

Vliv směsi bílého sýra a sýra holandského typu na vlastnosti tavených sýrových omáček

Bc. Iveta Daňková

Diplomová práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Iveta Daňková**
Osobní číslo: **T20815**
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Vliv směsi bílého sýra a sýra holandského typu na vlastnosti tavených sýrových omáček**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Tavené sýry a tavené sýrové omáčky – základní charakteristika.
2. Výroba tavených sýrů a tavených sýrových omáček.
3. Přírodní sýry a jejich působení na tavené sýry a podobné produkty.

II. Praktická část

1. Vyrobté modelové vzorky tavených sýrových omáček.
2. Provedte vybrané analýzy.
3. Vyhodnoťte získané výsledky a zformulujte závěry.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Salek, R. N., Černíková, M., Lorencová, E., Pachlová, V., Kůrová, V., Šenkýřová, J., & Buňka, F. (2020). The impact of Cheddar or white brined cheese with various maturity degrees on the processed cheese consistency: A comparative study. *International Dairy Journal*, 111
- [2] Salek, R. N., Vašina, M., Lapčík, L., Černíková, M., Lorencová, E., Li, P., & Buňka, F. (2019). Evaluation of various emulsifying salts addition on selected properties of processed cheese sauce with the use of mechanical vibration damping and rheological methods. *LWT*, 107, 178-184
- [3] Lazárková, Z., Šopík, T., Talár, J., Purevdorj, K., Salek, R. N., Buňková, L., Černíková, M., Novotný, M., Pachlová, V., Němečková, I., & Buňka, F. (2021). Quality evaluation of white brined cheese stored in cans as affected by the storage temperature and time. *International Dairy Journal*, 121
- [4] Sadowska, J., Białoobrzewski, I., Jeliński, T., & Markowski, M. (2009). Effect of fat content and storage time on the rheological properties of Dutch-type cheese. *Journal of Food Engineering*, 94(3-4), 254-259

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

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

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 18. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá vlivem směsi holandského sýra a bílého sýra zrajícího v solném nálevu na konzistenci tavených sýrových omáček. V teoretické části je popsána základní charakteristika tavených sýrů a tavených sýrových omáček, suroviny na jejich výrobu, samotná výroba a vliv použitého přírodního sýra na výsledný produkt. V praktické části bylo vyrobeno 7 modelových vzorků tavených sýrových omáček s různým poměrem (% w/w) Eidamu a bílého sýra zrajícího v solném nálevu. Provedenými analýzami (základní chemická, texturní a reologická) byl zkoumán vliv použitého sýra na konzistenci vyrobených vzorků. V experimentální části byl pozorován rostoucí trend tvrdosti tavených sýrových omáček se zvyšujícím se obsahem Eidamu (% w/w). Nejlepší konzistence tavené sýrové omáčky byla dosažena u modelového vzorku vyrobeného ze směsi 25 % (w/w) Eidamu a 75 % (w/w) bílého sýra zrajícího v solném nálevu.

Klíčová slova: tavená sýrová omáčka, Eidam, bílý sýr zrající v solném nálevu, tavený sýr, konzistence, tvrdost

ABSTRACT

The thesis investigates the influence of a mixture of Dutch type cheese and white brined cheese on the consistency of processed cheese sauces. The theoretical part describes the basic characteristics of processed cheese and processed cheese sauces, the raw materials for their production, the production itself and the influence of the used natural cheeses on the final product. In the practical part, 7 model samples of processed cheese sauces with different ratios (% w/w) of Edam and White brined cheese were produced. The influence of the used cheese on the consistency of the produced samples was investigated by analyses (basic chemical, textural and rheological analyses). In the experimental part, an increasing trend in the hardness of the processed cheese sauces was observed due to increasing Edam content (% w/w). The best consistency of the processed cheese sauce was achieved by the sample made from 25 % (w/w) of Edam and 75 % (w/w) of white brined cheese.

Keywords: processed cheese sauce, Eidam, White brined cheese, processed cheese, consistency, hardness

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé diplomové práce panu doc. Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, Ph.D., za odborné vedení, konzultace a cenné rady, které mi v průběhu zpracování této diplomové práce poskytl. Mé poděkování patří také paní Ing. Aleně Jedouňkové za pomoc při výrobě modelových vzorků tavených sýrových omáček.

Dále bych chtěla poděkovat mé rodině za trpělivost a důvěru, kterou mi projevovali v průběhu celého mého studia. Poděkování patří také mým kolegům, kteří mě ve studiu podporovali.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TAVENÉ SÝRY A TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY.....	12
1.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA	12
1.2 TAVENÉ SÝRY	14
1.2.1 DĚLENÍ TAVENÝCH SÝRŮ DLE KONZISTENCE.....	15
1.3 ANALOGY TAVENÝCH SÝRŮ.....	16
1.4 TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY	17
1.4.1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK.....	17
1.4.2 SUROVINY NA VÝROBU PCS.....	18
1.4.3 VÝROBA TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK	21
1.5 SUROVINY NA VÝROBU.....	22
1.5.1 PŘÍRODNÍ SÝR.....	22
1.5.2 TAVÍCÍ SOLI.....	22
1.5.3 SUŠENÉ MLÉČNÉ BÍLKOVINY	23
1.5.4 VODA	25
1.5.5 TUK.....	25
1.5.6 STABILIZÁTORY	26
1.5.7 NISIN.....	26
1.5.8 DALŠÍ PŘÍDATNÉ LÁTKY	26
1.6 VÝŽIVOVÁ HODNOTA.....	26
1.6.1 SODÍK.....	27
1.6.2 NENASYCENÉ MASTNÉ KYSELINY	28
2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK.....	30
2.1 VÝBĚR A NAVÁŽKA SUROVIN	31
2.1.1 SLOŽENÍ SUROVINOVÉ SMĚSI.....	32
2.2 DEZINTEGRACE SÝRŮ.....	32
2.3 TAVENÍ	33
2.4 HOMOGENIZACE.....	34
2.5 PORCOVÁNÍ A BALENÍ	35
2.6 CHLAZENÍ.....	35
2.7 SKLADOVÁNÍ.....	36

2.7.1	CHEMICKÉ ZNEHODNOCENÍ A FYZIKÁLNÍ NESTABILITA TAVENÝCH SÝRŮ	36
3	PŘÍRODNÍ SÝRY A JEJICH PŮSOBENÍ NA TAVENÉ SÝRY A PODOBNÉ PRODUKTY	38
3.1	VZNIK PŘÍRODNÍCH SÝRŮ	38
3.2	ZMĚNY V CHEMICKÉM SLOŽENÍ PŘÍRODNÍCH SÝRŮ PŘI TAVENÍ	40
3.3	VYBRANÉ DRUHY PŘÍRODNÍCH SÝRŮ	41
3.3.1	SÝRY HOLANDSKÉHO TYPU	41
3.3.2	BÍLÉ SÝRY ZRAJÍCÍ V SOLNÉM NÁLEVU	42
3.4	STUPEŇ ZRALOSTI	43
3.5	OBSAH TUKU	44
3.6	HODNOTA PH SÝRA	45
3.7	OBSAH VÁPŇÍKU	46
3.8	DALŠÍ FAKTORY	46
II	PRAKTICKÁ ČÁST	48
4	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	49
5	MATERIÁL A METODIKA	50
5.1	POUŽITÉ PŘÍSTROJE	50
5.2	SUROVINY NA VÝROBU	50
5.3	PŘÍPRAVA TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK	52
5.4	CHEMICKÁ ANALÝZA	54
5.4.1	STANOVENÍ OBSAHU CELKOVÉ SUŠINY	54
5.4.2	STANOVENÍ PH	55
5.5	TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA	55
5.6	REOLOGICKÁ ANALÝZA	57
5.7	SENZORICKÁ ANALÝZA	59
6	VÝSLEDKY A DISKUZE	61
6.1	VYHODNOCENÍ CHEMICKÉ ANALÝZY	61
6.1.1	OBSAH CELKOVÉ SUŠINY	61
6.1.2	HODNOTA PH	61
6.2	TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA	62
6.3	REOLOGICKÁ ANALÝZA	71
6.4	SENZORICKÁ ANALÝZA	79
	ZÁVĚR	81
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	83
	SEZNAM VYBRANÝCH INTERNETOVÝCH ZDROJŮ	94

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	95
SEZNAM OBRÁZKŮ	96
SEZNAM TABULEK.....	98

ÚVOD

Tavené sýrové omáčky jsou novým produktem na trhu potravin a mohou se vyskytovat v tekuté, sušené či mražené formě. Tavené sýrové omáčky jsou oblíbenou ingrediencí v restauracích rychlého občerstvení. Dodávají celistvou chuť sendvičům, hamburgerům, kebabu, lze je použít k namáčení příloh (chipsy, hranolky, krokety) či jako hlavní surovinu v mnoha pokrmech (makarony, kuře, pizza). V současné době pro tavené sýrové omáčky neexistují platné předpisy či normy, a tak mohou být vyrobeny z různých surovin, jako je např. přírodní sýr, tavený sýr a další mléčné a nemléčné suroviny. Tavené sýrové omáčky lze vyrábět ze stejných surovin (přírodní sýr, voda, tavící sůl, mléčný tuk) a stejnou technologií, jako tavené sýry.

Teoretická část diplomové práce je rozdělena do tří hlavních kapitol. V první kapitole je pojednáno o základní charakteristice tavených sýrů, analogů tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Dále jsou detailně popsány suroviny na jejich výrobu. Druhá kapitola je zaměřena na výrobu tavených sýrů, které se vyrábí na stejném principu a stejnou technologií, jako tavené sýrové omáčky. Rozdílem je, že při výrobě tavených sýrových omáček lze přidat více vody do surovinové skladby s cílem dosáhnout tekutější konzistenci výrobku. Ve třetí kapitole jsou rozepsány vlivy přírodních sýrů na konzistenci tavených sýrů a podobných produktů. Hlavním kritériem při výběru přírodního sýra na výrobu tavených sýrů a podobných produktů je jeho druh, stupeň zralosti, hodnota pH a obsah vápníku.

Hlavním cílem praktické části bylo vyhodnotit vliv použitého přírodního sýra na konzistenci tavených sýrových omáček. Bylo vyrobeno sedm modelových vzorků s různým zastoupením holandského a bílého sýra. Z holandského sýra byl použit Eidam s dobou zralosti sedm týdnů a z bílého sýra zrajícího v solném nálevu byl použit balkánský sýr s dobou zralosti 24 týdnů. Vyrobené vzorky se lišily % (w/w) zastoupením Eidamu a bílého sýra, přičemž obsah (% w/w) másla, vody a tavících solí byl u všech vzorků stejný. Byla provedena základní chemická analýza (stanovení obsahu celkové sušiny a pH), texturní profilová analýza (tvrdost, lepivost, žvýkatelnost, gumovitost, soudržnosti) a reologická analýza (dynamická oscilační reometrie). V praktické části jsou vyhodnoceny a diskutovány výsledky uvedených analýz a jejich porovnání s dalšími studiemi.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY A TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY

1.1 Základní charakteristika

Na světě se vyrábí až tisíc uznávaných druhů přírodních sýrů, které se liší složením, strukturou, chutí a vzhledem. Tavený sýr je díky neomezenému využití nejuniverzálnějším mléčným výrobkem. Jedná se o produkt, který odpovídá modernímu způsobu života a potřebám spotřebitelů. Tavený sýr je kvalitní výrobek za dostupnou cenu, díky čemuž je vhodný pro průmysl a spotřebitele po celém světě (Tamime, 2011; Fox, 2022).

První tavený sýr vyrobil ve Švýcarsku Walter Gerber a Fritz Stettler v roce 1911 z Ementálu (známý jako *Schachtelkäse*). Původním záměrem bylo prodloužení trvanlivosti přírodních sýrů. Komerční výroba tavených sýrů začala v Evropě a v USA v letech 1910 až 1920. Výrobní postupy byly založeny na zpracování sýru Cheddar, jako tavicí sůl (ES) byly použity citráty a fosforečnany. Výroba kvalitního taveného sýra byla rozšířena až v roce 1930 po objevení polyfosforečnanů (Guinee, 2022).

Při výrobě taveného sýra se jeden nebo více druhů sýra zahřívá a taví. Přidává se tavicí sůl, hydrokoloidy a ochucující látky. Celý proces výroby, a tedy i zastoupení jednotlivých surovin, závisí na požadované konzistenci a vláčnosti vyráběného taveného sýra. V USA je tavený sýr nejrozšířenějším druhem sýra. Vyrábí se především z přírodního sýru Cheddar (Anonym, 2002).

Vzhledem k rostoucím výrobním nákladům tavených sýrů byly vyvinuty analogy tavených sýrů, které uspokojují poptávku v provozech rychlého občerstvení. Jedná se o výrobky, ve kterých je mléčná složka částečně nebo úplně nahrazena surovinami rostlinného původu (Tamime, 2011).

V současné době se vyrábí různé druhy tavených sýrů od bloků, plátků, pomazánek až po tavené sýrové omáčky, které se používají v prodejnách rychlého občerstvení. Jednotlivé typy se liší obsahem sušiny, a tím i reologickými vlastnostmi (Tamime, 2011).

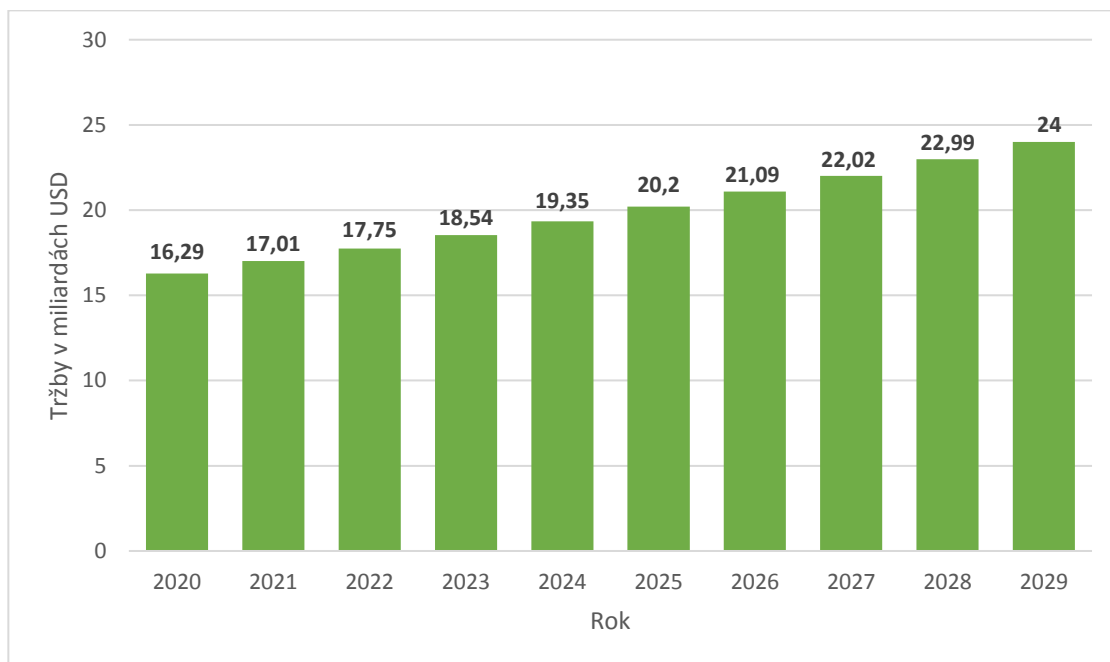
Tavené sýry se používají jak pro přímou spotřebu, tak po tepelném záhřevu. Vhodnost pro konkrétní použití závisí na texturních vlastnostech. Pro přímou spotřebu se využívají sýry nejrůznější konzistence, k namazání na chleba, jako náhrada přírodního plátkového nebo strouhaného sýra do sendviče nebo dip/omáčka ke krekrům. Používají se také jako

přísada v řadě gastronomických aplikací jako plátky do hamburgerů, opečených sendvičů a těstovinových pokrmů. Mohou být také sušeny jako sýry v prášku, které se používají v suchých hotových jídlech či polévkových směsích. (Guinee, 2022).

Dle *Českého statistického úřadu* se v České republice od roku 2011 do roku 2020 zvýšila spotřeba přírodních sýrů z 10,9 kg na 12,0 kg osobu/rok, přičemž došlo ale k mírnému poklesu spotřeby tavených sýrů o 0,3 kg osoba/rok. V roce 2020 byla spotřeba tavených sýrů 1,8 kg osoba/rok (Anonym, 2020).

Světová produkce sýrů činí až 35 % z celkové produkce mléčných výrobků a neustále se zvyšuje. Tavené sýry představují více než 14 % celosvětové produkce sýrů a převyšují produkci většiny druhů sýrů. V současné době se odhaduje celosvětová produkce tavených sýrových výrobků na 1,5–2,0 milionů tun ročně. Největší výroba je v Evropě a USA, ale v souvislosti s globalizací a poptávkou po západních potravinách, jako je pizza, hamburgery, panini, sendviče, se postupně rozšířila i v Číně, Indii, Jižní Americe. (Guinee, 2022; El-Bakry & Mehta, 2022).

Trh s tavenými sýry neustále roste a podle webu *Statista.com* se do roku 2029 předpokládá exponenciální nárůst celosvětové produkce tavených sýrů o 4,4 % viz obrázek č. 1 (Anonym, 2021). Dle nejnovějších studií kupuje tavené sýry až 70 % domácností a používají je na každodenní spotřebu (El-Bakry & Mehta, 2022).



Obrázek 1: Předpokládaný nárůst trhu s tavenými sýry od roku 2020 do roku 2029
(Anonym, 2021)

Mezi hlavní faktory, které přispívají k růstu spotřeby tavených sýrů, patří:

- zvyšující se poptávka po hotových/předpřipravených pokrmech
- snadné přizpůsobení pro konkrétní stravovací zařízení – aroma (koření, ochucující složky), velikost porcí, způsob balení (plátky pro hamburgery, strouhaný PCP na pizzu či omáčka do sendvičů)
- rozmanitost textury (pružnost, roztíratelnost, krájitelnost, viskozita)
- nízká cena ve srovnání s přírodními sýry, která je umožněna díky relativně levným zdrojům nesýrové sušiny (sušená syrovátka, sušené odstředěné mléko) a méně kvalitnějším přírodním sýrům (možné zpracování odřezků)
- snadná výroba (Guinee, 2022; El-Bakry & Mehta, 2022).

1.2 Tavené sýry

Obecně lze všechny druhy tavených sýrů definovat jako komplexní, vícesložkový mléčný systém, složený ze stabilní emulze olej ve vodě, která je stabilizována hydratovanou

proteinovou fází. Na rozdíl od přírodních sýrů nejsou vyráběny přímo z mléka, ale již z připravených přírodních sýrů a dalších surovin (El-Bakry & Mehta, 2022).

Dle vyhlášky 274/2019 Sb. „*O požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje,*“ dělíme tavené sýry na:

- „tavený sýr“ je sýr, který byl tepelně upraven tavením
- „tavený sýrový výrobek“ je mléčný výrobek, který byl tepelně ošetřen tavením a obsahuje více než 5 % laktózy, přičemž obsah sýru je minimálně 50 % hm. sušiny
- „tavený mléčný výrobek“ je mléčný výrobek, který byl tepelně ošetřen tavením a obsahuje více než 5 % laktózy.

Dle vyhlášky 274/2019 Sb. může tavený sýr obsahovat máslo, máselný tuk, smetanu, máselný koncentrát, ale i ostatní mléčné složky, dále jedlou sůl, bakteriální kultury, zdravotně nezávadné enzymy, koření a sezónní zeleninu (dle druhu výrobku a v minimálním množství pro dodání charakteristické chuti), popřípadě další zdravotně nezávadné potraviny. Tavený sýrový výrobek a tavený mléčný výrobek může navíc obsahovat cukry (sacharidy se sladícím účinkem) (ČESKO, 2019).

Kategorizace tavených sýrů závisí na vnitrostátních předpisech. Může být určeno minimální množství přidaného sýra či laktózy. Můžeme kategorizovat dle obsahu sušiny, obsahu tuku v sušině a dle pH. Tavené sýry se označují zkratkou PCP (Processed cheese products) a příbuzným výrobkům patří také PPCP (Pasteurized processed cheese products) neboli pasterizované tavené sýry, které ve svém složení většinou obsahují koncentráty mléčných bílkovin (Guinee, 2022).

1.2.1 Dělení tavených sýrů dle konzistence

Tavený sýr s tvrdou konzistencí si při ohřevu zachová svůj tvar. Základním přírodním sýrem pro výrobu je mladý sýr (1,5 měsíce) např. Cheddar. Tvrdý tavený sýr lze strouhat, krájet a tvarovat do bloků. Je vhodný především na smažení, protože si zachovává strukturu, neteče a neroztahuje se. Má podobné vlastnosti jako čerstvý sýr *queso fresco*. Složení tvrdého taveného sýra může být: sušina 57 % w/w, tuk v sušině 45 % w/w, pH 5,7-6,0 intaktní kasein 80-90 % (Boer, 2014).

Tavený sýr s polotvrdou konzistencí se při zahřívání mírně rozpouští. Základem pro výrobu je mladý sýr (jeden měsíc) jako je Cheddar nebo Gouda. Složení výsledného sýru může být: sušina 53 % w/w, tuk v sušině 45 % w/w, pH 5,7, intaktní kasein 80–90 %. Tento typ sýru lze použít například do sendvičů nebo cheeseburgerů. Jeho struktura je kompromisem mezi dostatečně pevnou konzistencí pro krájení a zároveň je vhodný na opékání. V sýru je důležitý vysoký obsah intaktního kaseinu, druh použitého emulgátoru a také způsob zpracování. Výrobek se balí za tepla ve vakuu a bloky se následně rychle chladí. Je důležité zabránit růstu spor klostridií, které by mohly způsobovat technologické vady (Boer, 2014).

Tavený sýr s měkkou konzistencí při zahřátí teče. Větší část přírodního sýra může být nahrazena sladkým kaseinem. Dále se na výrobu používá drcený mladý sýr, máslo a vhodné tavicí soli. Tavený sýr lze krájet na plátky nebo strouhat na kousky, většinou se ale používá jako hotová poleva na jídlo. Přidává se na zmražené pizzy, těstoviny a saláty. Díky schopnosti tvořit vláknité nitě se používá jako levnější náhražka mozzarely. Výhodou je také delší trvanlivost. Výsledný sýr může mít složení: sušina 51 %, tuk v sušině 40 %, pH 5,7, intaktní kasein > 90 % (Boer, 2014).

Tavená sýrová omáčka je typ taveného sýra s nízkou viskozitou. Označuje se jako „*pumpable*“ nebo „*tekutý sýr*“. Vyrábí se z rozdrobeného středně zralého (dva měsíce) přírodního sýru. Jedná se o výrobek, který se může plnit do tub. Jeho složení může být: sušina 38 % w/w, tuk v sušině 45 % w/w, pH 5,6, intaktní kasein 60–75 %. Trvanlivost při skladování do 7 °C je devět měsíců. Tekutý tavený sýr se dále zpracovává do potravinářských výrobků (suflé, omáčky, polévky, sýrová omáčka v tubě). Hlavní výhodou je nízká viskozita i při nízkých teplotách, což usnadňuje dávkování výrobku. Důležité je snížit obsah intaktního kaseinu (ukazatel rozpadu bílkovin) a zvýšit obsah vody. Mezi hlavní nevýhodu patří mikrobiologické nebezpečí, je tedy nutné, dodržovat vysoké hygienické standardy a použití konzervačních látek (Boer, 2014).

1.3 Analogy tavených sýrů

Analogy tavených sýrů (ACP) jsou výrobky, u nichž byl mléčný tuk nebo mléčná bílkovina, nahrazena rostlinnou složkou. ACP mohou, ale nemusí obsahovat přírodní sýr. Dle použitého tuku lze rozdělit na mléčné, částečně mléčné a nemléčné. Analog je tedy

náhražka sýru, kterému se sice podobá, ale má horší nutriční vlastnosti (Tamime, 2011; El-Bakry & Mehta, 2022).

Mezi hlavní výhody ACP patří nižší výrobní náklady (nahrazení dražšího mléčného tuku rostlinným), jednoduchost a rychlost výroby a možnost výroby různých receptur s přizpůsobenými vlastnostmi (např. nízký obsah tuku a soli). Hlavní nevýhodou je ale nevýrazná chuť, proto se používají různé přísady k dosažení „mléčné“ a „sýrové“ chuti (např. máslo a přírodní sýr). Analog taveného sýra má viskoelastické vlastnosti a jeho použití je tedy velmi variabilní (Tamime, 2011; El-Bakry & Mehta, 2022).

ACP se používá především jako náhražka sýru Mozzarella v mražené pizze nebo jako plátek do cheeseburgerů místo Cheddaru. Mezi další použití patří sendviče, sýrové dipy, omáčky, polevy (poleva na slaný koláč), hotová jídla (především lasagne) (Tamime, 2011).

Princip výroby ACP je stejný jako u výroby PCP, tedy smíchání jednotlivých složek a zahřátí za vzniku emulze typu olej ve vodě. Základní surovinou na výrobu ACP jsou rostlinné oleje/tuky, které jsou levnější než máslo a dodávají výrobku tekutější konzistenci. Mezi další suroviny patří bílkoviny, aromata, voda a ES. Bílkovinná složka vytvoří hydratovanou strukturu, stabilizuje emulzi (snižuje mezifázové napětí) a zvyšuje viskozitu vodné fáze (omezuje srážky mezi kapičkami). Zdrojem bílkoviny může být kasein, syrovátková či rostlinná bílkovina (sója, rýže, pšenice). Nevýhodou rostlinných bílkovin je větší molekulová hmotnost, složitá kvartérní struktura a reakce mezi sebou samými, proto se obvykle používají ve směsi s kaseiny (Tamime, 2011).

1.4 Tavené sýrové omáčky

1.4.1 Charakteristika tavených sýrových omáček

Tavené sýrové omáčky (PCS – Processed cheese sauce) jsou novým sýrovým výrobkem na trhu a mohou se vyskytovat od tekuté přes sušenou až po mraženou formu. PCS může sloužit jako hlavní surovina či příloha v mnoha pokrmech (makarony, kuře, hovězí maso, pizza, mořské plody), jako ingredience, která dodá celistvou chuť pokrmům rychlého občerstvení (sendviče, kebab, hamburgery) či k namáčení příloh (chipsy, hranolky, krokety) (Salek et al., 2019; Saad et al., 2016).

Tavené sýrové omáčky lze, stejně jako tavené sýry, popsat jako stabilní emulze olej ve vodě (Salek et al., 2019). Výrobek by měl mít stabilní konzistenci a homogenní strukturu v obalu (Gamay et al., 2011). PCS patří do kategorie produktů s vysokým obsahem vody a vysokou aktivitou vody (Szafránska et al., 2020).

