

Kyselina adipová a její soli jako možná náhrada tradičních tavicích solí

Bc. Lenka Jedličková

Diplomová práce
2010

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav biochemie a analýzy potravin
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lenka JEDLIČKOVÁ**
Osobní číslo: **T08799**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Kyselina adipová a její soli jako možná náhrada tradičních tavicích solí**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Stručná charakteristika tavených sýrů a úlohy tavicích solí fosforečnanového a citranového typu.
2. Charakteristika kyseliny adipové a jejích solí z hlediska jejich vlastností a interakcí.
3. Legislativní aspekty aplikace kyseliny adipové a jejích solí do potravin.

II. Praktická část

1. Realizace výroby modelových vzorků tavených výrobků s různou koncentrací a poměry kyseliny adipové a adipanu sodného.
2. Hodnocení vzorků zaměřená na proveditelnost tavy a sensorické posouzení.
3. Zhodnocení homogenity modelových vzorků.
4. Vyhodnocení výsledků a vyvození závěrů.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] GUINEE, T.P., CARIC, M., KALÁB, M. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese product. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 2 Major Cheese Groups, 3. ed, Elsevier, New York 2004.

[2] VYHLÁŠKA č.4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin.

[3] MC MURRY, J. Organická chemie. VUT v Brně, 2007.

[4] BURDOCK, G.A. Encyclopedia of food and color additives. Boca Raton: CRC Press, 1997.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Kristýna Hladká

Ústav biochemie a analýzy potravin

Datum zadání diplomové práce:

4. ledna 2010

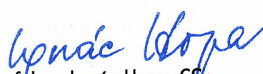
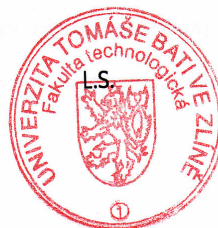
Termín odevzdání diplomové práce:

19. května 2010

Ve Zlíně dne 8. dubna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 12.5.2010

Lenka Jedličková

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce bylo studium možností náhrady fosforečnanových tavicích solí kyselinou adipovou a adipánem sodným. Experiment byl rozdělen na dvě části. V první části byly hledány použitelné koncentrace a poměry aplikovaných přídatných látek. Předmětem zkoumání v druhé části byl vliv zralosti suroviny. Modelové vzorky tavených sýrů byly vyrobeny v laboratorních podmínkách. Po 14 dnech skladování byly výrobky senzorycky posouzeny. Při sensorické analýze byla hodnocena homogenita, konzistence a vzhled vzorku. Výsledky sensorické analýzy byly doplněny naměřenými hodnotami pH. Jako homogenní byly hodnoceny zejména vzorky s přidavkem 1,0 a 1,5 % (w/w) směsi kyseliny adipové a adipanu sodného v poměru 25:75 a 0:100. Optimální zralost suroviny pro získání makroskopicky homogenního produktu byla dva a čtyři týdny.

Klíčová slova: tavený sýr, tavicí soli, kyselina adipová, adipán sodný.

ABSTRACT

Aim of this master thesis was study the possibilities of substitutes phosphate emulsifying agents by mixture of adipic acid and sodium adipate. The experiment was divided into two parts. In the first part of experiment, the appropriate concentration and ratio of tested substances were researched. The effect of maturity of raw materials was studied in the second part. Model processed cheese samples were produced in laboratory conditions. The products were assessed using sensory analysis after 14 days of storage. Homogeneity, consistency and appearance of the samples were observed. The pH-values of samples were also carried out. The samples with addition of 1,0 % and 1,5 % (w/w) mixture of adipic acid and sodium adipate in ratio 25:75 and 0:100 were appropriate for using. The optimal maturity of raw materials for manufacturing of homogeneous products was two and four weeks.

Keywords: processed cheese, emulsifying agents, adipic acid, sodium adipate.

Tímto bych chtěla poděkovat Ing. Kristýně Hladké za odborné vedení, konzultaci a pomoc při realizaci teoretické i praktické části.

