

Ing. Zuzana Hanáková

**VYBRANÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TEXTURNÍ
VLASTNOSTI ANALOGŮ TAVENÝCH SÝRŮ**

**SELECTED FACTORS AFFECTING TEXTURAL
PROPERTIES OF PROCESSED CHEESE ANALOGUES**

DIZERTAČNÍ PRÁCE

Program: P2901 Chemie a technologie potravin

Obor: 2901V013 Technologie potravin

Školitel: doc. Ing. Rahula Janiš, CSc.

Konzultant: doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

Zlín, 2012

Motto:

„Umět se radovat. Ze všeho. Nečekat, že v budoucnu přijde něco, co bude to pravé, protože je možné, že to pravé přichází. Právě teď a v budoucnu nic krásnějšího už nepřijde.“

Ota Pavel

Poděkování:

Touto cestou bych ráda poděkovala svému školiteli doc. Ing. Rahulovi Janišovi, CSc. a konzultantovi doc. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky. Mé díky patří i kolegům, kteří se podíleli na některých analýzách. Dále bych ráda poděkovala doc. MVDr. Bohuslavě Tremlové, Ph.D. a celému Ústavu rostlinné produkce a vegetabilních potravin, Fakulty veterinární hygieny a toxikologie, Veterinární a farmaceutické univerzity v Brně za možnost využít jejich pracoviště k vykonání obrazové analýzy mikroskopických preparátů. Poděkování patří také doc. Dr. Ing. Vladimíru Pavlínkovi z Centra polymerních materiálů, Fakulty technologické, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně za umožnění provedení experimentálních měření.

Zároveň děkuji všem přátelům, své rodině a hlavně manželovi za morální podporu a možnost studovat.

ABSTRAKT

Cílem práce bylo studovat faktory ovlivňující texturní vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů. Jako standardní tuk bylo používáno máslo. Testovány byly dále mléčný tuk, kokosový a palmový tuk a rostlinný polotuhý olej. Ke vzorkům tavených sýrů a jejich analogů byly přidávány také hydrokoloidy (arabská a lokustová guma, κ -, ι - a λ -karagenan). Řešení cíle práce bylo realizováno v pěti experimentálních fázích. V první fázi byl sledován vliv druhu tuku s různým zastoupením mastných kyselin na texturní vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů. Pro druhou fázi bylo vybráno máslo, kokosový a palmový tuk, jenž vykazovali rozdílné zastoupení mastných kyselin. Pomocí dynamické oscilační reometrie pak byla sledována tvorba gelu vybraných analogů s přísadkou hydrokoloidů. Třetí a čtvrtá fáze sledovala vliv přísadky hydrokoloidů různého typu a koncentrace na texturní vlastnosti vzorků. V těchto fázích byly testovány vzorky s různou konzistencí (roztíratelné a blokové tavené sýry). V poslední fázi experimentální části práce bylo cílem vyrobit tavené omáčky s přísadkou 1-monoacylglycerolů nebo hydrokoloidů. Sledována byla především homogenita a viskozita daných vzorků.

Druh použitého tuku významně ovlivnil texturní vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů, významně nižší tvrdost bylo pozorována u vzorku s obsahem palmového tuku. Tvrdost vzorků se zvyšovala v závislosti na klesajícím obsahu tuku v sušině. K mírnému nárůstu tvrdosti docházelo také s prodlužující se dobou skladování. Relativní lepivost a roztékavost vzorků se snižovala se zvyšující se tvrdostí modelových vzorků. Obrazová analýza vzorků analogů tavených sýrů prokázala, že vzorky byly mikroskopicky homogenní. Charakteristika tukových kuliček prokázala, že druh tuku ovlivnil jejich velikost, která se zvyšovala s rostoucím obsahem tuku v sušině. Pomocí dynamické oscilační reometrie byl s klesající teplotou v průběhu chlazení pozorován nárůst komplexního modulu pružnosti u všech vzorků. Přídavek všech hydrokoloidů zvýšil tuhost vzorků tavených sýrů a jejich analogů bez ohledu na použitý druh tuku či obsah tuku v sušině. Výrazně vyšších hodnot tvrdosti vzorků bylo dosaženo s použitím cylindrické a deskové sondy ve srovnání s kónickou sondou. Po aplikaci hydrokoloidů byl pozorován pokles relativní lepivosti všech vzorků. Největší pokles relativní lepivosti byl pozorován u vzorků s přísadkou κ -karagenanu. Přídavek všech typů 1-monoacylglycerolů způsobil zvýšení viskozity tavených omáček ve srovnání s kontrolními vzorky. Viskozita vzorků tavených omáček se zvyšovala s rostoucí koncentrací přidaného hydrokoloidu. Vyšších hodnot bylo dosaženo po aplikaci ι -karagenanu, zejména při použité koncentraci 1,0–1,2 %.

Klíčová slova: tavený sýr; analog taveného sýra, tuk, hydrokoloid, monoacylglycerol, texturní analýza, obrazová analýza

ABSTRACT

The aim of this work was to study selected factors affecting the textural properties of processed cheeses and their analogues. Butter was used as a standard fat. Anhydrous milk fat, coconut fat, palm oil and vegetable semi-liquid oil were also tested. Hydrocolloids (Arabic and locust bean gum, κ -, ι - and λ -carrageenan) were also added. This work was carried out in five experimental phases. In the first phase, the effect of type of fat with different fatty acid content on the textural properties of the processed cheeses and their analogues was examined. Butter, coconut fat and palm oil which showed different fatty acid content were selected for the second phase. Gel formation due to the addition of hydrocolloids to selected analogues was observed using Dynamic Oscillatory Rheometry. The third and fourth phases monitored the impact of added hydrocolloids of different types and concentrations on the textural properties of samples with different consistencies. Samples with varying consistencies (processed cheese spread and processed cheese block) were also tested in these phases. In the last phase of the experimental work, the aim was to produce processed sauces with the addition of 1- monoglycerides or hydrocolloids. The homogeneity as well as the viscosity of the given samples was the primary focus of the monitoring process.

The textural properties of the processed cheeses and their analogues were significantly affected by the type of fat used. Significantly lower hardness was observed in the sample containing palm oil. The hardness of the samples increased depending upon decreasing fat content, just as an increase in hardness occurred in correlation with prolonged storage time. On the other hand, the relative adhesiveness and meltability of the model samples decreased with increasing hardness. Image analysis of the processed cheese analogue showed that the samples were microscopically homogeneous. The fat globules' characteristic showed that type of fat affected their size, which equally increased in line with the increasing fat content in the dry matter.

Using Dynamic Oscillatory Rheometry, decreasing temperature during cooling which led to an increase in G^* was observed in all of the samples tested. The addition of hydrocolloids to all samples increased the hardness of the processed cheese analogues regardless of the type of fat or fat content, in the dry matter. Significantly higher hardness values were achieved using a cylindrical and plate probe as compared to a conical probe. After application of the hydrocolloids, a decrease in the relative adhesiveness of all samples was found. The largest decrease in relative adhesiveness was observed in samples with added κ -carrageenan. The addition of all types of 1-monoglycerides caused an increase in viscosity of the processed sauces in comparison with the control samples. The viscosity of the processed sauces increased with the increasing

concentration of added hydrocolloid. Higher values were obtained especially after the addition of ι -carrageenan in a concentration of 1.0 – 1.2%.

Keywords: processed cheese, processed cheese analogue, fat, hydrocolloid, monoglyceride, texture analysis, image analysis

OBSAH

1	SEZNAM ILUSTRACÍ	9
2	SEZNAM TABULEK	11
3	SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	12
4	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	13
4.1	Tavené sýry a jejich analogy	14
4.1.1	Základní suroviny	14
4.1.2	Výroba tavených sýrů a jejich analogů	15
4.1.3	Charakteristika skupin tavených sýrů a analogů	17
4.1.4	Nutriční aspekty tavených sýrů a analogů	19
4.1.5	Faktory ovlivňující texturní vlastnosti tavených sýrů a analogů	19
4.2	Vlastnosti a výroba vybraných tuků a olejů	22
4.2.1	Máslo a mléčný tuk	22
4.2.2	Rostlinné tuky a oleje	24
4.3	Hydrokoloidy	25
4.3.1	Karagenany	26
4.3.2	Arabská guma	29
4.3.3	Lokustová guma	30
4.3.4	Škrob	31
4.4	Monoacylglyceroly	33
5	CÍL PRÁCE	35
6	ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ	36
6.1	Fáze dizertační práce	36
6.2	Výroba vzorků	37
6.2.1	Výroba vzorků ve Fázi 1	37
6.2.2	Výroba vzorků ve Fázi 2	38
6.2.3	Výroba vzorků ve Fázi 3	39
6.2.4	Výroba vzorků ve Fázi 4	40
6.2.5	Výroba vzorků ve Fázi 5	40
6.3	Základní chemická analýza	42
6.4	Reologické charakteristiky	42
6.4.1	Dynamická oscilační reometrie	42
6.4.2	Měření viskozity	42
6.5	Texturní analýza	42
6.6	Mikroskopická analýza obrazu	44
6.7	Roztékavost	45
6.8	Senzorická analýza	45
6.9	Statistické vyhodnocení naměřených dat	46

7	HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE	47
7.1	Výsledky Fáze 1.....	47
7.1.1	Výsledky chemické analýzy	47
7.1.2	Výsledky senzorické analýzy	47
7.1.3	Výsledky roztékavosti	48
7.1.4	Výsledky obrazové analýzy.....	49
7.1.5	Výsledky texturní analýzy	50
7.1.6	Diskuze výsledků Fáze 1	53
7.2	Výsledky Fáze 2.....	54
7.2.1	Výsledky chemické analýzy	54
7.2.2	Výsledky dynamické oscilační reometrie.....	55
7.2.3	Výsledky texturní analýzy	56
7.2.4	Diskuze výsledků Fáze 2	58
7.3	Výsledky Fáze 3.....	59
7.3.1	Výsledky chemické analýzy	59
7.3.2	Výsledky texturní analýzy	60
7.3.3	Diskuze výsledků Fáze 3	64
7.4	Výsledky Fáze 4.....	64
7.4.1	Výsledky chemické analýzy	65
7.4.2	Výsledky roztékavosti	65
7.4.3	Výsledky texturní analýzy	66
7.4.4	Diskuze výsledků Fáze 4	74
7.5	Souhrnný komentář zjištění z Fází 1 až 4.....	75
7.6	Výsledky Fáze 5.....	76
7.6.1	Výsledky chemické analýzy	76
7.6.2	Výsledky senzorického hodnocení	77
7.6.3	Výsledky stanovení viskozity	78
7.6.4	Diskuze výsledků Fáze 5	80
8	PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI	82
9	ZÁVĚR.....	83
10	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	84
11	SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA	98
12	CURRICULUM VITAE.....	100
13	SEZNAM PŘÍLOH.....	102

1 SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 4.1: Disperze tukových kuliček v přírodním sýru (A – před tavicím procesem) a taveném sýru (B – po tavicím procesu)	16
Obr. 4.2: Strukturní vzorec kappa-karagenanu.....	27
Obr. 4.3: Strukturní vzorec iota-karagenanu	27
Obr. 4.4: Strukturní vzorec lambda-karagenanu.....	28
Obr. 4.5: Strukturní vzorec arabské gummy	30
Obr. 4.6: Strukturní vzorec lokustové gummy	31
Obr. 6.1: Zátěžová křivka závislosti síly (N) deformace v závislosti na čase...	44
Obr. 7.1: Tvrdost modelových vzorků s různým druhem tuku a obsahem tuku v sušině v závislosti na době skladování (6 ± 2 °C)	52
Obr. 7.2: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na teplotě v průběhu chlazení analogů tavených sýrů s máslem (○), kokosovým tukem (■) a palmovým tukem (▲) a přísávkem hydrokoloidů	56
Obr. 7.3: Tvrdost tavených sýrů a jejich analogů s obsahem másla, kokosového a palmového tuku a přísávkem hydrokoloidů o koncentraci 1 % (w/w)..	58
Obr. 7.4: Tvrdost tavených sýrů a jejich analogů v závislosti na době skladování (6 ± 2 °C) s obsahem másla a palmového tuku a přísávkem hydrokoloidů o koncentraci 0,10; 0,25 a 0,50 % (w/w)	62
Obr. 7.5: Relativní lepivost tavených sýrů a jejich analogů v závislosti na době skladování (6 ± 2 °C) s obsahem másla a palmového tuku a přísávkem hydrokoloidů o koncentraci 0,10; 0,25 a 0,50 % (w/w)	63
Obr. 7.6: Tvrdost blokových tavených sýrů s přísávkem hydrokoloidů o koncentraci 0,30 % (w/w) měřených kónickou sondou o úhlu 40° (P40c)	67
Obr. 7.7: Tvrdost blokových tavených sýrů s přísávkem hydrokoloidů o koncentraci 0,30 % (w/w) měřených válcovou nerezovou sondou o průměru 20 mm (P20) a deskovou nerezovou sondou o průměru 100 mm (P100).....	69
Obr. 7.8: Tvrdost roztíratelných tavených sýrů s přísávkem hydrokoloidů o koncentraci 0,30 % (w/w) měřených kónickou sondou o úhlu 40 ° (P40c) a válcovou nerezovou sondou o průměru 20 mm (P20)	70
Obr. 7.9: Relativní lepivost blokových tavených sýrů s přísávkem hydrokoloidů o koncentraci 0,30 % (w/w) měřených kónickou sondou o úhlu 40 ° (P40c), válcovou nerezovou sondou o průměru 20 mm (P20) a deskovou nerezovou sondou o průměru 100 mm (P100)	72
Obr. 7.10: Relativní lepivost roztíratelných tavených sýrů s přísávkem hydrokoloidů o koncentraci 0,30 % (w/w) měřených kónickou sondou o úhlu 40 ° (P40c) a válcovou nerezovou sondou o průměru 20 mm (P20)	73

Obr. 7.11: Kontrolní vzorek s obsahem 2 % (w/w) škrobu.....	77
Obr. 7.12: Vzorek s přídavkem 1,2 % (w/w) lokustové gummy.....	77
Obr. 7.13: Makroskopicky homogenní vzorek s přídavkem 0,8 % (w/w) κ-karagenanu.....	78
Obr. 7.14: Makroskopicky nehomogenní vzorek s přídavkem 0,5 % (w/w) κ-karagenanu.....	78
Obr. 7.15: Závislost přídavku 1-monoacylglycerolu o koncentraci 0,25 a 0,50 % na viskozitu tavených omáček po sedmidenním skladování (6 ± 2 °C)...	79
Obr. 7.16: Závislost přídavku vybraných hydrokoloidů na viskozitu tavených omáček po sedmidenním skladování (6 ± 2 °C).....	80

2 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Přehled HLB hodnot vybraných běžně používaných potravinářských emulgátorů.....	34
Tab. 2: Registrační čísla CAS použitých tavicích solí.....	38
Tab. 3: Procentuelní zastoupení mastných kyselin ve vybraných tucích	38
Tab. 4: Registrační čísla CAS použitých hydrokoloidů.....	39
Tab. 5: Střední hodnoty stupně roztékavosti vzorků během skladování (6 ± 2 °C).....	49
Tab. 6: Průměrná velikost tukové kuličky (μm^2) ve vzorcích modelových tavených sýrů vyrobených s použitím různých tuků	50

3 SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

CAS	<i>Chemical Abstract Service</i> , registrační číslo chemických látek
BMT	bezvodý mléčný tuk
DSP	dihydrogenmonofosforečnan disodný
G'	elastický modul pružnosti
G''	ztrátový modul pružnosti
G^*	komplexní modul pružnosti
HLB	hydrofilně-lipofilní rovnováha
LBG	lokustová guma
MAG	monoacylglycerol
MUFA	mononenasycená mastná kyselina
POLY	polyfosforečnan sodný
PUFA	polynenasycená mastná kyselina
P20	cyklindrická sonda o průměru 20 mm
P40c	kónická sonda o úhlu 40 °
P100	desková sonda o průměru 100 mm
SAFA	nasycená mastná kyselina
TSPP	difosforečnan tetrasodný
TVS	tuk v sušině

4 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Tavené sýry jsou již několik let velmi oblíbenou skupinou potravin u zákazníků, a to nejen díky jejich snadnému použití, ale také díky rozmanité nabídce chutí, tvarů či konzistence [1]. V roce 2010 byla dle Českého statistického úřadu spotřeba tavených sýrů na jednoho obyvatele České republiky 2,1 kg za rok [2].

Tavené sýry byly poprvé vyrobeny na počátku 20. století s cílem prodloužit trvanlivost výrobků na bázi přírodních sýrů, a to zejména kvůli transportu a skladování [3].

Česká legislativa definuje tavený sýr jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí [4]. Tavené sýry jsou definovány jako mléčné výrobky, které vznikají zahříváním směsi přírodních sýrů, vody, tavicích solí a dalších surovin (tuky, stabilizátory, hydrokoloidy, aj.) za částečného podtlaku a neustálého míchání, dokud není dosaženo požadované homogenní konzistence [5, 6, 7].

Na trhu se kromě tavených sýrů můžeme setkat také s tzv. analogy tavených sýrů (ang. *processed cheese analogues*) [8]. Analogy tavených sýrů se začínají objevovat v 70. letech 20. století [9]. V zahraniční literatuře nalezneme celou řadu definic analogů tavených sýrů. Guinee *et al.* [9] tyto výrobky definuje jako imitace či náhražky, při jejichž výrobě je tradiční surovina (přírodní sýr) zcela či z části nahrazena levnějšími surovinami, většinou rostlinného původu. Běžně využívaný mléčný tuk lze nahradit tuky rostlinnými (více kapitola 4.2) [10]. Legislativa České republiky však zatím termín „analog“ nedefinuje. Jistá zmínka existuje pouze ve vyhlášce Ministerstva zdravotnictví České republiky č 4/2008 Sb., v platném znění, řešící nejvyšší povolené množství fosforečnanů do „tavených sýrů a jejich analogů“ [11]. U výrobků označených jako tavené sýry vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb., v platném znění, omezuje obsah laktózy, sacharidů se sladícím účinkem a ostatních zdravotně nezávadných potravin a stanovuje jejich přípustné limity. Vyhláška definuje dále tzv. tavené sýrové výrobky, kde není omezení pro laktózu ani sacharidy, avšak udává, že 51 % hmotnosti sušiny taveného sýra musí pocházet z přírodního sýra [12]. Codex Alimentarius [13] udává, že slovem „sýr“ nelze označit výrobky, ve kterých je mléčná složka zcela nebo z části nahrazena rostlinnými tuky nebo oleji. Výrobky se prodávají např. pod názvy „tavený výrobek“ [12].

Hlavní výhodou výroby analogů tavených sýrů je jisté snížení výrobních nákladů na prvotní mléčnou surovinu. Takové výrobky nalézají uplatnění především v domácnostech, restauracích či v provozovnách typu fast – food (cheesburgery, sendviče, pomazánky, omáčky, pizza aj.) [14]. V dnešní době český trh nabízí zákazníkům širokou škálu analogů tavených sýrů, avšak spotřebitel si nemusí jejich koupi plně uvědomit. Problematické může být

zvláště nepřesné a snadno přehlédnutelné označení výrobků a umístění analogů tavených sýrů v blízkosti sekce tavených sýrů, což může spotřebitele vést k mylné domněnce, že se jedná o stejný typ výrobku. Z výživového hlediska lze vidět jistý benefit při konzumaci těchto výrobků, např. díky jejich vyššímu obsahu polynenasycených mastných kyselin v použitých tucích [8].

4.1 Tavené sýry a jejich analogy

4.1.1 Základní suroviny

Základní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry jednoho nebo více druhů s různým stupněm zralosti [15]. Druh použitého přírodního sýra je významným faktorem, ovlivňujícím vlastnosti finálního taveného sýra. Praktickou výhodou výroby tavených sýrů je skutečnost, že při ní mohou být do surovinové skladby zařazeny i přírodní sýry s různými (především mechanickými) vadami, které by nebylo možné uvádět do oběhu [12]. Dnes se využívají přibližně ze 70–80 % jakostní přírodní sýry s odpovídajícím prozráním [16].

K dosažení požadovaných vlastností finálního výrobku se v praxi používá většinou kombinace méně a více prozralých přírodních sýrů (více kapitola 4.1.5). Mezi nejpoužívanější přírodní sýry v České republice patří Eidamská cihla a Eidamský blok, dále může být použit Moravský blok či sýr Gouda. V anglosaských zemích jsou preferovány sýry Čedar či Ementál [17].

Do surovinové skladby jsou v řadě případů zařazovány také další mléčné složky jako např. kasein, kaseináty, sušené odstředěné mléko či sušená syrovátka [9,18,19]. Jejich hlavní přednost spočívá ve snížení nákladů na suroviny [8]. Tyto ingredience jsou přidávány jako částečné nebo úplné náhrady přírodních sýrů [9,17,18,19] a jejich přídavek může do jisté míry ovlivnit texturní vlastnosti tavených sýrů. Pro zjemnění konzistence finálního výrobku může být zařazen do surovinové skladby také tzv. rework. V tomto případě se jedná o již jednou utavenou směs, která je schopna zvýšit stabilitu struktury finálního výrobku [20].

Mezi další suroviny patří máslo či smetana, které ovlivňují obsah tuku ve výrobku a zjemňují finální produkt. Při výrobě lze také zařadit tuky nemléčného původu jako např. sójový olej, kokosový olej, lněný olej či slunečnicový olej avšak v tomto případě se jedná o tzv. analogy tavených sýrů. Rostlinný tuk používaný při výrobě těchto výrobků musí splňovat řadu kritérií, mezi která patří zvýšená odolnost vůči oxidaci případně určitá nutriční kritéria jako je vyvážený poměr nasycených (SAFA), mononenasycených (MUFA) a polynenasycených (PUFA) mastných kyselin. V neposlední řadě je z ekonomického hlediska důležitá také cena daného tuku [17].

Berger *et al.* [17] uvádí, že právě tyto zmíněné kritéria splňuje např. sójový olej. Dalším benefitem při využívání rostlinných tuků může být nižší obsah cholesterolu ve výsledném výrobku a vyšší hodnota polynenasycených mastných kyselin [17,21].

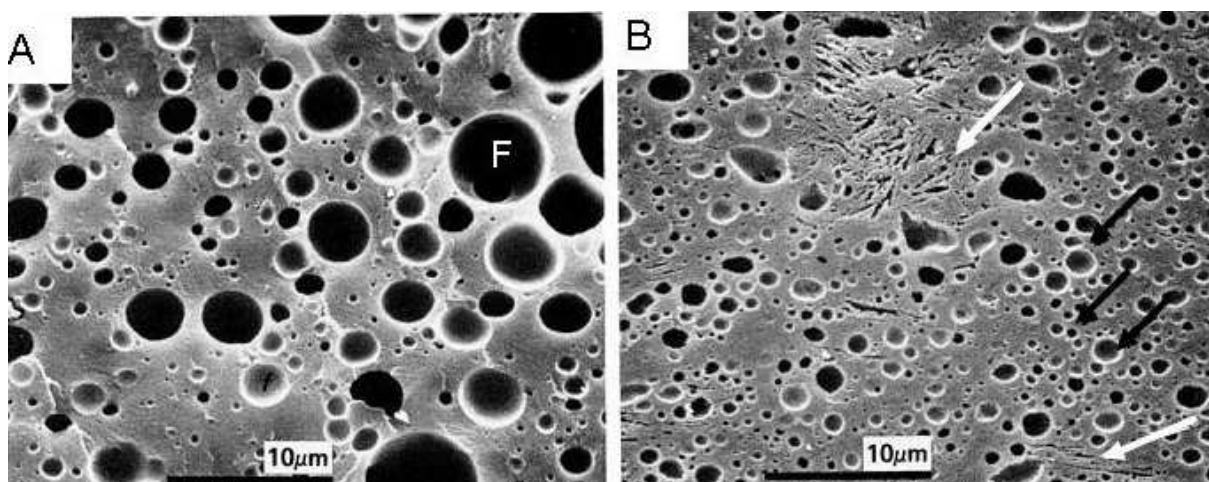
Neméně důležitou součástí surovinové skladby jsou tavicí soli, které zajišťují vznik homogenní směsi. Tavicí soli udělují taveným sýrům jednotnou strukturu, především zabraňují vysrážení bílkovin a oddělení tuku. Přidávají se obvykle v množství 2–3 % celkové hmotnosti surovinové skladby. Komerčně dodávané tavicí soli bývají směsí několika chemických látek, jejichž přesné složení a míscí poměry jsou předmětem obchodního tajemství. V praxi se jako tavicí soli používají sodné soli kyseliny trihydrogenfosforečné a citronové [15].

Mezi další suroviny patří pitná voda a přídatné látky jako např. koření, žampiony, šunka, zelenina či látky ovlivňující vaznost vody (lokustová guma, pektiny, škroby, karagenany). Druh a množství těchto surovin se odvíjí dle požadované jakosti finálního produktu [17,22].

4.1.2 Výroba tavených sýrů a jejich analogů

Tavené sýry i jejich analogy mohou být popsány jako stabilní emulze typu olej ve vodě, kterou vytváří trojrozměrná matrice hydratovaných kaseinových bílkovin, v níž jsou rozptýleny tukové kuličky [23,24]. Výroba tavených sýrů spočívá v tvorbě homogenní taveniny požadovaných vlastností. Nezbytná je přítomnost tavicích solí, jejichž hlavní funkcí je upravit prostředí v tavenině tak, aby se přítomné proteiny mohly uplatnit jako přirozené emulgátory [9]. Základní schopnost tavicích solí spočívá v odštěpení vápníku navázaného na proteinovou matici přírodního sýra. Principem výroby je přeměna nerozpustného parakaseinátu vápenatého na rozpustnější parakaseinát sodný pomocí iontové výměny. Tento vzniklý parakaseinát sodný má větší schopnost vázat vodu, a tím podporuje hydrataci a bobtnání proteinů [25]. Během procesu tavení působením zvýšené teploty a mechanického namáhání, dochází k několika změnám. Polyvalentní aniony se vážou přes vápenaté ionty na proteiny, čímž se zvyšuje jejich hydrofilní charakter. Následnou vazbou přítomné vody roste viskozita taveniny [9,15,25].

V první fázi tavení směsi surovin dochází k rozptýlení proteinů. S prodlužující se dobou a teplotou tavení dochází k hydrataci a bobtnání rozptýlených bílkovin a prostřednictvím řady vazebných interakcí (tvorba vodíkových vazeb, hydrofobních interakcí, vápenatých či disulfidových můstků) k vytvoření síťovité struktury [20,26]. Mezi proteinovými molekulami mohou být vytvářeny také fosforečnanové můstky, což přispívá k tvorbě trojrozměrné struktury [15].



Obr. 4.1: Disperze tukových kuliček v přírodním sýru (A – před tavicím procesem) a taveném sýru (B – po tavicím procesu). Písmeno „F“ představuje tukovou kuličku (část A), černé šipky značí zmenšené tukové kuličky a bílé šipky ukazují na krystaly tavicích solí (část B).
[upraveno podle 15]

Samotný proces vytváření finální struktury výrobku, resp. krémování vyžaduje mechanické míchání a vyšší teploty, které působí právě při tavení výrobku [20]. S rostoucí délkou a intenzitou míchání dochází k lepší emulgaci tuku, což má obvykle za následek zvýšení tuhosti tavených sýrů [27,28,29]. Dané parametry jsou rozhodující pro velikost přítomných tukových kuliček [29,30]. Sutteerawattananonda *et al.* [30] ve své studii uvádí, že ke zmenšení velikosti tukových kuliček dochází pouze v prvních minutách tavicího procesu. Klostermeyer & Buchheim [31] sledovali mikrostrukturu taveného sýra v závislosti na době tavení, přičemž zjistili, že zcela homogenní struktura tavené směsi se vytváří až po 3 až 9 minutách tavení.

Vlastní výrobu tavených sýrů lze realizovat kontinuálně a diskontinuálně, přičemž druhý způsob je v České republice zatím rozšířenější [25]. Suroviny jsou nejprve očištěny a naváženy dle surovinové skladby a následuje jejich dávkování do tavicího kotle, kde probíhá samotný tavicí proces [17]. U kontinuální výroby jsou aplikovány tavicí teploty 130–145 °C po dobu několika sekund, diskontinuální výroba využívá obecně teplot 80–100 °C po dobu několika minut [25]. Hodnota tavicí teploty závisí na požadovaných vlastnostech finálního produktu. U blokových tavených sýrů díky pevnější matici (viz. kapitola 4.1.3) lze aplikovat nižší tavicí teplotu okolo 80 až 90 °C [17]. Březina *et al.* [32] uvádějí, že pro roztíratelné tavené sýry je vhodná tavicí teplota 85 až 95 °C. Tekuté tavené sýry nebo-li tzv. sýrové omáčky mohou být ošetřeny při teplotách vyšších, zpravidla 95 °C [17].

Tepelně ošetřené produkty jsou následně ještě za horka plněny do obalů, nejčastěji do hliníkových folií s vnitřní lakovanou vrstvou. Výsledný produkt může mít tvar trojúhelníku či hranolu. Blokované tavené sýry mohou být dále

krájeny na plátky. Omáčky jsou expedovány především v typických sáčcích nebo tubách. Mezi obalový materiál rozšířený v zahraničí patří zejména tuby, plastové obaly (např. kelímky), plechovky aj. [9]. Důležitým aspektem je, aby balení probíhalo co nejdříve po utavení, čímž se sníží pravděpodobnost kontaminace mikroorganismy (teplota by neměla klesnout pod 60–70 °C) [33]. Finální produkt se poté chladí na teplotu skladování [17,34]. Chlazení by mělo probíhat co nejrychleji v případě roztíratelných tavených sýrů a relativně pomalu u blokových tavených sýrů. Rychlost chlazení ovlivňuje výslednou konzistenci sýrů. Čím probíhá chlazení pomaleji, tím je výsledná konzistence výrobků tužší [35,36]. Pomalé chlazení však může podpořit i průběh Maillardových reakcí a podílet se na růstu sporotvorných bakterií [15]. Následují finální operace, jako je skladování a expedice [17]. Skladování tavených sýrů se provádí při teplotách 4–8 °C [4].

4.1.3 Charakteristika skupin tavených sýrů a analogů

Tavené sýry je možné dělit podle několika hledisek, přičemž k nejdůležitějším patří dělení dle obsahu tuku v sušině. Vyhláška Ministerstva zemědělství České republiky č. 77/2003 Sb., v platném znění [4], definuje vysokotučné tavené sýry (s obsahem tuku v sušině nejméně 60 %) a nízkotučné tavené sýry (s obsahem tuku v sušině nejvýše 30 %). Skupina výrobků s obsahem tuku v sušině (TVS) v rozmezí 30–60 % jsou v běžné obchodní síti dostupné, ale i přesto tato skupina výrobků není vyhláškou pojmenována [4]. Tuto nepojmenovanou skupinu tavených sýrů lze také rozdělit na sýry plnotučné (obsah tuku v sušině 45–60 %) a polotučné (obsah tuku v sušině 30–45 %) [34].

Vládní organizace USA vydává materiál, ve kterém rozděluje tavené sýry do čtyř hlavních skupin, v závislosti na použitých surovinách a celkovém obsahu sušiny a tuku. Patří sem *pasteurized blended cheese* (pasterované směsné sýry), *pasteurized processed cheese* (pasterované tavené sýry), *pasteurized processed cheese food* (pasterované tavené sýrové potraviny) a *pasteurized processed cheese spread* (pasterované tavené sýrové pomazánky) [37].

Roztíratelné tavené sýry

V současné době zahrnuje sortiment roztíratelných tavených sýrů velké množství produktů vyráběných např. kombinacemi jednotlivých druhů přírodních sýrů, obsahující různé suroviny mléčného i nemléčného původu a různé ochucující složky. Další rozšíření sortimentu provádějí výrobci použitím různých obalových materiálů a hmotností spotřebitelského balení [12]. Obsah sušiny roztíratelných tavených sýrů se dle Lee & Klostermeyer [5] pohybuje v rozmezí 30–50 % (w/w) a obsah tuku v sušině by měl být nejméně

20 % (w/w). Roztíratelné tavené sýry mají obvykle krémovitou konzistenci a pH v rozsahu 5,6–6,0 [38].

Problematika roztíratelných tavených sýrů je v odborné literatuře poměrně dobře prostudována, ať již z hlediska chemického složení, surovinové skladby či vlivu tavicích solí na texturní vlastnosti [39,40,41,42,43,44].

Blokové tavené sýry

Blokové tavené sýry se vyznačují vyšší tuhostí, na které se podílí mimo jiné vyšší obsah sušiny (45–60 % (w/w)) a nižší obsah tuku v sušině (25–35 % (w/w)) [45,46]. Právě konzistence je hlavním rozdílem, kterým se blokované tavené sýry odlišují od roztíratelných tavených sýrů. U tohoto typu výrobků se lze setkat také s nižší hodnotou pH, která se obvykle pohybuje v rozmezí 5,4–5,7 [47,48]. Problematika blokovaných tavených sýrů byla v minulosti publikována především z hlediska chemického složení či z hlediska surovinové skladby. V současné době jsou tyto výrobky v odborné literatuře nejčastěji popisovány v souvislosti s texturní analýzou, jenž je považována za jeden z nejkompexnějších přístupů instrumentálního hodnocení textury. Mezi nejčastěji měřené texturní parametry patří tvrdost, lepivost, kohezivnost, gumovitost či žvýkatelnost [45,49,50,51].

Tavené omáčky

Tavené omáčky jsou charakterizovány poměrně nízkým obsahem sušiny, obvykle 18–24 % (w/w) [17,52,53]. Patří mezi významnou skupinu výrobků používaných v provozovnách rychlého občerstvení, ale lze je využít také jako součást těstovinových či masových pokrmů [54,55]. Základními surovinami při výrobě tavených omáček jsou nejčastěji sušené odstředěné mléko, kaseinát sodný, rostlinné tuky či oleje, nativní nebo modifikované škroby, chlorid sodný, případně další stabilizátory (hydrokoloidy, monoacylglyceroly atd.) [54,56]. Berger *et al.* [17] uvádí, že ve většině případů je u těchto výrobků nutný přídavek emulgátorů, především díky relativně vysokému obsahu vody a tuku.

Tyto omáčky můžeme charakterizovat jako emulze typu olej ve vodě, kde je olejová fáze stabilizována vrstvou proteinů [56,57]. Možným rizikem při výrobě a/nebo skladování omáček je rozdělení hydrofilní a lipofilní fáze těchto nemísitelných složek, což může diskvalifikovat tento výrobek u spotřebitele [57,58,59]. Destabilizaci výrobků lze předcházet právě přídavkem emulgátorů [58].

Thanasukarn *et al.* [57] uvádí, že stabilita emulze významně ovlivňuje také reologické a texturní vlastnosti, zejména viskozitu, která je obvykle považována za jednu z významných fyzikálních vlastností daných výrobků [60].

Problematika tavených omáček se vyskytuje v odborné literatuře zcela výjimečně a dosud nebyla publikována ucelená studie, která by popisovala alespoň základní charakteristiku daného typu výrobků.

