na ovlivnění reologie tavených sýrů s různými přísadami. Například Guinee et al. (2004) uvádějí, že zvýšený obsah sušiny má přímý vliv na pevnost struktury tavených sýrů, což je v souladu s touto prací. Rovněž bylo potvrzeno, že přídavek cukrů a kyselin může narušit proteinovou síť, a tím snižovat elasticitu a viskozitu systému [82, 83].

V práci Lucey et al. (2003) bylo popsáno, že ovocné složky mohou ovlivnit gelaci mléčných bílkovin nepřímo změnou pH nebo interakcí s kationty, které jsou klíčové pro stabilizaci kaseinové micely. Pokud ananasové pyré obsahuje kyselé složky, může docházet ke snížení pH, a tím i k oslabení nebo rozvolnění gelové sítě. To by odpovídalo poklesu G' i G'' při vyšších koncentracích pyré [84].

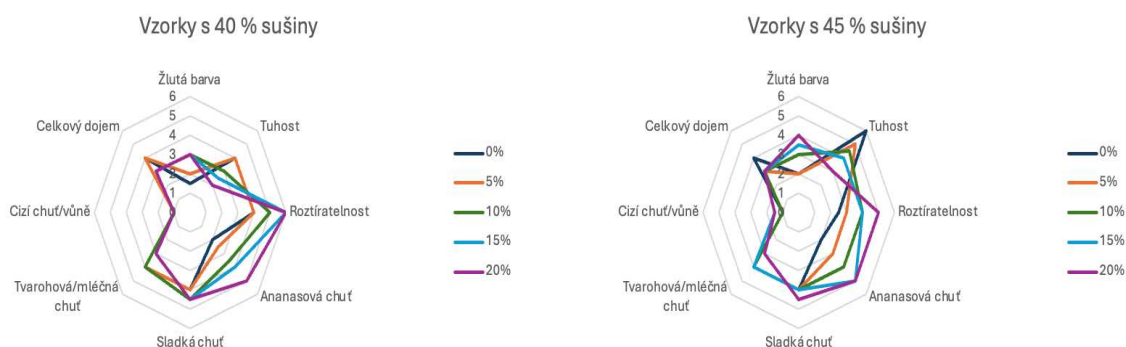
Z hlediska praktické výroby lze říci, že přídavek ovocné složky, jako je ananasové pyré, může výrazně ovlivnit texturní a viskoelastické vlastnosti výrobku. Výrobky s nižší sušinou a vyšším podílem pyré mohou mít méně pevnou „roztékavou“ strukturu, což může být z technologického hlediska nevhodné, ale to může být smyslově pozitivně hodnoceno jako krémovější konzistence. Naopak vyšší sušina zajistí stabilnější strukturu a odolnost vůči přídavku ovocných složek.

Výsledky potvrzují, že reologické vlastnosti tavených mléčných výrobků jsou silně ovlivněny jak obsahem sušiny, tak přídavkem ovocné složky. Ananasové pyré má narušující

vliv na gelovou strukturu, ale tento efekt lze zmírnit volbou vyššího obsahu sušiny. Tyto poznatky mohou být využity při formulaci receptur s cílem optimalizovat texturu a stabilitu finálních výrobků.

7.5 Senzorická analýza

Výsledky sensorické analýzy pro vzorky s obsahem sušiny 40 % hm. (vlevo) a 45 % hm. (vpravo) jsou znázorněny na následujícím Obrázku 8.



Obrázek 8: Výsledky sensorické analýzy

Na základě výsledků sensorického hodnocení bylo zjištěno, že všechny hodnocené vzorky dosáhly průměrného hodnocení celkového dojmu v rozmezí 3 (velmi dobrý) až 4 (dobrý), což značí obecně příznivé přijetí. Nejnižší hodnocení (průměrná známka 4) získaly kontrolní vzorky bez přídavku pyré (0 %) a dále vzorek s 5 % pyré při 40 % hm. Sušiny. To naznačuje, že přídavek ananasového pyré měl obecně pozitivní vliv na sensorickou kvalitu výrobků, a to bez ohledu na úroveň sušiny. Současně však nelze říci, že by vyšší koncentrace pyré vedla automaticky k lepšímu hodnocení. Vzorky s 10 % a 15 % pyré byly v rámci obou úrovní sušiny hodnoceny příznivě. Tyto výsledky potvrzují, že vhodné množství pyré se pro dosažení optimální sensorické jakosti pohybuje v rozmezí 10–15 %. Závěry jsou v souladu i s výsledky texturní a reologické analýzy, které ukazují na nejvyváženější vlastnosti právě u těchto koncentrací.