1.4.2 Suroviny na výrobu PCS

V současné době pro PCS neexistují žádné právní předpisy či normy, a tak mohou být vyráběny z různých ingrediencí (přírodní sýr, sýr v prášku, tavený sýr a další mléčné a nemléčné ingredience) (Salek et al., 2019). Základní surovinou pro výrobu je přírodní sýr, který poskytuje pevný základ emulze a dodává omáčkám požadovanou texturu, viskozitu a chuť. Suroviny na výrobu PCS mohou být tedy stejné, jako na výrobu PCP (Pszczola, 2000). Většinou se ale do surovinové skladby přidává xantanová guma či jiné hydrokoloidy k docílení požadované textury. Pro zefektivnění a zlevnění produkce PCS jsou využívány také náhražky přírodního sýra v podobě sušených mléčných či nemléčných bílkovin (Shalaby et al., 2017). Náhražky přírodního sýra se pro výrobu PCS používají jak z ekonomických, tak z dietetických důvodů. Základní suroviny používané k výrobě tavených sýrů jsou detailně popsány v kapitole č. 1.5.

Přírodní sýr může být v PCS nahrazen mléčnými bílkovinami, které zvyšují funkčnost a nutriční hodnotu výrobku. Vzhledem k rostoucímu zájmu společnosti o speciální sýry (analogy sýrů), může být mléčná bílkovina nahrazena sójou. Sójová bílkovina se kombinuje s ingrediencí na bázi škrobu a jejich interakcí vznikají mikrostruktury, které dodávají PCS nové texturní a sensorické vlastnosti. Kombinace proteinu a polysacharidu dodává emulzím skladovací a fyzikálně-chemickou stabilitu (Saad et al., 2016).

Ve studii Saad et al. (2016) byl zkoumán vliv použití různých druhů bílkovin jako náhrada přírodního sýra při výrobě PCS. Jednalo se o mléčný proteinový koncentrát (MPC), mléčný protein (TMP), retentátový tvaroh (UF-RC), sušené odstředěné mléko (SMP) a sójový proteinový koncentrát (SPC). Všechny vzorky PCS obsahovaly jako stabilizátor směs kukuřičného škrobu a guarové gummy. Nejlepší konečné hodnocení měl vzorek s UF-RC, ale hodnocení ostatních vzorků se významně nelišilo. Nejvyšší obsah bílkovin obsahoval vzorek z MPC, zatímco vzorek z SMP vykazoval nejnižší hodnotu. Nebyl zaznamenán významný rozdíl hodnot pH, u všech vzorků byl v rozmezí 5,78 až 5,85, ale

u vzorků skladovaných při pokojové teplotě (25 °C) došlo v průběhu skladování k vyššímu poklesu pH než u při skladování v chladničce (5 °C). Co se týká indexu separace oleje (OSI), byly zaznamenány významné rozdíly mezi jednotlivými vzorky. Nejnižší hodnota OSI byla naměřena u PCS z SPC, což značí nejvyšší stabilitu emulze s dobrou emulgací tuku. V průběhu skladování došlo u tavené omáčky vyrobené ze sójového proteinu (SPC) k navýšení hodnoty OSI (částečné oddělení tuku od emulze). To může být způsobeno tím, že SPC neobsahuje mléčný kasein a nemá tedy takovou schopnost zadržovat tuk ve své struktuře (zejména při skladování vyšší teplotě).

Druh použité bílkoviny měl také velký vliv na viskozitu PCS. Omáčky vyrobené z mléčných bílkovin mají vyšší viskozitu (vážou více vody a fungují tedy i jako zahušťovadla), než omáčky ze sušeného mléka, které obsahují více rozpustných látek (laktóza, popel), které viskozitu snižují. Navíc při dodání bílkovin do PCS nedochází k hydrolyze bílkovin v průběhu skladování (nedochází ke snížení viskozity) jako při výrobě PCS z přírodního sýra. Nejnižší hodnocení ze sensorické analýzy měl vzorek ze sójového proteinu, který byl zároveň tvrdší (konzistence spíše pasty než dipu). Tato sýrová omáčka vykazovala olejovou a fazolovou příchut' (Saad et al., 2016).

Ve studii Salek et al. (2019) byl zkoumán vliv použité tavicí soli na konzistenci tavených sýrových omáček. PCS byly vyrobeny z přírodního sýra holandského typu (50 a 30 % tuku v sušině), jogurtu, másla a různých druhů ES (DSP, TSPP, PSTP, POLY, TSC) v koncentraci 3 %. Tavení probíhalo 8–10 min u PCS a u některých vzorků bylo upraveno pH do hodnoty 5,6–5,8 pomocí HCl a NaOH. Vzorky byly skladovány při 6 °C a analyzovány 2., 9., 16., 30. a 60 den. Nejvyšší hodnota pH vzorků byla naměřena při použití tavicí soli DSP a TSP (pH > 6,33), naopak při použití POLY došlo k intenzivnímu snížení pH na hodnotu 5,23 (lze vysvětlit nejintenzivnějším uvolňováním H⁺ z molekul polyfosfátu do taveniny). Po 60 dnech skladování vykazovaly všechny vzorky sníženou hodnotu pH. Výsledky studie potvrzují velký vliv hodnoty pH na tvrdost tavených omáček. Významný vliv na tvrdost PCS má také výběr ES a doba skladování. Nejvyšší tvrdost byla naměřena při použití směsi DSP a TSPP, nicméně tvrdost všech vzorků se zvyšovala s rostoucí dobou skladování. Vzorky vyrobené bez úpravy pH měly tekutější konzistenci (Salek et al., 2019).

Od sýrových omáček se očekává, že dodají hotovým a předpřipraveným pokrmům zajímavou chuť a podtrhnou organoleptické vlastnosti daného výrobku. Ve studii Shalaby et al. (2017) byly vyrobeny PCS s přidavkem 2 % esenciálních olejů (EO), které přispívají k antioxidačním, antimikrobiálním, chuťovým a barevným vlastnostem PCS. Jako EO byl použit tuřín, šalotka, paprika a kardamon. Vzorky PCS byly vyrobeny ze syrovátkového proteinového koncentráту (WPC) a kyselého kaseinu (AC). Se zvyšující se koncentrací WPC měly vzorky větší tvrdost a gumovitost, ale zároveň došlo ke snížení soudržnosti a pružnosti. Nejlepší fyzikálně-chemické vlastnosti a vhodná konzistence PCS byla dosažena při použití 75 % WPC a 25 % AC. Přidání EO ovlivnilo barvu PCS – oranžová až růžová barva u papriky a kardamomu, nazelenalá barva u šalotky a tuřínu. Každopádně při skladování v chladničce došlo u všech vzorků k mírnému ztmavnutí (nahnědlá barva) vlivem Maillardových reakcí. Při sensorickém hodnocení měly PCS s EO vyšší hodnocení než PCS bez přidavku EO. Nejlépe byly hodnoceny PCS s tuřínem a šalotkou. Díky použití náhražek přírodního sýra lze vyrobit levné PCS o vysoké kvalitě se zajímavou chutí a lepší antioxidační stabilitou díky EO (Shalaby et al., 2017).

Studie Szafránska et al. (2020) také potvrzuje zvýšení tvrdosti PCS se zvyšující se koncentrací WPC. Vzorky s příliš nízkou koncentrací WPC nesplňovaly očekávané požadavky na PCS, měly příliš nízkou viskozitu, která nepřipomínala tavené sýrové omáčky.

Na výrobu PCS lze krom mléčného tuku použít kokosový olej. Při použití kokosového oleje byla hustota PCS vyšší než při použití bezvodého mléčného tuku. Díky pozitivním zdravotním účinkům panenského kokosového oleje (OCO) na lidský organismus (snížení TAG, fosfolipidů a LDL cholesterolu a zvýšení HDL) dochází ke zvýšení nutriční hodnoty vyrobené PCS. OCO má také antivirové, protiplísňové a antibakteriální vlastnosti, a tím dochází k prodloužení trvanlivosti PCS (Szafránska et al., 2020).

Ve studii Awad et al. (2014) byly vyrobeny tavené sýrové omáčky obohacené o pastu z lupiny (vlčí bob). Nejlepší konzistence a výsledky zdravotního přínosu byly u vzorků, které obsahovaly 25 % pasty z lupiny (Awad et al., 2014).

Zvýšení nutriční hodnoty tavených sýrových omáček lze dosáhnout i přidavkem sušeného velbloudího mléka. Ve studii Desouky et al. (2019) byly vyrobeny PCS s velbloudím mlékem s cílem dosáhnout kvalitní sýrové omáčky se zajímavými funkčními

vlastnostmi. PCS s velbloudím mlékem obsahovaly více bílkovin než PCS vyrobené z Cheddaru, zatímco obsah tuku byl nižší. Se zvyšujícím se obsahem velbloudího mléka byla naměřena nižší hodnota OSI. Se zvyšující se dobou skladování ale hodnota OSI stoupla u obou vzorků. Sušené velbloudí mléko obsahuje velké množství syrovátkových proteinů, které mají stabilizační a emulgační účinky na PCS. U těchto vzorků bylo dosaženo lepší textury než u kontrolních vzorků z Cheddaru. Nejlepší chemické, fyzikální a senzorické vlastnosti vykazovala PCS s obsahem 10 % sušeného velbloudího mléka (Desouky et al., 2019).

1.4.3 Výroba tavených sýrových omáček

Tavené sýrové omáčky se vyrábí na stejném principu jako tavené sýry, tedy smícháním přírodního sýra, mléčného tuku, vody, ES a dalších volitelných surovin za přítomnosti tepla (85–110 °C). PCS mohou být taky vyrobeny z již hotových tavených sýrů. Všechny suroviny by měly být rozmělněny na co nejmenší kousky a před vlastním tavením míchány alespoň jednu minutu, aby byl proces tavení co nejefektivnější a došlo ke správnému tepelnému ošetření všech částí (Salek et al., 2019; Saad et al., 2016; Shalaby et al., 2017). Výroba je detailněji rozebrána v kapitole č. 2.

Výslednou konzistenci PCS ovlivňuje několik faktorů, jako je *složení použitých surovin* (druh a stupeň zralosti přírodních sýrů, pH, sušina, tuk, druh a koncentrace ES či přítomnost hydrokoloidů), *technologický proces výroby* (rychlost a doba míchání, způsob chlazení) a *skladování* (doba a teplota skladování, obalový materiál). Vzhledem ke schopnosti úpravy pH a schopnosti sekvestrovat vápník je správný výběr ES velmi důležitý (Kapoor & Metzger, 2008; Černíková et al., 2017).

V důsledku probíhajícího výzkumu je dnes k dispozici několik způsobů výroby tavených sýrových omáček. Jak popisuje Townes et al. (1996), tavené sýrové omáčky mohou být při nedostatečném tepelném zpracování a při nesprávné teplotě skladování životu nebezpečné kvůli vyklíčení spor bakterií rodu klostridie, které produkují nebezpečné toxiny (Townes et al., 1996). Proto je důležité PCS sterilovat na teplotu 140 °C k inaktivaci přítomných spor (Guinee, 2022).

1.5 Suroviny na výrobu

1.5.1 Přírodní sýr

Při výběru přírodního sýra pro výrobu PCP lze použít všechny druhy přírodních sýrů. U sýru musí být zkontrolován tuk, sušina, pH, obsah bílkovin, stáří a stupeň zralosti. Na výrobu PCP se používá nejčastěji Cheddar, který tvoří základ pro tavené sýry. Většinou se však používá v kombinaci s dalšími druhy přírodních sýrů či jiným stupněm prozrálosti, s cílem dodat konečnému produktu požadovanou chuť a texturu. Na výrobu PCP lze použít sýr druhé třídy s mechanickými vadami (odřezou se), ale sýr s hnilobou nebo žluklou příchutí lze použít jen omezeně (projeví se v chuti a konzistenci výsledného výrobku) (Gouda & El-Nour, 2003).

Západní země (USA, Kanada, Velká Británie, ale i Austrálie a Nový Zéland) používají na výrobu PCP především Cheddar a mozzarellu, ale i sýry holandského a švýcarského typu. Země kolem Středoziemního moře a na Blízkém Východě preferují bílé sýry v solném nálevu, proto jsou i hojně využívány jako hlavní surovina pro výrobu PCP (El-Bakry & Mehta, 2022).

1.5.2 Tavicí soli

Tavicí soli (ES) nejsou samy o sobě emulgátory, ale přidávají do se PCP jako pomocné látky k vytvoření homogenní emulze. Díky ES jsou bílkoviny schopny vázat volnou vodu a tím se mění texturní vlastnosti sýra. Dochází k řadě fyzikálně-chemických změn, které mají za následek hydrataci bílkovin, emulgaci volného tuku, vznik stabilní homogenní struktury výrobku, sekvestraci vápníku, úpravu a stabilizaci pH (Kilcast, 2007).

Množství ES přidávaných do taveného sýra se liší v závislosti na kategorii vyráběného sýru, typu ES, obsahu ostatních složek, podmínkách zpracování a požadovaných vlastnostech výsledného PCP (Kilcast, 2007). Účinky ES na vlastnosti PCP jsou ovlivněny interaktivními účinky mnoha parametrů, včetně typu a množství ES, složení sýra (pH, pufrační kapacita, obsah bílkovin, vápníku a intaktního kaseinu), vlastností nesýrových složek (sušené mléčné bílkoviny, regulátory kyselosti), ale i složení a pořadí přidávání ostatních složek (Guinee, 2022).

Jako ES se používají *citronany sodné, ortofosforečnany, polyfosforečnany*, ale v praxi se většinou používá směs dvou či více ES k podpoření synergetického účinku na kvalitu výrobku. Tavený sýr vyroben pomocí *citrátu trisodného* (TSC) má lepší tavitelnost (schopnost PCP měknout při zahřívání) než při použití *fosforečnanu disodného* (DSP), ale hodnota dynamické viskozity u sýru s TSC je nižší (Gunasekaran, 2002; Kilcast, 2007).

ES se dle schopnosti odštěpit vápník dělí na „slabé“ a „silné.“ „Slabé“ ES mají mírný vliv na emulgační vlastnosti kaseinů, což má za následek tvorbu měkkého PCP s většími kapičkami tuku. „Silné“ ES mají větší schopnost vázat vápník, čímž dochází k lepší emulgaci směsi. Výsledný PCP má tužší konzistenci s menšími kapičkami tuku. Schopnost iontové výměny Ca za Na ionty závisí na délce polyfosfátového řetězce. S rostoucí délkou řetězce se zvyšují emulgační a stabilizační vlastnosti kaseinů, což vede k vytvoření pevnější síťové matrice v konečném PCP (Salek et al., 2022).

Slabé odštěpení vápníku *ortofosforečnany* je kompenzována přítomností *polyfosforečnanů*. Vyšší podíl *ostofosforečnanů, citrátů a fosforečnanů sodných* vede k dosažení měkčí struktury PCP, které mají navíc lepší vlastnosti (tavitelnost, povrchový lesk). Naopak vyšší obsah *fosfátů* dodává tvrdší strukturu taveným sýrům, které mají ale horší tavitelnost. Pokud je pH dostatečně pufováno na 5,7–6 přítomností *ortofosforečnanů* nebo *citrátu trisodného*, mají PCP s *fosfáty* vyšší stupeň sekvestrace vápníku, lepší hydrataci bílkovin, a tedy i lepší emulgaci směsi (Guinee, 2022; El-Bakry & Mehta, 2022).

ES jsou také důležitou konzervační látkou. Vzhledem k nízké teplotě zpracování (70–95 °C) mohou v PCP přežívat spory mikroorganismů. Klíčení spor (zejména rod *Clostridium*) vede k vážným technologickým vadám. Polyfosforečnany inhibují růst *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, Clostridium sporogenes* a některé *Salmonella* spp. Mono a di-fosforečnany inhibují růst zdraví nebezpečné bakterie *Clostridium botulinum*. Citráty bakteriostatické účinky nemají, a navíc mohou být bakteriemi rozkládány, čímž se snižuje trvanlivost konečného výrobku (Salek et al., 2022).

1.5.3 Sušené mléčné bílkoviny

S cílem snížit náklady na výrobu a zlepšit konzistenci PCP se do surovinové skladby přidávají mléčné bílkoviny (kasein a syrovátkové bílkoviny). Přidané bílkoviny mají zásadní

vliv na kvalitu tavených sýrů, protože ovlivňují fyzikálně-chemické, reologické, mikrostrukturní a organoleptické vlastnosti výrobku (Correding, 2009). Sušené mléčné složky se používají pro standardizaci složení. Tyto složky mohou ale výsledným PCP dodávat jak žádoucí, tak nežádoucí příchutě, a proto musí být jejich obsah ve složení pečlivě kontrolován (Miočinović & Miloradović, 2022).

Při použití sušených mléčných výrobků (sušené mléko, syrovátka, koncentrát syrovátkové bílkoviny nebo izolát syrovátkové bílkoviny) je potřeba upravit surovinovou skladbu směsi, protože jsou významnými zdroji bílkovin a laktózy. Laktóza je redukující cukr, který se podílí na Maillardových reakcích, při kterých dochází ke vzniku aromatických sloučenin. Při vyšší koncentraci laktózy by tedy mohlo dojít k nežádoucímu zbarvení a aroma, ale také ke krystalizaci laktózy v taveném sýru (Tamime, 2011).

Syrovátkové bílkoviny (WPC) obsahují především bílkoviny α -laktalbumin a β -laktoglobulin, které při tavení denaturují. β -laktoglobulin je po denaturaci schopen interagovat s ostatními bílkoviny, především s κ -kaseinem prostřednictvím disulfidových můstků. Tyto kovalentní interakce mohou zvyšovat pevnost a snižovat tavitelnost směsi. Dochází také k ovlivnění sensorických vlastností. K omezení nežádoucích vlastností se tedy doporučuje použít maximálně 2 % syrovátkových bílkovin jako náhradu za kasein (Tamime, 2011; Guinee, 2022).

Z kyselých sýrů se vyrábí *kaseinát sodný*, který má díky rozdílu ve složení kaseinu a minerálů potenciál vázat větší množství vody (tvoří viskózní roztoky). Kaseináty se nejvíce uplatňují v roztíratelných PCP (pomazánky, dipy, omáčky) kvůli vysoké schopnosti vázat vodu a dobrým emulgačním vlastnostem zajišťující krémovou strukturu (Guinee, 2022; Correding, 2009).

Navzdory své nerozpustnosti je *sušený sladký kasein* preferovaným typem bílkoviny používané při výrobě PCP nebo analogu PCP. Taveným sýrům dodává vysokou pružnost, tvrdost a dobrou tavitelnost. Zařazení kaseinu do receptury zvyšuje obsah intaktního kaseinu, což je vhodné především pro receptury s vyšším zastoupením zralého přírodního sýra. Sladký kasein je biochemicky podobný bílkovině v čerstvém mladém syřidlovém sýru, proto je, stejně jako mladý sýr, vhodný pro výrobu tvrdých bloků/plátku (Guinee, 2022; Correding, 2009).

Dle chemické, reologické a organoleptické analýzy byla ve studii Abdou et al. (2018) nejlepší PCS s obsahem sladkého a kyselého kaseinu (RAC) v poměru 1:1. Jednalo se o analogy tavených sýrových omáček, které obsahovaly navíc náhražku tuku v podobě různých druhů škrobů. Použitím směsi kaseinů (RAC) bylo dosaženo snížení výrobních nákladů zhruba o 55 % (Abdou et al., 2018).

Jako náhrada přírodního sýra lze použít i nemléčné bílkoviny, například cizrnovou mouku či sójový koncentrát. Ve studii El-Neshawy et al (1988) byly vyrobeny vzorky PCS jak s mléčnými, tak s rostlinnými bílkovinami. PCS obohacené o rostlinné bílkoviny měly vysoké sensorické hodnocení. Semena cizrny navíc obsahují vysoký podíl nenasycených mastných kyselin a bílkovin, a tím se zvyšuje nutriční hodnota výrobku (El-Neshawy et al., 1988).

1.5.4 Voda

V případě použití přímé páry při procesu tavení, musí být obsah vody ve složení vzhledem ke kondenzované vodě v průběhu výroby dobře spočítán. Voda je velmi důležitá pro vytvoření stabilní emulze. Obsah vody záleží na typu vyráběného PCP (blok, pomazánka, dip či omáčka). Při výrobě tvrdého PCP je celý obsah vody přidán v jedné dávce na začátku výrobního procesu. V případě výroby tekutějšího PCP je voda přidávána v průběhu tavení po částech. Postupným přidáváním vody dochází k větší hydrataci kaseinů a tím k docílení správné homogenní struktury tavených sýrových dipů či omáček (Ozturk & Akyilmaz, 2022; Gouda & El-Nour, 2003).

1.5.5 Tuk

Jako tuk se pro výrobu PCP používá nejčastěji máslo, ale lze použít i bezvodý mléčný tuk, smetanu či sušenou smetanu (Guinee, 2017; Fox et al., 2017). Mléčný tuk přispívá k vyvážené chuti, struktuře a dobré tavitelnosti. Se zvyšujícím se obsahem tuku, dochází ke snížení pevnosti vyráběného PCP v důsledku snížení obsahu bílkovin (Gouda a El-Nour, 2003). U receptur s vyšším obsahem tuku je nutné výrobky skladovat při správných podmínkách (teplota, vlhkost, světlo). Při nesprávném skladování a manipulaci může dojít ke snížení sensorické kvality výrobku (oxidace, žluklá příchut') (Miočinović & Miloradović, 2022).

1.5.6 Stabilizátory

K zajištění homogenní struktury emulze se v tavených sýrech používají stabilizátory jako ES, hydrokoloidy a organické emulgátory. Z hydrokoloidů se může jednat o guarovou a xanthanovou gumu, karagenan, agar, alginát sodný. Z organických emulgátorů se může jednat o lecitin, mono- a diacylglyceroly (Fox et al, 2017). Stabilizátory, jako zahušťovadla a stabilizační činidla, se používají především na výrobu tavených sýrových omáček pro dosažení optimální konzistence emulze (Hassan et al, 2015).

1.5.7 Nisin

Nisin je bakteriocin produkovaný některými kmeny *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*. Jedná se o nejčastěji používaný konzervační prostředek v potravinářství. Používá se především k zabránění růstu spor v široké škále potravin, včetně tavených sýrů. Množství použitého nisinu závisí na složení potraviny, pravděpodobném množství spor, požadované trvanlivosti a skladovacích teplotách.

1.5.8 Další přídatné látky

Mezi další látky využívané při výrobě tavených sýrů patří *regulátory kyselosti* (potravinářské kyseliny – k. mléčná, octová, fosforečná, citronová), *sladidla* (sacharóza, dextróza, kukuřičný sirup), *aromata* (enzymově modifikovaný sýr, extrakty koření, dřevěný kouř, máslové aroma), *zvýrazňovače chuti* (NaCl, kvasničný extrakt), *barviva* (Annatto, paprika, chlorofyl, kurkumin, karotenoidy, umělá barviva), *konzervační látky* (sorban draselný, propionáty, nisin) a *koření a ochucující látky* (sušené ovoce, zelenina, maso, šunka, krevety, paprika, wasabi, jalapeño) (Fox et al, 2017; Miočinović & Miloradović, 2022).

1.6 Výživová hodnota

Názory na konzumaci tavených sýrů jsou různé a ani odborníci se nemohou shodnout. Tavený sýr je většinou vyroben z kvalitního přírodního sýra. PCP jsou dobrým zdrojem bílkovin (9–18 %), což je více než u většiny čerstvých sýrů, ale méně než u sýrů tvrdých, polotvrdých a plísňových. Hlavní nevýhodou je vyšší obsah sodíku a špatný poměr vápníku ku fosforu. Díky obsahu ES je biologická využitelnost vápníku z PCP nižší než z mléka či fermentovaných mléčných výrobků (Starnovská & Boháčová, 2015; Anonym, 2002)

Spotřebitelé vyhledávají potraviny s nižším obsahem sodíku a tuku. To je ovšem nelehký úkol pro potravinářský průmysl, protože při snížení sodíku a tuku, musí být zachována požadovaná kvalita výrobku (El-Bakry & Mehta, 2022).

Ke zvýšení nutriční hodnoty tavených sýrů se v posledních letech používají probiotické látky, které zároveň zlepšují funkční vlastnosti PCP. Ve studii Giri et al. (2014) autoři pozorovali, že se se zvyšující koncentrací inulinu snížila lepivost PCP, zatímco pevnost PCP se zvyšovala. Ve studii Luana et al. (2020) byl do receptury s inulinem přidán zdraví prospěšný chia olej. Přidáním chia oleje došlo ke snížení obsahu tuku o 36 % a k nahrazení nasycených tuků polynenasycenými bez negativního dopadu na sensorickou kvalitu výrobku (El-Bakry & Mehta, 2022; Giri et al., 2014; Luana et al., 2020).

1.6.1 Sodík

Obsah sodíku se ve většině druhů přírodních sýrů pohybuje od 40 do 800 mg/100g, zatímco obsah v PCP může být až 1500 mg/100g (Miočinović & Miloradović, 2022). Sodík v PCP pochází jak z přírodních sýrů, tak z přidávaných emulgačních solí (až 3 %) a dodaného NaCl. Obsah Na v tavených sýrech lze tedy snížit použitím přírodního sýra se sníženým obsahem soli (0,34 % Na v taveném sýru), použitím tavící soli na bázi draslíku (citráty, fosforečnany), vynecháním tavící soli z výrobku, čímž dojde ke snížení obsahu Na o 30–40 % nebo kombinací těchto metod. Další možností je nahrazení $\frac{1}{4}$ NaCl chloridem draselným. Nahrazení většího množství by mělo negativní vliv na sensorickou kvalitu výrobku (El-Bakry & Mehta, 2022; Kilcast, 2007; Gunasekaran, 2002).

Při výrobě PCP bez tavící soli musí být upraven technologický postup výroby (teplota, rychlost míchání, použití více druhů přírodních sýrů). Tavený sýr bez tavící soli může mít následující složení: středně vyzrálý Cheddar, extra vyzrálý Cheddar, sýr Quark (měkký, čerstvý sýr vyroben kyselým srážením), smetanový sýr, sušené odstředěné mléko, syrovátka, WPC, máslo, voda. Kvalitativně ale nikdy nebude srovnatelný s PCP s ES a postupem času dojde k oddělení fází a vytvoření heterogenní struktury taveného sýra. (Kilcast, 2007; Gunasekaran, 2002). Zahříváním přírodních sýrů bez ES dochází k destrukci obalů tukových kuliček, čímž dojde ke spojování kuliček do větších celků. Vlivem nižšího pH může dojít ke srážení (agregaci) kaseinů, která je doprovázena uvolněním volné vody

a následným oddělením hydrofilní a hydrofobní fáze. Výroba PCP bez ES tedy vede k tvorbě nežádoucí nehomogenní hmoty (Salek et al, 2022).

Tavený sýr (plátky) vyrobený z Cheddaru se sníženým obsahem Na s přidavkem mléčné bílkoviny je kvalitativně srovnatelný s taveným sýrem z Cheddaru s plným obsahem Na. Tavené sýrové plátky měly ale měkčí konzistenci a při použití dvouměsíčního Cheddaru byly chuťově nevýrazné. Ochucení je možné *kvasničným extraktem*, který má ale nepříjemnou pachut' nebo *delta-glukonolaktonem* bez příchutě. Vhodné je také použít zralejší Cheddar (5 měsíční zralost se sníženým obsahem Na), který dodá tavenému sýru intenzivnější aroma, a tím zlepší senzoryckou kvalitu výrobku se sníženým obsahem Na (Kilcast, 2007).

1.6.2 Nenasycené mastné kyseliny

Dle doporučení WHO by měl být denní příjem energie z tuků 15-30 %, z toho ale maximálně 10 % tuků nasycených. Nasycené MK jsou schopny krystalizovat v užší krystalové struktuře, mají vyšší bod tání než nenasycené MK a jsou tedy termodynamicky stabilnější.

