



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Ing. Kristýna Hladká

**STUDIUM TAVENÝCH SÝRŮ VYROBENÝCH BEZ POUŽITÍ
TRADIČNÍCH TAVICÍCH SOLÍ FOSFOREČNANOVÉHO
A CITRANOVÉHO TYPU**

**STUDY OF PROCESSED CHEESE PRODUCED WITHOUT
TRADITIONAL EMULSIFYING PHOSPHATE
OR CITRATE AGENTS**

DISERTAČNÍ PRÁCE

Program: P2901 Chemie a technologie potravin
Obor: 2901V013 Technologie potravin
Školitel: doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

Zlín, 2012

Poděkování:

Touto cestou bych ráda poděkovala zejména svému školiteli doc. Ing. Františkovi Buňkovi, Ph.D. za odborné vedení mého studia a za cenné rady a náměty, které mi trpělivě poskytoval po celou dobu doktorského studia.

Dále bych ráda poděkovala doc. MVDr. Bohuslavě Tremlové, Ph.D. a celému Ústavu rostlinné produkce a vegetabilních potravin, Fakulty veterinární hygieny a ekologie, Veterinární a farmaceutické univerzity v Brně, za možnost využít jejich pracoviště k obrazové analýze vzorků a jejich pomoc při samotné realizaci analýzy. Poděkování patří i doc. RNDr. Petru Ponížilovi, Ph.D. z Ústavu fyziky a materiálového inženýrství, Fakulty technologické, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, za pomoc při vyhodnocování výsledků roztékavosti vzorků.

Dále chci poděkovat svým kolegům, kteří se účastnili některých analýz nebo se jakýmkoli způsobem podíleli na vzniku této disertační práce. Nakonec bych ráda vyjádřila svůj dík mé rodině, která mě po celou dobu studia podporovala.

Tato práce byla finančně podpořena Výzkumným záměrem Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky „Multifunkční kompozitní soustavy na bázi přírodních a syntetických polymerů“ (MSM 7088352101) a Interním grantem UTB ve Zlíně č.IGA/6/FT/10/D.

ABSTRAKT

Cílem práce bylo zkoumat možnosti náhrady tradičních tavicích solí při produkci tavených sýrů. Jako náhrady tavicích solí byly v jednotlivých fázích použity dikarboxylové kyseliny (šřavelová, malonová, jantarová, glutarová, adipová, pimelová, suberová, maleinová, fumarová), některé jejich sodné soli (šřavelan, malonan, jantaran, adipan, maleinan a fumaran) a κ -karagenan. Kontrolní vzorky obsahovaly 2,5 % w/w fosforečnanových tavicích solí. Řešení cíle práce bylo realizováno v pěti experimentálních fázích. V první fázi byl odzkoušen přídavek dikarboxylových kyselin a jejich sodných solí. Pro druhou fázi byly vybrány kyselina adipová a adipan sodný, jenž z požitelných sloučenin vykazovali v první fázi nejlepší výsledky. Třetí a čtvrtá fáze sledovala vliv zralosti přírodního sýra na proveditelnost tavby vzorků s přídávkem kyseliny adipové a adipanu sodného. Další modelový vzorek v těchto fázích obsahoval 1,0 % w/w κ -karagenanu hodnoceným v předcházejících studiích jako potenciální vhodná náhrada. Charakteristiky tukových kuliček prokázaly, že vzorky obsahující přídavek 1,5 % w/w kyseliny adipové (vyrobené z přírodního sýra o zralosti 2 a 4 týdny) byly homogenní. Vzorky s přídávkem κ -karagenanu vykazovaly také homogenitu na mikroskopické úrovni, a to bez ohledu na stupeň prozrálости základní suroviny. Vzorky vyrobené s přídávkem κ -karagenanu měly téměř pětinasobnou pevnost ve srovnání s výrobky s tradičními tavicími solemi, a to bez ohledu na stupeň prozrálости základní suroviny. Produkty s kyselinou adipovou a adipánem sodným byly relativně měkké ve srovnání s kontrolními produkty obsahujícími tavicí soli anebo κ -karagenanem. Tvrdost vzorků klesala s narůstajícím stupněm prozrálости základní suroviny. Naopak s delší dobou skladování se pevnost zvyšovala. Relativní lepivost produktů se zvyšovala s rostoucím stupněm prozrálости základní suroviny, snižovala se s prodlužující se dobou skladování. Nebyl zjištěn systematický vliv prozrálости základní suroviny ani doby skladování na soudržnost vzorků. Roztékavost vzorků s kyselinou adipovou a adipánem sodným i kontrolních vzorků rostla se zvyšujícím se stupněm prozrálости základní suroviny. Naopak u výrobků s κ -karagenanem byla roztékavost velmi nízká a se stupněm prozrálости základní suroviny se prakticky neměnila. V páté fázi byly vyrobeny vzorky s přídávkem kyseliny adipové, adipanu sodného a κ -karagenanu, a to pro srovnání jejich mikrobiologické stability. Kontrolními vzorky zde byly produkty obsahující fosforečnanové tavicí soli. Počty mikroorganismů zjištěných v modelových vzorcích (včetně produktu s κ -karagenanem) byly prakticky srovnatelné s těmi zjištěnými ve výrobcích s fosforečnanovými tavicími solemi.

Klíčová slova: tavený sýr; tavicí soli; kyselina adipová; κ -karagenan; chemická, sensorická, obrazová, texturní a mikrobiologická analýza

ABSTRACT

The aim of this work was to study the possibilities of phosphate and citrate emulsifying salts substitution in processed cheese production. Dicarboxylic Acids (e.g. oxalic, malonic, succinic, glutaric, adipic, pimelic, suberic, maleic, fumaric), and some of their sodium salts (e.g. oxalate, malonate, succinate, adipate, maleate, fumarate) and κ -carrageenan were used as possible substitutes of traditional emulsifying salts. Control samples with a 2.5 % w/w phosphate salt content were used. This work was subdivided into five experimental parts. In the first phase, dicarboxylic acids (and their sodium salts) were used. In the second phase, adipic acid and sodium adipate were used because production with the aid of these substances had been proven to be feasible in the first phase. The third and fourth phases traced the influence of cheese maturity on the production feasibility of samples with adipic acid and sodium adipate. Other model samples with a 1.0 % w/w κ -carrageenan content were also used. Fat droplet characteristics (i.e. their average size and number per unit area), showed that samples with the addition of 1.5 % w/w adipic acid (made from cheese with 2 and 4 week maturity) were homogeneous. In addition, the samples with added κ -carrageenan were also homogeneous - regardless of the degree of maturity of the basic raw material. Samples made with the addition of κ -carrageenan were almost five times harder when compared to products with phosphate salts, regardless the degree of maturity of cheese. Products with adipic acid and sodium adipates were relatively soft in comparison with control products containing phosphate salt melting or κ -carrageenan. The hardness of processed cheese products declined in correlation with the increasing degree of maturity of the basic raw material; while a longer storage period increased hardness. The adhesiveness ratio of products increased with the increasing degree of maturity and a decreasing storage period. The influence of degree of maturity of the cheese and storage time on the cohesiveness of the samples was not recorded. The meltability of the sample with adipate acid, sodium adipate and control samples increased with regard to the increasing degree of maturity of the cheese. On the other hand, the meltability of cheese products with κ -carrageenan remained unchanged regardless of the degree of maturity of the cheeses we controlled. Samples with adipate acid, sodium adipate and κ -carrageenan were produced in the fifth phase, and their microbiology stability was compared with control samples with phosphate emulsifying salts. The microbiological characteristics of the model samples and κ -carrageenan were practically similar when compared to processed cheese manufactured using traditional phosphate melting salts.

Keywords: processed cheese; emulsifying salts; adipic acid; κ -carrageenan; chemical, sensory, image, textural and microbiological analysis

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ.....	7
SEZNAM TABULEK.....	11
POUŽITÉ SYMBOLY A ZKRATKY	13
1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY.....	14
1.1. TAVENÉ SÝRY	14
1.2. DĚLENÍ TAVENÝCH SÝRŮ	14
1.3. VÝZNAM TAVENÝCH SÝRŮ VE VÝŽIVĚ.....	15
1.4. VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ	18
1.5. TAVICÍ SOLI	19
1.5.1. Fosforečnanové tavicí soli.....	20
1.5.2. Citranové tavicí soli.....	23
1.6. VLIVY PŮSOBÍCÍ NA KONZISTENCI TAVENÝCH SÝRŮ.....	23
1.6.1. Skladba surovinové směsi	24
1.6.2. Způsob zpracování a zchlazování suroviny.....	27
1.6.3. Podmínky skladování	29
1.7. VLIVY PŮSOBÍCÍ NA ROZTĚKAVOST TAVENÝCH SÝRŮ.....	29
1.8. CHARAKTERISTIKA LÁTEK TESTOVANÝCH JAKO POTENCIÁLNÍ NÁHRADA TAVICÍCH SOLÍ.....	30
1.8.1. Obecná charakteristika hydrokoloidů.....	30
1.8.2. Karagenany.....	32
1.8.3. Dikarboxylové kyseliny.....	35
2. CÍL PRÁCE	42
3. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ.....	43
3.1. POPIS EXPERIMENTŮ	43
3.2. VÝROBA VZORKŮ.....	46
3.3. CHEMICKÁ ANALÝZA	47
3.4. SENZORICKÁ ANALÝZA	47
3.5. OBRAZOVÁ ANALÝZA	48
3.6. TEXTURNÍ ANALÝZA	48
3.7. ROZTĚKAVOST	49
3.8. MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA.....	50
3.9. STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT.....	51
4. VÝSLEDKY A DISKUZE	52
4.1. VÝSLEDKY FÁZE 1.....	52
4.1.1. Výsledky chemické analýzy	52
4.1.2. Výsledky senzorické analýzy	53
4.2. VÝSLEDKY FÁZE 2.....	57
4.2.1. Výsledky chemické analýzy	57

4.2.2. Výsledky senzoričké analýzy	58
4.3. VÝSLEDKY FÁZE 3	61
4.3.1. Výsledky chemické analýzy	61
4.3.2. Výsledky senzoričké analýzy	63
4.4. VÝSLEDKY FÁZE 4	66
4.4.1. Výsledky chemické analýzy	66
4.4.2. Výsledky senzoričké analýzy	68
4.4.3. Výsledky obrazové analýzy	68
4.4.4. Výsledky texturní analýzy	85
4.4.5. Výsledky roztékavosti	94
4.5. VÝSLEDKY FÁZE 5	95
4.5.1. Výsledky chemické analýzy	95
4.5.2. Výsledky senzoričké analýzy	96
4.5.3. Výsledky mikrobiologické analýzy	97
4.6. SOUHRNNÁ DISKUZE	99
5. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI	105
6. ZÁVĚR	107
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	108
8. SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA	122
9. CURRICULUM VITAE	124
10. SEZNAM PŘÍLOH	125

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.1:	Iontová výměna vápenatých iontů za sodné v přítomnosti tavicích solí při výrobě tavených sýrů (NaA - tavicí sůl obsahující sodný kationt; CaA - tavicí sůl s navázaným vápenatým kationtem).....	21
Obr. 1.2:	Závislost velikosti tukových kuliček taveného sýra na koncentraci tavicích solí (citrán sodný): A - tavenina s obsahem 0,25 % citranu sodného, B - tavenina s obsahem 1,50 % citranu sodného. Světlé oblasti značí tukové kuličky, tmavé pozadí představuje proteinovou matici	26
Obr. 1.3:	Závislost velikosti tukových kuliček taveného sýra na délce míchání taveniny: A - tavenina těsně po dosažení tavicí teploty 65,5 °C, B - tavenina po dosažení tavicí teploty 65,5 °C míchána 5 minut (110 ot./min.). Písmeno „P“ značí proteinovou matici, „F“ tukovou kuličku	28
Obr. 1.4:	Závislost velikosti tukových kuliček taveného sýra na použitých otáčkách při míchání taveniny: A - tavenina míchána při 100 ot./min., B - tavenina míchána při 1500 ot./min. Písmeno „P“ značí proteinovou matici, „F“ tukovou kuličku	28
Obr. 1.5:	Základní jednotka κ -karagenanu	32
Obr. 1.6:	Základní jednotka ι -karagenanu	32
Obr. 1.7:	Základní jednotka λ -karagenanu	32
Obr. 1.8:	Schématické znázornění interakcí κ -karagenanu s kaseinovou micelou: (A) 0,2 % κ -karagenanu; (B) 0,7 % κ -karagenanu	34
Obr. 1.9:	Schématické znázornění interakcí ι -karagenanu s kaseinovou micelou: (A) 0,25 % ι -karagenanu; (B) 1,0 % ι -karagenanu	34
Obr. 1.10:	Struktura kyseliny šťavelové.....	37
Obr. 1.11:	Struktura kyseliny malonové.....	37
Obr. 1.12:	Struktura kyseliny jantarové	38
Obr. 1.13:	Struktura kyseliny glutarové	38

Obr. 1.14:	Struktura kyseliny adipové.....	39
Obr. 1.15:	Struktura kyseliny pimelové	40
Obr. 1.16:	Struktura kyseliny suberové.....	40
Obr. 1.17:	Struktura kyseliny maleinové.....	41
Obr. 1.18:	Struktura kyseliny fumarové.....	41
Obr. 3.1:	Ukázka nehomogenní taveniny bez tavicích solí, ale s přidavkem 0,5 % w/w kyseliny adipové, zralost přírodního sýra - 8 týdnů.....	47
Obr. 3.2:	Graf získaný texturní analýzou s vyobrazením oblastí potřebných k výpočtu sledovaných parametrů. Tvrdost - hodnota F (v N); relativní lepivost - A3 : A1 (bez jednotky); soudržnost - A2 : A1 (bez jednotky).....	49
Obr. 4.1:	Vzorek s přidavkem 1,0 % w/w kyseliny šťavelové.....	57
Obr. 4.2:	Vzorek s přidavkem 1,0 % w/w šťavelanu sodného.....	57
Obr. 4.3:	Vzorek s přidavkem 1,0 % w/w kyseliny adipové.....	57
Obr. 4.4:	KTS s obsahem 2,5 % w/w fosforečnanových tavicích solí.....	57
Obr. 4.5:	Makroskopicky homogenní vzorek s přidavkem 1,5 % w/w AK (100:0)	60
Obr. 4.6:	Nehomogenní vzorek s přidavkem 2,5 % w/w AK:AS (50:50)	60
Obr. 4.7:	Ukázka oddělení tří vrstev nehomogenního vzorku s přidavkem 3,0 % w/w AK:AS (100:0).....	61
Obr. 4.8:	Ukázka oddělení dvou vrstev nehomogenního vzorku s přidavkem 1,5 % w/w AK (100:0)	61
Obr. 4.9:	Vzorek KTS vyrobený ze suroviny o zralosti 1 týden.....	63
Obr. 4.10:	Vzorek KK vyrobený ze suroviny o zralosti 1 týden.....	63

Obr. 4.11:	Makroskopicky homogenní vzorek s přidavkem 1,5 % w/w AK (100:0) vyrobený ze suroviny o zralosti 4 týdny	64
Obr. 4.12:	Nehomogenní vzorek s přidavkem 2,0 % w/w AK (100:0) vyrobený ze suroviny o zralosti 12 týdnů	64
Obr. 4.13:	Makroskopicky homogenní vzorek s přidavkem 1,0 % w/w AK:AS (75:25) vyrobený ze suroviny o zralosti 6 týdnů	65
Obr. 4.14:	Nehomogenní vzorek s přidavkem 2,0 % w/w AK:AS (75:25) vyrobený ze suroviny o zralosti 4 týdny	65
Obr. 4.15:	Závislost tvrdosti vzorku KTS na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C).....	86
Obr. 4.16:	Závislost tvrdosti vzorku KK na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)	86
Obr. 4.17:	Závislost tvrdosti vzorku s 1,0 % w/w AK (100:0) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C).....	87
Obr. 4.18:	Závislost tvrdosti vzorku s 1,5 % w/w AK (100:0) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C).....	87
Obr. 4.19:	Závislost tvrdosti vzorku s 2,0 % w/w AK (100:0) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C).....	88
Obr. 4.20:	Závislost tvrdosti vzorku s 1,0 % w/w AK:AS (75:25) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)	88
Obr. 4.21:	Závislost tvrdosti vzorku s 2,0 % w/w AS (0:100) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C).....	89
Obr. 4.22:	Závislost relativní lepivosti vzorku KTS na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C).....	90
Obr. 4.23:	Závislost relativní lepivosti vzorku KK na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C).....	90
Obr. 4.24:	Závislost relativní lepivosti vzorku s 1,0 % w/w AK (100:0) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)	91

Obr. 4.25:	Závislost relativní lepivosti vzorku s 1,5 % w/w AK (100:0) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C) 91
Obr. 4.26:	Závislost relativní lepivosti vzorku s 2,0 % w/w AK (100:0) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C) 92
Obr. 4.27:	Závislost relativní lepivosti vzorku s 1,0 % w/w AK:AS (75:25) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C) 92
Obr. 4.28:	Závislost relativní lepivosti vzorku s 2,0 % w/w AS (0:100) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C) 93
Obr. 4.29:	Závislost růstu celkového počtu mikroorganismů na délce skladování (6 ± 2 °C) v modelových i kontrolních vzorcích 98
Obr. 4.30:	Závislost růstu anaerobních sporulujících mikroorganismů na délce skladování (6 ± 2 °C) v modelových i kontrolních vzorcích 98

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1:	Fosforečnany používané při výrobě tavených sýrů a hodnoty pH jejich 1% vodných roztoků a tavených sýrů vyrobených s obsahem 3 % w/w tavicí soli	21
Tab. 1.2:	Citrany používané při výrobě tavených sýrů a hodnoty pH jejich 1% vodných roztoků.....	23
Tab. 1.3:	Legislativně povolená množství kyseliny fumarové, adipové, jantarové a potraviny, do kterých je možné je přidávat.....	36
Tab. 4.1:	Hodnoty pH modelových vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	53
Tab. 4.2:	Hodnocení znaků sledovaných senzoricou analýzou u modelových i kontrolních vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	54
Tab. 4.3:	Hodnoty pH modelových vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	58
Tab. 4.4:	Hodnocení znaků sledovaných senzoricou analýzou u modelových i kontrolních vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	59
Tab. 4.5:	Hodnoty pH vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	62
Tab. 4.6:	Hodnoty pH vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	67
Tab. 4.7:	Počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorku KTS po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	70
Tab. 4.8:	Plocha tukových kuliček (μm^2) v jednotlivých vrstvách vzorku KTS po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	71
Tab. 4.9:	Počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorku KK po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	72
Tab. 4.10:	Plocha tukových kuliček (μm^2) v jednotlivých vrstvách vzorku KK po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	73

Tab. 4.11:	Počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorku s 1,0 % w/w AK (100:0) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	74
Tab. 4.12:	Plocha tukových kuliček (μm^2) v jednotlivých vrstvách vzorku 1,0 % w/w AK (100:0) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	75
Tab. 4.13:	Počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorku 1,5 % w/w AK (100:0) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	76
Tab. 4.14:	Plocha tukových kuliček (μm^2) v jednotlivých vrstvách vzorku 1,5 % w/w AK (100:0) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	77
Tab. 4.15:	Počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorku 2,0 % w/w AK (100:0) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	78
Tab. 4.16:	Plocha tukových kuliček (μm^2) v jednotlivých vrstvách vzorku 2,0 % w/w AK (100:0) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	79
Tab. 4.17:	Počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorku 1,0 % w/w AK:AS (75:25) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	80
Tab. 4.18:	Plocha tukových kuliček (μm^2) v jednotlivých vrstvách vzorku 1,0 % w/w AK:AS (75:25) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	81
Tab. 4.19:	Počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorku 2,0 % w/w AS (0:100) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	82
Tab. 4.20:	Plocha tukových kuliček (μm^2) v jednotlivých vrstvách vzorku 2,0 % w/w AS (0:100) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	83
Tab. 4.21:	Střední hodnoty stupně roztékavosti vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	94
Tab. 4.22:	Hodnoty pH vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	96
Tab. 4.23:	Hodnocení znaků sledovaných senzoričkou analýzou u modelových i kontrolních vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).....	97

POUŽITÉ SYMBOLY A ZKRATKY

TVS	Tuk v sušině
w/w	Hmotnostní procento
Ca ²⁺	Vápenaté ionty
G ⁺	Grampozitivní bakterie
G-	Gramnegativní bakterie
KTJ	Kolonie tvořící jednotky
TS	Tavicí soli
KTS	Kontrolní vzorek s obsahem 2,5 % w/w fosforečnanových tavicích solí
KK	Vzorek s obsahem 1,0 % w/w κ-karagenanu, bez přídavku tavicích solí
AK	Kyselina adipová
AS	Adipan sodný

1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Tavený sýr patří ke spotřebitelsky atraktivním a vyhledávaným mléčným výrobkům nejen u nás, ale i v zahraničí. Průměrný občan České republiky spotřeboval v roce 2010 podle Českého statistického úřadu 2,1 kg tavených sýrů. V témže roce bylo spotřebováno celkem 13,2 kg sýrů/osobu a rok, a tedy více jak sedmina ze všech spotřebovaných sýrů představovaly sýry tavené [1]. Tato vysoká spotřeba je odůvodněna tím, že tavený sýr je moderní, snadno dostupná potravina s dlouhou trvanlivostí a často také nízkými pořizovacími náklady. Tento mléčný výrobek je možné koupit v nejrůznějších variantách, od produktů s roztíratelnou po tuhou, krájitelnou konzistencí, od nízkotučných po vysokotučné a s různými příchutěmi. Další rozšíření sortimentu lze provést použitím různých obalových materiálů a hmotností spotřebitelského balení. Spotřebitelé uplatňují tavené sýry v teplé i studené kuchyni, ale nejčastěji jako pomazánku na pečivo. I přesto v posledních letech spotřeba tavených sýrů mírně klesá. Důvodem k tomuto trendu mohou být různé mýty a nepravdy, které jsou o tavených sýrech v posledních letech v médiích šířeny [2, 3, 4, 5, 6].

1.1. Tavené sýry

Vyhláška 77/2003 Sb., v platném znění [7], definuje tavený sýr, jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. Podle této vyhlášky musí minimálně 51 % hmotnosti sušiny taveného sýra pocházet ze sýra přírodního [7]. Podrobnější definici uvádějí Carić a Kaláb [8], tavený sýr je vyráběn zahříváním směsi různých druhů přírodních sýrů, které mohou být v různém stupni prozrálosti, s tavicími solemi, za částečného podtlaku a stálého míchání, než je dosažena homogenní hmota požadovaných vlastností.

Jednou z výhod výroby tavených sýrů je skutečnost, že do jejich surovinové skladby lze zahrnout i přírodní sýry s různými, především mechanickými vadami, pro které by nebylo možné uvádět je do oběhu pro přímý prodej spotřebiteli. V dnešní době je již upřednostňováno použití přírodních sýrů bez vady, což vede je zlepšování jakosti tavených sýrů [3, 5, 6, 9].

1.2. Dělení tavených sýrů

Vyhláška 77/2003 Sb., v platném znění [7], dělí tavené sýry na vysokotučné (s obsahem nejméně 60 % w/w tuku v sušině) a nízkotučné (s obsahem nejvýše 30 % w/w tuku v sušině). Skupinu výrobků s obsahem tuku 30 – 60 % w/w

vyhláška nezmiňuje. Různé literární zdroje [10, 11, 12] rozdělují tavené sýry podle obsahu tuku v sušině (TVS) do více kategorií. Všechny tři zdroje uvádějí, že vysokotučný tavený sýr obsahuje 60 – 70 % w/w TVS a plnotučný 45 – 55 % w/w TVS. Dále se procentuální obsah TVS v jednotlivých publikacích mírně odlišuje. Gajdůšek [11] i Březina a kol. [12] shodně popisují, že tavený sýr polotučný je s 30 – 45 % w/w TVS a nízkotučný s obsahem nejvýše 30 % w/w TVS. Forman a kol. [10] označuje tavený sýr polotučný s 20 – 40 % w/w TVS a nízkotučný s obsahem nejvýše 20 % w/w TVS. Naproti tomu některé zdroje uvádějí, že tavené sýry s nižším obsahem TVS než 20 % w/w se prakticky nevyrábějí, stejně tak jako tavené sýry obsahující více než 70 % w/w TVS, které už nemají charakter taveného sýra [7, 11].

Tavené sýry mohou mít širokou škálu konzistencí (od roztíratelných po krájitelné). Roztíratelné tavené sýry mají obvykle vyšší obsah tuku či nižší obsah sušiny, krémovitou konzistenci a pH v rozsahu 5,6 – 6,0. Krájitelné tavené sýry se vyznačují tužší konzistencí, vyšším obsahem sušiny a obvykle nižším pH (5,4 – 5,7) [11, 13, 14]. V literatuře je možné se setkat i s dělením tavených sýrů dle použité suroviny na jednodruhové (tavený sýr je vyroben převážně z jednoho deklarovaného druhu sýra) a směsné (při výrobě taveného sýra je použita směs různých druhů přírodních sýrů) [11, 12]. Z hlediska použití přísad dělí Pavelka [15] tavené sýry na neochucené (při výrobě nebylo použito žádných ochucujících složek) a ochucené (výrobky obsahující např. šunku, aromata, koření).

Vyhláška 4/2008 Sb., v platném znění [16], zmiňuje skupinu výrobků nazývajících se analogy tavených sýrů. Tyto produkty jsou využívány zejména v podnicích veřejného stravování a provozovnách fast-food. V poslední době se však s těmito produkty můžeme setkat i v běžné obchodní síti pro konečného spotřebitele. K jejich výrobě jsou využívány kaseináty (zejména sodné, vápenaté), bílkoviny nemléčného původu, rostlinné oleje, látky určené k aromatizaci aj. Výhodou výroby těchto produktů je snížení nákladů na suroviny, neboť dražší mléčná bílkovina a tuk mohou být nahrazeny levnějšími rostlinnými zdroji. Jejich obliba roste zejména z důvodu nižší ceny, nižšího obsahu tuku s převažujícím podílem nasycených mastných kyselin, a nižšího obsahu cholesterolu [8, 17].

1.3. Význam tavených sýrů ve výživě

Tavený sýr, je jako jakýkoliv mléčný výrobek, zdrojem živin - zejména bílkovin a tuku. V podvědomí obyvatelstva přetrvává názor, že ve srovnání s přírodními sýry mají sýry tavené poněkud nižší výživovou hodnotu. Důvodem k tomuto mylnému přesvědčení je zřejmě fakt, že jsou v průběhu tavení

používány vyšší teploty. Při výrobě tavených sýrů je surovinová směs zahřívána na teplotu nad 80 °C, což nesprávně vede k názoru že biologická hodnota bílkovin (v závislosti na použité teplotě a době jejího působení) je rapidně snížena. Studie Lazárkové a kol. [18] uvádí, že vlivem sterilačního ošetření dochází ke ztrátám aminokyselin (zejména cystein, metionin, serin, threonin a tyrosin) v průměru kolem 5 % (125 °C, 3,2 min; 120 °C, 10 min) a 10 % (115 °C, 32 min; 110 °C, 100 min) jejich původního množství v nesterilovaných produktech. Tyto ztráty je možné brát prakticky za zanedbatelné [6].

Mléčné bílkoviny, které tvoří stabilní proteinovou matici taveného sýra, jsou významnou složkou tohoto oblíbeného produktu. Hlavní bílkovinou je zde kasein, který má vysokou biologickou hodnotu [19, 20, 21]. Rovněž obsah volných aminokyselin je mírně vyšší, zejména v důsledku činnosti tavicích solí a také v důsledku záhřevu.

V tavených sýrech se vyskytuje mléčný tuk, který má velmi komplexní složení. Základními složkami jsou triacylglyceroly (z celkových tuků mléka tvoří kolem 98 %), diacylglyceroly, monoacylglyceroly, volné mastné kyseliny, fosfolipidy aj. [20]. Celková spotřeba tuku je v České republice mnohem vyšší, než stanovují výživová doporučení. Příjem tuku u dospělé populace by neměl dodávat organismu více jak 30 % optimální energetické hodnoty (tzn. u lehce pracujících dospělých přibližně 70 g na den) [22, 23, 24]. Proto je vhodné, aby byly konzumenty přednostně vybírány tavené sýry s nižším obsahem tuku před vysokotučnými výrobky (60 – 70 % TVS). Jako doporučený poměr mezi nasycenými mastnými kyselinami, mononenasyčenými mastnými kyselinami a polynenasycenými mastnými kyselinami je 1:1,4:0,6 [6, 22, 23, 25, 26]. Ovšem mléčný tuk obsahuje z více jako 95 % nasycené a mononenasyčené mastné kyseliny (přibližně 70:25), ale méně než 5 % polyenových mastných kyselin [19, 27, 28]. Vzhledem k relativně vysokému obsahu nasycených mastných kyselin je třeba při sestavování jídelníčku obsahujícího tavené sýry zařadit dále takové potraviny, které dodají mononenasyčené a především polynenasycené mastné kyseliny tak, aby byl naplněn optimální poměr těchto kyselin.

S obsahem živočišného tuku je spojen obsah cholesterolu, který je rizikovým faktorem při vzniku onemocnění srdce a cév. Dostálová a Čurda [23] uvádějí, že tavený sýr s obsahem 70 % TVS obsahuje přibližně 100 mg cholesterolu ve 100 g. Denní příjem cholesterolu by neměl překročit 300 mg [22, 23, 26], tedy příjem cholesterolu prostřednictvím tavených sýrů není zanedbatelný a je třeba jej sledovat.

Tavené sýry jsou také významným zdrojem sodíku, který slouží v lidském těle mimo jiné k udržování osmotického tlaku tělesných tekutin a vodní rovnováhy. Dostálová a Čurda [23] uvádějí, že tavený sýr obsahuje 500 – 1000 mg sodíku ve 100g (v závislosti na obsahu sušiny, TVS, atd.). V dnešní době je

příjem sodíku (prostřednictvím kuchyňské soli) přibližně dvojnásobný než je příjem doporučovaný (5 – 7 g) [23, 26, 29].

Pravděpodobně nejdiskutovanější složkou tavených sýrů je vápník, jehož nízký příjem je označován za rizikový faktor pro celou řadu onemocnění. Tento prvek je důležitý pro tvorbu a obnovu kostí a zubů, nachází se v ionizované formě v krvi, extracelulárních tekutinách, svalech a jiných tkáních. Je důležitý např. pro srážení krve či kontrakci svalů. Doporučený příjem vápníku pro průměrného obyvatele se pohybuje v intervalu 800 – 1000 mg za den [22, 26]. Guéguen a Pointillart [30] ve své studii uvádějí, že dle průzkumu spotřeby potravin pochází přibližně 70 % vápníku z mléka a mléčných výrobků, 16 % ze sušeného ovoce a zelené zeleniny, 7 % z nápojů (zahrnující i minerální vodu) a zbylých 7 % z ostatních zdrojů. Za jeden z nejlepších zdrojů vápníku je tedy považováno mléko a mléčné výrobky. Jiné zdroje obsahují také relativně vysoké množství vápníku, ale v důsledku vazeb na sloučeniny jako např. šťavelany a fytáty může být jeho vstřebatelnost značně snížena [26, 30, 31]. Ke vstřebání vápníku dochází v lidském těle dvěma procesy, a to aktivním transportem v duodenu a horních částech jejunu a pasivním transportem v celé délce tenkého střeva především však v ileu a v malém množství i v tlustém střevu [22, 26, 30, 31, 32]. Celá řada publikací uvádí, že nadměrný příjem fosforu redukuje vstřebávání vápníku. Za ideální poměr fosforu a vápníku pro lidskou výživu je považován poměr vyšší jak 1:1 [31, 32, 33]. V tavených sýrech je však tento poměr díky aplikaci fosforečnanových tavicích solí změněn obvykle na 1:1,5 – 3,0 [34, 35]. Naopak Guéguen a Pointillart [30] ve své práci popsali, že běžný nadbytek fosforu v mléčných výrobcích pravděpodobně významně neredukuje absorpci vápníku (poměr fosforu k vápníku nad 1) a že fosfor je navíc potřebný pro mineralizaci kostí. Uvedli, že pouze velmi vysoký příjem fosforu může způsobit snížení ukládání vápníku do kostí. Kromě toho je zde také publikován názor, že fosfor zvyšuje zpětnou resorpci vápníku v ledvinách (snižuje jeho vylučování močí). Snížení obsahu fosforu v tavených sýrech by pravděpodobně přispělo k lepšímu nutričnímu hodnocení tohoto oblíbeného mléčného výrobku [36]. Na závěr je nutno dodat, že otázka biologicky nevyužitelného vápníku není jednoznačná ani u odborné veřejnosti [6].

Tavené sýry jsou rovněž dobrým zdrojem vitaminů. Obsah lipofilních vitaminů (A, D, E) je závislý na obsahu tuku v sýru. Množství hydrofilních vitaminů (především skupiny B) se liší dle použité suroviny [21, 23, 37].

Z výše uvedeného vyplývá, že bychom měli konzumovat tavené sýry s mírou a je vhodné je střídat i s jinými potravinami, které obsahují menší množství nasycených mastných kyselin (ve prospěch nenasycených), cholesterolu, sodíku a fosforu. Naše stravování by mělo být pestré a vyvážené s korekcí na množství spotřebovaných potravin.

1.4. Výroba tavených sýrů

Tavené sýry vznikají technologickou úpravou sýrů přírodních. Výběrem této základní suroviny lze předurčit řadu vlastností výsledných tavených sýrů (více kapitola 1.6). V dnešní době mohou být přidávány i sodné či vápenaté soli kaseinu (kaseináty sodné a vápenaté), které jsou schopny modifikovat strukturu a zvýšit stabilitu výrobku. Výrobci je používají zejména při výrobě analogů tavených sýrů. Přídavkem másla je ovlivněn obsah tuku ve výrobku. Smetanou je možno také upravit obsah tuku a produkt tak zjemnit. Tvaroh je možno přidávat z důvodu zvýšení tukuprosté sušiny a snížení pH. Do surovinové směsi obsahující velmi prozrálý přírodní sýr je tvaroh přidáván z důvodu úpravy výsledné konzistence (zvýšení obsahu intaktního kaseinu). Při užití přírodního sýra s vysokým stupněm proteolýzy bílkovin by hrozil vznik taveniny s nestabilní, příliš roztékavou konzistencí. Intaktní kasein poskytne finálnímu výrobku konzistenci pevnější, jelikož u něj neproběhla rozsáhlá proteolýza. Pro zjemnění konzistence je v některých případech použit krém, sýr již utavený. Přísady ovlivňující chuť a barvu jsou používány pro ochucené tavené sýry. Přídavek vápenatých iontů ovlivňuje tuhost výsledného výrobku. Důležitý je přídavek tavicích solí, které zvyšují peptizaci, rozpustnost a rozptýlení kaseinů a zajišťují vznik homogenní směsi. Dále je přidávána pitná voda, jejíž množství je třeba přizpůsobit způsobu výroby tavených sýrů. Pokud je směs zahřívána přímým vstřikem páry, je třeba přídavek vody snížit o vodu zkondenzovanou z páry. Konkrétní složení surovinové směsi pro tavený sýr je závislé na požadavcích kladených na finální produkt [2, 8, 38, 39, 40, 41].

Samotné tavení rozmělněné surovinové směsi je možno realizovat dvěma způsoby: kontinuálně a diskontinuálně, přičemž v České republice je používán především diskontinuální způsob [9]. U diskontinuálního procesu jsou používány obecně teploty 90 – 100 °C po dobu několika minut. U posledně zmíněného procesu je tedy dosaženo pouze pasteračního efektu (vzhledem k pH taveniny). Kontinuální proces je prováděn v nerezovém potrubí, kdy je aplikována teplota 130 – 145 °C po dobu 2 – 3 s, a je tedy zajištěn efekt sterilační. Po zahřevu je tavenina zchlazena na 90 °C s dobou výdrže 5 – 15 min, kdy dochází k interakcím mezi jednotlivými složkami směsi. Při tomto tepelném ošetření dochází k rozrušení vápenatých můstků i hydrofobních interakcí [2, 9, 10].

Vlastní produkce tavených sýrů probíhá v několika fázích. Suroviny jsou připraveny a naváženy dle surovinové skladby. Směs surovin (včetně tavicích solí) je nadávkována do tavicího kotle, následuje vlastní tavicí proces. Tavenina je zahřívána na tavicí teplotu, která je udržována po definovanou dobu výdrže. Po té probíhá kontrola taveniny se zaměřením na požadované vlastnosti

výsledného produktu. Při zjištění nedostatků jsou provedeny úpravy a tavicí proces je v kratším časovém intervalu opakován, zpravidla za přídavku dalších tavicích solí nebo jiných složek surovinové skladby. Vyhovující finální produkt je balen, chlazen, skladován a nakonec expedován. Z důvodu snížení rizika kontaminace mikroorganismy, by neměla při balení klesnout teplota taveniny pod 60 – 70 °C [3, 4, 9, 10, 42]. Následné skladování a expedice tavených sýrů probíhá dle vyhlášky č. 77/2003 Sb., v platném znění [7], při teplotách 4 – 8 °C.

1.5. Tavicí soli

Dle vyhlášky č. 4/2008 Sb., v platném znění [16], jsou tavicí soli přídatné látky měnící vlastnosti bílkovin při výrobě tavených sýrů za účelem zamezení oddělování tuku. Berger a kol. [40] uvádějí, že k výrobě tavených sýrů je nutný přídavek tavicích solí, aby nedošlo k separaci proteinů, tuku a vody. Jako tavicí soli jsou v praxi používány vícesytné anionty (fosforečnany, citrany) s monovalentními alkalickými kovy (zejména sodík).

Tavicí soli jsou emulgační činidla, jejichž hlavní funkcí je upravit prostředí v tavenině tak, aby přítomné proteiny mohly uplatnit své přirozené vlastnosti emulgátorů. K jejich hlavním úlohám patří odštěpování vápníku z proteinové matrice, peptizace, hydratace proteinů, zvyšování jejich rozpustnosti a podpora schopnosti proteinů bobtnat. Tavicí soli dále napomáhají emulgaci a stabilizaci tuku, ovlivňují a stabilizují pH a následně formují strukturu taveného sýra při chlazení [2, 8]. Při záhřevu surovinové směsi neobsahující tavicí soli by došlo k destrukci membrány na povrchu tukových kuliček a následně ke shlukování tukových kuliček do větších formací. Vlivem vysoké teploty a nízkého pH by došlo k agregaci a kontrakci kaseinů, což by způsobilo oddělení hydrofilní a hydrofobní fáze [41]. Pro získání homogenního produktu je tedy přídavek látky s vlastnostmi tavicích solí nutný.

Při použití nesprávného množství tavicích solí je možné získat produkt s odlišnými vlastnostmi od požadovaného taveného sýra. Konkrétní složení tavicích solí musí být tedy optimalizováno pro každý výrobek. Směs tavicích solí tvoří obvykle 2 – 3 % hmotnosti surovinové skladby. Vyhláška č. 4/2008 Sb., v platném znění [16], uvádí jako nejvyšší přípustné množství fosforečnanových tavicích solí (vyjádřených jako P_2O_5) pro tavené sýry hodnotu 20 000 mg/kg, což odpovídá přibližně 3,5 % hmotnosti výrobku. Gajdůšek [43] uvádí, že množství tavicích solí v konečném produktu by nemělo překročit 3,0 % w/w.

V praxi se používají tavicí soli na bázi fosforečnanů a citranů. Jejich výběr se odvíjí od požadavků na vlastnosti finálního taveného sýra. Fosforečnanové tavicí soli se používají především u výrobků s požadavkem na roztíratelnější

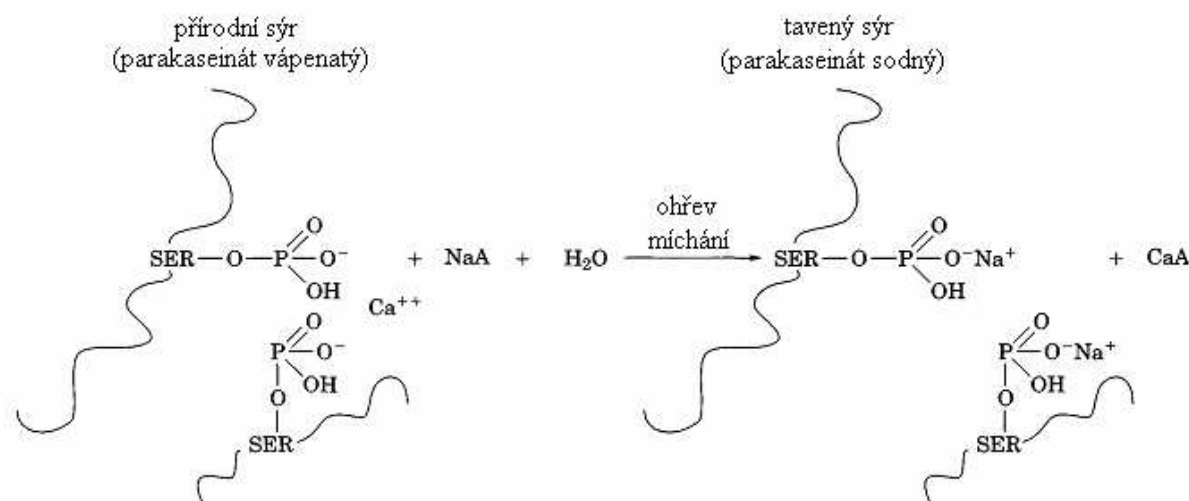
konzistenci. Naopak citranové tavicí soli mají menší schopnost vázat vápník, proto s jejich užitím získáme zpravidla tužší, lomivou konzistenci finálního produktu [33, 44, 45, 46].