Přídavek ananasového pyré měl významný vliv na vzhled a barevné vlastnosti vzorků. S rostoucím množstvím pyré docházelo k jednoznačnému zvyšování intenzity žlutého zbarvení, přičemž nejintenzivněji zbarvené byly vzorky s 20 % pyré. Vzorky bez ovocné složky byly některými hodnotiteli označovány jako příliš světlé či vizuálně málo atraktivní. Naopak žluté zbarvení vzorků s vyšším obsahem pyré bylo vnímáno pozitivně, zejména

v kontextu očekávané ovocné chuti. Tato pozorování odpovídají studiím Goncalvese et al. (2012) a Ramasubburayan et al. (2020), kteří potvrzují, že barva u mléčných dezertů s ovocem funguje jako anticipační sensorický signál – tedy že vizuální dojem předurčuje očekávání chuti. Z tohoto důvodu je žádoucí přítomnost výrazné, ale přirozené barvy odpovídající použitému ovoci [74, 75].

Z provedené sensorické analýzy vyplývá, že intenzita ananasové chuti rostla úměrně se zvyšujícím se přidavkem ananasového pyré, přičemž nejvyšší intenzita byla zaznamenána u vzorků s 20 % pyré. Sladká chuť byla rovněž nejvýraznější u těchto vzorků, ikdyž rozdíly oproti nižším koncentracím byly méně výrazné. Naproti tomu intenzita tvarohové/mléčné chuti s rostoucím množstvím pyré mírně klesala a byla méně výrazná. Cizí pachy a příchutě se v žádném ze vzorků významně nevyskytovaly – hodnocení ukázalo jejich minimální intenzitu napříč všemi variantami. Tyto výsledky jsou v souladu s literaturou, která upozorňuje na to, že přídavek ovocné složky do mléčných výrobků výrazně ovlivňuje vnímanou chuťovou intenzitu, zejména ovocné a sladké tóny. Podle Ramasubburayana et al. (2020) se vyšší koncentrace ovocného pyré obvykle pojí s výraznějším chuťovým profilem, ale zároveň mohou vést k potlačení základních mléčných charakteristik. Goncalves et al. (2012) rovněž uvádějí, že sensorická intenzita ovoce stoupá s jeho množstvím, což potvrzuje i trend pozorovaný v této práci [74, 75]. Z těchto výsledků vyplývá, že přídavek ovocné složky nejen ovlivňuje celkovou sensorickou strukturu produktu, ale může také měnit rovnováhu mezi jednotlivými chuťovými složkami, přičemž zachování harmonie mezi ovocnou a mléčnou chutí je klíčové pro výslednou kvalitu výrobku.

Z výsledků sensorické analýzy vyplynulo, že tuhost výrobků se s rostoucím přidavkem ananasového pyré snižovala, zatímco roztíratelnost se zvyšovala. Naopak vyšší obsah sušiny měl opačný efekt – vedl ke zvýšení tuhosti a snížení roztíratelnosti. Tyto poznatky potvrzují, že konzistence tavených mléčných výrobků je významně ovlivněna jak množstvím ovocné složky, tak sušinou v základní směsi. Srovnatelné trendy popisují i literární zdroje, například Granato et al. (2010), kteří uvádějí, že přídavek ovocných složek může vést ke zjemnění textury, ale současně upozorňují na nutnost zachování dostatečné struktury pro sensoricky příznivou konzistenci. Podle Sahraee et al. (2021) může vyšší podíl sušiny ve formě sušeného mléka nebo bílkovin zvýšit viskozitu a tuhost mléčných produktů, což se rovněž shoduje s pozorovaným vlivem sušiny v této práci [85, 86].