Tavený sýr se sníženým obsahem nasycených mastných kyselin lze vyrobit z přírodního sýru se sníženým obsahem tuku, snížením obsahu smetany či másla a zvýšením obsahu sušeného mléka a vody ve složení taveného sýra. PCP se sníženým obsahem tuku s přidáním podmáslí může zlepšit kvalitu taveného sýra. Při krémování dochází primárně k interakci bílkovin, takže snížení obsahu tuku nemá zásadně negativní vliv na výrobek (Talbot, 2011).

U PCP se snížením obsahem tuku může být tuk nahrazen vodou, bílkovinami nebo různými stabilizátory. Tavený sýr se sníženým obsahem celkového tuku lze vyrobit přidáním *náhražky tuku* (nepolární látka s fyzikálními a funkčními vlastnostmi lipidů) nebo *mimetiky tuku* na bázi bílkovin (syrovátkové proteiny) nebo sacharidů. Mimetiky jsou látky ve vodě rozpustné a používají se k částečné náhradě tuku v taveném sýru pro dosažení lepších senzoryckých a funkčních vlastností. Jedná se především o mléko, vejce, inulin, škroby, dextriny, gummy, celulózu či maltodextrin (Gunesekaran, 2002; El-Bakry & Mehta, 2022).

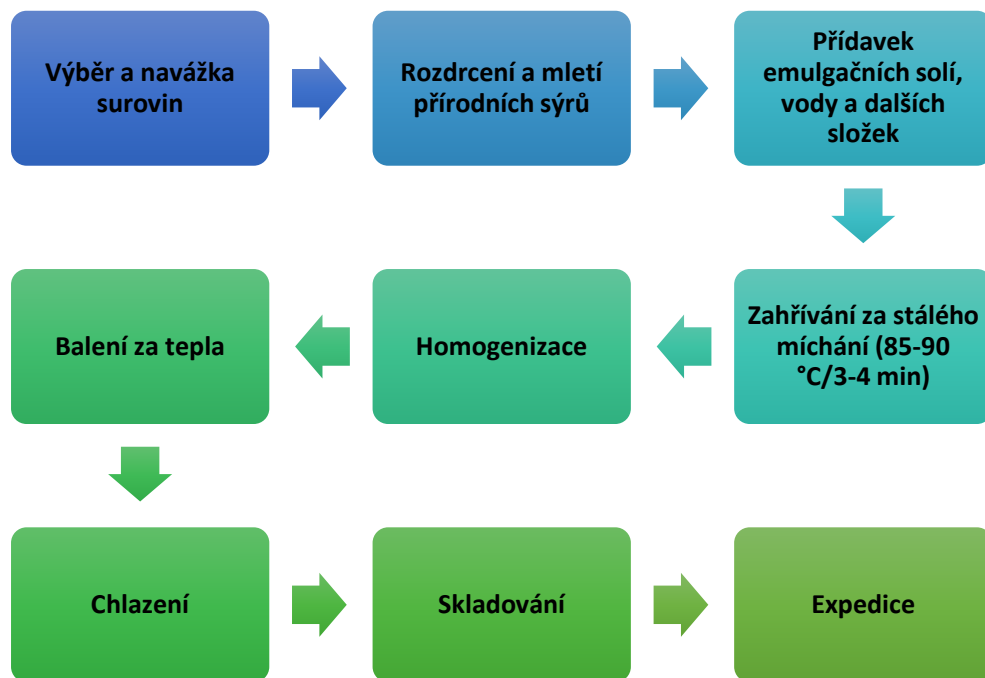
Ve studii Shehana et al. (2019) byly vyrobeny tři druhy tavených sýrových omáček – plnotučné, se sníženým obsahem tuku a s nízkým obsahem tuku. Jako náhražka tuku byl použit kukuřičný, modifikovaný, pšeničný a rýžový škrob a ovesný prášek. Začleněním náhražek tuku do receptury došlo ke zlepšení konzistence PCS a nejlepší výsledky byly pozorovány při použití ovesného prášku, který má zároveň zajímavý dietetický a nutriční přínos (Shehana et al., 2019).

2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK

Tavené sýry nejsou primárním výrobkem z mléka, ale vyrábí se zahříváním a tavením rozmělněných přírodních sýrů o různém stupni zralosti do homogenní hmoty. Působením tepla dochází k inaktivaci bakterií a enzymů, čímž se prodlužuje trvanlivost výrobku. Použitím dalších mléčných a nemléčných složek při výrobě PCP umožňuje získat výrobky různé textury a funkčních vlastností. K docílení stabilní emulze je potřeba použít ES (citráty a fosforečnany), které během zahřívání emulgují bílkovinnou, vodní a olejovou fázi za vzniku homogenní struktury. Diagram výrobního procesu je na obrázku č. 2 (Gunasekaran, 2002; Tamime, 2011).

Použití správných zařízení je nezbytné k dosažení cílové produkce, splnění zákonných norem a výrobu vysoce kvalitního výrobku s dlouhou trvanlivostí, který splňuje požadavky spotřebitelů. Technologická zařízení se liší svou konstrukcí a kapacitou, ale jejich princip výroby je stejný. Výrobní linky se skládají většinou ze tří částí: *zařízení na dispergaci surovin* (zmenšení velikosti surovin), *zařízení pro vlastní tavící proces* (míchání a ohřev) a *balící linky* (balení a chlazení) (Ozturk & Akyilmaz, 2022).

Zlepšení efektivity technologických zařízení je zaměřeno na snížení energetické náročnosti (úprava konstrukce či změna materiálu), snížení rizika kontaminace PCP a zlepšení účinnosti CIP (clean in place). Využití počítačového softwaru ve zpracovatelských linkách umožňuje lepší kontrolu nad celým výrobním procesem (Ozturk & Akyilmaz, 2022).



Obrázek 2: Diagram výroby taveného sýra (Tamime, 2011)

2.1 Výběr a navážka surovin

Funkční vlastnosti tavených sýrů jsou ovlivněny výběrem vhodných surovin a tavících solí. Klíčové vlastnosti přírodních sýrů jsou: stupeň zralosti sýra, jeho pH, obsah vápníku a množství intaktního kaseinu. Mladé sýry dodávají výslednému výrobku požadovanou tvrdost, zralé sýry naopak aroma. Na výrobu blokového taveného sýra s dobrou krájitelností je potřeba použít mladý sýr (75–90 % intaktního kaseinu) a při výrobě měkkého taveného sýra (pomazánka) lze použít sýr střední zralosti (60–75 % intaktního kaseinu) (Tamime, 2011). Druhy a množství povolených složek v různých kategoriích vyráběných tavených sýrů jsou stanoveny legislativou (Kilcast, 2007).

Obsah tuku, bílkovin, vody, použité ES a způsob zpracování má zásadní vliv na sensorické vlastnosti výrobku a je optimalizován dle typu vyráběného sýra (bloky, plátky, pomazánky, omáčky) (Tamime, 2011).

K surovinové skladbě může být přidán *nátavek* (krém/sýr, který byl již jednou zpracován). Může se jednat o tavený sýr, který neprošel kontrolou nebo zbytek taveného sýra z vařiče. Opakované použití již jednou taveného sýra je ale omezené, protože tento sýr

může narušit recepturu svým složením (již obsahuje emulgátory, tavicí soli a bílkoviny). Obsah nátvku by neměl přesáhnout 4 % z celkového složení (Tamime, 2011).

2.1.1 Složení surovinové směsi

Obsah sýru musí být přesně vypočítán na obsah tuku a vody. K dispozici je několik počítačových programů, které na základě požadovaných vlastností finálního výrobku (složení, náklady, typ vyráběného PCP) pomohou při výběru a množství jednotlivých surovin (množství bílkovin, tuku, vody, intaktního kaseinu, poměr vápníku:kaseinu). Formulace složení ale vyžaduje znalosti a zkušenosti s možným dopadem různých složek na vlastnosti finálního výrobku (pH, obsah intaktního kaseinu, želírovací vlastnosti při použití hydrokolidů). Přesné složení směsi se musí při použití nátvku neustále aktualizovat, aby bylo dosaženo stálé kvality daného výrobku (Tamime, 2011; Guinee, 2022).

2.2 Dezintegrace sýrů

Mletí sýrů zvyšuje účinnost tavení (sníží se doba potřebná k roztavení sýra), a proto je důležitou součástí výrobního procesu. Před vlastním mletím musí být sýry očištěny. Z povrchu by měl být odstraněn obalový materiál, vosk a povrchové nečistoty (např. náhodný výskyt plísní či jiné povrchové vady). Nečistoty lze odstranit ručně nebo mechanicky (škrabky). Sýr se nejprve rozřeže na menší segmenty a poté se rozmělní průchodem vysokorychlostními drtiči nebo velkými mlýnskými stroji. K ještě většímu zmenšení částic lze použít koloidní mlýny. V této fázi výroby je připravena sýrová směs, jejíž složení je standardizováno a upraveno. Na malé kousky je nutno rozřezat i máslo. Ostatní složky jsou smíchány a převedeny do vařičů (Guinee, 2022; Tamime, 2011; Ozturk & Akyilmaz, 2022).

Při výrobě PCS s vysokým obsahem vody se přírodní sýry melou na jemnější segmenty kvůli dostatečnému přenosu tepla. Tavené sýrové omáčky jsou totiž náchylnější na mikrobiální kažení, a tak musí být ohřev všech částí přírodního sýra dostatečný (Ozturk & Akyilmaz, 2022).

2.3 Tavení

Rozemletý sýr, voda, ES a další dobrovolné suroviny (barvivo, sůl, koření, emulgátory) jsou přidány do vařiče. Vlastní tavení probíhá za stálého míchání při teplotě od 70 do 100 °C v závislosti na typu sýra, typu použitého vařiče a druhu vyráběného produktu. Zahřívání může být přímým či nepřímým vstřikováním páry. Tavení může probíhat za částečného podtlaku, který odstraní případný vzduch z výrobku, a tím zabrání vzniku vzduchových bublin ve výrobku (Tamime, 2011; Guinee, 2022; Kilcast, 2007).

Některé vařiče s vyměnitelnými mísami umožňují filtraci a předmíchání jedné dávky, zatímco se současně vaří (zpracovává) druhá. Předmícháním a filtrací se dosáhne lepší dispergace jednotlivých surovin a zvýšení hydratace bílkovin, čímž se zkrátí doba tavení (Guinee, 2022; Ozturk & Akyilmaz, 2022).

Během tavení a emulgace se zvyšuje pH, dochází k rozpouštění bílkovin a ke snížení průměru tukových kuliček, čímž vzniká homogenní směs (Tamime, 2011). Působením tepla dochází k inaktivaci vegetativních mikroorganismů a enzymů, které jsou přítomny v přírodním sýru, což vede k prodloužení trvanlivosti výrobku (Salek et al., 2022).

Při diskontinuální výrobě je směs zahřívána ve vsádkových vařičích na 70–75 °C na 4–6 minut. Lze použít přímé vstřikování páry, čímž dojde k omezení hnědnutí emulze. Při pasteračních teplotách dochází k inaktivaci vegetativních forem bakterií, ale spory přežívají. Pro zničení sporotvorných stádií jsou zapotřebí sterilační teploty 130–145 °C/několik sekund. Sterilace tavených sýrů probíhá ihned po výrobě přečerpáním do trubkových výměníků (Tamime, 2011; Guinee, 2022).

Při výrobě tekutějších tavených sýrů (pomazánky, dipy, omáčky) se většinou používají kontinuální vařiče, které směs za podtlaku míchají a zahřívají na 80–90 °C. Poté je emulze přečerpána do trubkových výměníků a sterilována při 130–145 °C několik sekund, následuje rychlé ochlazení (Tamime, 2011). Další možností výroby je nejprve zahřát směs na sterilační teplotu 140 °C/10 sekund a poté vakuově ochladit na 90 °C. Následuje přečerpání do vyrovnávací nádrže, kde probíhá míchání směsi do vytvoření požadované krémové konzistence. Účelem sterilace není vyrobit sterilní výrobek, ale inaktivovat přítomné spory, které by mohly vyvolat kažení výrobku, zejména tavené sýry s vyšším obsahem vody (Guinee, 2022).

Při vysoké teplotě a nízké rychlosti průtoku PCS může docházet k tvorbě usazenin na technologickém zařízení, které se špatně odstraňují. Je nutné, aby byly průtokové trubky co nejčastěji čištěny, protože při vzniku dvojvrstvy usazenin (minerální a proteinová vrstva) je velmi těžké tuto vrstvu odstranit (Li et al., 2004).

Teplota a doba vaření, rychlost míchání a rychlost chlazení jsou klíčovými faktory celého výrobního procesu a ovlivňují vlastnosti finálního výrobku. Velikost tukových kuliček je ovlivněna rychlostí míchání a teplotou tavení směsi. Při míchání za vysokých otáček vznikne velké množství malých tukových kuliček, čímž dochází k tvorbě jemné emulze. Zároveň dochází k tvorbě pevnější trojrozměrné sítě, a tím ke zvýšení soudržnosti a tvrdosti PCP (Ozturk & Akyilmaz, 2022).

Zvýšená teplota při tavení zvyšuje pevnost emulze, a tím i pevnou strukturu výrobku. Tavením při vyšší teplotě dojde ke zvýšení trvanlivosti výrobku, ale na úkor snížení kvality (degradace textury, barvy a chuti). Při nadměrném zpracování (delší tavení, vyšší teplota, příliš rychlé míchání/mixování) může dojít k nadměrnému *krémování* emulze. S delším držení ve vařiči se směs postupně zahušťuje díky pokračující interakci ES s kaseinem a následnému zvýšení hydratace para-kaseinu a stupně emulgace. Oba faktory přispívají ke zvýšení viskozity roztavené směsi. Prodloužené zpracování má tedy za následek nadměrnou hydrataci a agregaci bílkovin. Současně dochází k destabilizaci emulze vyloučením kapiček oleje na povrchu výrobku při ochlazení. Vada se nazývá „*překrémování*“ (*over creaming*). Tato vada je rovněž doprovázena uvolňováním volné vody při následném vaření či ochlazení (Guinee, 2022; Tamime, 2011; Ozturk & Akyilmaz, 2022).

2.4 Homogenizace

Jedná se o volitelný krok, který se provádí většinou ve dvou stupních při tlaku 155 MPa. Homogenizací se podpoří disperze kapiček tuku a dosáhne se tedy krémovější struktury výrobku. Homogenizace se doporučuje u receptur s vyšším obsahem tuku nebo vyšším obsahem vody (pomazánky/dipy/omáčky) (Guinee, 2022).

2.5 Porcování a balení

Porcování a balení závisí na typu vyráběného PCP. Sýrové plátky vyrábí vytlačení horké sýrové směsi mezi rotující válce, kde dojde k ochlazení sýru na 30 °C. Velký plát taveného sýra je seškrábnut z válce a nařezán na požadovanou velikost. Pokud následuje balení každého plátku zvlášť, může být konzistence PCP tekutější (receptura může obsahovat méně přírodního sýra) (Ozturk & Akyilmaz, 2022). U ostatních typů tavených sýrů je směs za horka přečerpána do plnicího stroje a dávkována do obalů. Kvůli omezení růstu mikroorganismů probíhá balení za nepřístupu vzduchu. Následuje rychlé ochlazení již v obalech (Kilcast, 2007; Tamime, 2011; Ozturk & Akyilmaz, 2022).

Obaly mohou být hliníkové, skleněné či plastové (PET/PE či PET/PP). PCP balené do hermeticky uzavřených kovových plechovek a skleněných tub lze sterilovat v obalu. Tavené sýry pro maloobchodní využití jsou baleny po porcích obalené fólií (bloky, trojúhelníky), naskládané plátky na sebe (mohou být jednotlivě zabaleny v plastovém obalu) a tekutější tavené dipy/omáčky mohou být baleny v tubě či kelímku. Pro velkoobchod jsou tvrdé tavené sýry baleny většinou po velkých blocích, které se následně mohou krájet na plátky. Dipy a omáčky jsou baleny v plastových kbelících (Guinee, 2022; Ozturk & Akyilmaz, 2022).

Obaly pro tavené sýry by měly být světlu nepropustné a měly by výrobek chránit před ztrátou vody, zvýšenému obsahu kyslíku, ale také před mikrobiální kontaminací. Pronikáním kyslíku přes obal výrobku vede k oxidaci tuku a růstu aerobních mikroorganismů, které mají na následek kažení výrobku. Obal by měl výrobek také chránit před mechanickým poškozením, ke kterému může dojít v průběhu manipulace a přepravy (Tamime, 2011).

2.6 Chlazení

Během chlazení dochází k vytvoření zpevněné struktury výrobku díky krystalizaci tuku v bílkovinné matici. Rychlost chlazení má vliv na finální strukturu taveného sýra. Roztíratelné tavené sýry se chladí pomaleji než tavené sýrové výrobky v blocích, protože pomalejší chlazení podporuje změkčení sýra. Příliš pomalé chlazení ale podporuje Maillardovy reakce a růst spor mikroorganismů (Tamime, 2011; Piska & Štětina, 2003).

Krystalizace tuku, jeho tání a polymorfismus má vliv na viskoelastické vlastnosti PCP. Ve studii Gliguem et al. (2009) byl potvrzen vliv rychlosti chlazení PCP na výslednou

konzistenci výrobku. Při pomalejším ochlazení dochází k větší hydrataci bílkovin, a tím dochází k pevnější struktuře PCP. Naopak při rychlém ochlazení je výsledná struktura tekutější. Rychlost chlazení má tedy vliv na počáteční teplotu krystalizace TAG a také na strukturu krystalů (Gliguem et al., 2009).

2.7 Skladování

V porovnání s přírodními sýry u tavených sýrů nedochází v průběhu skladování v chladničce k výrazným změnám. Doporučuje se skladování do 8 °C. Skladování při vyšších teplotách může způsobit oddělení jednotlivých částí emulze a vytvoření větších tukových kuliček nepravidelného tvaru, dále změnu barvy a krystalizaci ES v taveném sýru. Pokud jsou krystaly příliš velké, vytvářejí bílé skvrny (pískovou strukturu) na taveném sýru a ovlivňují jeho strukturní vlastnosti (Tamime, 2011; El-Bakry & Mehta, 2022). Dle Bubelova et al. (2014) je při skladování tavených sýrů při vyšší teplotě riziko zvýšené koncentrace amoniaku vlivem degradace aminokyselin.

Dle studie Gliguem et al. (2009) byl potvrzen vliv teploty skladování na reologické vlastnosti tavených sýrů. Do 13 °C jsou krystaly TAG v pevném stavu a nad 13 °C začínají tát, čímž dochází ke změně viskozity hotového výrobku. Fázové změny tukových kuliček jsou ovlivněny teplotou, ale také proteinovým obalem tukových kuliček (při krystalizaci TAG dochází k ukotvení proteinů na obalu tukových kuliček) (Gliguem et al., 2009).

Při skladování tavených sýrů je třeba se vyvarovat dehydrataci, která postihuje převážně povrch výrobku. Může způsobovat změnu struktury a ztrátu hmotnosti.

Nejnižší trvanlivost má kvůli obsahu lipolytických a proteolytických enzymů (jsou produkovány mikroflórou) tavený sýr s obsahem tvarohu a smetany. Lipolytické enzymy způsobují žluknutí tuků a proteolytické enzymy mají za následek hydrolýzu bílkovin, čímž se výrobek stává tekutější a dochází ke vzniku hořké chuti (Tamime, 2011).

2.7.1 Chemické znehodnocení a fyzikální nestabilita tavených sýrů

Maillardovy reakce se projevují především u sušených mléčných výrobků a u výrobků s dlouhou trvanlivostí. Neenzymatické hnědnutí u tavených sýrů způsobuje změnu reologických vlastností, především zvýšení viskozity v důsledku zesíťování bílkovin, ale také změnu barvy a chuti. Problém může nastat především u tavených sýrů s vyšším

obsahem laktózy (10–80 g/kg) a u sýrů vyrobených ze zákysu, kde se vlivem *Streptococcus thermophilus* hromadí galaktóza. Maillardovy reakce lze tedy omezit snížením obsahu laktózy a galaktózy, docílením hodnoty pH 5,8, minimálním záhřevem během zpracování a skladováním při nízké teplotě (do 5 °C) (Skibsted et al., 2010).

Výrazná oxidace mléčných výrobků vede k tvorbě pachutí a strukturním změnám. Působení světla z přírodních a umělých zdrojů vede k oxidaci lipidů, bílkovin a sterolů, dále může docházet k rozkladu vitamínů (např. kyselina askorbová, riboflavin, vitamín A, karotenoidy a tokoferoly). Rozklad probíhá přímým účinkem světla nebo reakcí s aktivními formami kyslíku. Mnohé z těchto fotochemických reakcí vedou ke vzniku autokatalytických oxidačních procesů, což znamená, že i krátká doba vystavení světla může mít škodlivé účinky na skladovaný výrobek a oxidace může probíhat i poté, co je výrobek před světlem chráněn. Oxidací aminokyselin a bílkovin vznikají off-flavory (methional a sulfidy). Oxidací lipidů vznikají především karbonyly (např. hexanal, oktanal, nonenal, heptanal) a alkoholy (1-pentanol a 1-hexanol) (Skibsted et al., 2010).

Obsah fosforečnanů (pokud jsou v ES) přispívá k oxidační stabilitě tavených sýrů, avšak nejdůležitější je snížit propustnost světla v obalech. Tavené sýry balené v celofánu s voskovým povlakem oxidují do 12 hodin po vystavení světlu, ale pokud se přidá do voskové vrstvy *benzofen*, dojde ke snížení propustnosti světla, a tím ke zvýšení stability. Oxidační stabilitu lze také zvýšit snížením obsahu kyslíku, například speciálními obaly s plynovou bariérou (Skibsted et al., 2010).

3 PŘÍRODNÍ SÝRY A JEJICH PŮSOBENÍ NA TAVENÉ SÝRY A PODOBNÉ PRODUKTY

Přírodní sýry se liší svým složením (bílkoviny, tuk, vápník), biochemickými vlastnostmi, výživovou hodnotou, vzhledem, chutí a strukturou. Na výrobu tavených sýrů se používá mnoho druhů přírodních sýrů (např. Cheddar, holandský typ, švýcarský typ, Mozzarella, bílé sýry) a jejich směsí (Tamime, 2011).

Rozhodujícím kritériem pro výrobu kvalitního přírodního sýra je složení mléka, rychlost a způsob srážení bílkovin, které ovlivňuje ztrátu vlhkosti, rozpouštění koloidního fosforečnanu vápenatého a pH sýra (ovlivňuje strukturu konečného výrobku). Na chemické složení mléka (obsah bílkovin, tuku, vápníku a hodnota pH) má vliv několik faktorů (plemeno, výživa, zdravotní stav, stádium laktace). Kvalita použitého mléka má zásadní vliv na složení a senzorické vlastnosti přírodního sýra (Salek et al., 2022).

3.1 Vznik přírodních sýrů

Přírodní sýry se vyrábí z mléka a koagulačního činidla, které způsobí agregaci bílkovin a přeměnu tekutého mléka na polotuhý gel. Synerzí gelu (rozkrájení/narušení sýřeniny) se od sýřeniny oddělí syrovátka (sérová fáze obsahující laktózu, k. mléčnou, soli, ve vodě rozpustné peptidy, enzymy), která odteče. Sýřenina se pak různými způsoby zpracovává, dle typu vyráběného sýra. Hlavním cílem výroby je dosažení optimálního složení (vlhkost, kyselost – pH, tuk, bílkoviny, minerály – zejména vápník), správné struktury a požadované chuti, která je vyvinuta při zrání (Shahidi, 2012; Guinee, 2022).

I když se přírodní sýry vyrábí z omezeného množství surovin (kravské, ovčí, kozí nebo buvolí mléko, zákysová kultura, koagulant a sůl) jsou se svými až 1500 druhy velmi rozmanitou skupinou potravin. Přírodní sýry lze klasifikovat *dle koagulačního činidla* (syřidlo, kyselina), *dle textury* (velmi tvrdý, tvrdý, polotvrdý, poloměkký, měkký), *stupně zralosti* (zralý, čerstvý), *mikroflóry* (vnitřní bakterie, povrchové/vnitřní bakterie, povrchové/vnitřní plísně a propionové bakterie) (Fox et al., 2017).

Přírodní sýr je tvořen gelovou sítí bílkovin, která imobilizuje tuk a sérum. Bílkoviny v *sýrech vyrobených sladkým srážením* (Gouda, Cheddar, Mozzarella) se vyskytují jako hustá síť dehydratovaných parakaseinových micel, které jsou nerozpustné (ovlivněno hydrolyzou syřidla, zahříváním, acidifikací a solením sýra při výrobě). Obsah vápníku je

15–35 mg/g parakaseinu a většina z něj je nerozpustná. V *kyselých sýrech* (tvaroh, Cottage) se bílkoviny vyskytují ve formě nerozpustných agregátů kaseinu a obsah Ca a P je mnohem menší (při acidifikaci se rozpustí). Tvarohové sýry mají mnohem vyšší obsah vlhkosti (Guinee, 2022; Corredig, 2009).

Kasein je hlavní strukturální bílkovinou mléka a vyskytuje se ve formě koloidních částic kulovitého tvaru, kaseinových micel, jejichž průměr je 80–500 nm. Kaseinová micela obsahuje několik tisíc kaseinových molekul organizovaných kolem fosforečnanu vápenatého. Kasein se v mléce vyskytuje ve čtyřech formách: α_{s1} , α_{s2} , β a κ -kasein. Jednotlivé kaseiny se liší obsahem a rozložením fosforu, a proto mají rozdílné vazebné vlastnosti na vápník. Kaseiny α_{s1} , α_{s2} a β tvoří v přítomnosti Ca nerozpustnou sůl (= sráží se) a jsou v kaseinové micelle orientovány dovnitř. Naproti tomu κ -kasein není citlivý na obsah Ca iontů a chrání ostatní kaseiny před vysrážením. V kaseinové micelle se nachází převážně na povrchu (Shahidi, 2012; Corredig, 2009).

Při výrobě sýrů je tedy potřeba rozštěpit κ -kasein. Používá se *kyselé* (snížení pH na izoelektrický bod; pomocí BMK nebo kyselin) nebo *enzymatické* (vlastní proteolýza pomocí syřidla) srážení. Při enzymatickém srážení *chymosin* (enzym) hydrolyzuje κ -kasein mezi 105 a 106 aminokyselinou (Phe-Met). Dochází k odstranění „vlasové“ (ochranné) vrstvy κ -kaseinu vyčnívající z povrchu micely a nastává agregace bílkovin za vzniku gelu. Z κ -kaseinu vzniká *hydrofilní κ -kasein-makropeptid*, který difunduje do sérové fáze mléka, a *hydrofobní para- κ -kasein*, který zůstává v sýřenině. Následuje agregace parakaseinových micel do trojrozměrného gelu. Destabilizované micely agregují v důsledku ztráty ochranného obalu a sníženého elektrostatického odpuzování. Rychlost srážení lze ovlivnit koncentrací enzymu a teplotou (Shahidi, 2012; Corredig, 2009; Guinee, 2022).