4.1.4 Nutriční aspekty tavených sýrů a analogů

V poslední době je velmi diskutován problém nadměrného příjmu cholesterolu. Ten je doprovodnou látkou živočišných tuků a také rizikovým faktorem při vzniku onemocnění srdce a cév. Cholesterol je běžně syntetizován v lidském organismu, zejména v játrech. Denní tvorba endogenního cholesterolu se pohybuje v množství 1500–1700 mg, zatímco stravou přijímáme 300–800 mg. Tělo dokáže vytvářet podmínky pro zachování rovnováhy mezi potřebou cholesterolu a množstvím vyloučeným z organismu ven. Při dlouhodobém vysokém příjmu cholesterolu se endogenní syntéza cholesterolu automaticky sníží [61,62]. Průměrný obyvatel přijímá cholesterol v nadměrném množství, oproti doporučenému maximu 300 mg za den. Nadměrný příjem cholesterolu však bývá mylně vykládán jako požadavek vyloučit cholesterol ze stravy úplně [62]. Cholesterol je v lidském organismu nezbytný pro správnou funkci buněčných membrán, růst a obnovu tkání organismu [63,64]. Slouží také jako prekurzor žlučových kyselin nezbytných k absorpci živin [61]. Rizikovitost cholesterolu tedy nespočívá pouze v jeho přítomnosti v konzumované potravíně, ale v jeho nadměrném příjmu a nadbytku v naší stravě [25].

Dostálová & Čurda [1] uvádějí, že tavený sýr s obsahem 70 % TVS obsahuje přibližně 100 mg cholesterolu ve 100 g. Z hlediska výživy je vhodné snížit příjem cholesterolu a zvýšit příjem polynenasycených mastných kyselin. Při výrobě tavených sýrů toho lze docílit částečným či úplným nahrazením živočišného tuku rostlinnými tuky či oleji [8,21,65,66].

Rozporuplné informace o problematice příjmu mastných kyselin resp. poměru nasycených, mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin (SAFA:MUFA:PUFA) jsou příčinou jistého odklonu od spotřeby mléčného tuku. Díky tomu analogy tavených sýrů získávají na oblibě [8,9,67].

4.1.5 Faktory ovlivňující texturní vlastnosti tavených sýrů a analogů

Textura je konzumenty považována za jednu z nejvýznamnějších charakteristik tavených sýrů [21,68]. Norma ČSN ISO 11036 definuje texturu jako všechny mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti výrobku vnímatelné prostřednictvím mechanických, dotykových případně zrakových

a sluchových receptorů [69]. Texturu lze zařadit mezi psychofyzikální veličiny a k jejímu měření se využívá nejčastěji texturní analýzy [68].

Texturní vlastnosti tavených sýrů jsou značně ovlivněny chemickým složením, a to jak obsahem sušiny, tak i tuku v sušině, hodnotou pH, zralostí základní suroviny tj. přírodního sýra, druhem a množstvím tavicích solí, ale také podmínkami zpracování, jako je tavení, teplota a rychlost chlazení utavené hmoty [35,50, 68,70]. Lucey *et al.* [14] označují tavený sýr za viskoelastický materiál, jehož texturní a reologické vlastnosti ovlivňuje mimo jiné také teplota a doba skladování.

V následujících kapitolách budou stručně charakterizovány vybrané faktory ovlivňující texturní vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů.

Skladba surovinové směsi

Významnou surovinou ovlivňující konzistenci tavených sýrů je přírodní sýr. Pro výrobu tavených sýrů s dobře roztíratelnou konzistencí jsou preferovány více prozřálé sýry, které navíc dodávají výrobku specifické aroma a chuť. Tyto sensoricky aktivní látky se vytvářejí v průběhu zrání s rostoucím stupněm proteolýzy přírodního sýra [15,71,72]. Na druhé straně příliš zralá surovina může mít velmi intenzivní až ostrou chuť a snižovat stabilitu výsledné emulze. Málo prozřálý sýr je vhodný pro výrobu krájitelných, blokových tavených sýrů. Výhodou použití mladých sýrů je snížení nákladů na výrobu, ale může vést také k nevýrazné až prázdňé chuti finálního výrobku [18,71,73,74]. Guinee *et al.* [9] uvádí, že pro krájitelné výrobky je vhodný mladý, neprozřálý přírodní sýr obsahující 70–95 % intaktního kaseinu, zatímco pro roztíratelné produkty středně zralý sýr s 60–75 % intaktního kaseinu. Různou zralost přírodních sýrů při výrobě tavených sýrů používali ve své studii také Piska & Štětina [35]. Z výsledků práce vyplynulo, že vzorky s nízkým indexem proteolýzy (poměr ve vodě rozpustného dusíku při pH 4,5 k celkovému dusíku) vykazovaly nejvyšší tuhost.

Důležitým faktorem ovlivňujícím texturní vlastnosti je kromě samotné suroviny také vztah sušiny a tuku v sušině. Obecně platí, že za jinak stejných podmínek, s klesajícím obsahem sušiny klesá také tuhost výrobků [75,76]. Zvýšením obsahu sušiny při konstantním obsahu tuku v sušině lze dosáhnout tužší konzistence výrobků a naopak zvýšením obsahu tuku v sušině při konstantním obsahu sušiny lze dosáhnout roztíratelnější konzistence [25].

Dimitreli & Thomareis [50] ve své studii popisují texturní vlastnosti tavených sýrů s obsahem sušiny v rozmezí od 40–50 %. Z uvedené práce vyplývá, že se zvyšujícím se obsahem sušiny dochází ke zvýšení tuhosti. Tuto skutečnost lze podle Dimitreli & Thomareis [50] a Lee *et al.* [77] vysvětlit tím, že s rostoucím obsahem sušiny klesá obsah vody, který porušuje kontinuitu proteinové matrice. Navíc, pokud je při zvyšování obsahu sušiny navyšován

i obsah strukturních bílkovin, lze předpokládat i „hustější“ zesíťování proteinové matrice tavených sýrů. Naopak se zvyšujícím se obsahem vody a tuku je ve větší míře narušována kontinuita a kompaktnost proteinové matrice a tavený sýr se stává méně tuhý a lépe roztíratelný [25]. Voda v matrici tavených sýrů působí jako změkčovadlo a tuk zvyšuje její lubrikační schopnost [50].

Podstatnou roli sehraávají při utváření konzistence tavených sýrů také tavicí soli. Podílejí se na hydrataci proteinů a emulgaci tuku. Pečlivým výběrem typu a množstvím tavicích solí je možné konzistenci výrobků podstatně ovlivnit. Každý typ tavicích solí působí odlišným mechanismem za vzniku výrobků rozmanité konzistence. Awad *et al.* [45] a Awad *et al.* [46] se zabývali výrobou tavených sýrů za použití vybraných ternárních a kvartérních směsí tavicích solí. Z výsledků jejich práce vyplynulo, že množství a poměr tavicích solí má významný vliv na texturní vlastnosti tavených sýrů. K obdobným závěrům dospěli také Weiserová *et al.* [44].

Způsob zpracování taveniny

Konzistence tavených sýrů může být ovlivněna také způsobem zpracování taveniny, přičemž podstatný vliv mají intenzita a délka míchání. Tyto parametry podmiňují velikost přítomných tukových kuliček [29,30]. S rostoucí délkou a intenzitou míchání dochází k lepší emulgaci tuku, což se obvykle projeví nárůstem tuhosti tavených sýrů [27,28,29]. Dle Sutteerawattananonda *et al.* [30] dochází v prvních minutách tavicího procesu ke zmenšení tukových kuliček. Avšak u výrobků s nízkým obsahem tuku (pod 1 %) bylo pozorováno, že tuhost taveného sýra s rostoucí délkou míchání dokonce klesala [78]. Hernández-Carrión *et al.* [56] se ve své práci zabývali výrobou tavených výrobků s různým typem tuku v závislosti na zvyšujícím se počtu otáček při výrobě. Zvyšující se počet otáček měl za následek snížení velikosti tukových kuliček a zvýšení jejich počtu bez ohledu na druh použitého tuku.

Závislost mezi intenzitou míchání tavicí směsi a velikostí tukových kuliček popsali také Noronha *et al.* [29]. Se zvyšujícím se počtem otáček se tukové kuličky zmenšují, a tím se zlepšuje jejich distribuce v proteinové matrici. Vyšším počtem otáček při tavení tak získáme (za jinak stejných podmínek) tužší výsledný produkt [29].

Podstatný vliv na jakost finálního výrobku má také rychlost chlazení. S prodlužující se dobou potřebnou pro zchlazení výrobku na skladovací teplotu narůstá zpravidla jeho tuhost a zhoršuje se roztíratelnost [35].

Způsob skladování

Vyhláška Ministerstva Zemědělství č. 77/2003 Sb., v platném znění uvádí, že tavené sýry by se měly skladovat při teplotě 4–8 °C [4]. Obecně platí,

že s rostoucí dobou skladování se zvyšuje také tuhost výrobků [79,80,81]. Nárůstu tuhosti napomáhá hydrolyza polyfosforečnanových tavicích solí. Snižování počtu monomerů v lineárním řetězci polyfosforečnanů má za následek pokles afinity k vápenatým iontům, jejich postupné uvolňování z tavicích solí a možné zapojování do zesíťování proteinové matrice [25,82]. V průběhu skladování může docházet také k tvorbě krystalů tavicích solí. Vznik těchto krystalů se může podílet na zhoršení sensorické jakosti výrobků [79,84]. Krystalizaci však mohou podléhat i další složky tavených sýrů, např. některé aminokyseliny (tyrozin), laktóza či laktáty. V případě laktózy hrozí krystalizace zejména při jejím vysokém obsahu v tavených sýrech, obecně více než 5 % hmotnosti výrobku [26,75,83].

Skladováním při teplotách 25–30 °C lze u vzorků pozorovat tmavší odstín, jenž je pravděpodobně způsoben komplexem Maillardových reakcí [84,85].

4.2 Vlastnosti a výroba vybraných tuků a olejů

Při výrobě tavených sýrů patří máslo a mléčný tuk mezi významné suroviny. V případě analogů tavených sýrů mohou být máslo a mléčný tuk zcela nebo zčásti nahrazeny tuky nebo oleji rostlinného původu. Tyto tuky se podílí na složení, ovlivňují strukturu a především chuť finálního výrobku [25]. Mezi významné rostlinné tuky využívající se při výrobě analogů tavených sýrů patří sójový olej ze semen sóji (*Glycine max*), bavlníkový olej vyrobený ze semen bavlníku (*Gossypium hirsutum*), arašídový olej z jader podzemnice olejné (*Arachis hypogaea*), kukuřičný olej z klíčků kukuřice (*Zea mays*), palmový tuk vyrobený z dužiny plodů palmy olejové (*Elaeis guineensis*) či kokosový tuk z palmy kokosové (*Cocos nucifera*) [22,86].

Podle Guinee *et al.* [9] mohou být analogy tavených sýrů s rostlinným tukem nabízeny za nižší ceny, což byl pravděpodobně i nejdůležitější faktor pro jejich vývoj a zavedení do výroby.

4.2.1 Máslo a mléčný tuk

Pod pojmem máslo označujeme mléčný tuk, který má nejméně 80 % (w/w) tuku a nejvíce 16 % (w/w) vody [4]. Chuť a aroma másla jsou dány přítomností mastných kyselin s krátkou délkou řetězce. Máslo obsahuje fyziologicky účinné a biologicky aktivní látky (např. fosfolipidy, vitamin A, D, E, K, esenciální mastné kyseliny (kyselina linolová a α -linolenová) atd.) [38]. Procentuelní zastoupení mastných kyselin (SAFA:MUFA:PUFA) v másle a mléčném tuku je přibližně (60–70):(30–35):(3–5) [86]. Základní surovinou pro výrobu másla a bezvodého mléčného tuku je smetana. Zde se mléčný tuk vyskytuje převážně ve formě tukových kuliček, které jsou obaleny membránou skládající

se z komplexu fosfolipidů, bílkovin, lipoproteinů, cerebrosidů aj. V mléčných fosfolipidech je nejvíce zastoupen fosfatidylcholin, dále fosfatidyletanolamin a sfingomyelin [38].

Principem výroby másla je v podstatě fázová inverze emulze olej ve vodě, která přechází na emulzi voda v oleji [87]. Klíčovou částí výroby másla je fyzikální zrání smetany, kde několik hodin krystalizují triacylglyceroly, dochází ke křehnutí obalů tukových kuliček a zvyšuje se viskozita smetany. Důsledkem krystalizace se snadněji tvoří pěna, což přispívá k tvorbě máselného zrna. Při nedostatečném fyzikálním zrání dochází ke ztrátě mléčného tuku a jeho odtoku do podmáslí. Významnou roli hraje také teplota fyzikálního zrání, která by se neměla pohybovat nad 8 °C. Nízká teplota během fyzikálního zrání smetany je nutná z důvodu uvolňování krystalizačního tepla, které by mohlo způsobit opětovné tání krystalků tuku [47,48].

Po krystalizaci mléčného tuku následuje samotné stloukání másla, kde mechanickým namáháním vzniká pěna, která se postupně destabilizuje. Destabilizací pěny vzniká máselné zrno. Následuje hnětení tohoto zrna, kde za mírného podtlaku dojde k homogenizaci obsahových složek a dispergují se kapénky vody. Mimo jiné dochází také k odstranění vzduchových bublin. Následuje formování a balení másla. Po zabalení másla je nutné nechat vyzrát krystalickou síť mléčného tuku v másle při teplotě skladování, čímž získá máslo svoji konzistenci [48]. Při krystalizaci másla mohou vznikat nejdříve nestálé γ -a α -modifikace s nízkou hustotou, z nich dále vznikají metastabilní β' -formy. Máslo se vyskytuje v této metastabilní β' -modifikaci, pro něž jsou charakteristické malé jehličkovité krystaly [86].

Pro výrobu bezvodého mléčného tuku (BMT) je jako výchozí surovina použito máslo nebo smetana. Principem výroby bezvodého mléčného tuku je odstranění veškeré vody a ve vodě rozpustných látek [88]. Zařízení pro výrobu bezvodého mléčného tuku se skládá z odstředivky a vakuové odparky, v případě výroby ze smetany ještě homogenizátoru [88].

V první fázi výroby BMT z másla dochází k jeho roztavení při teplotě 60–80 °C a k následnému odstranění mléčné plazmy z roztaveného másla odstředěním. Vzniká tzv. máselný olej s více než 99,5 % tuku. Vodná fáze z máselného oleje je dále odpařována (při teplotě 90–95 °C) na vakuové odparce a výsledkem je bezvodý mléčný tuk s obsahem tuku přibližně 99,8 % w/w [48].

Při výrobě BMT ze smetany se využívá pasterované či nepasterované smetany o obsahu tuku 35–40 %. Smetana je dále přiváděna na odstředivku, kde se zvýší obsah tuku přibližně na 75 %. Takto upravená smetana se dále čerpá do homogenizátoru, kde dojde k porušení obalu tukových kuliček a následně fázové inverzi. Vzniklá vodná fáze je následně odstraněna na odstředivce a vznikne bezvodý mléčný tuk s obsahem vody nepřekračujícím 0,10 % [48,89].

4.2.2 Rostlinné tuky a oleje

Rostlinné oleje jsou ve většině případů získávány z dužnin plodů nebo ze semen a bobů, a to lisováním pod vysokým tlakem nebo extrakcí rozpouštědly, nejčastěji hexanem nebo izohexanem [38,90]. V průmyslové praxi se provádí kombinace obou způsobů. Vločky připravené ze semen se dále lisují, obvykle v kontinuálních šnekových lisech, a vzniklé šroty o obsahu 15–20 % tuku se extrahují v kontinuálně pracujících extraktorech. Zbylý extrahovaný šrot obsahuje 2–3 % zbytkového tuku. Surový olej je směsí triacylglycerolů a minoritních látek jako jsou steroly, nežádoucí pigmenty či oxidační produkty, které je potřeba během výroby odstranit [90].

Pouze malé množství přírodních rostlinných olejů má vyhovující konzistenci, proto se tyto oleje musí dále technologicky upravovat. Tyto technologické operace se zařazují především z hlediska výroby vhodného tuku dané konzistence či teploty tání nebo tuhnutí. Úprava olejů může zahrnovat hydrogenaci (nasycení dvojných vazeb), transesterifikaci (výměna acylů uvnitř molekuly triacylglycerolu nebo mezi dvěma molekulami triacylglyceroly) či frakcionaci (dělení směsi triacylglycerolů podle rozdílné rozpustnosti ve zvoleném rozpouštědle v závislosti na teplotě) [38].

Rostlinné oleje jsou významným zdrojem vitamínu E, který má silné antioxidační účinky [38]. Směsné tuky a oleje mají v potravinářském průmyslu široké uplatnění. V mlékárenském průmyslu se využívají např. při výrobě zmrzlinových krémů. V posledních letech se objevují také publikace o aplikaci rostlinných olejů do tavených sýrů [21,65].

Kokosový tuk

Základní surovinou pro výrobu kokosového tuku jsou plody kokosové palmy (*Cocos nucifera*). Tuk má bílou barvu, mírně ořechovou chuť a obvykle obsahuje více než 90 % nasycených mastných kyselin. Z celkového obsahu nasycených mastných kyselin zaujímá téměř polovinu kyselina laurová. Dále pak kyselina kapronová, kaprylová či kaprinová. Procentuelní zastoupení mastných kyselin (SAFA:MUFA:PUFA) u kokosového tuku je přibližně (85–95):(5–10):(1–5). Právě díky vysokému obsahu nasycených mastných kyselin je tuk při běžné pokojové teplotě tuhý [91].

V první fázi výroby dochází k sušení rozemleté dužiny kokosu. Ta se dále lisuje a získává se kokosový olej [91]. Výroba kokosového tuku probíhá procesem ztužování nebo-li hydrogenací kokosového oleje. Principem hydrogenace je nasycení dvojných vazeb v řetězcích nenasyčených mastných kyselin v molekule triacylglycerolů. Hotový vyrobený tuk se vyznačuje světlejší barvou, delší trvanlivostí a vyšším bodem tání [92,93].

Palmový tuk

Palmový tuk se získává ze semen palmy olejné (*Elaeis guineensis*) a za pokojové teploty je přirozeně polotuhý. Jeho konzistence je dána především díky obsahu 40 % nasycených mastných kyselin, zejména kyseliny palmitové, laurové a myristové [92]. Mimo jiné obsahuje palmový tuk vysoký obsah karotenoidů a vitamin E [90,93]. Procentuelní zastoupení mastných kyselin v daném tuku (SAFA:MUFA:PUFA) je přibližně (45–55):(25–35):(8–15) [86].

Právě díky specifickému zastoupení mastných kyselin (vyšší obsah nasycených mastných kyselin) není nutný k výrobě proces hydrogenace [93]. Tato reakce se využívá většinou k nasycení dvojných vazeb, čímž se zvýší bod tání a tuky získají tužší konzistenci [86]. Výroba spočívá nejprve v rozemletí semen a jejich následném lisování. Olejová směs se dále rozpouští při teplotě 70 °C v nádobě za stálého míchání. Do této rozpuštěné směsi je možný přídavek barviv, emulgátorů a ochucovadel a dále se míchá do vytvoření homogenní konzistence. Následně se homogenní směs pumpuje do tepelného výměníku. Zde se vzniklá směs vychladí a částečně zkrystalizuje. Krystalizace je dokončena pozvolným mícháním při teplotě 17–22 °C. Vzniklý polotuhý produkt je zabalen do požadovaného tvaru. Poté je temperován při teplotě 25–30 °C alespoň 24 hodin. Temperování umožňuje provedení stabilizace struktury výrobku [93]. Při vytváření finální konzistence palmového tuku je významným krokem krystalizace tuku. Palmový tuk se vyskytuje v metastabilní β' -modifikaci, což zajišťuje požadovaný bod tání a hustotu tuku. Část krystalů se nachází v matici tvořené tekutým podílem tuku, což přispívá k dosažení žádoucí plastické konzistence výrobku [86].

4.3 Hydrokoloidy

Hydrokoloidy můžeme obecně definovat jako vysokomolekulární biopolymery [94]. Své uplatnění nalézají především v potravinářském průmyslu. Mezi významné fyzikálně-chemické vlastnosti hydrokoloidů patří např. tvorba gelu nebo zvýšení viskozity výrobků, stabilizace emulzí či pěn, ale také teploty nebo pH. U výrobků s vyšším obsahem cukru mohou snižovat tvorbu cukerných krystalů [95,96]. Phillips & Williams [97] definují hydrokoloidy jako širokou skupinu látek sacharidické a bílkovinné povahy. Mezi hojně využívané hydrokoloidy sacharidické povahy patří přírodní i modifikované škroby, celulóza, karagenany, algináty či lokustová nebo arabská guma. Nejběžnější bílkovinné hydrokoloidy zahrnují želatinu, kasein a jeho soli, sérové či vaječné bílkoviny apod. [94]. Hydrokoloidy mohou být extrahovány především z rostlin (lokustová či guarová guma), mořských řas (karagenany, algináty, agary)

nebo z kolagenu po jeho zpracování na želatinu. Některé z nich jsou navíc produkovány mikrobiální syntézou např. sukcinylglukan nebo glukuronoxylomanan produkovány mikroorganismy *Tremella fuciformis* [95,96].

Úzká skupina těchto biopolymerů může vykazovat také jistou emulgační schopnost [97,98]. Na této schopnosti se podílí především:

- určitý (nízký) hydrofobní charakter polysacharidů (např. díky –CH–skupině),
- hydrofobní aminokyselinové zbytky navázané na polysacharidy,
- zvýšení viskozity spojitě fáze, a tím možné snížení doby požadované ke shlukování tuku,
- schopnost některých polysacharidů již při nízké koncentraci snížit povrchové napětí látek [99].

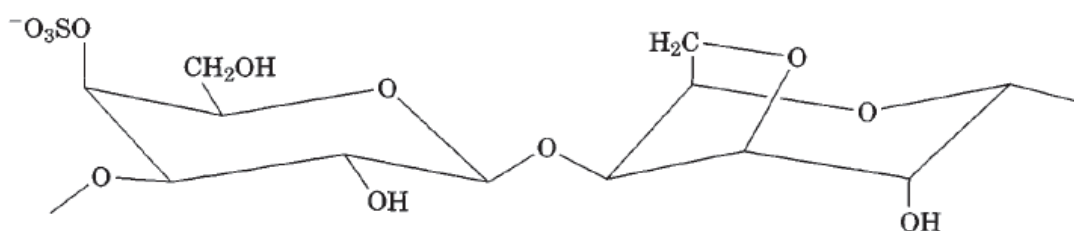
V mlékárenském průmyslu patří hydrokoloidy k významným složkám výroby. Jsou přidávány v koncentraci 0,01–0,30 % (w/w) v závislosti na druhu finálního výrobku [97]. Výjimečně lze aplikovat hydrokoloidy až do koncentrace 1 % (w/w) např. u sýrových krémů či pomazánek [100]. Jejich cílem je stabilizovat, případně modifikovat texturu výrobků či zvýšit vaznost vody. Uplatnění dále nacházejí při výrobě jogurtů, pudinků nebo dezertů, kde je jejich hlavní funkcí zabránit uvolňování syrovátky v průběhu skladování [100]. Hydrokoloidy lze využít také při výrobě tavených sýrů [43]. Zde se mohou využívat díky jejich schopnosti zajistit konzistenci vhodnou ke krájení či strouhání např. u blokových tavených sýrů [97,100,101,102]. Hydrokoloidy lze aplikovat při výrobě tavených sýrů také jako částečnou nebo úplnou náhradu tavicích solí. V publikovaných pracích patří mezi použité hydrokoloidy např. modifikovaný škrob, lokustová či xanthanová guma, pektin nebo karagenany [41,95,103,104]. Makroskopicky i mikroskopicky homogenního produktu dosáhli např. Černíková *et al.* [41] při použití κ - a ι -karagenanu o koncentraci 0,5–1,0 %, avšak výrobky byly označeny za příliš tuhé.

Použití hydrokoloidů v potravinářství však musí být důkladně zváženo, jelikož ne všechny hydrokoloidy jsou pro toto použití určeny (rozdílné pH a chemické složení potraviny, různá koncentrace iontů, skladovací podmínky aj.) a existují významné rozdíly v ovlivňování finální vlastnosti výrobku [97].

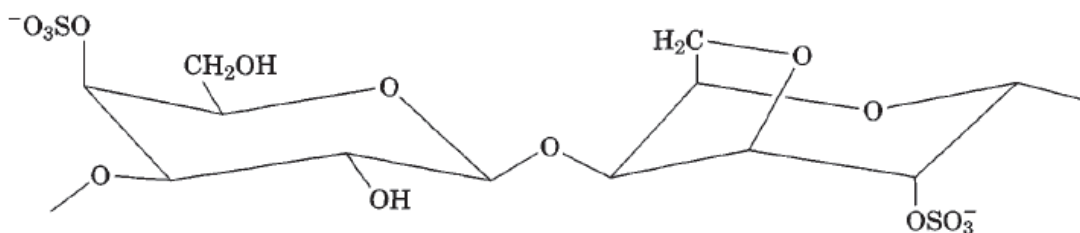
4.3.1 Karagenany

Karagenany jsou přírodní vysokomolekulární polysacharidy extrahované z červených mořských řas čeledi *Rhodophyceae*, přičemž nejvyužívanější jsou druhy *Eucheima cottonii* a *Eucheima spinosum* [97,105]. V kategorii přídatných látek je lze nalézt pod kódem E 407 [11].

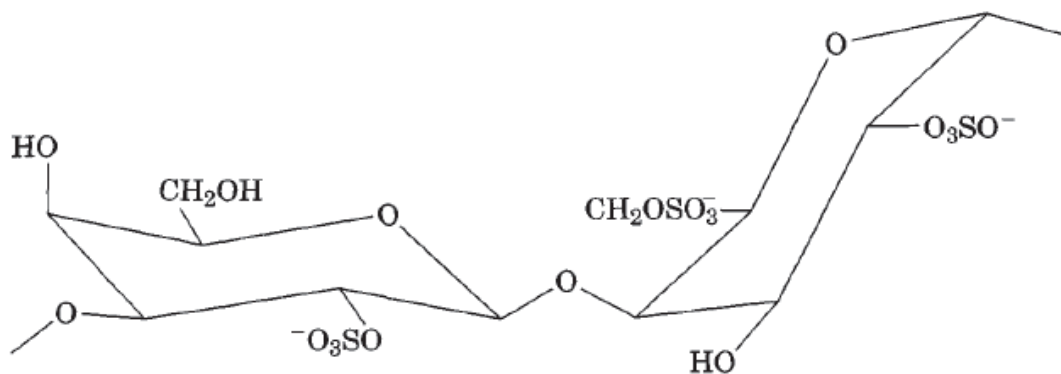
Základní stavební jednotku karagenanů tvoří disacharid karabióza složený ze stavebních jednotek β -D-galaktopyranózy a 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranózy. Základní jednotky jsou spojené α -(1 \rightarrow 3) a β -(1 \rightarrow 4) glykosidickými vazbami [100,106]. Existuje osm frakcí karagenanů, které se vzájemně liší počtem a polohou sulfátových skupin a označují se písmeny řecké abecedy [97]. Za nejvýznamnější jsou v potravinářství považovány 3 frakce, a to kappa-karagenan (κ ; Obr. 4.2), iota-karagenan (ι ; Obr. 4.3) a lambda-karagenan (λ ; Obr. 4.4) [41,86]. Molekula κ -karagenanu obsahuje jednu sulfátovou skupinu na jednotce karabiózy, ι -karagenan dvě a λ -karagenan tři [86].



Obr. 4.2: *Strukturní vzorec kappa-karagenanu [107]*



Obr. 4.3: *Strukturní vzorec iota-karagenanu [107]*



Obr. 4.4: *Strukturní vzorec lambda-karagenanu [107]*

Karagenany se také dělí podle rozpustnosti a schopnosti tvořit gel [108]. Z hlediska rozpustnosti karagenanů je důležitý především poměr hydrofilních hydroxylových a sulfátových skupin a hydrofobních 3,6-anhydrogalaktózových zbytků, ale také pH prostředí, přítomnost iontů a teplota [86]. Lambda-karagenan (díky vysokému obsahu sulfátových skupin) a sodné soli κ - a ι -karagenanů jsou rozpustné i ve studené vodě. Lambda-karagenan vytváří viskózní roztoky, ale není schopen tvořit gel. Naproti tomu κ - a ι -karagenan jsou vzhledem k vyššímu zastoupení hydrofobních skupin na úkor hydrofilních méně rozpustné a při vysokých teplotách vykazují spíše tekutou konzistenci, zatímco při teplotách v rozmezí 40–60 °C v závislosti na obsahu kationů jsou schopny vytvářet gel [100,109].

Karagenany (zejména κ - a ι -karagenan) jsou pro svou schopnost tvořit gel významnou součástí potravinářského průmyslu. Jednotlivé frakce vytvářejí odlišný gel nebo tuto schopnost nemají vůbec. Ve stavu solu se karagenany nacházejí v neuspořádané formě, v podobě náhodně svinutých globulí. Jsou-li sousední polymerní řetězce po ochlazení schopny asociovat, dochází ke změně struktury karagenanu z neuspořádané formy do uspořádané, helikální formy. Následně tyto helixy vytvářejí supramolekulární struktury a jsou základem tvorby karagenanových gelů [86,110]. Tvorba gelů probíhá ve dvou fázích. V první fázi vznikají uspořádané šroubovice, které následně při teplotách okolo 40–50 °C agregují za vzniku trojrozměrné sítě [97]. Kappa-karagenan vytváří pevný, křehký gel, ι -karagenan vytváří měkký, elastický gel a λ -karagenan gel netvoří [106,110,111]. Lambda-karagenan netvoří šroubovici, ale nachází se díky poloze a počtu sulfátových skupin v tzv. cik-cak konformaci [86]. Z toho vyplývá, že λ -karagenan není sám schopen vytvářet stabilní gely [112]. Síla gelů závisí na přítomnosti kationtů neutralizujících záporně nabitě sulfátové skupiny.

Vzdálenost jednotlivých sulfátových skupin je důležitým faktorem ovlivňující interakce mezi karagenany a kaseinovými micelami. Tyto interakce závisí také na tzv. teplotě přechodu (ang. *coil-to-helix transition*), tedy teplotě, při níž

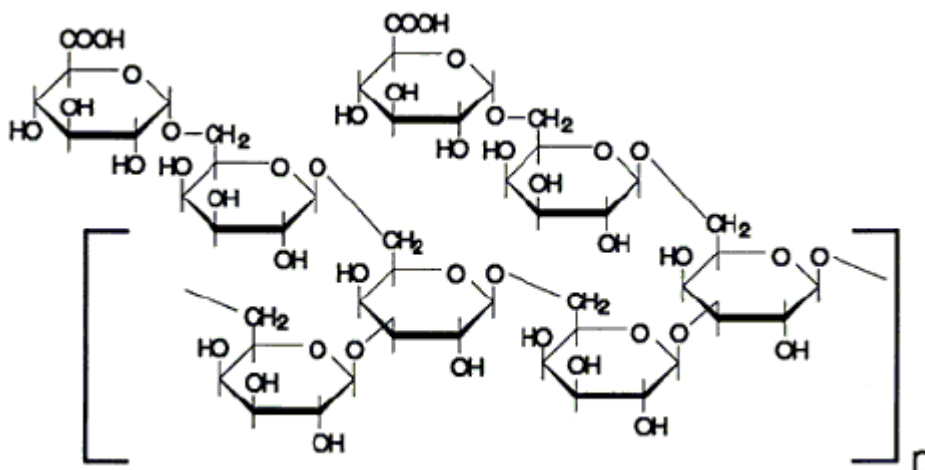
dochází ke strukturním změnám karagenanu z neuspořádané do uspořádané formy [113]. Vysvětlení lze hledat v hustotě elektrostatického náboje v molekule karagenanů, která je dána vzdáleností mezi sulfátovými skupinami [25]. Langendorff *et al.* [113] uvádí, že je-li κ -karagenan, resp. ι -karagenan v helikálním uspořádání, pak je vzdálenost sulfátových skupin 0,4 nm, resp. 0,2 nm, zatímco v neuspořádaném stavu se tyto vzdálenosti zvětšují na 1,0 nm, resp. 0,5 nm. Helikální uspořádání zvyšuje elektrostatické interakce mezi karagenany a κ -kaseinem [113,114,115]. U λ -karagenanu je tato vzdálenost 0,3 nm již v neuspořádaném stavu. Komplexy hydrofilního karagenanu s hydrofobními kaseinovými částicemi mohou také působit jako emulgátory tuku [113].

V mléčném průmyslu nacházejí karagenany své uplatnění také jako zahušťovadla, stabilizátory a emulgátory mléčných nápojů, tavených sýrů, zmrzlin, dezertů a jiných mlékárenských výrobků [108]. Dále také mohou stabilizovat emulze šlehaných výrobků, pasterovaných či sterilovaných mlék a zlepšovat tím organoleptické vlastnosti výrobků [116,117]. Někteří výrobci využívají karagenany pro snadnější oddělení výrobku od hliníkového obalu. Gustaw & Mleko [43] ve své studii uvádí snížení lepivosti taveného sýra k hliníkové obalové folii po aplikaci 0,21 % (w/w) κ -karagenanu.

4.3.2 Arabská guma

Arabská guma neboli také guma Acacia je produktem stromů akácie – *Acacia senegal* a *Acacia seyal* [118,119,120]. Jde v podstatě o pryskyřici získanou z mízy stromu. Guma vytéká z poškozených míst stromu obvykle 5 i více let. Lepkává gumovitá látka zasychá na větvích, kde vytváří tvrdé uzliny, ty se pak ručně sbírají a třídí [121]. Dle platné legislativy týkající se přídatných látek nese arabská guma označení E414 [11].

Arabská guma je ve vodném roztoku mírně kyselý polysacharid s rozvětveným řetězcem viz. Obr. 4.5 [118,121]. Arabská guma nevytváří gely, ale mírně viskózní roztoky i při vysokých koncentracích [97,108]. Viskozita roztoků závisí na hodnotě pH, přičemž nejvyšších hodnot je dosaženo při pH 5,0–5,5 [122]. Hlavní i vedlejší řetězce jsou složeny z jednotek β -D-galaktopyranózy spojených vazbou β -(1 \rightarrow 3). Oba řetězce jsou k sobě vzájemně připojeny vazbou β -(1 \rightarrow 6). Obsahují od dvou do pěti jednotek α -L-arabinofuranózy, α -L-rhamnopyranózy, β -D-glukuronopyranózy a 4-O-methyl- β -D-glukuronopyranózy připojených především na konci řetězce [97,121].