1.5.1. Fosforečnanové tavicí soli

Fosforečnanové tavicí soli jsou soli, které jsou odvozeny od kyseliny trihydrogenfosforečné (H_3PO_4). Monofosforečnany obsahují pouze jeden atom fosforu, jsou to tedy sloučeniny s jednou skupinou $(\text{PO}_4)^{3-}$. Difosforečnany jsou dalším typem fosforečnanů obsahující 2 atomy fosforu (dimery). Sloučeniny s více než dvěma molekulami fosforu se nazývají polyfosforečnany neboli kondenzované fosforečnany. Cyklické fosforečnany s kruhovou strukturou se nazývají metafosforečnany. Ultrafosforečnany zahrnují sloučeniny mající trojrozměrnou strukturu [33].

Fosforečnanové tavicí soli mají řadu důležitých vlastností. Klíčovou vlastností je schopnost odštěpit z proteinové matrice vápenaté ionty (obecně monovalentní i polyvalentní kationty kovů) a ty následně navázat do své struktury. Vápenaté ionty jsou od parakaseinátů přitahovány k fosforečnanům, kde jsou vyměněny za ionty sodné vázající se následně na parakaseinát. Dochází k peptizaci, rozpouštění a rozptýlení proteinů, následně k hydrataci a bobtnání proteinů, emulgaci a stabilizaci tuku, stabilizaci pH a formování požadované struktury. Díky iontové výměně (obrázek 1.1) je tedy možné získat při výrobě tavených sýrů homogenní strukturu finálního výrobku. Schopnost iontové výměny jednotlivých skupin fosforečnanů se liší v závislosti na počtu fosforů v molekule. Platí, že afinita ke kationtům roste se zvyšujícím se počtem fosforů ve sloučenině. Tato vlastnost je ovlivněna řadou dalších faktorů (např. pH, teplota) [33, 47, 48, 49].

Působením fosforečnanů dochází k úpravě pH. V tavené směsi dosahuje pH hodnot 5,2 – 5,5; přičemž optimální hodnoty se pohybují v intervalu 5,7 – 6,0 [41, 50]. Je tedy nutné vhodně zvolit kombinaci jednotlivých fosforečnanů zajišťující optimální pH finálního výrobku. Tab. 1.1 prezentuje pH tavených sýrů, kde byly použity vybrané fosforečnany v koncentraci 3 % w/w a pH 1% vodných roztoků daných fosforečnanů. U polyfosforečnanu závisí hodnota pH na počtu fosforů v molekule. Se zvyšující se délkou polyfosforečnanu klesá hodnota pH roztoku i taveného sýra [2, 9, 33, 51].



Obr. 1.1: Iontová výměna vápenatých iontů za sodné v přítomnosti tavicích solí při výrobě tavených sýrů (NaA - tavicí sůl obsahující sodný kationt; CaA - tavicí sůl s navázaným vápenatým kationtem) [8]

Tab. 1.1: Fosforečnany používané při výrobě tavených sýrů a hodnoty pH jejich 1% vodných roztoků a tavených sýrů vyrobených s obsahem 3 % w/w tavicí soli [2, 51]

Tavicí sůl	Vzorec	pH 1% roztoku	pH taveného sýra
Hydrogenfosforečnan sodný	Na ₂ HPO ₄	9,1	6,6
Fosforečnan sodný	Na ₃ PO ₄	11,9	6,9
Difosforečnan sodný	Na ₄ P ₂ O ₇	10,2	6,8
Dihydrogendifosforečnan sodný	Na ₂ H ₂ P ₂ O ₇	4,1	4,7
Trifosforečnan sodný	Na ₅ P ₃ O ₁₀	9,7	6,7
Polyfosforečnan sodný	(NaPO ₃) _n *	5,9	5,8

Vysvětlení označení:
 * platí pro n ≈ 15 – 20

Pufrovací schopnost fosforečnanových tavicích solí je závislá na délce řetězce. Platí, že se snižuje s rostoucí délkou řetězce. Nejvíce tedy stabilizují pH monofosforečnany [33].

Další vlastností fosforečnanových tavicích solí je schopnost ovlivnit tvorbu gelu, která závisí na typu použitého fosforečnanu. Obecně nízkomolekulární fosforečnany (zejména di- a trifosforečnany) podporují zesílení matrice gelu více než lineární polyfosforečnany. Vysokomolekulární fosforečnany jsou považovány spíše za inhibitory tvorby gelu. Při tvorbě gelu vzniká komplex kaseinu a fosforečnanů vápenatých, čímž dochází ke snížení odpudivých sil mezi kaseinovými řetězci. Dále se prostřednictvím fosforečnано-vápenatých komplexů tvoří můstky mezi kaseiny [33, 52, 53].

Při výrobě tavených sýrů a následně během skladování dochází k hydrolyze lineárních kondenzovaných fosforečnanů až na jednotlivé monomery. Reakce je nejrychlejší při rozkladu polyfosforečnanů na difosforečnany, poté se rychlost hydrolyzy značně zpomaluje. Rozsah hydrolyzy je ovlivňován délkou fosforečnanového řetězce, obsahem sušiny, pH, délkou a teplotou tavení a skladování taveného sýra. Čím jsou uvedené hodnoty vyšší, hydrolyza fosforečnanů roste. Následkem hydrolyzy dochází zejména ke změně pufrovací schopnosti tavicích solí a k poklesu afinity tavicích solí k vápenatým iontům. Při postupném uvolňování vápenatých iontů z tavicích solí může dojít k jejich zapojení do proteinové matrice, čímž se zvýší tuhost výrobku. Hydrolyzu může dále ovlivnit např. stupeň hydratace kaseinů či výsledné pH taveného sýra. Rozklad fosforečnanů může podporovat také nežádoucí tvorbu krystalů tvořících se v přítomnosti mono- a difosforečnanů. Při použití nadbytečného množství fosforečnanových tavicích solí nemusí dojít k jejich kompletnímu rozpuštění, což může vést taktéž k sensoricky nepříjemné tvorbě krystalů [8, 33, 54].

Během výroby tavených sýrů dochází u proteinů v tavenině vlivem účinku teploty a mechanického namáhání ke zvýšení vaznosti vody, čímž dojde ke zvýšení viskozity celého systému. Fosforečnanové anionty se naváží přes vápenaté ionty na přítomné proteiny, čímž dojde ke zvýšení jejich hydrofilní povahy a následnému navázání vody [2, 8, 54].

Fosforečnanové tavicí soli vykazují antimikrobní účinek na některé mikroorganismy. V tavených sýrech je nejčastěji popisován výskyt např. *Clostridium butyricum*, *Clostridium tyrobutyricum*, *Clostridium sporogenes*, *Bacillus coagulans* a *Geobacillus stearothermophilus* [2, 9, 47, 54]. Polyfosforečnany a monofosforečnany dokážou inhibovat růst některých bakterií, zejména sporulujících mikroorganismů a grampozitivních bakterií [55, 56]. Jejich antimikrobní účinky pravděpodobně spočívají především v navázání vápenatých či hořečnatých kationtů, které jsou nezbytné pro fyziologické funkce mikroorganismů (např. pro činnost mikrobiálních enzymů či pro správnou tvorbu buněčné stěny G^+ bakterií) [2, 4, 33]. Byl sledován vliv polyfosforečnanových tavicích solí na růst G^+ i G^- bakterií. Polyfosforečnany inhibovaly růst a rozmnožování G^+ bakterií, zatímco žádný antimikrobní účinek na G^- bakterie pozorován nebyl. U tavených sýrů vyráběných kontinuálním způsobem (130 – 145 °C, několik sekund) jsou vysokou teplotou inaktivovány spory. U diskontinuálně vyráběných výrobků (90 – 100 °C, několik minut) jsou deaktivovány vegetativní formy buněk většiny bakterií, kvasinek a plísní, ale mohou být přítomny životaschopné spory některých bakterií náležejících např. k rodům *Bacillus*, *Geobacillus* a *Clostridium*. Zdrojem těchto mikroorganismů může být mléko nebo jiné ingredience a koření, popřípadě i prostředí. Vhodné podmínky pro klíčení spor nastávají již během samotného procesu tavení, kdy jsou aktivovány vysokou teplotou, prostředím s nízkým

obsahem kyslíku, vyšším obsahem vody a vysokými hodnotami pH. Během skladování může dojít k vyklíčení spor a tím k rozkladu proteinů a vzniku sensoricky nežádoucích látek. Při germinaci spor bakterií *Clostridium botulinum* může vznikat dokonce nebezpečný botulotoxin. Pro inhibici růstu *Clostridium tyrobutyricum* je dostatečná koncentrace polyfosforečnanu 0,5 % [2, 9, 47, 54, 56].

1.5.2. Citranové tavicí soli

Citranové tavicí soli jsou odvozené od kyseliny citronové ($C_6H_8O_7$). Afinita citranů k vápenatým iontům je ve srovnání s fosforečnany nízká, ovšem stále je vyšší než k sodným iontům. Citrany mají nízkou schopnost zvyšovat hydrataci proteinů i emulgaci tuku. Ve srovnání s fosforečnany u citranů nebyla pozorována bakteriocidní ani bakteriostatická aktivita. Zejména pro výše zmíněné důvody jsou citrany v praxi nejčastěji využívány ve směsích s fosforečnanovými tavicími solemi (zejména s polyfosforečnany). V praxi jsou používány především citrany trisodné, jelikož mono- a disodné citrany by surovinovou směs příliš okyselily, což by vedlo k vzniku nestabilní emulze. Citrany draselné se při výrobě tavených sýrů neuplatňují, jelikož mohou způsobovat nahořklou chuť výrobku. Tabulka 1.2 znázorňuje citrany, které se využívají jako tavicí soli, a pH jejich 1% vodných roztoků [2, 9, 33, 41].

Tab. 1.2: Citrany používané při výrobě tavených sýrů a hodnoty pH jejich 1% vodných roztoků [2]

Tavicí sůl	Vzorec	pH 1% roztoku
Citran sodný	$NaH_2C_6H_5O_7$	3,7
Citran disodný	$Na_2HC_6H_5O_7$	4,5
Citran trisodný	$Na_3C_6H_5O_7$	5,6

1.6. Vlivy působící na konzistenci tavených sýrů

Konzistence je jedním z důležitých organoleptických znaků tavených sýrů. Vedle chuti a vůně je tento znak pozorně sledován spotřebiteli při výběru tohoto mléčného výrobku. Existují tavené sýry s širokou škálou konzistencí od tekutých a dobře roztíratelných až po tuhé a krájitelné. Výrobce má možnost pomocí surovinové skladby nebo při samotném procesu tavení ovlivnit výslednou konzistenci produktu. Obecně lze faktory ovlivňující tento významný organoleptický znak rozdělit do tří skupin: skladba surovinové směsi, způsob

zpracování a chlazení taveniny a v neposlední řadě také podmínky skladování [11, 57].

1.6.1. Skladba surovinové směsi

Základní surovina pro výrobu tavených sýrů je přírodní sýr. Volbou této komponenty je možné ovlivnit výslednou konzistenci produktu. Při jeho výběru je nutné zohlednit druh přírodního sýra, stupeň zralosti, jeho složení (obsah sušiny, tuku, proteinů, vápníku), hodnotu pH i požadované vlastnosti finálního produktu. Během procesu zrání přírodních sýrů dochází k proteolýze, kdy je bílkovinná složka hydrolyzována na peptidy a volné aminokyseliny. K proteolýze kaseinu dochází pomocí enzymů zahrnující zbytkovou aktivitu nativních enzymů mléka, syřidla a exogenního enzymatického systému kyselých a nezákladních bakterií mléčného kvašení. Poměr rozštěpeného a prakticky nerozštěpeného (intaktního) kaseinu je významným kritériem ovlivňujícím konzistenci tavených sýrů [58]. Guinee a kol. [2] uvádí, že mladý, neproзраlý přírodní sýr obsahující 70 – 95 % intaktního kaseinu je vhodný pro krájitelné výrobky, zatímco středně zralý sýr s 60 – 75 % intaktního kaseinu pro roztíratelné produkty. Pokud je tedy použita neproзраlá surovina s nízkým stupněm proteolýzy, získaný produkt se vyznačuje tužší, gumovitější konzistencí a prázdou chutí. Výhodou použití této suroviny je snížení nákladů na surovinu. Při použití prozářlého sýra s vysokým stupněm proteolýzy se získá snadno tavitelná směs a finální výrobek je jemné a roztíratelné konzistence. Při delším zrání jsou tvořeny sensoricky aktivní látky, dodávající této tavenině plné a výrazné aroma [2, 41, 59, 60]. V praxi je používána obvykle směs méně i více prozářlých přírodních sýrů. Pokud surovinová skladba obsahuje starší velmi prozářlé přírodní sýry s nadměrně hydrolyzovanými bílkovinami, je zahrnut většinou i přírdek intaktního kaseinu (v podobě mladých sýrů nebo tvarohu), který napomůže tvorbě stabilní proteinové matrice. V opačném případě by hrozil vznik nestabilní až roztékavé konzistence výrobku. Tento jev by nastal z důvodu nízké vaznosti vody a jejího uvolňování a neschopnosti tvorby stabilní proteinové matrice [58, 61]. Vliv zvyšujícího se stupně proteolýzy přírodního sýra (čedaru) na texturní a viskoelastické vlastnosti taveného sýra prokázali ve své studii Brickley a kol. [60]. Stupeň proteolýzy čedaru nejrychleji vzrůstal prvních 28 dní po jeho výrobě, což bylo v souladu s nejvyšším poklesem tuhosti vyrobeného taveného sýra. Piska a Štětina [59] vyráběli tavené sýry ze směsí přírodních sýrů s různým stupněm proteolýzy. Bylo zjištěno, že vzorek vykazující nejvyšší tuhost, lepivost a gumovitost byl vyroben z přírodního sýra s nízkým indexem proteolýzy (poměr ve vodě rozpustného dusíku při pH 4,5 k celkovému dusíku). Naopak hodnoty těchto

texturních parametrů byly nejnižší u produktu utaveného ze suroviny s vyšším indexem proteolýzy.

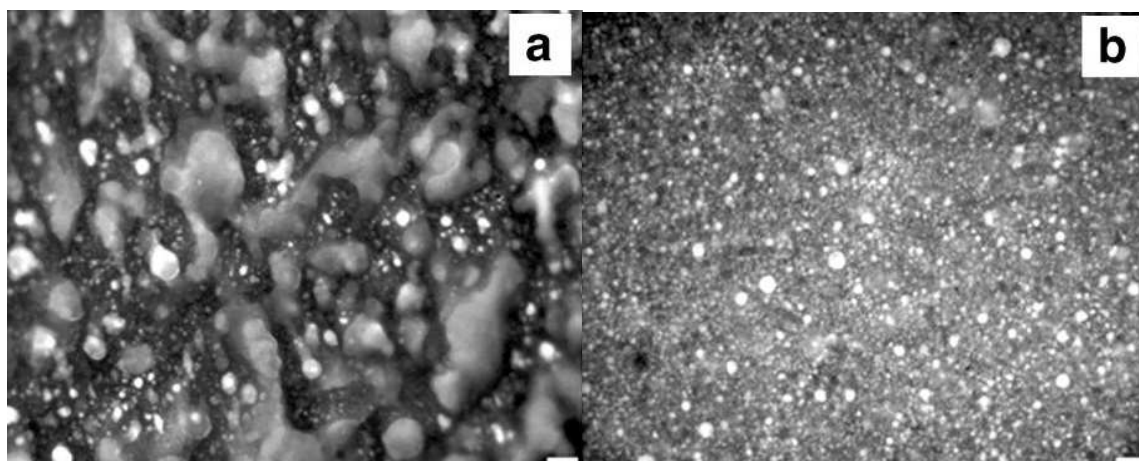
Důležitý faktor ovlivňující konzistenci tavených sýrů je i vztah sušiny a tuku v sušině. Obecně platí, že za jinak stejných podmínek, tuhost výrobku a jeho elasticita klesá s klesajícím obsahem sušiny [62, 63, 64]. Tužší konzistence výrobku je možné dosáhnout při konstantním obsahu tuku v sušině zvyšováním podílu sušiny. Naopak zvyšováním obsahu tuku při konstantním obsahu sušiny lze dosáhnout roztíratelnější konzistence [2, 8]. Platí tedy, že čím více tuku je v taveném sýru, tím je (za jinak stejných okolností) jeho konzistence roztíratelnější. Voda v systému působí jako změkčovaadlo struktury tavených sýrů a tuk zvyšuje jeho lubrikační schopnost [64]. V tržní síti je možné nalézt i produkty se sníženým obsahem tuku, u nichž může dojít ke vzniku nežádoucí příliš tuhé konzistence. Řešení tohoto problému nastínili ve své práci Drake a kol. [65]. Zkoumali reologické a sensorické vlastnosti tavených sýrů se sníženým obsahem tuku a s přidavkem lecitinu. Vzorky s lecitinem měli obdobnou konzistenci jako tavené sýry s vyšším obsahem tuku. Sensorické vlastnosti nebyly lecitinem negativně ovlivněny [65]. U nízkotučných tavených sýrů lze roztíratelnou konzistenci získat i snížením obsahu sušiny. Ovšem většinou není dosaženo takové roztíratelnosti jako u vysokotučného produktu [2, 8, 9]. S obsahem tuku souvisí i velikost tukových kuliček. Výrobek s menšími tukovými kuličkami je obvykle tužší a stabilnější než produkt s většími tukovými kuličkami. Konzistence může být ovlivněna také typem použitého tuku, kdy výrobci obvykle jeho obsah upravují přidavkem másla či bezvodého tuku, případně rostlinným tukem (analogy tavených sýrů, kapitola 1.2) [2, 66, 67, 68].

Olson a kol. [61] popisuje, že vyšší obsah vápenatých iontů způsobuje tužší konzistenci taveného sýra, jelikož vápenaté ionty zesilují a zpevní proteinovou matici produktu. Tyto ionty se do výrobku dostávají prostřednictvím použitých surovin, zejména přírodního sýra. Naopak jemnější a roztíratelnější konzistence je dosaženo přidavkem krému [8, 69].

Aktivní kyselost má významný vliv na konzistenci tavených sýrů. Tento parametr je ovlivněn zejména druhem a koncentrací použitých tavicích solí a hodnotou pH přírodního sýra. Čím starší přírodní sýr je při výrobě taveného sýra použit, tím vzniká výsledný tavený produkt s vyšší hodnotou pH. U tavených sýrů s nízkým pH (4,8 – 5,2) lze očekávat tužší konzistenci než u sýrů méně kyselých (pH > 6,0), jež jsou obvykle za jinak stejných okolností roztíratelnější [68]. Čím více se hodnota pH taveného sýra blíží k izoelektrickému bodu kaseinu (pI \approx 4,6), tím více se uplatňují vzájemné přitažlivé interakce bílkovin a vzniká tak tužší produkt [50, 70]. Marchesseau a kol. [50] zkoumali vliv zvyšujícího se pH na reologické vlastnosti tavených sýrů s konstantním obsahem tavicích solí. Výsledkem byly klesající hodnoty

ztrátového i elastického modulu pružnosti značí pokles viskozity i elasticity sýra s rostoucím pH. Stejných výsledků dosáhli také Lee a Klostermeyer [71] u tavených sýrových pomazánek se sníženým obsahem tuku (12,0 % w/w tuku). Naproti tomu Swenson a kol. [72] zjistili pokles tuhosti taveného sýra obsahujícího pouze 0,6 % w/w tuku s klesající hodnotou pH. Tyto odlišné výsledky jsou zřejmě způsobeny analýzou rozdílného typu matrice (např. odlišné tavicí zařízení, chemické složení matrice, různá doba působení záhřevu u jednotlivých prací).

Tavicí soli ovlivňují hydrataci proteinů a emulgaci tuku, což má přímý vliv na konzistenci taveného sýra. Jejich výběrem a množstvím je možné konzistenci produktů rovněž podstatně ovlivnit. Různé typy tavicích solí pracují odlišným mechanismem za vzniku konzistenčně odlišných výrobků [2, 8]. Na obrázku 1.2 je zobrazena matrice taveného sýra s odlišnou velikostí tukových kuliček, které byly ovlivněny použitím odlišných koncentrací tavicích solí. Shirashoji a kol. [53] popsali, že stupeň emulgace tuku se zvyšoval s rostoucí koncentrací tavicích solí, kdy se zároveň zvyšovala tuhost výrobku. Během záhřevu přírodního sýra dochází k uvolňování tukových kuliček z matrice a ke vzájemnému shlukování. Emulgace je podpořena mícháním během tavení a parakaseinát sodný pravděpodobně pokrývá povrch tukových kuliček. Emulgovaný tuk pokrytý kaseinem se nejspíše chová jako větší části proteinu, které jsou poté včleněny do proteinové matrice. Nižší stupeň emulgace tuku pravděpodobně vede k tomu, že tukové kuličky jsou příliš velké, což naruší kompaktnost proteinové struktury. Tento fakt přispívá k tomu, že tavený sýr obsahující nižší koncentraci tavicích solí vykazuje nižší pevnost a vyšší roztékavost vzorků [53].



Obr. 1.2: Závislost velikosti tukových kuliček taveného sýra na koncentraci tavicích solí (citrán sodný): A - tavenina s obsahem 0,25 % citranu sodného, B - tavenina s obsahem 1,50 % citranu sodného. Světlé oblasti značí tukové kuličky, tmavé pozadí představuje proteinovou matrici. Měřítka vpravo dole představuje 50 μm [53]

1.6.2. Způsob zpracování a zchlazování suroviny

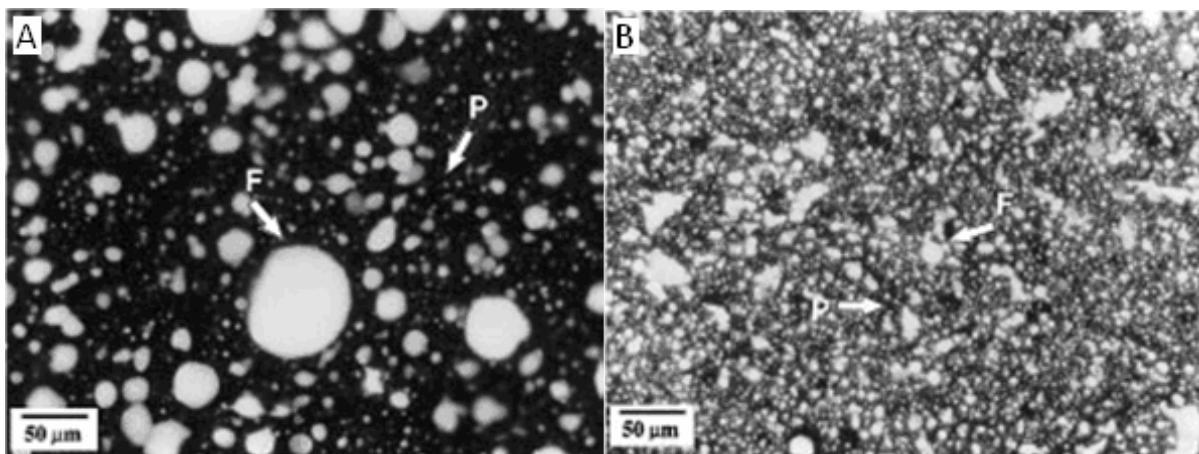
Tavicí teplota, intenzita a délka míchání taveniny i rychlost chlazení finálního produktu jsou faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů.

Meyer [73] uvádí, že se zvyšující se tavicí teplotou ($> 95\text{ }^{\circ}\text{C}$) se snižuje pevnost tavených sýrů. Guinee a kol. [2] tuto skutečnost připisuje působení hydrolyzy polyfosforečnanových tavicích solí, poklesu hydratace kaseinových frakcí anebo růstu rychlosti agregace proteinů. Swenson a kol. [72] vyráběli tavený sýr s minimalizovaným obsahem tuku za použití teplot 60, 70, 80 a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, přičemž nejpevnější byl vzorek tavený při $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, nejméně pevný při $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Je nutné podotknout, že v literatuře jsou popsány trendy jak nárůstu, tak i poklesu tuhosti se zvyšující se teplotou tavení. Rozdílnost výsledků je pravděpodobně dána rozdílnou maticí vzorků, odlišným chemickým složením i různé době působení záhřevu u jednotlivých prací [2, 72, 74, 75].

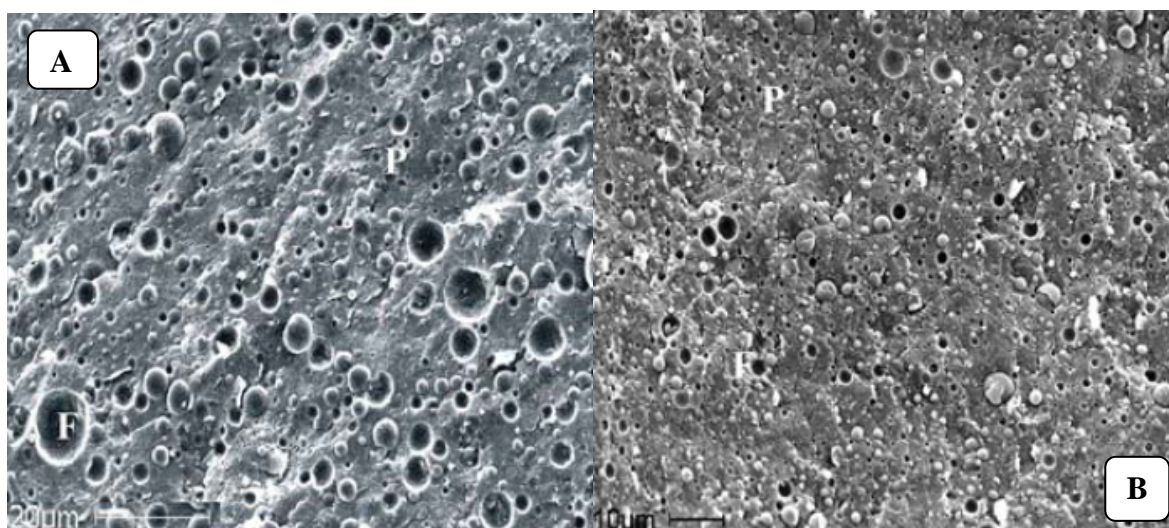
Velikost tukových kuliček a tím i konzistenci výsledného produktu ovlivňuje intenzita a délka míchání taveniny. Se zvyšováním koncentrace tavicích solí (0,5 – 3,0 % w/w), rychlosti míchání i teploty a doby tavení se zvyšuje stupeň emulgace tuku. Velikost tukových kuliček se zmenšuje, roste jejich počet a zvyšuje se tak tuhost produktu [2, 53, 76]. Sutheerawattananonda a kol. [77] uvádí, že velikost tukových kuliček se snižuje se zvyšující dobou míchání taveniny, zejména v prvních minutách procesu tavení (obrázek 1.3). Prodlužujícím se mícháním tavicí směsi dochází k lepší emulgaci tuku projevující se nárůstem tuhosti a elasticity taveného sýra [2, 78].

Naopak u výrobků s obsahem tuku pod 1,0 % w/w byl pozorován pokles tuhosti s rostoucí délkou tavicího procesu. Byla publikována také práce Swenson a kol. [72], v níž byl pozorován pokles tuhosti produktu s rostoucí délkou a teplotou tavení. Těchto výsledků bylo zřejmě dosaženo v důsledku sledování rozdílné matrice výrobků (tavených sýrů se sníženým obsahem tuku) [72, 74].

Závislost mezi intenzitou míchání tavicí směsi a velikostí tukových kuliček popsali Noronha a kol. [79]. Se zvyšujícím se počtem otáček za minutu jsou tukové kuličky menší, a tím se zlepšuje jejich distribuce v proteinové matici (obrázek 1.4). Vyšším počtem otáček při tavení tak získáme (za jinak stejných podmínek) tužší výsledný produkt [79].



Obr. 1.3: Závislost velikosti tukových kuliček taveného sýra na délce míchání taveniny: *A* - tavenina těsně po dosažení tavicí teploty 65,5 °C, *B* - tavenina po dosažení tavicí teploty 65,5 °C míchána 5 minut (110 ot./min.). Písmeno „P“ značí proteinovou matici, „F“ tukovou kuličku [77]



Obr. 1.4: Závislost velikosti tukových kuliček taveného sýra na použitých otáčkách při míchání taveniny: *A* - tavenina míchána při 100 ot./min., *B* - tavenina míchána při 1500 ot./min. Písmeno „P“ značí proteinovou matici, „F“ tukovou kuličku [79]

Rychlost chlazení je faktor ovlivňující konzistenci výrobku působící po hlavním procesu tavení. Při pomalém zchlazování roste tuhost finálního taveného sýra. Naopak rychlejší zchlazení (při jinak stejných podmínkách) zaručuje méně tuhý výrobek [11, 59]. Nevýhodou pomalého chlazení je vyšší riziko růstu kontaminujících mikroorganismů ve výrobku [8].

1.6.3. Podmínky skladování

Konzistence tavených sýrů je ovlivňována i v průběhu skladování, které probíhá dle vyhlášky č. 77/2003 Sb., v platném znění [7], při teplotách 4 – 8 °C. Při vyšší teplotě skladování (25 – 30 °C) s rostoucí dobou roste tuhost produktů, ve srovnání s výrobky skladovanými při chladírenských teplotách. U vzorků skladovaných při vyšších teplotách byl pozorován taktéž tmavší odstín (způsoben pravděpodobně komplexem Maillardových reakcí) než u produktů umístěných při nižších teplotách [80, 81]. Některé studie uvádí, že průběh Maillardových reakcí ovlivňuje i konzistenci výsledného taveného sýra, a to vlivem vzniku sloučenin ovlivňující zesíťování proteinové matrice [81, 82]. Během skladování také dochází k hydrolyze polyfosforečnanů. Carić a Kaláb [8] uvádějí, že při uchovávání vzorků tavených sýrů při teplotě pod 10 °C může dojít k tvorbě krystalů tavicích solí, i dalších složek sýra (např. aminokyseliny, laktóza, laktáty). Vznik krystalů může vést ke zhoršení sensorické jakosti [33, 80, 83, 84, 85].

Při dlouhodobém skladování tavených sýrů se může vyskytnout problém s jejich mikrobiologickou údržností, i když se tyto výrobky považují za produkty s dlouhou trvanlivostí. Mikrobiologické změny jsou ovlivněny například druhem použitého přírodního sýra, obsahem sušiny, pH, teplotou záhřevu, úrovní hygieny provozu, technologie balení i samotným obalem. Údržnost tužších tavených sýrů je vyšší než u měkčích výrobků, jelikož produkty roztíratelnější konzistence většinou obsahují vyšší množství vody, která je snadněji dostupná pro mikroorganismy [47, 86]. Přídavek tavicích solí může prodloužit údržnost tavených sýrů, jelikož některé tavicí soli (zejména dlouhé polyfosforečnany) vykazují antimikrobiální účinky (kapitola 1.5) [33, 55, 56].

1.7. Vlivy působící na roztékavost tavených sýrů

Roztékavost je významná funkční vlastnost tavených sýrů, zejména při jejich použití jako ingredience při přípravě pokrmů (např. omáčky, pizza, pečivo). Tato vlastnost je definována jako usnadnění toku sýra po zahřátí a závisí zejména na složení sýra, jeho mikrostruktuře a skladbě tavicích solí [57, 87, 88, 89]. Cais-Sokolińska a Pikul [90] zkoumali roztékavost tavených sýrů v závislosti na obsahu tuku ve výrobku a době skladování. Roztékavost se zvyšuje s rostoucím obsahem tuku a snižuje s rostoucí dobou skladování. Tyto výsledky jsou podpořeny dalšími studii [91, 92, 93, 94]. Rovněž intenzita míchání taveniny může ovlivnit roztékavost výrobku. Noronha a kol. [79] zjistili, že se zvyšujícím se počtem otáček se snižuje roztékavost vzorků.

Mounsey a O'Riordan [95] sledovali vliv přídatku škrobu na roztékavost výrobků. Při srovnání kontrolního vzorku (bez škrobu) s produktem, který obsahoval 3,0 % w/w škrobu, byla roztékavost u vzorku se škrobem významně nižší. Se zvyšujícím se obsahem škrobu se roztékavost dále snižovala. Solowiej a kol. [96] studovali vliv přídatku syrovátkových proteinů na roztékavost produktů. Roztékavost vzorků se s rostoucím přídatkem syrovátkových proteinů snižovala.

1.8. Charakteristika látek testovaných jako potenciální náhrada tavicích solí

Důvodem hledání náhrad fosforečnanových tavicích solí je skutečnost, že tavený sýr je zdrojem vápníku, ovšem ten je do lidského těla přijímán spolu s fosforem. A zvýšené množství fosforu pravděpodobně redukuje vstřebávání vápníku z toho oblíbeného mléčného výrobku (kapitola 1.3). Je nutno zopakovat, že otázka biologicky nevyužitelného vápníku v tavených sýrech není u odborné veřejnosti jednoznačná [6].

Důležitý je také dopad používání sloučenin s fosforem na životní prostředí. Jejich nadměrné užívání (spolu s dusíkem) má za následek přemnožení nižších organismů (např. řas a sinic) ve vodách, tzv. eutrofizaci vod. Dalším důvodem pro snižování užívání fosforečnanů je skutečnost, že jejich výroba je poměrně energeticky náročná.

Jako náhrady tavicích solí byly v předchozích studiích použity pektiny [97, 98], karagenany [99], hydrokoloidy [34, 35], přírodní škroby [100], modifikované škroby [98, 101], k částečné náhradě také monoacylglyceroly [8] a částečně hydrolyzovaný kasein [102].

V této disertační práci byly zkoušeny jako náhrady tavicích solí dikarboxylové kyseliny a některé jejich sodné soli a κ -karagenan.

1.8.1. Obecná charakteristika hydrokoloidů

V dnešní době je cílem výrobců tavených sýrů vyrobit produkt o požadovaných organoleptických a viskoelastických vlastnostech. Výrobci stále více používají látky zvané hydrokoloidy, z důvodu udržení požadované stability a textury taveného sýra a snížení nákladů na jejich výrobu [9].

Hydrokoloidy jsou skupina vysokomolekulárních hydrofilních biopolymerů používajících se v potravinářství na stabilizaci mikrostruktury, textury, aroma a pro schopnost tvorby gelu. Dále jsou také využívány pro stabilizaci pěny,

ovlivnění synereze a imobilizaci těkavých látek. Pojem hydrokoloidy zahrnuje zejména polysacharidy extrahované z rostlin, mořských řas a mikroorganismů. K této skupině látek jsou řazeny také proteiny, například želatina [103, 104, 105]. Dobiáš [106] řadí k hydrokoloidům i další látky bílkovinné povahy, jako kasein a gluten. Naopak Dickinson [105] uvádí, že kasein a gluten již nejsou klasifikovány jako hydrokoloidy, přestože vykazují podobné vlastnosti jako výše zmíněné proteiny a polysacharidy.

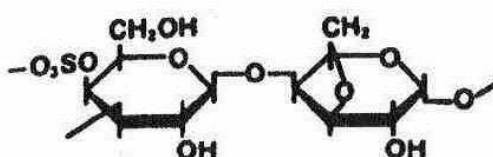
V praxi se používají hydrokoloidy jednotlivě nebo ve směsích, a to v nízkých koncentracích, zpravidla do 1 % w/w. Používají se jako plnidla, zahušťovadla zvyšující viskozitu výrobků a působící jako stabilizátory emulzí. Některé hydrokoloidy jsou gelotvornými látkami (např. želatina, pektin, škrob, alginát, κ -karagenan, ι -karagenan, furcellaran, agar). Jsou schopné vázat vodu, bobtnat a přecházejí tak v gel. Vlastnosti hydrokoloidů jsou využívány i v mlékárenství. Použití našly např. při výrobě jogurtů, kde je jejich hlavní funkcí během skladování zabránit projevům uvolňování syrovátky a ovlivňují reologické vlastnosti výrobku. Tyto složky stabilizují vzniklou proteinovou síť a snižují riziko uvolnění ostatních složek jogurtu. Přídavkem karagenanu do jogurtu dochází v systému k vytvoření tenkých, dlouhých vláken tvořící strukturu, která je spojena s velkými klastry kaseinových micel. V případě některých hydrokoloidů (např. κ -, ι -karagenan) dochází k zapojení těchto polymerů do tvorby trojrozměrné sítě [21, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112].

Hydrokoloidy polysacharidické povahy jsou považovány zejména za hydrofilní stabilizátory emulzí. U některých z nich je však možné pozorovat i efekt emulgační. Některé biopolymery vykazují povrchovou aktivitu, která může být dána celou řadou faktorů. Jedním z nich může být vazba proteinů, resp. peptidů s hydrofobními aminokyselinami na polysacharid (hydrokoloid). Ke stabilizaci emulzí typu olej ve vodě tedy může docházet pomocí protein-polysacharidových komplexů. Hydrokoloidy mohou mít také tendenci snižovat povrchové napětí v emulzi již při nízkých koncentracích polysacharidů. Další důvod je možné spatřovat ve zvyšování viskozity spojitě fáze a tím ve snižování doby, po kterou může docházet ke spojování tukových kuliček. Tímto jevem se okolo kapének může formovat hustější a silnější polymerní struktura s hydrofilními i hydrofobními segmenty [105, 111, 113, 114, 115].

Ve skutečnosti ten samý polymer působí v odlišných prostředích a za rozličných podmínek různě. Například v prostředí o různých hodnotách pH, koncentrací elektrolytů, při tepelném ošetření a skladování. Existují významné rozdíly v ovlivňování vlastností finálního produktu. Funkčnost jednotlivých hydrokoloidů v potravině je ovlivněna interakcemi s ostatními komponentami (např. proteiny, polysacharidy, lipidy). Úkolem potravinářského výrobce je vybrat vhodný hydrokoloid pro daný specifický účel [103, 104, 105].

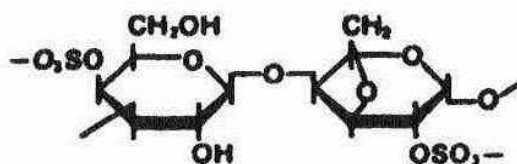
1.8.2. Karagenany

Karagenan je specifické označení pro látky extrahované z červených mořských řas čeledi *Rhodophyceae*, zejména řas rodů *Euchema*, *Chondrus* a *Gigantina*. Jedná se o vysokomolekulární lineární anionaktivní polysacharidy obsahující především vazbou α -(1-3) spojené disacharidy (karabinózu). Karabinóza je složena z β -D-galaktopyranózy a 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranózy spojených vazbou β -(1-4). Obvykle je popisováno 8 frakcí s odlišným pořadím monomerů v molekulách karagenanů a počtem, resp. polohou sulfátových skupin [21, 99, 103, 104, 116].



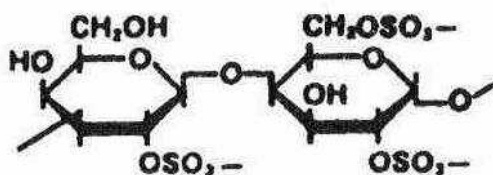
Obr. 1.5: Základní jednotka κ -karagenanu [103]

V potravinářství je věnována pozornost pouze třem převládajícím druhům, které jsou označovány jako κ -karagenan (obrázek 1.5), ι -karagenan (obrázek 1.6), a λ -karagenan (obrázek 1.7).



Obr. 1.6: Základní jednotka ι -karagenanu [103]

Základní struktura κ -karagenanu obsahuje jednu sulfátovou skupinu (β -D-galaktóza-4-sulfát a 3,6-anhydro- α -D-galaktóza), ι -karagenan dvě (β -D-galaktóza-4-sulfát a 3,6-anhydro- α -D-galaktóza-2-sulfát) a λ -karagenan tři (β -D-galaktóza-2-sulfát a 3,6-anhydro- α -D-galaktóza-2,6-disulfát) [21, 99, 103, 104, 116].