Mezi hlavní *syrovátkové (sérové) bílkoviny* patří β -laktoglobulin (50 %), α -laktalbumin (20 %), imunoglobuliny, sérový albumin a laktoferiny. Sérové bílkoviny nevytváří agregáty (nesráží se) v přítomnosti Ca iontů, ale β -laktoglobulin při zahřevu denaturuje, naváže se na thiolovou skupinu κ -kaseinu a stává se pevnou součástí kaseinové micely. Tento jev je nežádoucí při výrobě sýrů (žádoucí při výrobě jogurtů), protože dochází k větší vaznosti vody (Shahidi, 2012; Rames et al., 2016).

3.2 Změny v chemickém složení přírodních sýrů při tavení

Při výrobě přírodních sýrů dochází k řízené destabilizaci bílkovin, při níž se vytváří gelová síť parakaseinu. Naopak při výrobě tavených sýrů dochází k rozkladu této vzniklé sítě a k hydrolýze bílkovin, která umožňuje vázání volné vody a emulgaci tuků (Miočiniović & Miloradović, 2022). Jak již bylo popsáno v kapitole č. 2, tavené sýry se vyrábí tavením přírodních sýrů za použití tavicích solí. Používají se fosfátové či fosfát-citrátové směsi dvou až čtyř různých tavicích solí, které mají různé funkce. ES jsou soli vícesytných aniontů s monovalentními alkalickými kovy (sodík, draslík). Tavicí soli nejsou pravými emulgátory (nevykazují povrchovou aktivitu), ale modifikují emulgační aktivitu kaseinu. Zlepšují rozpustnost a emulgační schopnost kaseinů, díky vyšší afinitě k vápníku (Salek et al., 2022; Tamime, 2011)

Přidáním ES do přírodního sýru dojde k výměně Ca iontů v kaseinu za Na ionty. *Z nerozpustného parakaseinu vápenatého se stane rozpustný parakasein sodný*, který je schopen vázat vodu, a tím se zvýší emulgační vlastnosti kaseinu. Proto jsou kaseiny hlavním stabilizačním činidlem při výrobě PCP a přidáním hydrokoloidů či škrobů se tento účinek ještě podpoří. Základní úlohou ES je tedy odštěpit vápník z bílkovinné matrice a navázat Na nebo K ionty, rozptýlení bílkovin, jejich hydratace a bobtnání, emulgace tuku, stabilizace emulze (zvýšením viskozity se omezí srážky jednotlivých částic) a ovlivnění pH (zvýšení pH z 4,6–5,5 přírodních sýrů na pH 5,6–6,2). Parakasein sodný pokrývá povrch volných tukových kuliček a vytváří na nich ochrannou membránu, čímž přispívá k emulgaci tuku. Po ochlazení taveného sýra dojde k vytvoření požadované struktury (Salek et al., 2022; Tamime, 2011; Guinee, 2022).

Přírodní sýry jsou přidavkem ES, vody a dalších surovin a tavicím procesem převedeny do stabilní emulze typu olej ve vodě, která je stabilizována hydratovanými kaseiny (El-Bakry & Mehta, 2022).

3.3 Vybrané druhy přírodních sýrů

3.3.1 Sýry holandského typu

Mezi sýry holandského typu patří nejznámější *Gouda* a *Eidam*, které se dnes již vyrábí po celém světě. Dalšími zástupci jsou *Maribo* a *Danbo* (Dánsko), *Colonia a Hollanda* (Argentina), *Norvegia* (Norsko) a *Svecia* (Švédsko) (Fox, 2004).

Sýry holandského typu se vyrábí z pasterovaného kravského mléka okyseleného mezofilním zákysem (obsahujícím citrát pozitivní bakterie). Kvůli snížení obsahu sporotvorných bakterií je mléko baktofugováno. Mléko se sráží telecím nebo syntetickým chymosinem. Následuje narušení sýřeniny rozkrájením, aby se uvolnila syrovátka. Tato směs je 20–30 minut míchána a poté je asi 30–50 % syrovátky nahrazeno horkou vodou, což způsobí zvýšení teploty sýřeniny na 36 °C a odstranění části laktózy (zabránění nadměrné tvorby kyselin v průběhu zrání). Po odtoku syrovátky se sýřenina před formováním lisuje a solí. Sýřenina je ponořena na 2–3 dny do nasyceného roztoku NaCl na konečný obsah soli 2,5 % v konečném přírodním sýru (Fox, 2004; Salek et al., 2022).

Gouda se tradičně natírá žlutým voskem a zraje 2–3 měsíce při 15 °C. Některé odrůdy mohou zrát až 2 roky. Při zrání dochází ke katabolismu citrátu na diacetyl a vzniku dalších aromatických sloučenin a CO₂, který způsobuje malé oka v sýru (Fox, 2004).

Eidam je přírodní sýr podobný Goudě, ale vyrábí se z polotučného mléka (2,5 %), má charakteristický kulový tvar a před zráním se potahuje červeným voskem (Fox, 2004). Zrání probíhá ve vracím sklepe při teplotě 14–15 °C při relativní vlhkosti 85–90 %. Povrch sýra by měl vyschnout a ztvrdnout. Eidam se může prodávat po minimálně čtyřech týdnech zrání, ale typická doba zrání je 6–8 týdnů (Salek et al., 2022).

Dle *Codex Alimentarius* je Eidam definován jako zrající polotvrdý až tvrdý sýr bílé, slonovinové až žluté barvy s pevnou strukturou vhodnou ke krájení. Může obsahovat několik ok o velikosti rýže či hrášku, které jsou rovnoměrně rozprostřeny v struktuře sýra (Fox, 2004). Dle identifikační normy FDA lze Eidam charakterizovat jako přírodní sýr obsahující minimálně 40 % tuku v sušině a maximálně 45 % vlhkosti. Pro výrobu tradičním postupem se používá směs ranního a večerního mléka (Salek et al., 2022).

3.3.2 Bílé sýry zrající v solném nálevu

Bílé sýry v solném nálevu pocházejí z oblasti Středomoří, Balkánu a Blízkého východu. Díky zrání v solném nálevu (6–12 % w/w NaCl) se vyznačují vysokým obsahem soli. Zrání ve slaném nálevu ovlivňuje biochemické, texturní a chuťové vlastnosti sýra. Bílé sýry nemají kůrku a jejich konzistence je od měkké až po polotvrdou. Barva je díky použitému mléku (ovčí, kozí, buvolí) porcelánově až sněhově bílá. Při výrobě z kravského mléka se někdy používají látky odstraňující nažloutlé zbarvení, jako je chlorofyl či oxid titaničitý (Fox et al., 2017; Salek et al., 2022).

Feta je řecký sýr z ovčího mléka (nebo směsi ovčího a kozího), který získal statut chráněného krajinného označení původu. Sýr má slanou, mírně nakyslou a pikantní chuť. K zajištění rychlého prokysání se přidává termofilní nebo mezofilní zákysová kultura. Jako syřidlo se používá chymosin s lipázovou aktivitou. Sýřenina se vkládá přímo do forem (bez vaření), kde dochází k odtoku syrovátky. Syrovátka samovolně odtéká z formy a po 2–3 hodinách se převrátí. Sýřenina se krájí na 2–3 cm kousky (jakmile je dostatečně soudržná). Povrch je nasucho nasolen a poté je sýr převeden do lázně s nasyceným roztokem soli, kde se při teplotě 14–16 °C uchovává sedm dní. Hodnota pH by měla klesnout na 4,5. Následně je sýr skladován při teplotě 3–4 °C nejméně dva měsíce (Fox et al., 2017; Fox, 2004).

Průmyslově se sýr typu *Feta* vyrábí z kravského mléka zahuštěného ultrafiltrací a nazývá se *Balkánský sýr*. Sýr *Telemes* se vyrábí jako *Feta*, ale má tužší konzistenci, která je zapříčiněna mírným tlakem na sýřeninu při odtoku syrovátky. *Domiaty* se vyrábí z kravského nebo buvolího mléka a jako zákys se používají halotolerantní laktobacily. Konzumuje se čerstvý nebo zraje v solném nálevu. *Halloumi* pochází z Kypru a vyrábí se ze směsi ovčího a kozího mléka. Sýřenina se zahřívá na 38–42 °C a potom je vložena do horké syrovátky (90–92 °C), ale neroztahuje se a ani se nelisuje. Dalšími zástupci je *Kasar* a *Talum* (Turecko), *Lightvan* (Írán), *Beda* (Egypt), *Sirene* (Bulharsko a další balkánské země), *Bjalo* (Srbsko), *Akawi* (Libanon, Česká republika), *Mohant* (Slovinsko) a *turecký bílý solený sýr* (Fox et al., 2017; Salek et al., 2022).

3.4 Stupeň zralosti

Během zrání přírodních sýrů dochází k rozkladu proteinové matrice za vzniku peptidů a volných aminokyselin. Proteolýza je katalyzována bakteriemi mléčného kvašení, enzymy a enzymovými produkty, ale i zbytkovým syřidlem (Corredig, 2009). Proteolýza je jedna z hlavních biochemických změn při zrání přírodního sýra a vede k fyzikálním, chemickým, chuťovým a funkčním změnám sýra (Salek et al., 2022). Proteolýzou se kaseiny stávají tavitelnějšími a méně tažnými. Při zrání sýrů dochází také k vývoji aromatických látek (Tamime, 2011; Shahidi, 2012). Zrání probíhá při 4–15 °C po dobu několik týdnů, měsíců nebo let (Ramesh et al., 2016).

Stárnutím sýrů se snižuje obsah *intaktního* kaseinu, a tím klesá schopnost emulgate. Obsah intaktního kaseinu je důležitým kritériem ovlivňujícím konzistenci tavených sýrů. Na výrobu blokového PCP s dobrou krájitelností a pružností se proto používá mladý (nezralý) přírodní sýr obsahující 75–95 % intaktního kaseinu. Výsledný PCP lze krájet na plátky. Na výrobu pomazánek, dipů a omáček se používá středně zralý až zralý sýr obsahující 60–75 % intaktního kaseinu. Při současném snížení obsahu vápníku v přírodním sýru je dosaženo ještě tekutější konzistence PCP, což lze aplikovat při výrobě tavených sýrových omáček. U takových výrobků je důležité snížit obsah intaktního kaseinu a zvýšit obsah vlhkosti, aby bylo dosaženo optimální textury (Guinee, 2022; Boer, 2014).

Výhodou použití *mladého přírodního sýra* je tužší a gumovější konzistence výsledného PCP a snížené náklady na výrobu (levnější než zralý sýr). Nevýhodou je prázdná chuť, protože mladý sýr neobsahuje sensoricky aktivní látky vznikající během zrání sýra. V praxi se většinou pro dosažení požadovaných vlastností PCP používá směs přírodních sýrů o různé zralosti. *Vyzrálější přírodní sýry* dodávají výslednému PCP jemnou a roztíratelnou konzistenci s plnou chutí. Výsledné PCP mají nižší soudržnost, ale vyšší lepivost (Salek et al., 2022).

Použitím příliš vyžralého přírodního sýra s vysokým stupněm proteolýzy je dosaženo nestabilní až tekuté konzistence, která nemá stabilní proteinovou matici a hrozí riziko oddělení fází. Do surovinové skladby je tedy nutné přidat intaktní kasein ve formě mladého přírodního sýra nebo přídavek tvarohu (Salek et al., 2022).

3.5 Obsah tuku

Tuk se ve většině sýrů vyskytuje ve formě kuliček obalených membránou z bílkovin a fosfolipidů, která zabraňuje úniku volného tuku, „pocení“ a mastnotě sýra. Procento tuku v sušině (FDM) se pohybuje od 30 do 60 %. Tukové kuličky fyzicky narušují a oslabují kaseinovou matici, takže vyšší obsah tuku znamená měkčí a jemnější strukturu přírodního sýra (Guinee, 2022; Shahidi, 2012).

Tavený sýr lze vyrobit z přírodního sýra se sníženým obsahem tuku, výsledný PCP může mít ale horší tavitelnost a příliš tvrdou konzistenci, ale také nakyslou či hořkou chuť. Tyto účinky jsou způsobeny zvýšením objemového podílu bílkovin a snížením podílu volného tuku. Účinky poměru tuku a bílkovin na konzistenci PCP lze zmírnit použitím přírodního sýra se sníženým obsahem intaktního kaseinu (přírodní sýry s delší dobou zrání) (Guinee, 2022; Talbot, 2011; Miočinović & Miloradović, 2022).

Přibližně 98 % tuku v přírodním sýru tvoří TAG, které jsou složeny z různých mastných kyselin (MK). V tuku přírodního sýra je obsažena také *konjugovaná kyselina linolová* (CLA), která je významná pro lidské zdraví. Jsou potvrzeny preventivní účinky proti rakovině, ateroskleróze, má pozitivní účinky na zvýšení imunity. Ve studii Luna et al. (2005) byl zkoumán obsah CLA a jejich izomerů v různých fázích výroby taveného sýra. Nebyl pozorován žádný významný rozdíl změny obsahu CLA, což potvrzuje, že při výrobě PCP nedochází ke snížení obsahu této velmi cenné mastné kyseliny, a dokonce lze tvrdit, že PCP jsou jejím dobrým zdrojem (7,5–7,9 mg/g tuku) (Kim et al., 2009; Luna et al., 2005; Shahidi, 2012; Ramesh et al., 2016).

Jak popisuje studie Kim et al. (2009), zvýšení obsahu CLA zvyšuje kvalitativní hodnotu mléka a mléčných výrobků. Na jejím obsahu se podílí více faktorů, od krmení dojnice, přes roční období, až po způsob chovu. Bylo potvrzeno, že při zrání Cheddaru nedochází ke znehodnocení obsahu CLA. Vzorky Cheddaru z mléka z pastevního chovu po čtyřech měsících zrání vykazovaly vyšší hodnoty CLA než u sýru z mléka vnitřního chovu, ale u vzorků po sedmi měsících zrání již významné rozdíly nebyly naměřeny, což naznačuje lehké zvýšení obsahu CLA v průběhu zrání přírodních sýrů. Vzorky Cheddaru byly následně zahřáty na 70–90 °C (teploty výroby tavených sýrů). Bylo prokázáno, že Cheddar zahřátý na 80–90 °C obsahoval vyšší hodnoty CLA než při záhřevu na 70 °C,

což naznačuje zvýšení obsahu CLA při výrobě tavených sýrů. Zvýšení obsahu CLA při výrobě tavených sýrů potvrzuje několik dalších studií (Kim et al., 2009; Luna et al., 2005).

3.6 Hodnota pH sýra

Aktivní kyselost má také významný vliv na konzistenci taveného sýra. Výše pH je ovlivněna druhem a koncentrací použité ES a hodnotou pH použitého přírodního sýra. Přírodní sýr s $\text{pH} > 5,8$ je drobivý a při záhřevu se neroztéká ani nenatahuje (vhodný na smažení). Sýr s $\text{pH} 5,3\text{--}5,0$ se při záhřevu stává tažným a tavitelným v závislosti na stupni zrání. Sýry s $\text{pH} < 5,0$ jsou velmi křehké, jedná se například o Fetu. Ačkoli nízké pH solubilizuje fosforečnan vápenatý a narušuje kaseinové micely, kaseinové bílkoviny zůstávají nedotčené díky sníženému odpuzování náboje. Proto zatímco Feta zůstává křehká, hermelín se stává měkkým díky zvýšené zásaditosti z amoniaku (uvolněn během zrání) (Shahidi, 2012; Salek et al., 2022).

Tavené sýry s nízkým pH (4,8–5,2) jsou drobivé, suché, tuhé, náchylné k odmašťování při skladování a následném ohřevu. Čím více se hodnota pH blíží k izoelektrickému bodu kaseinu (pH 4,6), tím více je PCP tuhý. Naopak výrobky s vyšším pH ($> 6,0$) mají velmi měkkou až tekutou texturu. Při zvýšení pH sýra dochází ke snížení tvrdosti a elasticity, ale zvýšení fluidity (tekutosti) taveného sýra. Při zvýšení pH dochází ke zvýšení hydratace kaseinu, nižšímu stupni agregace parakaseinu a vytvoření homogenní struktury výrobku (Corredig, 2009; Guinee, 2022).

Úprava pH před zpracováním ovlivňuje schopnost různých ES sekvestrací (vylučování) vápníku, zatímco úprava pH po dokončení zpracování poskytuje ES čas na sekvestraci vápníku během míchání a chlazení. Optimální hodnota pH přírodního sýra na výrobu PCP se udává hodnota 5,4–5,8. Se snižující se hodnotou pH se snižuje stabilita výsledné emulze. Vliv pH na konzistenci PCP také závisí na obsahu vápníku. Jak bylo popsáno výše, zvýšením pH je dosaženo tekutější struktury PCP, ale při současném zvýšení vápníku a intaktního kaseinu může být naopak zvýšena tvrdost PCP, protože jednotlivé vlivy působí na výsledné fyzikální vlastnosti PCP současně (Tamime, 2011; Corredig, 2009).

Ve studii Buňka et al. (2013) autoři uvádí, že hodnoty pH modelových výrobků se mírně zvyšovaly s rostoucím stupněm zralosti přírodního sýra. Zvyšující se pH suroviny během zrání lze přičíst mikrobiálnímu metabolismu kyseliny mléčné, proteolýze bílkovin,

tvorbě volných aminokyselin a jejich dalšímu metabolismu za vzniku čpavku či volných aminů (Buňka et al., 2013).

3.7 Obsah vápníku

Obsah vápníku se v různých druzích přírodních sýrů výrazně liší. Vzhledem k ovlivnění hydratace bílkovin má obsah vápníku zásadní vliv na fyzikální vlastnosti přírodních sýrů. Vápník spolu s pH ovlivňují pevnost kaseinové matrice a tím texturu sýra. Přírodní sýry v solném roztoku by měly mít podobnou koncentraci Ca iontů a pH. Při vyšším pH a nízké koncentraci Ca iontů dochází k větší tvorbě kaseinátu sodného, který pojme větší množství vody než kaseinát vápenatý. Výsledkem je tedy vlhký až kašovitý povrch sýra (Shahidi, 2012; Tamime, 2011).

Vápník se v sýrech vyskytuje převážně ve formě nerozpustného fosforečnanu vápenatého (spojen s parakaseinovou maticí), který je v rovnováze s rozpustnými fosforečnany a vápníkem. Poměr nerozpustných a rozpustných forem vápníku se liší v jednotlivých druzích přírodních sýrů. U většiny sýrů vyrobených sladkým srážením s pH 5,1 je poměr Ca:P poměrně konstantní. Obsah celkového vápníku je od 15,2 po 35,6 mg/g bílkovin v přírodním sýru (Correding, 2009).

Jak již bylo popsáno výše, úlohou ES je sekvestrovat nerozpustný vápník z kaseinu, ale obsah rozpustného vápníku zůstává nezměněn (Guinee, 2022).

Obsah vápníku v přírodním sýru ovlivňuje funkční vlastnosti vyráběného taveného sýra. Tavené sýry s nižším obsahem vápníku vykazují měkčí strukturu a lepší tavitelnost. Ve studii Guinee a O'Kennedy (2009) zjistili, že snížení obsahu vápníku a fosforu v sýru Cheddar mělo výrazný vliv na vlastnosti taveného sýra. Došlo ke snížení lomového napětí a tvrdosti a ke zvýšení fluidity nezahřátého výrobku. Tavené sýry s nižším obsahem vápníku mají nižší viskozitu, proto lze předpokládat vhodnost použití přírodních sýrů s nižším obsahem vápníku na výrobu tavených sýrových dipů a omáček (Correding, 2009; Salek et al., 2022).

3.8 Další faktory

Dalším faktorem ovlivňujícím vlastnosti PCP je *obsah soli* v přírodním sýru, který ovlivňuje stupeň proteolýzy. Zvýšení obsahu soli může vést ke snížení stupně proteolýzy.

Konzistence výsledného PCP je tužší, ale soudržnost je nižší. Výhodou také může být nižší tendence k roztékání PCP (Salek et al., 2022).

Barva přírodního sýra také ovlivňuje výslednou barvu taveného sýra, pokud do PCP nejsou přidány další přídatné látky (barviva, koření). Nejpoužívanější přírodní sýr používaný na výrobu PCP, Cheddar, je často dobarven *Annattem*, pocházejícím ze semen *Bixa orellana*. Annatto obsahuje karotenoidní pigment *bixin*, který je rozpustný v oleji a *norbixin*, který je rozpustný ve vodě. Komerční barvivo Annatto může obsahovat různé poměry bixinu a norbixinu a výsledná barva Cheddaru může být od žluté, přes oranžovou, až po červenou (Fox, 2022).

Zbarvení vyráběných PCP je aktuálním problémem, protože způsobuje ekonomické ztráty. Ztráta či změna barvy může být důsledkem nekvalitních vstupních surovin, zejména přírodních sýrů či ES. Nejvýznamnější je nežádoucí růžové zbarvení PCP při použití přírodního sýra obarveného Annattem. Zbarvení může být způsobeno chemickou změnou barviva v důsledku měnícího se pH v průběhu výroby, oxidací bixinu na světle, přítomností kyslíku, interakcí Annatta a dusičnany nebo vysokou teplotou při tavení. Bylo zjištěno, že Annatto na bázi emulze je náchylnější na růžové zbarvení CP než Annatto na bázi suspenze. Růžové zbarvení může být také v důsledku použití většího množství zralého sýra nebo při tavení za příliš vysokých teplot (v důsledku Maillardových reakcí). Změna barvy může taky nastat při skladování nad 35 °C nebo při pH > 5,9 (Miočinović & Miloradović, 2022)

Přírodní *karotenoidy* jsou obsaženy i v mléce a jejich koncentrace závisí na zdroji potravy (čerstvá tráva, jetel). Mléčné výrobky z kravského mléka včetně přírodních sýrů s vyšším obsahem tuku mají díky karotenoidům žluté zbarvení. Kozí, ovčí a buvolí mléko karotenoidy neobsahuje, protože karotenoidy nepřečází z tukové tkáně do mléka jako u skotu (Fox, 2022). Dalším přírodním barvivem vyskytujícím se v mléce je *riboflavin*, který se nachází převážně v syrovátce a sýřenině dodává nazelenalou barvu (Ramesh et al., 2016).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem teoretické části diplomové práce bylo:

- charakterizovat tavené sýry a tavené sýrové omáčky,
- popsat výrobu tavených sýrů a tavených sýrových omáček,
- popsat vliv přírodních sýrů na tavené sýry a podobné produkty.

Cílem praktické části diplomové práce bylo vyrobit vzorky tavených sýrových omáček s různou koncentrací sýra holandského typu a bílého sýra a sledovat vliv na jejich konzistenci.

Práce byla rozdělena na dílčí úseky:

- vyrobit modelové vzorky tavených sýrových omáček o obsahu sušiny 40 % (w/w) a obsahu tuku v sušině 50 % (w/w) s různým % zastoupením sýra holandského typu (100 %, 75 %, 60 %, 50 %, 40 %, 25 %, 0 %) a bílého sýra zrajícího v solném nálevu (0 %, 25 %, 40 %, 50 %, 60 %, 75 %, 100 %),
- vzorky vyrobit stejným technologickým postupem (rychlost míchání 5500 ot·min⁻¹; výdrž 1 minuta; teplota tavení 60 °C),
- vyrobené vzorky analyzovat v průběhu skladování základní chemickou analýzou – pH (1., 14. a 30. den skladování) a obsah celkové sušiny (1. a 30. den skladování),
- provést reologickou a texturní profilovou analýzu (1., 14. a 30. den skladování),
- provést senzorickou analýzu 30. den skladování,
- vyhodnotit výsledky měření a popsat vliv směsi sýra holandského typu a bílého sýra zrajícího v solném nálevu na konzistenci tavených sýrových omáček.

5 MATERIÁL A METODIKA

K provedení experimentu bylo vyrobeno sedm modelových vzorků tavených sýrových omáček s různým % (w/w) zastoupením sýra holandského typu a bílého sýra zrajícího v solném nálevu.

5.1 Použité přístroje

- Digitální váha Kern & Sohn GmbH, Německo
- Běžné laboratorní sklo a pomůcky
- Vorwerk Thermomix TM 6, Německo
- Ruční uzavírací jednotka Novaseal, NIROSTA, spol. s.r.o., Česká republika
- Sušárna Venticell, Brněnská medicínská technika a.s., Česká republika
- pH metr Spear se skleněnou elektrodou, Eutech Instruments, Oakton Malaysia
- TA.XT plus Texture Analyser (Stable Micro Systems Ltd., Velká Británie) společně se softwarem Exponent Lite a sonda P/20, Batch No. 12188
- Reometr Rheostress 1, HAAKE, Německo

5.2 Suroviny na výrobu

K výrobě 1 kg tavené sýrové omáčky byla použita základní receptura:

- Eidam s obsahem sušiny 50 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 30 % (w/w), zralost sedm týdnů, výrobce: Lacrum, Česká republika,
- Balkánský sýr s obsahem sušiny 42 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 48 % (w/w), výrobce: Polná s.r.o., Česká republika,
- máslo s obsahem sušiny 84 % (w/w) a obsah tuku v sušině 82 % (w/w), výrobce: Madeta, Česká republika,
- 23 g směsi tavících solí, Fosfa a.s., Česká republika (39 % Na_2HPO_4 , 17 % NaH_2PO_4 , 22 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ a 22 % POLY 68),
- pitná voda.

Tabulka 1: Surovinová skladba tavených sýrových omáček

Vzorek číslo	Označení vzorků	Eidam [% w/w]	bílý sýr zrající v solném nálevu [%w/w]	Máslo [%w/w]	Tavicí soli [%w/w]	Voda [%w/w]
1	100E	53,5	0	13,8	2,3	30,5
2	75E_25WAC	40,1	13,4	13,8	2,3	30,5
3	60E_40WAC	32,1	21,4	13,8	2,3	30,5
4	50E_50WAC	26,7	26,7	13,8	2,3	30,5
5	40E_60WAC	21,4	32,1	13,8	2,3	30,5
6	25E_75WAC	13,4	40,1	13,8	2,3	30,5
7	100WAC	0	53,5	13,8	2,3	30,5



Obrázek 3: Eidam s obsahem sušiny 50 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 30 % (w/w), zralost sedm týdnů, výrobce: Lacrum, Česká republika [1]



Obrázek 4: *Balkánský sýr s obsahem sušiny 42 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 48 % (w/w), výrobce: Polná s.r.o., Česká republika [2]*



Obrázek 5: *Máslo s obsahem sušiny 84 % (w/w) a obsah tuku v sušině 82 % (w/w), výrobce: Madeta, Česká republika [3]*

5.3 Příprava tavených sýrových omáček

Tavené sýrové omáčky byly vyrobeny za laboratorních podmínek. Bylo vyrobeno sedm vzorků tavených sýrových omáček s různým zastoupením Eidamu (100 %, 75 %, 60 %, 50 %, 40 %, 25 %, 0 %, w/w) a bílého sýra zrajícího v solném nálevu (0 %, 25 %, 40 %, 50 %, 60 %, 75 %, 100 %, w/w). Výroba modelových vzorků začala navážením všech

ingrediencí (přírodní sýr, máslo, jednotlivé tavící soli a voda), přičemž máslo a Balkánský sýr byly rozkrájeny na menší kousky (2x2 cm; Eidam byl již rozmělněn). Dezintegrace jednotlivých surovin je důležitá pro optimální proces tavení (Guinee, 2022). Připravené a navážené ingredience byly přesunuty do tavicího zařízení (Vorwerk Thermomix TM 6, Německo) viz obrázek č. 6, ve kterém následně probíhalo i tavení směsi. Po zavření přístroje příklopným víkem byla směs zahřívána a mixována při $5,500 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ do dosažení teploty $90 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$. Při této teplotě byla směs držena ve vařiči jednu minutu. Vyrobena tavená sýrová omáčka byla dávkována do hliníkových kelímků a pomocí ruční uzavírací jednotky Novaseal (Nirosta s.r.o, ČR) došlo k přilepení hliníkového víčka. Stejným způsobem bylo vyrobeno všech sedm modelových vzorků tavených sýrových omáček. Vzorky byly následně zchlazeny a skladovány při chladírenské teplotě $6 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ do provedení příslušných analýz.