Obr. 4.5: *Strukturní vzorec arabské gummy [123]*

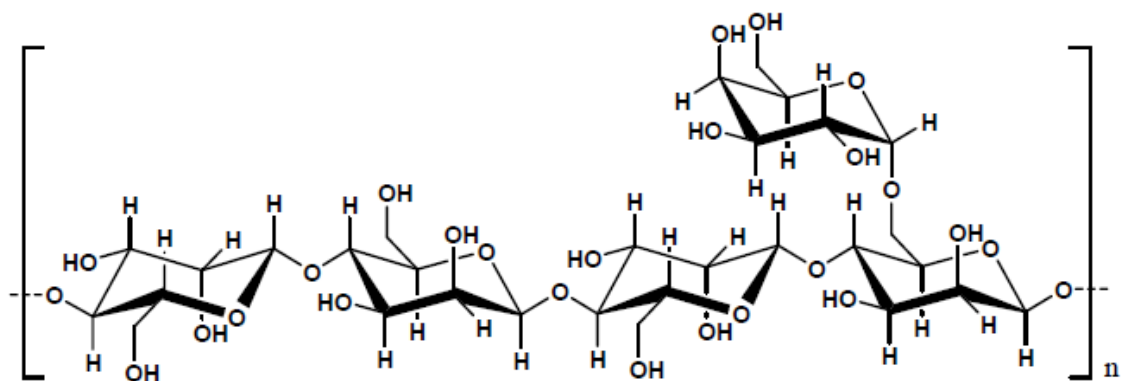
Yadav *et al.* [120] se zabývali studií přidavku arabské gummy do pomerančové emulze, kde působila jako dobrý emulgátor při koncentraci 12 % a více. Yadav *et al.* [120] uvádí, že arabská guma obsahuje přibližně 2 % (w/w) bílkovin, což by mohlo poukazovat na její případné emulgační schopnosti. Emulgační schopnost některých hydrokoloidů dokládá také Garti & Leser [98].

Typické využití arabské gummy lze nalézt v nápojovém a potravinářském průmyslu. Jako většina rostlinných gum má také arabská guma široké uplatnění především jako stabilizující, zahušťující a emulgační činidlo např. při výrobě sirupů či želatinových cukrovinek. Přídavek arabské gummy se pohybuje v rozmezí 0,10–0,50 % [123]. Mimo jiné se ale hojně využívá např. v kosmetickém či farmaceutickém průmyslu [121].

4.3.3 Lokustová guma

Lokustová guma (LBG) nebo-li karobová guma, karubin či svatojánský chléb patří do skupiny galaktomananů. Pochází ze semen stromu rohovníku (*Ceratonia siliqua*) a k její výrobě se využívá pouze jeho endosperm [124,125,126]. Do skupiny přídatných látek se řadí pod kódem E410 [11].

Základní stavební jednotky lokustové gummy tvoří molekuly β -D-mannózy vzájemně spojené vazbou β -(1→4), z nichž každá čtvrtá jednotka mannózy je substituována α -D-galaktózou připojenou α -(1→6) vazbou (Obr. 4.6). Poměr mannózy a galaktózy se pohybuje mezi 3,6–4,2 [110,127]. Postranní řetězce obsahují části nesubstituovaných β -D-manozapyranózových jednotek [127,128].



Obr. 4.6: Strukturální vzorec lokustové gummy [129]

LBG je částečně rozpustná ve studené vodě, ale zcela rozpustná při teplotách nad 80 °C [125]. Využívá se především jako zahušřovadlo, stabilizátor, emulgátor, modifikátor viskozity a má také schopnost vázat volnou vodu [124,130,131]. Vliv na rozpustnost LBG má obsah galaktózy, resp. poměr manózy a galaktózy, jenž se mění v závislosti na stáří suroviny, klimatických podmínkách a typu extrakce [132].

Lokustová guma samostatně gel netvoří, ale má synergický účinek za přítomnosti κ -karagenanu, kdy pomáhá dotvářet pevný a soudržný gel. Výhodu synergického účinku lze spatřovat ve vzájemné podpoře vlastností obou hydrokoloidů a v zesílení účinku tvorby gelu. Podobný účinek také vytváří ve spolupráci s xanthanovou gumou a agarem [127,133].

Využití lokustové gummy v potravinářství lze přisuzovat její schopnosti vytvářet vysoce viskózní roztoky již při velmi malých koncentracích. Lokustová guma je vhodná jako stabilizátor většiny zmrzlinových krémů [125]. Mimo jiné lze také lokustovou gumu použít jako stabilizátor tavených sýrů. Při výrobě tavených sýrů lze také aplikovat lokustovou gumu ve směsi s jinými gumami, např. guarovou gumou [70]. V literatuře lze nalézt také celou řadu publikací o přídavku lokustové gummy ve směsi s κ -karagenanem [105,128,133,134].

4.3.4 Škrob

Škrob je zásobní polysacharid, přirozeně se vyskytující v rostlinných buňkách ve formě škrobových zrn. Škrob je směsí dvou homopolysacharidů – amylozy a amylopektinu. Amylóza je lineární polymer disacharidu maltózy, složený z molekul α -D-glukopyranózy, spojených vazbou α -(1→4). Amylopektin je složen z řetězců α -D-glukopyranózy spojených vazbou α -(1→4), z nichž se po několika jednotkách rozvětvují vazbou α -(1→6) postranní řetězce [86]. Poměr amylozy a amylopektinu se odvíjí dle původu škrobu,

např. u bramborového škrobu je to poměr 1:4. Škrobová zrna jsou ve studené vodě nerozpustná a tvoří suspenzi. Během záhřevu dochází nejprve k nárůstu množství absorbované vody bez narušení celistvosti škrobových zrn. Po dosažení tzv. počáteční želatinační teploty nastává tzv. bobtnání zrn (ireverzibilní děj). Tepelným pohybem molekul se přerušují stávající vazby, molekuly vody pronikají amorfními oblastmi zrn a interagují s volnými vazebnými místy polymerů. Důsledkem hydratace a uvolnění amylozy z granulí roste viskozita a při dostatečné koncentraci škrobu vzniká škrobový maz. Ochlazením zbobtnaného škrobu viskozita opět roste, obnovují se vodíkové můstky mezi hydratovanými polymery a je-li koncentrace škrobu dostatečná, vzniká z tohoto solu trojrozměrná struktura zachycující velké množství vody tzv. škrobový gel [86,97,135,136].

Hlavními zdroji škrobu v potravinách jsou brambory (*Solanum tuberosum*), obiloviny, zejména pšenice (*Triticum aestivum*), žito (*Secale cereale*) nebo kukuřice (*Zea mays*). Své uplatnění nacházejí škroby u mnoha potravinářských komodit, kde významně ovlivňují či určují jejich texturu a funkční vlastnosti. Škroby slouží jako zahušťovadla, želírující látky, stabilizátory pěn či emulzí. Mimo jiné jsou také nepostradatelnou surovinou pro výrobu modifikovaných škrobů [86]. K modifikacím dochází za účelem úpravy vlastností a rozšíření použití přírodních škrobů. Dle Phillips & Williams [97] lze modifikace škrobů rozdělit na:

- zesíťené – náhrada slabých vodíkových vazeb kovalentními,
- stabilizované – náhrada některých hydroxylových skupin polysacharidů,
- přeměněné – použitím kyselé hydrolyzy nastává štěpení polymerů,
- předželatinované – pomocí fyzikálních procesů dojde k zbobtnání škrobů při vyšších teplotách.

Škroby lze aplikovat také při výrobě tavených sýrů a jejich analogů, zejména k úpravě konzistence či stabilizace trojrozměrné matrice. V případě analogů tavených sýrů lze také škroby použít k náhradě mléčných bílkovin, a tím snížit náklady při výrobě [25,72].

Hewitt & Ye [137] uvádí, že podstatný vliv na jakost finálního taveného sýra má množství přidaného škrobu. Přídavek škrobu do tavených sýrů studovala celá řada autorů [42,137,138]. Trivedi *et al.* [42] se zabývali přídavkem různých druhů škrobu do tavených sýrů. Z výsledků jejich práce vyplynulo, že při aplikaci škrobu je nutné zohlednit i případný vliv na chuť výsledného produktu a dle toho vybrat vhodný typ škrobu a jeho koncentraci. Jinou aplikací přírodních škrobů se zabývali také Mounsey & O'Riordan [138]. Výsledkem jejich práce bylo zjištění, že u výrobků klesala tavitelnost, což vysvětlují imobilizací vody zbobtnalým škrobem, částečnou dehydratací proteinů a zvýšením intenzity interakcí mezi proteiny, popřípadě mezi proteiny a škroby.

4.4 Monoacylglyceroly

Monoacylglyceroly (MAG) můžeme definovat jako parciální estery trojsytného alkoholu glycerolu, jenž mají ve své molekule vázanou mastnou kyselinu. Pokud je tato kyselina vázána esterovou vazbou na prvním, resp. druhém uhlíku glycerolu, jedná se o 1-MAG, resp. 2-MAG [139]. Poloha a typ mastné kyseliny navázané na molekulu glycerolu významně ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti MAG [86,140]. Podle charakteru navázané mastné kyseliny mohou být MAG ve formě kapalné či pevné. Kapalné MAG se většinou vyznačují bílým, slámovým až hnědým zbarvením s mírně olejovitou konzistencí. Pevné MAG mohou být ve formě vloček, prášku či korálků [141]. Teplota tání MAG je určena povahou a délkou uhlíkového řetězce kyselinového zbytku, kdy s rostoucím počtem atomů uhlíku v řetězci bod tání MAG stoupá. U MAG obsahujících ve své molekule nenasycené mastné kyseliny bod tání klesá s rostoucím počtem dvojných vazeb [142]. Monoacylglyceroly jsou rozpustné v polárních rozpouštědlech, jako je alkohol či aceton a nerozpustné ve vodě [143].

Monoacylglyceroly je možné vyrobit několika způsoby, z nichž lze jmenovat zejména glycerolýzu, parciální hydrolýzu triacylglycerolů, katalyzovanou specifickými lipázami, esterifikaci glycerolu mastnou kyselinou nebo selektivní adici mastné kyseliny na glycidol otevřením v epoxidovém kruhu [143].

Monoacylglyceroly resp. jejich deriváty jsou poměrně široce využívány v potravinářském průmyslu jako emulgační činidla. Uplatňují se při výrobě směsných emulgovaných tuků, mražených krémů, pekárenských či masných výrobků. Li *et al.* [144] doporučují použití monoacylglycerolů během výroby tavených omáček pro zvýšení rozpustnosti škrobu, soli a ostatních pevných ingrediencí. Aplikací vybraných 1-MAG (1-MAG C8:0, 1-MAG C10:0, 1-MAG C12:0, 1-MAG C16:0 a 1-MAG C18:0) o koncentraci 0,25 % (w/w) při výrobě tavených sýrů se zabývali např. Buňka *et al.* [145]. Výsledky jejich práce ukázaly, že s rostoucím počtem uhlíků v molekule MAG se zvyšuje tuhost a klesá roztíratelnost daných výrobků. Vysvětlení lze zřejmě hledat v emulgační schopnosti nasyčených 1-monoacylglycerolů, která se zvyšuje právě s rostoucím počtem uhlíku v řetězci mastné kyseliny [140].

Monoacylglyceroly patří mezi běžně využívané emulgátory v potravinářském průmyslu. Tyto látky obsahují hydrofilní skupinu, která má vysokou afinitu k vodné fázi a lipofilní skupinu, která je naopak přitahována k olejové fázi. Termínem emulgátory lze obecně definovat povrchově aktivní látky, které jsou schopné adsorbovat se na povrchové vrstvy dvou nemísitelných kapalin a chránit tyto emulze proti agregaci [146]. Tyto látky umožňují vznik emulze a její stabilizaci tím, že snižují mezifázové napětí a zabraňují či zpomalují shlukování kapek [147].

Vlastnosti jednotlivých MAG může určovat také jejich HLB (hydrofilně-lipofilní rovnováha, *ang. hydrophile-lipophile balance*) hodnota. Jedná se o poměr vlivu hydrofilní a lipofilní části molekuly povrchově aktivní látky na její vlastnosti. Hodnota je úměrná poměru rozpustností povrchově aktivní látky ve vodné a v olejové fázi [148]. Hodnotu HLB jednotlivých povrchově aktivních látek lze stanovit dle počtu jejich hydrofilních a lipofilních skupin (příklad výpočtu viz Příloha C). Vzorec pro stanovení HLB je uveden v rovnici (1), kde HS udává počet hydrofilních skupin a LS počet lipofilních skupin [146]:

$$HLB = 7 + \sum(HS) - \sum(LS) \quad (1)$$

Povrchově aktivní látky s hodnotu HLB 3–6 jsou převážně hydrofobní, rozpouští se přednostně v oleji a stabilizují emulzi typu voda v oleji. Povrchově aktivní látky s hodnotou HLB 10–18 jsou převážně hydrofilní, rozpouští se ve vodě a stabilizují emulze typu olej ve vodě. Povrchově aktivní látky se střední hodnotou HLB 7–9 nevykazují přednostně rozpustnost jak v oleji tak ani ve vodě a jsou všeobecně považovány za dobré emulgátory [146].

Tab. 1: Přehled HLB hodnot vybraných běžně používaných potravinářských emulgátorů

Typ MAG	Hodnota HLB
sojový lecitin	8,0
MAG kyseliny kaprinové	5,8
MAG kyseliny laurové	5,2
MAG kyseliny myristové	4,9
MAG kyseliny palmitové	4,7
MAG kyseliny stearové	3,8
MAG kyseliny olejové	3,8
kyselina olejová	1,0

[upraveno dle 146]

5 CÍL PRÁCE

Cílem dizertační práce bylo studovat texturní vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů a faktory, které je mohou ovlivňovat. Mezi tyto faktory můžeme zařadit rozdílné zastoupení mastných kyselin v použitém tuku, obsah sušiny a tuku v sušině, použité hydrokoloidy či monoacylglyceroly. Pro dosažení tohoto základního cíle byly stanoveny dílčí cíle:

- popsat technologii výroby tavených sýrů a jejich analogů,
- charakterizovat tavené sýry a jejich analogy o různé konzistenci,
- popsat vlastnosti a technologii výroby vybraných tuků a olejů využívaných při výrobě,
- laboratorně vyrobit modelové tavené sýry a jejich analogy s použitím tuků s různým zastoupením mastných kyselin a u vybraných modelových vzorků sledovat vývoj tvorby gelu v průběhu chladnutí,
- provést texturní analýzu ke zhodnocení texturních vlastností vybraných výrobků,
- studovat vliv vybraných hydrokoloidů na texturní vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů
- u vybraných vzorků provést základní chemický rozbor pH a stanovit obsah sušiny,
- u vybraných vzorků s obsahem tuků s různým zastoupením mastných kyselin provést obrazovou analýzu se zaměřením na velikost a plochu tukových kuliček
- s využitím senzorické analýzy porovnat vzorky vyrobené s rozdílným použitím tuku při výrobě,
- provést test roztékavosti u vzorků s rozdílným druhem tuku a rozdílným obsahem sušiny a tuku v sušině,
- aplikovat řadu monoacylglycerolů a hydrokoloidů do tavených výrobků s nízkým obsahem sušiny (tavené omáčky) a sledovat změny viskozity.

6 ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

6.1 Fáze dizertační práce

Dizertační práce byla rozdělena do pěti experimentálních fází:

- Fáze 1 - výroba tavených sýrů a jejich analogů s použitím tuků s různým zastoupením mastných kyselin
- Fáze 2 - u vybraných variant vzorků z první fáze sledovat tvorbu gelu po aplikaci hydrokoloidů v průběhu chlazení vzorků pomocí dynamické oscilační reometrie
- Fáze 3 - na základě výsledků z první fáze byl dále vybrán palmový tuk, který byl využíván při sledování texturních vlastností tavených sýrů a jejich analogů s použitím vybraných hydrokoloidů o různé koncentraci
- Fáze 4 - výroba blokových a roztíratelných tavených sýrů s přídavkem hydrokoloidů různého typu
- Fáze 5 - výroba tavených výrobků s nízkým obsahem sušiny, přídavek 1-monoacylglycerolů a hydrokoloidů a porovnání viskozity s kontrolními vzorky

6.2 Výroba vzorků

Pro jednotlivé fáze experimentální části dizertační práce byly vyrobeny vzorky tavených sýrů a jejich analogů o různé surovinové skladbě. Všechny vzorky však byly vyrobeny za pomoci tavicího zařízení Vorwerk Thermomix TM 31 (Vorwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Německo). Připravené suroviny byly odváženy dle specifické surovinové skladby a následoval samotný proces tavení. Aplikovaná tavicí teplota 90 °C byla udržována po dobu 1 minuty. Takto utavené produkty byly za horka plněny do válcových polypropylenových obalů (výška 50 mm, průměr 52 mm) a uzavřeny přivařitelným hliníkovým víčkem. Modelové vzorky, které byly podrobeny mikroskopické analýze obrazu, byly plněny do obdélníkových polystyrénových vaniček (šířka 66 mm, délka 96 mm, výška 17 mm). Ochlazený produkt byl dále chladírensky skladován při 6 ± 2 °C do doby provedení analýz.

6.2.1 Výroba vzorků ve Fázi 1

Cílem Fáze 1 bylo posoudit vliv vybraných tuků s různým zastoupením mastných kyselin na texturní vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů. Vzorky byly podrobeny texturní analýze se zaměřením na tvrdost, relativní lepidlost a kohezivnost. Vzorky byly před měřením temperovány 4 hodiny při teplotě 18 ± 1 °C. Dále bylo provedeno měření hodnoty pH a roztékavosti. Dané parametry byly měřeny 1., 3., 7., 10., 14. a 28. den po výrobě. Dny, ve kterých probíhaly analýzy, byly zvoleny s ohledem na co největší pokrytí změn texturních vlastností tavených sýrů a jejich analogů v rámci měsíčního skladování. Po 14ti a 28ti dnech bylo provedeno stanovení obsahu sušiny a sensorické hodnocení s důrazem na sledovaný znak „off-flavour“. Na konci doby skladování (tj. 28 den) byla u všech vzorků provedena obrazová analýza s cílem posoudit homogennost daných výrobků a zjistit celkovou plochu tukových kuliček.

Modelové vzorky tavených sýrů a jejich analogů byly vyrobeny s obsahem sušiny 40 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 40, 45 a 50 % (w/w). Mezi hlavní suroviny patřily Eidamská cihla 30 % (w/w) TVS v osmitýdenním stupni zralosti, máslo (komerčně zakoupeno; 82 % (w/w) tuku, 16 % (w/w) vody), pitná voda a tavicí soli (Fosfa a. s., Břeclav). Jednalo se o dihydrogenmonofosforečnan disodný – DSP, difosforečnan tetrasodný – TSPP a polyfosforečnan sodný – POLY (*Tab. 2*) v poměru 20:15:65; celkový přídavek byl 2,5 % (w/w).

Tab. 2: Registrační čísla CAS použitých tavicích solí

Sloučenina	Vzorec	Registrační číslo CAS
Dihydrogenmonofosforečnan disodný (DSP)	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	10028-24-7
Difosforečnan tetrasodný (TSPP)	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	7722-88-5
Polyfosforečnan sodný (POLY)	$(\text{NaPO}_3)_n$	10361-03-2

[upraveno podle 149]

Kontrolní vzorky byly vyrobeny s obsahem másla. Jako náhrady másla (M) byly použity 100% tuky s různým zastoupením mastných kyselin, a to kokosový (K), mléčný (MT), palmový tuk (PT) a rostlinný polotuhý olej (O) (komerčně získané tuky; Hobum, Oele und fette, Hamburg, Germany). Každá skupina vzorků byla vyrobena dvakrát.

Tab. 3: Procentuelní zastoupení mastných kyselin (poměr nasycených, mononenasycených a polynenasycených) ve vybraných tucích

Tuk	Poměr mastných kyselin		
	SAFA (%)	MUFA (%)	PUFA (%)
máslo	60–70	30–35	3–5
kokosový tuk	85–95	5–10	1–5
mléčný tuk	60–70	25–35	3–5
rostlinný polotuhý olej	20–30	25–30	50–60
palmový tuk	45–55	25–35	8–15

[upraveno dle 86]

6.2.2 Výroba vzorků ve Fázi 2

Fáze 2 byla zaměřena na sledování tvorby gelu v průběhu chladnutí u analogů tavených sýrů s přidavkem hydrokoloidů pomocí dynamické oscilační reometrie a studovat jak vzniklá trojrozměrná matrice ovlivňuje texturní vlastnosti modelových vzorků. Pro měření byla využita geometrie typu válec-válec. Vzorky analogů tavených sýrů byly vyrobeny s obsahem sušiny 30 % (w/w) a 50 % (w/w) TVS, do kterých byl přidáván κ -, ι -, λ - karagenan, arabská (AG) nebo lokustová guma (LG) (Tab. 4). Tyto hydrokoloidy byly aplikovány v koncentraci 1,0 % (w/w). Při testování nižších koncentrací hydrokoloidu nemohla být gelace vzorků s dostatečnou citlivostí detekována (zjištěno

při pilotních zkouškách). Obsah sušiny vzorků byl oproti první fázi snížen, jelikož při původním obsahu sušiny (40 %) byla matrice vzorků pro daný experiment příliš tuhá.

Tab. 4: Registrační čísla CAS použitých hydrokoloidů

Použitý hydrokoloid	Registrační číslo CAS
Kappa-karagenan	11114-20-8
Iota-karagenan	9062-07-1
Lambda-karagenan	9064-57-7
Arabská guma	9000-01-5
Lokustová guma	9000-40-2

[upraveno podle 149]

Na základě výsledků získaných z Fáze 1 byly vybrány kokosový a palmový tuk (komerčně získané tuky; Hobum, Oele und fette, Hamburg, Germany). Tuky byly vybrány na základě rozdílného zastoupení mastných kyselin (*Tab. 3*) oproti máslu (komerčně zakoupeno).

Hlavní surovinou pro výrobu vzorků byl kasein získaný sladkým vysrážením (tzv. rennet kasein). Kasein byl vybrán z toho důvodu, aby bylo možné zajistit mnohem kontrolovanější podmínky při výrobě u všech prováděných taveb. Kasein byl smíchán s polovinou objemu deionizované vody a byl hydratován po dobu 2 minut při teplotě 40 °C. Poté byl přidán tuk, tavicí soli (DSP, TSPP a POLY v poměru 20:15:65; celkový přídavek byl 2,5 % (w/w)), hydrokoloidy, zbývající objem deionizované vody a celá směs byla následně zahřívána až na tavicí teplotu (90 °C). Horká tavenina byla nalita do měřicí geometrie a zbývající část byla plněna do kelímků, uzavřena a chladírensky skladována. Vzorky byly zchlazeny do dvou hodin od výroby na teplotu 6 ± 2 °C. Každá šarže byla vyrobena dvakrát.

Vzorky byly mimo jiné podrobeny texturní analýze se zaměřením na tvrdost. Dále bylo provedeno stanovení obsahu sušiny a hodnoty pH. Každá šarže byla utavena dvakrát, pro účely texturní analýzy byly odebírány 3 kelímky, tj. celkem šest analýz pro každý vzorek.

6.2.3 Výroba vzorků ve Fázi 3

Cílem Fáze 3 bylo studovat vliv druhu a koncentrace hydrokoloidů na vybrané texturní parametry (tvrdost, kohezivnost, relativní lepivost) tavených sýrů a jejich analogů. Modelové vzorky byly vyráběny s obsahem sušiny 40 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 50 % (w/w). Mezi základní suroviny patřily Eidamská cihla, tavicí soli (DSP, TSPP a POLY v poměru 20:15:65;

celkový přídavek byl 2,5 % (w/w)), palmový tuk nebo máslo. Hydrokoloidy (arabská guma, lokustová guma; Sigma Aldrich, Inc., St. Louis, USA) byly aplikovány o koncentraci 0,10; 0,25 a 0,50 % (w/w). Finální koncentrace hydrokoloidů byla zvolena při pilotních zkouškách. Kontrolní vzorky byly vyrobeny bez aplikace hydrokoloidů

Vzorky byly podrobeny texturní analýze, a to 1., 14. a 28. den po výrobě. K analýze textury byly odebírány vždy tři kelímky z jedné tavby (celkem byly taveny dvě tavby od každého vzorku, tj. celkem šest analýz od jednoho vzorku).

6.2.4 Výroba vzorků ve Fázi 4

Vliv hydrokoloidů na texturní vlastnosti tavených sýrů byl sledován také ve Fázi 4. Pro tuto fázi byly vyrobeny roztíratelné tavené sýry (obsah sušiny 40 % (w/w) a obsah TVS 50 % (w/w)) a blokové tavené sýry (obsah sušiny 45 % (w/w) a 35 % (w/w) TVS). Hydrokoloidy byly přidávány o koncentraci 0,30 % (w/w) (arabská guma, lokustová guma a κ -karagenan). Kappa-karagenan byl vybrán pro srovnání, jelikož právě tento hydrokoloid se běžně využívá při výrobě tavených sýrů pro snížení lepivosti. Koncentrace hydrokoloidů byla volena na základě výsledků z Fáze 3.

Základní surovinou byla Eidamská cihla ve čtyřtýdenním (blokové tavené sýry) a osmitýdenním (roztíratelné tavené sýry) stupni zralosti. U všech vzorků byl jako kontrolní tuk použito máslo (komerčně zakoupeno; 82 % (w/w) tuku a 16 % (w/w) vody), dále tavicí soli (TSP a citran trisodný v poměru 20:80; celkový přídavek byl 2,5 % (w/w); Fosfa a. s., Břeclav). Citran trisodný jako tavicí sůl byl zvolen díky jeho specifickým vlastnostem, mezi které patří např. snížení hodnoty pH či tvorba tužší a lomivé konzistence finálních tavených sýrů [28].

Vzorky byly podrobeny texturní analýze za použití 3 typů sond (Příloha F) (cylindrická sonda o průměru 20 mm (P20), kónická sonda s úhlem 40° (P40c) a desková sonda o průměru 100 mm (P100)). Sondy byly vybrány s ohledem na předchozí studie texturních vlastností potravin, které popisují také [150]. Sledovanými texturními parametry byly tvrdost, kohezivnost a relativní lepivost. Každý vzorek byl měřen dvakrát. Vzorky byly měřeny po 14ti a 30ti dnech skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Zvolené dny, ve kterých probíhalo měření byly redukovány oproti Fázi 3, aby byly lépe patrné změny texturních parametrů v závislosti na době skladování. Každá varianta vzorků byla vyrobena dvakrát.

6.2.5 Výroba vzorků ve Fázi 5

Hlavním cílem Fáze 5 bylo vyrobit vzorky tavených omáček s přídavkem 1-monoacylglycerolu nebo hydrokoloidu a sledovat změny viskozity. Jedná

seo tekuté výrobky, které se vyznačují nízkým obsahem sušiny. Obsah sušiny modelových vzorků byl 24 % (w/w) a obsah TVS 40 % (w/w). Základní surovinou byl kaseinát sodný (Natura Food Additives, a.s., Praha, Česká republika), pitná voda, rostlinný polotuhý olej (komerčně získaný; Hobum, Oele und fette, Hamburg, Germany), bramborový škrob 2,0 % (w/w) (Natura a. s., Havlíčkův Brod, Česká republika), chlorid sodný 0,50 % (w/w), tavicí soli 2,5 % (w/w) (DSP a citran trisodný; v poměru 80:20) a 1-monoacylglyceroly či hydrokoloidy. Rostlinný polotuhý olej byl vybrán díky specifickému zastoupení mastných kyselin, aby byla zachována polotekutá konzistence výrobku. Kaseinát sodný jako základní surovina byl vybrán na základě pilotních testů. S původně používanou Eidamskou cihlou nebyly vyrobeny dostatečně homogenní vzorky.

Kaseinát sodný byl nejprve smíchán s polovičním množstvím pitné vody a hydratován po dobu 2 minut při teplotě 40 °C. Následně byly přidány ostatní suroviny a nakonec byl přidán zbytek pitné vody. Poté byla směs zahřívána až na tavicí teplotu, která byla udržována po dobu 1 minuty. Každý vzorek byl utaven dvakrát. U vzorků byla provedena základní chemická analýza (obsah sušiny, pH), pro jejíž účely byl každý vzorek analyzován dvakrát.

V případě kontrolního vzorku byl namísto 1-monoacylglycerolu aplikován lecitin (Alchimica, Praha, Česká republika). Pro výrobu byla použita ucelená řada 1-MAG. Jednalo se o 1-MAG C10:0, 1-MAG C12:0, 1-MAG C14:0, 1-MAG C16:0, 1-MAG C18:0 a 1-MAG C18:1 jako zástupce nenasycené kyseliny. 1-MAG byly připraveny dle metodiky Janiš *et al.* [143] a byly aplikovány o koncentraci 0,25 a 0,50 % (w/w).

Kromě výroby tavených omáček s přídavkem 1-MAG byly vyráběny také tavené omáčky s přídavkem různého typu a koncentrace hydrokoloidů. Jednalo se o arabskou a lokustovou gumu, κ - a ι -karagenan (Sigma Aldrich, Inc., St. Louis, USA). Tyto hydrokoloidy byly přidávány o koncentraci 0,30–1,20 % w/w s krokem po 0,10 % (w/w). Kontrolní vzorky byly vyrobeny bez přídavku daných hydrokoloidů, pouze s použitím bramborového škrobu, a to v množství 2 % (w/w) na celkovou hmotnost surovinové skladby. Vzorky tavených omáček s přídavkem 1-MAG a vybraných hydrokoloidů byly následně podrobeny senzoričkému hodnocení se zaměřením na homogenitu vzorků. Teprve homogenní vzorky byly následně podrobeny měření viskozity, ke které byly odebírány vždy dva kelímky z jedné tavby. Každý kelímeček byl analyzován třikrát (celkem byl tedy jeden vzorek analyzován šestkrát). Měření viskozity bylo prováděno 7. den po výrobě, aby bylo možné zjistit případnou destabilizaci jednotlivých fází.

6.3 Základní chemická analýza

Obsah sušiny byl stanoven po vysušení vzorku do konstantního úbytku hmotnosti [151]. Hodnota pH byla měřena za pomoci vpichového pH metru (pH Spear, Eutech Instruments, Oakton, Malajsie) při teplotě skladování. Každý vzorek byl pro stanovení obsahu sušiny i měření pH hodnocen vždy dvakrát ze dvou kelímků, tj. celkem čtyři analýzy pro jeden vzorek.

6.4 Reologické charakteristiky

6.4.1 Dynamická oscilační reometrie

Dynamická oscilační reometrie byla provedena pomocí přístroje Bohlin Gemini (Malvern Instruments, Velká Británie) na pracovišti Centra polymerních materiálů, Fakulty technologické, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Ve druhé experimentální fázi byla pro měření tuhoucích křivek zvolena geometrie válec-válec, kde vnitřní průměr válce byl 14 mm a štěrbina byla 0,7 mm široká. Frekvence oscilace byla 1 Hz a amplituda smykového napětí činila 20 Pa. Vzorek byl nalit do vytemperované geometrie (85 °C) ihned po utavení a následně byl chlazen rychlostí 2 °C·min⁻¹ na teplotu 10 °C. Mezi základní sledované parametry patřily elastický (G') a ztrátový (G'') modul, z nichž byl následně spočten dle vzorce (2) modul pružnosti (G^*):

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

6.4.2 Měření viskozity

K měření viskozity byl použit rotační viskozimetr Brookfield DV-III Ultra (Brookfield Engineering Lab., Inc., Stoughton, MA, USA) se softwarem Rheocalc V3 (Brookfield Engineering Lab., Inc., Stoughton, MA, USA). Vzorky byly před měřením temperovány 1 hod při teplotě 40 ± 1 °C. Poté bylo přibližně 15 g vzorku nalito do vytemperované geometrie (válec-válec). Měření probíhalo rovněž při teplotě 40 ± 1 °C. Rychlost otáčejícího se vřetena (SC4-18) byla 5·10⁻² rad·s⁻¹. Z každé šarže byly k měření odebrány 2 kelímky a každý kelímek byl měřen třikrát, tj. 6 měření pro každý vzorek.

6.5 Texturní analýza

V rámci analýzy textury byl využíván texturní analyzátor TA.XTplus (Stable Micro Systems, Ltd., Velká Británie) vybavený 30kg měřicí celou. Analýza textury byla využívána u všech vzorků s výjimkou páté fáze experimentu.

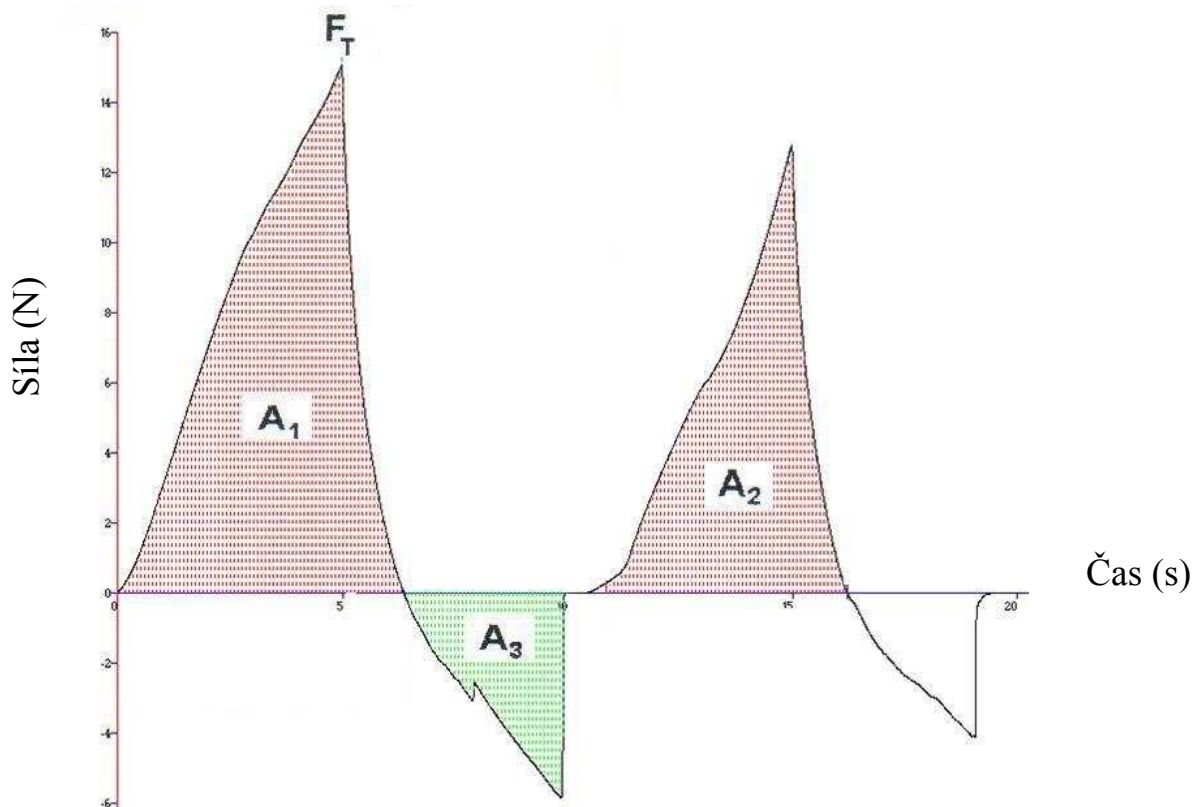
Texturní analýza byla provedena dvěma po sobě následujícími penetracemi (resp. kompresemi v případě blokových tavených sýrů ve Fázi 4), které simulují stlačení zubních stoliček. Pro měření byla použita cylindrická nerezová sonda o průměru 20 mm, ve Fázi 4 navíc kónická sonda o úhlu 40° – pro roztíratelné tavené sýry a desková sonda o průměru 100 mm – pro blokové tavené sýry. Rychlost sondy byla $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ a pronikala do hloubky 10 mm (zahájení měření při síle odpovídající 5 g). V případě blokových tavených sýrů měřených deskovou sondou byl ze vzorku taveného sýra vyřezán válec o průměru 40 mm a výšce 20 mm. Vzorek byl umístěn na desku přístroje a stlačován rychlostí $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ sondou o průměru 100 mm o 25 % své výšky. Sledované vybrané texturní parametry jsou popsány v jednotlivých fázích experimentu.