Obr. 1.7: Základní jednotka λ -karagenanu [103]

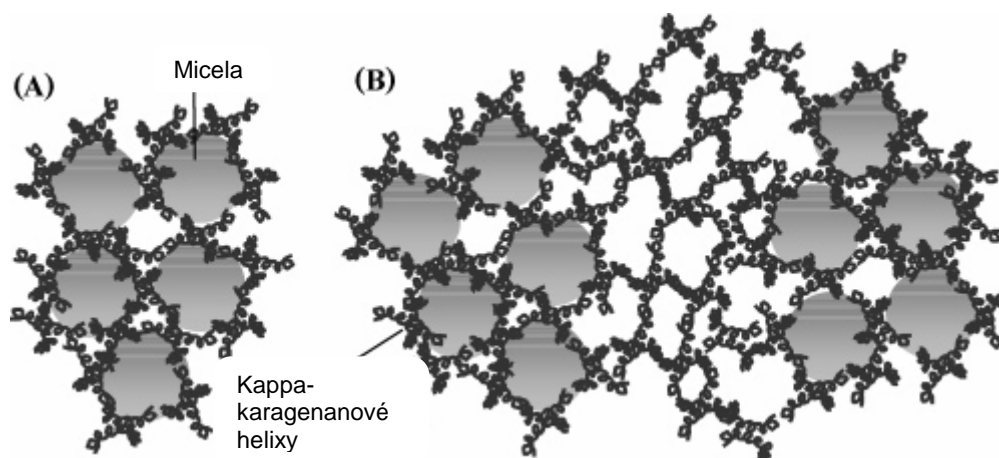
Rozpustnost ve vodě závisí na druhu karagenanu (u jednotlivých frakcí se liší), dále na přítomných iontech i jejich koncentraci, teplotě a pH prostředí. Všechny karagenany jsou rozpustné v horké vodě. Ve studené vodě je rozpustný λ -karagenan (vlivem vyššího obsahu sulfátových skupin) a sodné soli ι - a κ -karagenanu [21, 103, 109].

Důležitou vlastností je z potravinářského hlediska schopnost karagenanů tvořit trojrozměrnou síť – gel. Lambda-karagenan není schopen vytvářet gel, pouze viskózní disperze, proto je používán v kombinaci s jinými hydrokoloidy. Iota- i κ -karagenan tvoří gely odlišných vlastností a v trojrozměrnou síť agregují při teplotách v rozmezí 35 – 55 °C. Síla gelu je závislá na obsahu kationtů (zejména K^+ , Ca^{2+}) neutralizujících záporně nabitě sulfátové skupiny. Kappa-karagenan je citlivý zejména k draselným iontům a vytváří obvykle křehký, ale pevný termoreverzibilní gel podléhající synerezi. Iota-karagenan, vlivem silnější interakce s vápenatými ionty, tvoří většinou měkké, soudržné, elastické tixotropní gely nepodléhající synerezi. Základem karagenanových gelů jsou supramolekulární struktury tvořené intramolekulárními interakcemi dvojitých šroubovic (uspořádaná forma, *helix form*). Do této uspořádané formy přechází karagenan z neuspořádaného stavu (náhodně svinuté řetězce, *coil form*) při poklesu teploty systému. Karagenany se nacházejí v neuspořádané formě obecně při teplotách nad 50 °C (v závislosti na obsahu solí) [21, 103, 109, 117, 118].

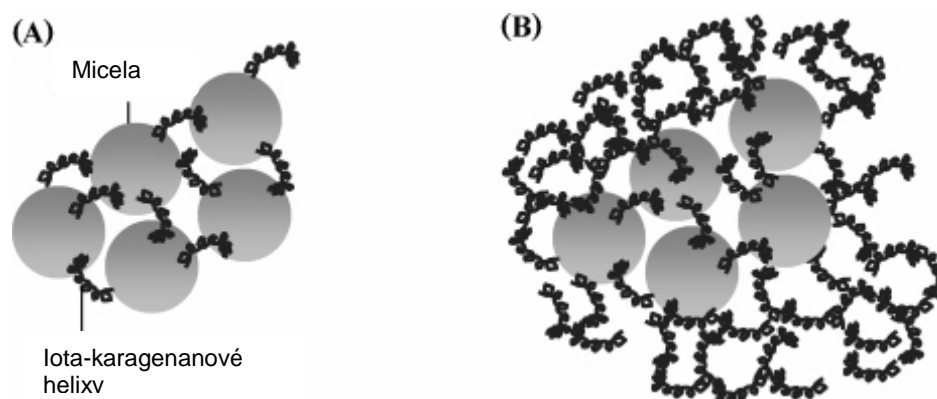
Při pH 5 – 10 jsou karagenany stabilní. Při pH < 4 nastává jejich autohydrolyza a klesá viskozita jejich disperzí [103, 104].

Významnou vlastností karagenanů je schopnost reagovat s kaseiny za vzniku systému protein-karagenan. Chování toho systému ovlivňuje např. typ karagenanu, přítomnost iontů, pH, teplota [104, 119, 120]. Možné vysvětlení těchto reakcí je v elektrostatických interakcích mezi negativně nabitými sulfátovými skupinami karagenanů a kladně nabitým úsekem mezi 97. – 112. aminokyselinou κ -kaseinu nacházejícím se na povrchu micely. Karagenany (κ -, ι -) se adsorbují na kaseinové micely pouze v helikální formě. Adsorbce probíhá pod teplotou přechodu (*coil-to-helix transition*), která je pro vodné prostředí 35 – 55 °C, v závislosti na obsahu iontů, typu a koncentraci karagenanu. Hustota náboje karagenanů je dalším faktorem ovlivňujícím interakce mezi kaseinovou micelou a κ -, ι -karagenanem. Tento parametr je závislý na vzdálenosti sulfátových skupin. Pokud je tato vzdálenost rovna 0,5 nm nebo vyšší, mezi povrchem a částicí nedochází k interakcím (neuspořádaný stav). Při vzdálenosti nižší než 0,4 nm k interakcím dochází, zvyšuje se hustota náboje a blízkost sulfátových skupin, což podporuje vzájemné elektrostatické interakce mezi kaseinem a κ -, ι -karagenanem (obrázky 1.8, 1.9). Lambda-karagenan se adsorbuje na kaseinové micely vlivem vyššího počtu sulfátových skupin

i vyšší hustotě nábojů. U λ -karagenanu je vzdálenost sulfátových skupin 0,3 nm [103, 109, 116, 121, 122, 123].



Obr. 1.8: Schématické znázornění interakcí κ -karagenanu s kaseinovou micelou: (A) 0,2 % κ -karagenanu; (B) 0,7 % κ -karagenanu; upraveno dle [124]



Obr. 1.9: Schématické znázornění interakcí ι -karagenanu s kaseinovou micelou: (A) 0,25 % ι -karagenanu; (B) 1,0 % ι -karagenanu; upraveno dle [124]

U tavených sýrů se ovšem kaseinový komplex již v micelárním uspořádání nenachází. Lynch a Mulvihill [125] ve své práci prezentovali názor, že α_s -kaseiny i β -kasein jsou schopny interagovat s ι -karagenanem. Podmínkou těchto interakcí je přítomnost vápenatých iontů a fosforu esterově vázaného na serylových zbytcích jednotlivých kaseinových frakcí. Langendorff a kol. [123] popisují dva typy zesíťení v systému κ -, ι -karagenanu a kaseinové micely. U κ -karagenanu dochází ke vzájemným interakcím mezi jednotlivými molekulami za vzniku suprahelikálních struktur. U ι -karagenanu popisuje stejné zesíťení jako u κ -karagenanu a navíc diskutuje o síti tvořené přemostěním kaseinových micel s následnou adsorpcí micel na helikální části karagenanových řetězců.

Přestože jsou karagenany považovány zejména za stabilizátory emulzí [111, 113], je možno s nimi pravděpodobně dosáhnout i efektu emulgačního. Černíková a kol. [36] to vysvětlili zejména schopností karagenanu vázat se v přítomnosti vápníku na kaseiny (resp. jejich hydrolytické štěpy) obsahující hydrofobní segmenty. Komplexy hydrofilního karagenanu s hydrofobními segmenty kaseinových bílkovin mohou pak působit jako emulgátory tuku v proteinové matici. Svou roli zde pravděpodobně hraje i schopnost karagenanu tvořit trojrozměrnou síť, obvykle při teplotách pod 50 °C, kdy karagenan přechází z neuspořádaného do uspořádaného stavu (κ -, ι -karagenan, viz výše) [116].

Karagenan (E 407) je povolen k přidávání do potravin v České republice [16] i v rámci Evropské Unie [126].

1.8.3. Dikarboxylové kyseliny

V přírodě jsou karboxylové kyseliny a jejich soli hojně rozšířené organické sloučeniny. Jsou významnými složkami biologických systémů a meziprodukty řady biochemických syntéz. Ovlivňují průběh enzymových reakcí, mikrobiologickou stabilitu, organoleptické a technologické vlastnosti. Karboxylové kyseliny obsahují v molekule alespoň jednu karboxylovou skupinu a řadí se do skupiny substitučních derivátů uhlovodíků. Formálně se tato skupina odvozuje z methylové skupiny, náhradou atomů vodíku atomem kyslíku a hydroxylem. Karboxylová skupina se skládá tedy ze skupiny karbonylové a hydroxylové a nazývá se karboxyl $-\text{COOH}$. Karboxylová skupina je silně polární. Tvoří mezi sebou navzájem a mezi dalšími polárními molekulami velmi silné vodíkové vazby. Tyto vazby způsobují vysoké body tání a varu. Dikarboxylové kyseliny obsahují v molekule dvě karboxylové skupiny a jejich vlastnosti se liší v závislosti na délce uhlíkového řetězce, struktuře molekuly a přítomnosti dalších reaktivních skupin. Disociací karboxylových kyselin ve vodě vzniká oxoniový a karboxylový iont. Dikarboxylové kyseliny disociují ve dvou stupních. V prvním i ve druhém stupni je jejich vlastní acidita (v porovnání s monokarboxylovými kyselinami) vyšší [127, 128, 129, 130, 131].

Dikarboxylové kyseliny mají afinitu k některým divalentním iontům kovů s nimiž jsou schopny tvořit sloučeniny. Byly popsány interakce dikarboxylových kyselin např. s Ca^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Na^+ , K^+ [132, 133, 134, 135]. Použití dikarboxylových kyselin jako náhrady tavicích solí při výrobě tavených sýrů vycházelo z předpokladu, že použitá látka bude schopná na sebe navázat vápenaté ionty z parakaseinátu vápenatého.

Látky použité v disertační práci, které nejsou povolené legislativou [16] k přidávání do potravin (kyselina šťavelová, šťavelan sodný, kyselina malonová,

malonan sodný, jantaran sodný, kyselina pimelová, kyselina suberová, kyselina maleinová, maleinát sodný, fumarát sodný), byly v práci použity pro úplnost posouzení vlivu počtu uhlíků na tavitelnost směsi. Kyselina fumarová (E 297), kyselina adipová (E 355), adipan sodný (E 356) a kyselina jantarová (E 363) jsou povoleny vyhláškou České republiky [16] i v rámci Evropské unie [126] k přidávání do potravin (tabulka 1.3).

Tab. 1.3: *Legislativně povolená množství kyseliny fumarové, adipové, jantarové a potravin, do kterých je možné je přidávat [16]*

Číslo E	Přídavná látka	Potravina nebo skupina potravin	NPM mg.l ⁻¹ resp. mg.kg ⁻¹
E 297	Kyselina fumarová	náplně a sladké dezertní omáčky (toppingy) pro jemné a trvanlivé pečivo a cukrářské výrobky	2500
		cukrovinky	1000
		gelovité deserty	4000
		deserty s ovocnou příchutí	4000
		práškové směsi pro přípravu desertů	4000
		práškové výrobky pro přípravu nápojů na bázi ovoce	1000
		instantní výrobky pro přípravu aromatizovaného čaje a aromatizovaných bylinných čajů	1000
		žvýkačka	2000
E 355	Kyselina adipová	náplně a sladké dezertní omáčky (toppingy) pro jemné a trvanlivé pečivo a cukrářské výrobky	2000 *
E 356	Adipan sodný	gelovité deserty	6000 *
		deserty s ovocnou příchutí	1000 *
		práškové směsi pro přípravu desertů	1000 *
		nápoje v prášku	10000 *
E 363	Kyselina jantarová	deserty	6000
		polévky a vývary	5000
		nápoje v prášku	3000

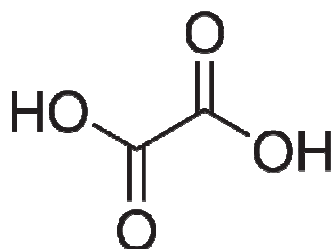
Vysvětlení označení:

NPM - nejvyšší přípustné množství (mg.l⁻¹, resp. mg.kg⁻¹)

* vyjádřeno jako kyselina adipová

Kyselina šťavelová a šťavelan sodný

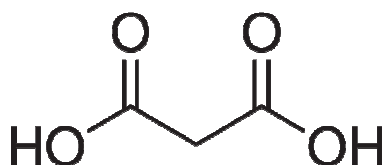
Nejnižší dikarboxylovou kyselinou je kyselina šťavelová neboli etandiová. Její struktura je znázorněna na obrázku 1.10. Tato kyselina je v potravinách běžně hlavně ve formě vápenatých či draselných solí, a to v téměř všech potravinách rostlinného původu, zejména v reveni a ve šťovíku. Kyselina šťavelová má redukční vlastnosti. S vápenatými ionty tvoří nerozpustný šťavelan vápenatý, což může za určitých podmínek, vážně interferovat s metabolismem vápníku. Šťavelan sodný je sodná sůl kyseliny šťavelové. Stejně jako draselné i amonné soli, je sloučenina dobře rozpustná ve vodě. Tyto soli mohou být značně rozšířeny v rostlinných částech. Nejvíce se vyskytují v reveni, špenátu, mangoldu a šťovíku. Naproti tomu vápenaté a hořečnaté soli šťavelové kyseliny jsou nerozpustné a vylučují se v buňkách četných rostlinných pletiv ve formě drobných krystalků [136, 137, 138, 139].



Obr. 1.10: Struktura kyseliny šťavelové [140]

Kyselina malonová a malonan sodný

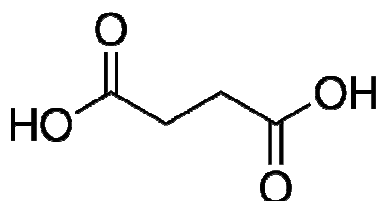
Kyselina malonová neboli propandiová je znázorněna na obrázku 1.11. Nachází se např. ve víně, houbách a obilovinách. Inhibuje některé oxidační enzymy, zúčastňuje se syntézy mastných kyselin ve formě malonylkoenzymu A. Malonan sodný je využíván zejména jako kryoprotektant, látka chránící biologickou tkáň před poškozením mrazem v důsledku tvorby ledových krystalů [136, 138].



Obr. 1.11: Struktura kyseliny malonové [141]

Kyselina jantarová a jantaran sodný

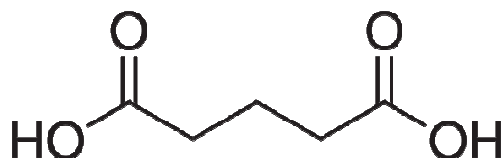
Jantarová neboli butandienová kyselina (E 363) byla prokázána v řadě potravinářských materiálů, jelikož je meziproduktem citrátového cyklu. Její struktura je vyobrazena na obrázku 1.12. Vyskytuje jako přirozená složka např. v ovoci, zelenině, nealkoholických i alkoholických nápojích a také v čerstvém mase. Tato kyselina může být užívána jako intenzifikátor a modifikátor chuti. Je využívána jako jedna ze složek zesilujících chuťové vlastnosti masných výrobků, látka upravující chuť při výrobě sýrů. Bylo zjištěno, že v kombinaci s glutamovou kyselinou působí na chuťové vlastnosti bujónů. Dále se v potravinářském průmyslu používá v pekárenství, u mléčných výrobků, jedlých tuků a olejů, a do nakládané zeleniny a různých omáček. Jako látka určená k aromatizaci se užívá při výrobě želatinových dezertů a koláčů. Jantaran sodný je sůl odvozená od kyseliny jantarové. Vápenaté a hořečnaté soli jantarové kyseliny jsou velmi špatně rozpustné. Sodná sůl má příznivý vliv na chuť potravinářských výrobků a je také stimulem pro chuť umami [21, 136].



Obr. 1.12: Struktura kyseliny jantarové [142]

Kyselina glutarová

Glutarová kyselina neboli pentandienová je přítomna např. v zelené cukrové řepě a vyskytuje se jako meziprodukt tryptofanového katabolismu. Její struktura je zobrazena na obrázku 1.13. Kyselina je často využívána na výrobu polymerů, změkčovadel a umělých hmot. Hydrogenací této látky se vyrábí 1,5-pentandiol [136, 143].

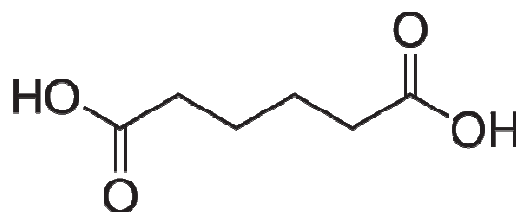


Obr. 1.13: Struktura kyseliny glutarové [144]

Kyselina adipová a adipan sodný

Kyselina adipová (E 355) neboli hexandiová je nasycená alifatická dikarboxylová kyselina (obrázek 1.14). Je využívána v potravinářství jako přídatná látka regulující pH a intenzifikátor chuti potravin. Je také používána například při výrobě plastů, barviv a ve farmaceutickém průmyslu. Kyselina adipová by pravděpodobně mohla být použita při výrobě tavených sýrů jako chelatační činidlo, jelikož je schopná navázat vápenaté ionty z prostředí [132, 134, 145, 146, 147, 148]. Obecně má však nižší schopnost vázat kationty než např. kyselina šťavelová nebo malonová [132]. Byla popsána i schopnost derivátů kyseliny adipové reagovat s makromolekulami proteinů a oligosacharidů při syntéze glykoproteinů [149]. Při tavení sýrových výrobků dochází k zahřívání taveniny na teploty 90 – 100 °C. Rozpustnost kyseliny adipové ve vodě se zvyšuje s narůstající teplotou. Mao a kol. [150] studovali rozpustnost adipové kyseliny v různých rozpouštědlech při teplotách od 31,5 °C do 87 °C. Rozpustnost ve vodě byla největší při teplotě 87 °C, což je teplota odpovídající teplotám užívaných při výrobě tavených sýrů. Zmiňovaná kyselina může reagovat se zásadami za vzniku solí, z nichž nejvyužívanější jsou adipan sodný a draselný. Adipan sodný (E 356) je v potravinářství používán pro schopnost upravovat pH a chuť potravin [150, 151, 152].

Na základě schopnosti kyseliny adipové a jejích derivátů interagovat s divalentními ionty a makromolekulami proteinu je možné očekávat, že mohou být vhodnou substitucí pro tavicí soli. Díky prokázané afinitě k vápenatým iontům může být kyselina adipová stejně jako tavicí soli schopna odštěpit z proteinu vápník. Jen za tohoto předpokladu mohou proteiny uplatnit své přirozené emulgační schopnosti, nezbytné pro dosažení homogenní struktury tavených sýrových výrobků.

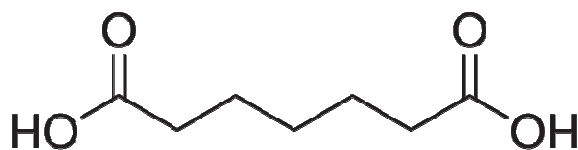


Obr. 1.14: Struktura kyseliny adipové [153]

Kyselina pimelová

Pimelová neboli heptandienová kyselina je zobrazena na obrázku 1.15. Je to prekurzor biosyntézy biotinu. Využívá se zejména v průmyslu plastů

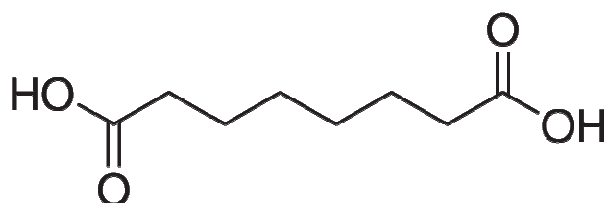
a polymerů. Je možné ji připravit z cyklohexanonu nebo salicylové kyseliny, obvykle se získává oxidací nenasycených tuků [136, 154].



Obr. 1.15: Struktura kyseliny pimelové [155]

Kyselina suberová

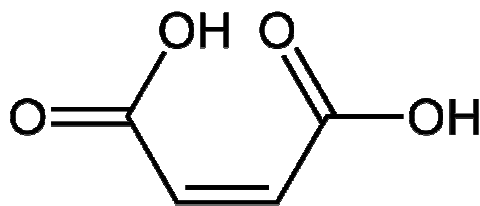
Struktura kyseliny suberové neboli oktandienové je ukázána na obrázku 1.16. Využívá se hlavně v průmyslu plastů, při výrobě polyamidů (nylonu), v kosmetickém průmyslu [154].



Obr. 1.16: Struktura kyseliny suberové [156]

Kyselina maleinová a maleinan sodný

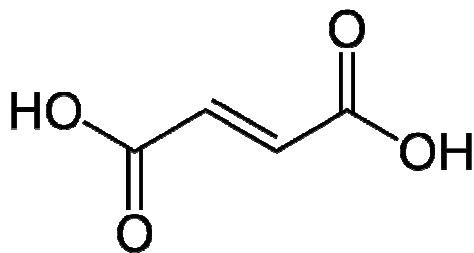
Kyselina maleinová neboli 2-cis-butendienová patří do skupiny nenasycených dikarboxylových kyselin a je v přírodě celkem vzácná (obrázek 1.17). Od kyseliny fumarové se liší svou cis-konfigurací dvojně vazby. Kyselina maleinová nemá využití v potravinářském průmyslu, používá se zejména při výrobě umělých pryskyřic, jako konzervant pro oleje a tuky, v textilním průmyslu např. při barvení a zušlechťování vlny, bavlny a hedvábí, dále ve farmaceutickém průmyslu např. ve výrobě antihistaminik. Maleinan sodný je užitečný inhibitor transaminasových reakcí [136, 154].



Obr. 1.17: Struktura kyseliny maleinové [157]

Kyselina fumarová a fumaran sodný

Kyselina fumarová (E 297) neboli 2-trans-butendienová vzniká v cyklu citrónové kyseliny. Její struktura je znázorněna na obrázku 1.18. Od kyseliny maleinové se liší svou trans-konfigurací dvojné vazby. Ve větším množství byla prokázána v houbách, obilovinách a sýrech. Kyselina fumarová se v některých zemích používá k inhibici mléčného kvašení vín. V potravinářském průmyslu ji lze užít např. v pekárenství, u mléčných výrobků, tuků a olejů, masa, vajec a výrobků z nich, zeleniny, alkoholických nápojů. Přidává se i za účelem zlepšení chuti a aroma u ovocných šťáv. Kyselina fumarová také působí jako látka, která zvyšuje pevnost želatinových gelů. Vykazuje antioxidační vlastnosti, zejména v potravinách obsahujících tuk. Mimo potravinářství je používána ve výrobě polyesterů a fenolové pryskyřice a také jako změkčovaadlo. Lze ji také nalézt v tiskařských barvách. Fumarát sodný lze užít, v souladu se správnou výživovou praxí, jako přídavek do kojenecké výživy, společně s dalšími fumaráty [136, 138, 154, 158].



Obr. 1.18: Struktura kyseliny fumarové [159]

2. CÍL PRÁCE

Základním cílem disertační práce bylo hledat možnosti náhrady tradičních tavicích solí fosforečnanového, resp. citranového typu a zkoumat vlastnosti výrobků produkovaných za použití vybraných náhrad. Pro dosažení toho základního cíle byly stanoveny dílčí cíle:

- popsat technologii výroby tavených sýrů, včetně úlohy tavicích solí v tomto systému,
- laboratorně vyrobit modelové tavené sýrové výrobky bez použití tradičních tavicích solí a studovat jejich vybrané vlastnosti,
- jako náhrady tavicích solí použít (i) dikarboxylové kyseliny a jejich sodné soli, v dalších fázích práce pak kyselinu adipovou a adipan sodný, (ii) přídavek 1,0 % w/w kappa-karagenanu,
- vyrábět kontrolní vzorky s obsahem 2,5 % w/w tradičních tavicích solí fosforečnanového typu a zkoumat jejich vybrané vlastnosti,
- u vzorků provést stanovení pH a obsahu sušiny,
- pomocí senzorické analýzy posoudit proveditelnost výroby s danými náhradami se zaměřením na makroskopickou homogennost produktů,
- využitím obrazové analýzy studovat mikroskopickou homogennost vybraných modelových produktů i kontrolních vzorků,
- provést texturní analýzu ke zhodnocení texturních vlastností vybraných modelových výrobků i kontrolních vzorků,
- porovnat roztékavost modelových a kontrolních vzorků,
- studovat vliv různé prozrállosti suroviny (eidamské cihly) na proveditelnost tavy, homogennost výrobků, texturní vlastnosti a roztékavost produktů vyrobených bez tavicích solí, v porovnání s kontrolními vzorky,
- založit skladovací pokus a srovnat mikrobiologickou údržnost vzorků vyrobených pomocí náhrad tavicích solí s kontrolními produkty.

3. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

3.1. Popis experimentů

Disertační práce byla rozdělena do pěti experimentálních fází, jejichž účel a smysl je vysvětlen níže.

- Fáze 1 - vyzkoušet přídavek dikarboxylových kyselin a jejich sodných solí jako nových náhrad tradičních tavicích solí,
- vybrat vhodné látky, jejichž použití jako náhrada tavicích solí bude mít potenciál k získání makroskopicky homogenního výrobku.
- Fáze 2 - detailněji studovat látky jevící se ve Fázi 1 jako použitelné (kyselina adipová, adipan sodný), s cílem nalézt vyhovující koncentrace a poměry vybraných látek.
- Fáze 3 - z Fáze 2 vybrat přijatelné koncentrace kyseliny adipové a adipanu sodného a odzkoušet s nimi výrobu tavených sýrových výrobků s použitím přírodních sýrů v různém stadiu zralosti. Tato fáze byla koncipována jako pilotní experiment pro Fázi 4 s cílem dále redukovat počet vzájemných kombinací přídatných látek a jejich koncentrací. Jako další náhradu tavicích solí použít přídavek 1,0 % w/w κ -karagenanu.
- Fáze 4 - na základě Fáze 3 redukovat množství testovaných koncentrací a poměrů kyseliny adipové a adipanu sodného a s těmito redukovanými možnostmi vyrobit tavené sýrové výrobky z přírodních sýrů s odlišným stupněm proteolýzy bílkovin. Použít přídavek 1,0 % w/w κ -karagenanu jako další náhradu tavicích solí.
- Fáze 5 - porovnat mikrobiologickou stabilitu mikroskopicky homogenních modelových vzorků bez tavicích solí se vzorky s tavicími solemi.

Charakteristika Fáze 1

V první fázi byly vyráběny tavené sýrové výrobky bez přídavku tavicích solí (TS) s obsahem 0,5; 1,0; 2,0 a 3,0 % w/w dikarboxylových kyselin (šřavelová, malonová, jantarová, glutarová, adipová, pimelová, suberová, maleinová,

fumarová) a některých jejich sodných solí (šřavelanu, malonanu, jantaranu, adipanu, maleinanu, fumaranu). Cílem bylo posoudit homogennost, vzhled a konzistenci produktů, pH a vliv počtu uhlíků dikarboxylových kyselin a jejich sodných solí na tavitelnost sýrových výrobků. Vzorky byly porovnávány s kontrolními produkty obsahující 2,5 % w/w fosforečnanových TS (vzorek označovaný dále KTS). Pro výrobu těchto výrobků byl použit přírodní sýr o konstantní zralosti 8 týdnů.

Vzorky byly po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C) podrobeny měření pH a sensorické analýze (homogennost, konzistence, vzhled).

Charakteristika Fáze 2

Ve druhé fázi byly použity k náhradě tavicích solí již pouze kyselina adipová (AK) a adipan sodný (AS), a to z důvodu dosažení dobrých výsledků ve Fázi 1. Cílem bylo utavit sýrové výrobky s přidavkem AK a AS a následně posoudit homogenitu, vzhled, konzistenci a pH modelových vzorků. Látky byly aplikovány do modelových vzorků v množství 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 a 3,0 % w/w, v procentuálních poměrech 100:0; 75:25; 50:50; 25:75; 0:100 (AK:AS). Pro tavení sýrových produktů byl použit přírodní sýr o konstantní zralosti 8 týdnů. Kontrolní vzorky KTS byly vyrobené s obsahem 2,5 % w/w fosforečnanových TS.

Vzorky byly po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C) podrobeny chemické (obsah sušiny, pH) a sensorické analýze (homogennost, konzistence, vzhled).

Charakteristika Fáze 3

Jako nejvhodnější se ukázaly dle předchozích výsledků přidavky AK a AS v koncentraci 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w. Procentuální poměry AK:AS byly zachovány z předcházející fáze (100:0; 75:25; 50:50; 25:75; 0:100). Dle práce Černíkové a kol. [36] byl použit jako další náhrada TS přidavek 1,0 % w/w κ -karagenanu (vzorek označovaný dále KK). Cílem bylo provést pilotní pokus, při kterém byl sledován vliv zralosti základní suroviny (přírodního sýra) na vybrané parametry vzorků. Byla použita surovina o zralosti 1, 2, 4, 6, 8, 12 a 16 týdnů. Jako kontrolní vzorky KTS zde posloužily výrobky s obsahem 2,5 % w/w fosforečnanových TS.

Vzorky byly po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C) podrobeny chemické (obsah sušiny, pH) a sensorické (homogennost, konzistence, vzhled) analýze.

Charakteristika Fáze 4

Výsledkem předcházejících experimentů byl přehled vybraných koncentrací a procentuálních poměrů AK a AS jevící se jako nejvhodnější pro použití ve Fázi 4. Cílem bylo zjistit vliv zralosti přírodního sýra na homogenitu, vzhled, konzistenci, pH, texturu, počet a velikost tukových kuliček a roztékavost modelových i kontrolních vzorků. Vzorky byly vyráběny s obsahem 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w AK (100:0); 1,0 % w/w AK:AS – 75:25 a 2,0 % w/w AS (0:100). Dále byla realizována výroba vzorků KK (bez TS, ale s 1,0 % w/w κ -karagenanu). Byla použita surovina o zralosti 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 a 16 týdnů. Ve čtvrté fázi byla (oproti fázi třetí) řada doplněna o zralost přírodních sýrů v 10. a 14. týdnu, a to z důvodu detailnější studie. Jako kontrolní byly utaveny vzorky KTS s přídatkem 2,5 % w/w fosforečnanových TS.

Vzorky byly po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C) podrobeny chemické (obsah sušiny, pH), sensorické (homogenost, konzistence, vzhled), obrazové analýze (velikost a počet tukových kuliček) a byla stanovena roztékavost. Dále byla provedena texturní analýza v den výroby, 7. a 30. den skladování v 6 ± 2 °C (tvrdost, soudržnost, relativní lepivost).

Charakteristika Fáze 5

V posledním experimentu byla sledována mikrobiologická stabilita homogenních vzorků bez TS. Analyzovány byly produkty s přídatkem 1,5 % w/w AK (100:0) a KK s 1,0 % w/w κ -karagenanu. Použit byl přírodní sýr o zralosti 2 a 4 týdny. Stáří základní suroviny bylo vybráno dle výsledků obrazové analýzy předcházející fáze, která prokázala mikroskopickou homogenitu obou typů vzorků v daných zralostech přírodního sýra. Jako kontrolní byly použity vzorky KTS s 2,5 % w/w fosforečnanových TS. Ty vykazují antimikrobiální aktivitu [44], proto primárním cílem bylo porovnat mikrobiologickou údržnost modelových vzorků bez TS se vzorky KTS. Byl sledován celkový počet mezofilních aerobních a fakultativně anaerobních mikroorganismů, koliformních mikroorganismů, plísní a kvasinek, aerobních a anaerobních sporulujících mikroorganismů.

Vzorky byly po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C) podrobeny chemické (obsah sušiny, pH), sensorické (homogenost, konzistence, vzhled, chuť a vůně) a mikrobiologické analýze (v den výroby vzorků a po 30, 60 a 90 dnech skladování při 6 ± 2 °C).

3.2. Výroba vzorků

Byly vyrobeny tavené sýrové výrobky s obsahem sušiny 40 % w/w a 50 % w/w tuku v sušině. Tavicí směs se skládala z eidamské cihly (50 % w/w sušina, 30 % w/w TVS), másla (84 % w/w sušina, 82 % w/w tuk) a pitné vody. V celé práci byly používány kontrolní vzorky KTS s přídavkem 2,5 % w/w fosforečnanových TS (monofosforečnanové a polyfosforečnanové TS - JOHA HBS, JOHA S9S a JOHA S4SS v poměru 1:4:1; Benckiser-Knapsack, Landenburg, Německo). U modelových vzorků byly nejprve použity dikarboxylové kyseliny (šřavelová, malonová, jantarová, glutarová, adipová, pimelová, suberová, maleinová, fumarová) a některé jejich sodné soli (šřavelan, malonan, jantaran, adipan, maleinan, fumaran) (Sigma Aldrich, Inc., St. Louis, USA) v koncentracích 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 a 3,0 % w/w. V dalších experimentech byly taveny modelové vzorky se směsí kyseliny adipové (Sigma Aldrich, Inc., St. Louis, USA) a adipanu sodného (Dr. Paul Lohmann GmbH, KG, Německo) v procentuálních poměrech 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 v koncentracích 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w. Další modelové vzorky KK byly taveny s přídavkem 1,0 % w/w κ -karagenanu (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA).

K výrobě tavených sýrů bylo použito zařízení Vorwerk Thermomix TM 31-1 (Vorwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Německo; příloha A). Byla aplikována tavicí teplota 90 °C po dobu 1 minuty (celkový čas tavení 10 – 12 minut) při 4000 ot./min. Utavené produkty byly za horka nality do obdélníkových polystyrénových vaniček (pro chemickou, senzorkou a mikroskopickou analýzu; rozměry: šířka 66 mm, délka 96 mm, výška 17 mm) a válcových polypropylenových vaniček (pro analýzu texturních vlastností, roztékavost a mikrobiologickou analýzu; rozměry: průměr 52 mm, výška 50 mm) a uzavřeny příslušnými hliníkovými víčky. Vzorky byly zchlazeny do dvou hodin od výroby na teplotu 6 ± 2 °C a dále při této teplotě skladovány v lednici. V případě, že nebyla utavena homogenní tavenina, docházelo k vytváření nehomogenní směsi (obrázek 3.1), kdy od sebe byly odděleny polární a nepolární fáze. Vzorek tedy nemohl být skladován a analyzován.



Obr. 3.1: Ukázka nehomogenní taveniny bez tavicích solí, ale s přidávkem 0,5 % w/w kyseliny adipové, zralost přírodního sýra - 8 týdnů

3.3. Chemická analýza

Chemická analýza byla prováděna po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C). Byl stanoven obsah celkové sušiny do konstantních hmotnostních úbytků [160]. Bylo měřeno pH vpichovým pH-metrem Spear (Eutech Instruments, Malajsie) při teplotě 16 ± 1 °C. U každého produktu bylo stanovení sušiny i měření pH provedeno osmkrát.

3.4. Senzorická analýza

Senzorická analýza probíhala po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C) v panelu pěti školených posuzovatelů na úrovni expert [161]. Senzorickou analýzu prováděli zaměstnanci a studenti Ústavu analýzy a chemie potravin a Ústavu technologie a mikrobiologie potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. U vzorků byla hodnocena pomocí 7bodových stupnic homogennost, konzistence a vzhled, dle přílohy B. U mikroskopicky homogenních vzorků obsahujících látky povolené k přidávání do potravin [16] byla hodnocena navíc i chuť a vůně, podle přílohy C. Vzorky byly hodnoceny v senzorické laboratoři vybavené osvětlenými senzorickými kójiemi [162] při laboratorní teplotě 22 ± 2 °C.

3.5. Obrazová analýza

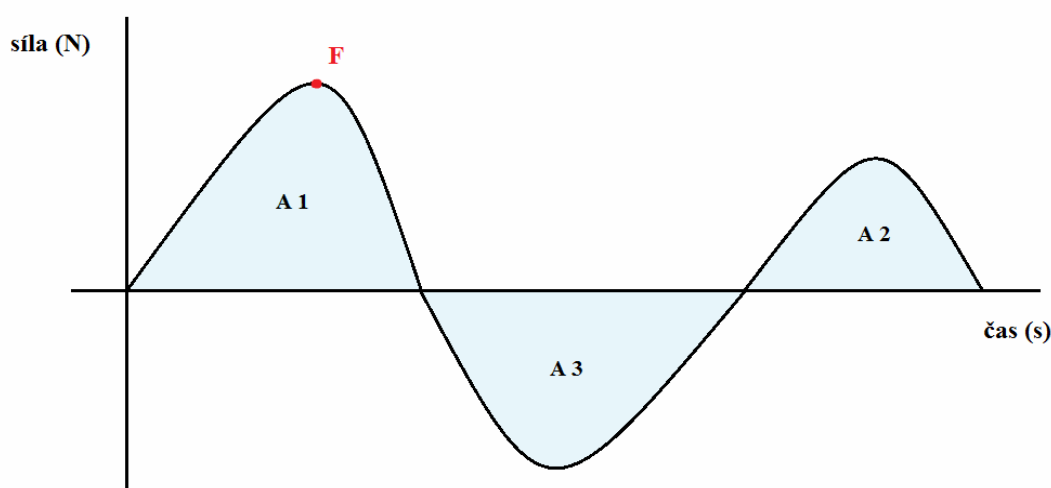
Obrazová analýza vyrobených sýrových produktů byla prováděna na Ústavu rostlinné produkce a vegetabilních potravin, Fakulty veterinární hygieny a ekologie, Veterinární a farmaceutické univerzity Brno.

Obrazová analýza byla provedena po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C) dle metodiky Gistingrové [163] a Černíkové a kol. [36]. Vzorky byly zamrazeny na teplotu -30 °C použitím Microm HM 550 zmrazovacího mikrotomu (Microm International GmbH, Walldorf, Německo). Poté byly vzorky pomocí mikrotomu nařezány na plátky o rozměrech 10 – 12 mm výška, 16 – 18 mm šířka a 7 μ m hloubka. Řezy byly přichyceny na mikroskopické sklo a sušeny 12 h při laboratorní teplotě 23 ± 2 °C. Vysušené vzorky byly barveny olejovou červení na zvýraznění tukových kuliček. Nakonec byly vzorky fixovány glycerol-želatinovým roztokem. Po 5hodinovém sušení, při teplotě 23 ± 2 °C, byly vzorky pomocí světelného mikroskopu (Nicon Eclipse 2000 Microscope, zvětšení 125x, Nicon, Tokio, Japonsko) opticky rozděleny na 5 horizontálních vrstev (vrstva 1 – nejbližší víčku, vrstva 5 – nejbližší 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). Mikrografie byly podrobeny obrazové analýze (ACC Scientific Image Analyzer, Version 6.0, Sofo, Brno, Česká Republika). Sledován byl počet a plocha (průměrná velikost) tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorků. Pouze výrobek s obdobným počtem a průměrnou velikostí tukových kuliček v každé z 5 posuzovaných vrstev mohl být označen za mikroskopicky homogenní. Každá vrstva u jednoho typu vzorku byla analyzována čtyřicetkrát (4 vzorky, 3 řezy z každého vzorku, 2 fotografie každé vrstvy vzorku).

3.6. Texturní analýza

Texturní vlastnosti výrobků byly hodnoceny pomocí texturního analyzátoru TA.XT.plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie). Vzorky (ve válcových kelímcích) byly před měřením temperovány 4 hodiny v temperační komoře při 16 °C. Texturní analýza byla prováděna dvojí penetrační sondy do taveného výrobku (proniknutí do hloubky 10 mm, rychlost sondy 2 mm.s⁻¹, síla při počátku měření odpovídala 5 g). Test byl proveden pomocí cylindrické nerezové sondy P20 (20 mm průměr). Sledovány byly parametry tvrdost (síla potřebná k dosažení požadované deformace), relativní lepivost

(relativní práce potřebná k překonání přitažlivé síly mezi taveným sýrem a plochou sondy) a soudržnost vzorků (síla vnitřních vazeb vzorku). Naměřená data byla získána ve formě zátěžových křivek popisujících závislost síly deformace na čase. Pevnost tavených sýrů odpovídala maximální síle vynaložené během prvního penetračního cyklu (obrázek 3.2; hodnota F). U relativní lepivosti byly výsledné hodnoty získány porovnáním ploch pod a nad hlavní osou u prvního píku (obrázek 3.2; poměr A_3 ku A_1). Hodnoty soudržnosti byly získány porovnáním ploch nad hlavní osou u prvního a druhého píku (obrázek 3.2; poměr A_2 ku A_1) [59, 164, 165].