Obrázek 6: *Vorwerk Thermomix TM 6, Německo* [4]



Obrázek 7: Ruční uzavírací jednotka Novaseal, NIROSTA, spol. s.r.o., Česká republika [5]

5.4 Chemická analýza

U modelových vzorků tavených sýrových omáček byla provedena základní chemická analýza v průběhu skladování. Jednalo se o stanovení obsahu celkové sušiny (1. a 30. den skladování vzorků) a měření pH (1., 14. a 30. den skladování vzorků).

5.4.1 Stanovení obsahu celkové sušiny

Stanovení obsahu sušiny bylo provedeno u všech modelových vzorků. Postup stanovení byl proveden dle normy ČSN EN ISO 5534 (571003) do konstantního úbytku hmotnosti (Česko, 2005). Do hliníkové misky s křemelinovým pískem a skleněnou laboratorní tyčinkou byly naváženy 3 g jednotlivých vzorků (3x z každého vzorku) s přesností na čtyři desetinná místa. Za pomoci skleněné tyčinky bylo provedeno pečlivé promíchání vzorku s pískem, aby proběhlo správné vysušení vzorku. Misky byly vloženy do sušárny, ve které byly vzorky sušeny při teplotě 102 °C do konstantního úbytku hmotnosti. Misky byly po ochlazení uloženy do exsikátoru a zváženy na analytických vahách s přesností na čtyři desetinná místa. Celkový obsah sušiny byl vypočten dle rovnic níže:

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100$$

kde: W je hmotnost vody [% (w/w)]

m_1 je hmotnost hliníkové misky s křemenným pískem [g],

m_2 je hmotnost hliníkové misky s křemenným pískem a vzorkem PCS [g],

m_3 je hmotnost hliníkové misky s křemenným pískem a vzorkem PCS po sušení [g].

$$S = 100 - W$$

kde: S je obsah sušiny [% (w/w)]

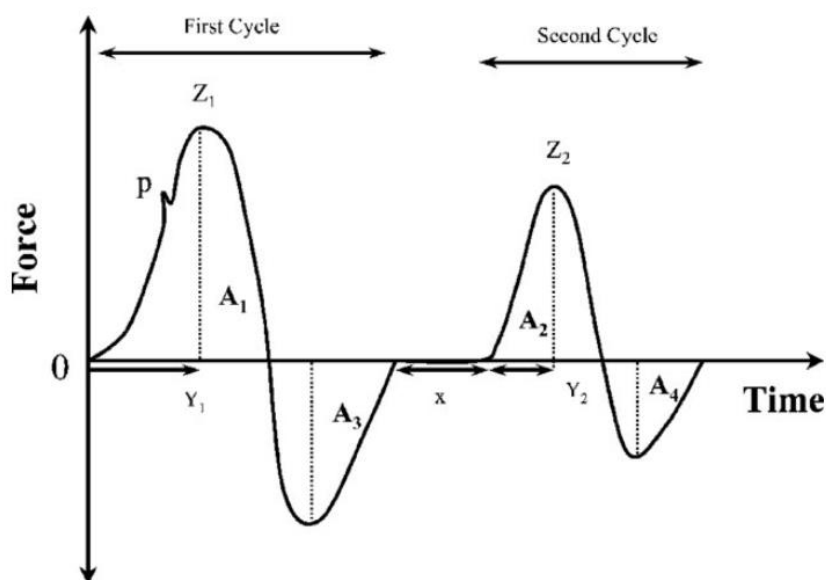
5.4.2 Stanovení pH

Měření pH bylo provedeno u všech modelových vzorků 1., 14. a 30. den skladování. Na měření byl použit vpichový pH metr (Spear Eutech). Vzorky byly měřeny při pokojové teplotě 20 ± 2 °C jedním náhodným vpichem do modelového vzorku (vždy do odlišné části kelímku). Z každé šarže byly na měření použity 2 vzorky, přičemž u každé šarže bylo provedeno celkem 6 měření. Pro přesnost měření byla po každém měření špička pH metru omyta destilovanou vodou a osušena. Hodnoty pH byly následně zprůměrovány na jeden výsledek z každého vzorku a byla vypočtena výběrová směrodatná odchylka.

5.5 Texturní profilová analýza

Pro vyhodnocení texturních vlastností modelových vzorků tavených sýrových omáček byla použita analýza texturního profilu (TPA). Jedná se o hojně využívanou techniku k hodnocení textury tavených sýrů obecně. Provádí se dvojitým stlačením vzorku (obvykle na 80 % jeho původní výšky) pomocí dvou desek (jedna je pevná a druhá se pohybuje vratným lineárním pohybem). Pomocí softwaru dojde k vykreslení křivky (viz obrázek č. 8), ze které lze určit několik různých texturních parametrů, jako je tvrdost, lepivost, soudržnost, elasticita, žvýkatelnost a gumovitost. *Tvrdost* je vrcholová (maximální) síla potřebná k dosažení deformace výrobku při prvním stlačení. Čím vyšších hodnot dosahuje, tím je výrobek tvrdší. *Lepivost* je práce potřebná k překonání přitažlivých sil mezi povrchem

tavené sýrové omáčky a povrchem sondy. *Soudržnost* je síla vnitřních vazeb materiálu a vypočítá se jako poměr A/A_{21} . *Elasticita* (pružnost) je vzdálenost, kterou potravina obnoví během kompresního stlačení neboli do jaké míry se výrobek po stlačení vrátí do původního (nedeformovaného) stavu. *Žvýkatelnost* je množství energie potřebné ke žvýkání pevného potravinářského výrobku do stavu připraveného k polknutí. Hodnotu žvýkatelnosti získáme součinem tvrdosti, soudržnosti a pružnosti. *Gumovitost* je energie potřebná k rozpadu polotuhého potravinářského výrobku do stavu připraveného k polknutí (Thomareis & Dimitreli, 2022).



Obrázek 8: Typická křivka analýzy textury [6]

Textura byla měřena na přístroji Texture Analyser TA.XT plus, který je znázorněn na obrázku č. 9. Při kompresi byla použita oválná sonda, průměr 20 mm. Rychlost této sondy byla $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$. Kelímky s tavenou sýrovou omáčkou byly otevřeny a položeny na desku přístroje. Posuvné rameno bylo manuálně přiblíženo k povrchu vzorku a následně byl spuštěn test. Měření texturních vlastností bylo provedeno u všech sedmi modelových vzorků, přičemž pro každou výrobní sadu byla provedena tři měření.



Obrázek 9: *TA.XT plus Texture Analyser (Stable Micro Systems Ltd., Velká Británie) [7]*

5.6 Reologická analýza

K identifikaci textury a strukturálních vlastností slouží reologická analýza, která je založena na principu deformace vzorku pomocí různých nástrojů. Tavené sýrové omáčky lze považovat za polotekutý až tekutý materiál, který se reologickou analýzou nejčastěji měří pomocí rotační viskozimetrie a dynamickou oscilační reologií. Naše měření bylo provedeno pomocí dynamické oscilační reometrie, která slouží ke stanovení viskoelastických vlastností tavených sýrů a omáček (Salek et al., 2019).

Při dynamické oscilační reometrii dochází k řízené deformaci vzorku, při které je sledováno chování látek při toku. Když se na materiál působí napětí nebo deformací o určité frekvenci, mění se úhel fázového posunu. Viskoelastická se popisuje elastickým (G') a ztrátovým (G'') modulem pružnosti, kdy elastický vyjadřuje míru elasticity a ztrátový míru viskozity. Elastický modul pružnosti je míra energie uložená či získaná za jeden cyklus a ztrátový modul pružnosti je míra energie rozptýlená či ztracená ve formě tepla za jeden

cyklus sinusové deformace. Jejich poměrem lze vypočítat tangens úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) viz vzorec níže:

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'}$$

Komplexní modul popisuje celkovou odolnost materiálu proti deformaci a vyjadřuje se v Pa. Vypočítá se dle rovnice viz níže (Thomareis & Dimitreli, 2022).

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

Modelové vzorky byly podrobeny reologické analýze 1., 14. a 30. den skladování. Byl použit dynamický oscilační smykový reometr Rheostress 1, HAAKE, Německo viz obrázek č. 10. Měření probíhalo na desce o průměru 35 mm (geometrie deska-deska), teplotě 20 ± 1 °C, amplitudě smykového napětí 5 Pa a rozsahu frekvence 0,05 – 100,00 Hz. Vzorek tavené sýrové omáčky byl aplikován na desku reometru a po spuštění programu došlo k přiblížení desek k sobě. Z povrchu byl odebrán přebytek vzorku, aby nedošlo k ovlivnění měření. Bylo analyzováno všech sedm tavených sýrových omáček. Měření proběhlo u každého vzorku dvakrát.



Obrázek 10: Reometr Rheostress 1, HAAKE, Německo [8]

5.7 Senzorická analýza

Všechny vzorky tavených sýrových omáček byly také podrobeny základnímu senzorickému hodnocení. Hodnocení proběhlo za laboratorních podmínek. Počet hodnotitelů byl 8 ($n=8$). Hodnocení proběhlo u vzorků po 30 dnech skladování. U tavených sýrových omáček byla hodnocena chuť a vůně, konzistence, slanost, vzhled a barva, lesk a celkový dojem. Hodnocení bylo dle hédonické stupnice (1–7, kdy 1 znamenalo nejlepší hodnocení a 7 naopak nejhorší). Pro chuť a vůni, vzhled a barvu, lesk a celkové hodnocení znamenala 1 – výborná, 4 – dobrá, 7 – nepřijatelná; pro konzistenci byla 1 – tekutá, 4 – polotekutá, 7 – tvrdá; pro slanost znamenala hodnota 1 – dobrou, přiměřenou slanost, 4 – vyšší slanost, 7 – nadměrně slaný výrobek. Hédonické testy jsou známé jako spotřebitelské testy a poskytují subjektivní údaje o přijatelnosti, oblíbenosti nebo preferenci daného výrobku (Thomareis & Dimitreli, 2022). Vzorky byly podávány při pokojové teplotě 22 ± 1 °C. Hodnocení vzorků kvůli očekávané slanosti balkánského sýra proběhlo v pořadí: 100E, 75E_25WAC, 60E_40WAC, 50E_50WAC, 40E_60WAC, 25E_75WAC

a nakonec 100WAC. Mezi každým dalším testovaným vzorkem byla pro neutralizaci chuti podána voda. Ze získaných výsledků byl vypočten medián (Lazárková et al., 2021).

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

6.1 Vyhodnocení chemické analýzy

6.1.1 Obsah celkové sušiny

Měření obsahu celkové sušiny bylo provedeno u všech vzorků. Sušina byla měřena 1. a 30. den skladování. U každého vzorku proběhly tři měření, ze kterých byl vypočítán procentuální obsah vody, procentuální obsah sušiny a výběrová směrodatná odchylka. Hodnoty obsahu sušiny modelových vzorků tavených sýrových omáček se pohybovaly od 35,45 % až do 36,15 % (w/w), tudíž lze vzorky mezi sebou porovnávat. V průběhu skladování nebyl zaznamenán významný rozdíl v naměřených hodnotách.

6.1.2 Hodnota pH

Měření pH bylo provedeno u všech modelových vzorků 1., 14. a 30. den skladování. U každého vzorku proběhlo šest měření a z výsledků byl spočítán průměr a směrodatná odchylka. V tabulce č. 2 jsou znázorněny výsledky měření pH u všech vzorků v průběhu skladování. První den skladování byly naměřeny u všech sedmi modelových vzorků hodnoty pH $\sim 5,7$. Při měření pH po 14. dnech skladování byly naměřeny hodnoty pH od 5,61 do 5,77. Při posledním měření 30. den skladování byly naměřeny hodnoty pH od 5,38 do 5,55. U všech vzorků lze tedy vidět trend klesající hodnoty pH v průběhu skladování. Toto je v souladu se studií Lazárková et al. (2021), kde byl hodnocen tavený sýr vyrobený z bílého sýra v průběhu skladování. Jejich naměřené hodnoty pH jsou 5,0 ihned po výrobě a po měsíčním skladování (30. den) došlo k ponížení na hodnotu pH 4,8. V průběhu dalšího skladování zaznamenali snížení až na hodnotu pH 4,3 po šesti měsících skladování. Nižší naměřené hodnoty 1. a 30. den skladování PCP z bílého sýra může být vlivem použití jiného druhu bílého sýra či použití jiných tavicích solí.

Po 30 dnech skladování lze vidět rozdíl v hodnotách pH dle koncentrace použití sýra holandského typu či bílého sýra. Tavené sýrové omáčky vyrobené s větším zastoupením Eidamu mají vyšší hodnoty pH (pH 5,52–5,55) než tavené sýrové omáčky vyrobené s větším zastoupením bílého sýra (pH 5,39–5,40). Tento malý rozdíl může být vlivem vstupních surovin (použitého přírodního sýra). Ve studii Sadowska et al. (2009) byl zkoumán vliv doby skladování na vlastnosti sýra holandského typu. Naměřené hodnoty pH přírodního sýra

holandského typu byly $\text{pH} \sim 5,7$. Přírodní bílý sýr má zase obvyklé $\text{pH} 4,5\text{--}4,9$. Přírodní sýr holandského typu má tedy vyšší pH než přírodní bílý sýr. Hodnoty pH vstupního přírodního sýra ovlivňují pH konečného výrobku. Vliv na hodnotu pH tavených sýrů a omáček má nejen druh použitého přírodního sýra, ale i jeho prozrálost. Se zvyšující se dobou zrání přírodního sýra se zvyšuje pH výsledného produktu (Buňka et al., 2013; Shahidi, 2012).

Tabulka 2: *Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček v průběhu skladování*

Vzorek	1. den	14. den	30. den
100E	$5,76 \pm 0,05$	$5,70 \pm 0,02$	$5,55 \pm 0,01$
75E_25WAC	$5,74 \pm 0,04$	$5,72 \pm 0,01$	$5,52 \pm 0,04$
60E_40WAC	$5,75 \pm 0,12$	$5,77 \pm 0,01$	$5,53 \pm 0,07$
50E_50WAC	$5,7 \pm 0,02$	$5,61 \pm 0,01$	$5,40 \pm 0,01$
40E_60WAC	$5,76 \pm 0,01$	$5,7 \pm 0,01$	$5,39 \pm 0,02$
25E_75WAC	$5,71 \pm 0,02$	$5,67 \pm 0,07$	$5,39 \pm 0,01$
100WAC	$5,73 \pm 0,01$	$5,66 \pm 0,05$	$5,38 \pm 0,01$

6.2 Texturní profilová analýza

Všechny vyrobené vzorky tavených sýrových omáček byly podrobeny analýze texturního měření na přístroji Texture Analyser TA.XT plus. Byly získány data z tvrdosti, lepivosti, soudržnosti, elasticity, žvýkatelnosti a gumovitosti.

Výsledky z tvrdosti jsou znázorněny na obrázku č. 11. Nejvyšší hodnota tvrdosti byla naměřena u modelového vzorku 100E. V průběhu 30 denního skladování došlo k nárůstu tvrdosti z hodnoty 5 N na hodnotu 21,5 N, tedy více jak čtyřnásobné navýšení. U vzorku 75E_25WAC byla zvýšena hodnota tvrdosti z 3,8 N na 9,9 N. Snížením obsahu Eidamu o 25 % došlo ke snížení tvrdosti vzorku o 50 %. U vzorků 60E_40WAC a 50E_50WAC byly naměřeny podobné hodnoty tvrdosti (1. den 2,3 N, 30. den 4,7–5 N). U těchto vzorků došlo ke dvojnásobnému zvýšení tvrdosti v průběhu skladování. U vzorku 40E_60WAC byly naměřeny hodnoty 1–1,6 N. U vzorků 25E_75WAC a 100WAC byly zaznamenány pouze

minimální rozdíly tvrdosti v průběhu skladování, tzn. skladování nemělo významný vliv změnu jejich konzistence.

Se zvyšující se dobou skladování došlo ke zvýšení naměřených hodnot tvrdosti u všech modelových vzorků. Tento jev vysvětluje mnoho autorů (Buňka et al., 2013, Shirashoji et al., 2010; Nagyová et al., 2014; Awad et al., 2002). Při skladování dochází k odpaření části vody a hydrolýze fosfátových solí. Rozkladné procesy tavicích solí začínají již při procesu tavení a pokračují při skladování. Polyfosforečnany jsou hydrolyzovány na fosforečnany a dochází ke snížení afinity k vápenatým iontům. V důsledku toho dochází k uvolnění a začlenění vápenatých iontů do proteinové matrice, a tím ke zvýšení tvrdosti tavených sýrů a podobných produktů, jako jsou tavené sýrové omáčky. Dalším možným vysvětlením zvýšení tvrdosti všech vzorků v průběhu skladování může být použitá směs tavicích solí (39 % Na_2HPO_4 , 17 % NaH_2PO_4 , 22 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ a 22 % POLY 68). Při použití směsi různých tavicích solí dochází k dalším možným reakcím a změn jejich vazeb. Fosfátové tavicí soli mají schopnost dispergovat kasein, čímž v průběhu skladování dochází ke zvýšení tvrdosti gelu (Salek et al., 2015). Dle Salek et al. (2020) je dalším možným vysvětlením zvýšení tvrdosti tavených sýrů se zvyšující se dobou skladování díky probíhajícím změnám v krystalické modifikaci mléčného tuku v průběhu skladování. (Bubelova et al., 2014). Buňka et al. (2008) sledovali vliv skladování (teploty a času) na konzistenci taveného sýra. Výsledky studie uvádí, že se zvyšující se dobou skladování dochází ke zvýšení tvrdosti tavených sýrů.

Výsledná konzistence je jednou z nejdůležitějších vlastností tavených sýrových omáček. Konzistenci ovlivňuje především složení surovinové směsi, parametry technologického zpracování, teplota během tavení, rychlost chlazení a teplota skladování (Černíková et al., 2017). Typ, charakteristické vlastnosti a stáří přírodního sýra hrají hlavní roli v texturních, viskoelastických, funkčních, mikrostrukturních a senzorických vlastnostech tavených sýrů a podobných produktů (Hassan et al., 2007).

Z naměřených hodnot je zřejmé, že surovinová skladba (% w/w Eidamu či bílého sýra) má zásadní vliv na konzistenci modelových vzorků tavených sýrových omáček. U vzorků s vyšším obsahem Eidamu (% w/w) byla naměřena vyšší hodnota tvrdosti než u vzorků s vyšším obsahem bílého sýra zrajícího v solném nálevu (% w/w). Se zvyšujícím se obsahem bílého sýra se snižuje tvrdost tavených sýrových omáček. Příčinu lze odůvodnit

nižším obsahem intaktního kaseinu v bílém sýru zrajícím v solném nálevu v porovnání s Eidamem. Na výrobu modelových vzorků tavených sýrových omáček byl použit bílý sýr zrající v solném nálevu sýr o zralosti 24 týdnů a Eidam o zralosti sedm týdnů. Rozdíl ve zralosti přírodního sýra na výrobu vzorků (100E a 100WAC) byl 17 týdnů. Během zrání přírodních sýrů dochází vlivem lipolýzy a proteolýzy ke štěpení bílkovin za vzniku peptidů a volných aminokyselin. Intaktní kasein je takový, který nebyl během zrání hydrolyzován. Intaktní kasein je důležitým ukazatelem výsledné konzistence sýrů. K docílení tvrdé konzistence tavených sýrů je vhodné použít mladý sýr s vysokým obsahem intaktního kaseinu, a naopak k docílení tekuté konzistence výrobku je vhodné použít zralý přírodní sýr (Boer, 2014; Corredig, 2009).

Nejnižší tvrdost byla naměřena u vzorku 100 WAC (100 % w/w bílého sýra zrajícího v solném nálevu). Použití bílého sýra o vysoké prozrálosti (24 týdnů) mělo značný vliv na texturní vlastnosti vzorku. Tvrdost tohoto vzorku byla ale tak nízká, že při senzorické analýze nebyla konzistence hodnocena kladně (více v kapitole 6.4.). Dle Salek et al. (2022) je příliš tekutá až nestabilní konzistence tavených sýrů a podobných produktů kvůli použití příliš vyzrálého přírodního sýra, který neobsahuje dostatečné množství intaktního kaseinu, jenž je důležitý pro stabilitu proteinové matrice. U těchto produktů navíc hrozí oddělení jednotlivých fází. Autoři dále popisují, že možným řešením je do surovinné skladby taveného sýra přidat intaktní kasein v různé formě (např. přírodní mladý sýr, tvaroh nebo formou sušených mléčných bílkovin).

Optimální tvrdost modelových sýrových omáček byla naměřena u vzorku 25E_75WAC. Díky 25 % w/w zastoupení Eidamu ve složení došlo ke zvýšení tvrdosti o 100 % (na hodnotu 0,30 N; 1. den skladování) v porovnání s vzorkem 100WAC, u kterého byla naměřena hodnota tvrdosti 0,15 N (1. den skladování). Přidáním přírodního sýra s nižší zralostí (= s vyšším obsahem intaktního kaseinu) došlo ke zpevnění proteinové matrice a tavená sýrová omáčka měla lepší texturní vlastnosti, což je v souladu s tvrzením Salek et al. (2022). Konzistence tohoto vzorku obdržela také nejlepší hodnocení v senzorické analýze. Snížení tvrdosti roztíratelných tavených sýrů se zvyšujícím se obsahem (w/w) zralého přírodního sýra potvrzuje i Buňka et al. (2013). Série studií Salek et al. (2016; 2017; 2020) také potvrzuje pokles tvrdosti tavených sýrů se zvyšujícím se stupněm zralosti použitého přírodního sýra.

Ve studii Wang et al. (2011) byl zkoumán vliv doby zrání Cheddaru na konzistenci tavených sýrů. Byly vyrobeny vzorky tavených sýrů z Cheddaru o zralosti 10, 30, 60, 90 a 180 týdnů. Autoři potvrzují snížení hodnoty tvrdosti tavených sýrů se zvyšující se dobou zrání přírodního sýra. Dále uvádí, že největší změny vlivem proteolytické aktivity jsou v prvních týdnech zrání přírodních sýrů. Jak již bylo popsáno výše, se zvyšující se dobou zrání přírodních sýrů dochází k poklesu intaktního kaseinu, který se vlivem proteolýzy štěpí na peptidy a volné aminokyseliny. Wang et al. (2011) dále popisují, že delším zráním přírodních sýrů dochází ke snížení poměru rozpustného a nerozpustného vápníku, čímž se dále oslabují interakce mezi proteiny. Toto je další možný vliv změny textury tavených sýrů vyrobených z různě zralých přírodních sýrů.

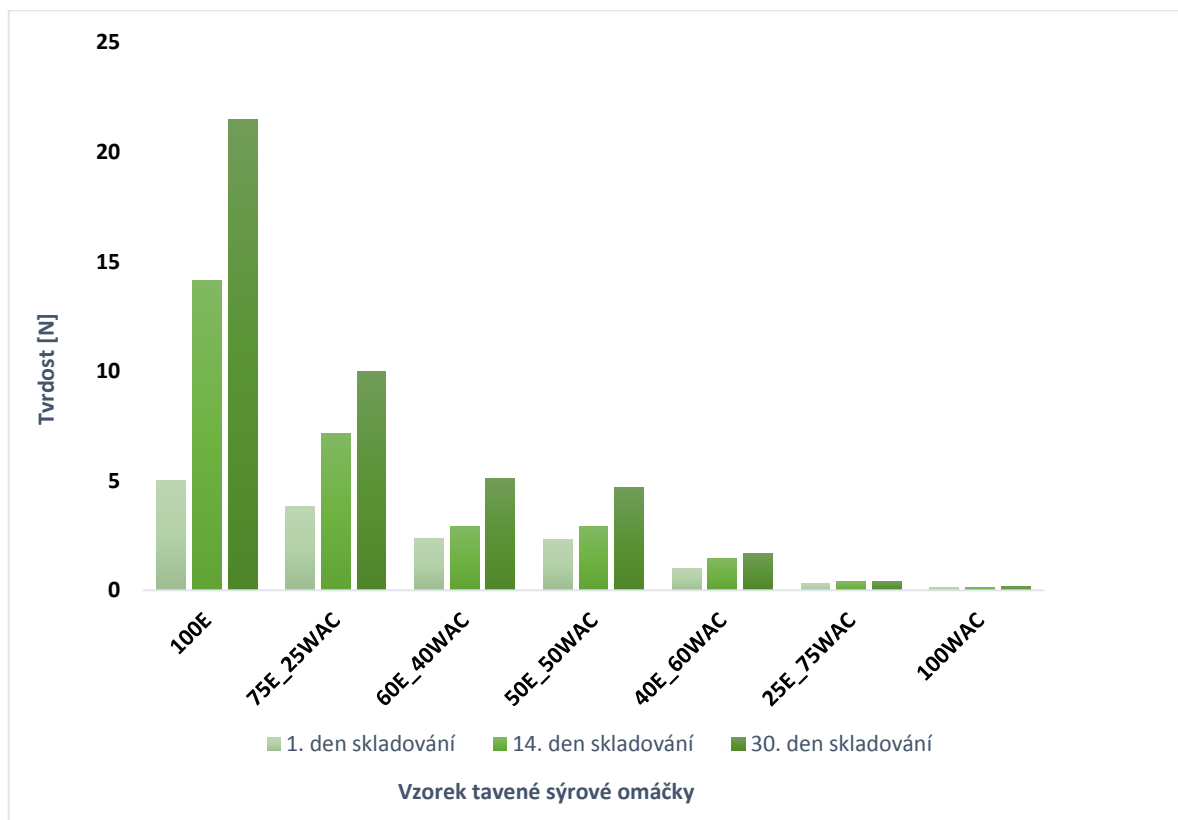
Během zrání přírodních sýrů dochází také k vývoji aroma. Tavené sýry a podobné produkty by tedy pro vyváženou chuť měly obsahovat 15–20 % zralého přírodního sýra. Použití mladého přírodního sýra je ale kvůli nižší ceně ekonomicky výhodnější. Možným řešením je použití enzymově modifikovaných mladých přírodních sýrů (Hickey et al., 2007). Ve studii Hassan et al. (2007) studovali texturní a funkční vlastnosti taveného sýra vyrobeného z mladého Cheddaru se sníženým obsahem tuku, který byl obohacen o kultury produkující exopolyscharid (EPS). Enzymová modifikace Cheddaru byla kvůli zlepšení prázdné chuti mladého sýra. Výsledky texturní analýzy ukázaly nižší hodnotu tvrdosti a žvýkatelnosti modelových vzorků tavených sýrů obsahující EPS. Autoři tento jev vysvětlují rozsáhlejší proteolýzou a nižší hodnotou pH (díky EPS) než u vzorků vyrobených ze stejného přírodního sýra (o stejné zralosti) bez EPS. Autoři došli k závěru, že použitím enzymově modifikovaných přírodních sýrů je docíleno nižší tvrdosti výsledných tavených sýrů (v porovnání použití přírodního sýra o stejné zralosti). Toho lze využít při výrobě tavených sýrů se sníženým obsahem tuku, které jsou jinak kvůli nižšímu obsahu tuku (% w/w) a vyššímu obsahu bílkovin (% w/w) tvrdší než tavené sýry vyrobené ze stejného přírodního sýra bez sníženého obsahu tuku. Použitím enzymově modifikovaných přírodních sýrů lze vyrobit roztíratelné či tekutější tavené sýry se sníženým obsahem tuku. U vzorků s ESP byla dále naměřena nižší hodnota gumovitosti a žvýkatelnosti než u vzorků bez ESP.