Sensorická analýza prokázala, že přídavek ananasového pyré pozitivně ovlivnila organoleptické vlastnosti taveného mléčného výrobku bez ohledu na množství přidané

ovocné složky. Vzorky s pyré byly hodnoceny příznivěji než kontrolní vzorky bez pyré, zejména s ohledem na barvu, vůni a charakteristickou ovocnou chuť. Z hlediska konzistence se jako problematické ukázaly varianty s 40 % hm. obsahem sušiny, které byly hodnoceny jako příliš řídké. Na základě těchto výsledků lze pro další vývoj a komerční využití doporučit výrobky s vyšším obsahem sušiny (45 % hm.), které vykazovaly lepší texturní vlastnosti při zachování pozitivního sensorického profilu.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit vliv přídavku ananasového pyré (v množství 0–20 % hm.) na vybrané fyzikálně-chemické, reologické, texturní a organoleptické vlastnosti taveného mléčného výrobku s dvěma různými obsahy sušiny (40 a 45 % hm.). Práce navázala na současné trendy ve vývoji funkčních a atraktivních potravin s přirozenými složkami rostlinného původu.

Experimentální část potvrdila, že přídavek ananasového pyré měl měřitelný vliv na většinu sledovaných parametrů. Hodnota pH s rostoucí koncentrací pyré mírně klesala, což odpovídá přirozené kyselosti ovoce. Obsah sušiny ani aktivita vody přídavkem ovocné složky ovlivněny nebyly.

Přídavek pyré výrazně ovlivnil barvu výrobku – došlo ke snížení světlosti a zvýšení žlutosti, což bylo senzorycky hodnoceno jako atraktivní a přirozené. Texturní a reologická měření prokázala, že vyšší koncentrace pyré vedou ke změkčení struktury a snížení elasticity systému, přičemž varianty s vyšší sušinou vykazovaly větší strukturální stabilitu. Nárůst obsahu sušiny se odrazil ve zvýšení tvrdosti i všech reologických parametrů. Senzorické hodnocení pak potvrdilo, že přídavek ananasového pyré pozitivně ovlivnil organoleptické parametry (bez ohledu na přidané množství) a že pro další využití lze doporučit vzorky s vyšším obsahem sušiny (45 % hm.), protože vzorky s nižším obsahem byly příliš tekuté.

Práce tedy potvrdila potenciál ananasového pyré jako přírodní, funkční a atraktivní složky tavených mléčných výrobků. Přínosem je nejen sensorická atraktivita, ale i možnost vytvoření produktu s přirozeným ovocným charakterem bez použití umělých přísad.

Pro praxi lze doporučit využití všech koncentrací ananasového pyré v kombinaci s vyšší sušinou (45 % hm.), čímž lze dosáhnout optimální rovnováhy mezi chutí, texturou a stabilitou výrobku. V budoucím výzkumu by bylo vhodné ověřit vliv přídavku pyré na mikrobiologickou stabilitu, trvanlivost a chování během skladování. Rovněž by bylo zajímavé porovnat ananas s jinými tropickými druhy ovoce (např. mango, maracuja) a sledovat rozdíly v organoleptických a reologických vlastnostech.