Obr. 3.2: Graf získaný texturní analýzou s vyobrazením oblastí potřebných k výpočtu sledovaných parametrů. Tvrdost - hodnota F (v N); relativní lepivost - $A_3 : A_1$ (bez jednotky); soudržnost - $A_2 : A_1$ (bez jednotky)

3.7. Roztékavost

Ke zhodnocení roztékavosti byl použit modifikovaný Schreiber test [166]. Vzorky byly nanесeny na skleněnou desku, upraveny do rozměru 5 x 15 x 15 mm (výška, šířka, hloubka) a vyfotografovány (Olympus Camedia, Digital Camera C-4000, Indonésie) s aplikací měřítka. Poté byly v sušárně vystaveny teplotě 232 ± 2 °C po dobu 5 minut a po ochlazení opět vyfotografovány. Fotografie byly vyhodnoceny programem vytvořeným zaměstnanci Ústavu fyziky a materiálového inženýrství, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Výsledky byly vyjádřeny jako stupeň roztékavosti (DM), a to poměrem plochy vzorku po záhřevu (A_t) k ploše vzorku před záhřevem (A_0), dle vztahu (1) [57]:

$$DM = \frac{A_t}{A_0} \cdot 100 \quad (1)$$

3.8. Mikrobiologická analýza

Mikrobiologický rozbor byl prováděn v průběhu tříměsíčního skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Byl sledován celkový počet mezofilních aerobních a fakultativně anaerobních mikroorganismů [167], koliformní mikroorganismy [168], plísňe a kvasinky [169], počet aerobních a anaerobních sporulujících mikroorganismů [170, 171]. Odběr vzorků byl realizován v den výroby, poté po 30, 60 a 90 dnech od utavení.

Po odebrání vzorků byla připravena směs (vzorek a fyziologický roztok v poměru 1:9), která byla poté očkovaná na jednotlivé půdy na Petriho misky dle sledovaných mikroorganismů (v případě potřeby byla aplikována další desítková ředění). Celkový počet mikroorganismů byl stanovován pomocí počítání KTJ (kolonie tvořící jednotky) mezofilních aerobních a fakultativně anaerobních mikroorganismů vyrostlých na pevné půdě PCA (Plate Count Agar) po aerobní inkubaci při teplotě 30 °C po dobu 72 hodin. Počet koliformních mikroorganismů byl sledován pomocí počítání KTJ vyrostlých na pevné půdě EA (Endův agar) po inkubaci při teplotě 37 °C po dobu 48 hodin. Plísňe a kvasinky byly stanovovány odečtem KTJ vyrostlých na pevné půdě CHYGA (Chloramfenicol Yeast Glucose Agar), ponechané při teplotě 25 °C po dobu 72 hodin.

Při stanovování sporotvorných bakterií na vzorky nejprve působila teplota 80 °C po dobu 10 minut (inaktivace vegetativních forem), následně došlo k jejich ochlazení a naočkování na půdu. Růst aerobních sporulujících mikroorganismů byl pozorován na pevné půdě PCA, po naočkování proběhla inkubace při 30 °C po dobu 48 hodin. Počet anaerobních sporulujících mikroorganismů byl sledován počítáním KTJ vyrostlých na pevné půdě RCA (Reinforced Clostridium Agar). V případě anaerobních sporulujících mikroorganismů probíhala inkubace při teplotě 30 °C po dobu 72 hodin za anaerobních podmínek v termostatu se zvýšenou hladinou CO₂.

3.9. Statistické vyhodnocení naměřených dat

Naměřená a zjištěná data byla vyhodnocována pomocí neparametrických metod, především Kruskal-Wallisova testu a Wilcoxonova testu. Statistická hodnocení byla provedena na hladině významnosti 5 %, pro počet a plochu tukových kuliček na hladině významnosti 1 %, v programu Unistat (verze 5.5, Unistat, Londýn, Velká Británie).

4. VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1. Výsledky Fáze 1

V rámci první fáze byl proveden screening vybraných sloučenin, které byly testovány jako možná náhrada tradičních TS při výrobě tavených sýrů. Šarže modelových vzorků byly vyráběny s přidavkem dikarboxylových kyselin – šťavelová, malonová, jantarová, glutarová, adipová, pimelová, suberová, maleinová, fumarová, dále s některými jejich sodnými solemi – šťavelan, malonan, jantaran, adipan, maleinan, fumaran v koncentracích 0,5; 1,0; 2,0 a 3,0 % w/w. Jako kontrolní vzorek byl ke každé šarži taven vzorek KTS. Zralost přírodního sýra byla 8 týdnů od jeho výroby.

V české legislativě není skupina výrobků tavených bez použití tavicích solí definována [16]. Přesto bude užíváno v práci označení tavený sýr i pro tyto produkty.

4.1.1. Výsledky chemické analýzy

Po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C) byl stanoven obsah sušiny a pH vzorků. Obsah sušiny se pohyboval v rozmezí 39,69 – 40,31 % w/w. Zjištěné hodnoty pH modelových vzorků jsou uvedeny v tabulce 4.1. Průměrné hodnoty pH se směrodatnou odchylkou byly u vzorků KTS $5,77 \pm 0,01$.

Z výsledků prezentovaných v tabulce 4.1 je patrné, že nejnižší hodnoty pH vykazovaly vzorky s přidavkem dikarboxylové kyseliny s nejnižším počtem uhlíků – 3,0 % w/w kyseliny šťavelové (pH 1,57). Naopak nejvyšší hodnoty byly zjištěny u produktů s přidavkem 3,0 % w/w šťavelanu sodného (pH 6,68). Celkově se pH modelových vzorků pohybovalo v kyselé oblasti. Kyseliny poskytovaly finálnímu produktu nižší výsledné pH než jejich sodné soli. Hodnoty pH se se stoupající koncentrací použité látky signifikantně měnily ($P < 0,05$).

Tab. 4.1: Hodnoty pH modelových vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Použitá látka	Koncentrace použité látky (w/w)			
	0,5 %	1,0 %	2,0 %	3,0 %
Kyselina šťavelová	4,71±0,01* ^a A	4,02±0,01 ^a B	2,85±0,01 ^a C	1,57±0,01 ^a D
Šťavelan sodný	N	6,21±0,01 ^b A	6,65±0,01 ^b B	6,68±0,01 ^b B
Kyselina malonová	N	4,54±0,01 ^c A	4,00±0,01 ^c B	3,50±0,01 ^c C
Malonan sodný	N	N	N	N
Kyselina jantarová	N	4,68±0,01 ^d A	4,35±0,01 ^d B	4,10±0,01 ^d C
Jantaran sodný	N	N	N	N
Kyselina glutarová	N	N	N	N
Kyselina adipová	N	4,81±0,01 ^e A	4,63±0,01 ^e B	4,40±0,01 ^e C
Adipan sodný	N	5,80±0,01 ^f A	5,97±0,01 ^f B	N
Kyselina pimelová	N	N	4,72±0,01 ^g A	N
Kyselina suberová	N	N	4,97±0,01 ^h A	N
Kyselina maleinová	N	4,75±0,01 ^g A	4,12±0,01 ⁱ B	3,52±0,01 ^d C
Maleinát sodný	N	N	N	N
Kyselina fumarová	N	N	3,88±0,01 ^j A	3,51±0,01 ^d B
Fumarát sodný	N	N	N	N

Vysvětlení označení:

* hodnoty pH výrobku vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka (n = 8)

N - tavený sýr se neutavil, proto nebyl sledován

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,05)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,05)

4.1.2. Výsledky senzorké analýzy

U modelových i kontrolních vzorků byla pomocí senzorké analýzy sledována homogenost, konzistence a vzhled, a to po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C). Zjištěný charakter sledovaných znaků je zobrazen v tabulce 4.2. KTS tavený u každé šarže modelových vzorků byl hodnocen vždy shodně, proto je jeho hodnocení uváděno pouze jednou.

Z výrobků tavených v první fázi byl nejlépe hodnocen s přídavkem 1,0 % w/w šťavelanu sodného (obrázek 4.2), který se v hodnocených charakteristikách nejvíce podobal KTS. Ovšem tuto látku není povoleno přidávat do potravin [46]. Z povolených látek se jako nejlepší jevil přídavek 1,0 % w/w kyseliny adipové (obrázek 4.3).

Tab. 4.2: Hodnocení znaků sledovaných senzoričkou analýzou u modelových i kontrolních vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Použitá látka	Koncentrace*	Vyhodnocení vzorku
Kyselina šťavelová	0,5 %	nehomogenní, tuhé až drobivé konzistence, nevyhovujícího vzhledu, krátké struktury
	1,0 %	nehomogenní, rozbředlé konzistence, nepříjemného vzhledu, mírně se trhající struktury, uvolňovala se voda (obrázek 4.1**)
	2,0 %	nehomogenní, rozměklé konzistence, nevyhovujícího vzhledu, krátké struktury, uvolňovala se voda
	3,0 %	nehomogenní, blátivé konzistence, nevyhovujícího vzhledu, krátké struktury, uvolňovala se voda
Šťavelan sodný	0,5 %	N
	1,0 %	homogenní, velmi dobré roztíratelné konzistence, hladkého a lesklého vzhledu (obrázek 4.2)
	2,0 %	homogenní, roztíratelné konzistence, hladkého a lesklého vzhledu
	3,0 %	nehomogenní, roztékavé až blátivé konzistence, nevyhovujícího vzhledu
Kyselina malonová	0,5 %	N
	1,0 %	nehomogenní, tuhé až drobivé konzistence, lesklého vzhledu
	2,0 %	nehomogenní, rozbředlé konzistence, lesklého vzhledu, uvolňovala se voda
	3,0 %	nehomogenní, rozměklé konzistence, lesklého vzhledu, uvolňovala se voda
Malonan sodný	0,5 %	N
	1,0 %	N
	2,0 %	N
	3,0 %	N
Kyselina jantarová	0,5 %	N
	1,0 %	nehomogenní, tuhé až drobivé konzistence, lesklého vzhledu
	2,0 %	nehomogenní, blátivé konzistence, lesklého vzhledu, uvolňovala se voda
	3,0 %	nehomogenní, měkké konzistence, lesklého vzhledu a uvolňovaly vodu
Jantaran sodný	0,5 %	N

Pokračování Tab. 4.2: Hodnocení znaků sledovaných senzoricou analýzou u modelových i kontrolních vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Použitá látka	Koncentrace	Vyhodnocení vzorku
Jantaran sodný	1,0 %	N
	2,0 %	N
	3,0 %	N
Kyselina glutarová	0,5 %	N
	1,0 %	N
	2,0 %	N
	3,0 %	N
Kyselina adipová	0,5 %	N
	1,0 %	homogenní, měkké konzistence, matného vzhledu, krátké struktury (obrázek 4.3)
	2,0 %	homogenní, tužší konzistence, matného vzhledu, krátké struktury
	3,0 %	nehomogenní, blátivé až rozbředlé konzistence, nevyhovujícího vzhledu, uvolňovala se voda
Adipan sodný	0,5 %	N
	1,0 %	homogenní, roztíratelné konzistence, matného vzhledu, krátké struktury
	2,0 %	homogenní, roztíratelné konzistence, matného vzhledu, krátké struktury
	3,0 %	N
Kyselina pimelová	0,5 %	N
	1,0 %	N
	2,0 %	nehomogenní, tuhé až drobivé konzistence, krátké struktury
	3,0 %	N
Kyselina suberová	0,5 %	N
	1,0 %	N
	2,0 %	nehomogenní, tužší konzistence, krátké struktury, mírně se uvolňovala voda
	3,0 %	N
Kyselina maleinová	0,5 %	N
	1,0 %	nehomogenní, tuhé konzistence, nevyhovujícího vzhledu, krátké až drobivé struktury
	2,0 %	nehomogenní, rozbředlé konzistence, nevyhovujícího vzhledu

Pokračování Tab. 4.2: Hodnocení znaků sledovaných senzoricou analýzou u modelových i kontrolních vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Použitá látka	Koncentrace	Vyhodnocení vzorku
Kyselina maleinová	3,0 %	nehomogenní, blátivé konzistence, nepřijatelného vzhledu
Maleinan sodný	0,5 %	N
	1,0 %	N
	2,0 %	N
	3,0 %	N
Kyselina fumarová	0,5 %	N
	1,0 %	N
	2,0 %	nehomogenní, tužší konzistence, nepřijatelného vzhledu
	3,0 %	nehomogenní, tuhé konzistence, nevyhovujícího vzhledu
Fumaran sodný	0,5 %	N
	1,0 %	N
	2,0 %	N
	3,0 %	N
KTS		homogenní, výborně roztíratelné konzistence, vynikajícího hladkého vzhledu s výrazným leskem (obrázek 4.4)

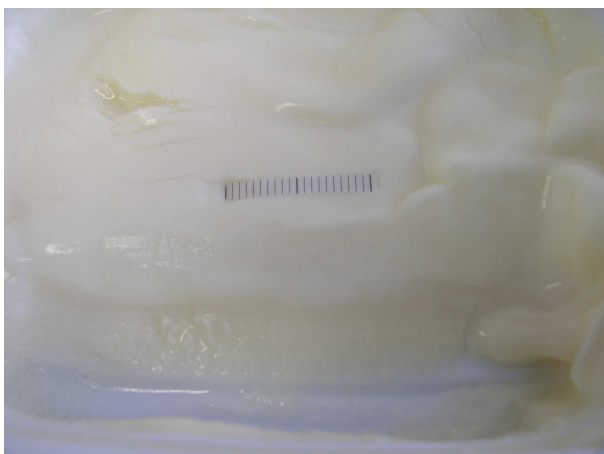
Vysvětlení označení:

* koncentrace použitých látek (w/w)

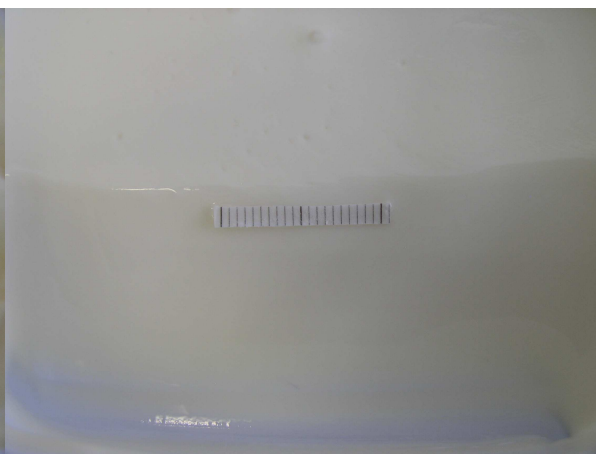
** odkaz na fotografii příslušného vzorku

N - tavený sýr se neutavil, proto nebyl sledován

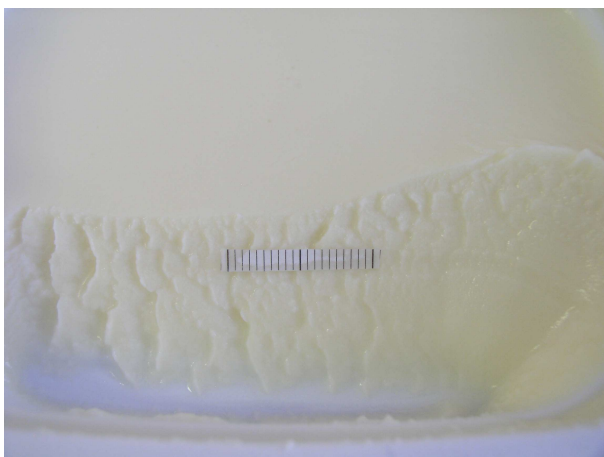
KTS - kontrolní vzorek s přídatkem 2,5 % w/w fosforečnanových tavicích solí



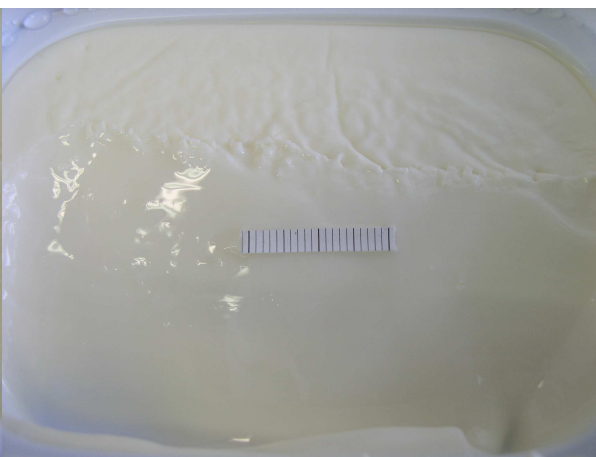
Obr. 4.1: Vzorek s přidavkem 1,0 % w/w kyseliny šťavelové



Obr. 4.2: Vzorek s přidavkem 1,0 % w/w šťavelanu sodného



Obr. 4.3: Vzorek s přidavkem 1,0 % w/w kyseliny adipové



Obr. 4.4: KTS s obsahem 2,5 % w/w fosforečnanových tavicích solí

4.2. Výsledky Fáze 2

Ve druhé fázi byla hledána optimální koncentrace přidavku AK a AS s důrazem na homogennost výrobku. Byla přidávána směs obou látek v procentuálních poměrech 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 v koncentracích 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 a 3,0 % w/w. Jako kontrolní byly utaveny vzorky KTS. Zralost přírodního sýra byla 8 týdnů od jeho výroby.

4.2.1. Výsledky chemické analýzy

Obsah sušiny a pH modelových vzorků byly stanovovány po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C). Obsah sušiny se pohyboval v rozmezí 39,52 – 40,28 %

w/w. Zjištěné hodnoty pH vzorků jsou uvedeny v tabulce 4.3. Průměrné hodnoty pH se směrodatnou odchylkou byly u vzorků KTS $5,78 \pm 0,01$.

Z dat zobrazených v tabulce 4.3 je zřejmé, že nejnižší pH vykazovaly vzorky s 3,0 % w/w AK (100:0) s hodnotami v rozmezí 4,38 – 4,39. Naopak nejvyšší hodnoty byly u produktů s 2,0 % w/w AS (0:100) s pH v rozmezí 5,98 – 5,99. U vzorků obsahující pouze AK (100:0) nebo podíl AK ve směsi (75:25, 50:50, 25:75), se hodnoty pH se zvyšující koncentrací látky signifikantně snižovaly ($P < 0,05$). U produktů obsahující pouze AS (0:100) se pH se zvyšující koncentrací látky zvyšovalo, pro koncentrace 1,0 a 1,5 % w/w bez významných rozdílů ($P > 0,05$), pro 2,0 % w/w byl již rozdíl signifikantní ve srovnání s nižšími koncentracemi ($P < 0,05$).

Tab. 4.3: Hodnoty pH modelových vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

AK:AS **	pH *				
	1,0 %	1,5 %	2,0 %	2,5 %	3,0 %
100:0	4,82±0,01 ^a A	4,73±0,01 ^a B	4,61±0,01 ^a C	4,50±0,01 ^a D	4,39±0,01 ^a E
75:25	5,07±0,01 ^b A	N	N	N	N
50:50	N	5,18±0,01 ^b A	5,09±0,01 ^b B	4,97±0,01 ^b C	N
25:75	N	5,31±0,01 ^c A	5,15±0,01 ^c B	N	N
0:100	5,82±0,01 ^c A	5,86±0,01 ^d A	5,98±0,01 ^d B	N	N

Vysvětlení označení:

* hodnoty pH vyjádřeny jako průměr ± S.D. (n = 8)

** poměr použitých látek

N - tavený sýr se neutavil, proto nebyl sledován

AK - kyselina adipová

AS - adipan sodný

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$)

4.2.2. Výsledky senzorické analýzy

U modelových i kontrolních vzorků byla pomocí senzorické analýzy sledována homogenost, konzistence a vzhled, a to po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C). Zjištěný charakter sledovaných znaků je zobrazen v tabulce 4.4.

Z výrobků tavených ve druhé fázi byl nejlépe hodnocen vzorek s 1,0 % w/w AK (100:0). Nejhůře byl hodnocen vzorek s přísadkou 2,5 % w/w AK:AS (50:50).

Tab. 4.4: Hodnocení znaků sledovaných senzoričkou analýzou u modelových i kontrolních vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Koncentrace *	AK:AS **	Vyhodnocení vzorku
1,0 %	100:0	homogenní, roztíratelné konzistence, matného vzhledu, krátké struktury
	75:25	homogenní, měkké konzistence, matného vzhledu, krátké struktury
	50:50	N
	25:75	N
	0:100	homogenní, roztíratelné konzistence, matného vzhledu, krátké struktury
1,5 %	100:0	homogenní, roztíratelné konzistence, matného vzhledu, krátké struktury (obrázek 4.5***)
	75:25	N
	50:50	nehomogenní, těstovité konzistence, matného vzhledu
	25:75	nehomogenní, rozbředlé konzistence, matného vzhledu, uvolňovala se voda
	0:100	homogenní, měkké konzistence, matného vzhledu, krátké struktury
2,0 %	100:0	homogenní, tužší až drobivé konzistence, matného vzhledu, krátké struktury
	75:25	N
	50:50	nehomogenní, rozbředlé konzistence, nepřijatelného vzhledu, nesoudržné struktury
	25:75	homogenní, měkké konzistence, matného vzhledu, uvolňovala se voda
	0:100	homogenní, roztíratelné konzistence, matného vzhledu
2,5 %	100:0	nehomogenní, blátivé konzistence, nevyhovujícího vzhledu, krátké a nesoudržné struktury
	75:25	N
	50:50	nehomogenní, blátivé konzistence, nevyhovujícího vzhledu, uvolňovala se voda (obrázek 4.6)
	25:75	N
	0:100	N
3,0 %	100:0	nehomogenní, rozbředlé konzistence, nevyhovujícího vzhledu, uvolňovala se voda
	75:25	N
	50:50	N
	25:75	N

Pokračování Tab. 4.4: Hodnocení znaků sledovaných senzoricou analýzou u modelových i kontrolních vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Koncentrace	AK:AS	Vyhodnocení vzorku
3,0 %	0:100	N
KTS		zcela homogenní, výborně roztíratelné konzistence, vynikajícího hladkého vzhledu s výrazným leskem

Vysvětlení označení:

* koncentrace použitých látek (w/w)

** poměr použitých látek

*** odkaz na fotografii příslušného vzorku

N - tavený sýr se neutavil, proto nebyl sledován

AK - kyselina adipová

AS - adipan sodný

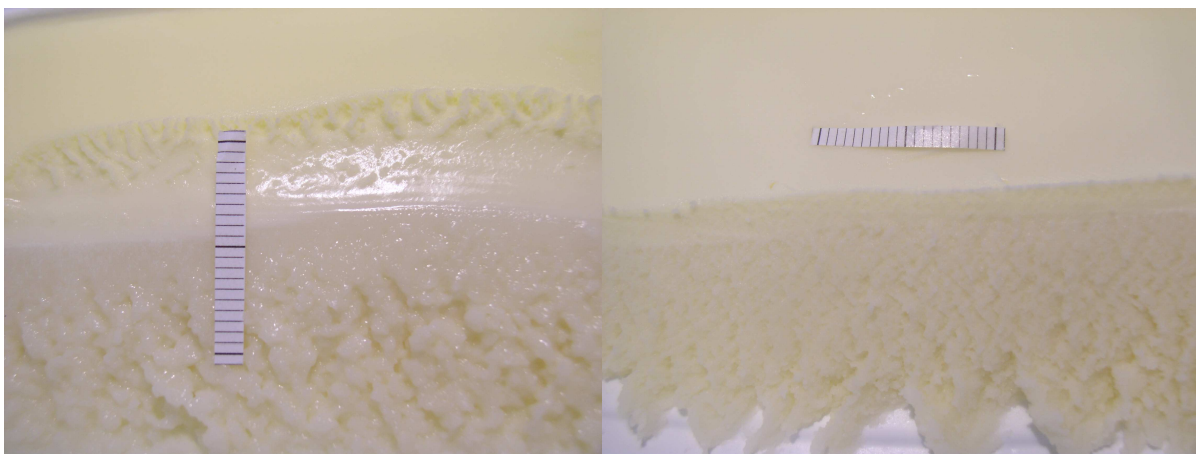
KTS - kontrolní vzorek s přídavkem 2,5 % w/w fosforečnanových tavicích solí

Nehomogenní vzorky se vyskytovaly ve dvou variantách. Silně nehomogenní s třemi zřetelně oddělenými vrstvami (obrázek 4.7), většinou rozbředlé, blátivé konzistence s uvolňující se vodou. Druhým typem byly produkty s pravděpodobně tukovou vrstvou na povrchu (obrázek 4.8). Vzorky byly převážně těstovité konzistence a vodu ze systému neuvolňovaly.



Obr. 4.5: Makroskopicky homogenní vzorek s přídavkem 1,5 % w/w AK (100:0)

Obr. 4.6: Nehomogenní vzorek s přídavkem 2,5 % w/w AK:AS (50:50)



Obr. 4.7: Ukázka oddělení tří vrstev nehomogenního vzorku s přidavkem 3,0 % w/w AK:AS (100:0)

Obr. 4.8: Ukázka oddělení dvou vrstev nehomogenního vzorku s přidavkem 1,5 % w/w AK (100:0)

4.3. Výsledky Fáze 3

V rámci třetí fáze byla hledána optimální koncentrace přidavku AK a AS s důrazem na homogennost výrobku. Byla přidávána směs obou látek v procentuálních poměrech 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 v koncentracích 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w. Další modelové vzorky KK byly taveny s přidavkem 1,0 % w/w κ -karagenanu. Jako kontrolní byly utaveny vzorky KTS. Zralost přírodního sýra byla 1, 2, 4, 6, 8, 12 a 16 týdnů od jeho výroby.

4.3.1. Výsledky chemické analýzy

Po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C) byl stanovován obsah sušiny a pH utavených vzorků. Obsah sušiny se pohyboval v rozmezí 39,68 – 40,12 % w/w. Zjištěné hodnoty pH modelových i kontrolních vzorků jsou uvedeny v tabulce 4.5.

Z uvedených hodnot vyplývá, že pH vzorků s AK a AS se pohybovalo v rozmezí 4,71 – 6,03 v závislosti na přítomné látce, její koncentraci a zralosti přírodního sýra. Je patrné, že pH se snižovalo s rostoucím podílem AK ve směsi, zároveň docházelo k nárůstu hodnot se zvyšující se zralostí základní suroviny. Výrobky KK vykazovaly hodnoty pH v rozmezí 5,33 – 5,68, kdy byl pozorován nárůst pH se zvyšující se zralostí přírodního sýra. Hodnoty pH KTS se pohybovaly v rozmezí 5,51 – 5,60 nezávisle na prozrállosti základní suroviny.

Tab. 4.5: Hodnoty pH vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

AK:AS**	w/w	pH *						
		T1	T2	T4	T6	T8	T12	T16
100:0	1,0 %	4,75±0,01 ^a A	4,76±0,01 ^a A	4,78±0,01 ^a A,B	4,81±0,01 ^a B	4,82±0,01 ^a B	4,87±0,01 ^a C	4,90±0,01 ^a C
	1,5 %	4,63±0,01 ^b A	4,65±0,01 ^b A	4,67±0,01 ^b A,B	4,69±0,01 ^b B	4,70±0,01 ^b B	4,73±0,01 ^b B,C	4,77±0,01 ^b C
	2,0 %	4,56±0,01 ^c A	4,60±0,01 ^c A,B	4,60±0,01 ^c A,B	4,61±0,01 ^c B	4,63±0,01 ^c B,C	4,67±0,01 ^c C	4,72±0,01 ^c D
75:25	1,0 %	5,00±0,01 ^d A	5,02±0,01 ^d A,B	5,06±0,01 ^d B	5,07±0,01 ^d B	5,07±0,01 ^d B	5,11±0,01 ^d C	5,13±0,01 ^d C
	1,5 %	4,86±0,01 ^e A	4,87±0,01 ^e A	4,91±0,01 ^e B	N	N	N	N
	2,0 %	4,81±0,01 ^f A	4,83±0,01 ^e A,B	4,85±0,01 ^f B	4,87±0,01 ^e B	N	N	N
50:50	1,0 %	5,14±0,01 ^g A	5,17±0,01 ^f A,B	5,19±0,01 ^g B	5,19±0,01 ^f B	N	N	N
	1,5 %	5,09±0,01 ^h A	5,12±0,01 ^g A,B	5,13±0,01 ^h A,B	5,15±0,01 ^f B	5,19±0,01 ^e C	N	N
	2,0 %	5,01±0,01 ^d A	5,02±0,01 ^d A	5,04±0,01 ^d A,B	5,07±0,01 ^d B	5,08±0,01 ^d B	N	N
25:75	1,0 %	5,23±0,01 ⁱ A	5,23±0,01 ^h A	5,25±0,01 ⁱ A,B	5,28±0,01 ^g B	N	N	N
	1,5 %	5,19±0,01 ⁱ A	5,20±0,01 ^{f,h} A	5,25±0,01 ⁱ B	5,26±0,01 ^{f,g} B	5,31±0,01 ^f C	N	N
	2,0 %	5,06±0,01 ^h A	5,07±0,01 ⁱ A	5,09±0,01 ^{d,h} A	5,12±0,01 ^{d,f} B	5,15±0,01 ^e B	N	N
0:100	1,0 %	5,69±0,01 ^j A	5,71±0,01 ^j A	5,76±0,01 ^j B	5,77±0,01 ^h B	5,82±0,01 ^g C	N	N
	1,5 %	5,81±0,01 ^k A	5,82±0,01 ^k A	5,85±0,01 ^k B	5,87±0,01 ⁱ B	5,87±0,01 ^h B	5,89±0,01 ^e C	N
	2,0 %	5,92±0,01 ^l A	5,92±0,01 ^l A	5,94±0,01 ^l A,B	5,95±0,01 ^j A,B	5,97±0,01 ⁱ B	6,00±0,01 ^f B,C	6,03±0,01 ^e C
KK		5,33±0,01 ^m A	5,39±0,01 ^m B	5,44±0,01 ^m C	5,47±0,01 ^k C	5,52±0,01 ^j D	5,61±0,01 ^g E	5,68±0,01 ^f F
KTS		5,53±0,01 ⁿ A	5,58±0,01 ⁿ B	5,51±0,01 ⁿ A	5,56±0,01 ^l A,B	5,60±0,01 ^k B	5,53±0,01 ^h A	5,57±0,01 ^g A,B

Vysvětlení označení:

* hodnoty pH výrobku vyjádřeny jako průměr ± S.D. (n = 8)

** poměr použitých látek

T - zralost přírodního sýra (týdny)

KK - vzorek s přísadkou 1,0 % w/w κ-karagenanu,

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,05)

N - tavený sýr se neutavil, proto nebyl sledován

AS - adipan sodný

AK - kyselina adipová

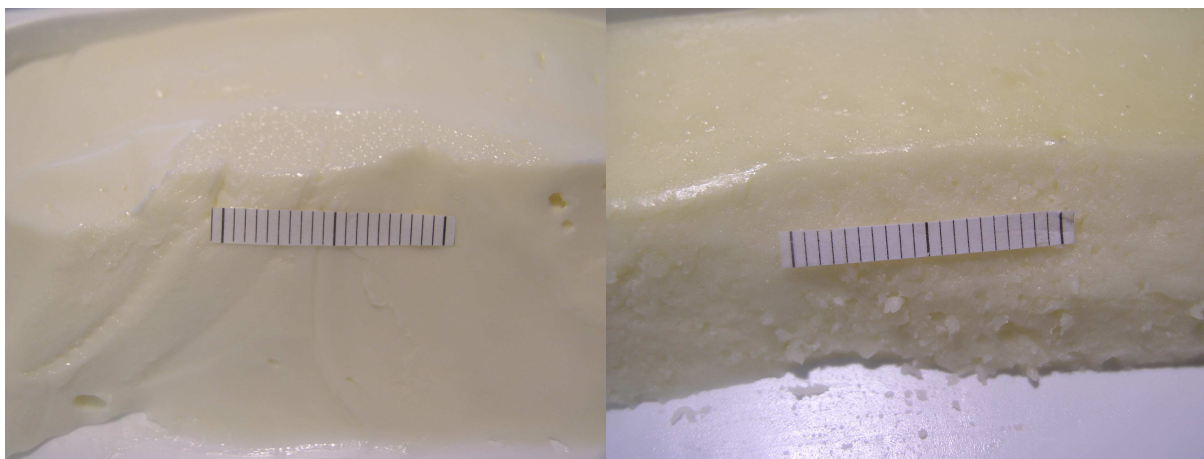
KTS - kontrolní vzorek obsahující 2,5 % w/w fosforečnanových tavicích solí

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,05)

4.3.2. Výsledky senzorické analýzy

U modelových i kontrolních vzorků byla pomocí senzorické analýzy sledována homogenost, konzistence a vzhled, a to po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).

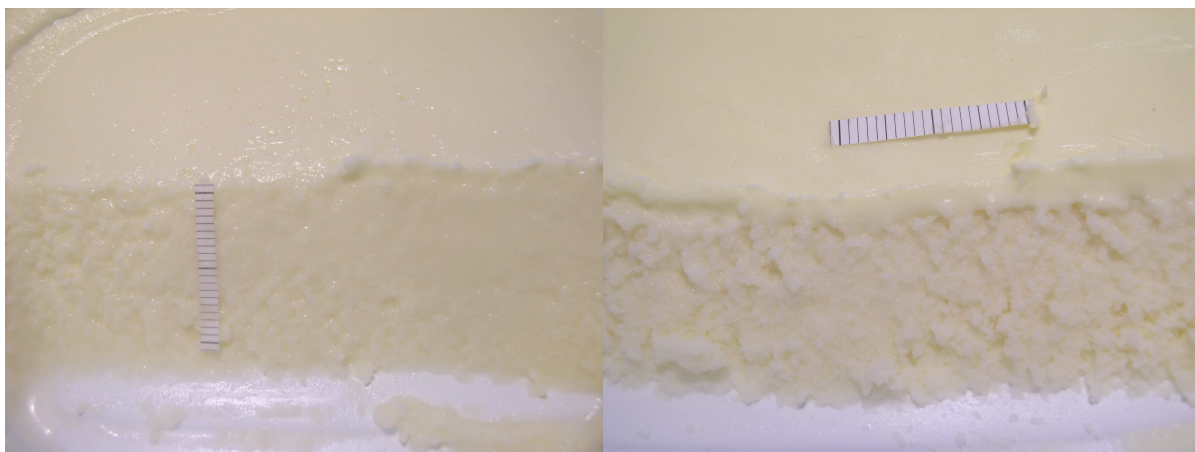
Kontrolní vzorky KTS byly v rámci každé zralosti přírodního sýra (1 – 16 týdnů) hodnoceny jako zcela homogenní, vynikajícího hladkého vzhledu s výrazným leskem (obrázek 4.9). Při užití méně prozrálého přírodního sýra byly vzorky tuhé, málo roztíratelné, avšak se zvyšující zralostí základní suroviny se stávaly roztíratelnější. Výrobky KK byly u každé zralosti suroviny (1 – 16 týdnů) homogenní, matného vzhledu s tuhou až krájitelnou konzistencí (obrázek 4.10). U vzorků KK nebyl pozorován nárůst roztíratelnosti se zvyšující se zralostí přírodního sýra, jak tomu bylo u vzorků KTS.



Obr. 4.9: Vzorek KTS vyrobený ze suroviny o zralosti 1 týden

Obr. 4.10: Vzorek KK vyrobený ze suroviny o zralosti 1 týden

Vzorky s přísávkou 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w AK (100:0) se jeví jako homogenní při použití přírodního sýra ve zralostech (1, 2, 4, 6 a 8, týdnů). Vzorky byly vždy matného, přijatelného vzhledu, velmi dobře roztíratelné konzistence, která se s dobou zrání suroviny stávala roztíratelnější. Na obrázku 4.11 je zobrazen makroskopicky homogenní vzorek 1,5 % w/w AK (100:0) vyrobený ze suroviny ve zralosti 4 týdny. Pro zralosti 12 a 16 týdnů byly vzorky nehomogenní s vrstvou pravděpodobně vyzrálého tuku na povrchu (obrázek 4.12).



Obr. 4.11: Makroskopicky homogenní vzorek s přidavkem 1,5 % w/w AK (100:0) vyrobený ze suroviny o zralosti 4 týdny

Obr. 4.12: Nehomogenní vzorek s přidavkem 2,0 % w/w AK (100:0) vyrobený ze suroviny o zralosti 12 týdnů

Vzorky s přidavkem 1,0 % w/w AK:AS (75:25) byly makroskopicky homogenní při použití suroviny ve zralosti 4, 6 a 8 týdnů (obrázek 4.13). Jejich rozstíratelnost byla dobrá a zvyšovala se s rostoucí zralostí přírodního sýra. Mírně nehomogenní byly vzorky při užití suroviny v 1, 2, 12 a 16 týdnů od výroby. Na povrchu vzorku byla opět pravděpodobně tuková vrstva.

Vzorky s přidavkem 1,5 a 2,0 % w/w AK:AS (75:25) byly homogenní při zralostech 1 a 2 týdny. Při zahrnutí 4 týdenní suroviny do surovinové skladby byly již vzorky silně nehomogenní. Došlo ke zřetelnému oddělení tří fází (obrázek 4.14). Horní (pravděpodobně tuková) vrstva byla o poznání tužší, než přibližně stejně silná střední vrstva pod ní, která byla tekutější až blátivá. Struktura spodní vrstvy (u dna kelímku) byla tuhá, krátká a drobná. Vzorek 1,5 % w/w AK:AS (75:25) se již s dalšími zralostmi (6, 8, 12 a 16 týdnů) nepodařilo utavit. Přídavek 2,0 % w/w AK:AS (75:25) při užití 6týdenní suroviny vykazoval stejné rozdělení výrobku do tří odlišných fází. Pro zralosti 8, 12 a 16 týdnů se již vzorky nedařilo utavit.

Vzorky s přidavky 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w AK:AS (50:50) byly s použitím suroviny ve zralosti 1, 2, 4 a 6 týdnů byly silně nehomogenní s oddělenými třemi vrstvami. Vzorek s 1,0 % w/w AK:AS (50:50) se již s dalšími zralostmi nepodařilo utavit. Vzorky s 1,5 a 2,0 % w/w AK:AS (50:50) vykazovaly stejné konzistenční nedostatky jako u předchozích zralostí, dále se již vzorky nedařilo utavit (12 a 16 týdnů).

Vzorky s přidavky 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w AK:AS (25:75) byly s použitím suroviny ve zralosti 1, 2, a 4 týdny byly silně nehomogenní s oddělenými třemi vrstvami. Vzorky s 1,0 % w/w AK:AS (25:75) byly s 6týdenní silně nehomogenní se třemi vrstvami. Dále se již vzorky nedařilo utavit (8, 12 a 16 týdnů). Vzorky 1,5 % w/w AK:AS (25:75) se dále podařilo utavit i se zralostmi

6 a 8 týdnů, ovšem vzorky byly silně nehomogenní jako u zralostí 1, 2 a 4 týdny (obrázek 4.13). Se surovinou ve zralosti 12 a 16 týdnů se již vzorky neutavily.



Obr. 4.13: Makroskopicky homogenní vzorek s přísávkem 1,0 % w/w AK:AS (75:25) vyrobený ze suroviny o zralosti 6 týdnů

Obr. 4.14: Nehomogenní vzorek s přísávkem 2,0 % w/w AK:AS (75:25) vyrobený ze suroviny o zralosti 4 týdny

Vzorky s přísávkem 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w AK:AS (25:75) byly s použitím suroviny ve zralosti 1, 2, a 4 týdny byly silně nehomogenní s oddělenými třemi vrstvami. Vzorky s 1,0 % w/w AK:AS (25:75) byly s 6týdenní silně nehomogenní se třemi vrstvami. Dále se již vzorky nedařilo utavit (8, 12 a 16 týdnů). Vzorky 1,5 % w/w AK:AS (25:75) se dále podařilo utavit i se zralostmi 6 a 8 týdnů, ovšem vzorky byly silně nehomogenní jako u zralostí 1, 2 a 4 týdny (obrázek 4.13). Se surovinou ve zralosti 12 a 16 týdnů se již vzorky neutavily.

Vzorky s přísávkem 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w AS (0:100) byly silně nehomogenní při užití suroviny ve zralosti 1, 2 a 4 týdny. Opět se u vzorků vyskytlo oddělení tří fází. Vzorky s přírodním sýrem o stáří 6 a 8 týdnů se jevily jako homogenní, měkké konzistence a matného vzhledu. S dalšími zralostmi (12 a 16 týdnů) se již vzorek s 1,0 % w/w AS (0:100) nedařilo utavit. Vzorek s 1,5 % w/w AS (0:100) byl s použitou zralostí 12 týdnů silně nehomogenní a s přírodním sýrem zralým 16 týdnů se již vzorek neutavil. Vzorky s 2,0 % w/w AS (0:100) se při užití 12 a 16týdenní suroviny podařilo utavit, ovšem došlo u nich k výraznému oddělení tří fází.

4.4. Výsledky Fáze 4

Cílem čtvrté fáze bylo zjistit vliv zralosti přírodního sýra na homogenitu, vzhled, konzistenci, pH, texturu, počet a velikost tukových kuliček a roztékavost modelových i kontrolních vzorků. Jako nejvhodnější se jevíly dle třetí fáze vzorky s obsahem 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w AK (100:0); 1,0 % w/w směs AK:AS v poměru 75:25 a 2,0 % w/w AS (0:100). Další modelové vzorky KK byly taveny s přidavkem 1,0 % w/w κ -karagenanu. Byla použita surovina o zralosti 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 a 16 týdnů.

4.4.1. Výsledky chemické analýzy

Po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C) byl zjišťován obsah sušiny a pH vyrobených vzorků. Obsah sušiny se pohyboval v rozmezí 39,81 – 40,26 % w/w. Zjištěné hodnoty pH modelových i kontrolních vzorků jsou uvedeny v tabulce 4.6.