Rovněž bych ráda poděkovala Doc. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, které mi byly velkým přínosem při zpracování této diplomové práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TAVENÉ SÝRY	12
1.1 KLASIFIKACE TAVENÝCH SÝRŮ.....	12
1.2 VÝZNAM TAVENÝCH SÝRŮ Z HLEDISKA NUTRIČNÍCH ASPEKTŮ.....	14
1.3 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ.....	14
1.3.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů.....	14
1.3.2 Princip výroby tavených sýrů.....	17
1.3.3 Technologie výroby tavených sýrů.....	19
2 TRADIČNÍ TAVICÍ SOLI	23
3 KARBOXYLOVÉ KYSELINY	24
3.1 FYZIKÁLNÍ CHARAKTERISTIKY A OBECNÉ VLASTNOSTI KARBOXYLOVÝCH KYSELIN.....	24
3.2 KYSELINY VYUŽÍVANÉ V POTRAVINÁŘSTVÍ.....	26
3.2.1 Alifatické dikarboxylové kyseliny a jejich soli.....	28
3.2.2 Afinity dikarboxylových kyselin k divalentním iontům.....	29
4 ADIPOVÁ KYSELINA A JEJÍ SOLI	30
4.1 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI A VÝROBA.....	31
4.2 LEGISLATIVNÍ A HYGIENICKÉ ASPEKTY APLIKACE DO POTRAVIN.....	32
4.2.1 Potravinářské využití kyseliny adipové a jejích solí.....	35
4.3 INTERAKCE S DIVALENTNÍMI IONTY A PROTEINY.....	37
5 CÍLE PRÁCE	41
II PRAKTICKÁ ČÁST	42
6 METODIKA PRÁCE	43
6.1 POPIS EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI.....	43
6.1.1 Experiment I.....	43
6.1.2 Experiment II. – zrací pokus.....	43
6.2 PŘÍPRAVA VZORKŮ.....	44
7 VÝSLEDKY A DISKUZE	45
7.1 EXPERIMENT I.....	45
7.2 EXPERIMENT II. - ZRACÍ POKUS.....	52
7.2.1 Série vzorků vyrobených z eidamské cihly ve stáří 1 týden.....	53
7.2.2 Série vzorků vyrobených z eidamské cihly ve stáří 2 týdny.....	58
7.2.3 Série vzorků vyrobených z eidamské cihly ve stáří 4 týdny.....	62
7.2.4 Série vzorků vyrobených z eidamské cihly ve stáří 6 týdnů.....	65
7.2.5 Série vzorků vyrobených z eidamské cihly ve stáří 8 týdnů.....	68

7.3	DISKUZE	71
ZÁVĚR		75
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		76
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		83
SEZNAM OBRÁZKŮ		84
SEZNAM TABULEK		85
SEZNAM PŘÍLOH		86

ÚVOD

Tavené sýry jsou oblíbenou kategorií potravin, která hraje důležitou roli ve výživě člověka. Podstatou jejich výroby je formace směsi surovin za současného spolupůsobení tepla, mechanického namáhání a dávky tavicích solí. Aplikace tavicích solí je jedním z předpokladů pro dosažení homogenity a požadovaných konzistenčních znaků produktu. Na druhou stranu vlivem jejich přídavku může být narušena biologická využitelnost vápníku z tavených sýrů. Nadměrný příjem fosforu v podobě fosforečnanových tavicích solí posouvá optimální poměr mezi vápníkem a fosforem do oblasti nepříznivé pro absorpci vápníku v zažívacím traktu. Dlouhodobý deficit vápníku může být příčinou vzniku mnoha zdravotních komplikací, zejména úbytku kostní hmoty a křehnutí kostí. Celosvětový trend se proto v dnešní době ubírá směrem k minimalizaci používání fosfátových aditiv a jejich náhradě za látky z výživového hlediska přijatelnější.