Tato diplomová práce přispívá k lepšímu porozumění možnostem obohacování tavených mléčných výrobků ovocnou složkou a může sloužit jako základ pro vývoj inovativních funkčních potravin přizpůsobených preferencím současných spotřebitelů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. JANŠTOVÁ, Božena, Milada DRAČKOVÁ, Petra NAVRÁTILOVÁ a Lenka VORLOVÁ. Kvalita tavených sýrů na českém trhu. *Potravinářská revue*. 2019, roč. 8, č. 2, s. 23–28. ISSN 1801-3672.
2. FOX, Patrick F., Timothy P. GUINEE, Timothy M. COGAN a Paul L. H. McSWEENEY. *Fundamentals of Cheese Science*. 2. vyd. New York: Springer, 2017. ISBN 978-1-4939-7670-7.
3. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Spotřeba potravin – 2022*. Praha: ČSÚ, 2022. [online]. [cit. 2025-05-02]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/>
4. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Dairy: World Markets and Trade*. Washington, D.C.: USDA, 2023. [online]. [cit. 2025-05-02]. Dostupné z: <https://www.fas.usda.gov/>
5. ROMEIH, Entsar A., Graeme WALKER a Hanan FADEL. Effect of fat replacement by different types of starch on the functional and microstructural properties of processed cheese. *Food Hydrocolloids*. 2014, roč. 35, s. 557–564. ISSN 0268-005X.
6. LOBATO-CALLEROS, Claudia, Enrique J. VERNON-CARTER, Irineo GUERRERO-LEGARRETA, Ma. Elena SOSA-MORALES a Jesús CASTULO. Physicochemical and sensory properties of low-fat cheese-like products made from milk and soymilk using gum blends as fat replacers. *International Dairy Journal*. 2007, roč. 17, č. 9, s. 1112–1118. ISSN 0958-6946.
7. GOYAL, G.K. a D.N. GANDHI. Comparative analysis of processed cheese spread incorporated with mango pulp. *Journal of Food Science and Technology*. 2009, roč. 46, č. 6, s. 566–569. ISSN 0022-1155.
8. KAPOOR, Rohit; METZGER, Lloyd E. Process cheese: Scientific and technological aspects—A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2008, 7.2: 194-214.
9. Vyhláška č. 397/2016 Sb. Online. 2016. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397>. [cit. 2025-02-19].

10. TAMIME, A. Y. (ed.). Processed cheese and analogues. Society of dairy technology. Ames: Wiley-Blackwell, 2011. ISBN 9781405186421
11. A. Gouda a , A. Abou El-Nour. CHEESES | Processed Cheese. Online. 2003. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B012227055X002042>. [cit. 2025-02-19].
12. BUŇKA, František; BUŇKOVÁ, Leona a KRÁČMAR, Stanislav. Základní principy výroby tavených sýrů. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. ISBN 978-80-7375-336-8. Dostupné také z: <http://kramerusndk.nkp.cz/search/handle/uuid:42031da0-6f3e-11ee-93f0-005056827e52>.
13. GAJDŮŠEK, Stanislav. Mlékařství. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1998. ISBN 80-715-7342-6.
14. FORMAN, L. & STRMISKA, J. Mlékárenství II. Praha: SNTL, 1984
15. BUŇKA, F., a spol. Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů, Potravinářská revue, 2010, č. 6
16. ŠUSTOVÁ, Květoslava. Nutriční aspekty konzumace sýrů. Mlékařské listy. 2018, č. 170, s. 25 – 28
17. MAURER, A., 2012. 100 let tavených sýrů = 100 let tavicích solí. *Potravinářská revue*, č. 1, s 25-27.
18. BUŇKA, F., HRABĚ, J. a I. HOZA. Tavené sýry ve výživě člověka. *Výživa a potraviny: časopis Společnosti pro výživu*. Praha: Výživaservis s. r. o., 2006, **61**, 135-136 s.
19. ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA. *Mlékárenské technologie*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova univerzita, 2013, 223 s. ISBN 978-80-7375-704-5.
20. JANŠTOVÁ, Bohumíra et al., Technologie mléka a mléčných výrobků. 1. vyd. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012, ISBN 978-80-7305-637-7.
21. ALVAREZ, V. B., 2016. Sensory Evaluation of Milk and Milk Products. In: Chandan. R. C. Dairy Processing and Quality Assurance. 2. ed. John Wiley & Sons. [online]. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011NC0K1/dairy-processing-quality/sensory-ev-introduction>.