Jak již bylo popsáno výše, konzistenci tavených sýrů a podobných produktů, jako jsou tavené sýrové omáčky, ovlivňuje také celkový obsah bílkovin ve složení. Modelové vzorky tavených sýrových omáček byly vyrobeny ze sýra holandského typu, který obsahoval

29 % (w/w) bílkovin a z bílého sýra, který ve svém složení obsahoval pouze 15 % (w/w) bílkovin. Mezi vzorky 100E a 100WAC je tedy 14 % (w/w) rozdíl v obsahu bílkovin. Rozdíl v celkovém obsahu bílkovin v modelových vzorcích mohl být tedy dalším faktorem, který přispěl k vyšší tvrdosti tavených sýrových omáček s vyšším % (w/w) zastoupením Eidamu.

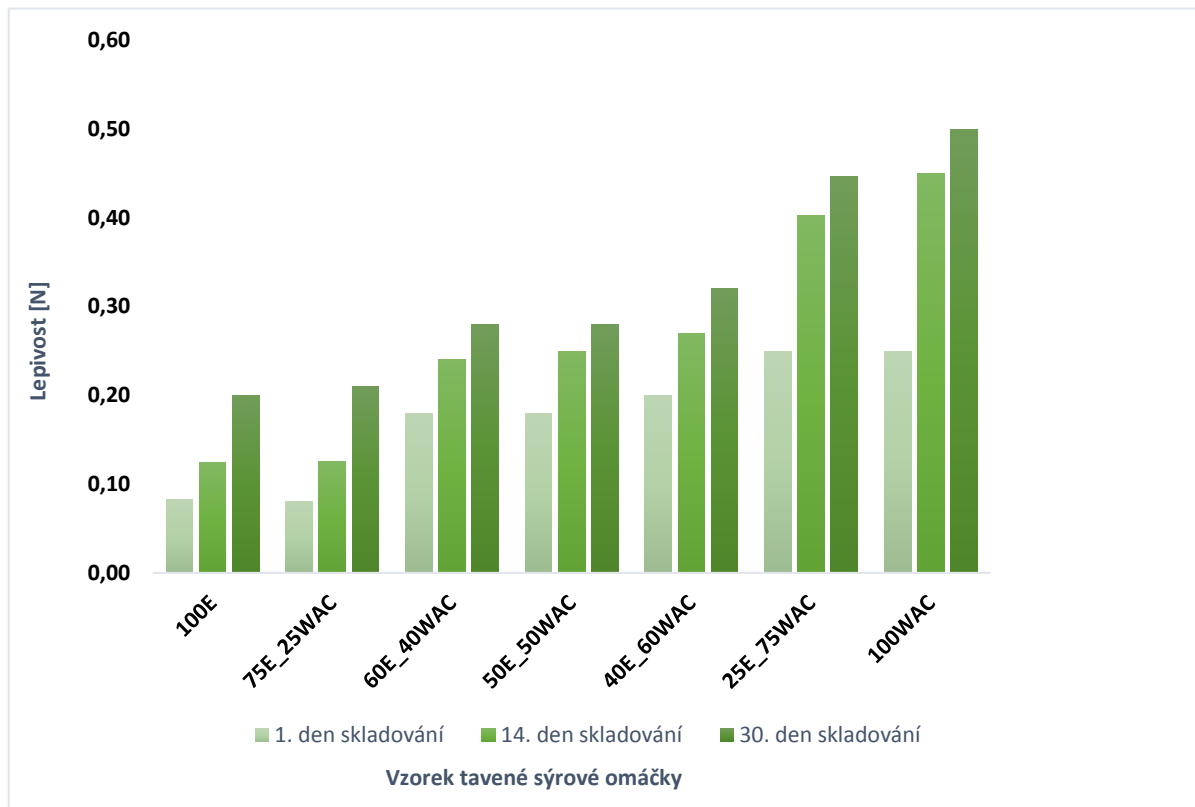
Ve studii Chatziantoniou et al. (2015) byl zkoumán vliv chemického složení na fyzikálně-chemické, texturní a reologické vlastnosti roztíratelných tavených sýrů. Ukázalo se, že obsah bílkovin v surovinové skladbě tavených sýrů je vhodným prediktorem textury výsledného produktu. Modelové vzorky tavených sýrů byly vyrobeny ze syrovátkového sýra Myzithra (vyrábí se ze syrovátky při výrobě sýra Feta). Tvrdost byla měřena stejně jako naše modelové vzorky tavených sýrových omáček pomocí texturní profilové analýzy a naše výsledky se shodují. U modelových vzorků s nejvyšším obsahem bílkovin byla zaznamenána největší tvrdost. Hodnoty tvrdosti klesaly se snižujícím se obsahem bílkovin ve složení vzorků tavených sýrů. Ukázalo se také, že vzorky s vyšším obsahem tuku měly vyšší roztíratelnost.

Guinee a O'Callaghan (2013) zkoumali vliv zvýšení obsahu bílkovin a snížení obsahu tuku v surovinové skladbě tavených sýrů. U vzorků tavených sýrů se zvýšeným obsahem bílkovin došlo ke zvýšení tvrdosti a zároveň ke snížení tekutosti. Raval & Mistry (1999) také potvrzují vyšší hodnotu tvrdosti tavených sýrů u vzorků s vyšším obsahem bílkovin. Ke stejným výsledkům došel i Solowiej (2012), který zkoumal vliv vyššího obsahu bílkovin ve vzorcích analogů tavených sýrů. Vlivem koncentrace bílkovin na vlastnosti tavených sýrů se zabývali i Lee et al. (2015). Autoři potvrzují vyšší hodnotu tvrdosti u vzorků s vyšším obsahem bílkovin. Dále naznačují, že manipulací obsahu tuku a bílkovin ve složení tavených sýrů lze dosáhnout různých texturních vlastností. Tvrďší konzistenci tavených sýrů se zvýšeným obsahem bílkovin k tuku (% w/w), při zachování stejného množství vody, potvrzuje také Guinee (2017). Zvýšením obsahu vody (% w/w) v surovinové skladbě na úkor bílkovin a tuku se naopak dosáhne lépe roztíratelné a více tekuté konzistence tavených sýrů.



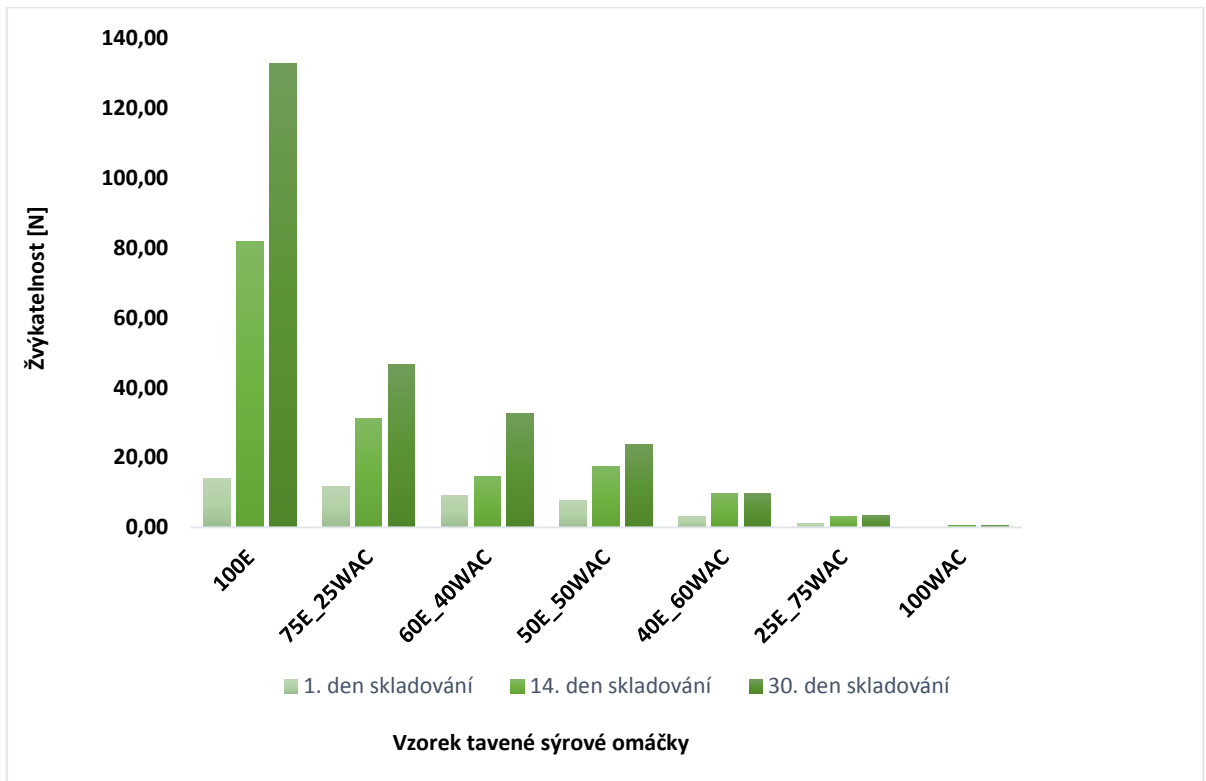
Obrázek 11: Vývoj tvrdosti modelových vzorků tavených sýrových omáček během 30 dnů skladování při teplotě 6 ± 1 °C.

Výsledky lepivosti jsou znázorněny na obrázku č. 12. Se zvyšující se koncentrací bílého sýra zrajícího v solném nálevu o vyšším stupni zralosti (24 týdnů) v surovinové skladbě tavených sýrových omáček se zvyšovaly hodnoty lepivosti. Naše výsledky jsou v souladu s Buňka et al. (2013), kteří zkoumali vliv zralosti přírodního sýra na konzistenci roztíratelných tavených sýrů. Zvýšení lepivosti s delší prozrálostí přírodního sýra autoři vysvětlují zkrácením délky kaseinových frakcí při proteolytických změnách při zrání. Obecně platí, že stupeň přilnavosti se zvyšuje se zvyšující se zralostí přírodního sýra.

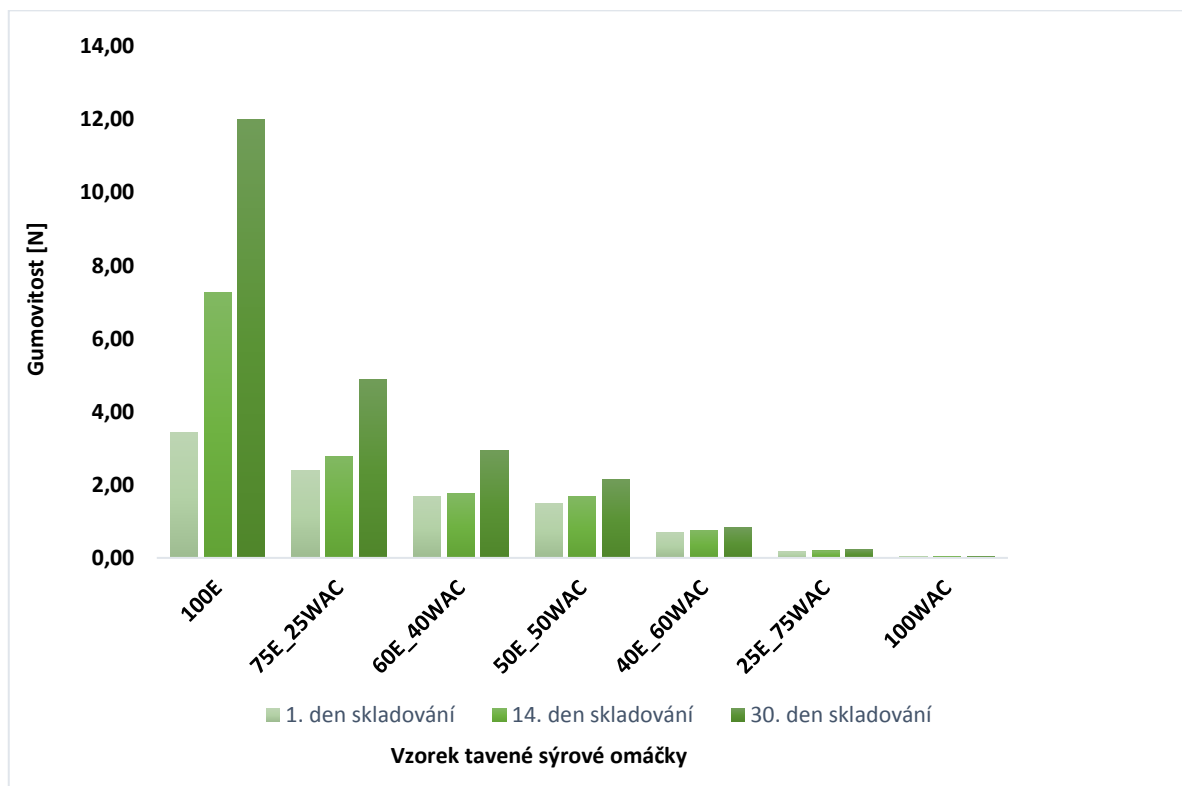


Obrázek 12: Vývoj lepivosti modelových vzorků tavených sýrových omáček během 30 dnů skladování při teplotě 6 ± 1 °C.

Výsledné hodnoty žvýkatelnosti a gumovitosti vzorků jsou graficky znázorněny na obrázku č. 13 a 14. Oba grafy znázorňují trend snižujících se hodnot se snižující se koncentrací (% w/w) Eidamu. Žvýkatelnost je energie potřebná k rozžvýkání výrobku do stavu připraveného k polknutí a gumovitost je energie potřebná k rozpadu výrobku do stavu připraveného k polknutí (Thomareis & Dimitreli, 2022). Nejvyšší hodnoty žvýkatelnosti i gumovitosti byly naměřeny u vzorku 100E. U modelového vzorku 75E_25WAC byla po 30 dnech skladování naměřena hodnota žvýkatelnosti 46,70 N, což je o 64 % méně v porovnání se vzorkem 100E (132,88 N). U ostatních vzorků následoval pomalý pokles hodnot. Stejný trend byl pozorován v hodnotách gumovitosti. U vzorku 100E byla po 30 dnech skladování naměřena hodnota gumovitosti o 59 % nižší v porovnání se vzorkem 75E_25WAC. Se snižujícím se obsahem Eidamu následoval postupný pokles naměřených hodnot gumovitosti.



Obrázek 13: Vývoj žvýkatelnosti modelových vzorků tavených sýrových omáček během 30 dnů skladování při teplotě 6 ± 1 °C.



Obrázek 14: Vývoj gumovitosti modelových vzorků tavených sýrových omáček během 30 dnů skladování při teplotě 6 ± 1 °C.

Nebyly pozorovány velké rozdíly v naměřených hodnotách soudržnosti mezi jednotlivými vzorky tavených sýrových omáček. Naměřené hodnoty soudržnosti se pohybovaly od 0,49 do 0,72 N, přičemž první den bylo rozmezí naměřených výsledků od 0,56 do 0,72 N (viz tabulka č. 4). Dle Černíková et al. (2017) je soudržnost ovlivněna technologickým postupem při tavení. S prodlužující se dobou míchání se zvyšuje soudržnost tavených sýrů. Mechanickým namáháním dochází ke zmenšení velikosti tukových kuliček, které následně narušují proteinovou matici. Dále dochází k další interakci mezi bílkovinami a kaseiny jsou schopny hydratovat více vody. Toto vysvětlení je také v souladu s Bowland a Foegeding, (1999) a Lee et al. (2003). Lze tedy konstatovat, že všechny modelové vzorky tavených sýrových omáček byly vyrobeny stejným technologickým postupem, který neovlivnil změnu soudržnosti mezi jednotlivými šaržemi.

Tabulka 3: *Naměřené hodnoty soudržnosti modelových vzorků tavených sýrových omáček během 30 dnů skladování při teplotě 6 ± 1 °C.*

Vzorek	1. den skladování	14. den skladování	30. den skladování
100E	$0,68 \pm 0,05$	$0,52 \pm 0,03$	$0,56 \pm 0,16$
75E_25WAC	$0,62 \pm 0,17$	$0,56 \pm 0,05$	$0,49 \pm 0,20$
60E_40WAC	$0,72 \pm 0,15$	$0,65 \pm 0,09$	$0,58 \pm 0,13$
50E_50WAC	$0,64 \pm 0,13$	$0,51 \pm 0,09$	$0,55 \pm 0,10$
40E_60WAC	$0,68 \pm 0,23$	$0,58 \pm 0,07$	$0,5 \pm 0,05$
25E_75WAC	$0,56 \pm 0,68$	$0,68 \pm 0,10$	$0,64 \pm 0,03$
100WAC	$0,66 \pm 0,03$	$0,69 \pm 0,15$	$0,65 \pm 0,14$

6.3 Reologická analýza

Reologické analýze byly podrobeny všechny modelové vzorky 1., 14. a 30. den skladování. U každého vzorku proběhlo měření dvakrát a ze získaných hodnot elastického modulu pružnosti (G') a ztrátového modulu pružnosti (G'') byly spočítány průměrné hodnoty. Následně byl vypočítán komplexní modul pružnosti (G^*) a úhel fázového posunu (δ).

Sýry (včetně tavených sýrů a omáček) jsou viskoelastické materiály. Vykazují některé vlastnosti pro pevné látky, tak pro kapaliny. Vztah mezi napětím a deformací závisí na velikosti napětí/deformace a na době trvání deformace. Pokud na sýr působí nízké napětí po krátkou dobu, chová se sýr jako ideální elastická látka. Při delším trvání deformace ale dochází k postupnému narušování konstrukce a případnému roztékání sýrů (Guinee, 2011). Dle Gliguem et al. (2011) jsou viskoelastické vlastnosti tavených sýrů silně závislé na technologických podmínkách zpracování (především délka a teplota tavení) a na teplotě při skladování.

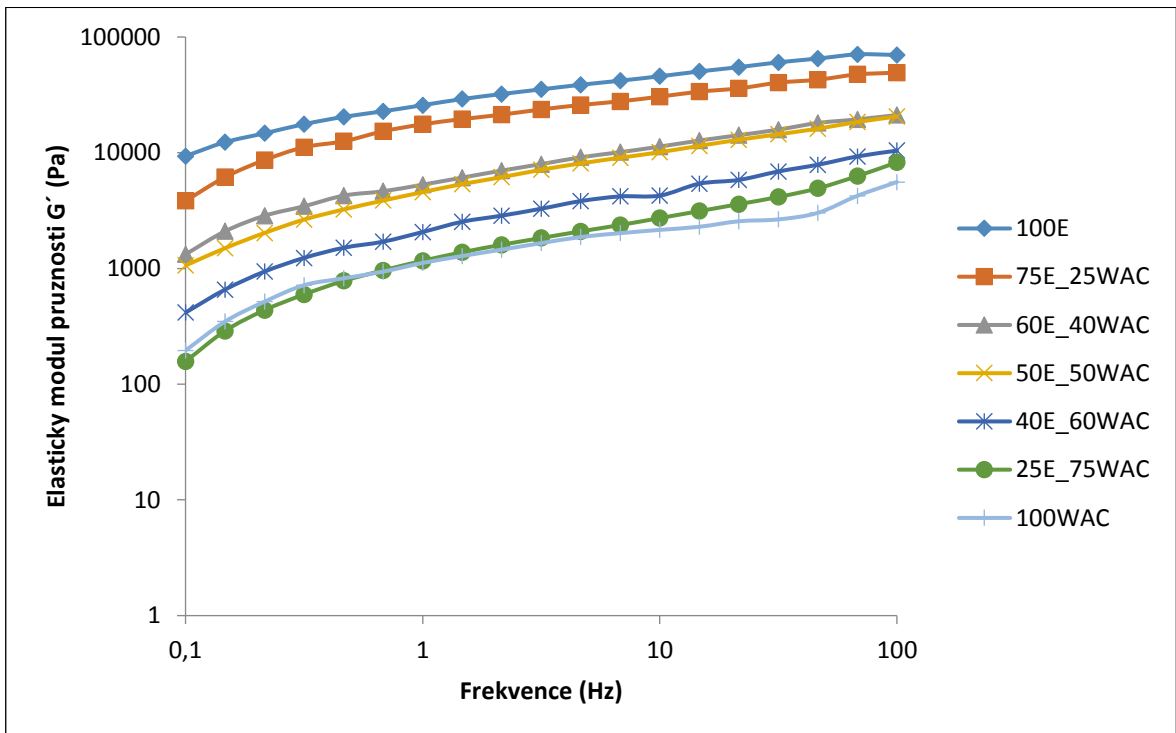
Obrázky č. 15–17 graficky znázorňují naměřené hodnoty elastického modulu pružnosti (G') a obrázky č. 18–20 znázorňují naměřené hodnoty ztrátového modulu pružnosti (G'') v závislosti na frekvenci v průběhu skladování (1., 14. a 30. den).

Z uvedených grafů je zřejmé, že vzorky s vyšším obsahem Eidamu (% w/w) měly vyšší hodnoty G' a G'' v porovnání se vzorky s vyšším obsahem bílého sýra (% w/w). Z grafů lze tedy usoudit, že se vzrůstající koncentrací Eidamu (% w/w) rostla viskozita tavených sýrových omáček. Vyšší viskozita, a tedy i tvrdost u vzorků s vyšším obsahem Eidamu (% w/w), je díky vyššímu obsahu intakního kaseinu, jak je již popsáno v kapitole 6.2. Další příčinou může být vyšší obsah bílkovin u vzorků s vyšším obsahem Eidamu (% w/w). Guinee (2017) potvrzuje zvýšení tvrdosti a pružnosti se zvyšujícím se poměrem bílkovin k tuku. Naopak se zvyšujícím se obsahem tuku se zvyšuje roztíratelnost a tekutost tavených sýrů.

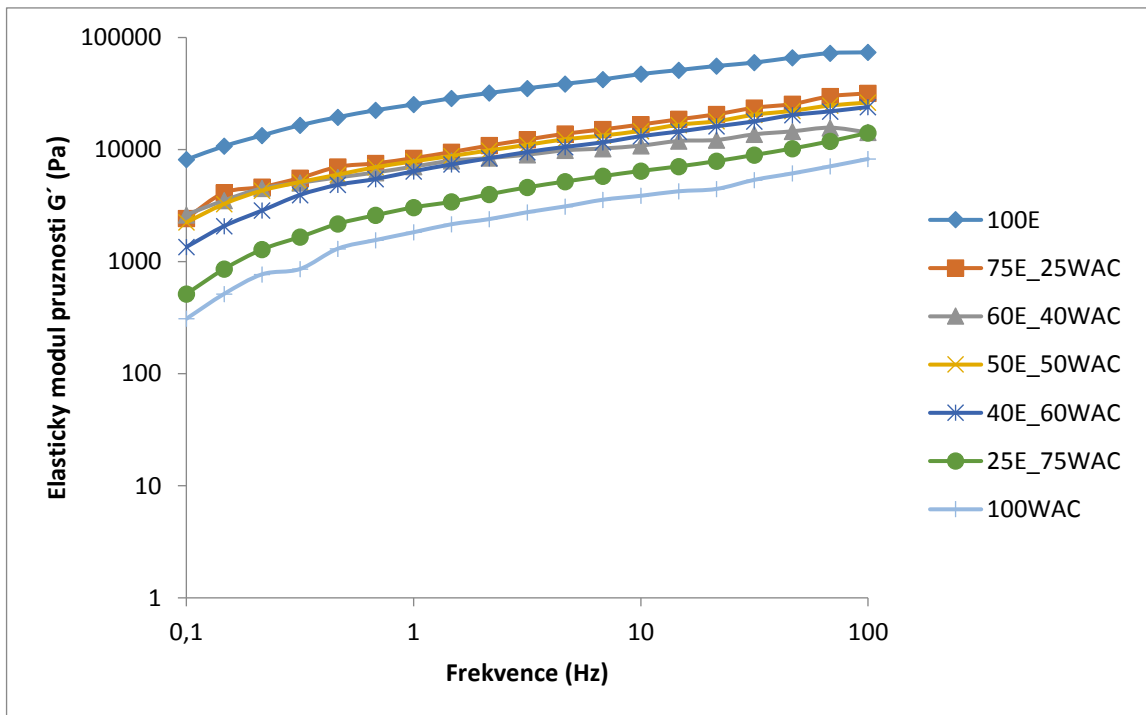
V již zmíněné studii Chatziantoniou et al. (2015) byl dále zkoumán vliv chemického složení surovinové skladby na reologické vlastnosti tavených sýrů. Vzorky s nižším obsahem bílkovin a vyšším zastoupením tuku se chovaly téměř jako newtonské kapaliny. Tento jev autoři vysvětlují absencí husté strukturální (bílkovinné) sítě a vyšší roztíratelností. Vzorky s vyšším obsahem bílkovin (a nižším obsahem tuku) se chovaly jako pseudoplastické kapaliny, což ukazuje přítomnost bílkovinné sítě. Zvýšení viskozity u vzorků s vyšším obsahem bílkovin je vysvětlováno reakcí bílkovina-bílkovina, čímž dochází k agregaci, vytvoření gelové struktury a husté proteinové sítě. Vliv obsahu bílkovin v surovinové skladbě tavených sýrů také potvrzuje Lee et al. (2015). V další studii Solhi et al. (2020) fortifikovali tavený sýr rajčatovým práškem (2 %) pro zvýšení nutriční hodnoty výrobku. Vzorky obsahovaly na úkor rajčatového prášku nižší obsah bílkovin než kontrolní vzorky bez fortifikace. Výsledky reologické analýzy (dynamická oscilační reometrie) potvrzují vyšší hodnotu G' a nižší hodnotu G'' , což znamená, že fortifikované vzorky tavených sýrů vykazovaly spíše elastické chování. Vzorky fortifikované rajčatovým práškem měly méně tvrdou konzistenci než kontrolní vzorky tavených sýrů.

Dále je z uvedených grafů (obrázek č. 15–20) zřejmé, že se zvyšující se frekvencí dochází k nárůstu hodnot G' i G'' , což potvrzují Lee & Klostermeyer (2001).