Smyslem diplomové práce bylo popsat možnosti náhrady tradičních tavicích solí kyselinou adipovou a adipanem sodným. Tyto přídatné látky se v potravinářském průmyslu běžně využívají jako regulátory pH a intenzifikátory chuti potravin. Široké uplatnění našly při výrobě práškových ovocných koncentrátů, pečiva, cukrářských výrobků a gelovitých dezertů. Přítomnost dvou funkčních karboxylových skupin v jejich molekule se projevuje schopností tvořit komplexní sloučeniny s ionty kovů. Kyselina adipová je chelatačním činidlem pro divalentní ionty vápníku, zinku, manganu a niklu.

Diplomová práce je rozdělena do sedmi kapitol. Prvních pět je zahrnuto v teoretické části, zbylé dvě obsahuje část praktická. První kapitola teoretické části se zabývá problematikou klasifikace, nutričních aspektů a technologie výroby tavených sýrů. Druhá kapitola souhrnně charakterizuje vlastnosti tradičních tavicích solí. Obecná charakteristika karboxylových kyselin včetně jejich využití v potravinářství je přiblížena ve třetí kapitole. Ve čtvrté kapitole jsou vysvětleny základní vlastnosti kyseliny adipové a jejích solí, možnosti potravinářského využití a interakce s divalentními ionty a proteiny. Cíle diplomové práce jsou vymezeny v kapitole pět. V první kapitole praktické části je popsána metodika práce, druhá kapitola je věnována vyhodnocení a diskuzi výsledků.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY

Tavené sýry jsou produkty další technologické úpravy sýrů přírodních [1]. Pod pojmem tavený sýr se rozumí sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí [2].

Tavené sýry je možno označit jako nejmladší kategorii sýrů. Jedná se o široký sortiment variant odlišných v chuti, struktuře, velikosti a tvaru. Další diferenciací je dosaženo fortifikací nutričního obsahu vitamíny a minerálními látkami. Podstatnou výhodou pro spotřebitele je jejich dlouhodobá skladovatelnost a dobrá fyzikálně chemická stabilita. Ve srovnání s přírodními sýry nelze opomenout i podstatně nižší výrobní náklady a v konečném důsledku příznivou pořizovací cenu. Tato skutečnost spočívá v možnosti zhodnotit při výrobě tvarově nevyhovující přírodní sýry, odřezky a levnější mléčné přísady. Lze tak začlenit do tavicí směsi například sušené odstředěné mléko, sušenou syrovátku či kaseináty. Dle dostupných informací je objem výroby tavených sýrů odhadován na dva miliony tun ročně. Odpovídá přibližně 13 % produkce sýrů přírodních [3], [4].

1.1 Klasifikace tavených sýrů

Tavené sýry tvoří rozmanitý sortiment výrobků. Kritéria pro klasifikaci tavených sýrů podle vyhlášky 77/2003 Sb., v platném znění jsou omezena pouze na obsah tuku v sušině (TVS). Na základě tohoto znaku jsou vyhláškou členěny na tavené sýry roztíratelné nízkotučné a vysokotučné [2]. Podle Pavelky [1] je možno tavené sýry na základě obsahu TVS blíže specifikovat do čtyř skupin. Jedná se o sýry vysokotučné s obsahem 60 – 70 % (w/w) TVS, plnotučné obsahující 45 - 55 % (w/w) TVS, polotučné s 45 – 30 % (w/w) TVS a nízkotučné s limitem 30 % (w/w) TVS a méně. Produkty s obsahem TVS nižším než 20 % (w/w) a vyšším než 70 % (w/w) se prakticky nevyrábí. Omezení ve výrobě je dáno skutečností, že při těchto hodnotách již nevykazují charakteristické rysy tavených sýrů.