22. LUKÁŠOVÁ, Jindra. Hygiena a technologie mléčných výrobků. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2001. ISBN 80-730-5415-9. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:4d6213c0-c03e-11ea-a037-005056827e52>.
23. KAPUSTA, F. Závady pri výrobe tavených sýrov a závady hotových výrobkov. Lacrum n. p. Brno, závod Hodonín, 1965
24. GUINEE, T. P., CARIC, M., KALÁB, M. *Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products*. Cheese: Chemistry, Physics and Mikrobiology, 3rd ed., vol. 2: Major Cheese Groups, 2004, 349 – 394 p. ISBN 0-1226-3653-8.
25. BACHMANN, H. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*. 2001, Vol. 11, No. 4-7, pp. 505-515. ISSN 0958-6946.
26. ROGINSKI, H., FUQUAY, JOHN W., FOX, P.F. *Encyclopedia of dairy science*. London (UK): Academic Press, 2003. Cheese analogues, pp. 428-434. ISBN 0-12-227235-8.
27. KIZILOZ, M. B., CUMHUR, O., KILICL, M. Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. *Food Hydrocolloids*. 2009, vol. 23, pp. 1596-1601.
28. HERERO, C. M., COTTEL, D. C., O'RIORDAN, E. D., O'SULLIVAN, M. Partial replacement of fat by functional fibre in imitation cheese: Effects on rheology and microstructure. *International Dairy Journal*. 2006, vol. 16, pp. 910-919.
29. PROKŠ J. (1991): *Mlékárenství II*. Praha: STNL, 368 s
30. PAVELKA, Antonín. *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. Vyd. 1. Brno: Littera, 1996, 105 s. ISBN 80-85763-09-5
31. KOPÁČEK, J., LIKLER, L. Tavené sýry - švýcarský vynález, ale tak trochu český fenomén. *Potravinářská revue*, 2010, č. 6, s. 33
32. HUI, Y. H. *Handbook of food science, technology, and engineering*. Boca Raton: Taylor, 2006 [cit. 2025-10-01]. Food science and technology
33. MOHD SHUKRI, Afirah, et al. A review of natural cheese and imitation cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2022, 46.1: e16112

34. BUŇKA, F., 2017. *Tavené sýry a faktory ovlivňující jejich konzistenci: Processed cheese and factors influencing its consistency: teze přednášky k profesorskému jmenovacímu řízení v oboru Potravinářská chemie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Vědecké spisy Vysokého učení technického v Brně. Habilitační a inaugurační spisy, sv. 558. ISBN 978-80-214-5460-6.
35. SALEK, R. N. et al., 2020a. The impact of Cheddar or white brined cheese with various maturity degrees on the processed cheese consistency: A comparative study. *International Dairy Journal*. Vol. 111. 104816.
36. KADLEC, P. et al., 2002. *Technologie potravin II*. 1 vyd. Praha: VŠCHT. ISBN 80-7080-510-2. s. 236.
37. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách. Online. 2008. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/pravoou/dokument?celex=32008R1333&date=20240212>. [cit. 2025-03-24].
38. BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., 2009: Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská revue*, 09 (1): 13-16
39. FORMAN, L. a kol. *Mlékárenská technologie II*. 2.vyd. Praha: VŠCHT, 1996. 228s. ISBN 80-7080-250-2.
40. FOX, P. F. *Cheese: chemistry, physics and microbiology* [online]. 3rd ed. London: Elsevier, 2004. ISBN 01-226-3653-8
41. BUŇKA, František, et al. The impact of phosphate-and citrate-based emulsifying salts on processed cheese techno-functional properties: A review. *International Dairy Journal*, 2024, 106031.
42. DĚDKOVÁ, T., BŘEZINA, P., ŠLAPAL, M., HYNŠTOVÁ, M., BARTOŠEK, V. Tavené sýry s přídavkem sušeného podmásli. */Průmysl potravin/*, 39. 1988.
43. CARIC, Marijana a Miloslav KALÁB. *Processed Cheese Products*. FOX, P. F., ed. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* [online]. Boston, MA: SpringerUS, 1993, 1993, s. 467-505 [cit. 2025-03-20]. ISBN 978-1-4613-6137-4. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4615-2648-3_15