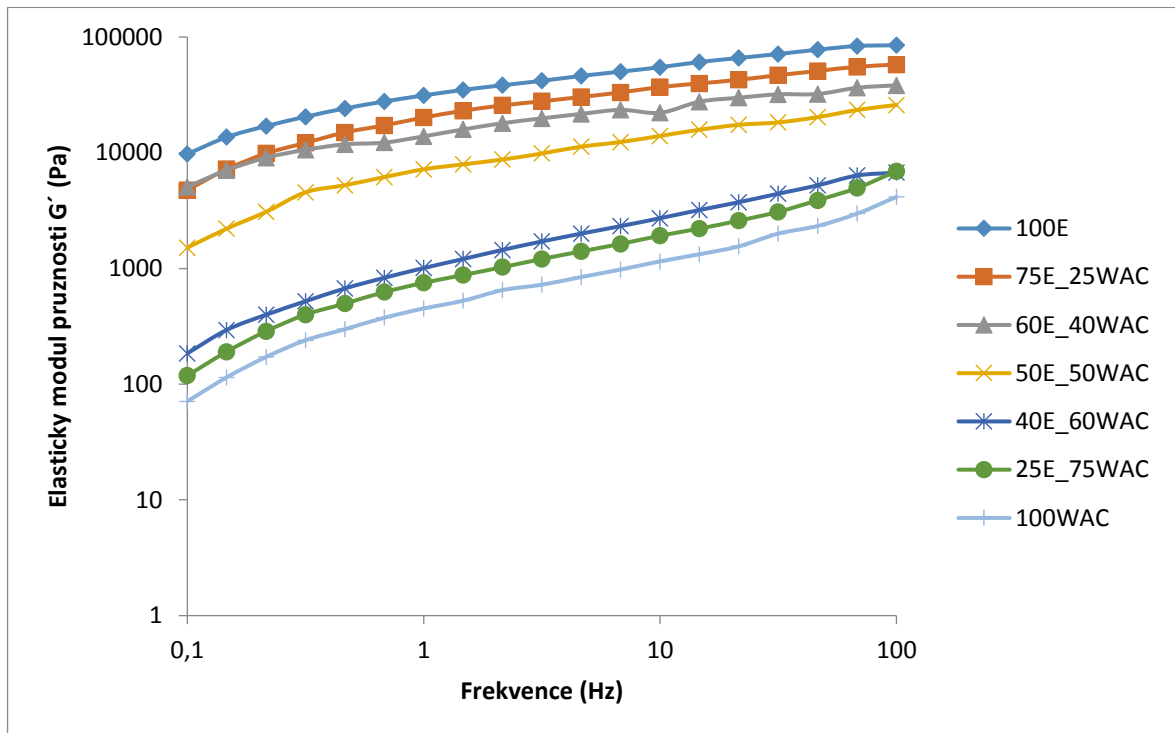
Z grafů (obrázek č. 15–20) lze rovněž vyčíst zvyšující se hodnoty G' a G'' v průběhu skladování. Lze tedy konstatovat, že v průběhu skladování došlo ke zvýšení viskozity u všech vzorků. Nárůst tvrdosti tavených sýrových omáček je v souladu se studií Salek et al. (2015).



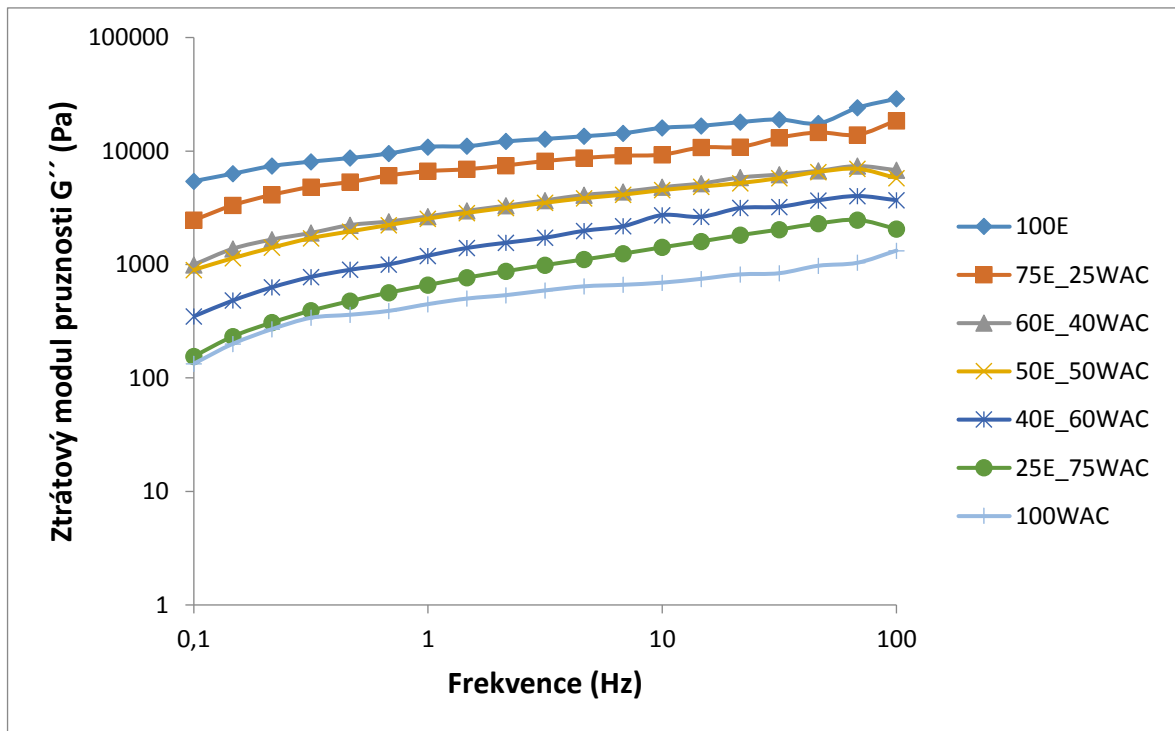
Obrázek 15: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci pro modelové vzorky tavených sýrových omáček 1. den skladování



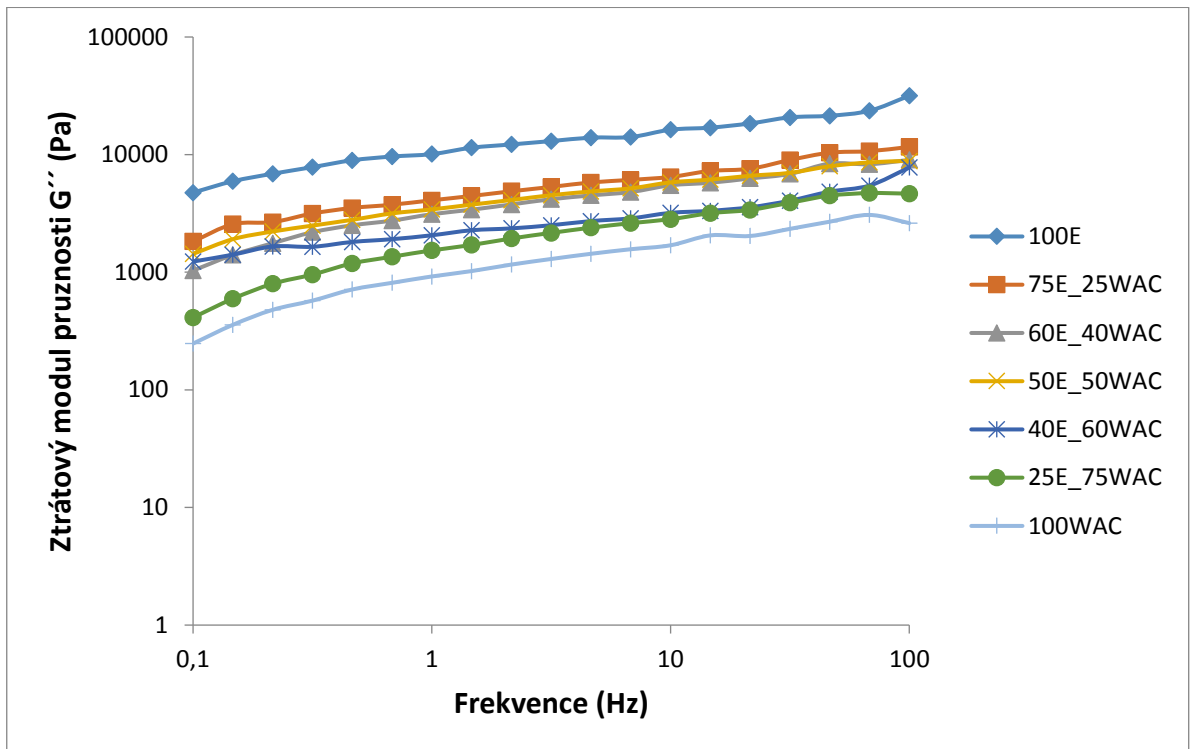
Obrázek 16: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci pro modelové vzorky tavených sýrových omáček 14. den skladování



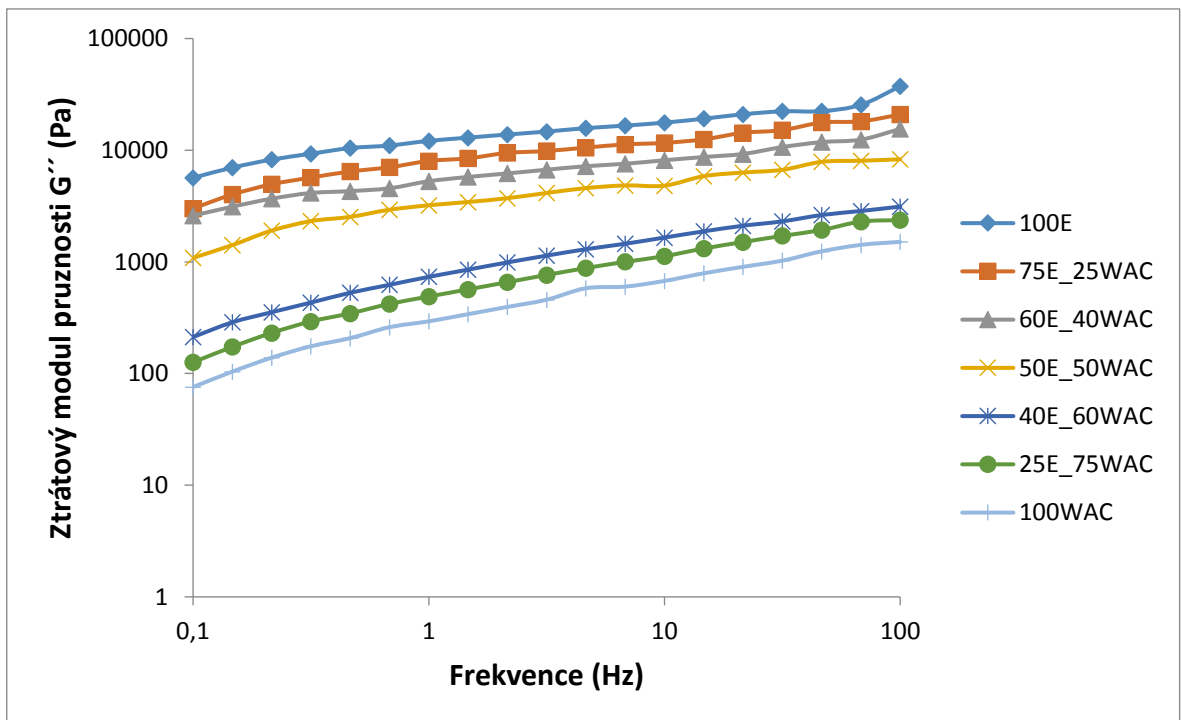
Obrázek 17: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci pro modelové vzorky tavených sýrových omáček 30. den skladování



Obrázek 18: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci pro modelové vzorky tavených sýrových omáček 1. den skladování



Obrázek 19: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci pro modelové vzorky tavených sýrových omáček 14. den skladování



Obrázek 20: Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci pro modelové vzorky tavených sýrových omáček 30. den skladování

V tabulce č. 4–6 jsou pro porovnání jednotlivých vzorků znázorněny hodnoty komplexního modulu pružnosti (G^*) a úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz. Z naměřených dat vyplývá, že modelové vzorky tavených sýrových omáček vykazovaly vyšší hodnoty G' než G'' , tudíž z reologického hlediska vykazují spíše elastické chování. Dle Thomareis & Dimitreli (2022) vykazují viskoelastické materiály, jako jsou tavené sýry a podobné produkty, spíše viskózní chování, jeli úhel fázového posunu ($\tan \delta$) > 1 . Naopak, pokud je úhel $\tan \delta < 1$, vyazuje hodnocený materiál spíše elastické chování. Z naměřených hodnot G' a G'' byl pro modelové vzorky tavených sýrových omáček vypočten úhel fázového posunu ($\tan \delta$). Z tabulek č. 4 – 6 je zřejmé, že úhel $\tan \delta < 1$, z čehož lze usoudit, že všechny vzorky tavených sýrových omáček vykazovaly spíše elastické chování bez ohledu na dobu skladování (1.–30. den). Všechny vyrobené omáčky vykazovaly vlastnosti gelu. Z uvedených tabulek je dále zřejmé, že se zvyšujícím se obsahem bílého sýra (% w/w) mírně narůstá hodnota $\tan \delta$, což se projevilo na tekutější konzistenci modelových vzorků tavených sýrových omáček, což je v souladu se studií Lee & Klostermeyer (2001). Autoři potvrzují vyšší hodnotu G' než G'' při hodnotě pH taveného sýra 5,4, což je v souladu s našimi naměřenými výsledky 30. den skladování (rozmezí naměřeného pH 5,38–5,55).

Z naměřených dat G' a G'' byl u všech modelových vzorků tavených sýrových omáček také vypočítán komplexní modul pružnosti (G^*). Hodnoty G^* jsou pro frekvenci 1 Hz znázorněny v tabulkách č. 4–6. Na obrázku č. 21 je graficky zpracováno porovnání komplexního modulu pružnosti mezi jednotlivými vzorky v průběhu skladování (1. až 30. den). Z grafu je zřejmé, že v průběhu skladování došlo ke zvýšení komplexního modulu pružnosti (G^*) u všech modelových vzorků, což potvrzuje zvýšení tvrdosti všech vzorků v průběhu skladování. Buňka et al. (2008) potvrzují nárůst komplexního modulu pružnosti (G^*) v průběhu skladování taveného sýra vyrobeného ze sýra holandského typu, což potvrzuje zvýšení tvrdosti tavených sýrů v průběhu skladování.

Ve studii Hassan et al., (2007) byla hodnota komplexního modulu pružnosti (G^*) pro vzorek taveného sýra vyrobeného z Cheddaru (zralost jeden měsíc) se sníženým obsahem tuku 62 kPa. Při porovnání s našim modelovým vzorkem 100E vyrobeného z Eidamu (zralost sedm týdnů) je to 56,4 % více. Porovnáním těchto dvou výsledků lze konstatovat, že při použití přírodního sýra o nižší zralosti je dosaženo tvrdší konzistence tavených sýrů a podobných produktů. Dále lze konstatovat, že tvrdost výsledného taveného sýra byla

podpořena použitím Cheddaru o nižším obsahu tuku (% w/w) a vyššímu obsahu (% w/w) bílkovin.

Tabulka 4: Hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* a tangentu úhlu fázového posunu při frekvenci 1 Hz u tavených sýrových omáček 1. den skladování.

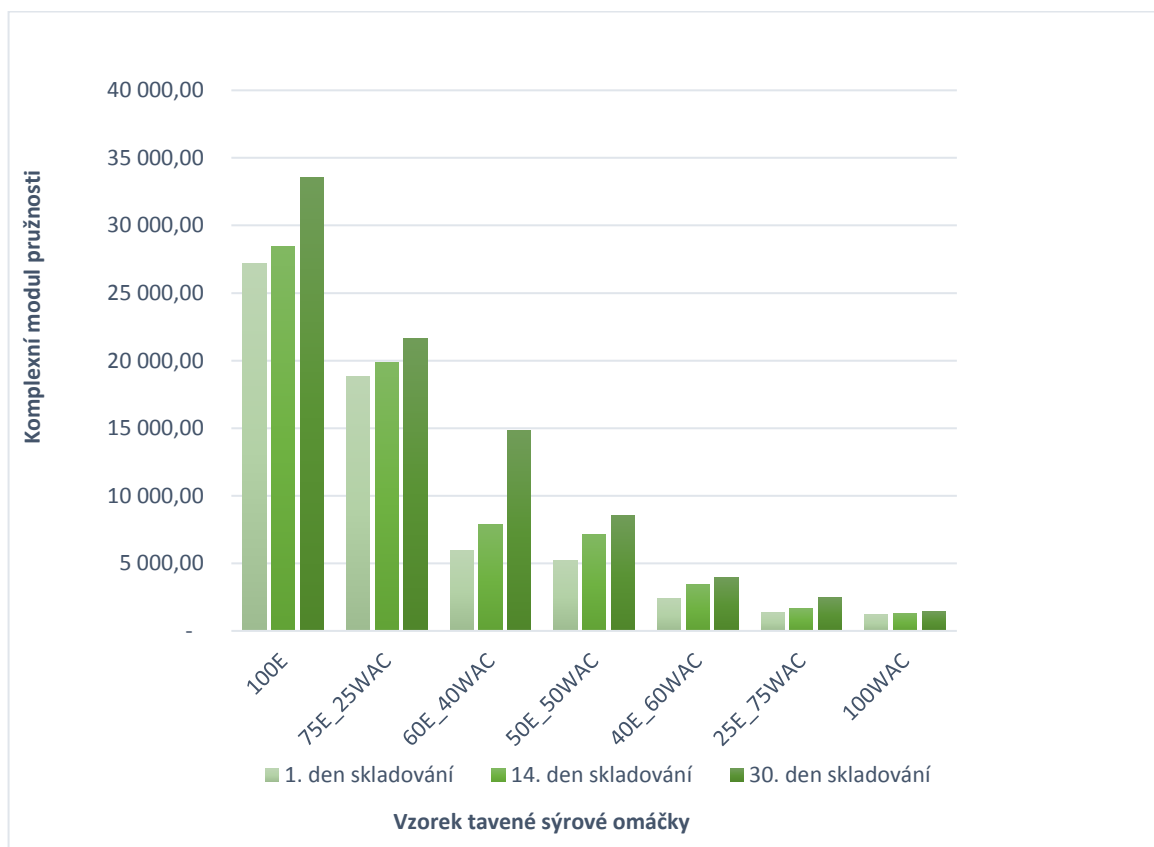
Vzorek	G^* [Pa]	$\tan \delta$ [-]
100E	27 216,25	0,39
75E_25WAC	18 821,16	0,40
60E_40WAC	5 925,31	0,38
50E_50WAC	5 222,28	0,45
40E_60WAC	2 385,49	0,73
25E_75WAC	1 338,78	0,75
100WAC	1 202,49	0,78

Tabulka 5: Hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* a tangentu úhlu fázového posunu při frekvenci 1 Hz u tavených sýrových omáček 14. den skladování.

Vzorek	G^* [Pa]	$\tan \delta$ [-]
100E	28 456,82	0,40
75E_25WAC	19 852,36	0,49
60E_40WAC	7 879,20	0,44
50E_50WAC	7 124,96	0,44
40E_60WAC	3 413,55	0,60
25E_75WAC	1 658,25	0,60
100WAC	1 324,56	0,59

Tabulka 6: Hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* a tangenty úhlu fázového posunu při frekvenci 1 Hz u tavených sýrových omáček 30. den skladování.

Vzorek	G^* [Pa]	$\tan \delta$ [-]
100E	33 534,63	0,42
75E_25WAC	21 673,07	0,38
60E_40WAC	14 822,44	0,50
50E_50WAC	8 565,33	0,56
40E_60WAC	3 986,25	0,58
25E_75WAC	2 456,26	0,57
100WAC	1 452,23	0,58



Obrázek 21: Vývoj komplexního modulu pružnosti (G^*) tavených sýrových omáček při frekvenci 1 Hz v průběhu skladování (1., 14. a 30. den)

Výsledky reologické analýzy potvrzují zvýšení tvrdosti všech modelových vzorků tavených sýrových omáček se zvyšující koncentrací (% w/w) Eidamu, a také zvyšující se tvrdost v průběhu skladování, což je v souladu s výsledky z texturní profilové analýzy (viz kapitola 6.2).

6.4 Senzorická analýza

Výsledky ze sensorického hodnocení jsou uvedeny v tabulce č. 7. Nejlepší chuť byla hodnocena u vzorku 100E. Tavená sýrová omáčka vyrobená pouze z Eidamu (100E), měla nejlepší chuť, vůni a jemnou slanost. Kladně byl hodnocen i vzhled, barva a lesk, ale za konzistenci obdržela hodnocení 7 – tvrdá. Tento vzorek měl tvrdou a gumovitou konzistenci připomínající spíše tavený sýr, nikoli tavenou sýrovou omáčku. Nejlepší konzistence byla u modelového vzorku 25E_75WAC. Tento vzorek měl díky optimálnímu zastoupení sýra holandského typu a bílého sýra tekutou konzistenci odpovídající výrobku tavená sýrová omáčka. U tohoto vzorku byla ale negativně hodnocena slanost. Konzistence byla kladně hodnocena i u vzorku 40E_60WAC a 50E_50WAC, ale jejich viskozita byla i něco vyšší než u vzorku 25E_75WAC. Tavená sýrová omáčka vyrobená pouze z Balkánského sýra měla viskozitu nízkou, ale její konzistence byla příliš tekutá až vodová. U tohoto vzorku (100WAC) byla negativně hodnocena slanost pocházející z bílého sýra zrajícího v solném nálevu. Z tabulky č. 8 je zřejmé, že se zvyšujícím se obsahem zastoupení bílého sýra se zvyšoval obsah soli, a tedy i horší hodnocení hodnotitelů.

Dle Buňka et al. (2008) vzniká nažloutlá barva tavených sýrů převážně po sterilaci (Maillardovi reakce) vlivem degradace produktu. Naše vzorky byly ošetřeny pouze pasteračním zákrokem a jejich barva tak nebyla ovlivněna. Žluté zbarvení je také důsledkem skladování při vyšší teplotě (nad 23 °C). Všechny modelové vzorky tavených sýrových omáček měly bílou barvu. Vzhled, barva a lesk byly u všech vzorků hodnoceny kladně, přičemž u vzorků 40E_60WAC, 25E_60WAC a 100WAC byl lesk trochu menší. Celkově byly nejlépe hodnoceny (hodnocení – 2) vzorky 75E_25WAC a 60E_40WAC hlavně díky vyvážené chuti a vzorek 25E_75WAC díky nejlepší konzistenci připomínající tavenou sýrovou omáčku.

Tabulka 7: Výsledek sensorického hodnocení tavených sýrových omáček

Hodnotící atribut	Chuť a vůně	Konzistence	Slanost	Vzhled a barva	Lesk	Celkový dojem
100E	1	7	1	1	1	3
75E_25WAC	2	4	2	1	1	2
60E_40WAC	2	3	3	1	1	2
50E_50WAC	3	2	4	1	1	3
40E_60WAC	3	2	5	2	2	3
25E_75WAC	4	1	5	2	2	2
100WAC	6	2	6	2	2	4

ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na sledování vlivu směsi bílého sýra a sýra holandského typu na konzistenci tavených sýrových omáček o obsahu sušiny 40 % (w/w) a tuku v sušině 50 % (w/w) v průběhu 30 denního skladování. Modelové vzorky tavených sýrových omáček byly podrobeny základní chemické analýze (sušina, pH), texturní profilové analýze, reologickému měření a senzorické analýze.

Z vyhodnocených dat lze vyvodit následující závěry:

- Množství Eidamu či bílého sýra zrajícího v solném nálevu (% w/w) neovlivnilo konečný obsah sušiny tavených sýrových omáček, která se pohybovala od 35,45 % do 36,15 %, což umožnilo vyhodnocení dalších analýz.
- Hodnota pH všech modelových vzorků klesala v průběhu skladování. Tavené sýrové omáčky s vyšším obsahem bílého sýra zrajícího v solném nálevu (% w/w) měly po 30 dnech skladování nepatrně nižší pH (5,39–5,40) v porovnání se vzorky s vyšším obsahem Eidamu (pH 5,52–5,55), což bylo zapříčiněno původním pH přírodního sýra (bílé sýry mají nižší pH než holandské sýry).
- Tvrdost všech modelových vzorků klesala v průběhu skladování, což lze odůvodnit odpařením části vody, hydrolyze fosfátových solí či vlivem použití směsi tavících solí (39 % Na_2HPO_4 , 17 % NaH_2PO_4 , 22 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ a 22 % POLY 68) a jejich vzájemným interakcím.
- Tvrdost vzorků tavených sýrových omáček byla nejvíce ovlivněna použitým druhem přírodního sýra. Tvrdost vzorků stoupala se zvyšujícím se obsahem Eidamu (% w/w) ve složení vzorku, což lze odůvodnit vyšším obsahem intaktního kaseinu, jehož obsah s vyšší zralostí přírodního sýra rapidně klesá. Obsah intaktního kaseinu v surovinové skladbě má zásadní vliv na konzistenci tavených sýrových omáček.
- Lze konstatovat, že vliv na tvrdost vzorků s vyšším obsahem Eidamu (% w/w) měl i celkový obsah bílkovin, který byl v Eidamu 29 % (w/w) a v bílém sýru zrajícím v solném nálevu pouze 15 % (w/w).

- Lepivost vzorků rostla se zvyšujícím se obsahem bílého sýra zrajícím v solném nálevu (% w/w), což lze odůvodnit vyšším obsahem zralejšího přírodního sýra. Se zvyšující se zralostí stoupá hodnota lepivosti.
- Hodnota žvýkatelnosti a gumovitosti se zvyšovala se zvyšujícím se obsahem Eidamu (% w/w), zároveň se obě hodnoty zvyšovaly se zvyšující se dobou skladování.
- V průběhu skladování došlo ke zvýšení hodnoty elastického modulu pružnosti (G') i ztrátového modulu pružnosti (G'') u všech modelových vzorků, což lze odůvodnit zvyšující se viskozitou všech vzorků v průběhu skladování.
- Se zvyšujícím se obsahem (% w/w) méně zralého přírodního sýra (Eidam) byly naměřeny vyšší hodnoty G' i G'' , což lze odůvodnit vyšším obsahem intaktního kaseinu v Eidamu.
- Úhel fázového posunu $\tan \delta$ byl u všech vzorků < 1 , což se projevuje na elastickém chování vzorků. U všech vzorků byla navíc naměřena vyšší hodnota G' než G'' , což dále potvrzuje spíše elastické nežli viskózní chování všech modelových vzorků.
- Hodnoty komplexního modulu pružnosti (G^*) potvrzují vyšší tvrdost vzorků s vyšším obsahem Eidamu (% w/w). Výsledky reologické analýzy jsou v souladu s texturní profilovou analýzou. Se zvyšujícím se obsahem Eidamu (% w/w) byla vyšší tvrdost modelových vzorků tavených sýrových omáček.