Z uvedených hodnot vyplývá, že pH vzorků s AK a AS se pohybovalo v rozmezí 4,57 – 6,04 v závislosti na přídatné látce a její koncentraci. Hodnoty pH se snižovaly s rostoucím podílem AK ve směsi, zároveň docházelo k nárůstu hodnot se zvyšující se zralostí přírodního sýra. Výrobky KK vykazovaly hodnoty pH v rozmezí 5,31 – 5,68, kdy byl pozorován nárůst pH se zvyšující se zralostí základní suroviny. Hodnoty pH KTS se pohybovaly v rozmezí 5,52 – 5,59 nezávisle na prozrállosti základní suroviny.

Tab. 4.6: Hodnoty pH vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek *	pH **								
	T1	T2	T4	T6	T8	T10	T12	T14	T16
1,0 % 100:0	4,76±0,01 ^a A	4,75±0,01 ^a A	4,78±0,01 ^a A	4,83±0,01 ^a B	4,84±0,01 ^a B	4,86±0,01 ^a B	4,87±0,01 ^a B	4,89±0,01 ^a C	4,90±0,01 ^a C
1,0 % 75:25	5,01±0,01 ^b A	5,04±0,01 ^b A,B	5,06±0,01 ^b B	5,06±0,01 ^b B	5,08±0,01 ^b B,C	5,10±0,01 ^b B,C	5,10±0,01 ^b B,C	5,12±0,01 ^b C	5,14±0,01 ^b C
1,5 % 100:0	4,62±0,01 ^c A	4,63±0,01 ^c A	4,68±0,01 ^c B	4,68±0,01 ^c B	4,70±0,01 ^c B,C	4,70±0,01 ^c B,C	4,72±0,01 ^c B,C	4,74±0,01 ^c C	4,77±0,01 ^c C
2,0 % 100:0	4,57±0,01 ^d A	4,58±0,01 ^d A	4,60±0,01 ^d A,B	4,60±0,01 ^d A,B	4,63±0,01 ^d B	4,65±0,01 ^d B,C	4,66±0,01 ^d B,C	4,68±0,01 ^d C	4,71±0,01 ^d C
2,0 % 0:100	5,91±0,01 ^e A	5,92±0,01 ^e A	5,92±0,01 ^e A	5,94±0,01 ^e A,B	5,97±0,01 ^e B	6,00±0,01 ^e B,C	6,01±0,01 ^e B,C	6,03±0,01 ^e C	6,04±0,01 ^e C
KK	5,31±0,01 ^f A	5,37±0,01 ^f B	5,43±0,01 ^f C	5,46±0,01 ^f C	5,53±0,01 ^f D	5,57±0,01 ^e D,E	5,61±0,01 ^f E	5,66±0,01 ^f F	5,68±0,01 ^f F
KTS	5,54±0,01 ^g A	5,52±0,01 ^g A	5,59±0,01 ^g B	5,53±0,01 ^g A	5,59±0,01 ^g B	5,56±0,01 ^e A,B	5,53±0,01 ^g A	5,58±0,01 ^g A,B	5,56±0,01 ^g A,B

Vysvětlení označení:

* vzorek s příslušnou koncentrací (w/w) a poměrem (kyselina adipová : adipan sodný)

** hodnoty pH výrobku vyjádřeny jako průměr ± S.D. (n = 8)

T - zralost přírodního sýra (týdny)

KK - vzorek s přidavkem 1,0 % w/w κ-karagenanu

KTS - kontrolní vzorek obsahující 2,5 % w/w fosforečnanových tavicích solí

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,05)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,05)

4.4.2. Výsledky senzoričké analýzy

U modelových i kontrolních vzorků byla pomocí senzoričké analýzy hodnocena homogennost, konzistence a vzhled, a to po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C).

Kontrolní vzorky KTS byly v rámci každé sledované zralosti přírodního sýra hodnoceny jako homogenní, vynikajícího hladkého vzhledu s výrazným leskem. Při užití málo prozřálého přírodního sýra byly vzorky tuhé, málo roztíratelné, avšak se zvyšující zralostí základní suroviny se stávaly roztíratelnější. Výrobky KK byly u každé zralosti suroviny homogenní, matného vzhledu s tuhou až krájitelnou konzistencí. U vzorků KK nebyl pozorován nárůst roztíratelnosti se zvyšující se zralostí přírodního sýra, jak tomu bylo u vzorků KTS.

Vzorky s přidavky 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w AK (100:0) se jevily homogenní při použití přírodního sýra ve zralostech (1, 2, 4, 6, 8 a 10 týdnů). Vzorky byly vždy matného, velmi dobrého vzhledu, dobře roztíratelné. Konzistence vzorků se s dobou zrání suroviny stávala roztíratelnější. Pro zralosti 12, 14 a 16 týdnů byly vzorky mírně nehomogenní s vrstvou pravděpodobně vyvstátého tuku.

Vzorky s přidavkem 1,0 % w/w AK:AS (75:25) byly makroskopicky homogenní při použití suroviny ve zralosti 4, 6, 8 a 10 týdnů. Jejich roztíratelnost byla dobrá a zvyšovala se s rostoucí zralostí přírodního sýra. Mírně nehomogenní byly vzorky při užití suroviny v 1, 2, 12, 14, 16 týdnů od výroby. Na povrchu vzorku byla oddělená pravděpodobně tuková vrstva.

Vzorky s přidavkem 2,0 % w/w AS (0:100) se jevily jako homogenní při zahrnutí přírodního sýra ve zralosti 6, 8 a 10 týdnů. Vykazovaly měkkou konzistenci a měly matný vzhled. Naopak při užití suroviny ve zralosti 1, 2, 4, 12, 14 a 16 týdnů byly vzorky silně nehomogenní s oddělením tří fází.

4.4.3. Výsledky obrazové analýzy

Obrazovou analýzou byl sledován počet a plocha tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorků. Pouze výrobek s obdobným počtem a střední hodnotou velikosti tukových kuliček v každé z analyzovaných vrstev mohl být označen za mikroskopicky homogenní. Počet a plocha tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorků KTS, KK, 1,0 % w/w AK (100:0), 1,5 % w/w AK (100:0), 2,0 % w/w AK (100:0), 1,0 % w/w AK:AS (75:25), 2,0 % w/w AS (0:100) jsou uvedeny v tabulkách 4.7 – 4.20.

Vzorky KTS (vyrobené ze suroviny o konstantní zralosti) vykazovaly prakticky obdobný počet tukových kuliček i průměrnou velikost (plochu) jedné tukové kuličky ve všech analyzovaných vrstvách ($P > 0,01$). Počet tukových

kuliček se se zvyšující se zralostí základní suroviny snižoval, naopak plocha tukových kuliček se zvětšovala ($P < 0,01$). Nicméně, jednotlivé vrstvy (u výrobků vyrobených z dané zralosti) se signifikantně v počtu tukových kuliček ani v jejich průměrné velikosti nelišily ($P > 0,01$). Proto je možné prohlásit vzorky KTS pro všechny sledované zralosti základní suroviny (1 – 16 týdnů) za homogenní.

Produkty KK bez přídavku TS (vyrobené z přírodního sýra o konstantní zralosti) obsahovaly obdobný počet tukových kuliček i průměrnou plochu jedné tukové kuličky ve všech analyzovaných vrstvách ($P > 0,01$). Počet tukových kuliček se se zvyšující se zralostí základní suroviny snižoval, plocha tukových kuliček se zvětšovala ($P < 0,01$). Jednotlivé vrstvy (u výrobků vyrobených z dané zralosti) se signifikantně v počtu tukových kuliček ani v jejich průměrné velikosti nelišily ($P > 0,01$). Proto je možné vzorky KK pro všechny sledované stupně zralosti přírodního sýra (1 – 16 týdnů) prohlásit za homogenní.

Výrobky s obsahem 1,0 % w/w AK (100:0) bez přídavku TS (tavené ze suroviny o konstantní zralosti) nevykazovaly obdobný počet tukových kuliček v analyzovaných vrstvách u všech použitých zralostí suroviny ($P < 0,01$). Počet tukových kuliček se s rostoucí dobou zralosti přírodního sýra signifikantně snižoval ($P < 0,01$), s výjimkou zralosti 12, 14 a 16 týdnů, kdy počet tukových kuliček významně stoupl v první a druhé vrstvě vzorku ($P < 0,01$). Průměrná velikost jedné tukové kuličky se ve vrstvách vzorků nelišila ($P > 0,01$). Výjimku představovala použitá zralost 12 týdnů, kdy se plocha tukových kuliček v rámci všech vrstev vzorku významně lišila ($P < 0,01$). Velikost tukových kuliček se se zvyšující se dobou zrání suroviny zvětšovala ($P < 0,01$). Výrobky s obsahem 1,0 % w/w AK (100:0) je nutné prohlásit za mikroskopicky nehomogenní pro všechny sledované zralosti přírodního sýra (1 – 16 týdnů).

Tab. 4.7: Počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorku KTS po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Zralost suroviny**	Vrstva vzorku ***				
		1.	2.	3.	4.	5.
KTS	1	1158 ± 5 * ^a A	1150 ± 7 ^a A	1152 ± 3 ^a A	1156 ± 2 ^a A	1155 ± 7 ^a A
	2	1143 ± 7 ^{a,b} A	1145 ± 4 ^a A	1144 ± 2 ^a A	1143 ± 3 ^b A	1146 ± 2 ^a A
	4	1132 ± 3 ^b A	1137 ± 3 ^a A	1139 ± 6 ^{a,b} A	1135 ± 2 ^{b,c} A	1134 ± 5 ^{a,b} A
	6	1126 ± 2 ^b A	1128 ± 8 ^{a,b} A	1126 ± 5 ^{b,c} A	1127 ± 4 ^{c,d} A	1125 ± 3 ^b A
	8	1115 ± 3 ^c A	1113 ± 2 ^b A	1114 ± 3 ^c A	1105 ± 7 ^d A	1104 ± 3 ^c A
	10	1067 ± 5 ^d A	1072 ± 3 ^c A	1065 ± 3 ^d A	1069 ± 5 ^e A	1068 ± 5 ^d A
	12	1015 ± 3 ^e A	1022 ± 5 ^d A	1019 ± 7 ^e A	1021 ± 3 ^f A	1018 ± 3 ^e A
	14	984 ± 2 ^f A	979 ± 3 ^e A	981 ± 3 ^f A	983 ± 4 ^g A	980 ± 5 ^f A
	16	967 ± 8 ^f A	962 ± 3 ^f A	955 ± 4 ^g A	949 ± 4 ^h A	955 ± 7 ^g A

Vysvětlení označení:

* počet tukových kuliček, vyjádřený jako průměr ± standardní odchylka (n = 24)

** zralost přírodního sýra (týdny)

*** první vrstva je nejbližší víčku a pátá vrstva je nejbližší dnu kelímku

KTS - kontrolní vzorek obsahující 2,5 % w/w fosforečnanových tavicích solí

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

Tab. 4.8: Plocha tukových kuliček (μm^2) v jednotlivých vrstvách vzorku KTS po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Zralost suroviny**	Vrstva vzorku ***				
		1.	2.	3.	4.	5.
KTS	1	90,6 ± 1,5 * ^a A	91,4 ± 1,3 ^a A	90,6 ± 1,4 ^a A	89,1 ± 1,3 ^a A	87,9 ± 1,5 ^a A
	2	91,3 ± 1,2 ^a A	91,9 ± 1,5 ^a A	91,5 ± 1,6 ^a A	90,8 ± 1,2 ^{a,b} A	90,3 ± 1,7 ^{a,b} A
	4	92,4 ± 1,5 ^a A	92,3 ± 1,3 ^a A	92,6 ± 1,5 ^a A	92,1 ± 1,5 ^{a,b,c} A	92,3 ± 1,3 ^{a,b} A
	6	94,1 ± 1,2 ^a A	93,9 ± 1,4 ^a A	93,7 ± 1,3 ^a A	94,3 ± 1,2 ^{b,c} A	94,6 ± 1,5 ^b A
	8	95,6 ± 1,5 ^a A	95,5 ± 1,7 ^a A	94,9 ± 1,3 ^a A	95,9 ± 1,3 ^c A	96,7 ± 1,7 ^{b,c} A
	10	103,4 ± 1,3 ^b A	102,9 ± 1,5 ^b A	103,1 ± 1,2 ^b A	103,3 ± 1,5 ^d A	102,9 ± 1,7 ^c A
	12	111,5 ± 1,4 ^c A	112,1 ± 1,3 ^c A	111,8 ± 1,5 ^c A	112,2 ± 1,3 ^c A	111,9 ± 1,2 ^d A
	14	119,3 ± 1,2 ^d A	118,9 ± 1,5 ^d A	118,7 ± 1,3 ^d A	118,6 ± 1,4 ^f A	119,0 ± 1,5 ^e A
	16	127,1 ± 1,7 ^e A	126,2 ± 1,0 ^e A	125,8 ± 1,9 ^e A	125,3 ± 1,0 ^g A	126,5 ± 1,4 ^f A

Vysvětlení označení:

* plocha tukových kuliček (μm^2), vyjádřená jako průměr ± standardní odchylka (n = 24)

** zralost přírodního sýra (týdny)

*** první vrstva je nejbližší víčku a pátá vrstva je nejbližší dnu kelímku

KTS - kontrolní vzorek obsahující 2,5 % w/w fosforečnanových tavicích solí

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

Tab. 4.9: Počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorku KK po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Zralost suroviny**	Vrstva vzorku ***				
		1.	2.	3.	4.	5.
KK	1	1244 ± 3 * ^a A	1230 ± 7 ^a A	1237 ± 5 ^a A	1233 ± 4 ^a A	1240 ± 4 ^a A
	2	1218 ± 5 ^b A	1210 ± 3 ^b A	1214 ± 6 ^b A	1211 ± 5 ^b A	1217 ± 8 ^a A
	4	1195 ± 7 ^b A	1189 ± 5 ^c A	1194 ± 5 ^b A	1190 ± 7 ^{b,c} A	1191 ± 3 ^b A
	6	1170 ± 5 ^c A	1168 ± 7 ^c A	1164 ± 3 ^c A	1169 ± 5 ^c A	1168 ± 4 ^c A
	8	1144 ± 8 ^d A	1132 ± 3 ^d A	1132 ± 5 ^d A	1130 ± 6 ^d A	1133 ± 3 ^d A
	10	1113 ± 3 ^e A	1109 ± 5 ^e A	1112 ± 7 ^d A	1108 ± 3 ^e A	1110 ± 4 ^e A
	12	1084 ± 5 ^f A	1081 ± 7 ^f A	1080 ± 3 ^e A	1082 ± 5 ^f A	1084 ± 7 ^f A
	14	1055 ± 2 ^g A	1056 ± 3 ^g A	1058 ± 5 ^f A	1054 ± 3 ^g A	1053 ± 6 ^g A
	16	1022 ± 4 ^h A	1030 ± 6 ^h A	1023 ± 4 ^g A	1023 ± 5 ^h A	1021 ± 3 ^h A

Vysvětlení označení:

* počet tukových kuliček, vyjádřený jako průměr ± standardní odchylka (n = 24)

** zralost přírodního sýra (týdny)

*** první vrstva je nejbližší víčku a pátá vrstva je nejbližší dnu kelímku

KK - modelový vzorek obsahující 1,0 % w/w κ -karagenanu

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

Tab. 4.10: Plocha tukových kuliček (μm^2) v jednotlivých vrstvách vzorku KK po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Zralost suroviny**	Vrstva vzorku ***				
		1.	2.	3.	4.	5.
KK	1	82,2 ± 0,9 * ^a A	82,7 ± 1,1 ^a A	82,3 ± 1,6 ^a A	82,9 ± 1,4 ^a A	83,8 ± 1,1 ^a A
	2	83,9 ± 1,2 ^{a,b} A	83,8 ± 1,0 ^a A	83,9 ± 1,5 ^a A	84,1 ± 1,3 ^a A	84,1 ± 1,5 ^a A
	4	85,9 ± 1,1 ^{a,b} A	86,3 ± 1,5 ^{a,b} A	86,1 ± 1,0 ^{a,b} A	86,4 ± 1,1 ^{a,b} A	86,0 ± 0,9 ^a A
	6	87,5 ± 1,5 ^b A	87,4 ± 1,3 ^{a,b} A	86,9 ± 1,4 ^{a,b} A	87,0 ± 1,2 ^{a,b} A	87,2 ± 1,5 ^{a,b} A
	8	89,4 ± 1,6 ^b A	90,1 ± 1,0 ^{b,c} A	88,6 ± 0,7 ^{b,c} A	89,7 ± 0,9 ^{b,c} A	90,8 ± 0,5 ^{b,c} A
	10	93,1 ± 1,2 ^{b,c} A	93,0 ± 1,4 ^{c,d} A	92,8 ± 1,0 ^{c,d} A	93,3 ± 0,9 ^{c,d} A	93,1 ± 1,1 ^{c,d} A
	12	96,9 ± 1,5 ^c A	96,8 ± 1,6 ^{d,e} A	97,2 ± 1,5 ^{d,e} A	96,8 ± 1,3 ^{d,e} A	96,9 ± 1,2 ^{d,e} A
	14	100,8 ± 1,3 ^{c,d} A	101,2 ± 1,1 ^e A	100,9 ± 1,5 ^{e,f} A	101,1 ± 1,3 ^e A	100,8 ± 1,5 ^{e,f} A
	16	104,6 ± 1,0 ^d A	105,2 ± 1,8 ^f A	103,8 ± 1,4 ^f A	104,6 ± 1,6 ^f A	103,4 ± 1,7 ^f A

Vysvětlení označení:

* plocha tukových kuliček (μm^2), vyjádřená jako průměr ± standardní odchylka (n = 24)

** zralost přírodního sýra (týdny)

*** první vrstva je nejbližší víčku a pátá vrstva je nejbližší dnu kelímku

KK - modelový vzorek obsahující 1,0 % w/w κ -karagenanu

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

Tab. 4.11: Počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorku s 1,0 % w/w AK (100:0) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Zralost suroviny**	Vrstva vzorku ***				
		1.	2.	3.	4.	5.
1,0 % 100:0	1	1172 ± 8 * ^a A	1175 ± 5 ^a A	1068 ± 7 ^a B	1023 ± 4 ^a C	1001 ± 6 ^a D
	2	1165 ± 7 ^{a,b} A	1148 ± 4 ^b A	1132 ± 2 ^b B,C	1115 ± 8 ^b C,D	1113 ± 6 ^b D
	4	1158 ± 4 ^{a,b} A	1132 ± 2 ^c B	1127 ± 5 ^b B,C	1117 ± 3 ^b C	1112 ± 8 ^b C
	6	1146 ± 5 ^{b,c} A	1121 ± 5 ^c B	1103 ± 6 ^c B,C	1087 ± 5 ^c C	1034 ± 5 ^c D
	8	1127 ± 5 ^{c,d} A	1113 ± 8 ^c A	1311 ± 9 ^d B	1072 ± 7 ^c C	887 ± 10 ^d D
	10	1115 ± 2 ^d A	1128 ± 3 ^c B	1004 ± 7 ^e C,D	1008 ± 3 ^d C	981 ± 8 ^e D
	12	1373 ± 7 ^e A	1283 ± 5 ^d B	1099 ± 4 ^c C	883 ± 4 ^e D	861 ± 3 ^f E
	14	1412 ± 6 ^f A	1264 ± 8 ^d B	1030 ± 8 ^c C	946 ± 7 ^f D	853 ± 4 ^f E
	16	1407 ± 6 ^f A	1286 ± 5 ^d B	971 ± 6 ^f C	863 ± 3 ^g D	847 ± 7 ^f D

Vysvětlení označení:

* počet tukových kuliček, vyjádřený jako průměr ± standardní odchylka (n = 24)

** zralost přírodního sýra (týdny)

*** první vrstva je nejbližší víčku a pátá vrstva je nejbližší dnu kelímku

1,0 % 100:0 - vzorek s přídavkem 1,0 % w/w kyseliny adipové

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

Tab. 4.12: Plocha tukových kuliček (μm^2) v jednotlivých vrstvách vzorku 1,0 % w/w AK (100:0) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Zralost suroviny**	Vrstva vzorku ***				
		1.	2.	3.	4.	5.
1,0 % 100:0	1	91,3 ± 1,3 * ^a A	90,4 ± 1,2 ^a A	91,6 ± 1,8 ^a A	91,2 ± 1,1 ^a A	90,8 ± 1,4 ^a A
	2	92,3 ± 1,5 ^a A	92,9 ± 1,1 ^a A	91,0 ± 1,2 ^a A	90,9 ± 1,7 ^a A	91,3 ± 1,2 ^a A
	4	92,8 ± 1,2 ^a A	93,1 ± 1,4 ^{a,b} A	92,6 ± 1,5 ^a A	92,4 ± 1,6 ^{a,b} A	92,3 ± 1,4 ^{a,b} A
	6	94,3 ± 1,4 ^{a,b} A	93,8 ± 1,2 ^{a,b} A	94,7 ± 1,1 ^a A	94,8 ± 1,4 ^{a,b} A	94,7 ± 1,6 ^{a,b} A
	8	95,7 ± 1,6 ^{a,b} A	95,5 ± 1,7 ^{a,b} A	94,7 ± 1,6 ^a A	95,2 ± 1,2 ^{a,b} A	96,1 ± 1,1 ^{b,c} A
	10	98,2 ± 1,1 ^b A	99,0 ± 1,6 ^{b,c} A	97,1 ± 1,4 ^{a,b} A	98,3 ± 1,7 ^{b,c} A	97,9 ± 1,3 ^{c,d} A
	12	119,8 ± 1,3 ^c A	102,6 ± 1,5 ^c B	101,3 ± 1,2 ^b B	102,9 ± 1,7 ^{c,d} B	101,6 ± 1,5 ^d B
	14	109,2 ± 1,4 ^d A	108,9 ± 1,6 ^d A	108,3 ± 1,2 ^c A	108,8 ± 1,4 ^d A	109,3 ± 1,4 ^e A
	16	117,3 ± 1,2 ^c A	116,4 ± 1,8 ^e A	115,7 ± 1,2 ^d A	119,3 ± 1,2 ^e A	116,3 ± 1,5 ^f A

Vysvětlení označení:

* plocha tukových kuliček (μm^2), vyjádřená jako průměr ± standardní odchylka (n = 24)

** zralost přírodního sýra (týdny)

*** první vrstva je nejbližší víčku a pátá vrstva je nejbližší dnu kelímku

1,0 % 100:0 - vzorek s přidavkem 1,0 % w/w kyseliny adipové

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

Tab. 4.13: Počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorku 1,5 % w/w AK (100:0) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Zralost suroviny**	Vrstva vzorku ***				
		1.	2.	3.	4.	5.
1,5 % 100:0	1	1268 ± 7 * ^a A	1256 ± 3 ^a A	1135 ± 4 ^a B	1118 ± 5 ^a B	1003 ± 5 ^a C
	2	1132 ± 5 ^{b,d,e} A	1136 ± 2 ^{b,d} A	1129 ± 3 ^{a,b} A	1134 ± 7 ^a A	1128 ± 6 ^b A
	4	1124 ± 3 ^{b,e} A	1128 ± 7 ^{b,c,d} A	1123 ± 5 ^{a,b,c} A	1126 ± 3 ^a A	1121 ± 8 ^b A
	6	1159 ± 2 ^c A	1143 ± 2 ^{b,d} B	1128 ± 5 ^{a,c} C	1108 ± 7 ^{a,b} C,D	1097 ± 3 ^c D
	8	1147 ± 8 ^{c,d} A	1124 ± 4 ^{c,e} A,B	1112 ± 7 ^{b,d} B,C	1094 ± 5 ^{b,c} C,D	1086 ± 5 ^c D
	10	1120 ± 2 ^e A	1132 ± 4 ^{d,e} B	1116 ± 2 ^{c,d} A	1106 ± 6 ^b A	1121 ± 8 ^b A,B
	12	1315 ± 6 ^f A	1208 ± 2 ^f B	1099 ± 7 ^{d,f} C	1083 ± 5 ^{c,d} C	976 ± 4 ^d D
	14	1402 ± 4 ^g A	1187 ± 3 ^g B	1072 ± 3 ^{e,f} C	1071 ± 7 ^{d,e} C	968 ± 2 ^d D
	16	1387 ± 5 ^g A	1185 ± 3 ^g B	1074 ± 7 ^f C	1060 ± 8 ^e C	954 ± 3 ^e D

Vysvětlení označení:

* počet tukových kuliček, vyjádřený jako průměr ± standardní odchylka (n = 24)

** zralost přírodního sýra (týdny)

*** první vrstva je nejbližší víčku a pátá vrstva je nejbližší dnu kelímku

1,5 % 100:0 - vzorek s přídavkem 1,5 % w/w kyseliny adipové

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

Tab. 4.14: Plocha tukových kuliček (μm^2) v jednotlivých vrstvách vzorku 1,5 % w/w AK (100:0) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Zralost suroviny**	Vrstva vzorku ***				
		1.	2.	3.	4.	5.
1,5 % 100:0	1	95,3 ± 1,2 * ^a A	94,2 ± 1,7 ^a A	95,1 ± 1,6 ^a A	94,8 ± 1,6 ^a A	93,9 ± 1,2 ^a A
	2	95,6 ± 1,4 ^a A	94,9 ± 1,1 ^a A	94,5 ± 1,4 ^a A	94,8 ± 1,2 ^a A	95,3 ± 1,5 ^a A
	4	97,4 ± 1,8 ^{a,b} A	96,8 ± 1,2 ^a A	97,1 ± 1,3 ^a A	97,4 ± 1,1 ^a A	96,3 ± 1,8 ^a A
	6	97,1 ± 1,5 ^a A	97,9 ± 1,3 ^{a,b} A	97,7 ± 1,7 ^{a,b} A	96,5 ± 1,1 ^a A	96,8 ± 1,4 ^a A
	8	103,2 ± 1,5 ^{b,c} A	102,5 ± 1,2 ^{b,c} A	102,9 ± 1,6 ^{b,c} A	102,9 ± 1,2 ^b A	102,7 ± 1,3 ^b A
	10	105,3 ± 1,6 ^c A	104,9 ± 1,3 ^c A	105,1 ± 1,6 ^c A	105,3 ± 1,2 ^b A	104,9 ± 1,9 ^b A
	12	111,4 ± 1,2 ^d A	112,0 ± 1,7 ^d A	111,6 ± 1,3 ^d A	112,2 ± 1,5 ^c A	111,9 ± 1,6 ^c A
	14	121,3 ± 1,3 ^e A	118,9 ± 1,5 ^e A	120,7 ± 1,4 ^e A	121,6 ± 1,2 ^d A	121,1 ± 1,8 ^d A
16	127,4 ± 1,2 ^f A	123,2 ± 1,3 ^e A	126,8 ± 1,2 ^f A	126,4 ± 1,5 ^d A	127,5 ± 1,2 ^e A	

Vysvětlení označení:

* plocha tukových kuliček (μm^2), vyjádřená jako průměr ± standardní odchylka (n = 24)

** zralost přírodního sýra (týdny)

*** první vrstva je nejbližší víčku a pátá vrstva je nejbližší dnu kelímku

1,5 % 100:0 - vzorek s přidavkem 1,5 % w/w kyseliny adipové

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

Tab. 4.15: Počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorku 2,0 % w/w AK (100:0) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Zralost suroviny**	Vrstva vzorku ***				
		1.	2.	3.	4.	5.
2,0 % 100:0	1	1173 ± 5 * ^a A	1175 ± 2 ^a A	1106 ± 6 ^a B	1006 ± 5 ^a C	991 ± 7 ^{a,e} C
	2	1172 ± 7 ^a A	1153 ± 7 ^b A	1022 ± 4 ^b B	1167 ± 8 ^b A	1114 ± 5 ^b C
	4	1168 ± 6 ^a A,B	1143 ± 7 ^b A	1172 ± 5 ^c B	1115 ± 4 ^c C	1004 ± 9 ^a D
	6	1149 ± 9 ^{a,b} A	1132 ± 5 ^b A,B	1112 ± 7 ^a B	1067 ± 4 ^d C	1006 ± 5 ^a D
	8	1137 ± 5 ^b A	1121 ± 6 ^b A	1136 ± 8 ^a A	1024 ± 4 ^c B	1003 ± 8 ^a B
	10	1125 ± 6 ^b A	1131 ± 5 ^b A	1118 ± 4 ^a A	1020 ± 2 ^c B	1007 ± 3 ^a C
	12	1473 ± 5 ^c A	1368 ± 8 ^c B	1004 ± 6 ^b C	1066 ± 5 ^d D	937 ± 4 ^c E
	14	1445 ± 5 ^d A	1431 ± 6 ^d A	1147 ± 3 ^c B	991 ± 2 ^f C	1053 ± 4 ^d D
	16	1507 ± 6 ^e A	1435 ± 4 ^d B	1124 ± 7 ^a C	1015 ± 2 ^{a,e} D	976 ± 3 ^e E

Vysvětlení označení:

* počet tukových kuliček, vyjádřený jako průměr ± standardní odchylka (n = 24)

** zralost přírodního sýra (týdny)

*** první vrstva je nejbližší víčku a pátá vrstva je nejbližší dnu kelímku

2,0 % 100:0 - vzorek s přídavkem 2,0 % w/w kyseliny adipové

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

Tab. 4.16: Plocha tukových kuliček (μm^2) v jednotlivých vrstvách vzorku 2,0 % w/w AK (100:0) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Zralost suroviny**	Vrstva vzorku ***				
		1.	2.	3.	4.	5.
2,0 % 100:0	1	94,3 ± 1,1 * ^a A	94,8 ± 1,5 ^a A	94,6 ± 1,2 ^a A	94,1 ± 1,5 ^a A	94,8 ± 1,6 ^a A
	2	95,3 ± 1,4 ^a A	94,9 ± 1,3 ^a A	95,2 ± 1,6 ^a A	94,8 ± 1,4 ^a A	95,2 ± 1,3 ^a A
	4	96,4 ± 1,3 ^a A	96,3 ± 1,2 ^a A	95,6 ± 1,4 ^a A	96,1 ± 1,7 ^a A	95,9 ± 1,1 ^a A
	6	96,5 ± 1,4 ^a A	95,9 ± 1,3 ^a A	95,7 ± 1,1 ^a A	96,5 ± 1,5 ^a A	96,5 ± 1,7 ^a A
	8	96,7 ± 1,3 ^a A	97,3 ± 1,4 ^a A	96,9 ± 1,2 ^a A	97,1 ± 1,2 ^a A	96,7 ± 1,5 ^a A
	10	105,6 ± 1,7 ^b A	104,9 ± 1,2 ^b A	105,1 ± 1,8 ^b A	105,3 ± 1,4 ^b A	104,9 ± 1,4 ^b A
	12	111,7 ± 1,1 ^c A	112,0 ± 1,2 ^c A	111,9 ± 1,3 ^c A	112,0 ± 1,1 ^c A	111,9 ± 1,3 ^c A
	14	119,4 ± 1,7 ^d A	118,3 ± 1,2 ^d A	118,8 ± 1,5 ^d A	118,9 ± 1,2 ^d A	118,7 ± 1,3 ^d A
	16	126,1 ± 1,3 ^e A	126,4 ± 1,6 ^e A	126,1 ± 1,7 ^e A	125,9 ± 1,5 ^e A	126,5 ± 1,7 ^e A

Vysvětlení označení:

* plocha tukových kuliček (μm^2), vyjádřená jako průměr ± standardní odchylka (n = 24)

** zralost přírodního sýra (týdny)

*** první vrstva je nejbližší víčku a pátá vrstva je nejbližší dnu kelímku

2,0 % 100:0 - vzorek s přídavkem 2,0 % w/w kyseliny adipové

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

Tab. 4.17: Počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorku 1,0 % w/w AK:AS (75:25) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Zralost suroviny**	Vrstva vzorku ***				
		1.	2.	3.	4.	5.
1,0 % 75:25	1	1346 ± 6 * ^a A	1254 ± 4 ^a B	1348 ± 7 ^a A	1041 ± 4 ^a C	1037 ± 2 ^a C
	2	1426 ± 4 ^b A	1147 ± 5 ^{b,c} B	1112 ± 2 ^b C	1187 ± 7 ^b D	1104 ± 6 ^{b,d} C
	4	1188 ± 3 ^c A	1147 ± 2 ^b B	1023 ± 6 ^{c,d} C	996 ± 6 ^c D	853 ± 2 ^c E
	6	1149 ± 5 ^d A	1132 ± 4 ^c A,C	1015 ± 5 ^c B	1002 ± 7 ^c B	1120 ± 7 ^d C
	8	1133 ± 7 ^{d,e} A	1115 ± 2 ^d B	1036 ± 4 ^d C	1008 ± 6 ^c D	975 ± 3 ^c E
	10	1115 ± 5 ^e A	1031 ± 3 ^e B	1018 ± 5 ^c B	993 ± 5 ^c C	823 ± 6 ^f D
	12	1306 ± 9 ^f A	1260 ± 4 ^a B	1204 ± 2 ^c C	1136 ± 3 ^d D	1022 ± 7 ^a E
	14	1425 ± 2 ^b A	1367 ± 7 ^f B	1321 ± 2 ^f C	1015 ± 6 ^c D	1021 ± 8 ^a D
	16	1562 ± 5 ^g A	1435 ± 2 ^g B	1105 ± 5 ^g C	994 ± 5 ^c D	981 ± 2 ^c D

Vysvětlení označení:

* počet tukových kuliček, vyjádřený jako průměr ± standardní odchylka (n = 24)

** zralost přírodního sýra (týdny)

*** první vrstva je nejbližší víčku a pátá vrstva je nejbližší dnu kelímku

1,0 % 75:25 - vzorek s přídavkem 1,0 % w/w kyseliny adipové a adipanu sodného v poměru 75:25

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

Tab. 4.18: Plocha tukových kuliček (μm^2) v jednotlivých vrstvách vzorku 1,0 % w/w AK:AS (75:25) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Zralost suroviny**	Vrstva vzorku ***				
		1.	2.	3.	4.	5.
1,0 % 75:25	1	92,4 ± 1,6 ^a A	91,8 ± 1,6 ^a A	91,6 ± 1,7 ^a A	92,2 ± 1,7 ^a A	91,8 ± 1,8 ^a A
	2	93,2 ± 1,5 ^a A	92,9 ± 1,3 ^a A	93,4 ± 1,5 ^a A	92,6 ± 1,3 ^a A	93,2 ± 1,4 ^a A
	4	95,1 ± 1,6 ^a A	95,3 ± 1,8 ^a A	94,6 ± 1,2 ^a A	95,1 ± 1,6 ^a A	94,9 ± 1,2 ^a A
	6	95,9 ± 1,1 ^a A	96,0 ± 1,3 ^a A	95,7 ± 1,2 ^a A	96,1 ± 1,4 ^a A	96,2 ± 1,6 ^a A
	8	96,8 ± 1,2 ^a A	97,1 ± 1,5 ^a A	96,9 ± 1,8 ^a A	97,0 ± 1,4 ^a A	96,6 ± 1,2 ^a A
	10	106,2 ± 1,2 ^b A	105,8 ± 1,3 ^b A	105,7 ± 1,5 ^b A	105,9 ± 1,1 ^b A	105,9 ± 1,3 ^b A
	12	112,3 ± 1,6 ^c A	112,6 ± 1,7 ^c A	111,7 ± 1,2 ^c A	112,2 ± 1,6 ^c A	112,3 ± 1,1 ^c A
	14	121,5 ± 1,3 ^d A	121,4 ± 1,4 ^d A	120,8 ± 1,6 ^d A	120,9 ± 1,5 ^d A	120,7 ± 1,2 ^d A
	16	128,3 ± 1,4 ^e A	127,8 ± 1,3 ^e A	128,1 ± 1,3 ^e A	127,9 ± 1,4 ^e A	128,5 ± 1,4 ^e A

Vysvětlení označení:

* plocha tukových kuliček (μm^2), vyjádřená jako průměr ± standardní odchylka (n = 24)

** zralost přírodního sýra (týdny)

*** první vrstva je nejbližší víčku a pátá vrstva je nejbližší dnu kelímku

1,0 % 75:25 - vzorek s přídatkem 1,0 % w/w kyseliny adipové a adipanu sodného v poměru 75:25

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

Tab. 4.19: Počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorku 2,0 % w/w AS (0:100) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Zralost suroviny**	Vrstva vzorku ***				
		1.	2.	3.	4.	5.
2,0 % 0:100	1	1426 ± 2 * ^a A	1454 ± 8 ^a B	1218 ± 2 ^a C	1023 ± 7 ^{a,b} D	857 ± 8 ^a E
	2	1223 ± 5 ^b A	1267 ± 3 ^b B	1006 ± 4 ^b C	1045 ± 6 ^a D	1040 ± 3 ^b D
	4	1381 ± 8 ^c A	1242 ± 5 ^c B	1125 ± 6 ^c C	1003 ± 8 ^{b,c} D	874 ± 5 ^a E
	6	1169 ± 4 ^d A	1112 ± 3 ^{d,e} B	1005 ± 9 ^b C	1102 ± 2 ^d D	915 ± 2 ^c E
	8	1131 ± 4 ^e A	1125 ± 5 ^d A,B	1123 ± 2 ^c A	1108 ± 4 ^d B	1013 ± 5 ^d C
	10	1124 ± 3 ^e A	1101 ± 6 ^e B	1083 ± 8 ^d B	1028 ± 5 ^{a,b,c} C	946 ± 2 ^e D
	12	1284 ± 4 ^f A	1127 ± 5 ^d B	1104 ± 2 ^e C	1106 ± 4 ^d C	994 ± 8 ^{d,f} D
	14	1645 ± 3 ^g A	1324 ± 9 ^e B	1306 ± 4 ^f B	1013 ± 5 ^c C	1001 ± 6 ^{d,f} C
	16	1221 ± 3 ^b A	1125 ± 6 ^d B	1308 ± 2 ^f C	1015 ± 5 ^c D	986 ± 7 ^f E

Vysvětlení označení:

* počet tukových kuliček, vyjádřený jako průměr ± standardní odchylka (n = 24)

** zralost přírodního sýra (týdny)

*** první vrstva je nejbližší víčku a pátá vrstva je nejbližší dnu kelímku

2,0 % 0:100 - vzorek s přídavkem 2,0 % w/w adipanu sodného

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

Tab. 4.20: Plocha tukových kuliček (μm^2) v jednotlivých vrstvách vzorku 2,0 % w/w AS (0:100) po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Zralost suroviny**	Vrstva vzorku ***				
		1.	2.	3.	4.	5.
2,0 % 0:100	1	91,3 ± 1,3 * ^a A	90,4 ± 1,2 ^a A	91,6 ± 1,8 ^a A	91,2 ± 1,1 ^a A	90,8 ± 1,3 ^a A
	2	93,1 ± 1,5 ^{a,b} A	92,9 ± 1,4 ^{a,b} A	92,8 ± 1,6 ^{a,b} A	92,8 ± 1,3 ^{a,b} A	93,3 ± 1,2 ^a A
	4	96,3 ± 1,3 ^{a,b,c} A	95,8 ± 1,6 ^{a,b,c} A	95,6 ± 1,1 ^{a,b} A	96,1 ± 1,3 ^{b,c} A	96,2 ± 1,8 ^{a,b} A
	6	97,1 ± 1,4 ^{b,c} A	96,9 ± 1,3 ^{b,c,d} A	96,7 ± 1,5 ^{a,b} A	97,3 ± 1,5 ^{b,c} A	96,6 ± 1,7 ^{a,b} A
	8	99,1 ± 1,3 ^{c,d} A	99,5 ± 1,1 ^{c,d} A	98,9 ± 1,5 ^{b,c} A	98,7 ± 1,6 ^c A	98,9 ± 1,2 ^{b,c} A
	10	102,3 ± 1,1 ^d A	102,6 ± 1,6 ^d A	103,0 ± 1,6 ^c A	102,7 ± 1,5 ^d A	102,9 ± 1,4 ^c A
	12	109,5 ± 1,4 ^e A	108,9 ± 1,2 ^e A	108,8 ± 1,1 ^d A	109,2 ± 1,5 ^e A	108,9 ± 1,1 ^d A
	14	121,2 ± 1,5 ^f A	120,9 ± 1,2 ^f A	120,7 ± 1,4 ^e A	120,6 ± 1,1 ^f A	119,9 ± 1,4 ^e A
	16	133,2 ± 1,6 ^g A	133,0 ± 1,4 ^g A	132,8 ± 1,2 ^f A	132,9 ± 1,4 ^g A	133,1 ± 1,7 ^f A

Vysvětlení označení:

* plocha tukových kuliček (μm^2), vyjádřená jako průměr ± standardní odchylka (n = 24)

** zralost přírodního sýra (týdny)

*** první vrstva je nejbližší víčku a pátá vrstva je nejbližší dnu kelímku

2,0 % 0:100 - vzorek s přídatkem 2,0 % w/w adipanu sodného

^a - rozdílné horní indexy v každém sloupci značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

A - rozdílné indexy v každém řádku značí statisticky významný rozdíl (P < 0,01)

Výrobky s obsahem 1,5 % w/w AK (100:0) bez přídavku TS (vyráběné ze suroviny o konstantní zralosti) nevykazovaly obdobný počet tukových kuliček v jednotlivých vrstvách vzorků pro zralosti 1, 6, 8, 10, 12, 14 a 16 týdnů ($P < 0,01$). Výrobky tavené s 2 a 4týdenní surovinou obsahovaly obdobný počet tukových kuliček ve všech 5 analyzovaných vrstvách ($P > 0,01$). Počet tukových kuliček se s rostoucí dobou zralosti přírodního sýra signifikantně snižoval ($P < 0,01$), s výjimkou zralosti 12, 14 a 16 týdnů, kdy se počet tukových kuliček významně zvýšil v první a druhé vrstvě vzorků ($P < 0,01$). Jednotlivé vrstvy (u výrobků vyrobených z dané zralosti) se signifikantně v průměrné velikosti tukových kuliček nelišily ($P > 0,01$). S prodlužující se dobou zrání přírodního sýra se plocha tukových kuliček ve vzorcích zvětšovala ($P < 0,01$). Výrobky s přídavkem 1,5 % w/w AK (100:0) s použitou zralostí 2 a 4 týdny je možné prohlásit za homogenní. Vzorky s 1,5 % w/w AK (100:0) je nutné prohlásit za mikroskopicky nehomogenní pro zralosti přírodního sýra 1, 6, 8, 10, 12, 14 a 16 týdnů.