44. DRDÁK, Milan. *Základy potravinářských technologií: spracovanie rastlinných a živočišných surovín : cereálne a fermentačné technológie : uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. Bratislava: Malé Centrum, 1996. ISBN 80-967-0641-1.
45. GUINEE, T. P. Pasteurized Processed Cheese Product. *Encyclopedia of Dairy Science*, 2003, vol. 1, 411-418. ISBN 0122272358.
46. BUŇKA, F., HRABĚ J. Tavené sýry. *Potravinářská revue*, č. 4, 2006, 13 – 16 s.
47. KADLEC, Pavel; MELZUCH, Karel a VOLDŘICH, Michal. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Monografie. Ostrava: Key Publishing, 2009. ISBN 978-80-7418-051-4. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:b366ae60-43da-11e4-aded-005056827e51>.
48. ČEPIČKA, Jaroslav. *Obecná potravinářská technologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1995. ISBN 80-708-0239-1.
49. SPREER, Edgar a Axel MIXA, 1998. Milk and dairy product technology [online]. New York: M. Dekker, 498 s. [cit. 2025-03-20]. ISBN 9781351431354. Dostupné z: <https://vufind.katalog.k.utb.cz/Record/91310>
50. FERNANDES, Rhea. Dairy products. Cambridge: Leatherhead Publishing, c2009, xiii, ISBN 978-1-9052-2462-3.
51. Processed cheese science and technology: Ingredients, manufacture, functionality, quality, and regulations, 2022. United Kingdom: Woodhead Publishing. ISBN 978-0-12-821445-9.
52. SÁDLÍKOVÁ, Ivana, František BUŇKA, Pavel BUDINSKÝ, Voldánová BARBORA, Vladimír PAVLÍNEK a Ignác HOZA. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2010, 43(8), 1220-1225 [cit. 2025-03-25]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi: 10.1016/j.lwt.2010.04.012
53. LEE, S.K. a H. KLOSTERMEYER. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2001, 34(5), 288-292 [cit. 2025-03-25]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1006/fstl.2001.0761

54. DIMITRELI, Georgia a Apostolos S. THOMAREIS. Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. *Journal of Food Engineering* [online]. 2004, 64(2), 265-271 [cit. 2025-03-25]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2003.10.008
55. PISKA, Ivo a Jiří ŠTĚTINA. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering* [online]. 2004, 61(4), 551-555 [cit. 2025-03-25]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/S0260-8774(03)00217-6
56. WALSTRA, P., M.T.J. WOUTERS a J.T. GEURTS. *Dairy Science and Technology* [online]. CRC Press, 2005 [cit. 2025-03-25]. ISBN 9780429116148. Dostupné z: doi:10.1201/9781420028010
57. ABDEL-HAMID, LAILA, S.A. EL-SHABRAWY, R.A. AWAD a R.K. SINGH. CHEMICAL PROPERTIES of PROCESSED RAS CHEESE SPREADS AS AFFECTED BY EMULSIFYING SALT MIXTURES. *Journal of Food Processing and Preservation* [online]. 2000, 24(3), 191-208 [cit. 2025-03-25]. ISSN 0145-8892. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-4549.2000.tb00413.x
58. ČSN EN ISO 5534, Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda), Český normalizační institut, Praha, 2005, 12 s.
59. DAVÍDEK, J. a kol. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1997. 720 s
60. VONDRUŠKA, Milan. *Analytická chemie*. Vyd. 1. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2004. ISBN 80-7318-212-2.
61. NOWACKA, Małgorzata; DADAN, Magdalena a TYLEWICZ, Urszula, 2023. Drying Technologies in Food Processing. Online. *Applied Sciences*. Roč. 13, č. 19. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app131910597>.
62. NIELSEN, S. 2010. *Food analysis*. 4th ed. New York: Springe. ISBN 978-1 4419-1478-1
63. BELASCO, Rebekah; EDWARDS, Tory; MUNOZ, A. J.; RAYO, Vernon a BUONO, Michael J., 2020. The Effect of Hydration on Urine Color Objectively Evaluated in CIE L*a*b* Color Space. Online. *Frontiers in Nutrition*. ISSN 2296-861X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.576974>.