Z vyhodnocených dat této diplomové práce lze s jistotou tvrdit, že konzistenci tavených sýrových omáček lze ovlivnit druhem použitého přírodního sýra a jeho zralostí. Se zvyšující se zralostí přírodního sýra lze díky nižšímu obsahu intaktního kaseinu dosáhnout tekutější konzistence tavených sýrových omáček. Pro reálnou aplikaci tavené sýrové omáčky do praxe bych doporučila směs Eidamu (25 % w/w) a bílého sýra zrajícího v solném nálevu (75 % w/w). Vzorek 25E_75WAC měl dle naměřených dat nejlepší konzistenci. Vzhledem k vysokému obsahu soli byla v senzorické analýze negativně hodnocena slanost a chuť, a proto bych doporučila použít bílý sýr zrající v solném nálevu s nižším obsahem soli.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Abdou M., Sania & Gamal, Dalia & Elalfy, Mohamed & Shenana, Mohamed. (2018). *The use of retentate casein and acid casein curds in the manufacture of low cost imitation processed cheese sauces*. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/330497902> The use of retentate casein and acid casein curds in the manufacture of low cost imitation processed cheese sauces
- Anonym, 2002. Experts from The Mayo Clinic Experts from UCLA Center for Human Nutrition Experts from Dole Food Company. (2002). *Encyclopedia of Foods - A Guide to Healthy Nutrition*. Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpEFAGHN0D/encyclopedia-foods-guide/encyclopedia-foods-guide>
- Anonym, 2020. *Spotřeba potravin - 2020: Spotřeba potravin, nápojů a cigaret na 1 obyvatele v ČR v letech 2011 - 2020*. Český statistický úřad [online]. 30.11.2021 [cit. 2022-03-26]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin>
- Anonym, 2021. *Projected market value of processed cheese worldwide from 2020 to 2029 (in billion U.S. dollars)*. Statista. Statista Inc.. Accessed: February 28, 2022. <https://www-statista-com.proxy.k.utb.cz/statistics/827325/global-processed-cheese-market-revenue/>
- Apostolos S. Thomareis, Georgia Dimitreli, Chapter 12 - *Techniques used for processed cheese characterization*, Editor(s): Mamdouh El-Bakry, Bhavbhuti M. Mehta, *Processed Cheese Science and Technology*, Woodhead Publishing, 2022, Pages 295-349, ISBN 9780128214459, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821445-9.00007-8>
- Awad R.A., L.B. Abdel-Hamid, S.A. El-Shabrawy, R.K. Singh, *Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures*, *LWT - Food Science and Technology*, Volume 35, Issue 1, 2002, Pages 54-61, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0828>.

- Awad, R. & Salama, Wafaa & Farahat, Azza. (2014). *Effect of lupine as cheese base substitution on technological and nutritional properties of processed cheese analogue*. Acta scientiarum polonorum. Technologia alimentaria. 13. 55-64. 10.17306/J.AFS.2014.1.5.
- Boer, Ruud de. (2014). *From Milk By-Products to Milk Ingredients - Upgrading the Cycle*. John Wiley & Sons. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpFMBPMIU2/from-milk-by-products/from-milk-by-products>
- Bowland E.L., E.A. Foegeding, *Factors Determining Large-Strain (Fracture) Rheological Properties of Model Processed Cheese*, Journal of Dairy Science, Volume 82, Issue 9, 1999, Pages 1851-1859, ISSN 0022-0302, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75418-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75418-4)
- Bubelová, Zuzana & Tremlová, Bohuslava & Buňková, Leona & Pospiech, Matej & Vitova, Eva & Buňka, František. (2014). The effect of long-term storage on the quality of sterilized processed cheese. Journal of Food Science and Technology. 52. 10.1007/s13197-014-1530-4.
- Buňka František, Lucie Doudová, Eva Weiserová, Dalibor Kuchař, Petr Ponížil, Dominika Začalová, Gabriela Nagyová, Vendula Pachlová, Jaroslav Michálek, *The effect of ternary emulsifying salt composition and cheese maturity on the textural properties of processed cheese*, International Dairy Journal, Volume 29, Issue 1, 2013, Pages 1-7, ISSN 0958-6946, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.09.006>
- BUŇKA, František, Jiří ŠTĚTINA a Jan HRABĚ. *The effect of storage temperature and time on the consistency and color of sterilized processed cheese*. *European Food Research* [online]. 2008, 228(2), 223-229 [cit. 2022-04-12]. ISSN 14382377. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-008-0926-7
- CORREDIG M., *Dairy-Derived Ingredients: Food and Nutraceutical Uses*. 2009. ISBN 9781845694654. Dostupné také z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsebk&an=689287&scope=site>

- Černíková Michaela, Jana Nebesářová, Richardos Nikolaos Salek, Lada Řiháčková, František Buňka, *Microstructure and textural and viscoelastic properties of model processed cheese with different dry matter and fat in dry matter content*, Journal of Dairy Science, Volume 100, Issue 6, 2017, Pages 4300-4307, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12120>
- Černíková Michaela, Richardos Nikolaos Salek, Dana Kozáčková, Hana Běhalová, Ludmila Luňáková, František Buňka, *The effect of selected processing parameters on viscoelastic properties of model processed cheese spreads*, International Dairy Journal, Volume 66, 2017, Pages 84-90, ISSN 0958-6946, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.11.007>.
- ČESKO. ČSN EN ISO 5534:2005 (571003), Sýry a tavené sýry – *Stanovení obsahu celkové sušiny* (Referenční metoda). Praha: Český normalizační institut. Dostupné z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-en-iso-5534-571003-210472.html#>
- ČESKO. Vyhláška č. 274/2019 Sb., vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 20. 2. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2019-274>
- Desouky, Marwa & Salama, Heba & El-Sayed, Samah. (2019). *The effects of camel milk powder on the stability and quality properties of processed cheese sauce*. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. 18. 349-359. 10.17306/J.AFS.0645.
- El-Bakry Mamdouh, Bhavbhuti M. Mehta, *Chapter 1 - Overview of processed cheese and its products*, Editor(s): Mamdouh El-Bakry, Bhavbhuti M. Mehta, Processed Cheese Science and Technology, Woodhead Publishing, 2022, Pages 1-28, ISBN 9780128214459, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821445-9.00006-6>
- El-Neshawy A.A., S.M. Farahat, H.A. Wahbah, *Production of processed cheese food enriched with vegetable and whey proteins*, Food Chemistry, Volume 28, Issue 4, 1988, Pages 245-255, ISSN 0308-8146, [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(88\)90100-8](https://doi.org/10.1016/0308-8146(88)90100-8)

- FOX, P. F., ed. *Cheese: chemistry, physics, and microbiology. Volume 2*, Major cheese groups. 3rd ed. San Diego: Academic, 2004, xi, 434, [16] s. vlož. příl. ISBN 0122636538. Dostupné také z: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpCCPME001/cheese-chemistry-physics>
- Fox, Patrick & Guinee, Tim & Cogan, Timothy & McSweeney, Paul. *Fundamentals of Cheese Science*. 2017. ISBN 9781489976796. Dostupné také z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsebk&an=1174451&scope=site>
- Fox, Patrick, Guinee, Timothy, *Overview of cheese*, Editor(s): Paul L.H. McSweeney, John P. McNamara, *Encyclopedia of Dairy Sciences (Third Edition)*, Academic Press, 2022, Pages 250-261, ISBN 9780128187678, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00093-3>
- Gamay, A.Y., C. Gammons and E.B. Smith, 2011. Low-cost, shelf-stable cheese sauce. United States Patent Application Publication 0045145 A1. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US20090186129A1/en>
- Giri, Apurba & Kanawjia, Suresh & Khetra, Yogesh. (2014). *Textural and Melting Properties of Processed Cheese Spread as Affected by Incorporation of Different Inulin Levels*. Food and Bioprocess Technology. 7. 10.1007/s11947-013-1235-0. https://www.researchgate.net/publication/261222461_Textural_and_Melting_Properties_of_Processed_Cheese_Spread_as_Affected_by_Incorporation_of_Different_Inulin_Levels
- Gliguem Hela, Dorra Ghorbel, Christelle Lopez, Camille Michon, Michel Ollivon a Pierre Lesieur, *Crystallization and Polymorphism of Triacylglycerols Contribute to the Rheological Properties of Processed Cheese*, Journal of Agricultural and Food Chemistry **2009** 57 (8), 3195-3203 DOI: 10.1021/jf802956b
- Gouda A., A. Abou El-Nour, *CHEESES / Processed Cheese*, Editor(s): Benjamin Caballero, *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second Edition), Academic Press, 2003, Pages 1108-1115, ISBN 9780122270550, <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00204-2>

- Guinee T.P., D.J. O'Callaghan, *Effect of increasing the protein-to-fat ratio and reducing fat content on the chemical and physical properties of processed cheese product*, Journal of Dairy Science, Volume 96, Issue 11, 2013, Pages 6830-6839, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6685>.
- Guinee T.P., Cheese | Cheese Rheology, Editor(s): John W. Fuquay, Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition), Academic Press, 2011, Pages 685-697, ISBN 9780123744074, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00082-0>.
- Guinee Timothy P., Chapter 46 - *Pasteurized Processed and Imitation Cheese Products*, Editor(s): Paul L.H. McSweeney, Patrick F. Fox, Paul D. Cotter, David W. Everett, *Cheese: chemistry, physics, and microbiology* (Fourth Edition), Academic Press, 2017, Pages 1133-1184, ISBN 9780124170124, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00046-6>
- Guinee Timothy P., *Pasteurized Processed Cheese Products*, Editor(s): Paul L.H. McSweeney, John P. McNamara, *Encyclopedia of Dairy Sciences* (Third Edition), Academic Press, 2022, Pages 281-290, ISBN 9780128187678, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00097-0>
- Gunasekaran, Sundaram Ak, M. Mehmet. (2002). *Cheese Rheology and Texture*. CRC Press. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpCRT00011/cheese-rheology-texture/cheese-rheology-texture>
- Hassan A.N., S. Awad, V.V. Mistry, *Reduced Fat Process Cheese Made from Young Reduced Fat Cheddar Cheese Manufactured with Exopolysaccharide-Producing Cultures1*, Journal of Dairy Science, Volume 90, Issue 8, 2007, Pages 3604-3612, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0141>.
- Hassan, Z. & Awad, R. & *, LAILA & EL-MAHDI, SUHILA. (2015). *THE USE OF FOOD STABILIZERS IN MANUFACTURE OF CHEESE SAUCES*. J. Biol. Chem. Environ. Sci., 2015, Vol. 9(1): 357-372. 9. 357-372. https://www.researchgate.net/publication/319913908_THE_USE_OF_FOOD_STABILIZERS_IN_MANUFACTURE_OF_CHEESE_SAUCES

- Hela Gliguem, Christelle Lopez, Camille Michon, Pierre Lesieur, and Michel Ollivon, *The Viscoelastic Properties of Processed Cheeses Depend on Their Thermal History and Fat Polymorphism*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2011** 59 (7), 3125-3134
DOI: 10.1021/jf103641f
- HICKEY, D.K, K.N. KILCAWLEY, T.P. BERESFORD, E.M. SHEEHAN a M.G. WILKINSON. Starter strain related effects on the biochemical and sensory properties of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Research* [online]. 2007, **74**(1), 9-17 [cit. 2022-04-13]. ISSN 00220299. Dostupné z: doi:10.1017/S0022029906002032
- CHATZIANTONIOU, Soumela E., Apostolos S. THOMAREIS a Michael G. KONTOMINAS. *Effect of chemical composition on physico-chemical, rheological and sensory properties of spreadable processed whey cheese*. *European Food Research and Technology: Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung A* [online]. 2015, 241(6), 737-748 [cit. 2022-04-09]. ISSN 14382377. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-015-2499-6
- Kapoor, R. and Metzger, L.E. (2008), *Process Cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7: 194-214. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x>
- Kilcast, David Angus, Fiona. (2007). *Reducing Salt in Foods - Practical Strategies*. Woodhead Publishing. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpRSFPS001/reducing-salt-in-foods/reducing-salt-in-foods>
- Kim Jun Ho, O-Jun Kwon, Nag-Jin Choi, Se Jong Oh, Ha-Yeon Jeong, Man-Kang Song, Inhye Jeong, and Young Jun Kim, *Variations in Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content of Processed Cheese by Lactation Time, Feeding Regimen, and Ripening* *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2009, 57 (8), 3235-3239, <https://pubs-acsc-org.proxy.k.utb.cz/doi/10.1021/jf803838u>

- Lazárková Zuzana, Tomáš Šopík, Jaroslav Talár, Khatantuul Purevdorj, Richardos Nikolaos Salek, Leona Buňková, Michaela Černíková, Martin Novotný, Vendula Pachlová, Irena Němečková, František Buňka, *Quality evaluation of white brined cheese stored in cans as affected by the storage temperature and time*, International Dairy Journal, Volume 121, 2021, 105105, ISSN 0958-6946, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105105>
- Lee S.K., H. Klostermeyer, *The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads*, LWT - Food Science and Technology, Volume 34, Issue 5, 2001, Pages 288-292, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0761>.
- Lee Siew Kim, Henning Klostermeyer, Skelte G. Anema, *Effect of fat and protein-in-water concentrations on the properties of model processed cheese*, International Dairy Journal, Volume 50, 2015, Pages 15-23, ISSN 0958-6946, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.06.001>
- Lei Li, Rakesh K. Singh, Jun Ho Lee, *Process conditions influence on characteristics of holding tube fouling due to cheese sauce*, LWT - Food Science and Technology, Volume 37, Issue 5, 2004, Pages 565-572, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.01.002>
- Luana Garbin Cardoso, Ivan José Bordignon Junior, Raissa Vieira da Silva, Juliane Mossmann, Christian Oliveira Reinehr, Vandrê Barbosa Brião, Luciane Maria Colla, *Processed cheese with inulin and microencapsulated chia oil (Salvia hispanica)*, Food Bioscience, Volume 37, 2020, 100731, ISSN 2212-4292, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100731>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429220310695>
- Luna Pilar, Miguel Angel de la Fuente, and Manuela Juárez, *Conjugated Linoleic Acid in Processed Cheeses during the Manufacturing Stages*, J. Agric. Food Chem. 2005, 53, 7, 2690–2695, Publication Date: March 12, 2005 <https://doi-org.proxy.k.utb.cz/10.1021/jf048091x>
- Miočinović Jelena, Miloradović Zorana, *Chapter 5 - Flavors, colors, and preservatives used in processed cheese*, Editor(s): Mamdouh El-Bakry, Bhavbhuti M. Mehta, *Processed Cheese Science and Technology*, Woodhead Publishing, 2022, Pages 125-147, ISBN 9780128214459, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821445-9.00014-5>

- Nagyová G., F. Buňka, R.N. Salek, M. Černíková, P. Mančík, T. Grüber, D. Kuchař, *Use of sodium polyphosphates with different linear lengths in the production of spreadable processed cheese*, Journal of Dairy Science, Volume 97, Issue 1, 2014, Pages 111-122, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7210>.
- Ozturk Mustafa, Meral Kilic-Akyilmaz, *Chapter 8 - Manufacture of processed cheese: Equipments used*, Editor(s): Mamdouh El-Bakry, Bhavbhuti M. Mehta, *Processed Cheese Science and Technology*, Woodhead Publishing, 2022, Pages 197-210, ISBN 9780128214459, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821445-9.00015-7>
- Piska Ivo, 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, Volume 61, Issue 4, 2004, Pages 551-555, ISSN 0260-8774, [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00217-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00217-6)
- Pszczola, D.E., 2000. *Less-traditional soups and sauces would meet Warhol's approval*. *Food Technol.*, 54: 74-90. Dostupné z: <https://bit.ly/3Nm3c5M>
- Ramesh Chandan, C. Kilara, Arun Shah, Nagendra P.. (2016). *Dairy Processing and Quality Assurance (2nd Edition) - 12. Cheese*. John Wiley & Sons. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011NBTS6/dairy-processing-quality/dairy-processed-cheese-2>
- Raval D.M., V.V. Mistry, *Application of Ultrafiltered Sweet Buttermilk in the Manufacture of Reduced Fat Process Cheese I*, Journal of Dairy Science, Volume 82, Issue 11, 1999, Pages 2334-2343, ISSN 0022-0302, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75483-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75483-4).
- Robinson, Richard K.. (2000). *Encyclopedia of Food Microbiology, Volumes 1-3*. Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpEFMV0004/encyclopedia-food-microbiology/encyclopedia-food-microbiology>
- Saad Suhila A., Laila D. EL-Mahdi, R.A. Awad and Z.M.R. Hassan, 2016. Impact of Different Food Protein Sources in Processed Cheese Sauces Manufacture. *International Journal of Dairy Science*, 11: 52-60. DOI: [10.3923/ijds.2016.52.60](https://doi.org/10.3923/ijds.2016.52.60)

- Sadowska Jadwiga, Ireneusz Białobrzewski, Tomasz Jeliński, Marek Markowski, *Effect of fat content and storage time on the rheological properties of Dutch-type cheese*, Journal of Food Engineering, Volume 94, Issues 3–4, 2009, Pages 254-259, ISSN 0260-8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.03.015>
- Salek R.N., M. Černíková, S. Maděrová, L. Lapčík, F. Buňka, *The effect of different composition of ternary mixtures of emulsifying salts on the consistency of processed cheese spreads manufactured from Swiss-type cheese with different degrees of maturity*, Journal of Dairy Science, Volume 99, Issue 5, 2016, Pages 3274-3287, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10028>
- Salek Richardos Nikolaos, Martin Vašina, Lubomír Lapčík, Michaela Černíková, Eva Lorencová, Peng Li, František Buňka, *Evaluation of various emulsifying salts addition on selected properties of processed cheese sauce with the use of mechanical vibration damping and rheological methods*, LWT, Volume 107, 2019, Pages 178-184, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.022>
- Salek Richardos Nikolaos, Michaela Černíková, Eva Lorencová, Vendula Pachlová, Vendula Kůrová, Jana Šenkýřová, František Buňka, *The impact of Cheddar or white brined cheese with various maturity degrees on the processed cheese consistency: A comparative study*, International Dairy Journal, Volume 111, 2020, 104816, ISSN 0958-6946, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104816>
- Salek Richardos Nikolaos, Michaela Černíková, Gabriela Nagyová, Dalibor Kuchař, Helena Bačová, Lucie Minarčíková, František Buňka, *The effect of composition of ternary mixtures containing phosphate and citrate emulsifying salts on selected textural properties of spreadable processed cheese*, International Dairy Journal, Volume 44, 2015, Pages 37-43, ISSN 0958-6946, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.12.009>.
- Salek Richardos Nikolaos, Michaela Černíková, Vendula Pachlová, Zuzana Bubelová, Veronika Konečná, František Buňka, *Properties of spreadable processed Mozzarella cheese with divergent compositions of emulsifying salts in relation to the applied cheese storage period*, LWT, Volume 77, 2017, Pages 30-38, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.019>

- SHAHIDI FEREIDOON. *Biochemistry of Foods*. 2012. ISBN 9780122423529. Dostupné také z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&an=485495&scope=sit e>
- Shalaby Samah M., A.G. Mohamed and Hala M. Bayoumi, 2017. *Preparation of a Novel Processed Cheese Sauce Flavored with Essential Oils*. International Journal of Dairy Science, 12: 161-169. DOI: [10.3923/ijds.2017.161.169](https://doi.org/10.3923/ijds.2017.161.169)
- Shenana, Mohamed & Elalfy, Mohamed & Gamal, Dalia & M. Abdou, Sania. (2019). *Improving of low-fat processed cheese sauces using different fat replacers*. <https://www.researchgate.net/publication/333238294> Improving of low-fat processed cheese sauces using different fat replacers
- Shirashoji N., J.J. Jaeggi, J.A. Lucey, *Effect of sodium hexametaphosphate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese*, Journal of Dairy Science, Volume 93, Issue 7, 2010, Pages 2827-2837, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2960>.
- Skibsted, Leif H. Risbo, Jens Andersen, Mogens L.. (2010). *Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages*. Woodhead Publishing. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpCDPIFB02/chemical-deterioration/chemical-deterioration>
- Solhi, P., Azadmard-Damirchi, S., Hesari, J. *et al.* Production of the processed cheese containing tomato powder and evaluation of its rheological, chemical and sensory characteristics. *J Food Sci Technol* **57**, 2198–2205 (2020). <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04256-1>
- Sołowiej, Bartosz. (2012). Textural, rheological and melting properties of acid casein reduced-fat processed cheese analogues. *Milchwissenschaft*. Volume 67, Issue 1, 2012, Pages 9-13, [cit. 2022-04-09], ISSN: 00263788 <https://www.researchgate.net/publication/259871857> Textural rheological and melting properties of acid casein reduced-fat processed cheese analogues

STARNOVSKÁ, Tamara a Věra BOHÁČOVÁ. *Nejčastější otázky kolem tavených sýrů* [online]. FZV, 2015 [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: <http://www.fzv.cz/nejcastejsi-otazky-kolem-tavenych-syru/>

Szafrańska Jagoda O., Siemowit Muszyński, Bartosz G. Sołowiej, *Effect of whey protein concentrate on physicochemical properties of acid casein processed cheese sauces obtained with coconut oil or anhydrous milk fat*, LWT, Volume 127, 2020, 109434, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109434>

Talbot, Geoff. (2011). *Reducing Saturated Fats in Foods*. Woodhead Publishing. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpRSFF0003/reducing-saturated-fats/reducing-saturated-fats>

Tamime, A. Y.. (2011). *Processed Cheese and Analogues*. John Wiley & Sons. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpPCA00006/processed-cheese-analogues/processed-cheese-analogues>

Townes, John & Cieslak, Paul & Hatheway, C & Solomon, H & Holloway, J & Baker, M & Keller, C & McCroskey, L & Griffin, P. (1996). *An Outbreak of Type A Botulism Associated with a Commercial Cheese Sauce*. *Annals of internal medicine*. DOI:10.7326/0003-4819-125-7-199610010-00004

Wang, F., Zhang, X., Luo, J., Guo, H., Zeng, S.S. and Ren, F. (2011), *Effect of Proteolysis and Calcium Equilibrium on Functional Properties of Natural Cheddar Cheese during Ripening and the Resultant Processed Cheese*. *Journal of Food Science*, 76: E248-E253. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02085.x>

SEZNAM VYBRANÝCH INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

- [1] Polotvrdý přírodní sýr, Eidam 30 % [online]. Lacrumvm [cit. 2022-04-13]. Dostupné z: <http://www.lacrumvm.cz/sortiment/syry/syry-prirodni-blokove/eidam-30>
- [2] Metro Chef Balkánský sýr chlaz. In: Makro [online]. MAKRO Cash & Carry ČR [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: shorturl.at/ryBPY
- [3] Madeta Jihočeské máslo 82% chlaz. In: Makro [online]. MAKRO Cash & Carry ČR [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://sortiment.makro.cz/cs/jihoceske-maslo-karton-40x250g/115527p/>
- [4] Vorwerk Thermomix TM6 Multi-purpose food cooker. In: Back Market [online]. [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: shorturl.at/fhCLV
- [5] NOVASEAL, Ruční uzavírací jednotka. In: Nirosta [online]. NIROSTA, spol. s r.o., Česká republika [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <http://nirosta.cz/novaseal>
- [6] Shafiur Rahman (2005) Dried Food Properties: Challenges Ahead, Drying Technology, 23:4, 695-715, DOI: 10.1081/DRT-200054176
- [7] TA,XT PLUS C ANALYZÁTOR TEXTURY, Stable Micro Systems. In: Prime erpnext [online]. [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: shorturl.at/gwABL
- [8] Thermo Scientific HAAKE RheoStress 1. In: Rheology solutions [online]. [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <http://www.rheologysolutions.com/thermo-scientific-haake-rheostress-1/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ACP Analog tavených sýrů (anglicky Analog cheese product)

CFR Code of Federal Regulations

ES Tavicí sůl (anglicky Emulsifying salt)

MK Mastná kyselina

ot·min⁻¹ Počet otáček za minutu

PCP Tavený sýr (anglicky Processed cheese product)

PCS Tavená sýrová omáčka (anglicky Processed cheese sauce)

PPCP Pasterizovaný tavený sýr (anglicky Pasterized processed cheese product)

TAG Triacylglyceroly

TPA Analýza texturního profilu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Předpokládaný nárůst trhu s tavenými sýry od roku 2020 do roku 2029	14
Obrázek 2: Diagram výroby taveného sýra	31
Obrázek 3: Eidam s obsahem sušiny 50 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 30 % (w/w), zralost 7 týdnů, výrobce: Lacrum, Česká republika	51
Obrázek 4: Balkánský sýr s obsahem sušiny 42 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 48 % (w/w), výrobce: Polná s.r.o., Česká republika	52
Obrázek 5: Máslo s obsahem sušiny 84 % (w/w) a obsah tuku v sušině 82 % (w/w), výrobce: Madeta, Česká republika	52
Obrázek 6: Vorwerk Thermomix TM 6, Německo	53
Obrázek 7: Ruční uzavírací jednotka Novaseal, NIROSTA, spol. s.r.o., Česká republika..	54
Obrázek 8: Typická křivka analýzy textury	56
Obrázek 9: TA.XT plus Texture Analyser (Stable Micro Systems Ltd., Velká Británie).....	57
Obrázek 10: Reometr Rheostress 1, HAAKE, Německo	59
Obrázek 11: Vývoj tvrdosti modelových vzorků tavených sýrových omáček během 30 dnů skladování při teplotě 6 ± 1 °C	67
Obrázek 12: Vývoj lepivosti modelových vzorků tavených sýrových omáček během 30 dnů skladování při teplotě 6 ± 1 °C	68
Obrázek 13: Vývoj žvýkatelnosti modelových vzorků tavených sýrových omáček během 30 dnů skladování při teplotě 6 ± 1 °C	69
Obrázek 14: Vývoj gumovitosti modelových vzorků tavených sýrových omáček během 30 dnů skladování při teplotě 6 ± 1 °C	70
Obrázek 15: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci pro modelové vzorky tavených sýrových omáček 1. den skladování.....	73
Obrázek 16: Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci pro modelové vzorky tavených sýrových omáček 14. den skladování.....	73

Obrázek 17: <i>Závislost elastického modulu pružnosti (G') na frekvenci pro modelové vzorky tavených sýrových omáček 30. den skladování</i>	74
Obrázek 18: <i>Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci pro modelové vzorky tavených sýrových omáček 1. den skladování</i>	74
Obrázek 19: <i>Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci pro modelové vzorky tavených sýrových omáček 14. den skladování</i>	75
Obrázek 20: <i>Závislost ztrátového modulu pružnosti (G'') na frekvenci pro modelové vzorky tavených sýrových omáček 30. den skladování</i>	75
Obrázek 21: <i>Vývoj komplexního modulu pružnosti (G^*) tavených sýrových omáček při frekvenci 1 Hz v průběhu skladování (1., 14. a 30. den)</i>	78

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: <i>Surovinová skladba tavených sýrových omáček.....</i>	51
Tabulka 2: <i>Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček v průběhu skladování.....</i>	62
Tabulka 3: <i>Naměřené hodnoty soudržnosti modelových vzorků tavených sýrových omáček během 30 dnů skladování při teplotě 6 ± 1 °C.....</i>	71
Tabulka 4: <i>Hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* a tangentu úhlu fázového posunu při frekvenci 1 Hz u tavených sýrových omáček 1. den skladování.....</i>	77
Tabulka 5: <i>Hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* a tangentu úhlu fázového posunu při frekvenci 1 Hz u tavených sýrových omáček 14. den skladování.....</i>	77
Tabulka 6: <i>Hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* a tangentu úhlu fázového posunu při frekvenci 1 Hz u tavených sýrových omáček 30. den skladování.....</i>	78
Tabulka 7: <i>Výsledek sensorického hodnocení tavených sýrových omáček.....</i>	80