Všechny tři sondy jsou běžně využívány při měření texturních vlastností tavených sýrů. Kónická sonda je zvláště vhodná pro měření lepivosti [150]. Zbývající sondy jsou vhodné především na měření tvrdosti [5,135].

Mezi hlavní sledovaný texturní parametr patřila tvrdost, jež je definována jako maximální síla potřebná k dosažení požadované deformace [23,66,152]. Na *Obr. 6.1* je tvrdost vyjádřena jako F_T – maximum prvního píku.

Dále byla měřena lepivost, která udává sílu potřebnou k odstranění látky, která přilne k ústům nebo podkladu [153]. Fiszman & Damasio [150] uvádí, že parametr lepivosti lze jen obtížně srovnávat se senzorickými vlastnostmi. Po odeznění prvního cyklu a následném vytahování sondy ze vzorku lze očekávat postranní odpor materiálu, který bude mimo jiné záviset také na síle měřeného gelu. Právě díky různé síle vzniklých gelů modelových vzorků tavených sýrů a jejich analogů bychom získali paradoxně vyšší hodnoty lepivosti pro vzorky s vyšší tvrdostí. Z toho důvodu byla vypočtena tzv. relativní lepivost, která se získá poměrem absolutní hodnoty plochy záporného píku ku ploše prvního píku (viz. *Obr. 6.1* - A_3/A_1).

V neposlední řadě byla měřena kohezivnost nebo-li soudržnost, udávající sílu vnitřních vazeb [35,153]. Kohezivnost je dána poměrem plochy píku druhého cyklu ku ploše píku prvního cyklu (viz. *Obr. 6.1* – A_2/A_1) [154].



Obr. 6.1: Zátěžová křivka závislosti síly (N) deformace v závislosti na čase
[upraveno dle 155]

6.6 Mikroskopická analýza obrazu

Mikroskopická analýza obrazu byla využita u Fáze 1. Obrazová analýza modelových vzorků tavených sýrů a jejich analogů byla realizována na Ústavu rostlinné produkce a vegetabilních potravin na Fakultě veterinární hygieny a ekologie, Veterinární a farmaceutické univerzity v Brně. Příprava vzorků pro obrazovou analýzu probíhala dle Černíkové *et al.* [99]. Vzorky byly analyzovány 28. den skladování (6 ± 2 °C). Použitím zmrazovacího mikrotomu Microm HM 550 (Microm International GmbH, Walldorf, Německo) byly vzorky zmrazeny na teplotu -30 °C a poté nařezány pomocí mikrotomu na plátky o rozměrech 10×10 mm. Síla jednoho řezu byla 7 μm a z jednoho vzorku byly připraveny 3 řezy, které byly přichyceny na mikroskopické sklo a sušeny 12 h při laboratorní teplotě 23 ± 2 °C. Takto vysušené vzorky byly barveny Sudanem III (tukové kuličky byly zbarveny oranžově) na zvýraznění tukových kuliček. Nakonec byly vzorky fixovány glycerol-želatinovým roztokem. Následně byly vzorky pomocí světelného mikroskopu (Nicon Eclipse 2000 microscope, zvětšení 125x, Nikon, Tokio, Japonsko) opticky rozděleny na 5 horizontálních vrstev (vrstva 1 - nejbliže víčku, vrstva 5 - nejbliže dnu

kelímku). Z každé vrstvy byly pořízeny 2 fotografie oblasti 2 mm² (Canon PowerShot A620 camera, Canon, Tokyo, Japonsko; skenovací program PSRemote verze 1.5.2., Breeze Systems Limited, Bagshot, Velká Británie). Fotografie byly podrobeny obrazové analýze (ACC Scientific Image Analyzer, version 6.0, Sofo, Brno, Česká Republika). Sledována byla plocha (průměrná velikost) tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorků. Každá vrstva u jednoho vzorku byla analyzována šestkrát (2 fotografie každé vrstvy vzorku a 3 řezy z každého vzorku).

6.7 Roztékavost

Pojem roztékavost pochází z anglického překladu *meltability*, jenž patří mezi funkční vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů a přímo souvisí s jejich texturními vlastnostmi [156]. Roztékavost lze definovat jako snadnost toku sýra po opětovném zahřátí. Hodnocení roztékavosti bylo prováděno ve Fázi 1 a 4 za pomoci modifikovaného Schreiber testu [156]. Toho hodnocení bylo provedeno za pomoci skleněné podložky, na kterou byla nanesena stejnoměrná vrstva vzorku, v případě blokových tavených sýrů se jednalo o vyříznutý válec (výška 4 mm, průměr 20 mm). Vzorky byly vyfotografovány (Olympus Camedia, Digital Camera C-4000, Indonésie) a následně vloženy do předem vyhřáté sušárny na 232 ± 2 °C po dobu 5 minut. Po ochlazení byly vzorky opět vyfotografovány. Výsledky byly vyjádřeny jako stupeň roztékavosti S_R (3), který je dán poměrem plochy vzorku po záhřevu (S_1) ku ploše vzorku před záhřevem (S_2). Každý vzorek byl měřen čtyřikrát.

$$S_R = \frac{S_1}{S_2} \cdot 100 \quad (3)$$

6.8 Senzorická analýza

Senzorická analýza byla prováděna panelem 12ti vybraných posuzovatelů školených podle ČSN ISO 8586-1 [157,158]. Senzorické hodnocení bylo prováděno v senzorické laboratoři vybavené senzorickými kójiemi za normálních světelných podmínek při laboratorní teplotě 22 ± 2 °C v souladu s normou ISO 8589 [159]. Vzorky byly hodnoceny po 14ti a 28ti dnech skladování (6 ± 2 °C). Pomocí sedmibodových stupnic (1 – vyhovující, 7 – nevhovující) byly hodnoceny vzhled a barva, lesk, konzistence, chuť a vůně a intenzita off flavour (pachů a pachutí) jednotlivých vzorků (Příloha A).

6.9 Statistické vyhodnocení naměřených dat

Základní chemická analýza (obsah sušiny, hodnota pH) byla statisticky vyhodnocena pomocí neparametrických metod, především Kruskal-Wallisova testu a Wilcoxonova testu. Všechna statistická hodnocení byla provedena na 5% hladině významnosti.

7 HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE

7.1 Výsledky Fáze 1

Fáze 1 byla zaměřena na výrobu tavených sýrů a jejich analogů s použitím tuků s různým zastoupením mastných kyselin. Jednalo se o tuk kokosový (K), mléčný (MT) a palmový (PT), dále rostlinný polotuhý olej (O) a jako kontrolní tuk bylo použito máslo (M). Modelové vzorky byly vyrobeny s obsahem sušiny 40 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 40, 45 a 50 % (w/w).

7.1.1 Výsledky chemické analýzy

Stanovení obsahu sušiny bylo provedeno 14. a 28. den skladování u všech vzorků. Výsledky obsahu sušiny tavených sýrů a jejich analogů se pohybovaly se v rozmezí 39,78–40,14 % (w/w). Vzhledem k výsledné hodnotě sušiny můžeme považovat vyrobené modelové vzorky za standardizovanou skupinu.

V rámci chemické analýzy byla sledována také hodnota pH modelových vzorků v závislosti na době skladování. Hodnota pH byla měřena 1., 3., 7., 10., 14. a 28. den po výrobě. Na základě zjištěných výsledků lze konstatovat, že hodnota pH nebyla ovlivněna druhem použitého tuku ($P \geq 0,05$). Kontrolní vzorky s obsahem másla vykazovaly hodnoty pH v rozmezí přibližně 5,77–5,79. Vzorky analogů tavených sýrů vykazovaly obdobné hodnoty pH a statisticky se významně nelišily ve srovnání s kontrolními vzorky ($P \geq 0,05$). Dále lze konstatovat, že obsah tuku v sušině neměl na hodnoty pH signifikantní vliv ($P \geq 0,05$). Významný faktor, který ovlivnil hodnoty pH byla doba skladování. S rostoucí dobou skladování docházelo k postupnému poklesu hodnot pH ($P < 0,05$), přičemž nejnižší hodnoty byly pozorovány na konci doby skladování (28. den).

7.1.2 Výsledky senzorické analýzy

Senzorické hodnocení modelových vzorků bylo provedeno 14. a 28. den skladování (6 ± 2 °C). Cílem hodnocení bylo sledovat, zda budou posuzovatelé schopni rozpoznat odlišnosti mezi jednotlivými vzorky s různým druhem tuku a zda lze tyto vzorky pro konzumenta označit jako přijatelné. Senzorické hodnocení bylo provedeno s použitím sedmibodové stupnice se zaměřením na vzhled a barvu, lesk, konzistenci, chuť a vůni a intenzitu off-flavour vzorků s důrazem na odhalení a možnou identifikaci cizích pachů v daných vzorcích.

Vynikajícího vzhledu a barvy bylo dosaženo u vzorků s obsahem kokosového a mléčného tuku a rostlinného polotuhého oleje. Dané vzorky vykazovaly smetanově bílou barvu a hladký povrch. Zbývající modelové vzorky byly

hodnoceny o stupeň hůře, avšak stále s příjemnou krémovou barvou a výrazným leskem. Vzhled a barva nebyla ovlivněna obsahem tuku v sušině ($P \geq 0,05$). Konzistence modelových vzorků nebyla ovlivněna druhem použitého tuku ($P \geq 0,05$), ale signifikantní změny v konzistenci byly pozorovány v případě rozdílného obsahu tuku v sušině. S rostoucím obsahem tuku v sušině byla konzistence vzorků více roztíratelná a také více lepivá. Nejvyšší lepivost byla zjištěna u vzorků s obsahem tuku v sušině 50 % (w/w). Chuť a vůně vzorků s obsahem kokosového, mléčného a palmového tuku byly hodnoceny jako výborné či velmi dobré, stejně jako kontrolní vzorek s máslem. Výjimkou byl vzorek, jenž obsahoval rostlinný polotuhý olej. Tento vzorek vykazoval cizí příchut' a méně harmonickou vůni. U všech vzorků byla dále sledována intenzita cizích pachů a příchutí, které jsou souhrnně nazvány off-flavour. Vzorky, které obsahovaly kokosový a mléčný tuk byly bez nežádoucího pachu, stejně jako kontrolní vzorek obsahující máslo. Avšak u vzorků s palmovým tukem a rostlinným polotuhým olejem byla zjištěna znatelná avšak stále akceptovatelná pachut'.

Vlivem doby skladování došlo k mírnému zhoršení vzhledu a barvy u všech sledovaných vzorků, avšak tyto změny nebyly statisticky významné ($P \geq 0,05$). Poslední den skladování (28. den) vykazovaly vzorky obsahující rostlinný polotuhý olej mírné odchylky od deklarovaného vzhledu. Dalším sledovaným znakem v průběhu skladování byla konzistence. Po celou dobu skladování vykazoval optimální konzistenci kontrolní vzorek s obsahem másla. Ostatní vzorky byly na konci skladování hodnoceny jako hůře roztíratelné ($P \geq 0,05$) ve srovnání s analýzou ze 14. dne. S délkou skladování se chuť a vůně neměnila u vzorků obsahující mléčný, kokosový a palmový tuk a také máslo. U vzorku s rostlinným polotuhým olejem došlo ke zlepšení chuti o jeden stupeň na hodnotu dobrý. Posuzovatelé však stále deklarovali mírné odchylky v intenzitě chuti, konkrétně se jednalo o nahořklou příchut'. Dále lze konstatovat, že délka skladování posílila také intenzitu pachu, a to konkrétně u vzorku s rostlinným polotuhým olejem. Mezi cizí pachuti patřila např. mýdlová či žluklá chuť.

7.1.3 Výsledky roztékavosti

Fotografie pořízené při stanovení roztékavosti byly vyhodnoceny dle vztahu (3) a výsledky jsou uvedeny v *Tab. 5*. Z výsledků vyplývá, že roztékavost se zvyšovala s rostoucím obsahem tuku v sušině a s rostoucí dobou skladování.

Na začátku skladování byly střední hodnoty roztékavosti vzorků v rozmezí 100–103 %. Na konci doby skladování bylo dosaženo nejvyšších hodnot stupně roztékavosti u vzorků analogů tavených sýrů (50 % (w/w) TVS) s obsahem

mléčného tuku, rostlinného polotuhého oleje a palmového tuku. Zde se hodnoty stupně roztékavosti pohybovaly v rozmezí 114–120 %.

Tab. 5: Střední hodnoty stupně roztékavosti vzorků během skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek **	TVS	Střední hodnoty stupně roztékavosti (%) v závislosti na době skladování (dny)*					
		1	3	7	10	14	28
M	50	102	105	104	107	108	114
	45	100	102	104	102	106	109
	40	101	100	100	99	103	105
K	50	103	108	108	111	114	116
	45	102	104	105	103	108	112
	40	100	100	102	99	106	108
MT	50	102	104	105	115	119	120
	45	102	103	101	103	108	112
	40	101	100	100	105	106	107
O	50	100	105	105	114	118	119
	45	102	103	105	107	107	110
	40	101	100	100	105	106	107
PT	50	102	105	105	108	110	116
	45	100	98	103	109	110	112
	40	100	100	103	104	105	108

Vysvětlení označení:

* střední hodnoty stupně roztékavosti (%) dle vztahu (3)

** vzorek taveného sýra a jeho analogu s daným druhem tuku

TVS – obsah tuku v sušině

M – máslo, K – kokosový tuk, MT – mléčný tuk, O – rostlinný polotuhý olej, PT – palmový tuk

7.1.4 Výsledky obrazové analýzy

Jednotlivé tavené sýry a jejich analogy byly podrobeny analýze obrazu mikroskopických preparátů, přičemž analyzovány byly různé vrstvy jednoho výrobku. Cílem bylo ověřit homogennost modelových vzorků. Analýzou jednotlivých vrstev všech vzorků bylo zjištěno, že výrobky vykazovaly v těchto vrstvách prakticky obdobný počet tukových kuliček, což lze považovat za ukazatel jejich mikroskopické homogennosti. Průměrná velikost (plocha) jedné tukové kuličky je prezentována v Tab. 6. Průměrná velikost tukové kuličky se ve vzorcích zmenšovala v závislosti na klesajícím obsahu tuku v sušině, avšak jejich počet se u většiny vzorků významně neměnil ($P \geq 0,05$).

Nejnižší průměrná velikost tukových kuliček byla zjištěna v kontrolních vzorcích, tedy s obsahem másla ($P < 0,05$), obdobné hodnoty vykazovaly také tavené sýry s obsahem mléčného tuku. Nejvyšší průměrná velikost tukových kuliček byla zjištěna ve vzorcích s obsahem palmového tuku; menší velikost vykazovaly vzorky s obsahem kokosového tuku a rostlinného polotuhého oleje.

Tab. 6: Průměrná velikost tukové kuličky (μm^2) ve vzorcích modelových tavených sýrů vyrobených s použitím různých tuků

Vzorek**	Obsah tuku v sušině (% w/w)		
	40	45	50
M	11,5 ± 1,6 ^a A	51,6 ± 5,5 ^a B	149,6 ± 8,7 ^a C
K	14,5 ± 1,6 ^{b,c} A	79,2 ± 4,6 ^b B	293,1 ± 9,6 ^b C
MT	13,5 ± 1,5 ^b A	69,1 ± 5,3 ^c B	216,3 ± 10,9 ^c C
O	15,9 ± 1,3 ^{c,d} A	85,4 ± 4,5 ^d B	274,7 ± 11,0 ^d C
PT	16,1 ± 1,3 ^d A	84,7 ± 8,2 ^{b,d} B	315,3 ± 9,8 ^e C

Vysvětlení označení:

* plocha tukových kuliček (μm^2) vyjádřena jako průměr ± směrodatná odchylka, $n = 6$

** vzorek taveného sýra a jeho analogu s daným druhem tuku

Pozn. rozdílné horní indexy ve sloupcích (resp. velká písmena v řádcích) značí statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$)

M – máslo, K – kokosový tuk, MT – mléčný tuk, O – rostlinný polotuhý olej, PT – palmový tuk

7.1.5 Výsledky texturní analýzy

Tvrdość

Pomocí texturní analýzy byly získány hodnoty tvrdosti (hodnoceno jako maximální síla prvního píku deformační křivky) tavených sýrů a jejich analogů v závislosti na délce skladování (*Obr. 7.1*). Z výsledků lze konstatovat, že tvrdost vzorků rostla se snižujícím se obsahem tuku v sušině ($P < 0,05$), přičemž nejvyšší hodnoty byly zjištěny ve vzorcích s obsahem tuku v sušině 40 % (w/w). Oproti kontrolnímu vzorku výrazně nižší hodnoty tvrdosti (u všech testovaných variant obsahu tuku v sušině) vykazoval vzorek s palmovým tukem ($P < 0,05$).

Nejnižší hodnoty tvrdosti všech vzorků byly zjištěny první analyzovaný den ($P < 0,05$). Tvrdość modelových vzorků se postupně zvyšovala ($P < 0,05$) s prodlužující se délkou skladování, a to v případě všech modelových vzorků i daných variant obsahu tuku v sušině. Na konci doby skladování (28. den) byly nejvyšší hodnoty tvrdosti vzorků s obsahem tuku v sušině 50 % (w/w) zjištěny

ve vzorku s obsahem mléčného tuku. Nejtvrďší vzorky s obsahem tuku v sušině 45 % (w/w) vykazovaly poslední analyzovaný den analogy s kokosovým tukem. Nejvyšší hodnoty tvrdosti u vzorků s obsahem TVS 40 % (w/w) vykazovaly kontrolní výrobky s obsahem másla. Významně nižší hodnoty tvrdosti ($P < 0,05$) na konci doby skladování byly zjištěny ve vzorku s palmovým tukem s obsahem tuku v sušině 40 %.

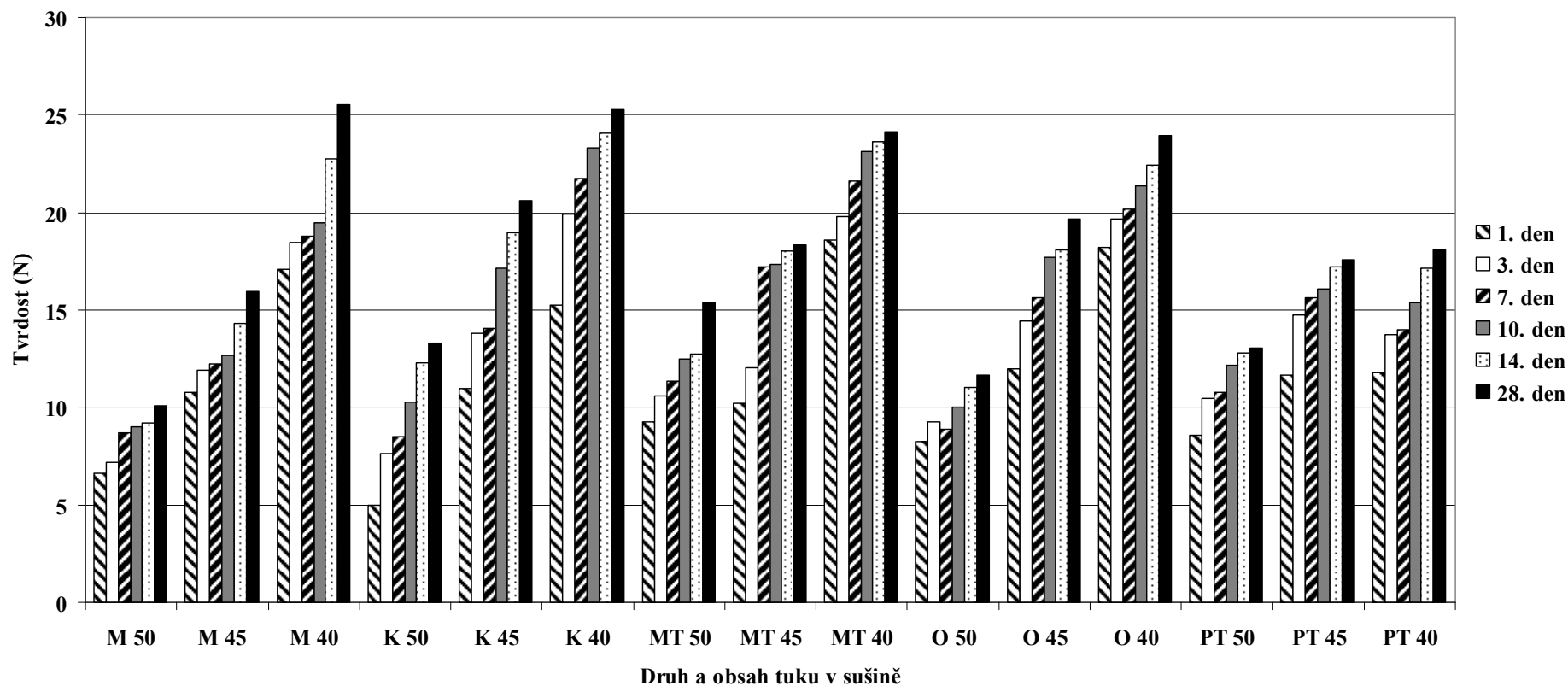
Relativní lepivost

Dalším sledovaným parametrem byla relativní lepivost, která se měnila v závislosti na obsahu tuku v sušině modelových vzorků, avšak tyto změny nebyly statisticky průkazné. Ze získaných výsledků hodnot daného parametru lze konstatovat, že jednotlivé druhy tuků použité při výrobě modelových vzorků měly obdobný vliv na sledovaný parametr. Nejvyšší hodnoty relativní lepivosti byly zjištěny ve vzorcích s obsahem tuku v sušině 50 % (w/w) a se snižujícím se obsahem tuku v sušině tyto hodnoty postupně klesaly ($P < 0,05$). Dále bylo zjištěno, že vzorky s palmovým tukem a rostlinným polotuhým olejem o obsahu tuku v sušině 50 % (w/w) dosahovaly maximálních naměřených hodnot relativní lepivosti. Mírně nižší hodnoty relativní lepivosti byly zjištěny u kontrolních vzorků s obsahem másla ve srovnání s ostatními druhy tuků se stejným obsahem tuku v sušině.

Dále však bylo zjištěno, že relativní lepivost byla mírně ovlivněna dobou skladování. S rostoucí dobou skladování se hodnoty relativní lepivosti postupně snižovaly ($P < 0,05$) a nejnižších hodnot dosáhly na konci doby skladování, tj. 28. den.

Kohezivnost

Posledním sledovaným texturním parametrem byla kohezivnost, nebo-li soudržnost. Hodnoty kohezivnosti se pohybovaly v rozmezí 0,55–0,65 a nebyly významně ovlivněny ani druhem použitého tuku ani obsahem tuku v sušině či dobou skladování. Ze získaných výsledků vyplývá, že mírně vyšší hodnoty kohezivnosti byly patrné u vzorků s rostlinným polotuhým olejem a naopak nižší hodnoty u vzorků s palmovým tukem a máslem. Tyto změny však nebyly statisticky významné.



Obr. 7.1: Tvrdost modelových vzorků s různým druhem tuku a obsahem tuku v sušině v závislosti na době skladování (6 ± 2 °C)

Označení: písmeno vyjadřuje druh tuku, číslo obsah tuku v sušině; př. M 50 – vzorek s obsahem másla o obsahu tuku v sušině 50 % (w/w); M – máslo, K – kokosový tuk, MT – mléčný tuk, O – rostlinný polotuhý olej, PT – palmový tuk

7.1.6 Diskuze výsledků Fáze 1

Fáze 1 experimentální části se zabývala výrobou tavených sýrů a jejich analogů s použitím tuků s různým zastoupením mastných kyselin. Vzhledem k odpovídajícím obsahům sušiny bylo možné jednotlivé vzorky mezi sebou porovnat. Zabezpečení obdobných hodnot modelových vzorků je nezbytné pro zajištění jejich srovnatelnosti, jelikož tento parametr podstatně ovlivňuje texturní vlastnosti [9,77].

Optimální hodnota pH tavených sýrů se pohybuje v rozmezí 5,5–6,0 [50,82]. Druh tuku a obsah tuku v sušině neměl na hodnoty pH vzorků vliv. Významným faktorem, který ovlivnil hodnotu pH byla doba skladování. Během skladování dochází v matrici taveného sýra a jeho analogu ke změnám, které mohou zapříčinit snížení hodnoty pH. Následkem toho může dojít také ke změně konzistence výsledného produktu. Významný proces, který se podílí na snižování hodnoty pH, je hydrolýza polyfosforečnanových tavicích solí. Hydrolýza začíná již během procesu tavení a je dokončena přibližně po sedmi až deseti týdnech skladování [160,161]. Polyfosforečnany jsou postupně hydrolyzovány až na jednoduché fosforečnany, což může přispívat k tvorbě tužší struktury výrobku [77]. Schär & Bosset [83] také připisují zvyšující se tvrdost v závislosti na rostoucí době skladování hydrolýze tavicích solí.

Při sensorickém hodnocení nebyla chuť a vůně vzorků ovlivněna obsahem tuku v sušině, což koresponduje se závěry Liu *et al.* [66]. U modelových vzorků tavených sýrů a jejich analogů docházelo s rostoucím obsahem tuku v sušině k lepší roztíratelnosti a vyšší roztékavosti. Konzistence a roztékavost je podstatně ovlivněna obsahem tuku v sušině. Se zvyšujícím se obsahem tuku je ve větší míře narušována kontinuita a kompaktnost proteinové matrice, a tím se tavený sýr stává méně tuhý a lépe roztíratelný [25]. To potvrzuje práce Thomas *et al.* [162], kteří dospěli k závěru, že roztékavost se zvyšuje s klesající tuhostí vzorků.

Výsledky texturní analýzy ukázaly, že se zvyšujícím se obsahem tuku v sušině klesala tvrdost vzorků [163]. Nižší hodnoty tvrdosti zjištěné ve vzorku palmového tuku mohou být primárně způsobeny zastoupením mastných kyselin s nižším bodem tání, především kyselinou olejovou, v daném tuku [65]. S rostoucí dobou skladování docházelo k nárůstu tvrdosti a snížení relativní lepidlosti, což je v souladu s údaji [45,50].

Pomocí obrazové analýzy bylo prokázáno, že všechny vzorky mohly být označeny za mikroskopicky homogenní. Průměrná velikost tukových kuliček se lišila v závislosti na druhu použitého tuku a obsahu tuku v sušině. Tukové kuličky jsou rozptýleny v bílkovinné síti a spoluvytvářejí matrici tavených sýrů, resp. jejich analogů. Vzorky s obsahem rostlinného tuku měly vyšší průměrnou velikost tukových kuliček, což potvrzují také Cunha *et al.* [65]. Zmínění autoři

dávali tento trend do souvislosti s rostoucí tvrdostí matrice. Naše výsledky však ukázaly, že nárůst tvrdosti je spojen spíše se snižující se velikostí tukových kuliček, stejně jako to uvádí práce autorů Noronha *et al.* [29]. Samotný obal tukových kuliček másla je tvořen především fosfolipidy, lipoproteiny či bílkovinami, které mohou plnit funkci emulgátorů [48]. Minoritní obsah těchto látek lze předpokládat také v mléčném tuku. Tato skutečnost se mohla podílet na nejnižší průměrné velikosti tukových kuliček v kontrolních vzorcích.

7.2 Výsledky Fáze 2

Experimentální Fáze 2 byla zaměřena na sledování tvorby gelu v průběhu chladnutí. Pro účely tohoto experimentu byly vyrobeny vzorky s obsahem sušiny 30 % (w/w) a 50 % (w/w) TVS. Sušina vzorků v dané fázi byla oproti Fázi 1 nižší. Na základě pilotních experimentů bylo zjištěno, že vzorky s obsahem sušiny 40 % byly pro daný experiment příliš tuhé. Hlavní surovinou byl kasein získaný sladkým srážením, tzv. rennet kasein. Kasein byl vybrán z toho důvodu, aby bylo možné zajistit mnohem kontrolovanější podmínky při výrobě u všech prováděných taveb

Modelové vzorky byly vyráběny s použitím másla, kokosového a palmového tuku. Tyto tuky byly vybrány za základě rozdílného zastoupení mastných kyselin. Při výrobě modelových vzorků byly dále přidávány κ -, ι -, λ - karagenan, arabská nebo lokustová guma. Tyto hydrokoloidy byly aplikovány o koncentraci 1 % (w/w). Kontrolní vzorky byly vyrobeny bez aplikace hydrokoloidů.

Z výsledků z Fáze 1 bylo zjištěno, že k výraznějším změnám texturních vlastností docházelo přibližně po týdnu skladování. Následkem toho bylo toto měření provedeno pouze 7. den skladování (6 ± 2 °C).

7.2.1 Výsledky chemické analýzy

Po sedmidenním skladování (6 ± 2 °C) bylo provedeno stanovení obsahu sušiny a měření hodnoty pH. Obsah sušiny se pohyboval v rozmezí 29,73–30,12 % (w/w). Ze zjištěných výsledků lze konstatovat, že hodnoty pH modelových vzorků nebyly ovlivněny použitým tukem ($P \geq 0,05$). Aplikace hydrokoloidů měla na hodnoty pH rozdílný vliv, který byl podmíněn také druhem daného hydrokoloidu. Obecně lze říci, že všechny druhy karagenanů způsobily mírné zvýšení hodnot pH vzorků, které však nebylo statisticky významné. Arabská a lokustová guma hodnoty pH vzorků naopak mírně snížily, avšak nejednalo se o signifikantní změny.

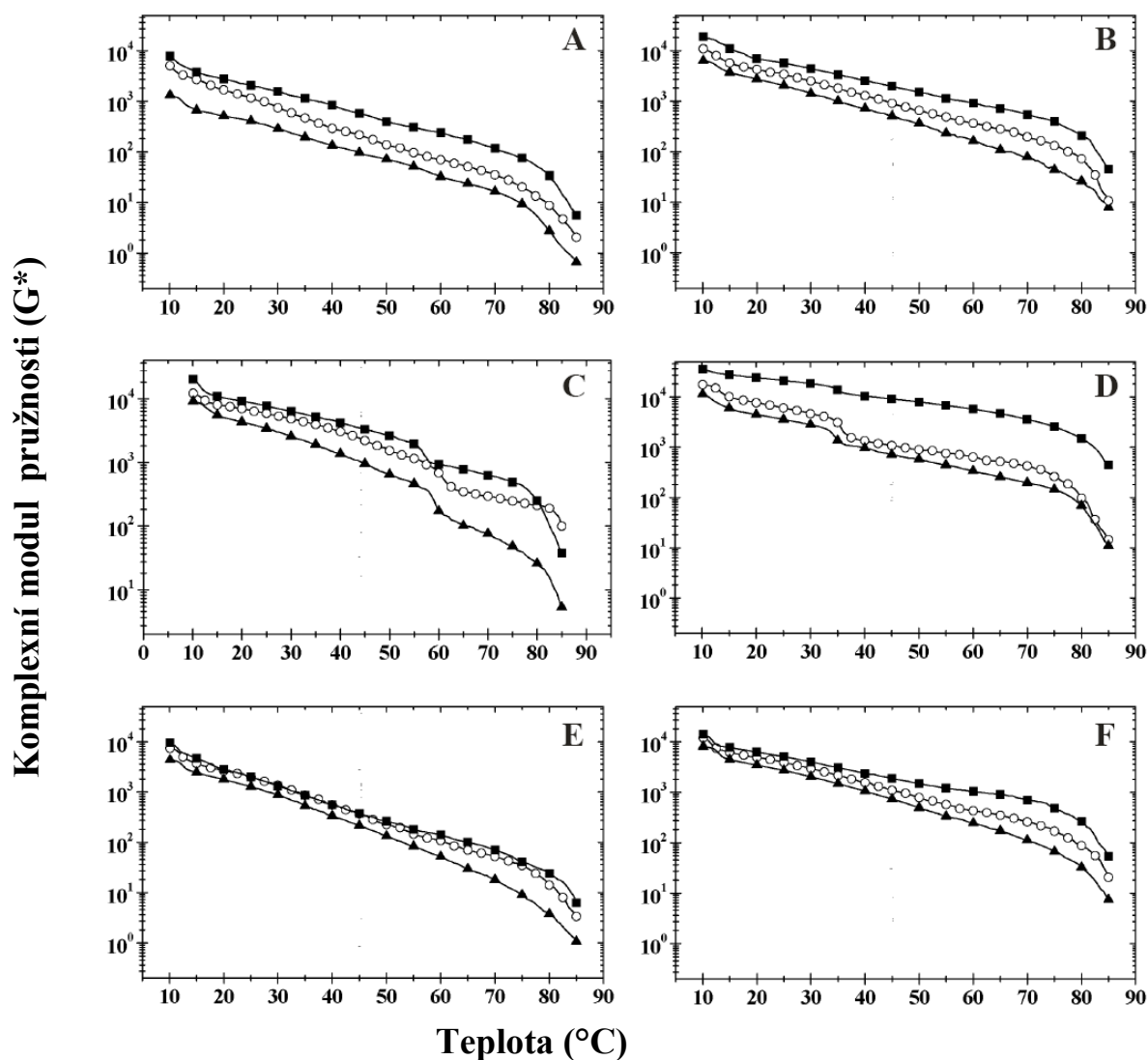
7.2.2 Výsledky dynamické oscilační reometrie

Závislost hodnoty komplexního modulu pružnosti (G^*) na klesající teplotě (85–10 °C) u kontrolních i modelových vzorků je znázorněna na *Obr. 7.2*. Všechny vzorky bez ohledu na použitý tuk anebo hydrokoloid vykazovaly během chlazení mírný nárůst hodnot G^* . Nejvyšší hodnoty G^* byly bez ohledu na aplikované hydrokoloidy zjištěny u produktů s kokosovým tukem, následovaly výrobky s máslem a nejnižší hodnoty G^* byly zaznamenány u vzorků s aplikací palmového tuku ($P < 0,05$).