Vzorky s přídavkem 2,0 % w/w AK (100:0) bez přídavku TS (z přírodního sýra o konstantní zralosti) neměly obdobný počet tukových kuliček v analyzovaných vrstvách u všech použitých zralostí suroviny ($P < 0,01$). Počet tukových kuliček se s rostoucí dobou zralosti přírodního sýra signifikantně snižoval ($P < 0,01$), s výjimkou zralosti 12, 14 a 16 týdnů, kdy počet tukových kuliček významně stoupl v první a druhé vrstvě vzorku ($P < 0,01$). Průměrná velikost jedné tukové kuličky se ve vrstvách vzorků nelišila ($P > 0,01$). Velikost tukových kuliček se se zvyšující se dobou zrání suroviny zvětšovala ($P < 0,01$). Výrobky s obsahem 2,0 % w/w AK (100:0) je nutné prohlásit za mikroskopicky nehomogenní pro všechny sledované zralosti přírodního sýra (1 – 16 týdnů).

Produkty s obsahem 1,0 % w/w AK:AS (75:25) bez přídavku TS (vyrobených ze suroviny o konstantní zralosti) neměly obdobný počet tukových kuliček v analyzovaných vrstvách u všech použitých zralostí suroviny ($P < 0,01$). Počet tukových kuliček se s rostoucí dobou zralosti přírodního sýra signifikantně snižoval ($P < 0,01$), s výjimkou zralosti 12, 14, 16 týdnů, kdy počet tukových kuliček významně stoupl ve všech 5 vrstvách vzorků ($P < 0,01$). Dále při použití 4 týdněného přírodního sýra vzorek vykazoval v páté vrstvě signifikantně nižší množství tukových kuliček ve srovnání se zralostí suroviny 6 týdnů ($P < 0,01$). Průměrná velikost jedné tukové kuličky se ve vrstvách vzorků v rámci stejné zralosti nelišila ($P > 0,01$). Velikost tukových kuliček se se zvyšující se dobou zrání suroviny zvětšovala ($P < 0,01$). Výrobky s obsahem 1,0 % w/w AK:AS (75:25) je nutné prohlásit za mikroskopicky nehomogenní pro všechny sledované zralosti přírodního sýra (1 – 16 týdnů).

Vzorky s přídavkem 2,0 % w/w AS (0:100) bez přídavku TS (vyrobených z přírodního sýra o konstantní zralosti) neměly obdobný počet tukových kuliček v analyzovaných vrstvách u všech použitých zralostí suroviny ($P < 0,01$). Počet

tukových kuliček se s rostoucí dobou zralosti přírodního sýra signifikantně snižoval ($P < 0,01$), s výjimkou zralosti 12, 14, 16 týdnů, kdy počet tukových kuliček významně stoupl ve všech 5 vrstvách vzorků ($P < 0,01$). Dále při použití 8 týdenního přírodního sýra vzorek vykazoval ve třetí a páté vrstvě signifikantně vyšší množství tukových kuliček ve srovnání se zralostí suroviny 6 týdnů ($P < 0,01$). Průměrná velikost jedné tukové kuličky se ve vrstvách vzorků v rámci stejné zralosti nelišila ($P > 0,01$). Velikost tukových kuliček se zvětšovala s narůstající dobou zrání suroviny ($P < 0,01$). Výrobky s obsahem s přídavkem 2,0 % w/w AS (0:100) je nutné prohlásit za mikroskopicky nehomogenní pro všechny sledované zralosti přírodního sýra (1 – 16 týdnů).

4.4.4. Výsledky texturní analýzy

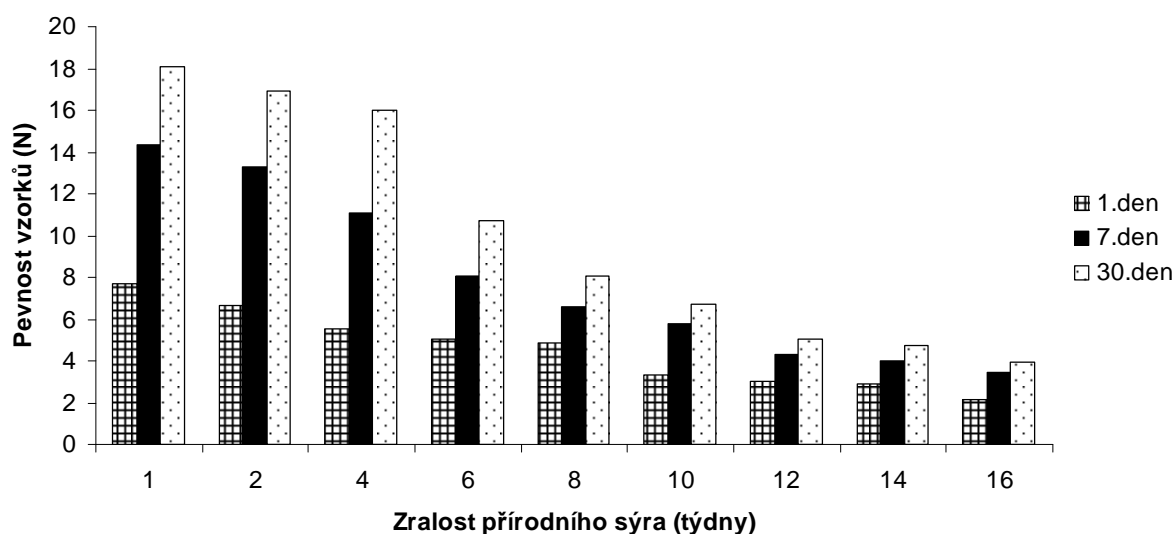
V rámci Fáze 4 byla provedena u modelových i kontrolních vzorků texturní analýza. Sledována byla tvrdost, relativní lepivost a soudržnost v den výroby, 7. a 30. den skladování (6 ± 2 °C). Vzorky byly před měřením temperovány 4 hodiny v temperační komoře při 16 °C.

Tvrđost

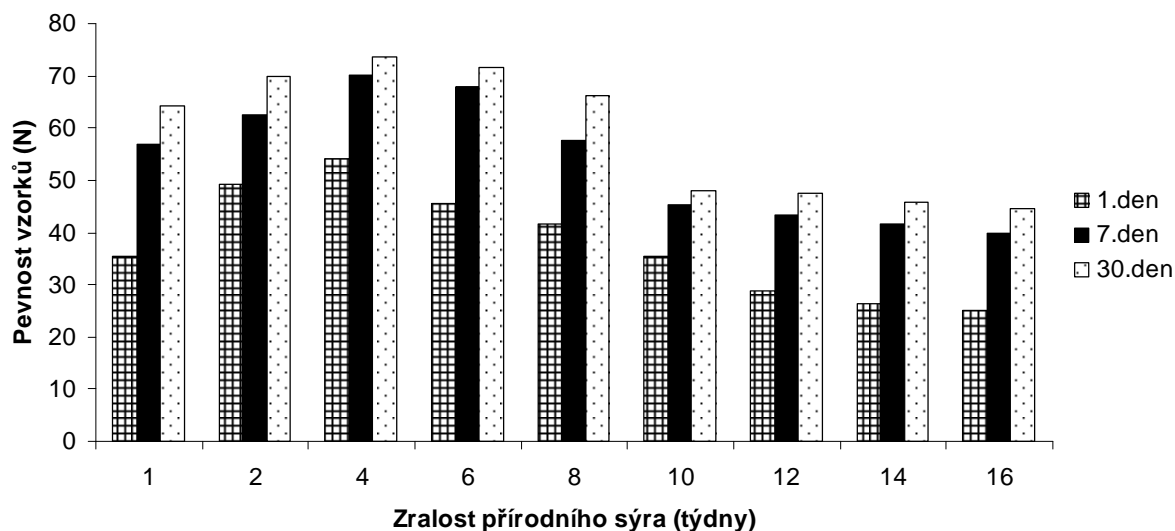
Hodnoty pevnosti vzorků KTS jsou prezentovány na obrázku 4.15. Nejvyšší tvrdost byla zaznamenána u produktů vyrobených ze sýra o 1 – 2 týdnech zralosti ($P < 0,05$). S narůstající dobou zralosti suroviny (4 – 12 týdnů) hodnoty tvrdosti postupně klesaly ($P < 0,05$). Tvrđost vzorků vyrobených ze sýrů o zralosti 12 – 16 týdnů se již nelišila ($P > 0,05$). Nejnižší tvrdost měly vzorky v den výroby a tento parametr se s dobou skladování signifikantně zvyšoval ($P < 0,05$; srovnávány byly vždy vzorky vyrobené ze suroviny s danou zralostí). Hodnoty tvrdosti měřené 7. a 30. den po výrobě u vzorků ze suroviny o zralosti 10 a více týdnů se již signifikantně nelišily ($P > 0,05$).

Průběh vývoje pevnosti vzorků KK je zobrazen na obrázku 4.16. Sledovaný parametr rostl se zvyšujícím se stupněm prozrálости suroviny, a to do 4 týdnů zralosti ($P < 0,05$). Následně docházelo k relativně rychlému poklesu pevnosti při použití sýrů se zralostí 6 – 10 týdnů ($P < 0,05$). U většiny vzorků vyrobených ze suroviny zralé 12 – 16 týdnů již nedocházelo k podstatným změnám hodnot tvrdosti ($P > 0,05$). Tvrđost vzorků měřených v den výroby byla vždy signifikantně nižší než hodnoty tohoto parametru v 7. a 30. den po výrobě ($P > 0,05$), a to bez ohledu na stupeň prozrálости suroviny. U všech vzorků byla tvrdost 30. den po výrobě vyšší než 7. den po výrobě – tyto rozdíly však nebyly signifikantní ($P > 0,05$). Hodnoty tvrdosti vzorků KK byly vždy signifikantně

vyšší než odpovídající si vzorky KTS (vyrobené ze suroviny o stejné zralosti a měřené ve stejný den po výrobě; $P < 0,05$). Vzorky KK vykazovaly několikanásobně vyšší hodnoty tvrdosti než vzorky KTS ($P < 0,05$).



Obr. 4.15: Závislost tvrdosti vzorku KTS na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)



Obr. 4.16: Závislost tvrdosti vzorku KK na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)

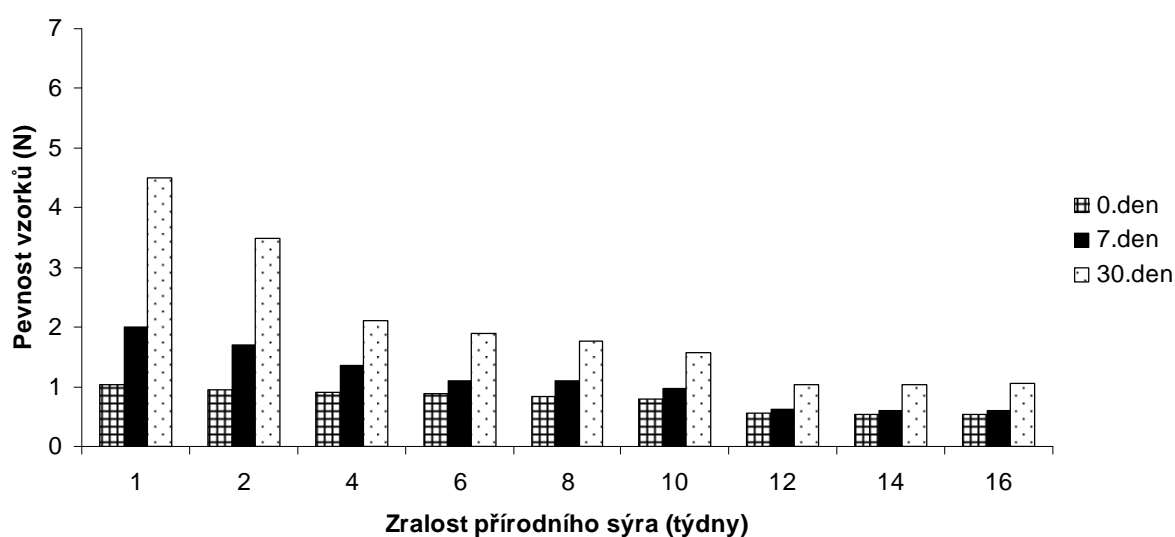
Modelové vzorky s přidavky 1,0; 1,5; 2,0 % w/w AK (100:0), 1,0 % w/w AK:AS (75:25) a 2,0 % w/w AS (0:100) vykazovaly obdobný trend vývoje pevnosti. Nejpevnější byly vzorky vyrobené z málo prozrálé suroviny, vzorky obsahující pouze AK (1,0; 1,5; 2,0 % w/w 100:0) při zralosti 1 týden, vzorky obsahující AS (1,0 % w/w 75:25, 2,0 % w/w 0:100) při stáří suroviny 1 – 2 týdny. Sledovaný parametr se s rostoucí dobou zrání suroviny dále snižoval.

Tvrdość vzorků byla nejnižší pro vzorky 1,0; 1,5; 2,0 % w/w AK (100:0) při použití zralosti suroviny 12 – 16 týdnů. U vzorků 1,0 % w/w AK:AS (75:25) a 2,0 % w/w AS (0:100) při zralosti suroviny 10 – 16 týdnů, kdy se již hodnoty pro jednotlivé zralosti významně nelišily. Z hlediska doby skladování se daný parametr zvyšoval s rostoucí délkou skladování. Hodnoty tvrdości měřené 7. a 30. den po výrobě vykazovaly obdobný trend jako vzorky měřené v den výroby.

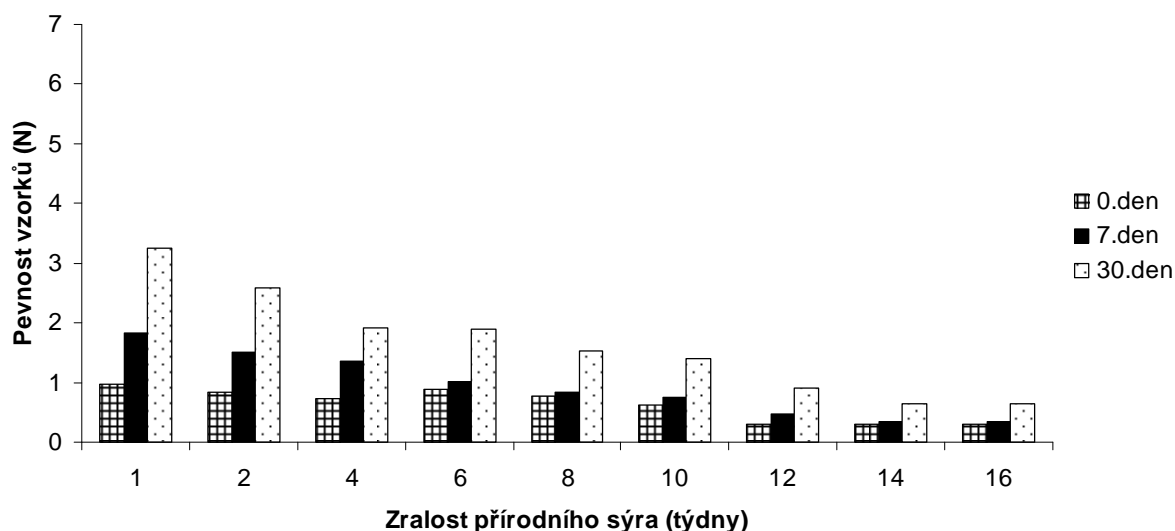
Vývoj pevnosti vzorků KTS, KK, 1,0 % w/w AK (100:0), 1,5 % w/w AK (100:0), 2,0 % w/w AK (100:0), 1,0 % w/w AK:AS (75:25), 2,0 % w/w AS (0:100) je zobrazen na obrázcích 4.17 – 4.21.



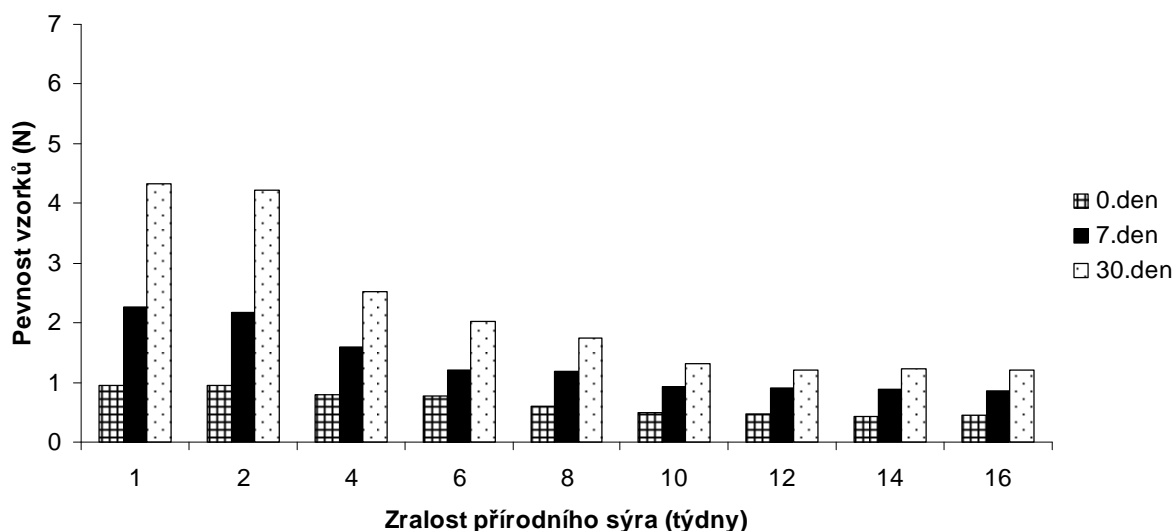
Obr. 4.17: Závislost tvrdości vzorku s 1,0 % w/w AK (100:0) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)



Obr. 4.18: Závislost tvrdości vzorku s 1,5 % w/w AK (100:0) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)

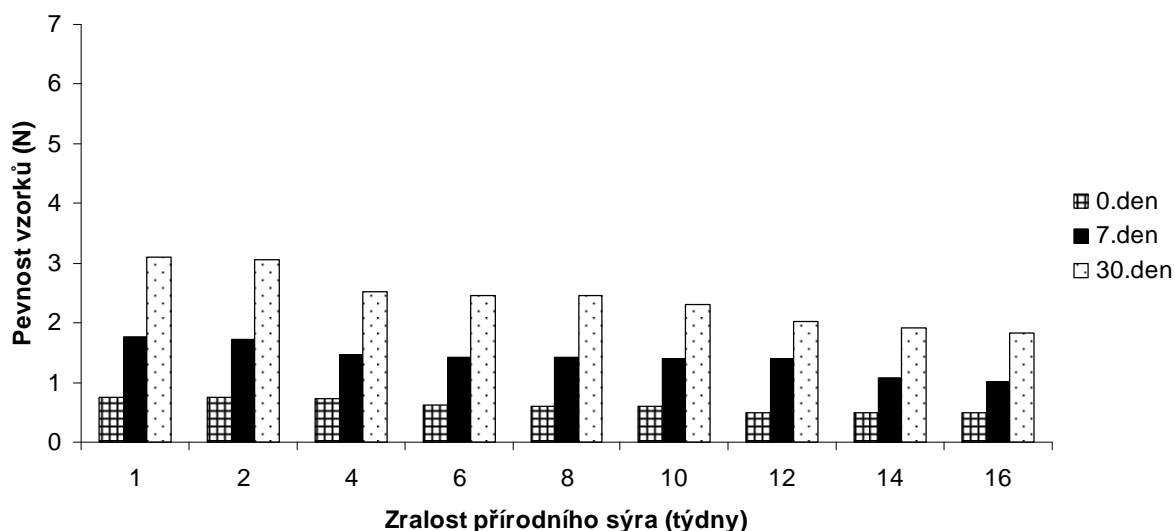


Obr. 4.19: Závislost tvrdosti vzorku s 2,0 % w/w AK (100:0) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)



Obr. 4.20: Závislost tvrdosti vzorku s 1,0 % w/w AK:AS (75:25) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)

U modelových vzorků vyrobených pouze s přidavkem AK (100:0) se pevnost produktů snižovala s rostoucí koncentrací AK. Hodnoty sledovaného parametru pro vzorek s 1,0 % w/w AK:AS (75:25) byly srovnatelné s pevností výrobku s 1,5 % w/w AK (100:0). Tvrdost vzorku s 2,0 % w/w AS (0:100) byla nižší než u výrobku s 2,0 % w/w AK (100:0). Platí, že pevnost vzorků se snižovala v následujícím pořadí: KK > KTS > 1,0 % w/w AK (100:0) > 1,5 % w/w AK (100:0) > 1,0 % w/w AK:AS (75:25) > 2,0 % w/w AK (100:0) > 2,0 % w/w AS (0:100).



Obr. 4.21: Závislost tvrdosti vzorku s 2,0 % w/w AS (0:100) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)

Relativní lepivost

Průběh vývoje relativní lepivosti vzorků KTS je zobrazen na obrázku 4.22. Nejvyšší relativní lepivost byla zaznamenána u produktů vyrobených ze suroviny v 16 týdnu zralosti. Sledovaný parametr se tedy zvyšoval s rostoucí prozrálostí přírodního sýra. Nejnížší hodnoty měl výrobek z 1 týdenní suroviny po 30 dnech skladování. Vzorky analyzované v den výroby vykazovaly nejvyšší relativní lepivost, která se dále snižovala s rostoucí dobou skladování.

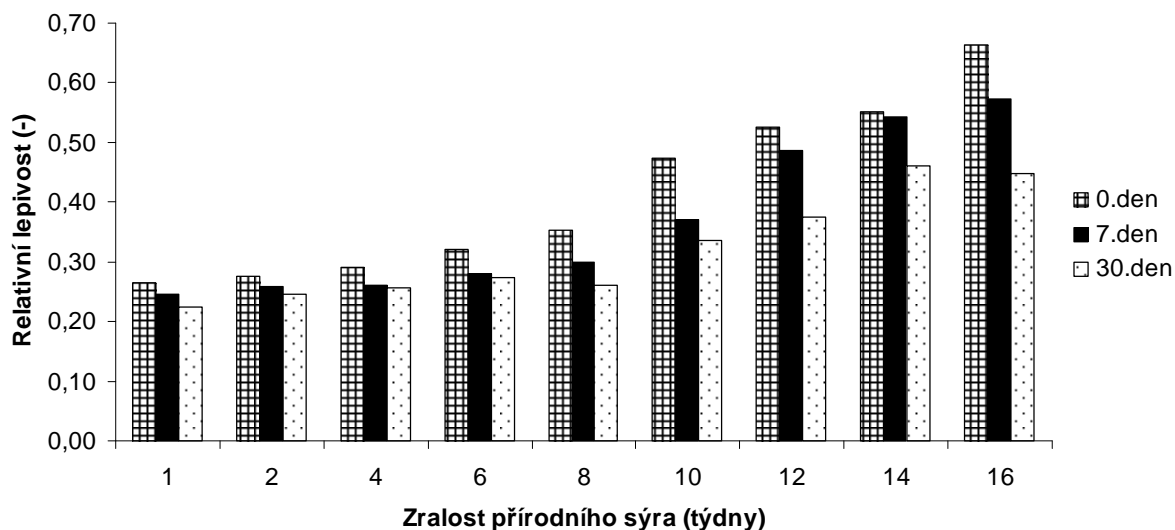
Hodnoty relativní lepivosti vzorků KK jsou znázorněny na obrázku 4.23. Nejvyšší hodnoty relativní lepivosti byly zjištěny u produktů vyrobených z přírodního sýra v 16 týdnu zralosti, a to v den výroby vzorků. Zároveň se parametr snižoval s rostoucí dobou skladování. Nejnížší hodnoty vykazoval výrobek z 1 týdenní suroviny po 30 dnech skladování.

Modelové vzorky s přísadkou 1,0; 1,5; 2,0 % w/w AK (100:0), 1,0 % w/w AK:AS (75:25) a 2,0 % w/w AS (0:100) měly obdobný trend vývoje relativní lepivosti. Nejnížší hodnoty parametru byly zaznamenány u vzorků vyrobených z málo prozralé suroviny (1 týden). Sledovaný parametr se s rostoucí dobou zrání přírodního sýra dále zvyšoval. Nejvyšší relativní lepivost byla u vzorků vyrobených z nejdéle zrající suroviny (16 týdnů). Z hlediska doby skladování se daný parametr snižoval s rostoucí délkou skladování. Hodnoty relativní lepivosti měřené 7. a 30. den po výrobě měly obdobný trend jako vzorky měřené v den výroby.

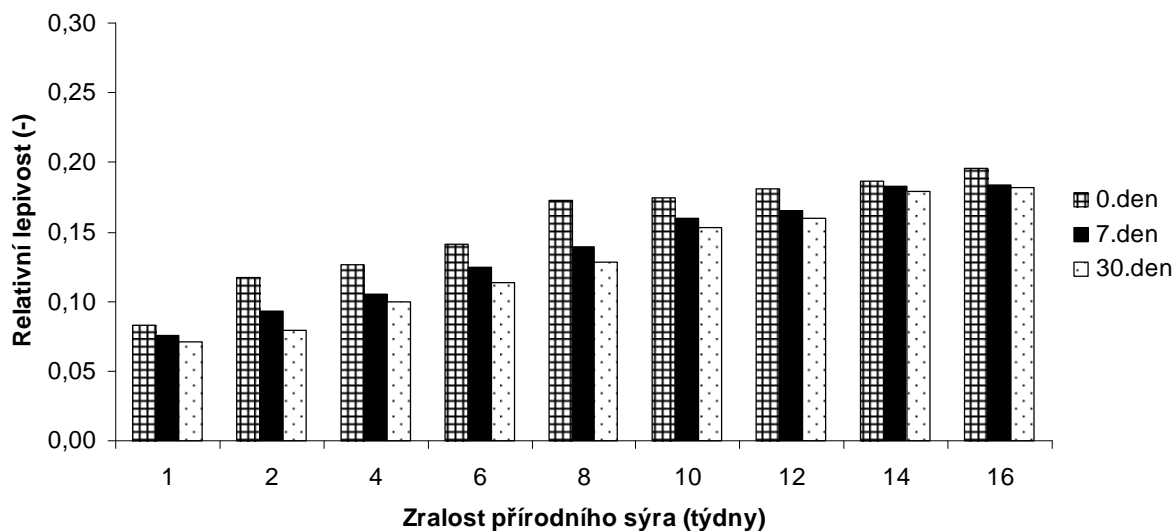
U vzorků vyrobených pouze s AK (100:0) se sledovaný parametr zvyšoval s rostoucí koncentrací AK. Vzorky se směsí AK a AS (75:25) i pouze s AS (0:100) měly nižší pevnost než vzorky pouze s AK. Platí, že relativní lepivost vzorků se zvyšovala v následujícím pořadí: $KK < 2,0 \text{ \% w/w AS (0:100)} <$

1,0 % w/w AK:AS (75:25) < 1,0 % w/w AK (100:0) < 1,5 % w/w AK (100:0) < 2,0 % w/w AK (100:0) < KTS.

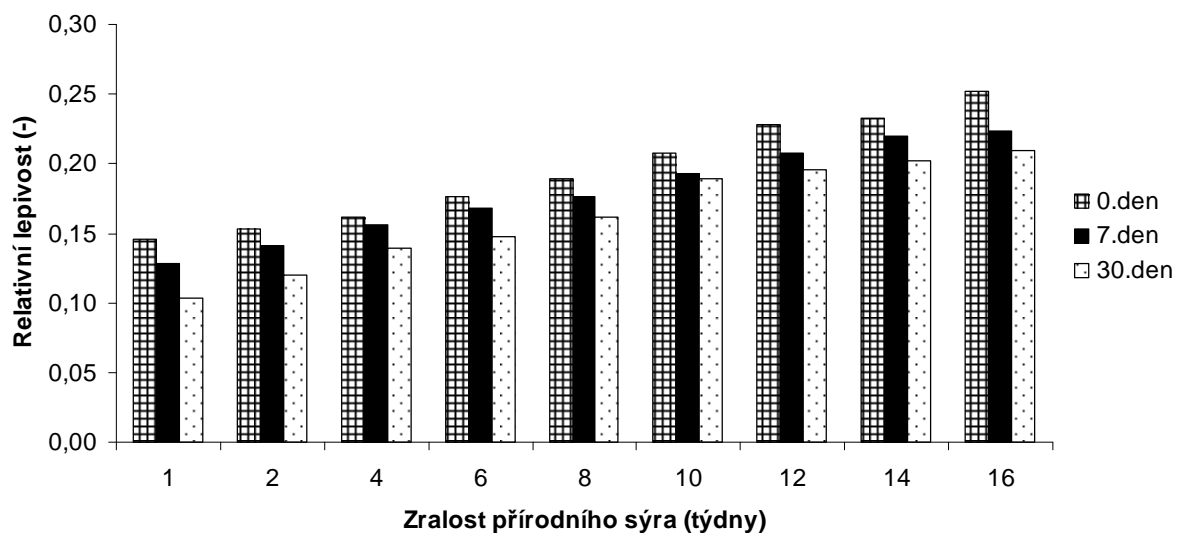
Vývoj relativní lepivosti vzorků KTS, KK, 1,0 % w/w AK (100:0), 1,5 % w/w AK (100:0), 2,0 % w/w AK (100:0), 1,0 % w/w AK:AS (75:25), 2,0 % w/w AS (0:100) je zobrazen na obrázcích Obr. 4.24 – Obr. 4.28.



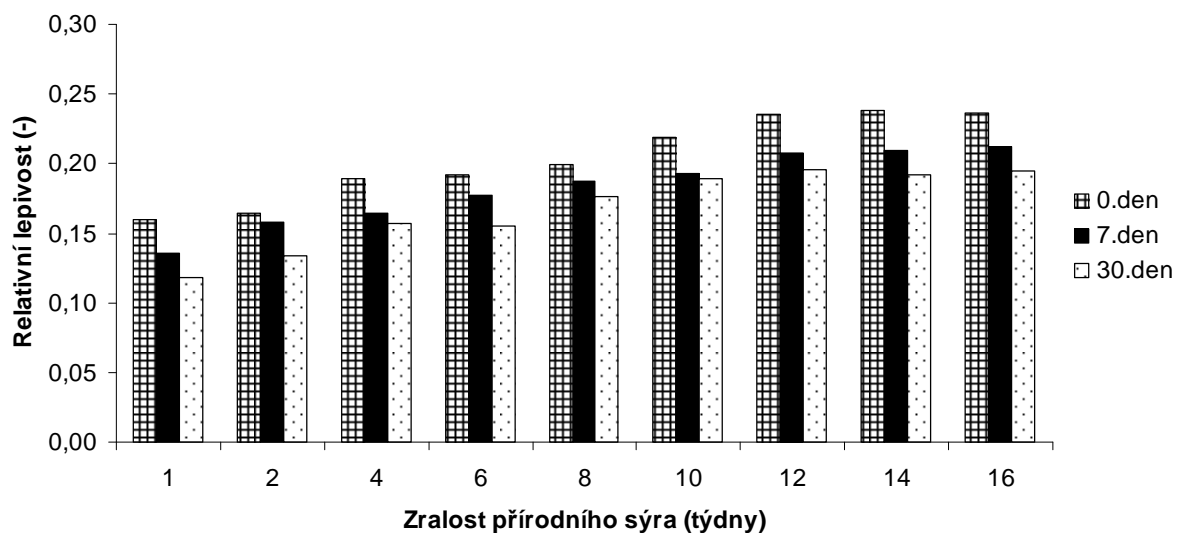
Obr. 4.22: Závislost relativní lepivosti vzorku KTS na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)



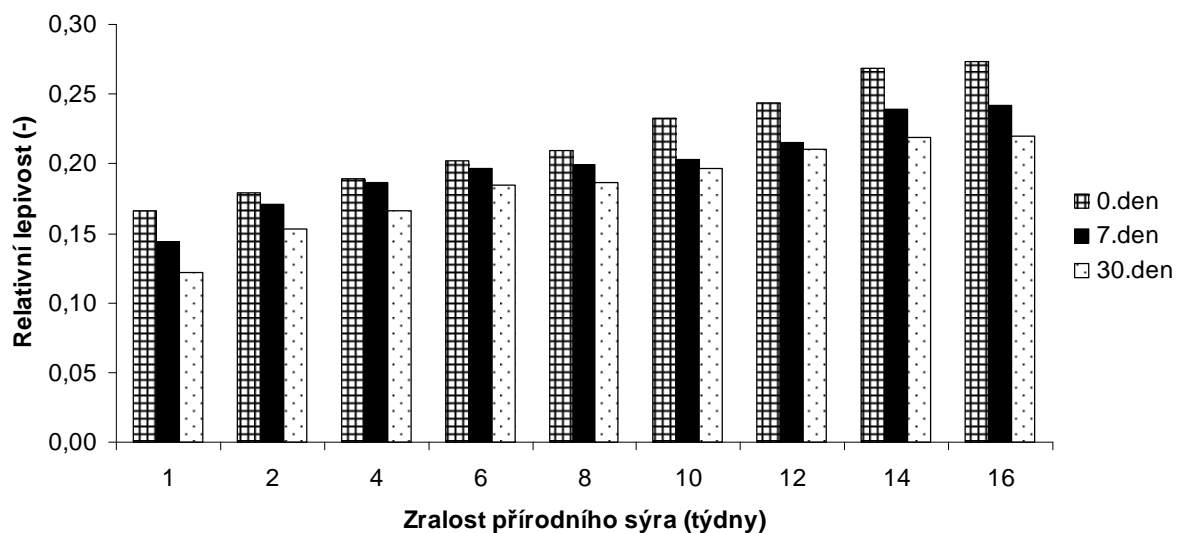
Obr. 4.23: Závislost relativní lepivosti vzorku KK na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)



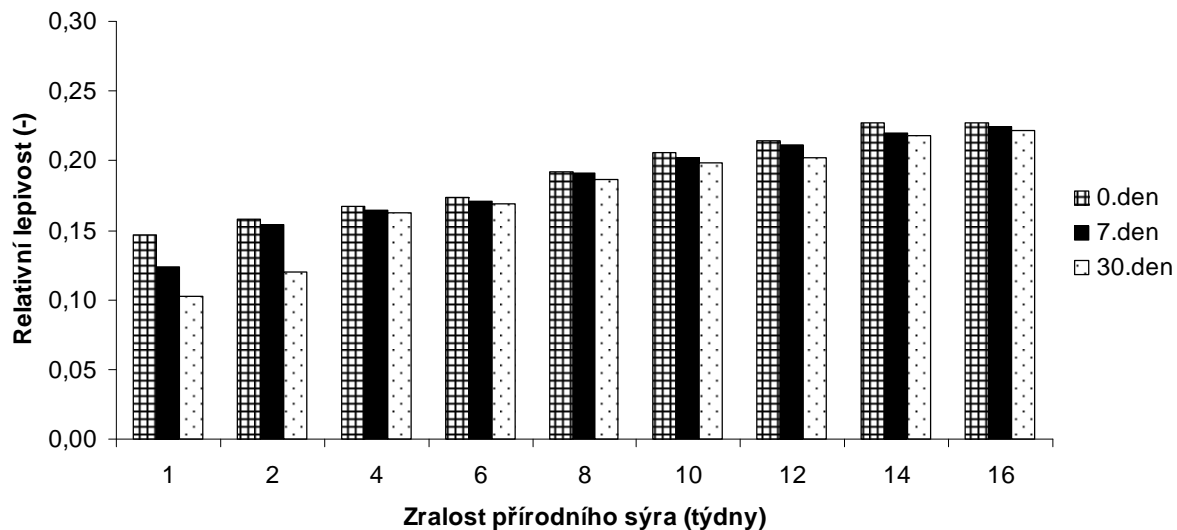
Obr. 4.24: Závislost relativní lepivosti vzorku s 1,0 % w/w AK (100:0) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)



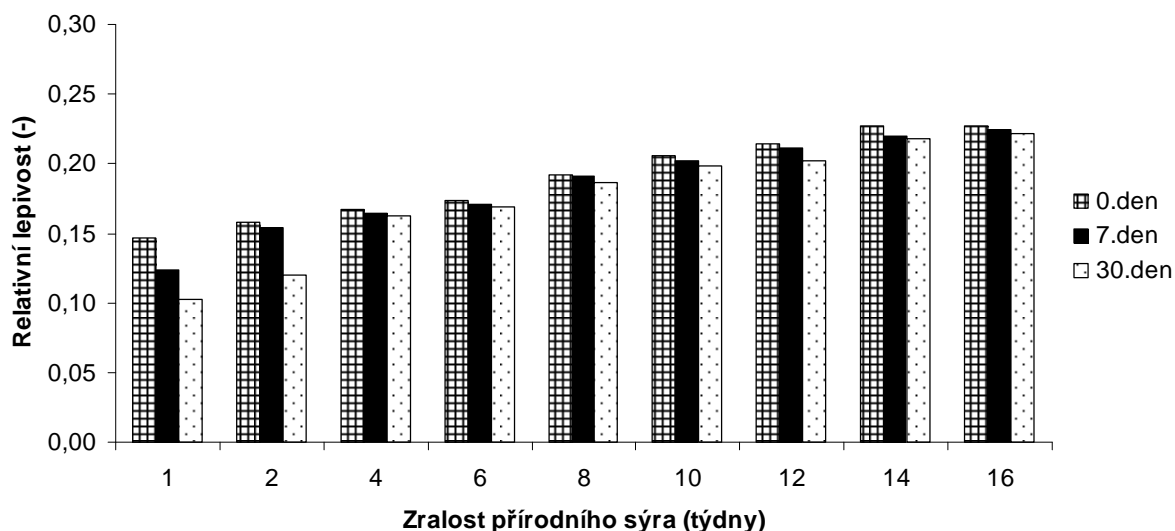
Obr. 4.25: Závislost relativní lepivosti vzorku s 1,5 % w/w AK (100:0) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)



Obr. 4.26: Závislost relativní lepivosti vzorku s 2,0 % w/w AK (100:0) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)



Obr. 4.27: Závislost relativní lepivosti vzorku s 1,0 % w/w AK:AS (75:25) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)



Obr. 4.28: Závislost relativní lepkivosti vzorku s 2,0 % w/w AS (0:100) na zralosti použité suroviny a době skladování (6 ± 2 °C)

Soudržnost

Hodnoty soudržnosti u vzorku KTS se v průběhu 30denního skladování pohybovaly mezi 0,479 – 0,531 (u všech testovaných stupňů prozrálosti základní suroviny). Nebyla zjištěna závislost hodnot soudržnosti KTS na stupni prozrálosti surovin. Sledovaný parametr u vzorku KK se u všech zralostí přírodního sýra v průběhu skladování nacházel v rozmezí 0,483 – 0,518. Nebyla zjištěna závislost soudržnosti vzorků KK na stupni prozrálosti surovin. Soudržnost vzorku 1,0 % w/w AK (100:0) byla v intervalu 0,462 – 0,515 (u všech použitých stupňů prozrálosti základní suroviny). Nebyla zjištěna závislost soudržnosti vzorku s 1,0 % w/w AK (100:0) na stupni prozrálosti surovin. U vzorku 1,5 % w/w AK (100:0) se hodnoty soudržnosti pohybovaly v rozmezí 0,453 – 0,513 (pro všechny prozrálosti přírodního sýra). Závislost soudržnosti vzorku s 1,5 % w/w AK (100:0) na stupni prozrálosti surovin nebyla zjištěna. Sledovaný parametr vzorku se 2,0 % w/w AK (100:0) se v průběhu skladování pohyboval v rozmezí 0,447 – 0,502 (u všech testovaných stupňů prozrálosti základní suroviny). U vzorku s 2,0 % w/w AK (100:0) nebyla zjištěna závislost na stupni prozrálosti surovin. Hodnoty soudržnosti vzorků 1,0 % w/w AK:AS (75:25) se v průběhu skladování pohybovaly v intervalu 0,457 – 0,522 (při užití všech stupňů prozrálosti sýra). Nebyla zjištěna závislost hodnot soudržnosti vzorku 1,0 % w/w AK:AS (75:25) na stupni prozrálosti surovin. U vzorku 2,0 % w/w AS (0:100) se hodnoty soudržnosti pohybovaly v rozmezí 0,461 – 0,518 (pro všechny prozrálosti přírodního sýra). Závislost soudržnosti vzorku s 2,0 % w/w AS (0:100) na stupni prozrálosti surovin nebyla zjištěna.