64. NGUYEN, Thi Hai Van; NGUYEN, Tat Thang; JI, Xiaodi a GUO, Minghui, 2018. Predicting color change in wood during heat treatment using an artificial neural network model. Online. BioResources. Roč. 13, č. 3, s. 6250-6264. ISSN 19302126. Dostupné z: <https://doi.org/10.15376/biores.13.3.6250-6264>
65. KADLEC, P. a kol. *Procesy potravinářských a biochemických výrob.* 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2003, 308 s. ISBN 80-708-0527-7.
66. CHEN, J. Food oral processing – A review. *Food Hydrocolloids*, 2009. Vol. 23, p. 1-25.
67. SWENSON, B.J.; WENDORFF, W.L. a LINDSAY, R.C., 2000. Effects of Ingredients on the Functionality of Fat-free Process Cheese Spreads. Online. Journal of Food Science. Roč.UTB ve Zlíně, Fakulta technologická 72 65, č. 5, s. 822-825. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb13594.x>.
68. PLUTA-KUBICA, Agnieszka; ČERNÍKOVÁ, Michaela; DIMITRELI, Georgia; NEBESÁŘOVÁ, Jana; EXARHOPOULOS, Stylianos et al., 2021. Influence of the melt holding time on fat droplet size and the viscoelastic properties of model spreadable processed cheeses with different compositions. Online. International Dairy Journal. Roč. 113. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104880>.
69. SODEMANN, U. et al. Influence of pH on the structure and texture of processed cheese. *Journal of Dairy Science*[online]. 2017, 100(12), 9924–9932 [cit. 2025-05-02]. DOI: 10.3168/jds.2017-12713. ISSN 0022-0302.
70. MCCARTHY, S. N. et al. Understanding the role of pH in cheese manufacturing: A review. *Frontiers in Nutrition* [online]. 2023, 10:10771476 [cit. 2025-05-02]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10771476/>
71. COSTA, M. P., et al. (2017). *Effect of different fruits on physicochemical, microbiological and sensory characteristics of probiotic yogurts.* Food Science and Technology, 37(3), 409–417.
72. JUNG, J. Y., et al. (2021). *Effect of pineapple extract on physicochemical and sensory properties of yogurt.* Food and Nutrition Sciences, 12(5), 456–464.
73. GUGGISBERG, D., et al. (2015). *Water activity and shelf life of dairy products.* International Dairy Journal, 42, 1–8.

74. GONCALVES, E. M., et al. (2012). *Modeling the color of pasteurized strawberry yogurt during storage using L, a*, b* color space**. Journal of Dairy Science, 95(10), 5206–5213.
75. RAMASUBBURAYAN, R., et al. (2020). *Incorporation of tropical fruit pulp in fermented dairy products and their effects on functional properties*. LWT - Food Science and Technology, 125, 109254.
76. SODINI, I., et al. (2004). *The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: a review*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44(2), 113–137.
77. LUCEY, J. A. (2002). *Formation and physical properties of milk protein gels*. Journal of Dairy Science, 85(2), 281–294.
78. PUVANENTHIRAN, A., WILLIAMS, R. P. W., & AUGUSTIN, M. A. (2002). *Structure and viscoelastic properties of gellan and agar mixed gels*. Food Hydrocolloids, 16(6), 511–519.
79. LUCEY, J. A., TAMEHANA, M., SINGH, H., & MUNRO, P. A. (1997). *Effect of interactions between β -lactoglobulin and κ -casein on the gelation properties of milk*. International Dairy Journal, 7(4), 389–396.
80. REMEUF, F., MOHAMMED, S., SODINI, I., & TISSIER, J. P. (2003). Preliminary observations on the effects of milk fortification and heating on microstructure and physical properties of stirred yogurt. *International Dairy Journal*, 13(9), 773–782.
81. LUCEY, J. A. (2004). Formation and physical properties of milk protein gels. *Journal of Dairy Science*, 87(2), 543–557.
82. GUINEE, T. P., CARIC, M., & KALAB, M. (2004). Pasteurized processed cheese and cheese spreads. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (pp. 349–394). Academic Press.
83. FOX, P. F., McSWEENEY, P. L. H., COGAN, T. M., & GUINEE, T. P. (2000). *Fundamentals of Cheese Science*. Aspen Publishers.
84. LUCEY, J. A., TAMEHANA, M., SINGH, H., & MUNRO, P. A. (2003). Effect of interactions between denatured whey proteins and casein micelles on the formation and properties of acid skim milk gels. *Journal of Dairy Research*, 70(3), 473–479.