Aplikace všech testovaných hydrokoloidů (v koncentracích 1 % (w/w)) měla za následek zvýšení G^* modelových vzorků ($P < 0,05$). Nejvyšší hodnoty G^* u vzorků s využitím všech testovaných tuků ($P < 0,05$) byly zaznamenány při použití κ -karagenanu. Hodnoty G^* výrobků se následně snižovaly při aplikaci ι -karagenanu, λ -karagenanu, lokustové gummy a arabské gummy. U vzorků s aplikací κ - a ι -karagenanu byl pozorován několikanásobný nárůst komplexního modulu pružnosti (G^*) při snižování teploty taveniny v intervalech 30–40 °C, respektive 50–60 °C (*Obr. 7.2*; část C a D), což je připisováno tzv. teplotě přechodu, kdy dochází k tvorbě trojrozměrné struktury – gelu.

Při použití různých testovaných tuků byly rozdíly v teplotě přechodu pro κ - a ι -karagenan ve vzorcích relativně malé a pohybovaly se v intervalu 2–7 °C. V případě vzorků ι -karagenanu byl rozdíl v teplotě přechodu při použití másla či palmového tuku velmi malý, řádově do 2 °C (*Obr. 7.2*; část C). Naopak při použití kokosového tuku s ι -karagenanem byla tato teplota nižší, a to přibližně o 7 °C ve srovnání s ostatními tuky. Při aplikaci κ -karagenanu byly rozdíly v teplotě přechodu ve vzorcích s kokosovým tukem a máslem zanedbatelné. Teplota přechodu vzorku s palmovým tukem a κ -karagenanem byla asi o 4 °C nižší než u ostatních aplikovaných zmíněných tuků (*Obr. 7.2*; část D).

U ostatních aplikovaných hydrokoloidů (λ -karagenan, arabská a lokustová guma; *Obr. 7.2*; část B, E a F) nebyly v průběhu chlazení zaznamenány žádné výrazné změny G^* .



Obr. 7.2: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na teplotě v průběhu chlazení analogů tavených sýrů s máslem (○), kokosovým tukem (■) a palmovým tukem (▲) a přidavkem hydrokoloidů (A – kontrolní vzorek bez hydrokoloidů; B – λ -karagenan; C – ι -karagenan; D – κ -karagenan; E – arabská guma; F – lokustová guma)

7.2.3 Výsledky texturní analýzy

Výsledky texturní analýzy se zaměřením na tvrdost jsou znázorněny na Obr. 7.3. Nejnižší hodnoty tvrdosti byly zjištěny ve všech kontrolních vzorcích bez aplikace hydrokoloidů ($P < 0,05$). Nejvyšší hodnoty tvrdosti mezi kontrolními vzorky byly zjištěny u analogů s obsahem kokosového tuku (2,8 N). O něco nižší tvrdost byla zjištěna v případě vzorků s obsahem másla (2,3 N).

Přídavek jednotlivých hydrokoloidů měl na tvrdost vzorků rozdílný vliv a navíc tento efekt byl podmíněn i původem použitého tuku. Aplikace arabské gummy ke všem modelovým vzorkům významně ovlivnila hodnoty tvrdosti

($P < 0,05$) oproti kontrolním vzorkům bez přidaného hydrokoloidu. Nejvyšších hodnot tvrdosti po aplikaci arabské gummy bylo dosaženo u vzorku s obsahem kokosového tuku. Nižší hodnoty byly zjištěny u vzorku s máslem a nejnižších hodnot bylo dosaženo ve vzorku s obsahem palmového tuku.

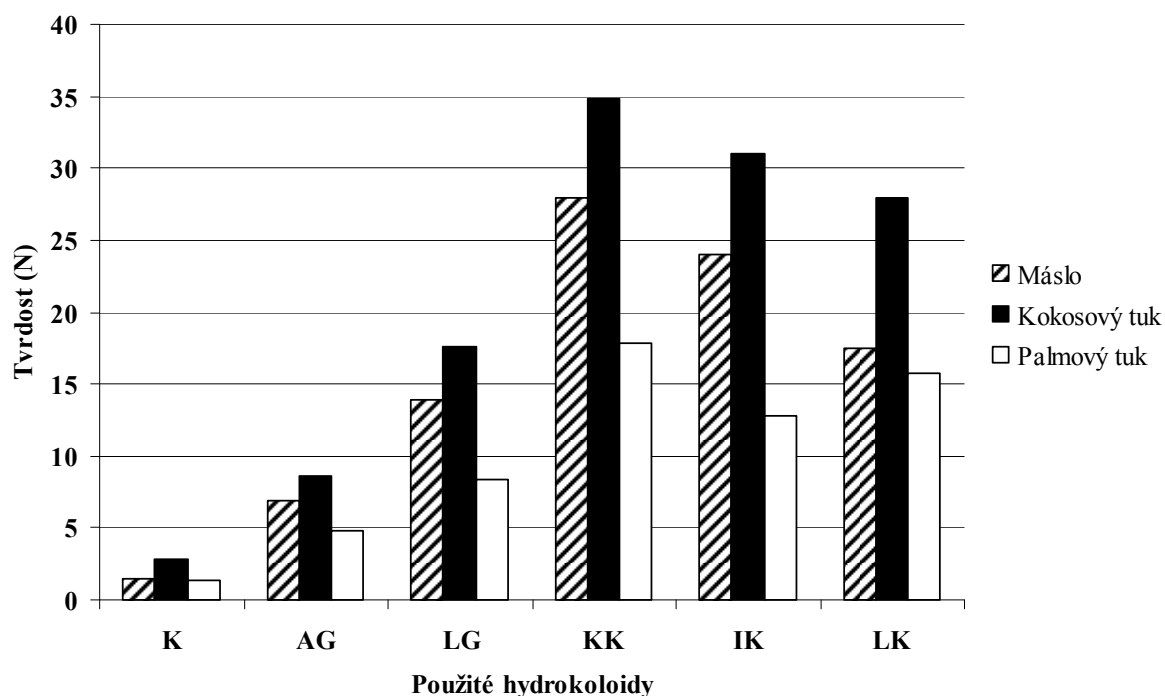
Obdobné trendy při porovnání hodnot tvrdosti analogů tavených sýrů s danými typy tuků lze vyslovit také v případě aplikace lokustové gummy. Významné zvýšení tvrdosti ($P < 0,05$) oproti kontrole po přidavku 1 % (w/w) lokustové gummy bylo patrné u všech vzorků. Nejvyšší tvrdost byla patrná u analogu s obsahem kokosového tuku, přičemž dosahoval téměř dvojnásobných hodnot ve srovnání se vzorkem s obsahem palmového tuku.

Také přidavek κ -karagenanu způsobil u všech modelových vzorků analogů tavených sýrů signifikantní nárůst tvrdosti. Zvýšení hodnot tvrdosti bylo téměř desetinásobné oproti kontrolním vzorkům, bez ohledu na druh použitého tuku. Nejvyšší tvrdost (téměř 35 N) po aplikaci κ -karagenanu vykazoval opět vzorek s obsahem kokosového tuku. O něco nižší hodnoty byly zjištěny ve vzorcích s obsahem másla a nejnižší hodnoty tvrdosti vykazoval vzorek s obsahem palmového tuku.

Obdobný trend jako v případě κ -karagenanu byl pozorován také u vzorku s přidavkem ι -karagenanu. Mezi nejtvrďší vzorky patřily analogy tavených sýrů s obsahem kokosového tuku a vzorky s obsahem másla. Významně nižší hodnoty pak byly zjištěny opět ve vzorcích analogů s obsahem palmového tuku.

Posledním přidávaným hydrokoloidem byl λ -karagenan. Také aplikace daného hydrokoloidu způsobila výrazné zvýšení tvrdosti ($P < 0,05$) modelových vzorků ve srovnání s kontrolními vzorky. Vzorky s daným hydrokoloidem vykazovaly stejný trend hodnot tvrdosti jako předchozí dva typy karagenanů.

Tvrdost vzorků s obsahem kokosového tuku a másla klesala v závislosti na přidaných hydrokoloidech v následujícím pořadí: κ -karagenan > ι -karagenan > λ -karagenan > lokustová guma > arabská guma. U vzorku s obsahem palmového tuku byla zjištěna taktéž nejvyšší tvrdost s přidavkem κ -karagenanu, pak následoval λ - a ι -karagenan a gummy.



Obr. 7.3: Tvrdość tavených sýrů a jejich analogů s obsahem másla, kokosového a palmového tuku a přidavkem hydrokoloidů o koncentraci 1 % (w/w) (K – kontrolní vzorek bez aplikace hydrokoloidů; AG – arabská guma; LG – lokustová guma; KK – κ -karagenan; IK – ι -karagenan; LK – λ -karagenan)

7.2.4 Diskuze výsledků Fáze 2

Dynamická oscilační reometrie a texturní analýza poskytly ekvivalentní výsledky měření pevnosti gelu modelových vzorků. Zvýšení tvrdosti bylo patrné po aplikaci všech typů hydrokoloidů, přičemž nejtvrdší byly vzorky s přidavkem κ -karagenanu bez ohledu na druh použitého tuku. Vliv použitého tuku na texturní vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů lze pravděpodobně opírat o zastoupení jednotlivých mastných kyselin. Podle Lobato-Calleros *et al.* [21] narůstá tvrdost analogů tavených sýrů se zvyšujícím se zastoupením nasycených mastných kyselin v tukové fázi. Nižší hodnoty tvrdosti i G^* zjištěné ve vzorcích palmového tuku mohou být způsobeny zastoupením mastných kyselin s nižším bodem tání, především kyselinou olejovou, v daném tuku [65]. Možné vysvětlení rozdílné tuhosti u jednotlivých vzorků lze hledat v interakcích jednotlivých hydrokoloidů se zbytkem matrice a ve schopnosti daného hydrokoloidu tvořit gely (κ - a ι -karagenan).

Podle Langendorff *et al.* [113] jsou schopny κ - a ι -karagenan tvořit při odpovídající koncentraci helikální struktury, které následně agregují do trojrozměrné struktury. Pro tvorbu gelu je klíčový přechod z neuspořádané

formy do uspořádané formy. Teplota přechodu je charakteristická pro daný karagenan a je závislá na dalších podmínkách v soustavě (např. přítomnost iontů, iontová síla, typ a koncentrace karagenanu nebo poměr karagenanu a kaseinových částic) [112]. Lynch & Mulvihill [164] dále udávají, že jsou karagenany schopny interagovat s kaseiny, resp. jejich hydrolytickými štěpy za přítomnosti vápenatých iontů a podpořit tak tvorbu gelu. Zatímco κ - a ι -karagenan je schopen tvorby gelu, λ -karagenan tuto schopnost postrádá. Kappa-karagenan obvykle tvoří pevný a křehký gel, zatímco ι -karagenan vytváří především pružné a soudržné gely [100]. V případě κ - a ι -karagenanu je schopnost tvorby gelu dána hustotou náboje a vzdáleností sulfátových skupin.

V případě rostlinných gum (arabská a lokustová guma) dochází ke zvyšování viskozity v důsledku absorpce vody a jejich následného bobtnání, při jejich ochlazení však k tvorbě gelu nedochází [97]. Phillips & Williams [97] uvádí, že arabská guma netvoří gel, ale vytváří mírně viskózní roztoky, a to i při použité koncentraci 20–30 % (w/w). Lokustová guma netvoří gel, ale zvyšuje pevnost gelů karagenanů [86,128].

7.3 Výsledky Fáze 3

V dané fázi byl sledován vliv přídavku hydrokoloidů na texturní vlastnosti tavených sýrů. Z výsledků získaných ve Fázi 1 byl pro danou experimentální fázi vybrán pouze palmový tuk a máslo. Palmový tuk byl vybrán především na základě rozdílného zastoupení mastných kyselin. Stejně jako ve Fázi 1 byly vyráběny modelové vzorky s obsahem sušiny 40 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 50 % (w/w). Aplikovanými hydrokoloidy byly arabská a lokustová guma, které byly přidávány v koncentraci 0,10; 0,25 a 0,50 % (w/w). Kontrolní vzorky byly vyrobeny bez aplikace hydrokoloidů. Na základě výsledků zjištěných ve Fázi 2 byly vyloučeny karagenany, jelikož významně zvyšovaly tvrdost vzorků. Dny, ve kterých probíhaly analýzy, byly stanoveny na základě výsledků ve Fázi 1, pouze došlo k jejich zredukování z hlediska časové náročnosti.

7.3.1 Výsledky chemické analýzy

Ze základní chemické analýzy vyplynulo, že obsah sušiny vzorků se pohyboval v rozmezí 39,31–40,47 % (w/w). Vzorky tavených sýrů s obsahem másla vykazovaly obdobné hodnoty pH ve srovnání se vzorky s obsahem palmového tuku ($P \geq 0,05$). Přídavek arabské gumy ke vzorku s obsahem másla způsobil zvýšení ($P < 0,05$) hodnot pH, zatímco po přídavku stejného hydrokoloidu ke vzorku s obsahem palmového tuku nebyla detekována žádná statisticky významná změna v hodnotách pH. Aplikace lokustové gumy ke vzorkům s obsahem másla hodnoty pH naopak zvýšila ($P < 0,05$). Hodnoty

pH modelových vzorků byly dále ovlivněny dobou skladování ($P < 0,05$). S rostoucí dobou skladování docházelo k postupnému poklesu hodnot pH. Hodnoty pH se pohybovaly 1. den skladování v rozmezí 5,84–5,89. Na konci skladování, tj. 28. den byly tyto hodnoty přibližně v rozmezí 5,70–5,77.

7.3.2 Výsledky texturní analýzy

Tvrдость

Pomocí analýzy textury byly zjištěny hodnoty tvrdosti tavených sýrů a jejich analogů s obsahem másla a palmového tuku a přídavku arabské a lokustové gummy. Přehled hodnot tvrdosti vzorků je znázorněn na *Obr. 7.4*. Z výsledků vyplývá, že přídavek arabské gummy o koncentraci 0,10 a 0,25 % (w/w) ke vzorku taveného sýra s obsahem másla tvrdost téměř neovlivnil ($P \geq 0,05$). Mírně zvýšené hodnoty tvrdosti byly zjištěny pouze po přídavku 0,50 % (w/w) arabské gummy. Po přídavku lokustové gummy ke vzorku s máslem byla zjištěna zvyšující se tvrdost ($P < 0,05$) v závislosti na zvyšující se koncentraci použitého hydrokoloidu. Hodnoty tvrdosti vzorků při použité koncentraci 0,50 % (w/w) lokustové gummy dosahovaly na začátku skladování téměř 12 N, což představuje asi dvojnásobek tvrdosti vzorku bez aplikace hydrokoloidu.

Přídavek arabské gummy ke vzorku s palmovým tukem významně ovlivnil hodnoty tvrdosti oproti kontrolnímu vzorku bez přidaného hydrokoloidu ($P < 0,05$). Při použití arabské gummy (všechny přidávané koncentrace) dosahovaly hodnoty tvrdosti vzorků okolo 9 N, zatímco u vzorku bez přídavku hydrokoloidu byla tato hodnota na úrovni 6 N. Také přídavek lokustové gummy o koncentraci 0,10 % (w/w) měl na zvýšení tvrdosti vzorku podstatný vliv ($P < 0,05$). Dalším zvyšováním koncentrace lokustové gummy (až do 0,50 % (w/w)) však již k nárůstu tvrdosti nedošlo.

U všech modelových vzorků byl pozorován nárůst hodnot tvrdosti v závislosti v průběhu skladování ($P < 0,05$). Nejvyšších hodnot tvrdosti bylo dosaženo poslední, tj. 28. den. Na konci doby skladování vzorky dosahovaly téměř dvojnásobných hodnot tvrdosti ve srovnání s 1. dnem měření.

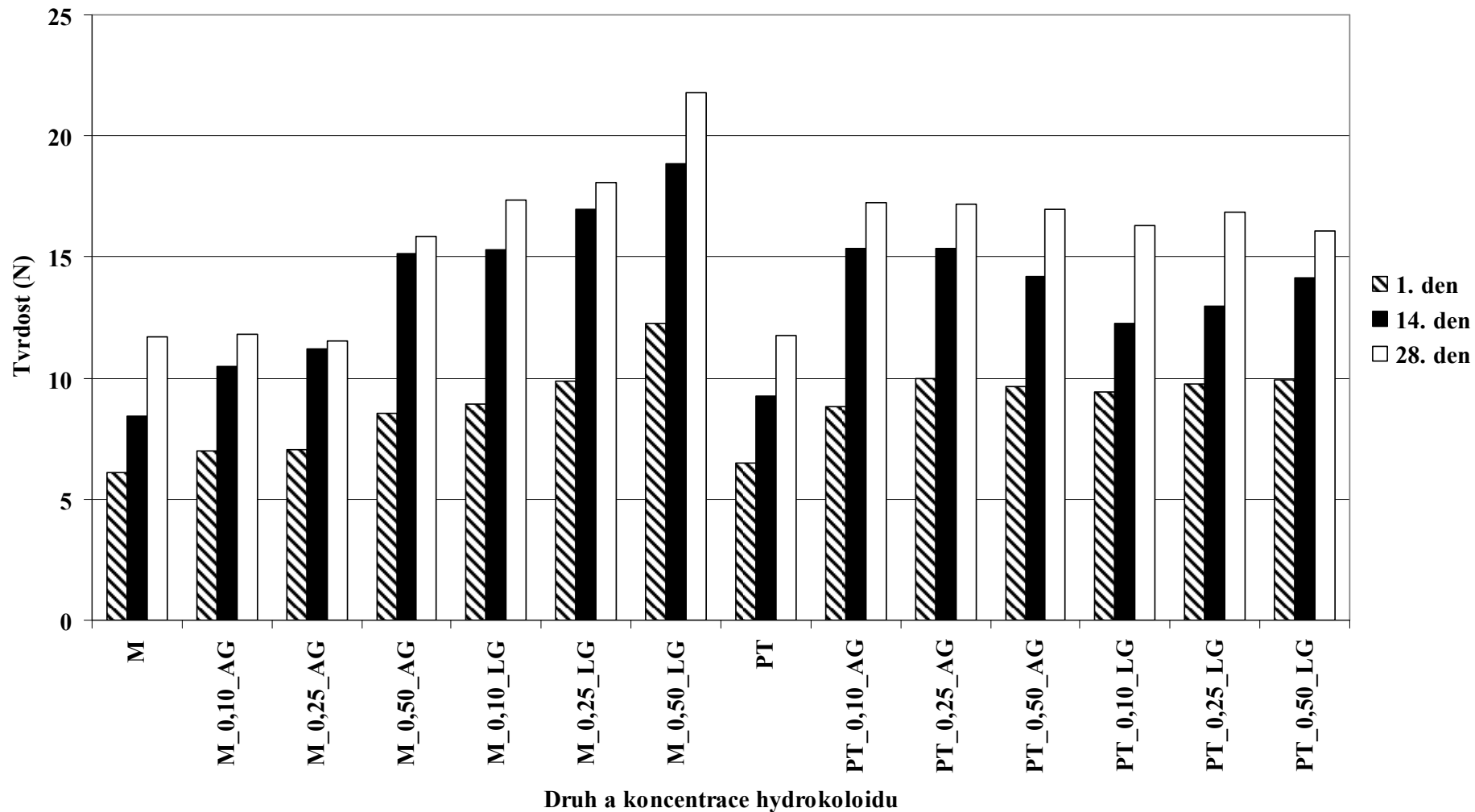
Relativní lepivost

Hodnoty relativní lepivosti modelových vzorků jsou uvedeny na *Obr. 7.5*. Z výsledků vyplývá, že aplikace hydrokoloidů měla za následek pokles hodnot relativní lepivosti ($P < 0,05$). Dále bylo zjištěno, že míra tohoto poklesu závisí na použité koncentraci hydrokoloidu. Přídavek arabské gummy (všechny použité koncentrace) ke vzorku s obsahem másla mírně snížil hodnoty relativní lepivosti. Stejný trend byl patrný také u vzorku s přídavkem lokustové gummy. Relativní lepivost vzorku s obsahem palmového tuku se snižovala po přídavku

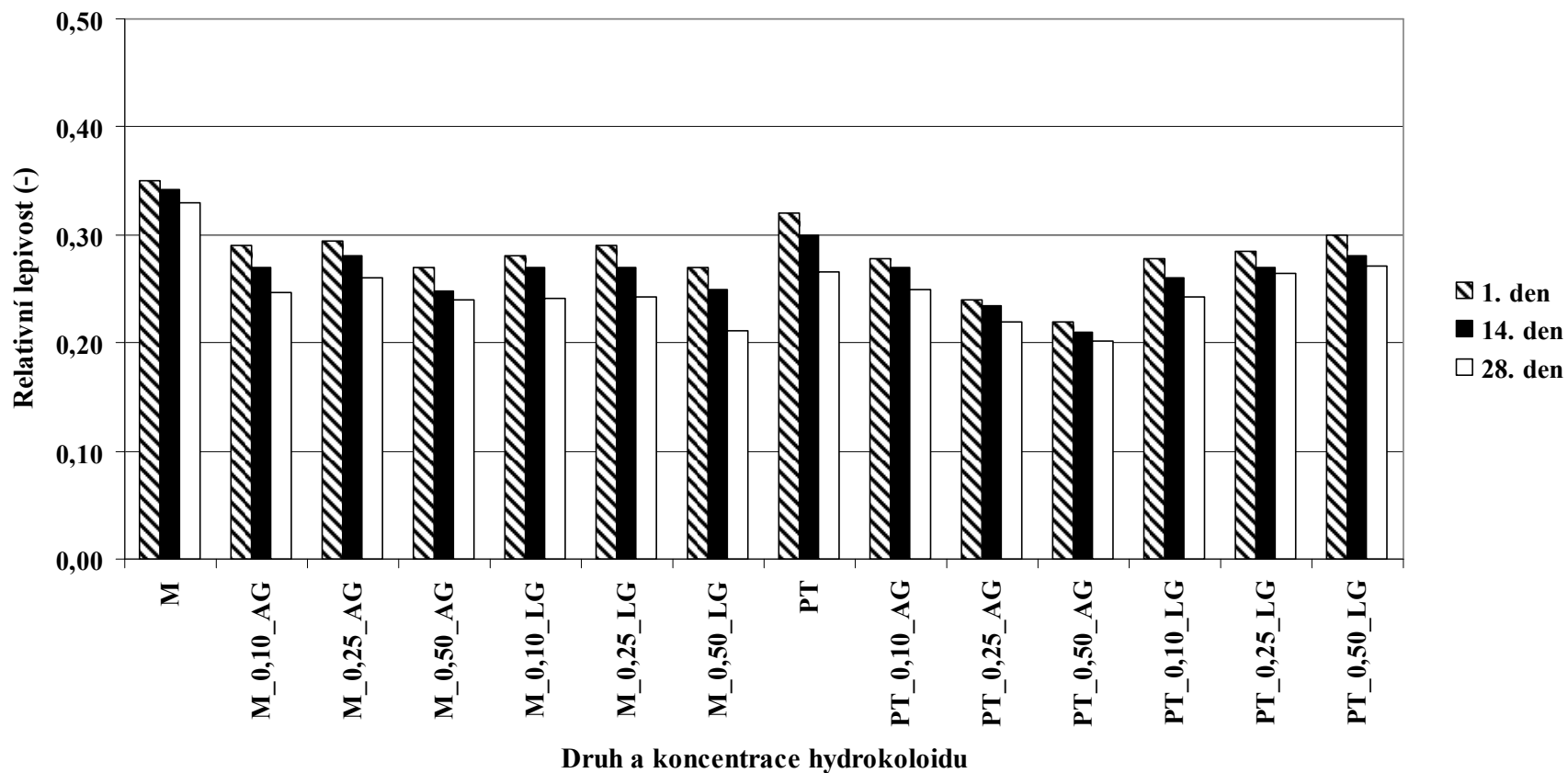
arabské gummy v závislosti na zvyšující se koncentraci ($P < 0,05$). Největší pokles relativní lepivosti byl u vzorku s přídavkem arabské gummy o koncentraci 0,50 % (w/w). Na druhé straně přídavek lokustové gummy ke vzorku s palmovým tukem způsobil pokles relativní lepivosti ($P < 0,05$) ve srovnání s kontrolním vzorkem již při použité koncentraci 0,10 % (w/w). Se dalším přídavkem lokustové gummy se relativní lepivost významně neměnila. V průběhu skladování nebyly zjištěny statisticky významné změny v hodnotách relativní lepivosti.

Kohezivnost

Hodnoty kohezivnosti kontrolních vzorků bez aplikace hydrokoloidů se pohybovaly v rozmezí 0,58–0,61 bez ohledu na druh použitého tuku. Hodnoty kohezivnosti nebyly ovlivněny druhem použitého hydrokoloidu ani délkou skladování ($P \geq 0,05$).



Obr. 7.4: Tvrdość tavených sýrů a jejich analogů v závislosti na době skladování (6 ± 2 °C) s obsahem másla a palmového tuku a přidavkem hydrokoloidů o koncentraci 0,10; 0,25 a 0,50 % (w/w) (M – kontrolní vzorek bez aplikace hydrokoloidů s máslem; PT – kontrolní vzorek bez aplikace hydrokoloidů s palmovým tukem; AG – arabská guma; LG – lokustová guma)



Obr. 7.5: Relativní lepivost tavených sýrů a jejich analogů v závislosti na době skladování (6 ± 2 °C) s obsahem másla a palmového tuku a přidavkem hydrokoloidů o koncentraci 0,10; 0,25 a 0,50 % (w/w) (M – kontrolní vzorek bez aplikace hydrokoloidů s máslem; PT – kontrolní vzorek bez aplikace hydrokoloidů s palmovým tukem; AG – arabská guma; LG – lokustová guma)

7.3.3 Diskuze výsledků Fáze 3

Přídavek jednotlivých hydrokoloidů měl na tvrdost vzorků rozdílný vliv a navíc byl tento efekt podmíněn i původem použitého tuku. Při aplikaci arabské gummy ke vzorkům s obsahem másla závisela tvrdost vzorků na použité koncentraci tohoto hydrokoloidu. Se zvyšující se koncentrací arabské gummy rostla také tvrdost vzorků. U vzorku s palmovým tukem již nejnižší testovaná koncentrace arabské gummy tvrdost vzorků výrazně zvýšila, ale další zvyšování koncentrací již nezpůsobilo další nárůst tvrdosti. Obdobné závěry při porovnání sýrů s oběma typy tuků lze vyslovit i v případě aplikace lokustové gummy. Ribeiro *et al.* [165] uvádí, že tvrdost a síla gelu se zvyšuje s rostoucí koncentrací hydrokoloidu (v určitém intervalu hodnot). Obdobných výsledků dosáhli i Mandala *et al.* [58].

Dagleish [166] konstatuje, že větší množství přidaných hydrokoloidů (např. lokustové gummy) může způsobovat vyvstávání tuku ve výrobku, avšak neuvádí limitní hranici pro jejich použití. U našich vzorků však toto tvrzení nebylo prokázáno. Tento jev je způsoben především hydrofilní vlastností polysacharidů a jejich slabou adsorpcí na povrchu lipidů. Jako opačný příklad popisuje autor arabskou gumu, která obsahuje menší množství proteinů, jejichž hydrofobní charakter může tomuto komplexu propůjčit emulgační vlastnosti.

Zvýšení tvrdosti vzorků po aplikaci lokustové gummy potvrzují také Gustaw *et al.* [43]. Z jejich výsledků taktéž vyplývá, že tvrdost vzorků se zvyšuje s rostoucí koncentrací daného lokustové gummy.

Sledováním texturních vlastností se zabývali také Dimitreli & Thomareis [50]. Z jejich výsledků je patrné, že se zvyšující se tvrdostí vzorků klesá jejich relativní lepivost. To potvrzují také Gómez *et al.* [167]. Tyto závěry kopírují výsledky naší práce.

7.4 Výsledky Fáze 4

Cílem Fáze 4 bylo sledovat texturní vlastnosti tavených sýrů rozdílné konzistence. Pro účely tohoto experimentu byly kromě roztíratelných tavených sýrů (40 % (w/w) sušiny; 50 % (w/w) TVS) vyrobeny také blokové tavené sýry (45 % (w/w) sušiny; 35 % (w/w) TVS). Hydrokoloidy byly aplikovány o koncentraci 0,30 % (w/w). Stejně jako ve Fázi 3 byly aplikovány arabská a lokustová guma. Dále byl použit také κ -karagenan, který byl vybrán zejména pro srovnání, jelikož se tento hydrokoloid běžně využívá při výrobě tavených sýrů ke snížení lepivosti. Koncentrace hydrokoloidů byla zvolena na základě výsledků Fáze 3, kde byly patrné výraznější změny texturních vlastností vzorků s obsahem másla po aplikaci hydrokoloidů o koncentraci nejméně 0,25 % (w/w).

Avšak vzorky s přidavkem hydrokoloidu o koncentraci 0,50 % (w/w) už byly pro daný experiment příliš tuhé.

7.4.1 Výsledky chemické analýzy

U vybraných modelových vzorků blokových a roztíratelných tavených sýrů bylo po 14ti a 30ti dnech skladování provedeno stanovení obsahu sušiny a hodnoty pH. V případě roztíratelných tavených sýrů se obsah sušiny pohyboval v rozmezí 40,02–41,19 % (w/w). U vzorků blokových tavených sýrů byl obsah sušiny v rozmezí 44,98–45,67 % (w/w).

Pomocí vpichového pH metru byly měřeny hodnoty pH modelových vzorků. Hodnota pH roztíratelných tavených sýrů se po 14ti dnech skladování pohybovala v rozmezí 5,80–5,85. Obdobných hodnot bylo dosaženo také u vzorků roztíratelných tavených sýrů po aplikaci hydrokoloidů. Druh použitého hydrokoloidu neměl na hodnoty pH významný vliv ($P \geq 0,05$). S prodlužující se dobou skladování byl zjištěn pokles hodnot pH vzorků tavených sýrů, a to přibližně na hodnotu 5,71–5,77 ($P < 0,05$).

Hodnota pH blokových tavených sýrů se 14. den skladování pohybovala v rozmezí 5,59–5,66. Hodnoty pH blokových tavených sýrů taktéž nebyly ovlivněny druhem použitého hydrokoloidu ($P \geq 0,05$). Na konci doby skladování, došlo u hodnot pH k mírnému poklesu, a to na hodnotu 5,50–5,55 ($P < 0,05$).

7.4.2 Výsledky roztékavosti

Z výsledků bylo zjištěno, že roztékavost roztíratelných tavených sýrů byla vyšší ve srovnání s blokovými tavenými sýry. U vzorků blokových tavených sýrů bez aplikace hydrokoloidů byla střední hodnota roztékavosti 100–102 %, zatímco u roztíratelných tavených sýrů byla tato hodnota 125–130 %. Dále lze konstatovat, že přidavek hydrokoloidů měl na roztékavost rozdílný vliv, který byl také podmíněn typem daného hydrokoloidu. Nejvyššího stupně roztékavosti bylo dosaženo po aplikaci arabské gumy jak u blokových tak i roztíratelných tavených sýrů. Naopak minimální roztékavosti bylo dosaženo po přidavku κ -karagenanu, taktéž u obou typů tavených sýrů. S rostoucí dobou skladování se střední hodnoty roztékavosti téměř nezměnily.

7.4.3 Výsledky texturní analýzy

Tvrдост

Tvrдост blokových tavených sýrů měřených kónickou sondou je znázorněna na *Obr. 7.6*. Nejnižších hodnot tvrdosti bylo dosaženo u kontrolních vzorků bez aplikace hydrokoloidů. Přídavek hydrokoloidů o koncentraci 0,30 % (w/w) způsobil nárůst hodnot tvrdosti ($P < 0,05$) všech vzorků ve srovnání s kontrolním vzorkem. Hydrokoloidy zvyšovaly tvrdost vzorků v následujícím pořadí: arabská guma < lokustová guma < κ -karagenan. S rostoucí dobou skladování došlo k nárůstu hodnot tvrdosti všech vzorků bez ohledu na druh použitého hydrokoloidu.

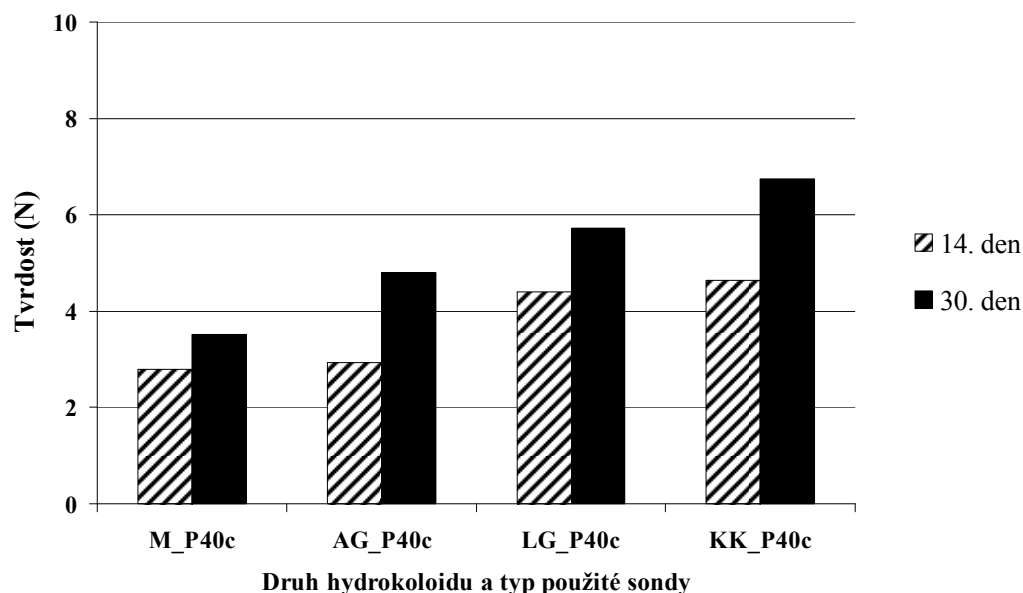
Tvrдост blokových tavených sýrů měřených nerezovou cylindrickou sondou je znázorněna na *Obr. 7.7*. Hodnoty tvrdosti kontrolních vzorků v tomto případě dosahovaly téměř 40 N. Tvrдост daných modelových vzorků se zvyšovala ($P < 0,05$) po aplikaci hydrokoloidů, přičemž nejvyšších hodnot tvrdosti bylo dosaženo po aplikaci κ -karagenanu. Dále následoval vzorek s obsahem lokustové gummy a nejnižších hodnot tvrdosti bylo dosaženo u vzorku s přídavkem arabské gummy. Doba skladování taktéž ovlivnila hodnoty tvrdosti. Statisticky významné zvýšení hodnot tvrdosti bylo zjištěno pouze v případě použití lokustové gummy a κ -karagenanu.