Platí, že soudržnost vzorků se snižovala v následujícím pořadí: KTS > KK > 1,0 % w/w AK (100:0) > 2,0 % w/w AS (0:100) > 1,0 % w/w AK:AS (75:25) > 1,5 % w/w AK (100:0) > 2,0 % w/w AK (100:0).

4.4.5. Výsledky roztékavosti

Ve čtvrté fázi byla sledována roztékavost vzorků pomocí modifikovaného Schreiber testu [166]. Vzorky byly nanесeny na skleněnou desku a vyfotografovány. Poté byly v sušárně vystaveny teplotě 232 ± 2 °C po dobu 5 minut a po ochlazení opět vyfotografovány. Fotografie byly vyhodnoceny dle vzorce (1) a výsledky jsou uvedeny v tabulce 4.21.

Tab. 4.21: Střední hodnoty stupně roztékavosti vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Roztékavost vzorků *									
	**	T1	T2	T4	T6	T8	T10	T12	T14	T16
1,0 % 100:0		103	105	105	106	108	111	113	115	116
1,0 % 75:25		103	104	104	105	106	110	112	113	114
1,5 % 100:0		104	104	105	107	109	112	115	117	119
2,0 % 100:0		104	105	105	108	111	115	118	120	123
2,0 % 0:100		103	104	104	105	107	109	110	112	113
KK		103	104	103	105	103	104	104	105	105
KTS		105	107	112	116	121	123	127	129	134

Vysvětlení označení:

* střední hodnoty stupně roztékavosti, dle vzorce $DM = (A_t/A_0) \cdot 100$, kde je A_t - plocha po záhřevu, A_0 - plocha před záhřevem

** vzorek s použitou koncentrací (w/w) a poměrem (kyselina adipová : adipan sodný)

T - zralost přírodního sýra (týdny)

KK - vzorek s přísávkem 1,0 % w/w κ -karagenanu

KTS - kontrolní vzorek obsahující 2,5 % w/w fosforečnanových tavicích solí

Jak je patrné z tabulky 4.21., roztékavost modelových vzorků 1,0 % w/w AK (100:0); 1,0 % w/w AK:AS (75:25); 1,5 % w/w AK (100:0); 2,0 % w/w AK (100:0) a 2,0 % w/w AS (0:100) se zvyšovala s rostoucí zralostí použité suroviny. U vzorků s přísávkem pouze AK (100:0) byl sledovaný parametr mírně vyšší, než v případě AS (0:100) nebo jejich směsi (75:25). S rostoucí

koncentrací AK ve vzorku se roztékavost mírně snižovala. Naopak u vzorku KK se roztékavost se zvyšující se prozrálostí přírodního sýra prakticky neměnila. Kontrolní vzorek KTS vykazoval v závislosti na délce zrání suroviny nejvýznamnější rozdíly, kdy se roztékavost výrazně zvyšovala s rostoucí délkou zrání přírodního sýra.

4.5. Výsledky Fáze 5

V rámci poslední fáze byla provedena mikrobiologická analýza v průběhu tříměsíčního skladovacího pokusu (6 ± 2 °C). Mikrobiologická stabilita byla sledována u mikroskopicky homogenních vzorků s přidavkem 1,5 % w/w AK (100:0), KK (1,0 % w/w κ -karagenan) a KTS (2,5 % w/w fosforečnanových solí). Byly taveny 2 řady vzorků s použitím sýra o zralosti 2 a 4 týdny, dle výsledků obrazové analýzy čtvrté fáze. Odběr vzorků byl realizován v den výroby, poté po 30, 60 a 90 dnech od výroby. Byl sledován celkový počet mezofilních aerobních a fakultativně anaerobních mikroorganismů, koliformní mikroorganismy, plísňe a kvasinky, počet aerobních a anaerobních sporulujících mikroorganismů. V rámci senzorické analýzy byla sledována i chuť a vůně mikroskopicky homogenních výrobků.

4.5.1. Výsledky chemické analýzy

Základní chemickou analýzou byl stanoven obsah vlhkosti a pH modelových vzorků tavených sýrů po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C). Obsah sušiny se pohyboval v rozmezí 39,88 – 40,14 % w/w. Zjištěné hodnoty pH vzorků jsou uvedeny v tabulce 4.22.

Hodnoty pH vzorků KTS s 2 a 4 týdenní surovinou se vzájemně nelišily ($P > 0,05$). Naopak u vzorků s 1,5 % w/w AK (100:0) i u vzorků KK se u jednotlivých zralostí téhož typu vzorku pH lišilo ($P < 0,05$).

Tab. 4.22: Hodnoty pH vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	pH*
T2 1,5 % 100:0	$4,72 \pm 0,01^a$
T4 1,5 % 100:0	$4,77 \pm 0,01^b$
T2 KK	$5,35 \pm 0,01^c$
T4 KK	$5,41 \pm 0,01^d$
T2 KTS	$5,55 \pm 0,01^e$
T4 KTS	$5,57 \pm 0,01^e$

Vysvětlení označení:

* hodnoty pH výrobku vyjádřeny jako průměr \pm S.D. (n = 8)

T - zralost přírodního sýra (týdny)

1,5 % - koncentrace použité látky (w/w)

100:0 - poměr přidávaných látek kyselina adipová : adipan sodný

KK - vzorek s přísávkem 1,0 % w/w κ -karagenanu

KTS - kontrolní vzorek obsahující 2,5 % w/w fosforečnanových tavicích solí

^a - rozdílné horní indexy značí statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$)

4.5.2. Výsledky senzoričké analýzy

U modelových i kontrolních vzorků byla pomocí senzoričké analýzy sledována homogenost, konzistence, vzhled, chuť a vůně, a to po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C). Zjištěný charakter sledovaných znaků je zobrazen v tabulce 4.23.

Nově sledovaná charakteristika chuť a vůně byla nejlépe hodnocena u kontrolních vzorků KTS (při zralosti sýra 2 i 4 týdny). Vzorky vykazovaly chuť i vůni typickou pro tavené sýry. Produkty KK s přísávkem 1,0 % w/w κ -karagenu (pro zralosti suroviny 2 i 4 týdny) byly hodnoceny jako chuťově málo výrazné, přesto sýrové chuti i vůně. Výrobky s obsahem 1,5 % w/w AK (100:0) (obě použité zralosti) byly zhodnoceny jako chuťově přijatelné, mírně nakyslé chuti a sýrové vůně.

Tab. 4.23: Hodnocení znaků sledovaných senzoričkou analýzou u modelových i kontrolních vzorků po 14 dnech skladování (6 ± 2 °C)

Vzorek	Vyhodnocení vzorku
T2 1,5 % 100:0	homogenní, lehce roztíratelné konzistence, matného vzhledu krátké struktury, nakyslé chuti přesto slabě sýrové, sýrové vůně
T4 1,5 % 100:0	homogenní, snadno roztíratelné konzistence, matného vzhledu, krátké struktury, nakyslé chuti přesto slabě sýrové, sýrové vůně
T2 KK	homogenní, krájitelné konzistence, matného vzhledu, méně výrazné přesto stále sýrové chuti, bez cizích pachutí, sýrové vůně
T4 KK	homogenní, krájitelné konzistence, matného vzhledu, méně výrazné přesto stále sýrové chuti, bez cizích pachutí, sýrové vůně
T2 KTS	homogenní, tuhé konzistence, vynikajícího hladkého vzhledu s výrazným leskem, čisté sýrové chuti charakteristické pro tavený sýr, harmonické sýrové vůně
T4 KTS	homogenní, tuhé konzistence, vynikajícího hladkého vzhledu s výrazným leskem, sýrové chuti typické pro tavený sýr, sýrové vůně typické pro daný výrobek

Vysvětlení označení:

T - zralost přírodního sýra (týdny)

1,5 % - koncentrace použité látky (w/w)

100:0 - poměr přidávaných látek kyselina adipová : adipan sodný

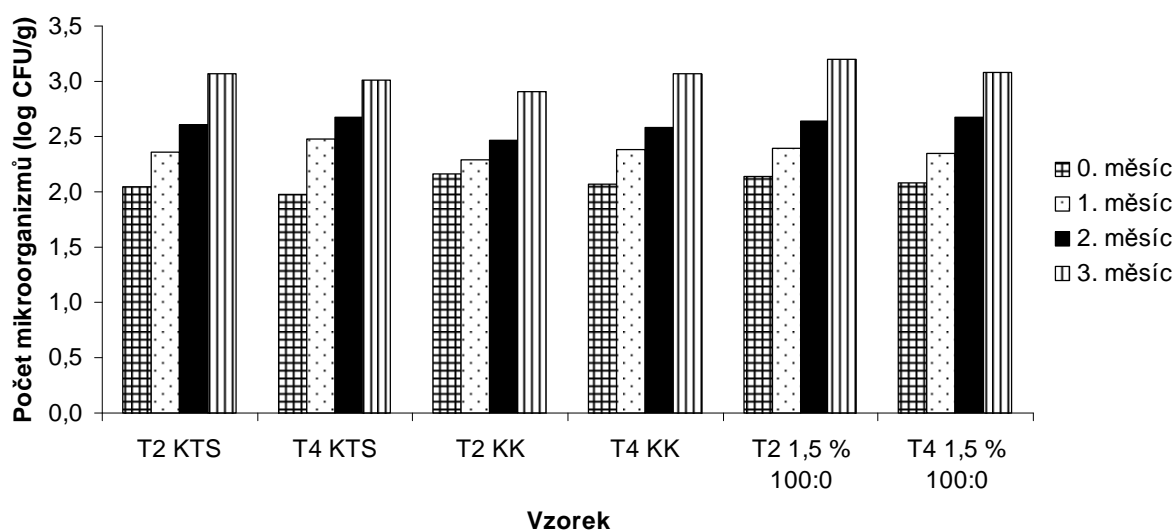
KK - vzorek s přísávkem 1,0 % w/w κ -karagenanu

KTS - kontrolní vzorek obsahující 2,5 % w/w fosforečnanových tavicích solí

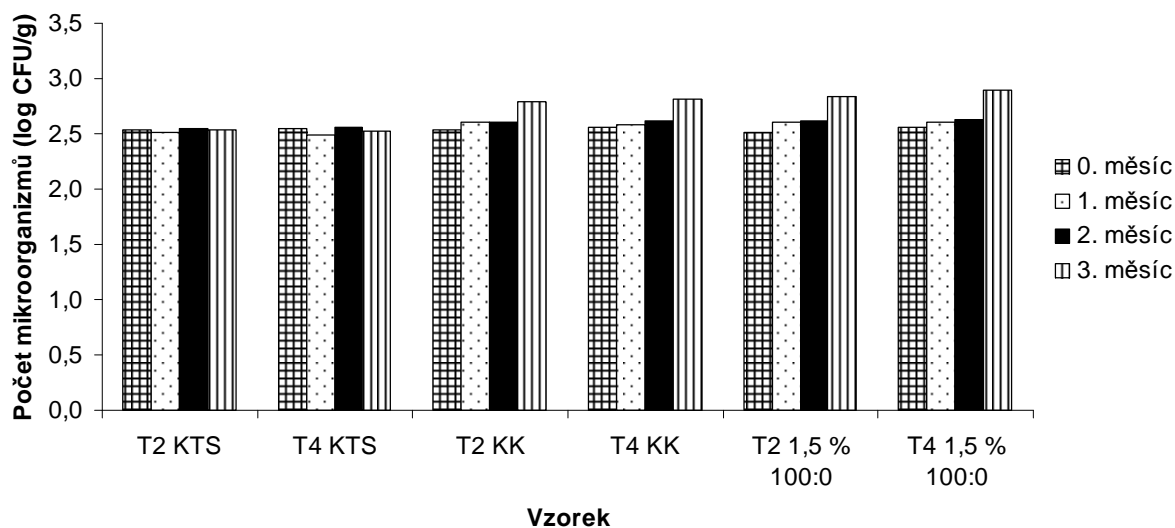
4.5.3. Výsledky mikrobiologické analýzy

Celkové počty mikroorganismů v modelových i kontrolních vzorcích jsou prezentovány na obrázku 4.29. Počet KJT ve vzorcích neobsahující tavicí soli (1,5 % w/w AK (100:0), KK, zralosti suroviny 2 a 4 týdny) se s narůstající dobou skladování zvyšoval. Stejný trend vykazovaly i kontrolní vzorky s obsahem TS (stejná prozrálost základní suroviny), a to bez významnějších rozdílů v porovnání se vzorky bez TS. Vývoj růstu plísní a kvasinek ve vzorcích neobsahujících tavicí soli (1,5 % w/w AK (100:0), KK) s narůstající dobou skladování vykazoval stabilní trend. Stejný vývoj počtu plísní a kvasinek vykazovaly i vzorky KTS, a to bez významnějších rozdílů ve srovnání se vzorky bez TS. Celkově byl výskyt plísní a kvasinek ve vzorcích nižší než 10^2 CFU/g.

Počty KTJ anaerobních sporulujících mikroorganismů ve vzorcích během skladování je zobrazen na obrázku 4.30. Počty sledovaných mikroorganismů ve vzorcích neobsahující tavicí soli (1,5 % w/w AK (100:0), KK) měly s narůstající dobou skladování vzrůstající trend. Naopak u vzorků KTS byl nárůst kolonií během skladování stabilní. Koliformní a aerobní sporulující mikroorganismy nebyly během celého skladovacího pokusu ve vzorcích detekovány.



Obr. 4.29: Závislost růstu celkového počtu mikroorganismů na délce skladování (6 ± 2 °C) v modelových i kontrolních vzorcích



Obr. 4.30: Závislost růstu anaerobních sporulujících mikroorganismů na délce skladování (6 ± 2 °C) v modelových i kontrolních vzorcích

4.6. Souhrnná diskuze

Během všech pěti experimentálních fází byl sledován obsah sušiny vzorků. Cílovou hodnotou byl obsah sušiny 40 % w/w. U vzorků se během všech fází tento parametr pohyboval v rozmezí 39,52 – 40,31, které je možné považovat za akceptovatelné z hlediska srovnatelnosti vyrobených matric. Sledovány byly také hodnoty pH u všech utavených výrobků. U většiny vzorků se hodnoty pH pohybovaly v příliš nízkých hodnotách, a to vlivem uvolněných vodíkových iontů z přidávaných sloučenin. Produkty, jejichž pH se pohybovalo kolem izoelektrického bodu kaseinů ($\text{pH} \approx 4,6$), byly tužší až drobnivé. Příkladem mohou být výrobky s přidavkem 1,0 % w/w kyseliny jantarové (zralost základní suroviny 8 týdnů), které byly tuhé až drobnivé konzistence s hodnotou pH v rozmezí 4,67 – 4,68. U vzorků, které měly pH mírně pod hodnotou izoelektrického bodu, byla pozorována měkká až rozbředlá konzistence a produkty většinou uvolňovaly vodu. Tuto konzistenční odchylku vykazoval např. vzorek s přidavkem 2,0 % w/w kyseliny jantarové (zralost přírodního sýra 8 týdnů), který měl rozbředlou konzistenci, uvolňoval vodu a jeho pH bylo v intervalu 4,34 – 4,35. Nejvíce vodíkových iontů do prostředí uvolnila kyselina šťavelová v koncentraci 3,0 % w/w (pH vzorku v rozmezí 1,56 – 1,58). Nejvyšší pH vykazoval přidavek 3,0 % w/w šťavelanu sodného (6,68 – 6,69). Oba typy vzorků byly roztékavé až blátivé konzistence a uvolňovaly vodu, jelikož jejich hodnota pH byla mnohem nižší, resp. vyšší než izoelektrický bod kaseinů [50]. Konzistence modelových vzorků s přidavky kyseliny adipové a adipanu sodného se lišila v závislosti na pH jednotlivých produktů (pH v oblasti 4,56 – 6,03, v závislosti na koncentraci, poměru přidávaných látek a zralosti suroviny). Produkty s přidavkem 1,0 % w/w κ -karagenanu (pH v intervalu 5,31 – 5,68 při všech použitých zralostech sýra) a dále kontrolní vzorky (pH v rozmezí 5,51 – 5,78 při všech použitých zralostech suroviny) nevykazovaly výše zmíněné konzistenční problémy.

V literatuře je uváděna optimální hodnota pH tavených sýrů v oblasti 5,5 – 6,0 [50, 71]. Pokud pH taveniny klesne výrazněji pod tyto hodnoty, pak lze očekávat výrobky spíše drobnivé s krátkou konzistencí. Podle Marchesseu a kol. [50] při poklesu pH pod optimální hladinu (a přiblížení se izoelektrickému bodu kaseinového komplexu) může dokonce dojít k agregaci proteinové matrice, ze které se díky její porozitě uvolní voda a tuk. Celková matrice pak může působit makroskopicky nehomogenně [50, 71]. U vzorků s přidavky kyseliny adipové a adipanu sodného i s 1,0 % w/w κ -karagenanu byl pozorován nárůst hodnot pH s rostoucí zralostí základní suroviny. Stoupající trend hodnot pH koresponduje s nárůstem pH přírodního sýra [173]. Naopak u kontrolních vzorků s tavicími solemi byly hodnoty pH poměrně stabilní (téměř nezávisle na stupni prozrálости suroviny). Vysoká stabilita pH kontrolních vzorků je

pravděpodobně způsobena schopností použitých fosforečnanů stabilizovat pH [2, 50].

V první fázi, při užití vybraných dikarboxylových kyselin a některých jejich sodných solí, nebyl prokázán vliv počtu uhlíků na proveditelnost tavy směsí. Nejlépe hodnocený vzorek byl s přídatkem 1,0 % w/w šťavelanu sodného (zralost přírodního sýra 8 týdnů, pH 6,20 – 6,21), který se v hodnocených charakteristikách nejvíce podobal kontrolnímu vzorku s tavicími solemi. Ovšem tuto látku není povoleno přidávat do potravin [16], proto nebyl dále šťavelan sodný při výrobě tavených sýrů používán. V navazujících částech práce byla přidávána jako náhrada tavicích solí kyselina adipová, adipan sodný, popř. jejich směs. Zdůvodnění úspěšnosti provedení taveb s těmito látkami (vznik homogenního výrobku) lze pravděpodobně hledat ve schopnosti kyseliny adipové adsorbovat se na proteiny a její afinitě k vápenatým iontům [132, 134, 145, 147, 148, 173].

V průběhu druhé fáze byly realizovány výroby vzorků s kyselinou adipovou a adipánem sodným ve vzájemných poměrech 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100. Použité látky byly oproti první části aplikovány v koncentraci 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 a 3,0 % w/w (zralost suroviny 8 týdnů). Přídavek 0,5 % w/w nebyl již v této fázi zahrnut, jelikož se v první části nepodařilo utavit homogenní taveninu ani s kyselinou adipovou ani s adipánem sodným ve zmiňované koncentraci. Uvedené množství obou látek bylo pravděpodobně příliš nízké, a tudíž nedošlo k jejich zapojení do matrice výrobku a vzniku homogenní taveniny. V ideálním případě mělo být utaveno 5 typů výrobků pro každou koncentraci látek. S přídatkem 1,0 % w/w byly utaveny 3 typy produktů, s 1,5 a 2,0 % w/w shodně 4 typy, s 2,5 % w/w 2 typy a s nejvyšší užitou koncentrací 3,0 % w/w pouze 1 typ vzorku. Se stoupající koncentrací přidávaných látek se proveditelnost tavy snižovala. Pro následující experimenty se ukázal jako nejvhodnější přídavek kyseliny adipové a adipánu sodného (popř. jejich směsi) v koncentraci 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w (s ohledem na proveditelnost tavy a makroskopickou homogennost výsledného produktu).

V rámci třetího experimentu byla sledována proveditelnost jednotlivých taveb při užití přírodního sýra v odlišných zralostech (1, 2, 4, 6, 8, 12 a 16 týdnů). Při zralosti sýra 1, 2 a 4 týdny byly utaveny všechny vzorky, do kterých byly aplikovány poměry kyseliny adipové a adipánu sodného (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100) v koncentracích 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w (celkem 15 typů produktů pro každou zralost přírodního sýra). Pokud byl do surovinové skladby zahrnut přírodní sýr ve zralosti 6 týdnů, bylo vyrobeno 14 typů tavených výrobků. S 8týdenní surovinou bylo úspěšně utaveno 11 typů sýrů, s 12týdenním přírodním sýrem to bylo již 6 typů a s 16týdenní surovinou pouze 5 typů sýrových výrobků. Proveditelnost jednotlivých taveb třetí fáze se tedy snižovala s rostoucí zralostí suroviny. Zmiňovaný jev je možné přisoudit zkracujícím se

řetězcům proteinů (se zvyšujícím se stupněm prozrálosti přírodního sýra), které vedou ke vzniku méně kompaktní a méně stabilní kaseinové matrice, do které se kyselina adipová a adipan sodný navazovaly [60, 61]. Modelové vzorky vyrobené pouze s kyselinou adipovou (poměr 100:0) v koncentraci 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w, dále pouze s adipánem sodným (poměr 0:100) v množství 2,0 % w/w a s přídatkem 1,0 % w/w směsi obou látek v poměru 75:25 (kyselina adipová:adipan sodný) se podařilo utavit při všech stupních prozrálosti základní suroviny (1 – 16 týdnů). Proto byly tyto poměry a koncentrace látek použity pro čtvrtou fázi práce, kde byly zralosti přírodního sýra rozšířeny o 10 a 14 týden. Uvedené typy vzorků byly úspěšně utaveny pro všechny zralosti suroviny a následně byly podrobeny analýzám.

Od třetí fáze byl vyráběn i výrobek bez tavicích solí, ale s přídatkem 1,0 % w/w κ -karagenanu, který byl úspěšně utaven při všech zralostech suroviny ve třetí i čtvrté části práce. Kontrolní vzorky s obsahem 2,5 % tavicích solí fosforečnanového typu se utavili také při všech zralostech přírodního sýra v rámci celé práce.

Konzistence se u vzorků s kyselinou adipovou a adipánem sodným stávala rozdílnější s narůstající dobou zrání základní suroviny. Tento trend byl v souladu s výsledky texturní analýzy, kdy (se zvyšujícím se stupněm prozrálosti přírodního sýra) docházelo k poklesům hodnot pevnosti a nárůstu relativní lepivosti vzorků. V průběhu skladování tavených sýrů docházelo s rostoucí dobou skladování k nárůstu tvrdosti a poklesu relativní lepivosti modelových i kontrolních vzorků. Změny uvedených parametrů jsou v souladu se zkracující se délkou kaseinových frakcí (se zvyšujícím se stupněm prozrálosti přírodního sýra), kdy je v literatuře běžně popisován u vzorků pokles hodnot tvrdosti a nárůst relativní lepivosti [60, 61, 174]. Doba skladování ani zralost použité suroviny významně neovlivňovala soudržnost vzorků s kyselinou adipovou a adipánem sodným.

Konzistence vzorků s 1,0 % w/w κ -karagenanu se stávala mírně měkčí s narůstající dobou zrání základní suroviny. Ovšem tento trend nebyl tak zřetelný jako u vzorků s kyselinou adipovou, adipánem sodným nebo kontrolních vzorků. Vzorky byly značně tuhé i při vyšších zralostech suroviny. Toto zjištění je v souladu s výsledky texturní analýzy, kdy pevnost vzorků obecně klesala se zvyšujícím se stupněm prozrálosti přírodního sýra. Tavené sýry s 1,0 % w/w κ -karagenanu vykazovaly několikanásobně vyšší hodnoty tvrdosti než vzorky s kyselinou adipovou, adipánem sodným i kontrolní produkty. Zajímavý je vývoj pevnosti vzorků se surovinou ve zralosti 1 – 4 týdny, kdy došlo k nárůstu tvrdosti tavených sýrů. Vzniklá anomálie prozatím nebyla popsána a vysvětlena. Vysvětlení můžeme pravděpodobně hledat ve formování struktury mezi κ -karagenanem a kaseinovými frakcemi. Pravděpodobně existuje pro κ -karagenan optimální délka kaseinového řetězce

umožňující vznik nejpevnější matrice vzorku. Relativní lepivost se s narůstající dobou zrání sýra zvyšovala. V průběhu skladování tavených sýrů docházelo s rostoucí dobou skladování k nárůstu tvrdosti a poklesu relativní lepivosti modelových i kontrolních vzorků. Kappa-karagenan je hydrokoloid s vysokou vazností vody [103, 104, 123], proto je možné předpokládat, že κ -karagenan je schopný dodatečně vázat vodu ze systému v průběhu skladování. Naopak zralost použité suroviny ani doba skladování významně neovlivňovala soudržnost vzorků s 1,0 % w/w κ -karagenanu, což je pravděpodobně možné přisoudit také celkové tuhosti matrice.

Konzistence kontrolních vzorků se stávala roztíratelnější s prodlužující se dobou zrání základní suroviny. Texturní analýza prokázala pokles pevnosti a nárůst relativní lepivosti kontrolních sýrů, a to se zvyšující se dobou zrání přírodního sýra. V průběhu skladování vzorků docházelo s rostoucí dobou skladování k nárůstu tvrdosti a poklesu relativní lepivosti tavených sýrů. Vysvětlení je možné hledat v hydrolyze polyfosfátů související s formováním proteinové matrice během skladování [2, 84]. Soudržnost kontrolních produktů nebyla zralostí přírodního sýra ani dobou skladování výrazně ovlivněna.

Nejvíce makroskopicky homogenních vzorků bylo vyrobeno při užití 1,0; 1,5 a 2,0 % w/w kyseliny adipové. Pomocí obrazové analýzy bylo prokázáno, že pouze vzorky s přídatkem 1,5 % w/w kyseliny adipové (vyrobené ze suroviny zralé 2 a 4 týdny) jsou mikroskopicky homogenní v celém objemu výrobku. U obou vzorků byl ve všech 5 analyzovaných vrstvách obdobný počet tukových kuliček a také jejich plocha se významně nelišila. Kyselinu adipovou je možné považovat za chelatační činidlo se schopností navazovat do své struktury vápenaté ionty z prostředí [132, 134, 146, 147, 148]. Mitrofanova [145] uvedla, že dvě karboxylové funkční skupiny šestiuhlíkaté kyseliny adipové umožňují vytvoření relativně stabilních vápenatých chelátů. Karboxylová skupina se rovněž vyznačuje určitou afinitou k makromolekulám proteinů. Samotný negativně nabitý karboxyl nemá vysokou schopnost vázat se na bílkovinné matrice. Jestliže se v molekule vyskytuje více karboxylových skupin, adsorpce je účinnější [173]. Během tavení směsi (záhřev, mechanické namáhání) se začnou z obou karboxylových skupin kyseliny adipové odštěpovat vodíkové ionty, které sníží pH taveniny i následného výrobku (pH mikroskopicky homogenních vzorků s 1,5 % w/w kyseliny adipové se pohybovalo v intervalu 4,64 – 4,67, pro zralosti surovin 2 a 4 týdny). Disociovaná karboxylová skupina je schopna nahradit vodík kationtem kovu, v tavenině vápenatými ionty z proteinové matrice. Kyselina adipová má pravděpodobně schopnost se pomocí vápenatých interakcí vázat na kaseiny (resp. jejich hydrolytické štepy) za vzniku relativně stabilních systémů. Svou roli zde pravděpodobně může sehrát i schopnost kyseliny adipové tvořit gel. Byla publikována práce studující interakce kyseliny adipové s divalentními

ionty niklu za vzniku gelové struktury. Byly tak prokázány chelatační účinky kyseliny adipové, díky nimž bylo dosaženo transformace solu v gel. Vzniklý gel měl charakter viskózní trojrozměrné polymerní soustavy [175]. Výše zmíněné vlastnosti kyseliny adipové zřejmě umožnily vznik homogenní struktury výrobku. Literatura dokonce uvádí blíže nespecifikované využití kyseliny adipové pro zlepšení charakteristik tavicího procesu [158].

Tavené sýry s 1,0 % w/w κ -karagenanu byly hodnoceny jako makroskopicky homogenní pro všechny použité zralosti přírodního sýra (1 – 16 týdnů). Analýzou obrazu vzorků bylo prokázáno, že přídavek 1,0 % w/w κ -karagenanu (bez tavicích solí) zajistí homogenní strukturu výrobku nezávisle na prozrálosti základní suroviny. U vzorků byl tedy ve všech 5 analyzovaných vrstvách obdobný počet tukových kuliček a také jejich plocha byla insignifikantní. Černíková a kol. [36] tento jev vysvětlili schopností karagenanu vázat se v přítomnosti vápníku na kaseiny (resp. jejich hydrolytické štěpy) obsahující hydrofobní segmenty. Komplexy hydrofilního karagenanu s hydrofobními segmenty kaseinových bílkovin mohou pak působit jako emulgátory tuku v proteinové matici. S použitou látkou je tedy možné dosáhnout pravděpodobně i emulgačního efektu. Počet tukových kuliček ve vzorcích se zvyšující se zralostí základní suroviny snižoval, naopak plocha tukových kuliček se zvětšovala.

Kontrolní vzorky a přídávkem 2,5 % w/w fosforečnanových tavicích solí byly hodnoceny při každé použité zralosti suroviny jako homogenní, což prokázala i obrazová analýza tukových kuliček. U kontrolních tavených sýrů (stejně jako u mikroskopicky homogenních modelových vzorků) se počet tukových kuliček snižoval se zvyšující se zralostí základní suroviny a plocha jednotlivých tukových kuliček se zvětšovala. U kontrolních vzorků se mikroskopická homogenita očekávala, jelikož tavicí soli upravují v tavenině prostředí tak, aby přítomné kaseiny mohly uplatnit své přirozené vlastnosti emulgátorů a nedošlo k oddělení hydrofilní a hydrofobní fáze [8].

Roztékavost vzorků obsahující kyselinu adipovou a adipan sodný, i kontrolních vzorků byla stupněm zralosti základní suroviny významně ovlivněna. U vzorků se s rostoucí dobou zrání přírodního sýra stupeň roztékavosti zvyšoval. Popisované chování zřejmě souvisí s proteolýzou proteinů během narůstající doby zrání základní suroviny, jelikož složení přírodního sýra je jeden z faktorů významně ovlivňující roztékavost [57, 87, 88, 89]. Se zkracující se délkou kaseinových frakcí (během zrání) je tvořena méně kompaktní kaseinová matrice, která je poté snáze rozrušena záhřevem [2, 84]. Naopak roztékavost vzorků s κ -karagenanem se se zvyšujícím se stupněm prozrállosti přírodního sýra prakticky neměnila. Trend roztékavosti vzorků s κ -karagenanem je možné vysvětlit tím, že κ -karagenan patří

ke strukturotvorným látkám [104, 105], jež pravděpodobně vytváří v systému pevné vazby, které nejsou rozrušeny ani záhřevem.

Během 3měsíčního skladování (6 ± 2 °C) byla porovnávána mikrobiologická stabilita mikroskopicky homogenních vzorků s kontrolními tavenými sýry. Celkové počty mikroorganismů modelových vzorků byly srovnatelné se vzorky obsahujícími fosforečnanové tavicí soli. U modelových vzorků s přídavkem 1,5 % w/w kyseliny adipové i 1,0 % w/w κ -karagenanu (zralost použité suroviny byla 2 a 4 týdny) nebyl pozorován rozvoj nežádoucí mikroflóry i přes nepřítomnost fosforečnanových tavicích solí (vykazujících mírnou antimikrobiální aktivitu) [55]. Tento je fakt možné u produktů s kyselinou adipovou a adipanem sodným pravděpodobně vysvětlit nízkými hodnotami pH vzorků (4,72 – 4,77), které je pro rozvoj obvyklých kontaminujících mikroorganismů méně vhodné. Mikrobiologická stabilita je u kontrolních vzorků ovlivněna zejména přítomností fosforečnanových tavicích solí, které mají antimikrobiální účinek na některé mikroorganismy. Polyfosforečnany a monofosforečnany dokáží inhibovat růst některých bakterií, zejména grampozitivních bakterií včetně sporotvorných [55, 56]. Efekt pravděpodobně spočívá v navázání vápenatých či hořečnatých kationtů, které jsou nezbytné pro fyziologické funkce mikroorganismů [2, 4, 33].

U mikroskopicky homogenních vzorků byla navíc sensoricky hodnocena chuť a vůně (zralost suroviny 2 a 4 týdny). Vzorky obsahující 1,5 % w/w kyseliny adipové vykazovaly mírně nakyslou chuť a sýrovou vůni. K zisku sensoricky přijatelnějších výrobků je možný přídavek ochucující složky, která by slabě nakyslou chuť taveného sýra maskovala. Přídavek 1,0 % w/w κ -karagenanu zajistil finálnímu výrobku sýrovou chuť bez cizích pachutí a sýrovou vůni. Kontrolní tavené sýry byly hodnoceny jako vzorky vykazující chuť i vůni typickou pro tavené sýry.

5. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI

Disertační práce se zabývala studiem látek, jako potenciálních náhrad tradičních tavicích solí při výrobě tavených sýrů. Toto téma bylo zvoleno na základě vysoké spotřeby tohoto oblíbeného mléčného výrobku. Snahou bylo najít vhodnou látku poskytující homogenní výrobek senzorycky přijatelné chuti. Náhrada tavicích solí by pravděpodobně přispěla k lepšímu nutričnímu hodnocení tavených sýrů. Při realizaci práce byly zjištěny skutečnosti, které dosud nebyly publikovány.

Z této práce vyplývají následující přínosy pro vědu:

- v práci byly shrnuty poznatky z oblasti interakce κ -karagenanu s kaseinovými micelami;
- byly nastíněny pravděpodobné interakce kyseliny adipové s kaseiny;
- byla zjištěna závislost pevnosti, relativní lepivosti a soudržnosti (i) vzorků bez tavicích solí, ale s přísadkou kyseliny adipové, adipanu sodného, κ -karagenanu, (ii) produktů s fosforečnanovými tavicími solemi, na zralosti přírodního sýra a době skladování;
- byla zjištěna závislost počtu a plochy tukových kuliček vzorků, charakterizující mikroskopickou homogenost, na stupni prozrálosti základní suroviny (i) u produktů bez tavicích solí, s kyselinou adipovou, adipanem sodným, κ -karagenanem, (ii) u vzorků obsahujících fosforečnanové tavicí soli;
- byla zjištěna závislost roztékavosti (i) vzorků bez tavicích solí, s přísadkou kyseliny adipové, adipanu sodného, κ -karagenanu, (ii) produktů s fosforečnanovými tavicími solemi, na délce zrání přírodního sýra; tento poznatek je možné využít v pohostinství při využití taveného sýra jako ingredience k přípravě pokrmů (např. omáčky, pizza).

Z této práce vyplývají následující přínosy pro praxi:

- v experimentální části byl laboratorně utaven sýrový výrobek bez přísadky tavicích solí fosforečnanového, resp. citranového typu, vykazující mikroskopickou homogenitu;
- potencionálním výrobcům nových produktů by bylo možné doporučit přísadku 1,5 % w/w kyseliny adipové spolu se základní surovinou ve zralosti 2 anebo 4 týdny, zároveň je vhodné do surovinové skladby zahrnout ochucující složky maskující mírně nakyslou chuť výrobku;

- další doporučení se týká přídavku 1,0 % w/w κ -karagenanu, který poskytne homogenní výrobek při užití přírodního sýra ve zralosti 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 a 16 týdnů, tavený sýr bude vykazovat tuhou až krájitelnou konzistenci, proto by našel využití jako plátkový tavený sýr;
- na základě porovnání mikrobiologické stability produktů bez tavicích solí se vzorky, které fosforečnanové tavicí soli obsahovaly, je možné doporučit pro tuto skupinu nových výrobků minimální dobu trvanlivosti 3 měsíce, po kterou nebyl pozorován nárůst nežádoucí mikroflóry ve vzorcích.

6. ZÁVĚR

V disertační práci byla testována možnost náhrady tradičních tavicích solí fosforečnanového a citranového typu kyselinou adipovou, adípanem sodným a κ -karagenanem. Zjištěné výsledky jsou shrnuty v následujících bodech:

- charakteristiky tukových kuliček prokázaly, že vzorky obsahující přídavek 1,5 % w/w kyseliny adipové (vyrobené z přírodního sýra o zralosti 2 a 4 týdny) byly mikroskopicky homogenní;
- vzorky s přídavkem 1,0 % w/w κ -karagenanu vykazovaly homogenitu na mikroskopické úrovni, a to bez ohledu na stupeň prozrálosti základní suroviny;
- produkty s kyselinou adipovou a adípanem sodným byly relativně měkké ve srovnání s kontrolními produkty obsahujícími tavicí soli;
- vzorky vyrobené s přídavkem κ -karagenanu měly téměř pětinasobnou pevnost ve srovnání s výrobky s tradičními tavicími solemi;
- tvrdost vzorků klesala s narůstajícím stupněm prozrálosti základní suroviny, naopak s delší dobou skladování se pevnost zvyšovala;
- relativní lepivost produktů se zvyšovala s rostoucím stupněm prozrálosti základní suroviny, snižovala se s dobou skladování;
- nebyl zjištěn systematický vliv zralosti přírodního sýra ani doby skladování na soudržnost vzorků;
- roztékavost výrobků s kyselinou adipovou a adípanem sodným i kontrolních vzorků rostla se zvyšujícím se stupněm prozrálosti základní suroviny;
- u výrobků s κ -karagenanem byla roztékavost velmi nízká a se stupněm prozrálosti základní suroviny se prakticky neměnila;
- mikrobiologická stabilita vzorků s přídavkem kyseliny adipové i κ -karagenanu byla prakticky srovnatelná s kontrolními výrobky obsahujícími fosforečnanové tavicí soli.

Na závěr je možné říci, že lze vyrobit homogenní výrobek bez použití tavicích solí, a to s přídavkem 1,0 % w/w κ -karagenanu (zralost suroviny 1 – 16 týdnů). U tohoto výrobku je jistou nevýhodou tuhá konzistence. Proto je možné doporučit přídavek látek, které by daný výrobek změkčily nebo jej používat jako plátkový tavený sýrový výrobek. Další možností homogenního produktu je přídavek 1,5 % w/w kyseliny adipové (zralost suroviny 2 a 4 týdny). U toho výrobku byla hodnocena chuť jako mírně nakyslá. Proto je možné doporučit přídavek ochucujících složek, které by danou nakyslost taveného sýra maskovaly.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů na 1 obyvatele v ČR v letech 2002 - 2010* [online]. ČSÚ, © 2012, poslední aktualizace 14. 4. 2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <[http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/53004FB2E0/\\$File/30041101.pdf](http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/53004FB2E0/$File/30041101.pdf)>
- [2] GUINEE, T. P., CARIĆ, M. a KALÁB, M. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. *In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Major Cheese Groups*, vol. 2, London: Elsevier, 2004. 349-394. ISBN 0-1226-3653-8
- [3] BUŇKA, F. a HRABĚ, J. Tavené sýry. *Potravinářská revue*. 2006, 4, 13-16.
- [4] BUŇKA, F. a BUŇKOVÁ, L. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská revue*. 2009, 1, 13-16.
- [5] BUŇKA, F., HRABĚ, J. a HOZA, I. Tavené sýry ve výživě člověka. *Výživa a potraviny*. 2006, 61, 135-136.
- [6] BUŇKA, F. a KOPÁČEK, J. Mýty o tavených sýrech a jak proti nim argumentovat. *Potravinářská revue*. 2012, 1, 28-31.
- [7] Vyhláška Ministerstva zemědělství ČR č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění.
- [8] CARIĆ, M. a KALÁB, M. Processed cheese products. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 1997, 2, 467-505.
- [9] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. a KRÁČMAR, S. Základní principy výroby tavených sýrů. *Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Brno: MZLU, 2009. 70 s. ISSN 1803-2109
- [10] FORMAN, L. *Mlékárenská technologie II*. Praha: VŠCHT, 2. vyd., 1996. 228 s. ISBN 80-7080-214-6
- [11] GAJDUŠEK, S. *Mlékařství II*. Brno: MZLU, 1. vyd., 1998. 142 s. ISBN 80-7157-342-6
- [12] BŘEZINA, P., KOMÁR, A. a HRABĚ, J. *Technologie, zbožížnalství a hygiena potravin živočišného původu*. Vyškov: VVŠ PV, 2001. ISBN 80-7231-079-8
- [13] KADLEC, P. *Technologie potravin II*. Praha: VŠCHT, 1.vyd., 2007. 80-81. ISBN 80-7080-510-2
- [14] BYLUND, G. *Dairy processing handbook*. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB, 1995. 436 s.