Základní konzistence tavených sýrů by měla být hladká, pružná, homogenní a kompaktní [5]. Jakostně nežádoucí je krupičkovitá nebo písčitá textura. Vlastní klasifikace na základě konzistenčních vlastností je dána mírou tuhosti výrobku. Hlavními faktory ovlivňující tuhost výrobku je skladba použité suroviny a technologie výroby. Rozhodující vliv má v tomto případě obsah TVS a tukoprosté sušiny (TPS). Význam je přisuzován také druhu použité tavicí soli, způsobu tavení a chlazení produktu. Tuhá konzistence je průvodním znakem výrobků s obsahem tuku do 45 % (w/w) a relativně vyšším obsahem TPS. Vysoko-

tučné tavené sýry jsou naopak měkké a roztíratelné. Roztíratelný charakter mohou vykazovat i nízkotučné tavené sýry, obvykle ale se sníženým obsahem TPS [1].

Z pohledu konzistenčních znaků lze souhrně říci, že existují dvě základní skupiny tavených sýrů s různou tvarovou modifikací. Mohou se vyrábět tavené sýrové bloky s tuhou a lomi-ovou konzistencí a tavené sýry měkké, krémové a roztíratelné [6]. V závislosti na požadovaných rysech produktu je proto nutné pečlivě volit skladbu použité suroviny, složení tavicích solí i technologii tavení. Konzistenci sýra se dále musí přizpůsobit způsob balení a druh obalu [1].

Mnohé varianty tavených sýrů jsou obohaceny obsahem různých ochucujících přísad a zdobných součástí. Z hlediska použití přísad se tavené sýry dělí na neochucené, ochucené a s přísadami. Jestliže při výrobě nebylo použito žádných ochucujících složek jedná se o tavené sýry neochucené (přírodní). Výrobky obsahující aroma, koření, léčivé byliny a zdobné součásti se klasifikují jako ochucené. Pokud přísada tvoří převážný podíl z celkové hmotnosti produktu jedná se o tavený sýr s přísadami [1]. Kritérium pro zatřídění je i druh použité základní suroviny. Jestliže v surovinové skladbě převažuje jeden druh deklarovaného sýra jedná se o produkty jednodruhové. Jako směsné tavené sýry jsou pak označovány výrobky připravené ze směsi různých sýrů [7].

V celosvětovém měřítku existují různé modifikace tavených sýrů a tavených sýrových výrobků. Výroba a recepturní složení je variabilní, zpravidla typické pro danou zemi. Podle Světová obchodní organizace (World Trade Organization - WTO) v případě řešení obchodních sporů se tavené sýry člení do čtyř kategorií: pasterovaná směs sýrů (Pasteurized blended cheese), pasterované tavené sýry (Pasteurized processed cheese), pasterované speciality z tavených sýrů (Pasteurized processed cheese food) a pasterované pomazánky z tavených sýrů (Pasteurized processed cheese spreads). V některých případech se uvádí i pátá kategorie. Tak jsou označeny nestandardní pasterované sýrové výrobky. Jedná se o tekuté produkty vyrobené z běžných tavených sýrů, například sýrové omáčky [3]. Kritéria pro zatřídění jsou obsah TPS a TVS, pH, druh a množstvím základních a doplňujících přísad [8].