Blokové tavené sýry byly sledovány mimo jiné i deskovou sondou o průměru 100 mm (P100). V případě tohoto měření byly zjištěny významně nižší hodnoty tvrdosti u kontrolních vzorků ($P < 0,05$). Na zvýšení tvrdosti se podílely všechny přidané hydrokoloidy. Nejvyšší tvrdost však byla opět u vzorku s přídavkem κ -karagenanu. Také doba skladování se promítla do změn hodnot tvrdosti. Po 30ti dnech skladování bylo zjištěno zvýšení tvrdosti ($P < 0,05$) u všech vzorků bez ohledu na druh použitého hydrokoloidu. Hodnoty tvrdosti dosahovaly téměř dvojnásobných hodnot ve srovnání s měřením probíhající 14. den skladování.

Z *Obr. 7.6 a 7.7* vyplývá, že po dvoutýdenním skladování byly zjištěny nejnižší hodnoty tvrdosti při použití kónické sondy. Výrazně vyšších hodnot tvrdosti bylo dosaženo u vzorků měřených deskovou nerezovou sondou a nejvyšších hodnot tvrdosti ($P < 0,05$) bylo dosaženo s použitím nerezové cylindrické sondy o průměru 20 mm (P20). Bez ohledu na typ použité sondy při měření se tvrdost vzorků zvyšovala v následujícím pořadí: arabská guma > lokustová guma > κ -karagenan.

Po 30ti dnech skladování byl taktéž zjištěn nárůst hodnot tvrdosti u všech vzorků bez ohledu na typ použité sondy. V případě vzorků měřených deskovou sondou bylo zvýšení tvrdosti nejvíce patrné. Na konci doby skladování byly tedy nejvyšší hodnoty tvrdosti zjištěny měřením deskové sondy, mírně nižší hodnoty

byly zjištěny s použitím cylindrické sondy a nejnižších hodnot tvrdosti bez ohledu na druh použitého hydrokoloidu bylo zjištěno s použitím kónické sondy.



Obr. 7.6: Tvrdost blokových tavených sýrů s přidavkem hydrokoloidů o koncentraci 0,30 % (w/w) měřených kónickou sondou o úhlu 40° (P40c)

M – kontrolní vzorek bez aplikace hydrokoloidů; *AG* – arabská guma; *LG* – lokustová guma; *KK* – κ -karagenan

Pomocí analýzy textury byla sledována také tvrdost roztíratelných tavených sýrů. Výsledky tvrdosti daných vzorků jsou znázorněny na *Obr. 7.8*. Z výsledků je patrné, že nejnižší hodnoty tvrdosti s použitím kónické sondy byly zjištěny u kontrolních vzorků bez aplikace hydrokoloidů. Přídavek všech typů hydrokoloidů způsobil nárůst hodnot tvrdosti roztíratelných tavených sýrů ($P \geq 0,05$). Nejvyšší tvrdosti vzorků roztíratelných tavených sýrů měřených kónickou sondou bylo dosaženo při použití κ -karagenanu. Doba skladování neměla statisticky významný vliv na zvýšení hodnot tvrdosti při použití dané sondy.

Výsledky měření tvrdosti u roztíratelných tavených sýrů s použitím cylindrické sondy prokázaly, že nejnižších hodnot tvrdosti bylo dosaženo opět u kontrolních vzorků bez aplikace hydrokoloidů. Trend vývoje tvrdosti po aplikaci hydrokoloidů byl stejný jako v případě blokových tavených sýrů. Nejtvrdší vzorky roztíratelných tavených sýrů byly opět zjištěny po aplikaci κ -karagenanu. S rostoucí dobou skladování byly zjištěny zvyšující se hodnoty tvrdosti ($P < 0,05$).

Z Obr. 7.8 je dále patrné, že při porovnání obou typů sond byly významně nižší hodnoty tvrdosti ($P < 0,05$) zjištěny při použití kónické sondy (P40c). U kontrolních vzorků měřených cylindrickou sondou byly hodnoty tvrdosti téměř desetinásobně vyšší ve srovnání se vzorky měřenými kónickou sondou. Z hlediska doby skladování byl prokazatelně vyšší nárůst hodnot tvrdosti ($P < 0,05$) patrný při měření cylindrickou sondou (P20).

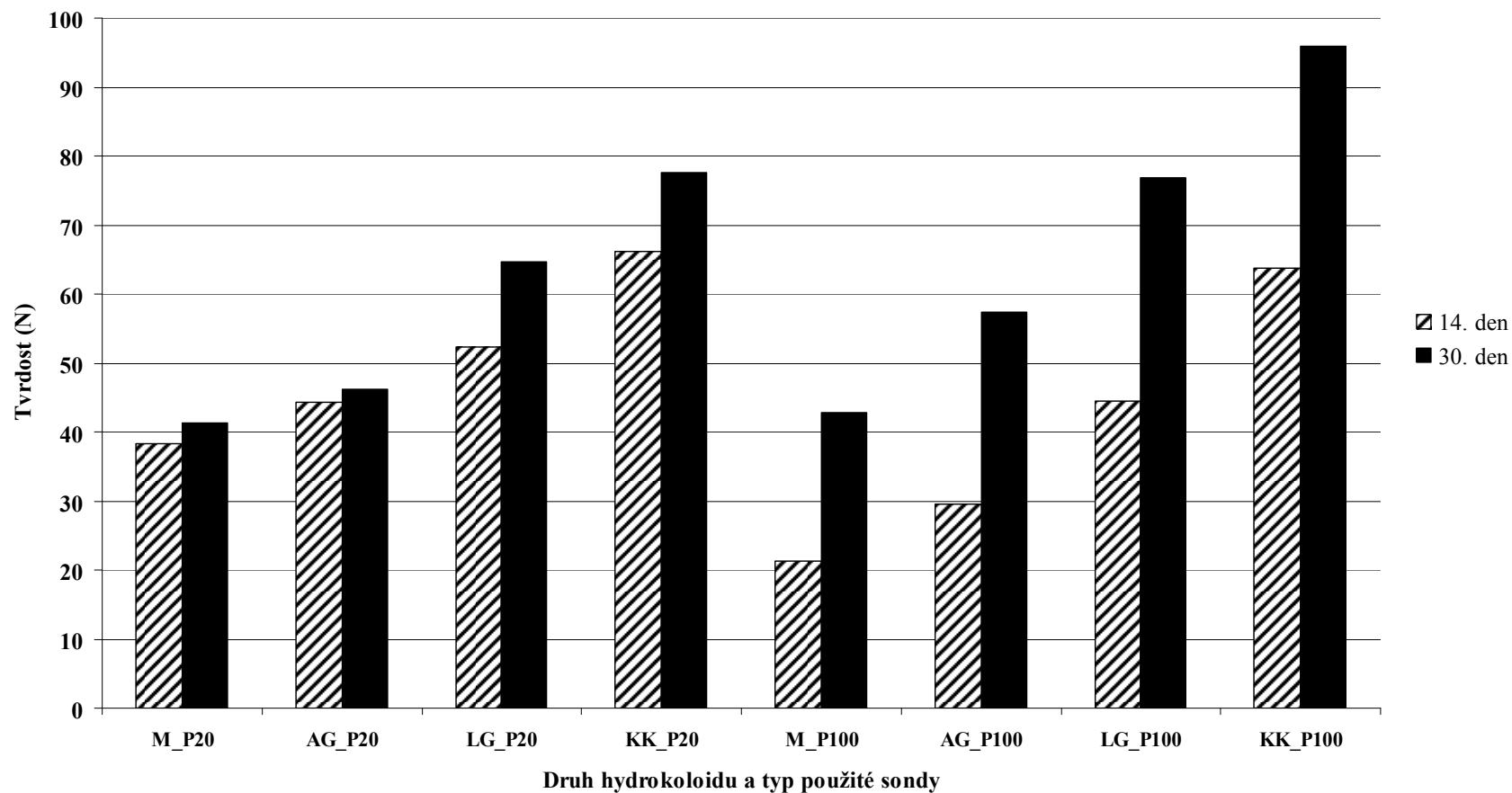
Relativní lepivost

Obr. 7.9 prezentuje hodnoty relativní lepivosti blokových tavených sýrů po aplikaci 0,30 % (w/w) hydrokoloidů (arabská guma, lokustová guma, κ -karagenan). Z výsledků zjištěných analýzou textury měřením kónickou sondou (P40c), bylo zjištěno, že nejvyšší hodnoty relativní lepivosti blokových tavených sýrů byly zjištěny v kontrolních vzorcích ($0,13 \pm 0,01$) bez aplikace hydrokoloidů. Vzorky blokových tavených sýrů s přídavkem hydrokoloidů vykazovaly obdobné hodnoty relativní lepivosti ve srovnání s kontrolními vzorky bez aplikace hydrokoloidů ($P \geq 0,05$). Hodnoty relativní lepivosti se snižovaly v pořadí: arabská guma > lokustová guma > κ -karagenan. Doba skladování signifikantně neovlivnila hodnoty relativní lepivosti blokových tavených sýrů.

Dále byly hodnoty relativní lepivosti sledovány pomocí nerezové cylindrické sondy (P20). Nejnižších hodnot relativní lepivosti bylo opět dosaženo po aplikaci κ -karagenanu. Na konci doby skladování byl zjištěn pokles hodnot relativní lepivosti, avšak snížení hodnot relativní lepivosti nebylo statisticky významné.

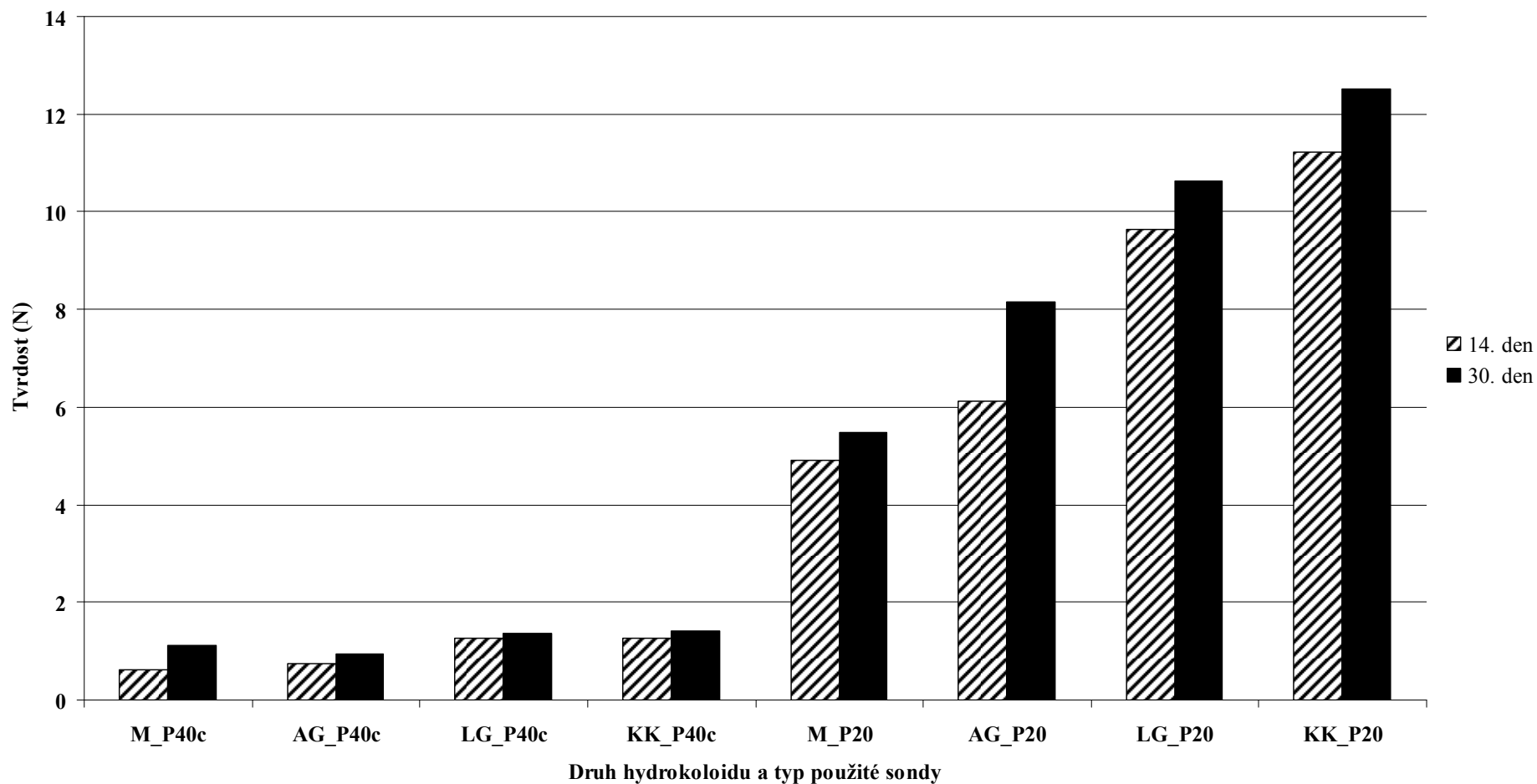
Relativní lepivost blokových tavených sýrů byla mimo jiné sledována také pomocí ploché nerezové sondy o průměru 100 mm. Z výsledků (viz. Obr. 7.9) lze pozorovat, že přídavek arabské gumy neměl na hodnoty relativní lepivosti signifikantní vliv. Po aplikaci lokustové gumy a κ -karagenanu bylo patrné mírné snížení relativní lepivosti ($P < 0,05$). Poklesu hodnot relativní lepivosti bylo dosaženo také na konci doby skladování ($P < 0,05$).

Z Obr. 7.9 je dále patrné, že nejvyšších hodnot ($P < 0,05$) relativní lepivosti bylo dosaženo při měření kónickou sondou bez ohledu na druh použitého hydrokoloidu. Mírně nižších hodnot relativní lepivosti daných vzorků bylo dosaženo při použití cylindrické sondy ($P < 0,05$). Hodnoty relativní lepivosti blokových tavených sýrů zjištěné deskovou sondou byly ve srovnání s předchozími dvěma sondami nejnižší ($P < 0,05$). Aplikace hydrokoloidů měla za následek pokles hodnot relativní lepivosti ($P < 0,05$) všech vzorků bez ohledu na typ použité sondy.



Obr. 7.7: Tvrdość blokových tavených sýrů s přidavkem hydrokoloidů o koncentraci 0,30 % (w/w) měřených válcovou nerezovou sondou o průměru 20 mm (P20) a deskovou nerezovou sondou o průměru 100 mm (P100)

M – kontrolní vzorek bez aplikace hydrokoloidů; AG – arabská guma; LG – lokustová guma; KK – κ-karagenan



Obr. 7.8: Tvrdość roztíratelných tavených sýrů s přidavkem hydrokoloidů o koncentraci 0,30 % (w/w) měřených kónickou sondou o úhlu 40 ° (P40c) a válcovou nerezovou sondou o průměru 20 mm (P20)

M – kontrolní vzorek bez aplikace hydrokoloidů; AG – arabská guma; LG – lokustová guma; KK – κ-karagenan

Měření relativní lepivosti bylo provedeno také u vzorků roztíratelných tavených sýrů (*Obr. 7.10*). Relativní lepivost roztíratelných tavených sýrů byla ve srovnání s blokovými tavenými sýry výrazně vyšší u všech sledovaných vzorků ($P < 0,05$). Nejvyšší relativní lepivost byla zjištěna u kontrolních vzorků měřených kónickou sondou bez přídavku hydrokoloidů. Aplikace všech hydrokoloidů měla za následek mírné snížení hodnot relativní lepivosti roztíratelných tavených sýrů, které však nebylo statisticky významné. Relativní lepivost vzorků nebyla ovlivněna dobou skladování ($P \geq 0,05$).

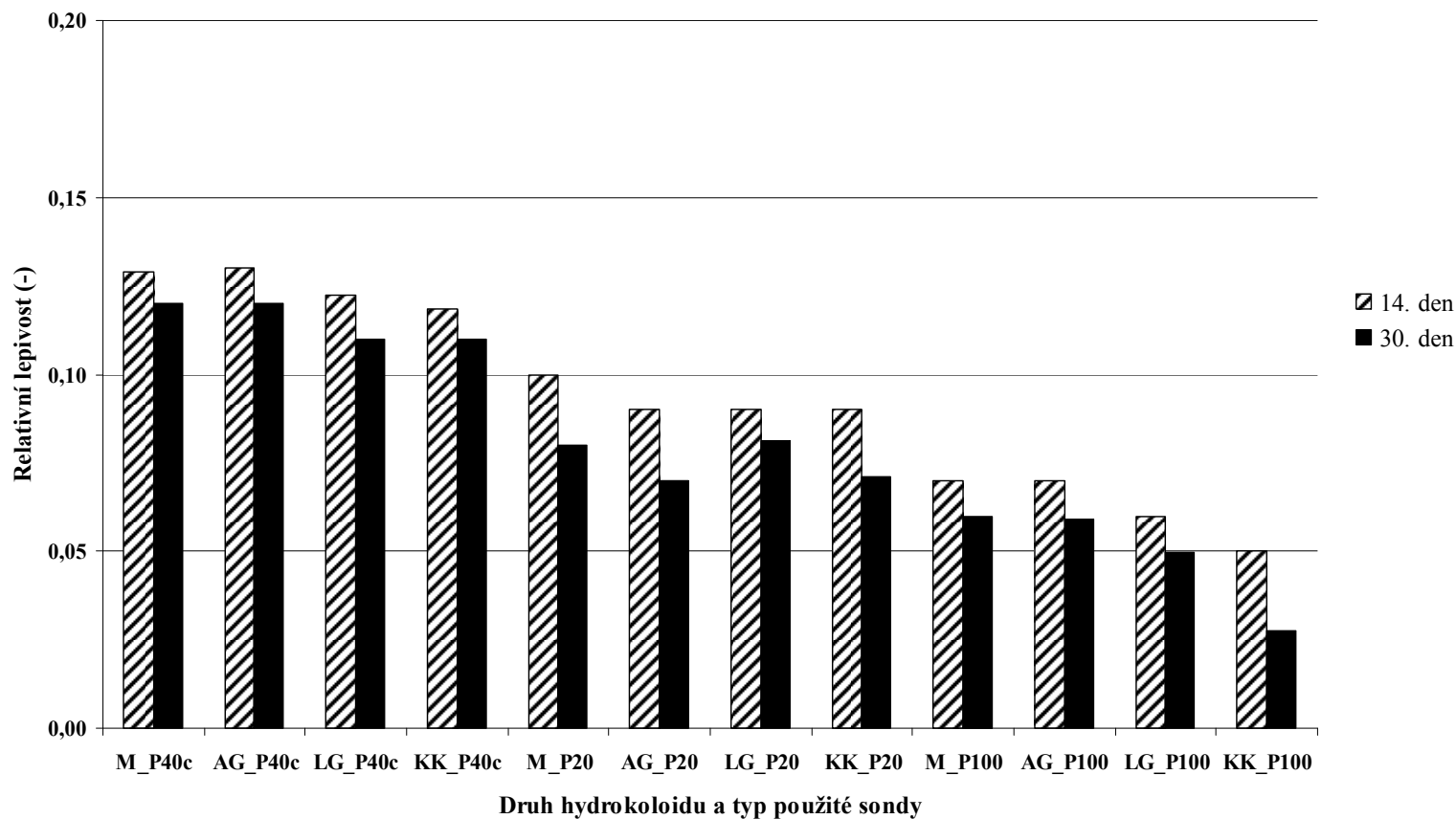
Modelové vzorky roztíratelných tavených sýrů byly měřeny dále také cylindrickou sondou. Aplikace arabské a lokustové gumy do roztíratelných tavených sýrů neměla na relativní lepivost téměř žádný vliv ve srovnání s kontrolními vzorky ($P \geq 0,05$). Změna relativní lepivosti byla zjištěna pouze v případě aplikace κ -karagenanu ke vzorku taveného sýra. Přídavek daného hydrokoloidu měl za následek snížení relativní lepivosti vzorku ($P < 0,05$). Doba skladování se na snížení hodnot relativní lepivosti téměř nepodílela ($P \geq 0,05$).

Z *Obr. 7.10* je patrné, že vyšších hodnot relativní lepivosti bylo dosaženo s použitím kónické sondy ($P < 0,05$). Trend poklesu relativní lepivosti vzorků byl stejný bez ohledu na typ použité sondy. Vyšší pokles hodnot relativní lepivosti na konci doby skladování byl detekován v případě použití kónické sondy.

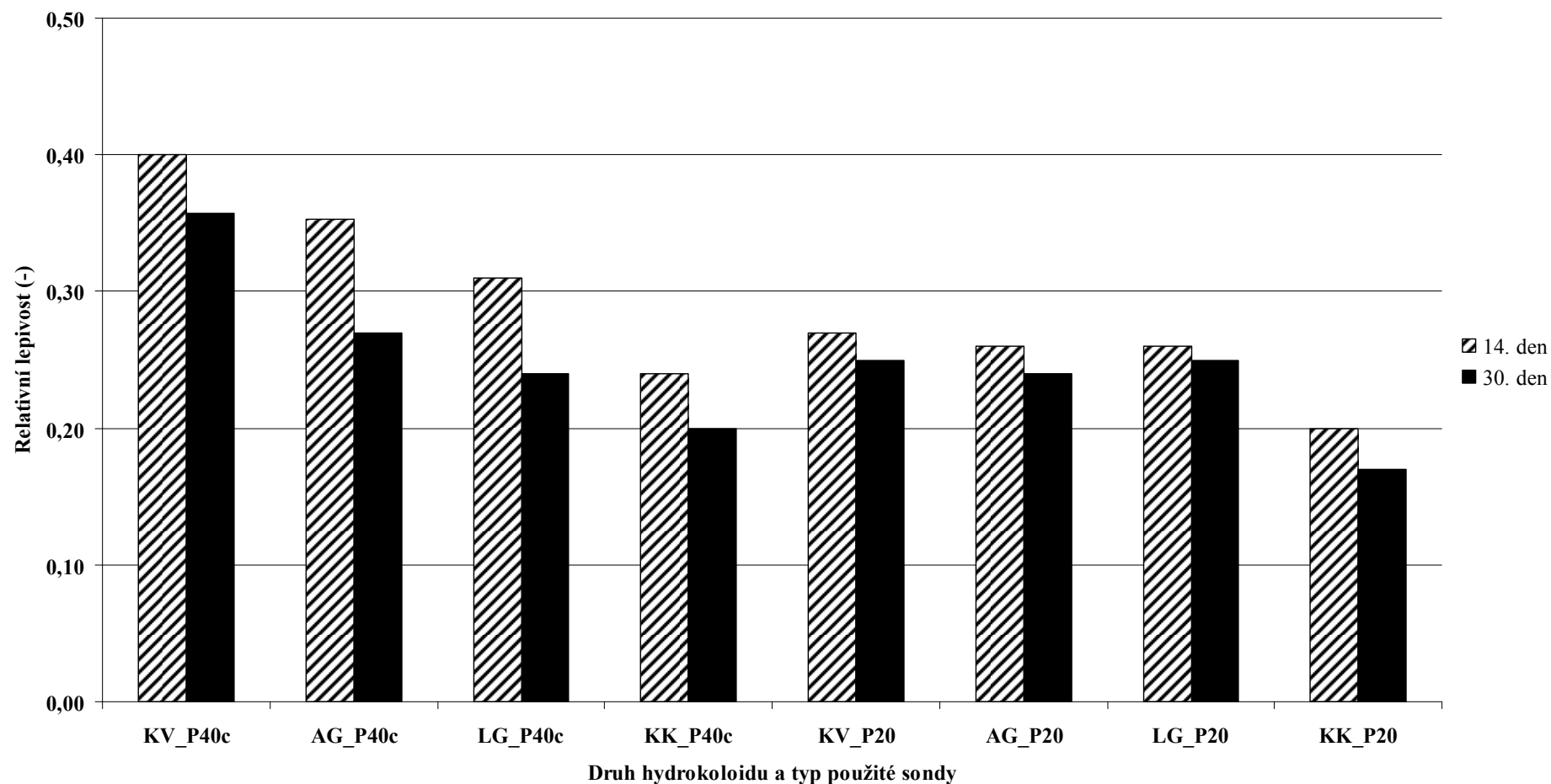
Kohezivnost

U všech kontrolních vzorků blokových tavených sýrů se kohezivnost pohybovala v rozmezí 0,61–0,64. Přídavek hydrokoloidů hodnoty kohezivnosti výrazně nezměnil ($P \geq 0,05$). Stejně tak nebyly statisticky významně ovlivněny hodnoty kohezivnosti typem použité sondy ani dobou skladování ($P \geq 0,05$).

U vzorků roztíratelných tavených sýrů byla kohezivnost mírně nižší ve srovnání s blokovými tavenými sýry ($P < 0,05$). Hodnoty kohezivnosti se výrazně neměnily ani po aplikaci hydrokoloidů. Stejně tak se na hodnotách kohezivnosti neprojevil ani typ použité sondy či délka skladování ($P \geq 0,05$).



Obr. 7.9: Relativní lepivost blokových tavených sýrů s přidavkem hydrokoloidů o koncentraci 0,30 % (w/w) měřených kónickou sondou o úhlu 40 ° (P40c), válcovou nerezovou sondou o průměru 20 mm (P20) a deskovou nerezovou sondou o průměru 100 mm (P100); M – kontrolní vzorek bez aplikace hydrokoloidů; AG – arabská guma; LG – lokustová guma; KK – κ -karagenan



Obr. 7.10: Relativní lepivost roztíratelných tavených sýrů s přidavkem hydrokoloidů o koncentraci 0,30 % (w/w) měřených kónickou sondou o úhlu 40 ° (P40c) a válcovou nerezovou sondou o průměru 20 mm (P20)

M – kontrolní vzorek bez aplikace hydrokoloidů; AG – arabská guma; LG – lokustová guma; KK – κ -karagenan

7.4.4 Diskuze výsledků Fáze 4

Zajištění obdobných hodnot sušiny u jednotlivých kategorií tavených sýrů bylo nutným předpokladem pro zaručení srovnatelnosti texturních vlastností. Henelly *et al.* [163] uvádí, že obsah vody, resp. sušiny významným způsobem ovlivňuje texturní vlastnosti tavených sýrů. Nižší obsah sušiny a vyšší obsah tuku v sušině u roztíratelných tavených sýrů měl za následek vyšší hodnoty pH vzorků. Tyto závěry korespondují s Dimitreli & Thomareis [50]. Awad *et al.* [45] dále uvádí, že vzorky tavených sýrů s nižší hodnotou pH vykazují také vyšší tvrdost.

Z výsledků texturní analýzy vyplývá, že tvrdost vzorků byla významně vyšší u blokových tavených sýrů ve srovnání s roztíratelnými tavenými sýry bez ohledu na typ použité sondy. Vyšší tvrdost vzorků v závislosti na snižujícím se obsahu sušiny ve své práci popisují také Henelly *et al.* [163]. Na této skutečnosti se může podílet obsah sušiny resp. obsah tuku v sušině. S rostoucím obsahem tuku v sušině a s klesajícím obsahem sušiny získáváme slaběji zestířovaný gel a tudíž méně kompaktní matici. Tento fakt podporuje práce Liu *et al.* [66], která uvádí, že vzorky s nižším obsahem sušiny vytváří měkkou a adhezivní matici. Roztíratelné tavené sýry vykazovaly také vyšší stupeň roztékavosti. Podle Dimitreli & Thomareis [50] působí voda v matici tavených sýrů jako změkčovadlo. Tuto teorii podporuje také Lee *et al.* [77] a Henelly *et al.* [163].

Aplikace všech hydrokoloidů měla za následek zvýšení tvrdosti jak blokových, tak i roztíratelných tavených sýrů. Nárůst tvrdosti vzorků tavených sýrů přidávkem hydrokoloidů ve své práci popisují také Gustaw & Mleko [43], Černíková *et al.* [41] nebo Brummel & Lee [168]. Nejvýraznější nárůst hodnot tvrdosti blokových i roztíratelných tavených sýrů byl patrný po aplikaci κ -karagenanu. Vysvětlení lze hledat ve schopnosti κ -karagenanu vytvářet helikální struktury, které následně agregují do trojrozměrné sítě (gelu) [113]. Lynch & Mulvihill [164] dále udávají, že κ -karagenan je schopen interakcí s kaseiny za přítomnosti vápenatých iontů a tím podpořit tvorbu gelu.

Přídavek hydrokoloidů měl za následek také snížení relativní lepivosti modelových vzorků. Snížení lepivosti použitím lokustové gummy či κ -karagenanu potvrzují i Gustaw & Mleko [43], kteří aplikovali do tavených sýrů dané hydrokoloidy v koncentraci 0,21 % (w/w). Tuto vlastnost lze využít například u blokových tavených sýrů určených ke krájení či strouhání [100].

Hodnoty texturních parametrů modelových vzorků tavených sýrů a jejich analogů ovlivňoval i typ použité sondy. Nejnižších hodnot tvrdosti bylo dosaženo u vzorků měřených kónickou sondou (P40c). Vysvětlením může být schopnost dané sondy proniknout do vzorku taveného sýra bez většího porušení

matrice [153]. Na této skutečnosti se podílí fakt, že při průniku sondy do daného vzorku je kladen minimální odpor vzorku. Tím je zapotřebí vyvinutí menší síly a následkem toho získá nižších hodnot tvrdosti. Z výsledků bylo dále patrné, že při měření danou sondou byly získány nejvyšší hodnoty relativní lepivosti, a to bez ohledu na konzistenci daného vzorku. Při vytahování sondy ze vzorku docházelo k postupnému překonávání postranního odporu materiálu bez výrazného porušení vzorku. Z tohoto důvodu lze tedy doporučit kónickou sondu spíše pro měření lepivosti.

Výrazně vyšších hodnot tvrdosti bylo dosaženo u vzorků měřených deskovou nerezovou sondou a nejvyšších hodnot bylo dosaženo s použitím nerezové cylindrické sondy. Cylindrická sonda je běžně využívána pro měření texturních vlastností tavených sýrů, zejména pak pro měření tvrdosti a kohezivnosti. Cylindrická sonda je vhodná zejména pro roztíratelné tavené sýry, ale je možné ji použít i pro měření blokových tavených sýrů.

Desková sonda je taktéž využívána při měření tvrdosti, ale je vhodná spíše pro měření vzorků pevných a krájitelných, ze kterých lze vykrojit vzorek potřebného tvaru. Díky působící síle pohybující se sondy dochází k deformaci vzorku, přičemž čím je síla větší, tím je daný materiál odolnější. Tyto závěry je možné vysvětlit působením nejmenšího tlaku sondy na vzorek díky velké ploše sondy.

7.5 Souhrnný komentář zjištění z Fází 1 až 4

Na základě zjištěných výsledků ve Fází 1 až 4 lze konstatovat, že druh tuku významně ovlivnil texturní vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů. Tvrdost vzorků se snižovala s rostoucím obsahem tuku v sušině. Nejtvrďší vzorky byly tavené sýry s obsahem másla. Nejnižší tvrdosti vzorků analogů tavených sýrů bylo dosaženo po aplikaci palmového tuku. Hodnoty relativní lepivosti nebyly významně ovlivněny druhem použitého tuku. Vyšší hodnoty relativní lepivosti byly zjištěny v závislosti na rostoucím obsahu tuku v sušině. Hodnoty kohezivnosti nebyly ovlivněny jak druhem použitého tuku, tak ani obsahem tuku v sušině. Stejně jako texturní vlastnosti také roztékavost vzorků byla ovlivněna obsahem sušiny, resp. obsahem tuku v sušině. Roztékavost vzorků se zvyšovala s rostoucím obsahem tuku v sušině.

Pomocí sensorické analýzy bylo zjištěno, že kokosový či mléčný tuk lze využít jako vhodnou náhradu másla. Naopak vzorky s palmovým tukem a rostlinným olejem vykazovaly nežádoucí chuť a vůni.

Texturní vlastnosti byly dále ovlivněny přidávkem vybraných hydrokoloidů. Aplikace hydrokoloidů měla za následek zvýšení tvrdosti vzorků, a to bez ohledu na použitý druh tuku či obsah tuku v sušině. Zároveň lze říci, že tvrdost vzorků rostla se zvyšující se koncentrací přidaných hydrokoloidů.

Tvrdość tavených sýrů a jejich analogů klesala ve vzorcích v závislosti na přidaných hydrokoloidech v následujícím pořadí: κ -karagenan > ι -karagenan > λ -karagenan > lokustová guma > arabská guma. Druh použitého hydrokoloidu ovlivnil také roztékavost vzorků. Nejvyššího stupně roztékavosti bylo dosaženo po aplikaci arabské gumy bez ohledu na konzistenci daného vzorku. Naopak minimální roztékavosti bylo dosaženo po přidavku κ -karagenanu. Aplikace hydrokoloidů, zejména pak κ -karagenanu, měla za následek také pokles relativní lepivosti všech vzorků.

Také doba skladování se podílela na změnách texturních vlastností vzorků tavených sýrů a jejich analogů. S rostoucí dobou skladování bylo pozorováno ve všech fázích zvýšení hodnot tvrdosti a snížení relativní lepivosti vzorků. Roztékavost vzorků byla také ovlivněna dobou skladování, přičemž nejvyššího stupně roztékavosti bylo dosaženo na konci doby skladování.

7.6 Výsledky Fáze 5

Cílem Fáze 5 bylo sledovat změnu viskozity vzorků v závislosti na druhu a koncentraci přidaného 1-monoacylglycerolu (1-MAG) nebo hydrokoloidu. Kontrolní vzorky byly vyráběny s lecitinem, bez přidavku 1-MAG. Lecitin byl vybrán jako potravinářský emulgátor díky jeho běžnému použití v potravinářství. V případě tavených omáček s hydrokoloidy byly jako kontrolní vzorky označeny tavené omáčky s přidavkem bramborového škrobu.

Jako kontrolní vzorky byly v části Modelové vzorky tavených omáček (24 % (w/w) sušiny a 40 % (w/w) TVS) s přidavkem hydrokoloidů byly podrobeny sensorickému hodnocení pro posouzení jejich homogeneity na makroskopické úrovni. Provedena byla rovněž základní chemická analýza.

7.6.1 Výsledky chemické analýzy

Stanovení obsahu sušiny potvrdilo, že u modelových vzorků, jak s přidavkem 1-MAG, tak i hydrokoloidů, bylo dosaženo požadované sušiny. Hodnoty obsahu sušiny se u vzorků s přidavkem 1-MAG pohybovala v rozmezí 23,95–24,24 % (w/w). Vzorky s přidavkem hydrokoloidů vykazovaly obdobné hodnoty sušiny, a to 23,84–24,60 % (w/w).

Hodnoty pH modelových vzorků byly měřeny pomocí vpichového pH-metru. Z výsledků lze konstatovat, že hodnoty pH nebyly ovlivněny druhem použitého 1-MAG ($P \geq 0,05$). Hodnoty pH modelových vzorků se pohybovaly v rozmezí 7,05–7,08 bez ohledu na druh a koncentraci použitého 1-MAG. Obdobných hodnot dosahovaly také kontrolní vzorky bez aplikace MAG.

Hodnota pH byla měřena také u vzorků s přidavkem hydrokoloidů. Kontrolní vzorky bez aplikace hydrokoloidů dosahovaly průměrných hodnot pH

7,05 ± 0,02. Hodnota pH modelových vzorků tavených omáček nebyla ovlivněna druhem a koncentrací použitého hydrokoloidu ($P \geq 0,05$).