- [15] PAVELKA, A. *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. Brno: Littera, 1996. 105 s. ISBN 80-85763-09-5
- [16] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin, v platném znění.
- [17] BACHMANN, H.P. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*. 2001, 11, 505-515.
- [18] LAZÁRKOVÁ, Z., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., HOLÁŇ, F., KRÁČMAR, S. a HRABĚ, J. The effect of different heat sterilization regimes on the quality of canned processed cheese. *Journal of Food Process Engineering*. 2011, 34, 6, 1860-1878.
- [19] MAROUNEK, M., BŘEZINA, P. a ŠIMŮNEK, J. *Fyziologie a hygiena výživy*. Vyškov: VVŠ PV, 1. vyd., 2000, 132 s.
- [20] GAJDŮŠEK, S. *Laktologie*. Brno: MZLU, 1. vyd. 2003. ISBN 80-7157-657-3
- [21] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. Tábor: OSSIS, 1. vyd., 1999, 352 s. ISBN 80-902391-3-7.
- [22] BUŇKA, F., NOVÁK, V. a KADIDLOVÁ, H. *Ekonomika výživy a výživová politika I*. Zlín: UTB, 1.vyd., 2006, 159 s. ISBN 80-7318-429-X
- [23] DOSTÁLOVÁ, J. a ČURDA, L. Význam tavených sýrů ve výživě. *Výživa a potraviny*. 2010, 29-30. ISSN 1211-846X
- [24] ŠIMEK J. Aktuality z fyziologie výživy - I. část., *Výživa a potraviny*. 2001, 56, 2, s.43.
- [25] DOSTÁLOVÁ, J., HRUBÝ S. a TUREK, B. Konečná znění výživových doporučení. *Výživa a potraviny*. 2005, 60, 25-26
- [26] GANONG, W. F. *Review of Medical Physiology*. McGraw-Hill Companies, 2001. 870 p. ISBN 80-7262-311-7
- [27] SUNESEN, L.O., LUND, P., SØRENSEN, J. a HØLMER, G. Development of volatile compounds in processed cheese during storage. *Food Science and Technology*. 2002, 35, 128-134.
- [28] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. Tábor: OSSIS, 1. vyd., 1999, 352 s., ISBN 80-902391-3-7
- [29] NOVÁK, V. a BUŇKA, F. *Základy ekonomiky výživy*. Zlín: UTB. 2005, 119 s. ISBN 80-7318-262-9
- [30] GUÉGUEN, L. a POINTILLART, A. Bioavailability of dietary calcium. *Journal of the American College of Nutrition*. 2000, 19, 119-136.
- [31] TUNICK, M.H. Calcium in dairy products. *Journal of Dairy Science*. 1987, 70, 2429 - 2438.

- [32] KITTNAR, O. *Lékařská fyziologie*. Praha : Grada, 1. vyd., 2011. 790 s. ISBN 978-80-247-3068-4
- [33] MOLINS, R.A. *Phosphates in food*. Boca Raton: CRC Press. 1991. 261 s. ISBN 0-8493-4588-X
- [34] SCHÄFFER, B., LÖRINCZY, D. a BELÁGYI, J. DSC and Elektronmicroscopic Investigation of Dispersion-type Processed Cheeses made without peptization. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 1999, 56, 1211-1216.
- [35] SCHÄFFER, B., SZAKÁLY, S., LÖRINCZY, D. a SCHÄFFER, B. Processed cheeses made with and without peptization. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2001, 64, 671-679.
- [36] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., POSPIECH, M., TREMLOVÁ, B., HLADKÁ, K., PAVLÍNEK V. a BŘEZINA, P. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*. 2010, 20, 336-343.
- [37] KOPÁČEK, J. Jak vhodně komunikovat na téma sýr? *Potravinářské revue*. 2005, 3, 29-32.
- [38] BOHÁČ, V. *Tavené sýry*. Praha: SNTL, 1. vyd. 1960.
- [39] PIJANOWSKI, E. *Základy chémie a technológie mliekárstva II*. Bratislava: Príroda, 1. vyd., 1978.
- [40] BERGER, W., KLOSTERMEYER, H., MERKENICH, K., a UHLMANN, G. *Processed cheese manufacture*. A Joha Guide, Ladenburg: BK Giulini Chemie GmbH & Co. OHG, 2002, 238 s.
- [41] GUINEE, T.P. Pasteurized Processed Cheese Product. *Encyclopedia of Dairy Science*. 2003, 1, 411-418.
- [42] PLOCKOVÁ, M. a BŘEZINA, P. *Mikrobiologie mléka a tuků*. Praha: VŠCHT, 1. vyd., 1988.
- [38] GAJDŮŠEK, S. Tavené sýry. *Mlékařské listy*. 2009, 115, 37-39. ISSN 1212-950X
- [44] MIZUNO, R. a LUCEY, J.A. Effects of two types of emulsifying salts on the functionality of nonfat pasta filata cheese. *Journal of Dairy Science*. 2005, 88, 3411-3425.
- [45] MIZUNO, R. a LUCEY, J.A. Effects of Emulsifying Salts on the Turbidity and Calcium-Phosphate-Protein Interactions in Casein Micelles. *Journal of Dairy Science*. 2005, 88, 3070-3078.
- [46] BRICKLEY, C.A., GOVINDASAMY-LUCEY, S., JAEGGI, J. J., JOHNSON, M. E., MCSWEENEY, P. L. H. a LUCEY, J. A. Influence of Emulsifying Salts on the Textural Properties of Nonfat Process

- Cheese Made from Direct Acid Cheese Bases. *Journal of Dairy Science*. 2008, 91, 39-48. ISSN 0099-2240
- [47] SCHÄR, W. a BOSSET, J.O. Chemical and Physicochemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue during Storage. A Review. *Food Science and Technology*. 2002, 35, 15-20.
- [39] NEY, K. H. Gerät zur Messung des Biegebruchverhaltens von Schmelzkäsescheiben. *Alimenta*. 1988, 2, 31-36.
- [40] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J. J. a LUCEY, J. A. Effect of sodium hexametaphosphate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal of Dairy Science*. 2010, 93, 2827-2837.
- [41] MARCHESSEAU, S., GASTALDI, E., LAGAUDE, A. a CUQ, J.L. Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science*. 1997, 80, 1483-1489.
- [42] SÁDLÍKOVÁ, I., BUŇKA, F., BUDINSKÝ, P., VOLDÁNOVÁ, B., PAVLÍNEK, V. a HOZA, I. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Science and Technology*. 2010, 43, 1220-1225.
- [43] MIZUNO, R. a LUCEY, J. A. Properties of milk protein gels formed by phosphates. *Journal of Dairy Science*. 2007, 90, 4524-4531.
- [44] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J.J. a LUCEY, J.A. Effects of various emulsifying salts on the rheological and textural properties of pasteurized process Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*. 2006, 88, 19-29.
- [45] CARIĆ, M. a KALÁB, M. Effects of drying techniques on milk powders quality and microstructure: A review. *Food Microstructure*. 1987, 6, 171-180.
- [55] BUŇKOVÁ, L., PLEVA, P., BUŇKA, F., VALÁŠEK, P. a KRÁČMAR, S. Antibacterial effects of commercially available phosphates on selected microorganisms. *Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2008, 56, 19- 24.
- [56] LOESSNER, M. J., MAIER, S. K., SCHIWEK, P. a SCHERER, S. Long- Chain Polyphosphates Inhibit Growth of *Clostridium tyrobutyricum* in Processed Cheese Spreads. *Journal of Food Protection*. 1997, 60, 493-498.
- [46] FAGAN, C. C., EVERARD, C., O'DONNELL, C. P., DOWNEY, G., SHEEHAN, E. M., DELAHUNTY, C. M. a O'CALLAGHAN, D. J. Evaluating Mid-infrared spectroscopy as a new technique for predicting sensory texture attributes of processed cheese. *Journal of Dairy Science*. 2007, 90, 1122-1132.

- [47] CORREDIG, M. *Dairy derived ingredients - Food and Nutraceutical Uses*. Cambridge: Woodhead Publishing. 2009, 738 s. ISBN 978-1-84569-465-4
- [48] PISKA, I. a 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*. 2004, 61, 551-555.
- [60] BRICKLEY, C.A., AUTY, M.A.E., PIRAINO, P. a McSWEENEY, P.L.H. The effect of cheddar cheese ripening on the functional and textural properties of the processed cheese manufactured therefrom. *Journal of Food Science*. 2007, 72, 483-490.
- [49] OLSON, N. F., VAKALERIS, D. G., PRICE, W. V. a KNIGHT, S. G. Acidity and age of natural cheese as factors affecting the body of pasteurized processed cheese spread. *Journal of Dairy Science*. 1958, 41, 1005-1016.
- [50] LEE, S.K., ANEMA, S. a KLOSTERMEYER, H. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology*, 2004, 39, 763-771.
- [51] DIMITRELI, G. a 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*. 2007, 79, 1364-1373.
- [52] DIMITRELI, G. a THOMAREIS, A.S. Effect of chemical composition on the linear viscoelastic properties of spreadable-type processed cheese. *Journal of Food Engineering*. 2008, 84, 368-374.
- [53] DRAKE, M.A., TRUONG, V.D. a DAUBERT, C.R. Rheological and Sensory Properties of Reduced-Fat Processed Cheeses Containing Lecithin. *Journal of Food Science*. 1999, 64, 744-747.
- [54] BACHMANN, H.P. Cheese analogues: a review. *International Dairy journal*. 2001, 11, 505-515.
- [55] HENNING, D.R., BAER, R.J., HASSAN, A.N. a DAVE, R. Major Advances in Concentrated and Dry Milk Products, Cheese, and Milk Fat-Based Spreads. *Journal of Dairy Science*. 2006, 89, 1179-1188.
- [56] MULSOW, B.B., JAROS, D. a ROHM, H. Processed Cheese and Cheese Analogues. *Structure of Dairy Products*, Oxford: Blackwell Publishing Ltd. 2007. p. 210-235.
- [57] KLOSTERMEYER, H. a BUCHHEIM, W. Die Mikrostruktur von Schmelzkäse-erzeugnissen. *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*. 1988, 40, 219-231.

- [58] KAPOOR, R. a METZGER, L.E. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects – A Review. *Food Sci. Food Saf.*, 2008, 7, 194-214.
- [59] LEE, S.K. a KLOSTERMEYER, H. The effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *Food Science and Technology*. 2001, 34, 5, 288-292.
- [60] SWENSON, B.J., WENDORFF, W.L. a LINDSAY, R.C. Effects of Ingredients on the Functionality of Fat-free Process Cheese Spreads. *Journal of Food Science*. 2000, 65, 822-825.
- [61] MEYER, A. *Processed Cheese Manufacture*. London: Food Trade Press, 1973.
- [62] MLEKO, S. a LUCEY, J. A. Production and properties of processed cheese with reduced lactose whey. *Milchwissenschaft*. 2003, 58, 498-502.
- [63] GLENN, T.A., DAUBERT, C.R., FARKAS, B.E. a STEFANSKI, L.A. A Statistical Analysis of creaming variables impacting process cheese melt quality. *Journal of Food Quality*. 2003, 26, 299-321, ISSN 0146-9428
- [64] LEE, S.K., BUWALDA, R.J., EUSTON, S.R., FOEGEDING, E.A. a MCKENNA, A.B. Changes in the rheology and microstructure of processed cheese during cooking. *Food Science and Technology*. 2003, 36, 339-345.
- [65] SUTHEERAWATTANANONDA, M., FULCHER, R.G., MARTIN, F.B. a BASTIAN, E.D. Fluorescence Image Analysis of Process Cheese Manufactured with Trisodium Citrate and Sodium Chloride. *Journal of Dairy Science*. 1997, 80, 620-627.
- [66] RAYAN, A. A., KALÁB, M. a ERNSTROM, C. A. Microstructure and rheology of pasteurized process cheese. *Scanning Electron Microscopy*. 1980, 3, 635-643.
- [67] NORONHA, N., O'RIORDAN, E. D. a O'SULLIVAN, M. Influence of processing parameters on the texture and microstructure of imitation cheese. *European Food Research and Technology*. 2008, 226, 385-396.
- [68] AWAD, R.A., ABDEL-HAMID, L.B., EL-SHABRAWY, S.A. a SINGH, R.K. Physical and Sensory Properties of Block Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *International Journal of Food Properties*. 2004, 7, 429-448.
- [69] KRISTENSEN, D., HANSEN, E. ARNDAL, A., TRINDERUP, R.A. a SKIBSTED, L.H. Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. *International Dairy Journal*. 2001, 11, 837-843. ISSN 0958-6946

- [70] FRIEDMAN, M. Food browning and its prevention: An Overview. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 1996, 44, 631-653.
- [71] TAMINE, A.Y., MUIR, D.D., SHENANA, M.E., KALAB, M. a DAWOOD, A.H. Microstructure and firmness of processed cheese manufactured from Cheddar cheese and skim milk powder cheese base. *Food Microstructure*. 1990, 9, 23-37.
- [72] AWAD, R.A., ABDEL-HAMID, L.B., EL-SHABRAWY, S.A. a SINGH, R.K. Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *Food Science and Technology*. 2002, 35, 54-61.
- [73] BUŇKA, F., ŠTĚTINA, J. a HRABĚ, J. The Effect of Storage Temperature and Time on the Consistency and Color of Sterilized Processed Cheese. *European Food Research and Technology*. 2008, 228, 223-229.
- [74] GLASS, K. a DOYLE, E. Safety of processed cheese. *Food Research Institute*. Madison: University of Wisconsin. 2005, 1-8.
- [75] MUTHUKUMARAPPAN, K., WANG, Y.-C. a GUNASEKARAN, S. Modified Schreiber test for evaluation of Mozzarella cheese meltability. *Journal of Dairy Science*. 1999, 82, 1068-1071.
- [76] EVERAD, C. D., O'DONNELL, C. P., FAGAN, C. C., SHEENAN, E. M., DELAHUNTY, C. M. a O'CALLAGHAN, D. J. Correlation between process cheese meltability determined by sensory analysis, computer vision method and olson and price test. *International Journal of Food Properties*. 2005, 8, 267-275.
- [77] FAGAN, C. C., EVERARD, C., O'DONNELL, C. P., DOWNEY, G., SHEENAN, E. M., DELAHUNTY, C. M., O'CALLAGHAN a D. J., HOWARD, V. Prediction of processed cheese instrumental texture and meltability by mid-infrared spectroscopy coupled with chemometric tools. *Journal of Food Engineering*. 2007, 80, 1068-1077.
- [78] CAIS-SOKOLIŇSKA, D. a PIKUL, J. Cheese Meltability as Assessed by the Tube Test and Schreiber Test Depending on Fat Contents and Storage Time, Based on Curd-Ripened Fried Cheese. *Czech Journal of Food Science*. 2009, 27, 301-308.
- [79] MERRILL, R. K., OBERG, C. J., MCMANUS, W. R., KALÁB, M. a MCMAHON, D. J. Microstructure and physical properties of a reduced fat Mozzarella cheese made using *Lactobacillus casei* ssp. *casei* adjunct culture. *Food Science and Technology*. 1996, 29, 721-728.
- [80] KOCA, N. a METIN, M. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *International Dairy Journal*. 2004, 14, 365-373.

- [81] VAN HEKKEN, D. L., TUNICK, M. H., MALIN, E. L. a HOLSINGER, V. Rheology and melt characterization of low-fat and full fat Mozzarella cheese made from microfluidized milk. *Food Science and Technology*. 2007, 40, 89-98.
- [82] SAHAN, N., YASAR, K., HAYALOGLU, A. A., KARACA, O. B. a KAYA, A. Influence of fat replacers on chemical composition, proteolysis, texture profiles, meltability and sensory properties of low-fat Kashar cheese. *Journal of Dairy Research*. 2008, 75, 1-7.
- [83] MOUNSEY, J. S. a O'RIORDAN, E. D. Alternation of imitation cheese structure and melting behaviour with wheat starch. *European Food Research and Technology*. 2008, 226, 1013-1019.
- [84] SOLOWIEJ, B., MLEKO, S., GUSTAW, W. a UDEH, K. O. Effect of whey protein concentrates on texture, meltability and microstructure of acid casein processed cheese analogs. *Milchwissenschaft-milk Science International*. 2010, 65, 169-173.
- [85] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., HLADKÁ, K., BŘEZINA, P. a HRABĚ, J. Využití pektinu při náhradě tavicích solí ve výrobě tavených sýrů. In *Zborník prác z medzinárodnej vedeckej konferencie Bezpečnosť a kontrola potravín*. SPU Nitra, SR, 28.-29.3.2007, 267-270. ISBN 978-80-8069-861-4
- [86] PLUTA, A., ZIARNO, M. a SMOLINSKA, A. Możliwości zastosowania hydrokoloidów w produkcji serów topionych. *Przemysł Spożywczy*. 2000, 54, 42-44.
- [87] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P., HRABĚ, J. a VALÁŠEK, P. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food hydrocolloids*. 2008, 22, 1054-1061.
- [88] MOUNSEY, J. S. a O'RIORDAN, E. D. Characteristics of imitation cheese containing native starch. *Journal of Food Science*. 2001, 66, 586-591.
- [89] MOUNSEY, J. S. a O'RIORDAN, E. D. Characteristic of imitation cheese containing native or modified rice starches. *Food Hydrocolloids*. 2008, 22, 1160-1169.
- [90] KWAK, H.S., CHOI, S.S., AHN, J. a LEE, S.W. Casein hydrolysate fraction act as emulsifiers in process cheese. *Journal of Food Science*. 2002, 67, 821-825.
- [91] PHILLIPS, G.O. a WILLIAMS, P.A. *Handbook of Hydrocolloids*. CRC Press, Boca Raton, New York, 2000, 442 s. ISBN 0-8493-0850-X
- [92] PHILLIPS, G.O. a WILLIAMS, P.A. *Handbook of Hydrocolloids*. 2. vyd. Woodhead Publishing, 2009, 982 s., ISBN 978-1-61583-113-5

- [93] DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*. 2003, 17, 25-39.
- [94] DOBIÁŠ, J. *Technologie zpracování ovoce a zeleniny II* [online]. Praha: VŠCHT, 2004 [cit. 2012-02-10]. Dostupné na: <http://www.vscht.cz/ktk/www_324/studium/OZ/zelenina_2.pdf>
- [95] KODET, J., ŠOTOLOVÁ, I. a ŠTĚRBA, S. *Plnící, zahušťovací, gelotvorné a stabilizační látky pro potraviny*. Praha: Středisko potravinářských informací. 1993, 236 s. ISBN 80-85120-32-1
- [96] SMEWING, J. *Hydrocolloids*. Food texture: measurement and perception Eds Rosenthal, A. J., Aspen Publishers. 1999, 282-303.
- [97] VEGA, C. DALGLEISH, D. G. a GOFF, H. D. Effect of κ -carrageenan addition to dairy emulsions containing sodium caseinate and locus bean gum. *Food Hydrocolloids*. 2005, 19, 187-195.
- [98] VERBEKEN, D., THAS, O. a DEWETTINCK, K. Textural properties of gelled dairy desserts containing κ -carrageenan and starch. *Food Hydrocolloids*. 2004, 18, 817-823.
- [99] GARTI, N. a LESER, M. E. Emulsification Properties of Hydrocolloids. *Polymers for Advanced Technologies*. 2001, 12, 123-135.
- [100] KALÁB, M., EMMONS, D. B. a SARGANT, A. G. Milk gel structure – IV. Microstructure of yoghurts in relation to the presence of thickening agents. *Journal of Dairy Research*. 1975, 42, 453-458.
- [101] BENICHO, A., ASERIN, A. a GARTI, N. Protein-Polysaccharide Interactions for Stabilization of Food Emulsions. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 2002, 23, 93-123.
- [102] DICKINSON, E. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocolloids*. 2009, 23, 1473-1482.
- [103] RINAUDO, M. Main properties and current applications of some polysaccharides as biomaterials. *Polymer International*. 2008, 57, 397-430.
- [104] LANGENDORFF, V., CUVELIER, G., MICHON, C., LAUNAY, B., PARKER, A. a DE KRUIF, C. G. Effects of carrageenan type on behaviour of carrageenan/milk mixture. *Food Hydrocolloids*. 2000, 14, 273-280.
- [105] NICKERSON, M. T., PAULSON, A. T. a HALLETT, F. R. Dilute solution properties of κ -carrageenan polysaccharides: effect of potassium and calcium ions on chain conformation. *Carbohydrate Polymers*. 2004, 58, 25-33.

- [106] RIBEIRO, K. O., RODRIGUES, M. I., SABADINI, E. a CUNHA, R. L. Mechanical properties of acid sodium caseinate- κ -carrageenan gels: effect of co-solute addition. *Food Hydrocolloids*. 2004, 18, 71-79.
- [119] TZIBOULA, A. a HORNE, D. S. Influence of milk proteins on κ -carrageenan gelation. *International Dairy Journal*. 1999, 9, 359-364.
- [120] THAIUDOM, S. a GOFF, H. D. Effect of κ -carrageenan on milk protein polysaccharide mixtures. *International Dairy Journal*. 2003, 13, 763-771.
- [121] GARNIER, C., MICHON, C., DURAND, S., CUVELIER, G., DOUBLIER, J. L. a LAUNAY, B. Iota-carrageenan/casein micelles interactions: evidence at different scales. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2003, 31, 177-184.
- [122] BOURRIOT, S., GARNIER, C. a DOUBLIER, J. L. Micellar-casein - κ -carrageenan mixtures. I. Phase separation and ultrastructure. *Carbohydrate Polymers*. 1999, 40, 145-157.
- [123] LANGENDORFF, V., CUVELIER, G., LAUNAY, B., MICHON, C., PARKER, A. a DE KRUIF, C. G. Casein micelle/iota carrageenan interaction in milk: Influence of temperature. *Food Hydrocolloids*. 1999, 13, 211-218.
- [124] ARLTOFT, D., IPSEN, R., MADSEN, F. a DE VRIES, J. 2007, interactions between carrageenans and milk proteins: a microstructural and rheological study. *Biomacromolecules*. 2007, 8, 729-736.
- [125] LYNCH, M. G. a MULVIHILL, D. M. Rheology of ι -carrageenan gels containing caseins. *Food Hydrocolloids*. 1996, 10, 151-157.
- [126] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2006/52/ES, kterou se mění směrnice 95/2/ES o potravinářských přídatných látkách jiných než barviva a náhradní sladidla a směrnice 94/35/ES o náhradních sladidlech pro použití v potravinách, *Úřední věstník Evropské unie*, 2006, L 204, 10-22.
- [127] KRATOCHVÍL, M., POTÁČEK, M. a ŠIBOR, J. *Principy a modely organické chemie*. Brno: MU. 2004, 704 s. ISBN: 80-210-3512-9
- [128] SVOBODA, J. *Organická chemie I*. Praha: VŠCHT. 2005, 310 s. ISBN 80-7080-561-7
- [129] MCMURRY, J. *Organická chemie*. Brno: VUT. 2007, 1176 s. ISBN: 978-80-214-3291-8
- [130] LEWIS, R. J. *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*. 15. vyd. John Wiley & Sons. 2007, 1383 s. ISBN 978-0-471-76865-4
- [131] LIŠKA, F. *Konstituce, konformace, konfigurace v názvech organických sloučenin*. Praha: VŠCHT. 2008, 248 s. ISBN: 978-80-7080-640-1

- [132] PRAPAIPONG, P., SHOCK, E.L. a KORETSKY, C.M. Metal-organic complexes in geochemical processes: Temperature dependence of the standard thermodynamic properties of aqueous complexes between metal cations and dicarboxylate ligands. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1999, 63, 2547-2577.
- [133] KANG, S., AMARASIRIWARDENA, D. a XING, B. Effect of dehydration on dicarboxylic acid coordination at goethite/water interface. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2008, 318, 275-284.
- [134] SICREE, A. A. a BARNES, H. L. Upper Mississippi Valley district ore fluid model: the role of organic complexes. *Ore Geology Reviews*. 1996, 11, 105-131.
- [135] HAAPALA, M., KOLEHMAINEN, E., TAMMINEN, J., KAUPPINEN, R., LINNANTO, J., VIRTANEN, E., SUONTAMO, R. a VAINIOTALO, P. Macrocycles prepared from lithocholic acid, piperazine and isomeric pyridinedicarboxylic acids and their selective affinities towards sodium and potassium. *Materials Science & Engineering*. 2001, 18, 21-23.
- [136] DAVIDEK, J., JANÍČEK, G. a POKORNÝ, J. *Chemie potravin*. Praha: SNTL, 1983.
- [137] KALÁČ, P. *Organická chemie přírodních látek a kontaminantů*, České Budějovice: Jihočeská Univerzita. 2001, 120 s. ISBN: 80-7040-520-1
- [138] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin III*. Tábor: Osis. 1999, 342 s. ISBN: 80-902391-5-3
- [139] LÜLLMANN, H., MOHR, K. a WEHLING, M. *Farmakologie a toxikologie*, Praha: Grada Publishing, Avicenum. 2004, 725 s. ISBN: 80-247-0836-1
- [140] SIGMA ALDRICH. [online]. [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/75688?lang=en®ion=CZ>
- [141] SIGMA ALDRICH. [online]. [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/m1296?lang=en®ion=CZ>
- [142] SIGMA ALDRICH. [online]. [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/s3674?lang=en®ion=CZ>
- [143] O'NEIL, M. J. *The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*. 14th ed. Merck & Co., Inc. 2007, 11625 s. ISBN: 978-0-911910-00-1
- [144] SIGMA ALDRICH. [online]. [cit. 2012-03-15]. Dostupné z:

- <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/g3407?lang=en®ion=CZ>
- [145] MITROFANOVA, G.V. Complexation of Calcium Ions with Dicarboxylic Acids in Aqueous Solution. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2002, 75, 712-714.
- [146] THIRUNAKARAN, R., KIM, K. T., KANG, Y. M., SEO, CH. Y. a YOUNG-LEE, J. Adipic acid assisted, sol-gel route for synthesis of $\text{LiCr}_x\text{Mn}_{2-x}\text{O}_4$ cathode material. *Journal of Power Sources*. 2004, 137, 100-104.
- [147] FEY, G.,T.-K., CHEN, J.-G., WANG, Z.-F., YANG, H.Z. a KUMAR, T.P. Saturated linear dicarboxylic acids as chelating agents for the sol-gel synthesis of $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$. *Materials Chemistry and Physics*. 2004, 87, 246-255.
- [148] STRATFORD, M. Traditional Preservatives - Organic Acids. *Encyclopedia of Food Microbiology*. 1999, 3, 1729-1737.
- [149] WU, X., LING, CH-CH., L. a BUNDLE, D. R. A New Homobifunctional p-Nitro Phenyl Ester Coupling Reagent for the Preparation of Neoglycoproteins. *Organic Letters*. 2004, 6, 4407-4410.
- [150] MAO, Z., SUN, X., LUAN, X., WANG, Y. a LIU, G. Measurement and Correlation of Solubilities of Adipic Acid in Different Solvents. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. 2009, 17, 473-477.
- [151] CAPUTO, G., ADAMI, R. a REVERCHON, E. Supercritical Fluid Crystallization of Adipic Acid Using Urea as Habit Modifier. *American Chemical Society*. 2008, 8, 2707-2715.
- [152] BURDOC, G. A. *Encyclopedia of food and color additives*. Boca Raton: CRC Press. 1997. 49-52. ISBN 0-8493-9416-3
- [153] SIGMA ALDRICH. [online]. [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/a26357?lang=en®ion=CZ>
- [154] BINGHAM, E., COHRSEN, B. a POWELL, CH. *Patty's Toxicology*. 5. vyd. John Wiley & Sons. 2003, 9008 s. ISBN: 978-0-471-31943-6
- [155] SIGMA ALDRICH. [online]. [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/p45001?lang=en®ion=CZ>
- [156] SIGMA ALDRICH. [online]. [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/s5200?lang=en®ion=CZ>
- [157] SIGMA ALDRICH. [online]. [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/s5371?lang=en®ion=CZ>

- [158] SMITH, J. a HONG-SHUM, L. Food Additives Data Book. Blackwell Publishing. 2003, 1016 s. ISBN: 978-0-632-06395-6
- [159] SIGMA ALDRICH. [online]. [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/486671?lang=en®ion=CZ>
- [160] ČSN EN ISO 5534, Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Český normalizační institut, Praha, 2005.
- [161] ČSN ISO 8586-2, Sensorická analýza – Obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti posuzovatelů – Část 2: Odborní senzoričtí posuzovatelé. Praha: český normalizační institut, 2010.
- [162] ČSN ISO 8589, Sensorická analýza – Obecná směrnice pro uspořádání sensorického pracoviště. Český normalizační institut, Praha, 1993.
- [163] GISTINGROVÁ, Z. *Vytvoření postupu pro stanovení velikosti tukových kuliček ve vzorcích taveného sýra pomocí analýzy obrazu*. Bakalářská práce. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2005. 47 s.
- [164] BREUIL, P. a MEULLENET, J. F. A comparison of three instrumental tests for predicting sensory texture profiles of cheese. *Journal of Texture Studies*. 2001, 32, 41-55.
- [165] FISZMAN, S. M. a DAMÁSIO, M. H. Instrumental measurement of adhesiveness in solid and semi-solid foods. A survey. *Journal of Texture Studies*. 2000, 31, 69-91.
- [166] KOSIKOWSKI, F. V. *Cheese and Fermented Milk Foods*. 2. vyd. Edwards Brothers Inc., Ann Arbor, MI. 1977, 448 s.
- [167] ČSN EN ISO 4833, Mikrobiologie potravin a krmiv – Horizontální metoda pro stanovení celkového počtu mikroorganismů – Technika počítání kolonií vykultivovaných při 30 °C. Český normalizační institut, Praha, 2003.
- [168] ČSN ISO 5541-1, Mléko a mléčné výrobky – Stanovení počtu koliformních bakterií. Část 1: Technika počítání kolonií vykultivovaných při 30 °C. Český normalizační institut, Praha, 1996.
- [169] ČSN ISO 6611, Mléko a mléčné výrobky – Stanovení počtu jednotek kvasinek a/nebo plísní tvořících kolonie. Technika počítání kolonií vykultivovaných při 25 °C. Český normalizační institut, Praha, 1996.
- [170] ČSN ISO 56 0100, Mikrobiologické zkoušení poživatin předmětů běžného užívání a prostředí potravinářských provozoven. Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, Praha, 1968.
- [171] HARRIGAN, W.F. *Laboratory methods in food microbiology*. London: Academic Press Ltd. 1998, 532 s. ISBN 0-12-326043-4
- [172] PACHLOVÁ, V., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., BUDINSKÝ, P., ŽALUDEK, M. a KRÁČMAR, S. The effect of three

- different ripening/storage conditions on the distribution of selected parameters in individual parts of Dutch-type cheese. *International Journal of Food Science and Technology*. 2010, 46, 101-108.
- [173] PARAYIL, K. A. a LEE, J. Y. Carboxyl terminated dendrimer-coated bioactive interference for protein microarray: High – sensitivity detection of antigen in complex biological. *In Langmuir*. 2007, 123-128.
- [174] ACHARYA, M. R. a A MISTRY, V. V. Influence of processing conditions on Cheddar cheese meltability. *Milk Science International*. 2007, 62, 170-174.
- [175] TING-KUO FEE, G. a JIAN-GING CH. Saturated linear dicarboxylic acids as chelating agents for the sol-gel synthesis of $\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,2}\text{O}_2$. *Materials Chemistry and Physics*. 2003, 246-255.

8. SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA

Příspěvky v mezinárodních časopisech s impakt faktorem

ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., POSPIECH, M., TREMLOVÁ, B., HLADKÁ, K., PAVLÍNEK, V. a BŘEZINA, P. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*. 2010, 20, 336-343.

HLADKÁ, K., RANDULOVÁ, Z., TREMLOVÁ, B., PONÍŽIL, P., MANČÍK, P., ČERNÍKOVÁ, M. a BUŇKA, F. The effect of cheese maturity on selected properties of processed cheese without traditional emulsifying agents. *Food Science and Technology* - submitted.

Články v recenzovaných časopisech

HLADKÁ, K., RANDULOVÁ, Z., TREMLOVÁ, B., MANČÍK, P., ČERNÍKOVÁ, M. a BUŇKA, F. Pevnost tavených sýrů vyrobených bez tradičních tavicích solí. *Mlékařské listy*. 2011, 126, I – III.

Články v ostatních vědeckých a odborných časopisech v jiném než světovém jazyce

HLADKÁ, K., BUŇKA, F., PACHLOVÁ, V., VOJTÍŠKOVÁ, P., KOSIBOVÁ, N. a KRÁČMAR, S. Možnosti využití dikarboxylových kyselin jako náhrady tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářstvo*. 2009, 3, 13-15. ISSN 1337-0960

HLADKÁ, K., BUŇKA, F., JEDLIČKOVÁ, L., PACHLOVÁ, V. a KRÁČMAR, S. Kyselina adipová a její sůl při produkci tavených sýrových výrobků. *Potravinářstvo*. 2010, 4, 152-157.

BUŇKA, F., ČERNÍKOVÁ, M., HLADKÁ, K. a BUŇKOVÁ, L. Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářská revue*. 2010, 6, 5-9.

PACHLOVÁ, V., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., HLADKÁ, K., VOJTÍŠKOVÁ, P. a KRÁČMAR, S. Vliv průběhu zrání na obsah vybraných

složek v přírodním sýru eidamského typu. *Potravinářstvo*. 2009, 3, 33-36. ISSN 1337-0960

PACHLOVÁ, V., WEISEROVÁ, E., ŽALUDEK, M., HLADKÁ, K., KRÁČMAR, S. a BUŇKA, F. Změny vybraných jakostních parametrů u přírodních sýrů v průběhu půlročního zrání/skladování za různých teplot. *Potravinářstvo*. 2010, 4, 217-223.

Příspěvky ve sbornících z konferencí ve světovém jazyce

VOJTÍŠKOVÁ, P., HLADKÁ, K., PACHLOVÁ, V., ŠÍPALOVÁ, M., HOZA, I. a KRÁČMAR, S. Dynamics of changes in the content of macro- and microelements in sheep colostrum during 72 hours after parturition. In *Zborník prací z mezinárodní vědecké konference Bezpečnost a kontrola potravin*. SPU Nitra. 2009, 140-143. ISBN 978-80-552-0193-1

Příspěvky ve sbornících z konferencí v jiném než světovém jazyce

HLADKÁ, K., JEDLIČKOVÁ, L. a BUŇKA, F. Proveditelnost výroby tavených sýrových výrobků s kyselinou adipovou a adipanem sodným v závislosti na zralosti přírodního sýra. In *Sborník z konference Hygiena a technologie potravin, XL. Lenfeldovy a Höklovy dny*. Brno: VFU. 2010, 98-101. ISBN 978-80-7305-121-1

ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., HLADKÁ, K., BŘEZINA, P. a HRABĚ, J. Využití pektinu při náhradě tavicích solí ve výrobě tavených sýrů. In *Zborník prací z mezinárodní vědecké konference Bezpečnost a kontrola potravin*. Nitra: SPU. 2007, 267-270. ISBN 978-80-8069-861-4

ČERNÍKOVÁ, M., HLADKÁ, K. a BUŇKA, F. Možnosti náhrady tradičních tavicích solí při výrobě tavených sýrů. In *Celostátní přehlídka sýrů 2010: Výsledky přehlídek a sborník přednášek semináře „Mléko a sýry“*, Praha: VŠCHT. 2010, 43-47. ISBN 978-80-7080-760-6

PACHLOVÁ, V., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., HLADKÁ, K. a KRÁČMAR, S. Změny dusíkatých látek v přírodních sýrech v závislosti na podmínkách zrání a skladování. In *Celostátní přehlídka sýrů 2010: Výsledky přehlídek a sborník přednášek semináře „Mléko a sýry“*. Praha: VŠCHT. 2010, 187-193. ISBN 978-80-7080-760-6

9. CURRICULUM VITAE

OSOBNÍ ÚDAJE

Jméno a příjmení: Ing. Kristýna Hladká
Datum narození: 4. 4. 1984
Adresa: Pod vodojemem 3385, 760 01 Zlín
E-mail: krhladka@seznam.cz

VZDĚLÁNÍ

1999 – 2003 **Gymnázium Lesní čtvrť, Zlín**

2003 – 2006 **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická**
Bakalářský program – prezenční studium
Obor: Chemie a technologie potravin

2006 – 2008 **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická**
Navazující magisterský program – prezenční studium
Obor: Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin

2008 – dosud **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická**
Doktorský program – prezenční studium
Obor: Technologie potravin

JAZYKOVÉ ZNALOSTI

Angličtina Pokročilá znalost - aktivně

OSTATNÍ DOVEDNOSTI

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

10. SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha A:** Zařízení použité pro laboratorní výrobu tavených sýrových výrobků Vorwerk Thermomix TM 31-1 (Vorwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Německo)
- Příloha B:** Dotazník pro sensorické hodnocení modelových i kontrolních tavených sýrů, bez hodnocení chutě a vůně
- Příloha C:** Dotazník pro sensorické hodnocení modelových i kontrolních tavených sýrů
- Příloha D:** Stupnice pro sensorické hodnocení modelových i kontrolních tavených sýrů

Příloha A:

Zařízení použité pro laboratorní výrobu tavených sýrových výrobků Vorwerk Thermomix TM 31-1 (Vorwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Německo)



Příloha B:

Dotazník pro sensorické hodnocení modelových i kontrolních tavených sýrů, bez hodnocení chutě a vůně

Protokol pro sensorické hodnocení tavených sýrových výrobků**Datum:****Čas:****Jméno:****Senzorické hodnocení s použitím stupnic**

Vzorek	Ukazatel		
	Homogennost	Konzistence	Vzhled
A			
B			
C			

Příloha C: Dotazník pro sensorické hodnocení modelových i kontrolních tavených sýrů

Protokol pro sensorické hodnocení tavených sýrových výrobků

Datum:

Čas:

Jméno:

Senzorické hodnocení s použitím stupnic

Vzorek	Ukazatel			
	Homogennost	Konzistence	Vzhled	Chut' a vůně
A				
B				
C				

Vnímáte-li v některém ze vzorků cizí příchut' či pachut' charakterizujte ji

Vzorek	Pachut'
A	
B	
C	

Příloha D: Stupnice pro senzorické hodnocení modelových i kontrolních tavených sýrů

Hodnocení tavených sýrových výrobků

Homogennost

- 1. Vynikající** – vzorek naprosto homogenní.
- 2. Výborná** – vzorek téměř homogenní.
- 3. Velmi dobrá** – nepatrně znatelná nehomogenita.
- 4. Dobrá** – mírná nehomogenita, akceptovatelná.
- 5. Méně dobrá** – výraznější nehomogenita s oddělením fází.
- 6. Nevyhovující** – výrazná nehomogenita, neakceptovatelná.
- 7. Nepříjemná** – vzorek naprosto nehomogenní.

Konzistence

- 1. Vynikající** – lehce roztíratelná, plastická, dokonale utavená, bez vzduchových dutin, homogenní, bez výskytu neutavených kousků sýra.
- 2. Výborná** – konzistence výborně roztíratelná, jemná, nelepivá.
- 3. Velmi dobrá** – roztíratelnost velmi dobrá, nepatrně tužší nebo měkčí.
- 4. Dobrá** – roztíratelnost dobrá, mírně tužší nebo měkčí, slabě lepivá.
- 5. Méně dobrá** – roztíratelnost horší, tužší, pastovitá nebo měkčí, lepivá.
- 6. Nevyhovující** – lepivá, tuhá, řídká, nehomogenní, špatně roztíratelná.

7. Nepřijatelná – velmi tuhá až drobivá, silně lepivá, rozbředlá, nehomogenní s oddělujícím se tukem, zduřelá s výskytem provzdušnění, silně krupičkovitá, roztékavá.

Vzhled

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 osycháním sýru a 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. 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. Změny barvy způsobené osycháním sýru a oxidačními změnami jen nepatrné. 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. Nepřijatelná – barva na povrchu i v těstě nehomogenní, silné oxidativní změny na povrchu, výskyt plísně, značná deformace povrchu, vzhled narušen duřením sýra, vytavený, oddělený tuk.

Chuť a vůně

1. Vynikající – chuť jemná, mléčně sýrová, nebo máslová, smetanová, 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, smetanová, jemně mléčně nakyslá nebo nasládlá, typická, cizí příchutě vyloučeny.

3. Velmi dobrá – mírné odchylky od vynikající chuti a vůně, přesto harmonická, odpovídající deklarovanému druhu, přirozeně mléčně nakyslá nebo nasládlá, typická, cizí příchutě vyloučeny.

4. Dobrá – chuť a vůně typická pro smetanový tavený sýr s odchylkami ne zásadního charakteru, avšak charakteristická a čistá pro deklarovaný druh.

5. Méně dobrá – výskyt cizích příchutí ve velmi malé intenzitě, méně harmonická, slabě nahořklá nebo slanější, slabá příchut' po tavicích solích, mírně kyselejší, dílčí odchylky v chuti, slabě nečistá.

6. Nevyhovující – výskyt cizích příchutí, méně harmonická, nahořklá, slanější, kyselejší, mírně oxidovaná, dílčí odchylky v chuti, mírně nečistá.

7. Nepříjemná – nečistá, žluklá, slaná, hořká, cizí, netypická, silně oxidovaná, zatuchlá, kvasnicová, ostře kyselá aj.