85. GRANATO, D., et al. (2010). *Probiotic dairy products as functional foods*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9(5), 455–470.
86. SAHRAEE, Shahram, MILANI, Jafar, RAZAVI, Seyed M. A., et al. Optimization of physicochemical, rheological, and sensory properties of stirred yogurt enriched with flaxseed mucilage. *Dairy Science & Technology*. 2021, 101, 235–249. ISSN 1958-5586. DOI: 10.1007/s13594-021-00651-6

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schématické vyjádření výměny iontů sodíku za ionty vápníku při výrobě tavených sýrů [38]	23
Obrázek 2: Schéma výroby tavených výrobků [upravené podle 46].....	25
Obrázek 3: Vyrobené modelové vzorky (nahore s obsahem sušiny 40 % hm., konc. pyrě 0-20 %, dole s obsahem sušiny 45 % hm., konc. pyrě 0-20 %).....	34
Obrázek 4: Trojrozměrný barevný prostor CIE $L^*a^*b^*$ [63]	37
Obrázek 5: Křivka texturní profilové analýzy (d = čas [s], F = síla [N]) [66].....	39
Obrázek 6: Závislosti elastického a ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky s obsahem sušiny 40 % hm.	48
Obrázek 7: Závislosti elastického a ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro vzorky s obsahem sušiny 45 % hm.	49
Obrázek 8: Výsledky senzorické analýzy	51

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Příklady obsahu nutričně významných složek ve 100 g sýru.....	16
Tabulka 2: Přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů, tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků	22
Tabulka 3: Výsledky stanovení obsahu sušiny, hodnot pH a aktivity vody	42
Tabulka 4: Naměřené výsledky ze stanovení barvy	44
Tabulka 5: Výsledky texturní analýzy (tvrdost, relativní lepivost, roztíratelnost)	46
Tabulka 6: Výsledky reologické analýzy (komplexní modul pružnosti, komplexní viskozita a úhel fázového posunu) pro referenční hodnotu 1 Hz.....	47

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

atd. a tak dále

č. číslo

ČSN Česká státní norma

ES Evropské společenství

g gram

hm. hmotnostních

Hz hertz

kg kilogram

KJ kilojoule

konc. koncentrace

min. minuty

MPa megapascal

N newton

např. například

ot./min otáček/minuta

Pa pascal

pH aktivní kyselost

rel. relativní

s sekunda

Sb. sbírky

TVS tuk v sušině

tzv. takzvaně

USDA United States Department of Agriculture (Ministerstvo zemědělství USA)

viz. podívat se

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Dotazník pro senzorickou analýzu

PŘÍLOHA P I: DOTAZNÍK PRO SENZORICKOU ANALÝZU

Protokol pro senzorické hodnocení ananasových tavených mléčných výrobků

Jméno a příjmení:

Datum:

Stupnicová zkouška

Zhodnoťte předložené vzorky ananasových tavených mléčných výrobků a do tabulky запиšte zvolený stupeň z přiložených stupnic.

Znak	A	B	C	D	E
Intenzita žluté barvy					
Intenzita tuhosti					
Intenzita roztíratelnosti					
Intenzita ananasové příchuti					
Intenzita sladké chuti					
Intenzita tvarohové/mléčné chuti					
Intenzita cizích chutí/vůní					
Celkový dojem					

Stupnice pro intenzitu

1. neznatelná
2. velmi malá
3. malá
4. střední
5. mírně větší
6. velká
7. extrémní

Stupnice pro celkový dojem

1. vynikající
2. výborný
3. velmi dobrý
4. dobrý (průměrný)
5. méně dobrý
6. nedobrý
7. nepříjemný