7.6.2 Výsledky senzoričkého hodnocení

Vzorky tavených omáček s přidavkem 1-MAG byly podrobeny senzoričké analýze. Všechny vzorky bez ohledu na druh a koncentraci použitého 1-MAG byly označeny za makroskopicky homogenní. Všechny vzorky vykazovaly hladký, lesklý vzhled a mírně smetanovou barvu.

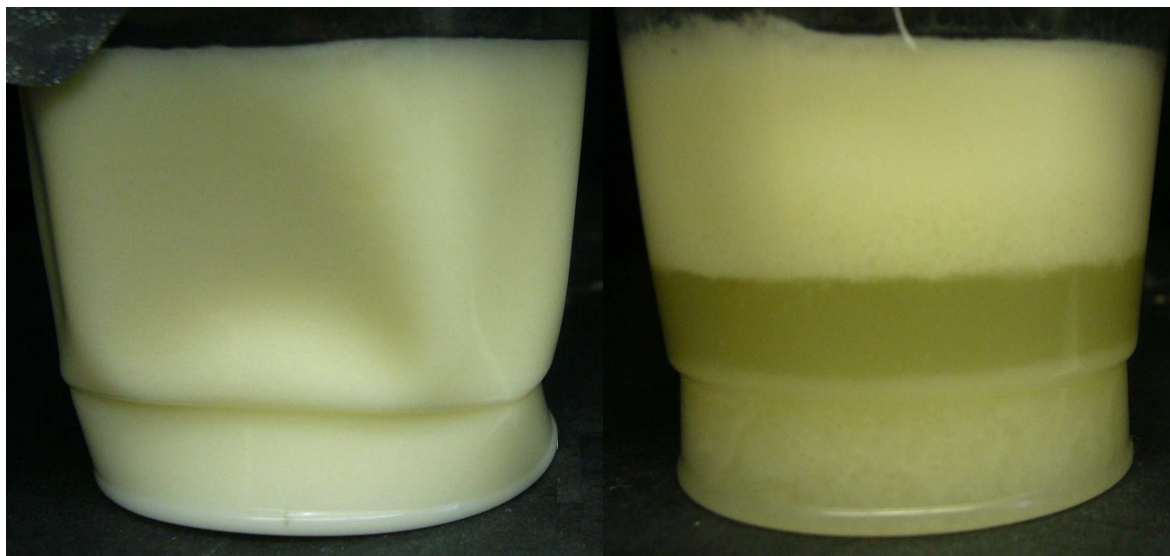
Vzorky tavených omáček s přidavkem hydrokoloidů byly taktéž podrobeny senzoričkému hodnocení pro posouzení jejich makroskopické homogenosti. Senzoričká analýza v této části experimentu měla odhalit, které z vybraných hydrokoloidů umožňují vyrobit plně homogenní vzorky tavených omáček bez použití tradičního bramborového škrobu. Při hledání optimální koncentrace bylo možné označit za makroskopicky homogenní vzorky s přidavkem κ -karagenanu až při použité koncentraci 0,80 % (w/w) (viz. *Obr. 7.13*). U vzorků s přidavkem ι -karagenanu byla pro docílení homogenosti zapotřebí koncentrace až 0,90 % (w/w). Tyto vzorky byly roztíratelné konzistence, hladkého a lesklého vzhledu.

Vzorky s přidavkem arabské a lokustové gummy nebyly označeny za homogenní při žádné z použitých koncentrací. Vzorky o koncentraci od 0,30–0,70 % (w/w) měly rozbředlou konzistenci s výrazně oddělenou tukovou fází. Při použití daných hydrokoloidů o koncentraci 0,80–1,20 % (w/w) vykazovaly vzorky drobivou krupičkovou konzistenci s mírně se uvolňující vodou, přesto nehomogenní (*Obr. 7.12*).



Obr. 7.11: Kontrolní vzorek s obsahem 2 % (w/w) škrobu

Obr. 7.12: Vzorek s přidavkem 1,2 % (w/w) lokustové gummy



Obr. 7.13: Makroskopicky homogenní vzorek s přidavkem 0,80 % (w/w) κ -karagenanu

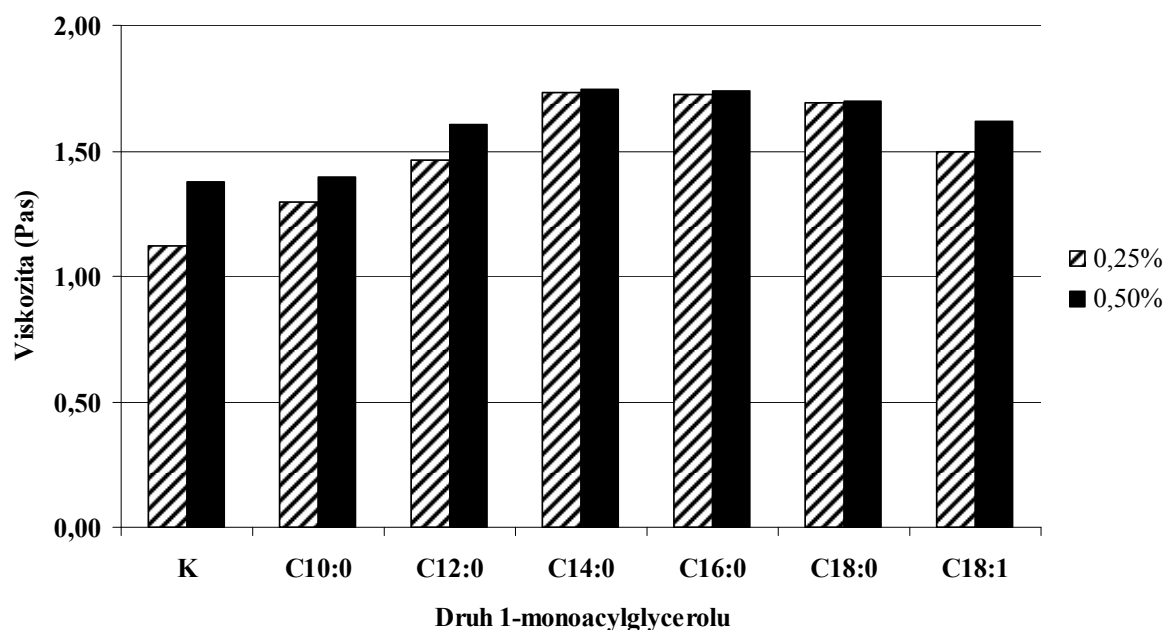
Obr. 7.14: Makroskopicky nehomogenní vzorek s přidavkem 0,50 % (w/w) κ -karagenanu

7.6.3 Výsledky stanovení viskozity

Viskozita tavených omáček byla sledována pouze u makroskopicky homogenních vzorků. Z výsledků uvedených na Obr. 7.15 lze pozorovat závislost viskozity na druhu přidávaného 1-MAG a jeho koncentraci. Nejnižší hodnoty viskozity (při stejné koncentraci) byly zjištěny v kontrolních vzorcích, tedy s obsahem lecitinu.

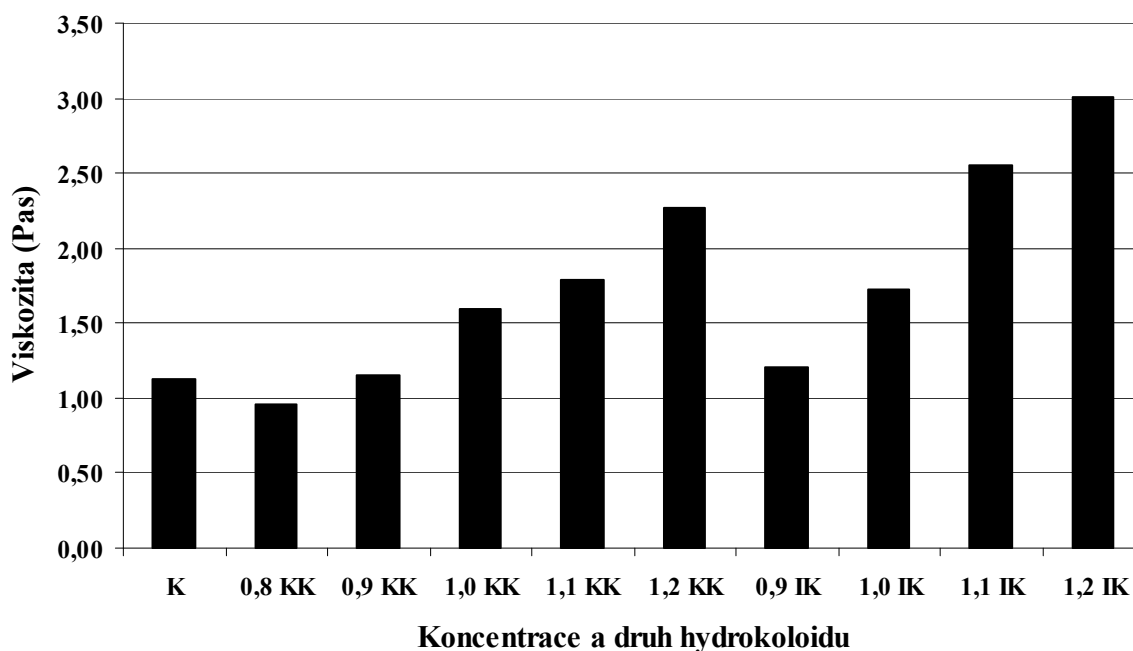
Všechny použité 1-MAG měly za následek zvýšení viskozity daných vzorků ($P < 0,05$). Navíc s prodlužujícím se řetězcem mastné kyseliny v molekule 1-MAG se hodnota viskozity zvyšovala a svého maxima dosáhla u vzorku s obsahem 1-MAG kyseliny myristové. Viskozita tavených omáček se s dalším přidavkem 1-MAG signifikantně neměnila. Mírně nižší hodnoty viskozity byly patrné po přidavku 1-MAG kyseliny olejové.

Při aplikaci dvojnásobné koncentrace (0,50 % (w/w)) lecitinu byl pozorován nárůst viskozity vzorků tavených omáček ($P < 0,05$). Zvýšení viskozity při dané koncentraci vykazovaly také vzorky po přidavku 1-MAG kyseliny kaprinové a laurové. Přídavek 1-MAG C14:0 až C18:0 o koncentraci 0,50 % (w/w) již nevykazoval významné změny viskozity ve srovnání s použitou koncentrací 0,25 % (w/w). Dále se vliv koncentrace promítl na zvýšení viskozity u vzorku 1-MAG C18:1.



Obr. 7.15: Závislost přídavku 1-monoacylglycerolu o koncentraci 0,25 a 0,50 % na viskozitu tavených omáček po sedmidenním skladování (6 ± 2 °C); K – kontrolní vzorek s přídavkem lecitinu; příklad označení: C10:0 – 1-MAG se zbytkem kyseliny kaprinové

Na dalším obrázku (Obr. 7.16) lze pozorovat vliv přídavku hydrokoloidů na viskozitu tavených omáček. Aplikace obou hydrokoloidů měla na zvýšení viskozity významný vliv ($P < 0,05$). Viskozita vzorků se zvyšovala také v závislosti na zvyšující se koncentraci daného hydrokoloidu ($P < 0,05$). Významně vyšších hodnot viskozity ve srovnání s kontrolními vzorky bylo dosaženo po aplikaci ι -karagenanu, a to při použité koncentraci 1,0–1,2 %.



Obr. 7.16: Závislost přídavku vybraných hydrokoloidů na viskozitu tavených omáček po sedmidenním skladování (6 ± 2 °C); K – kontrolní vzorek bez aplikace bramborového škrobu; KK – κ -karagenan; IK – ι -karagenan; číslo značí použitou koncentraci daného hydrokoloidu (%)

7.6.4 Diskuze výsledků Fáze 5

Dosažený obsah sušiny (23,95–24,60 %) je typický pro tavené omáčky Guinee *et al.* [54]. Zabezpečení obdobných hodnot modelových vzorků je nezbytné pro zajištění srovnatelnosti vzorků, jelikož by tento parametr mohl viskozitu vzorků podstatně ovlivnit Lee *et al.* [77] a Guinee *et al.* [9].

Přídavek všech 1-MAG způsobil zvýšení hodnot viskozity. Nejnižší hodnoty viskozity (při stejné koncentraci) byly zjištěny v kontrolních vzorcích, tedy s obsahem lecitinu. Na této skutečnosti se může promítnout vyšší HLB hodnota lecitinu (8) oproti MAG, která je přibližně 3–6 [146].

Hodnota viskozity se zvyšovala s rostoucím řetězcem mastné kyseliny v molekule MAG. Maximální hodnoty viskozity bylo dosaženo po aplikaci 1-MAG kyseliny myristové. S přídavkem 1-MAG C16:0 až C 18:0 se hodnoty viskozity téměř neměnily. Otázkou však zůstává, zda byl výsledek způsoben chybou měření nebo tyto 1-MAG viskozitu vzorků již neovlivňují. Lze předpokládat, že po aplikaci 1-MAG C10:0 až C14:0, bylo zapříčiněno zvýšení viskozity změnou vlastností gelu, jelikož se zvyšujícím se stupněm emulgace roste také tuhost (viskozita) vzorků. To částečně potvrzuje také studie autorů Buňka *et al.* [145], kteří zjistili, že s přídavkem 1-monoacylglycerolů do tavených sýrů se zvyšuje tuhost daných vzorků.

Nižší hodnoty viskozity u vzorků s obsahem 1-MAG se zbytkem kyseliny olejové je možné zdůvodnit přítomností nenasycené vazby v molekule této kyseliny. Tato nenasycená vazba může zapříčinit zpevnění celé molekuly mastné kyseliny a tím snížit tvorbu vodných vrstev mezi jednotlivými molekulami 1-monoacylglycerolů. Právě tyto vodné vrstvy do jisté míry mohou viskozitu snižovat [146].

Přídavek obou použitých karagenanů do tavených omáček měl za následek zvýšení viskozity ve srovnání s kontrolními vzorky. Zvýšení viskozity tavených omáček s rostoucí koncentrací použitého hydrokoloidu potvrzuje také Mandala *et al.* [58]. Vysvětlení lze hledat v možných interakcích mezi jednotlivými řetězci karagenanů. Počet interakcí se zvyšuje s rostoucí koncentrací karagenanu a trojrozměrná struktura tvořená karagenanem se tak stává pevnější. V případě ι-karagenanu lze dále předpokládat tvorbu vazeb mezi daným karagenanem a kaseinovými micelami, resp. dochází k tvorbě můstků mezi kaseiny [41, 113]. Mandala *et al.* [58] uvádí, že omáčky se do jisté míry chovají jako slabý gel. Zvýšení viskozity (tuhost) modelových vzorků tavených omáček s obsahem κ- a ι-karagenanu je v souladu s odbornými publikacemi [43].

8 PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI

Dizertační práce se zabývala faktory, které do jisté míry mohou ovlivňovat texturní vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů. Na spotřebitelském trhu se objevuje celá řada tavených sýrů a jejich analogů, které se vyznačují nejen rozmanitostí v chuti, ale také v konzistenci. Mezi faktory, které mohou ovlivnit texturní vlastnosti daných výrobků lze zařadit např. obsah sušiny, resp. obsah tuku v sušině, druh tuku dle zastoupení mastných kyselin, druh či koncentrace přidaných hydrokoloidů nebo také druh monoacylglycerolů. V neposlední řadě mohou být texturní vlastnosti ovlivněny také dobou skladování.

Přínos pro vědu:

- byl studován vliv přídavku tuků s různým zastoupením mastných kyselin na texturní vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů;
- byla studována metodika pro výrobu blokových tavených sýrů či tavených omáček;
- byla sledována roztékavost vzorků v závislosti na použitém druhu tuku a jeho obsahu v sušině;
- byl popsán vliv přídavku různých druhů hydrokoloidů na texturní vlastnosti tavených sýrů s odlišným obsahem sušiny a tuku v sušině, přičemž bylo prokázáno, že záleží především na síle původní matrice;
- z hlediska chemických a organoleptických vlastností byla charakterizována výrobová skupina tavených omáček s přídavkem
- 1-monoacylglycerolů nebo hydrokoloidů.

Přínos pro praxi:

- proveditelnost technologie výroby analogů tavených sýrů za použití tuků s vyšším obsahem nenasycených mastných kyselin;
- na základě dynamické oscilační reometrie lze doporučit κ -karagenan při výrobě analogů tavených sýrů, aby nedocházelo k nežádoucímu tuhnutí během transportu taveniny;
- proveditelnost technologie výroby blokových tavených sýrů a doporučení vhodných hydrokoloidů při výrobě;
- další doporučení se týká přídavku lokustové gummy ke zvýšení tvrdosti a snížení relativní lepivosti tavených sýrů s obsahem másla a přídavku arabské gummy ke zvýšení tvrdosti a snížení relativní lepivosti u vzorků s obsahem palmového tuku;
- výroba makroskopicky homogenních vzorků tavených omáček s přídavkem 1-MAG a κ - a ι -karagenanem.

9 ZÁVĚR

Cílem dizertační práce bylo sledovat faktory ovlivňující texturní vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů. Závěry, které vyplývají z této práce lze shrnout do následujících bodů:

- druh použitého tuku významně ovlivnil texturní vlastnosti tavených sýrů a jejich analogů, významně nižší tvrdost bylo pozorována u vzorku s obsahem palmového tuku;
- tvrdost vzorků se zvyšovala v závislosti na klesajícím obsahu tuku v sušině, stejně tak docházelo k nárůstu tvrdosti s prodlužující se dobou skladování;
- relativní lepivost a roztékavost vzorků se naopak snižovala se zvyšující se tvrdostí modelových vzorků;
- obrazová analýza vzorků analogů tavených sýrů prokázala, že vzorky byly mikroskopicky homogenní, zároveň charakteristiky tukových kuliček prokázaly, druh tuku ovlivnil jejich počet, který se zároveň zvyšoval s rostoucím obsahem tuku v sušině;
- pomocí dynamické oscilační reometrie byl s klesající teplotou v průběhu chlazení pozorován nárůst komplexního modulu pružnosti u všech vzorků;
- přidavek všech hydrokoloidů zvýšil tuhost vzorků tavených sýrů a jejich analogů bez ohledu na použitý druh tuku či obsah tuku v sušině;
- po aplikaci hydrokoloidů zejména pak κ -karagenanu byl pozorován pokles relativní lepivosti všech vzorků;
- výrazně vyšších hodnot tvrdosti bylo dosaženo s použitím cylindrické a deskové sondy ve srovnání s kónickou sondou;
- přidavek všech typů 1-monoacylglycerolů způsobil zvýšení viskozity tavených omáček;
- viskozita tavených omáček se zvyšovala s rostoucí koncentrací přidaného hydrokoloidu, výrazně vyšších hodnot viskozity bylo dosaženo po aplikaci ι -karagenanu

10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DOSTÁLOVÁ, J., ČURDA, L. Význam tavených sýrů ve výživě. *Výživa a potraviny*, 2010, 2, 29-30. ISSN 1211-846X.
- [2] ANONYM. *Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů na 1 obyvatele v ČR v letech 2000 - 2010* [online]. [cit. 2012-06-08]. ČSÚ, © 2012, Dostupné na: [http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/53004FB2E0/\\$File/30041101.pdf](http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/53004FB2E0/$File/30041101.pdf).
- [3] KIM, S., HONG, E., AHN, J., KWAK, H. Chemical and sensory properties of cholesterol-reduced processed cheese spread. *International Journal of Dairy Technology*, 3, 2009, 348–352. ISSN 1471-0307.
- [4] ANONYM. Vyhláška Ministerstva zemědělství ČR č. 77/2003 Sb., v platném znění, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění. In *Sbírka zákonů České republiky*.
- [5] LEE, S. K., KLOSTERMEYER, H. The effect of pH on the rheological properties of reduced-fat model processed cheese spread. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 34, 2001, 288–292. ISSN 0023-6438.
- [6] YE, A., HEWITT, S. Phase structure impact the rheological properties of rennet-casein-based imitation cheese containing starch. *Food Hydrocolloids*, 2008, doi:10.1016/j.foodhyd.2008.05.004. ISSN 0268-005X.
- [7] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A. S. Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*, 64, 2004, 265–271. ISSN 0260-8774.
- [8] BACHMANN, H. P. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*, 11, 2001, 505–515. ISSN 0958-6946.
- [9] GUINEE, T.P., CARIĆ, M., KALÁB, M. *Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Third edition - Volume 2: Major Cheese Groups*. 2004, ISBN 0-1226-3653-8.
- [10] PÁNEK, J., POKORNÝ, J., DOSTÁLOVÁ, J., KOHOUT, P. *Základy výživy*. Svoboda servis, Praha, 2002. ISBN 80-86320-23-5.
- [11] ANONYM. Vyhláška 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin, v platném znění. In *Sbírka zákonů České republiky*.
- [12] BUŇKA, F., HRABĚ, J. Tavené sýry. *Potravinářská revue*, 3, 2006, 13–16. ISSN 1801-9102.

- [13] ANONYM. Codex Alimentarius General Standard for Food. [online]. [cit. 2012-06-11].
Dostupné: <http://www.codexalimentarius.net/gsfaonline/foods/details.html?id=0>.
- [14] LUCEY, J. A., JOHNSON, M. E., HORNE, D. S. Perspective on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86, 2003, 2725–2743. ISSN 0022-0302.
- [15] CARÍĆ, M., KALÁB, M. Processed cheese products. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 1997, 2, 467-505.
- [16] BUŇKA, F., KOPÁČEK. Mýty o tavených sýrech a jak proti nim argumentovat. *Potravinářská revue*, 1, 2012, 28–31. ISSN 1801-9102.
- [17] BERGER, W. KLOSTERMEYER, H. MERKENICH, K. UHLMANN, G. Processed Cheese Manufacture. A JOHA Guide; Ladenburg: BK Giulini Chemie GmbH & Co. OHG. 2002.
- [18] KAPOOR, R., METZGER, L. E., BISWAS, A. C., MUTHUKUMMARAPPAN, K. Effect of natural cheese characteristics on processed cheese properties. *Journal of Dairy Science*, 90, 2007, 1625–1634. ISSN 0022-0302.
- [19] MULSOW, B.B., JAROS, D., ROHM, H. Processed Cheese and Cheese Analogues. In Tamime, A.Y. (Ed.) *Structure of Dairy Products*, 1st ed. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, 2007, 210-235.
- [20] KAWASAKI, Y. Influence of „creaming“ on the properties of processed cheese and changes in the structure of casein during cheese making. *Milchwissenschaft*, 63, 2008, 149–153. ISSN 0026-3788.
- [21] LOBATO-CALLEROS, C., VEERNON-CARTER, E. J. Microstructure and texture of cheese analogs containing different types of fat. *Journal of Texture Studies*, 29, 1998, 569–586. ISSN 1745-4603.
- [22] FOX, P. F., GUINEE, T. P., COGAN, T. M., MCSWEENEY, P. L. H. *Fundamentals of Cheese Science*. 1st ed. Gauthersburg (Maryland, USA): Aspen Publication. 2000. ISBN 0-8342-1260-9.
- [23] FLOURY, J., CAMIER, B., ROUSSEAU, F., LOPEZ, CH., TISSIER, J. P., FAMELART, M., H. Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationships. *LWT-Food Science and Technology*, 42, 2009, 1611–1620. ISSN 0023-6438.
- [24] JOHNSON, M. E., KAPOOR, R., MCMAHON, D. J., MCCOY, D. R., NARASIMMON, R. G. Reduction of sodium and fat levels in natural and processed cheeses: scientific and technological aspects. *Comprehensive Review of Food Science*, 8, 2009, 252–268. ISSN 1541-4337.

- [25] BUŇKA, F., BUŇKOVA, L., KRÁČMAR, S. Základní principy výroby tavených sýrů [monografie]. *Folia univ. agric. et silvic. Mendel. Brun.*, 2 (6), 2009, 70 s. ISBN 978-80-7375-336-8.
- [26] KAPOOR, R., METZGER, L. E. Evaluation of salt whey as an ingredient in processed cheese. *Journal of Dairy Science*, 87, 2004, 1143–1150. ISSN 0022-0302.
- [27] BOWLAND, E. L., FOEGEDING, E. A. Small strain oscillatory shear and microstructural analyses of a model processed cheese. *Journal of Dairy Science*, 84, 2001, 2372–2380. ISSN 0022-0302.
- [28] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J. J., LUCEY, J. A. Effect of trisodium citrate concentration and cooking time on physicochemical properties of pasteurized processed cheese. *Journal of Dairy Science*, 89, 2006, 15–28. ISSN 0022-0302.
- [29] NORONHA, N., O'RIORDAN, E. D., O'SULLIVAN, M. Influence of processing parameters on the texture and microstructure of imitation cheese. *European Food Research and Technology*, 226, 2008, 385–396. ISSN 1438-2385.
- [30] SUTHEERAWATTANANONDA, M., FULCHER, R. G., MARTIN, F. B., BASTIAN, E. D. Fluorescence image analysis of process cheese manufactured with trisodium citrate and sodium chloride. *Journal of Dairy Science*, 80, 1997, 620–627. ISSN 0022-0302.
- [31] KLOSTERMEYER, H., BUCHHEIM, W. Die mikrostruktur von schmelzkäse-erzeugnissen. *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*, 40, 1988, 219–231. ISSN 0023-1347.
- [32] BŘEZINA, P., KOMÁR, A., HRABĚ, J. Technologie, zbožiznalství a hygiena potravin. II. Část – Technologie, zbožiznalství a hygiena potravin živočišného původu. VVŠ PV, Vyškov, 177 s. 2001. ISBN 80-7231-079-8.
- [33] PLOCKOVÁ, M., BŘEZINA, P. Mikrobiologie mléka a tuků. 1. vyd. Praha: VŠCHT. 1988.
- [34] FORMAN, L. Mlékárenská technologie II. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 1996. ISBN 80-7080-250-2.
- [35] PISKA, I., ŠTĚTINA, J. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering*, 61, 2004, 551–555. ISSN 0260-8774.
- [36] ZHONG, Q., DAUBERT, C. R., FARKAS, B. E. Cooling effects on processed cheese functionality. *Journal of Food Process Engineering*, 27, 2004, 392–412. ISSN 0145-8876.
- [37] ANONYM. Food and Drug Administration. 21 CFR, Part 133. Washington, D. C.: Department of Health and Human Services. [on-line].

- [cit. 2012-05-11] Dostupné na: http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfCFR/CFRSearch.cfm?fr=133.169&utm_campaign=Google2&utm_source=fdaSearch&utm_medium=website&utm_term=processed%20cheese&utm_content=4.
- [38] KADLEC, P. *Technologie potravin I*, 1.vyd. Praha: VŠCHT, 2007, 300 s. ISBN 80-7080-509-9.
- [39] LEE, S. K., ANEMA, S. G. The effect of the pH at cooking on the properties of processed cheese spreads containing whey proteins. *Food Chemistry*, 115, 2009, 1370–1380. ISSN 0308-8146.
- [40] GLIGUEM, H., GHORBEL, D., LOPEZ, CH., MICHON, C., OLLIVON, M., LESIEUR, P. Crystalization and polymorphism of triacylglycerols contribute to the rheological properties of processed cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 2009, 3195–3203. ISSN 0021-8561.
- [41] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P., HRABĚ, J., VALÁŠEK, P. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food hydrocolloids*, 22, 2008, 1054–1061. ISSN 0268-005X.
- [42] TRIVEDI, D, BENNETT, R. J., HEMAR, Y., REID, D. C. W., LEE, S. K., ILLINGWORTH, D. Effect of different starches on rheological and microstructural properties of (I) model processed cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 2008, 2191–2196. ISSN 1365-2621.
- [43] GUSTAW, W., MLEKO, S. The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft*, 62, 2007, 59-62. ISSN 0026-3788.
- [44] WEISEROVÁ, E., DOUDOVÁ, L., GALIOVÁ, L., ŽÁK, L., MICHÁLEK, J., JANIŠ, R., BUŇKA, F. The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads, *International Dairy Journal*, 21, 2011, 979-986. ISSN 0958-6946.
- [45] AWAD, R. A., ABDEL-HAMID, L. B., EL-SHABRAWY, S. A., SINGH, R. K. Texture and microstructure of block type processed cheese with formulated emulsifying salt mixtures. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 35, 2002, 54–61. ISSN 0023-6438.
- [46] AWAD, R. A., ABDEL-HAMID, L. B., EL-SHABRAWY, S. A., SINGH, R. K. Physical and sensory properties of block processed cheese with formulated emulsifying salt mixtures. *International Journal of Food Properties*, 7, 2004, 429–448. ISSN 1094-2912.
- [47] GAJDUŠEK, S. *Laktologie*. Brno, MZLU, 2003, 78 s. ISBN 8071576573.

- [48] BYLUND, G., Dairy Processing Handbook. Lund: Tetra Pak Processing Systems. 1995.
- [49] JOSHI, N. S., JHALA, R. P., MUTHUKUMARAPPAN., K., ACHARYA, M. R., MISTRY, V. V. Textural and rheological properties of processed cheese. *International Journal of Food Properties*, 7, 2004, 519–530. ISSN 1532-2386.
- [50] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A. S. Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*, 79, 2007, 1364–1373. ISSN 0260-8774.
- [51] PEREIRA, R. B., BENNET, R. J., HEMAR, Y. Rheological and microstructure characteristics of model processed cheese analogues. *Journal of Texture Study*, 32, 2001, 349–373. ISSN 0022-4901.
- [52] AROCAS, A., SANZ, T., FISZMAN, S. M. Clean label starches as thickeners in white sauces. Shearing, heating and freeze-thaw stability. *Food Hydrocolloids*, 23, 2009, 2031–2037. ISSN 0265-005X.
- [53] AROCAS, A., SANZ, T., FISZMAN, S. M. Influence of corn starch type in the rheological properties of a white sauce after heating and freezing. *Food Hydrocolloids*, 23, 2009, 901–907. ISSN 0265-005X.
- [54] GUINEE, T. P., O'BRIEN, N. B., RAWLE, D. F. The viscosity of cheese sauce with different starch systems and cheese powders. *Journal of the Society of Dairy Technology*, 47, 1994, 132–138. ISSN 0037-9840.
- [55] CHILDS, J. L., YATES, M. D., DRAKE, M. Sensory properties and consumer perception of wet and dry cheese sauces. *Journal of Food Science*, 74, 2009, 205–218. ISSN 1097-0010.
- [56] HERNÁNDEZ-CARRIÓN, M., GUARDEÑO, L. M., CAROT, J. M., PERÉZ-MUNUERA, ., QUILES, A., HERNANDO, I. Structural stability of white sauces prepared with different types of fats and thawed in microwave oven. *Journal of Food Engineering*, 104, 2011, 557–564. ISSN 0260-8774.
- [57] THANASUKARN, P., PONGSAWATMANIT, R., MCCLEMENTS, D. J. Influence of emulsifier type on freeze-thaw stability of hydrogenated palm oil-in-water emulsion. *Food Hydrocolloids*, 18, 2004, 1033–1043. ISSN 0265-005X.
- [58] MANDALA, I. G., SAVVAS, T. P., KOSTAROPOULOS, A. E. Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. *Journal of Food Engineering*, 64, 2004, 335–342. ISSN 0260-8774.
- [59] LANGTON, M., JORDANSSON, E., ALTSKÄR, A., SØRENSEN, C., HERMANSSON, A. Microstructure and image analysis of mayonnaises. *Food Hydrocolloids*, 13, 1999, 113–125. ISSN 0265-005X.

- [60] YILMAZ, M. T., KARAMAN, S., CANKURT, H., KAYACIER, A., SAGDIC, O. Steady and dynamic oscillatory shear rheological properties of ketchup-processed cheese mixtures: Effect of temperature and concentration. *Journal of Food Engineering*, 103, 2011, 197–210. ISSN 0260-8774.
- [61] GARRET, R. H., GRISHAM, CH. M. Biochemistry. 4.th ed. Boston: Cengage Learning, 2010. 1059 s. ISBN 978-04-9510-935-8.
- [62] CHRISTE, W. W. The Lipid Library. [on-line]. [cit. 2011-10-14]. Dostupné na: <http://lipidlibrary.aocs.org/index.html>.
- [63] KOMPRDA, T. Cholesterol a jeho oxidační produkty v potravinách. Ústav technologie potravin, Mendelová zemědělská a lesnická univerzita v Brně. *Veterinářství*, 56, 2006, 121–125. ISSN 0506-8231.
- [64] LUBANDA, H., VECKA, M. Cholesterol. Přítel či nepřítel? *Chemické Listy* 103, 2009, 40–51. ISSN 1213-7103.
- [65] CUNHA, C. R., DIAS, A. I., VIOTO, W. H. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*, 43, 2010, 723–729. ISSN 0963-9969.
- [66] LIU, H., XU, X. M., GUO, S. D. Comparison of full-fat and low-fat cheese analogues with or without pectin get through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 2008, 1581–1592. ISSN 1365-2621.
- [67] ROGINSKI, H., FUQUAY, J.W., FOX, P.F. Encyclopedia of Dairy Sciences. Cheese Analogues, Academic Press, London 2002. ISBN 0-12-227235-8.
- [68] FAGAN, C. C., EVERARD, C., O'DONNELL, C. P., DOWNEY, G., SHEEHAN, E. M., DELAHUNTY, C. M., O'CALLAGHAN, D. J. Evaluating mid-infrared spectroscopy as a new technique for predicting sensory texture attributes of processed cheese. *Journal of Dairy Science*, 90, 2007, 1122–1132. ISSN 0022-0302.
- [69] ANONYM. ČSN ISO 11036, Senzorická analýza – Metodologie – Profil textury. Praha: Český normalizační institut.
- [70] LU, Y., SHIRASHOJI, N., LUCEY, J. A., Rheological, textural and melting properties of commercial samples of some of the different types of pasteurized processed cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 60, 2007, 74–80, ISSN 1364-727X.
- [71] HASSAN, A. N., AWAD, S., MISTRY, V. V. Reduced fat process cheese made from reduced fat cheddar cheese manufactured with exopolysaccharide-producing cultures. *Journal of Dairy Science*, 60, 2007, 3604–3612. ISSN 0022-0302.

- [72] BENNETT, R. J., TRIVEDI, D., HEMAR, Y., REID, D. C. W., ILLINGWORTH, D., LEE, S. K. The effect of starch addition on the rheological and microstructural properties of model processed cheese. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 61, 2006, 157–159. ISSN 0004-9433.
- [73] OLSON, N. F., VAKALERIS, D. G., PRICE, W. V., KNIGHT, S. G. Acidity and age of natural cheese as factors affecting the body of pasteurized processed cheese spread. *Journal of Dairy Science*, 41, 1958, 1005–1016. ISSN 0022-0302.
- [74] BRICKLEY, C. A., AUTY, M. A. E., PIRAINO, P., MCSWEENEY, P. L. H. The effect of natural cheddar cheese ripening on the functional and textural properties of the processed cheese manufactured there from. *Journal of Food Science*, 72, 2007, 483–490. ISSN 0022-1147.
- [75] MLEKO, S., LUCEY, J. A. Production and properties of processed cheese with reduced lactose whey. *Milchwissenschaft*, 58, 2003, 498–502. ISSN 0026-3788.
- [76] LEE, S. K., BUWALDA, R. J., EUSTON, S. R., FOEGEDING, E. A., MCKENNA, A. B. Changes in the rheology and microstructure of processed cheese during cooking. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 36, 2003, 339–345. ISSN 0023-6438.
- [77] LEE, S. K., ANEMA, S., KLOSTERMEYER, H. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 2004, 763–771. ISSN 1365-2621.
- [78] SWENSON, B. J., WENDORFF, W. L., LINDSAY, R. C. Effect of ingredients on the functionality of fat-free process cheese spreads. *Journal of Food Science*, 65, 2000, 822–825. ISSN 0022-1147.
- [79] MOLINS, R.A. Phosphates in food. Boca Raton: CRC Press, 1991.
- [80] SÁDLÍKOVÁ, I., BUŇKA, F., BUDÍNSKÝ, P., VOLDÁNOVÁ, B., PAVLÍNEK, V., HOZA, I. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese, *LWT – Food Science and Technology*, 43, 2010, 1220–1225. ISSN 0023-6438.
- [81] BUŇKA, F., ŠTĚTINA, J., HRABĚ, J. The effect of storage temperature and time on the consistency and color of sterilized processed cheese. *European Food Research and Technology*, 228, 2008, 223–229. ISSN 1438-2385.
- [82] TAMINE, A.Y., MUIR, D.D., SHENANA, M.E., KALAB, M., DAWOOD, A.H. Microstructure and firmness of processed cheese manufactured from Cheddar cheese and skim milk powder cheese base. *Food Microstructure*, 9, 1990, 23–37. ISSN 0730-5419.

- [83] SCHÄR, W., BOSSET, J. O. Chemical and physico-chemical changes in processed cheese and ready-made fondue during storage - a review. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 35, 2002, 15–20. ISSN 0023-6438.
- [84] KOCA, N., METIN, M. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *International Dairy Journal*, 14, 2004, 365–373. ISSN 0958-6946.
- [85] VAN HEKKEN, D. L., TUNICK, M. H., MALIN, E. L., HOLSINGER, V. Rheology and melt characterization of low-fat and full fat Mozzarella cheese made from microfluidized milk. *Food Science and Technology*, 40, 2007, 89–98. ISSN 0022-1155.
- [86] VELÍŠEK, J. Chemie potravin. 1. díl. Tábor: nakladatelství OSSIS, 2002. 332 s. ISBN 80-86659-00-3.
- [87] WONG, N. P., JENNES, R., KEENEY, M., MARTH, E. H. Fundamentals of Dairy Chemistry. 3rd ed. Gaithersburg (MA, USA): Aspen Publishers. 1999. ISBN 0834213605.
- [88] ILLINGWORTH, D., PATIL, G. R., TAMIME, A. Y. Dairy fats and related products. 1st ed. Blackwell Publishing. 2009. 108–134. ISBN 978-1-4051-5090-3.
- [89] EARLY, R. The technology of dairy product. 2nd ed. Blackie Academy & Professional. 1998. 158–175. ISBN 0-7514-0344-X.
- [90] GUNSTONE, F. D. Oil and fats in food industry. 1st ed. Blackwell Publishing. 2008. ISBN 978-1-4051-7121-2.
- [91] GURSCHE, S. Coconut oil: Discover the Key to Vibrant Health. 1st ed. Books Alive. 2008. 63 s. ISBN 978-1-55312-043-8.
- [92] REICHERT, R.D. Oilseeds medicinals in natural drugs and dietary supplements new functional foods. *Trends in Food Science and Technology*, 13, 2002, 353–360. ISSN 0924-2244.
- [93] PRUGAR, J. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČZV, 2008. 168 s. ISBN 978-80-86576-28-2.
- [94] DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17, 2003, 25–39. ISSN 0265-005X.
- [95] PLUTA, A., ZIARNO, M., SMOLINSKA, A. Możliwości zastosowania hydrokolidów w produkcji serów topionych. *Przemysł Spożywczy*, 54, 2000, 42–44. ISSN 0033-250X.
- [96] KODET, J., ŠOTOLOVÁ, I., ŠTĚRBA, S. Plnicí, zahušťovací, gelotvorné a stabilizační látky pro potraviny. 1. vyd. Praha: Středisko potravinářských informací, 1993. 236 s. ISBN 80-85120-32-1.

- [97] PHILLIPS, G.O., WILLIAMS, P.A. Handbook of Hydrocolloids. CRC Press, Boca Raton, New York, 2000, 442 s., ISBN 0-8493-0850-X.
- [98] GARTI, N., LESER, M. E. Emulsification Properties of Hydrocolloids. *Polymers for Advanced Technologies*, 12, 2001, 123–135. ISSN 1099-1581.
- [99] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., POSPIECH, M., TREMLOVÁ, B., HLADKÁ, K., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*, 20, 2010, 336–343. ISSN 0958-6946.
- [100] IMESON, A. P., Carragenan. In Handbook of Hydrocolloids. Eds. Phillips, G. O., Williams, P. A., Woodhead Publishing Limited and CRC Press: Boca Raton, 2000. 87–102. ISBN 0-8493-0850-X.
- [101] DOBIÁŠ, J. Technologie zpracování ovoce a zeleniny II [online]. Praha: VŠCHT, 2004 [on-line]. [cit. 2010-08-10]. Dostupné na: http://www.vscht.cz/ktk/www_324/studium/OZ/zelenina_2.pdf.
- [102] VERBEKEN, D., THAS, O., DEWETTINCK, K. Textural properties of gelled dairy desserts containing κ -carrageenan and starch. *Food Hydrocolloids*, 18, 2004, 817–823. ISSN 0265-005X.
- [103] SCHÄFFER, B., LÖRINCZY, D., BELÁGYI, J. DSC and electronmicroscopic investigation of dispersion-type processed cheeses made without peptization. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 56, 1999, 1211–1216. ISSN 1388-6150.
- [104] SCHÄFFER, B., SZAKÁLY, S., LÖRINCZY, D., SCHÄFFER, B. Processed cheeses made with and without peptization. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 64, 2001, 671–679. ISSN 1388-6150.
- [105] MEDINA-TORRES, L., BRITO-DE LA FUENTE, E., GÓMEZ-ALDAPA, C. S., ARAGON-PIÑA, A., TORO-VAZQUEZ, J. F. Structural characteristics of gels formed by mixtures of carrageenan and mucilage gum from *Opuntia ficus indica*. *Carbohydrate Polymers*, 43, 2006, 299–309. ISSN 0144-8617.
- [106] ARLTOFT, D., IPSEN, R., MADSEN, F., DE VRIES, J. Interaction between carrageenans and milk proteins: A microstructural and rheological study. *Biomacromolecules*, 8, 2007, 729–736. ISSN 1525-7797.
- [107] HUDEČKOVÁ, L. 2011. Faktory ovlivňující viskozitu analogů tavených sýrů během chlazení. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, 2011. 43 s.
- [108] ANONYM. Dictionary of Food Science and Technology (2nd Edition). Wiley-Blackwell, IFIS, 2009. s. 488. ISBN 1405187409.

- [109] ČERNÍKOVÁ, M. Studium možnosti snížení obsahu tavicích solí v tavených sýrech. Dizertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, 2009. 102 s.
- [110] DUNSTAN, D. E., CHEN, Y., LIAO, M. L., SALVATORE, R., BOGER, D. V., PRICA, M. 2001. Structure and rheology of the κ -carrageenan/locust bean gum gels. *Food Hydrocolloids*, 15, 475–484. ISSN 0268-005X.
- [111] CAMACHO, N. M., MARTÍNEZ-NAVARRETE, N., CHIRALT., A. Rheological characterization of experimental dairy creams formulated with locust bean gum (LBG) and λ -carrageenan combination. *International Dairy Journal*, 15, 2005, 243–248. ISSN 0022-0302.
- [112] SPAGNUOLO, P. A., DALGLEISH, D. G., GOFF, H. D., MORRIS, E. R. Kappa-carrageenan interactions in systems containing casein micelles and polysaccharide stabilizers. *Food Hydrocolloids*, 19, 2005, 371–377. ISSN 0268-005X.
- [113] LANGENDORFF, V., CUVELIER, G., MICHON, C., LAUNAY, B., PARKER, A., DE KRUIF, C. G. Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixture. *Food Hydrocolloids*, 14, 2000, 273–280. ISSN 0268-005X.
- [114] THAIUDOM, S., GOFF, H. D. Effect of κ -carrageenan on milk protein polysaccharide mixtures. *International Dairy Journal*, 13, 2003, 763–771. ISSN 0958-6946.
- [115] SYRBE, A., BAUER, W. J., KLOSTERMEYER, H. Polymer science concepts in dairy systems - an overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. *International Dairy Journal*, 8, 1998, 179–193. ISSN 0958-6946.
- [116] PENNA, A. L. B., OLIVEIRA, M. N., TAMIME, A. Y. Influence of carrageenan and total solids content on the rheological properties of lactic beverage made with yogurt and whey. *Journal of Texture Studies*, 34, 2003, 95–113. ISSN 1745-4603.
- [117] ANES, M., DURÁN, L., COSTELL, E. Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behaviour and sensory properties of milk beverages model systems. *Food Hydrocolloids*, 16, 2002, 605–611. ISSN 0268-005X.
- [118] COZIC, C., PISTON, L., GARDA, M. R., MARLHOUX, F., CERF, D. L. Analysis of arabic gum: Study of degradation and water desorption processes. *Food Hydrocolloids*, 23, 2009, 1930–1934. ISSN 0268-005X.
- [119] DOI, Y., ICHIHARA, T., HAGIWARA, A., IMAI, N., TAMANO, S., ORIKOSHI, H., OGASAWARA, K., SASAKI, Y., NAKAMURA, M., SHIRAI, T. A ninety-day oral toxicity study of a new type of processed

- gum arabic, from Acacia tree (*Acacia senegal*) exudates, in F344 rats. *Food and Chemical Toxicology*, 44, 2006, 560–566. ISSN 0278-6915.
- [120] YADAV, M. P., IGARTUBURU, J. M., YAN, Y., NOTHNAGEL, A. Chemical investigation of the structural basis of the emulsifying. *Food Hydrocolloids*, 21, 2007, 297–308, ISSN 0268-005X.
- [121] ALI, B. H., ZIADA, A., BLUNDEN, G. Biological effects of gum arabic: A review of some recent research. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 2009, 1–8. ISSN 0278-6915.
- [122] IMESON, A. Thickening and gelling agent for food. 2nd ed. Aspen Publishers. New York. 1997. 86–99. ISBN 0-8342-1296-X.
- [123] BERNDT, H. Investigation of some 12th century Chinese paper. [on-line]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na: <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/annual/v10/bp10-02.html>.
- [124] ZAVORAL, J. H., HANNAN, P., FIELDS, D. J., HANSON, M. N., FRANTZ, I. D., KUBA, K., ELMER, P., JACOBS, D. R. The hypolipidemic effect of locust bean gum food products in familial hypercholesterolemic adults and children. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 38, 1983, 285–294. ISSN 1938-3207.
- [125] CLARKE, C. The science of ice cream. The Royal Society of Chemistry. 2004. ISBN 0-85404-629-1.
- [126] GONÇALVES, S., ROMANO, A. Locust bean gum (LBG) as a gelling agent for plant tissue culture media. *Scientia Horticulturae*, 106, 2005, 129–134. ISSN 0304-4238.
- [127] JACKSON, E. B. Sugar Confectionery Manufacture. Aspen Publishers. 1999. ISBN 0-8342-1297-8.
- [128] ARDA, E., KARA, S., PEKCAN, Ö. Synergistic effect of the locust bean gum on the thermal phase transition of κ -carrageenan gels. *Food Hydrocolloids*, 23, 2009, 451–459. ISSN 0268-005X.
- [129] ANONYM. Locust bean gum. [on-line]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné na: <http://www.lsbu.ac.uk/water/hyloc.html>.
- [130] FLICK, E. W. Emulsifying agents: An Industrial Guide. 1 title. New Jersey : Noyes Publications, Gumix International, 1990. 98 s. ISBN 0-8155-1225-2.
- [131] KAWAMURA, Y. K. Carob Bean Gum. [online]. [cit. 2010-11-06]. 2008. Dostupné na: http://www.fao.org/ag/agn/agns/jecfa/cta/69/Carob_bean_gum_CTA_69_.pdf.
- [132] DAKIA, P. A., BLECKER, CH., ROBERT, CH., WATHELET, B., PAQUOT, M. Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. *Food Hydrocolloids*, 22, 2008, 730–739. ISSN 0268-005X.

- [133] YAMAKAZI, E., KURITA, O., MATSAMURA, Y. Hydrocolloid from leaves of *Corchorus olitorius* and its synergistic effect on κ -carrageenan gel strength. *Food Hydrocolloids*, 22, 2008, 819–825. ISSN 0268-005X.
- [134] MEDINA-TORRES, L., BRITO-DE LA FUENTE, E., TORRESTIANA-SANCHEZ, B., ALONSO, S. Mechanical properties of gels formed by mixtures of mucilage gum (*Opuntia ficus indica*) and carrageenan. *Carbohydrate Polymers*, 52, 2003, 143–150. ISSN 0144-8617.
- [135] GAMPALA, P., BRENNAN, C. Potential starch utilization in a model processed cheese system. *Starch*, 60, 2008, 685–689. ISSN 0038-9056.
- [136] LIU, H., XIE, F., YU, L., CHEN, L., LI, L. Thermal processing of starch-based polymers. *Progress in Polymer Science*, 34, 2009, 1348–1368. ISSN 0079-6700.
- [137] HEWITT, S., YE, A. Phase structures impact the rheological properties of rennet-casein-based imitation cheese containing starch. *Food Hydrocolloids*, 21, 2008, 1–7. ISSN 0268-005X.
- [138] MOUNSEY, J. S., O'RIORDAN, E. D. Alternation of imitation cheese structure and melting behaviour with wheat starch. *European Food Research and Technology*, 226, 2008, 1013–1019. ISSN 1438-2385.
- [139] LAWSON, H. Food Oils and Fats. Chapman & Hall. New York. 1995, 343 s. ISBN 0-412-98841-0.
- [140] MOONEN, H., BAS, H. Mono- and diglycerids. In Whitehurst, R.J. (ed.) *Emulsifiers in Food Technology*, Blackwell Publishing, 2004, 40–57.
- [141] WHITEHURST, R. J. Emulsifiers in food technology. Blackwell Publishing. Oxford, 2004, 244 s.
- [142] MOULOUNGUI, Z., GAUVRIT, C. Synthesis and influence of fatty acid esters on the foliar penetration of herbicides. *Industrial Crops and Products*, 8, 1998, 1–15. ISSN 0926-6690.
- [143] JANIŠ, R., KREJČÍ, J., KLÁSEK, A. Preparation of 1-monoacylglycerols from glycidol and fatty acids catalyzed by the chromium(III)-fatty acid system. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 2000, 351–354. ISSN 1438-9312.
- [144] LI, L., SINGH, R. K., LEE, J. H. Process conditions influence on characteristics of holding tube fouling due to cheese sauce. *LWT-Food Science and Technology*, 37, 2004, 565–572. ISSN 0023-6438.
- [145] BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., HRABĚ, J., ROP, O., JANIŠ, R., KREJČÍ, J. Effect of 1-monoglycerides on viscoelastic properties of processed cheese. *International Journal of Food Properties*, 10, 2007, 819–828. ISSN 1094-2912.
- [146] MCCLEMETS, D. J. Food emulsions: Principles, Practices, and Techniques. (2nd ed.). CRC Press. 2005. 609 s. ISBN 0-8493-2023-2.

- [147] ANONYM. Vydavatelství VŠCHT. Slovník. [on-line]. [2012-05-21] Dostupné na: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/hesla/emulgator.html.
- [148] ROSEN, M. J., KUNJAPPU, J. T. Surfactants and interfacial phenomena. 4th ed. John Willey & Sons. New Jersey. 2012. 9–200. ISBN 978-0-470-54194-4.
- [149] ANONYM. Registrační čísla CAS. [on-line]. [cit. 2012-06-12]. Dostupné na: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/search?interface=All&term=carrageenan&lang=en®ion=CZ&focus=product&N=0+220003048+219853100+219853286&mode=match%20partialmax>
- [150] FISZMAN, S. M., DAMÁSIO, M. H. Instrumental measurement of adhesiveness in solid and semi-solid foods. A survey. *Journal of Texture Studies*, 31, 2000, 69–91. ISSN 1745-4603.
- [151] ČSN EN ISO 5534, Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Český normalizační institut, Praha, 2005.
- [152] ROSENTHAL, A. J. Food texture – Measurement and perception. A Chapman & Hall Food Science Book, Aspen Publishers, Inc., Gainthersburg, Maryland, 1999, 322 s. ISBN 0-8342-1238-2.
- [153] BREUIL, P., MEULLENET, J. F. A comparison of three instrumental tests for predicting sensory texture profiles of cheese. *Journal of Texture Studies*, 32, 2001, 41–55. ISSN 1745-4603.
- [154] EVERARD, C., O'CALLAGHAN, D., O'KENNEDY, B., O'DONNELL, C., SHEEHAN, E., DELAHUNTY, C. A free-point bending test for prediction of sensory texture in processed cheese. *Journal of Texture Studies*, 38, 2007, 438–456. ISSN 1745-4603.
- [155] ANONYM. Křivka texturní profilové analýzy. [on-line]. [cit.2012-03-01]. Software Texture Exponent Lite (Stable Micro Sytems, Ltd. Velká Británie).
- [156] KOSIKOWSKI, F. Cheese and Fermented Milk Foods. F.V. Kosikowski & Assoc. Brooktondale, 1977, 337–340.
- [157] ČSN ISO 8586-2. Senzorická analýza – Obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti posuzovatelů – Část 2: Odborní senzoričtí posuzovatelé. Praha: český normalizační institut, 2008.
- [158] ČSN ISO 8586-1. Senzorická analýza. Obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti posuzovatelů - Část 1: Vybraní posuzovatelé, Český normalizační institut, 2008, 24 s.
- [159] ČSN ISO 8589. Senzorická analýza. Obecná směrnice pro uspořádání senzorického pracoviště, Český normalizační institut, 2008, 16 s.

- [160] MIZUNO, R., LUCEY, J. A. Effects of emulsifying salts on the turbidity and calciumphosphate-protein interaction in casein micelles. *Journal of Dairy Science*, 88, 2005, 3070–3078. ISSN 0022-0302.
- [161] CARIĆ, M., GANTAR, M., KALÁB, M. Effects of emulsifying agents on the microstructure and other characteristics of processed cheese – A review. *Food Microstructure*, 4, 1985, 297–312. ISSN 0730-5419.
- [162] THOMAS, M. A., NEWELL, G., ABAD, G. Effects of freezing on the objective and subjective properties of processed cheese. *Journal of Food Technology*, 15, 1980, 599–605. ISSN 1365-2621.
- [163] HENNELLY, P. J., DUNNE, P. G., O’SULLIVAN, M., O’RIORDAN, D. Increasing the moisture content of imitation cheese: effects on texture, rheology and microstructure. *European Food Research and Technology*, 220, 2005, 415–420. ISSN 1438-2377.
- [164] LYNCH M. G., MULVIHILL, D. M. Rheology of ι -carrageenan gels containing caseins. *Food Hydrocolloids*, 10, 1996, 151–157. ISSN 0268-005X.
- [165] RIBEIRO, K. O., RODRIGUES, M. I., SABADINI, E., CUNHA, R. L. Mechanical properties of acid sodium caseinate- κ -carrageenan gels: effect of co-solute addition. *Food Hydrocolloids*, 18, 2004, 71–79. ISSN 0268-005X.
- [166] DALGLEISH, D. G. Food emulsions – their structures and structure-forming properties. *Food Hydrocolloids*, 20, 2006, 415–422. ISSN 0268-005X.
- [167] GÓMEZ, M., RONDA, F., CABALLERO, P. A., BLANCO, C. A., ROSELL, C. M. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, 21, 2007, 167–173. ISSN 0268-005X.
- [168] BRUMMEL, S. E., LEE K. Soluble hydrocolloids enable fat reduction in processed cheese spreads. *Journal of Food Science*, 55, 1990, 1290–1292. ISSN 0022-1147.

11 SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA

Příspěvky v impaktovaných časopisech

KADIDLOVÁ, H., CIPRYSOVÁ, Z., HOZA, I., BUDINSKÝ, P. 2010. The effect of long-term storage on amino acid content of ready to eat entreés. *International Journal of Food Science and Technology*, Vol. 45, 966–970. ISSN 1365-2621.

HANÁKOVÁ, Z., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., HUDEČKOVÁ, L., JANIŠ, R. 2011. The effect of selected hydrocolloids on texture of processed cheese and its analogues during cooling - submitted

Příspěvky v recenzovaných časopisech

HANÁKOVÁ, Z., BUŇKA, F., WEISEROVÁ, E., JANIŠ, R. 2012. The viscosity of processed cheese sauces depending on addition type and concentration of 1-monoglycerides. *Potravinářství*, 2 (6), 23–25. ISSN 1337-0960.

CIPRYSOVÁ, Z., BUŇKA, F., TREMLOVÁ, B., RANDULOVÁ, Z., JANIŠ, R. Texturní vlastnosti analogů tavených sýrů v závislosti na druhu použitého tuku s různým zastoupením mastných kyselin. *Mlékařské listy*, 2011, 129, I–II. ISSN 1212-950X.

Příspěvky ve sbornících z konferencí v češtině

CIPRYSOVÁ, Z., ŠINDLEROVÁ, J., JANIŠ, R., BUŇKA, F. 2011. Vliv vybraných hydrokoloidů na lepivost tavených sýrů. *In Sborník: Hygiena a technologie potravin, XLI. Lenfeldovy a Höklovy dny, Veterinární a farmaceutická univerzita v Brně* 12. – 13. 10. 2011. ISBN 978-80-7305-594-3.

CIPRYSOVÁ, Z., BUŇKA, F., WEISEROVÁ, E., JANIŠ, R. 2011. Vliv druhu tuku, obsahu sušiny a tuku v sušině na tvrdost tavených sýrů. *In Sborník: Bezpečnost a kvalita potravin, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre* 30. – 31. 3. 2011. ISBN 978-80-552-0559-5.

WEISEROVÁ, E., BUŇKA, F., CIPRYSOVÁ, Z., SLAVÍKOVÁ, Š., JANIŠ, R. 2011. Roztékavost tavených sýrů při záhřevu v závislosti na použitém poměru monofosforečnanů, difosforečnanů a polyfosforečnanů v ternárních směsích. *In Sborník: Bezpečnost a kvalita potravin, Slovenská*

poľnohospodárska univerzita v Nitre 30. – 31. 3. 2011. ISBN 978-80-552-0559-5.

CIPRYSOVÁ, Z., WEISEROVÁ, E., ŠINDLEROVÁ, J., JANIŠ, R., BUŇKA, F. 2010. Vliv přídavku lokustové a arabské gummy na tvrdost analogů tavených sýrů. *In Sborník: Hygiena a technologie potravin, XL. Lenfeldovy a Höklovy dny, Veterinární a farmaceutická univerzita v Brně* 14. – 15. 10. 2010. ISBN 978-80-7305-121-1.

CIPRYSOVÁ, Z., WEISEROVÁ, E., BUŇKA, F., HORÁKOVÁ, K., JANIŠ, R. 2010. Závislost vybraných texturních parametrů na obsahu a druhu tuku v tavených sýrech. *In Sborník: Bezpečnost a kontrola potravin, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre* 24. – 25. 3. 2010. ISBN 978-80-52-0350-8.

WEISEROVÁ, E., BUŇKA, F., CIPRYSOVÁ, Z., GALIOVÁ, L., JANIŠ, R. 2010. Závislost texturních vlastností tavených sýrů na poměru mono- a polyfosforečnanů s vysokým kondenzačním stupněm. *In Sborník: Bezpečnost a kontrola potravin, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre* 24. – 25. 3. 2010. ISBN 978-80-52-0350-8.

12 CURRICULUM VITAE

OSOBNÍ ÚDAJE

Jméno a příjmení: Ing. Zuzana Hanáková
Rodné příjmení: Ciprysová
Datum narození: 10. 2. 1985
Adresa: Krátká 11, Kostice 691 52
E-mail: ciprysova@ft.utb.cz

VZDĚLÁNÍ

- 2000 – 2004 Střední průmyslová škola potravinářské technologie ve Bzenci
Obor: Technologie potravin
- 2004 – 2007 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, bakalářský studijní program Chemie a technologie potravin, studijní obor Chemie a technologie potravin.
Bakalářská práce na téma:
Nutriční hodnocení hotových pokrmů.
- 2007 – 2009 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, navazující magisterský studijní program Chemie a technologie potravin, studijní obor Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin.
Diplomová práce na téma:
Vliv skladovacích podmínek na nutriční a senzoricou kvalitu hotových pokrmů
- 2009 – dosud Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, doktorský studijní program Chemie a technologie potravin, studijní obor Technologie potravin.

JAZYKOVÉ ZNALOSTI

Angličtina Pokročilá znalost - aktivně

OSTATNÍ DOVEDNOSTI

Práce s PC OS Windows, MS Office
Řidičský průkaz Skupina B

Rok	Druh školení
2010	Školení interní auditor systémů kvality a bezpečnosti potravin dle BRC/IFS – dle platných norem daných standardů Racio s.r.o., Břeclav
2009	Kurz základů vědecké práce v Akademii věd České republiky
2009	Školení metrologie, Racio s.r.o., Břeclav
2008	Školení interní auditor systémů BRC/IFS – dle platných norem daných standardů, Šumperk – Zajištění Kvality, Ing. Josef Minář
2008	Školení – Požadavky standardů BRC/IFS, Brno – Zajištění Kvality, Ing. Josef Minář

13 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha A** Stupnice pro sensorické hodnocení tavených sýrů a jejich analogů
- Příloha B** Dotazník pro sensorické hodnocení tavených sýrů a jejich analogů
- Příloha C** Příklad výpočtu HLB hodnoty 1-MAG kyseliny stearové
- Příloha D** Tavicí zařízení pro laboratorní výrobu tavených sýrů a jejich analogů Vorwerk Thermomix TM-31 (Vorwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Německo)
- Příloha E** Texturní analyzátor TA.XTplus (Stable Micro Systems, Ltd., Velká Británie)
- Příloha F** Sondy používané při analýze textury (Stable Micro Systems, Ltd., Velká Británie)

HODNOCENÍ ROZTÍRATELNÝCH TAVENÝCH ANALOGŮ

Vzhled a barva

1. **Vynikající** – barva smetanově bílá, stejnorodá, bez cizích odstínů. Sýr hladký, lesklý.
2. **Výborná** – nepatrná odchylka od deklarované barvy a vzhledu, bez cizích odstínů, homogenní, typická pro smetanový tavený sýr. Změny barvy způsobené osýcháním sýru, oxidačními změnami vyloučeny. Vzhled bez jakýchkoliv známek deformace, čistý, hladký, lesklý.
3. **Velmi dobrá** – mírná odchylka od deklarované barvy a vzhledu, bez cizích odstínů, homogenní, typická pro smetanový tavený sýr. Změny barvy způsobené osýcháním sýru, oxidačními změnami jen nepatrné. Vzhled bez jakýchkoliv známek deformace, na povrchu sýra čistý, hladký, lesklý.
4. **Dobrá** – barva odpovídá druhu taveného sýra, je homogenní s vyloučením mramorování barvy. Vzhled vykazuje odchylky způsobené mírnou deformací tvaru, drobnější závady v hladkosti povrchu, povrch sýra je nepatrně matný, stále však hladký.
5. **Méně dobrá** – barva odpovídá druhu taveného sýra, je homogenní s nepatrnými náznaky mramorování barvy. Vzhled vykazuje odchylky způsobené deformací tvaru, drobnější závady v hladkosti povrchu, povrch sýra je mírně matný, mírné odchylky v hladkosti.
6. **Nevyhovující** – barva mírně nehomogenní (mramorovitá), povrch sýra matný bez lesku, na povrchu mírné barevné změny v důsledku oxidativních změn.
7. **Nepříjemný** – barva na povrchu i v těstě nehomogenní, silné oxidativní změny na povrchu, výskyt plísně, značná deformace povrchu, vzhled narušen duřením sýra, vytavený, oddělený tuk.

Lesk

1. Vynikající vysoký lesk – sýr s vynikajícím leskem
2. Výborný lesk
3. Dobrý lesk
4. Uspokojivý lesk
5. Méně dobrý lesk
6. Nevyhovující lesk
7. Naprosto nevhovující lesk – naprosto matný sýr

Konzistence

1. **Vynikající** – lehce roztíratelná, plastická, dokonale utavená, bez vzduchových dutin, homogenní, bez výskytu neutavených kousků sýra,
2. **Výborná** – konzistence výborně roztíratelná, jemná, nelepivá, vzorek téměř homogenní
3. **Velmi dobrá** – roztíratelnost velmi dobrá, nepatrně tužší nebo měkčí, nepatrně znatelná nehomogenita,
4. **Dobrá** – roztíratelnost dobrá, mírně tužší nebo měkčí, slabě lepivá, mírná nehomogenita, akceptovatelné
5. **Méně dobrá** – roztíratelnost horší, tužší, lepivá, výraznější nehomogenita s oddělením fází
6. **Nevyhovující** – lepivá, tuhá, řídká, špatně roztíratelná, výrazně nehomogenní, neakceptovatelná
7. **Nepřijatelná** – velmi tuhá až drobivá, silně lepivá, rozbředlá, vzorek naprosto nehomogenní

Roztíratelnost

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

Chuť a vůně

1. **Vynikající** – chuť jemná, mléčně sýrová nebo máslová, jemně sýrově nasládlá, výrazná. Vůně čistá velmi harmonická, cizí příchutě jsou vyloučeny.
2. **Výborná** – nepatrné odchylky od vynikající chuti a vůně, chuť a vůně harmonická, sýrová nebo máslová, jemně mléčně nakyslá nebo nasládlá, cizí příchuti vyloučeny.
3. **Velmi dobrá** – mírné odchylky od vynikající chuti a vůně, stále harmonická, odpovídající deklarovanému druhu, přirozeně mléčně nakyslá, typická, cizí příchutě vyloučeny.
4. **Dobrá** – chuť a vůně typická pro tavený sýr, mírné odchylky ne však zásadního charakteru, slabě slanější, mírně kyselejší.
5. **Méně dobrá** – výskyt cizích příchutí ve velmi malé intenzitě, méně harmonická, slabě nahořklá nebo slaná, dílčí odchylky v chuti, slabě nečistá, slabě kvasničná.
6. **Nevyhovující** – výskyt cizích příchutí, méně harmonická, nahořklá, slanější, kyselejší, mírně oxidovaná, mírně nahořklá.

7. **Nepřijatelná** – nečistá, slaná, žluklá, hořká, trpká, shnilá, zatuchlá, silně oxidovaná aj.

Intenzita off flavour (cizí pachy)

1. **Bez pachů** – žádné cizí pachy
2. **Neznatelné pachy** – náznak cizích pachů
3. **Není intenzivní** – mírné odchylky, avšak stále akceptovatelné
4. **Intenzivní** – výskyt cizích pachů, nelze však přesně stanovit, o které se jedná
5. **Silně intenzivní** – lze rozpoznat cizí pachy
6. **Nevyhovující** – výskyt cizích pachů (zatuchlé, oxidované, žluklé)
7. **Nepřijatelné** – silně intenzivní pachy

Celkové hodnocení

Pro toto hodnocení se zohledňují všechny ukazatele, prioritní postavení však mají **chuť a vůně**. Dalšími důležitými ukazateli jsou **vzhled a barva a konzistence**, ostatní deskriptory mají pouze doplňující pozici.

1. **Vynikající** - chuť a vůně musí mít hodnocení vynikající, ostatní deskriptory nesmí být horší než výborný
2. **Výborný** - chuť a vůně musí mít hodnocení ne horší než výborný, ve všech ostatních relevantních ukazatelích ne hůře než velmi dobrý.
3. **Velmi dobrý** – chuť a vůně musí mít hodnocení ne horší než velmi dobrý, ve všech ostatních relevantních ukazatelích ne hůře než dobrý.
4. **Dobrý** – chuť a vůně musí mít hodnocení ne horší než dobrý, ve všech ostatních ukazatelích ne hůře než méně dobrý.
5. **Méně dobrý** – tavený sýr hodnocený ve všech ukazatelích ne hůře než méně dobrý.
6. **Nevyhovující** – tavený sýr hodnocený ve všech ukazatelích ne hůře než nevyhovující.
7. **Naprosto nevyhovující** – tavený sýr, který je u jakéhokoliv ukazatele hodnocen jako naprosto nevyhovující.

Příloha B: Dotazník pro sensorické hodnocení tavených sýrů a jejich analogů

**PROTOKOL PRO SENZORICKÉ HODNOCENÍ TAVENÝCH SÝRŮ
A JEJICH ANALOGŮ**

Jméno:

Čas:

Datum:

Úkol č. 1 Sensorické hodnocení pomocí stupnice

Vzorek	Znak						
	Vzhled a barva	Lesk	Konzistence	Roztíratelnost	Chuť a vůně	Intenzita of flavour	Celkové hodnocení
A							
B							
C							
D							
E							

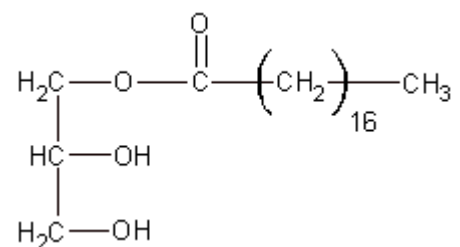
Úkol č. 2 Pořadový preferenční test (1 – nejlepší, 5 – nejhorší)

Znak	Vzorek				
	A	B	C	D	E
Preference					

Poznámky:

Příloha C: Příklad výpočtu HLB hodnoty 1-MAG kyseliny stearové

1-monoacylglycerol kyseliny stearové



$$HLB = 7 + \sum(HS) - \sum(LS)$$

HS – počet hydrofilních skupin (COOH; –OH; –COO–)

HL – počet lipofilních skupin (CH₃–; –CH₂–)

$$HLB = 7 + (6,2) - (9,5)$$

$$HLB = 3,7$$

Příloha D: Tavicí zařízení pro laboratorní výrobu tavených sýrů a jejich analogů Vorwerk Thermomix TM-31 (Vorwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Německo)



Příloha E: Texturní analyzátor TA.XTplus (Stable Micro Systems, Ltd., Velká Británie)



**Příloha F: Sondy používané při analýze textury (Stable Micro Systems, Ltd.,
Velká Británie)**



Nerezová cylindrická sonda
o průměru 20 mm (P20)



Kónická sonda o úhlu 40 ° (P40c)



Desková sonda o průměru 100 mm (P100)