1.2 Význam tavených sýrů z hlediska nutričních aspektů

Tavené sýry jsou přijatelným zdrojem bílkovin, vitaminů i minerálních látek. Ve srovnání se sýry přírodními mohou ale vykazovat určité nutriční nedostatky. Příčinou je použití zvýšené teploty při tavení a přidavek tavicích solí. Aplikací teplot nad 80 °C se snižuje obsah vitaminů a biologická hodnota bílkovin [9]. Hladká et al. [10] a Schäffer et al. [11] uvádí, že tavené sýry jsou potenciálním zdrojem vápníku. Problematická je ale u těchto výrobků jeho využitelnost lidským organizmem. Doporučený denní příjem vápníku z potravy je přibližně 0,8 až 2 g. K resorpci dochází v tenkém střevě mechanismy aktivního transportu a pasivní difúze. V lidském těle se vyskytuje ve formě volných iontů nebo vázaný v koordinačních sloučeninách s bílkoviny či jinými biomolekulami. Vápenaté ionty jsou nezbytné pro růst kostní tkáně, činnost svalů a nervového systému [12]. V mléce nebo přírodních sýrech (primární zdroje vápníku) se vápník váže na mléčnou bílkovinu kasein. V této formě je nejlépe využitelný pro lidský organizmus. Přídavkem fosfátových tavicích solí při výrobě tavených sýrů se zvýší obsah fosforu ve výrobku a poměr vápníku a fosforu (Ca:P) se posune do oblasti nepříznivé pro vstřebávání vápníku. Optimální poměr Ca:P pro lidské tělo, zejména růst kostní tkáně je 1:1 [9]. Výměnou vápenatých iontů z kaseinové matrice sýra za sodné ionty fosfátových solí vzniká v trávicím traktu hůře vstřebatelný komplex vápníku a fosforu [10]. Zvýšením obsahu fosforu se příznivý poměr Ca:P přírodních sýrů (2,00 – 1,43) modifikuje na hodnoty nepříznivé (0,42 – 0,53) a biovyužitelnost vápníku klesá [11]. Aplikací tavicích solí se tavené sýry stávají také významným zdrojem sodíku. Nezanedbatelný je i poměrně vysoký obsah tuku a s tím spojený příjem cholesterolu [9].

1.3 Výroba tavených sýrů

1.3.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Tavené sýry jsou produkty, které se nevyrábí přímo z čerstvého mléka ale již zralých přírodních sýrů [13]. Jsou vyrobeny změnou fyzického stavu jednoho nebo více druhů sýrů za spolupůsobení tavicích solí a dalších povolených přísad [14]. Základním předpokladem formulace směsi surovin je dosažení požadované chuti a konzistence finálního výrobku. Jako výchozí surovina mohou být zpracovány sýry sladkého sýrařství i sýry kyselé [7]. Hlavní podíl při výrobě tvoří především sýry tvrdé a polotvrdé. Některé varianty mohou

obsahovat i sýry měkké nebo tvaroh [1]. Jednoznačně pozitivně lze hodnotit skutečnost využití sýrů s různými mechanickými defekty. Naprosto nevhodná je ale surovina znehodnocená vadami mikrobiálními. Zejména se jedná o bombáže a výdutě způsobené sporujícími bakteriemi. Výskyt sporulátů v použité surovině představuje nebezpečí ohrožení zdravotní nezávadnosti finálního produktu. Vychází se z předpokladu, že aplikací pasterační teploty jsou inaktivovány pouze vegetativní formy mikroorganismů, nikoliv jejich spory [15], [16]. Při volbě vhodných variant přírodních sýrů je rozhodující jejich složení a stupeň zralosti. Posuzuje se obsah sušiny, obsah vápníku a pH výrobku. Během zrání sýrů je bílkovinná složka hydrolyzována na peptidy a volné aminokyseliny. Tento děj se nazývá proteolýza. Činitelem proteolýzy kaseinu je aktivní část nativních enzymů, včetně zbytku syřidla a exogeního enzymatického systému mléčných bakterií. Obsah nerozštěpeného kaseinu je významné kritérium modifikace konzistence tavených sýrů [5]. Nízký stupeň hydrolyzy kaseinu je typický pro sýry mladé a nevyzrálé s obsahem 85 – 95 % nerozštěpené mléčné bílkoviny. Ty se používají pro výrobu tavených sýrů s tuhou a krájitelnou konzistencí [5]. Hlavní výhodou vysokého podílu mladých sýrů v surovinové skladbě je snížení nákladů na surovinu. Z hlediska fyzikálně chemických vlastností je přínosné i vytvoření stabilní emulze s vysokou vazností vody. Výrobky nejsou ale příliš chuťově výrazné a díky vysoké viskozitě taveniny mohou obsahovat malé vzduchové dutinky [16]. Středně vyzrálé sýry se vyznačují obsahem 60 – 85 % nerozštěpeného kaseinu, což je činí vhodnou surovinou pro výrobu měkkých roztíratelných produktů. Starší příliš prozrálé sýry mají obecně vyšší pH a relativně nízký stupeň nenarušeného kaseinu. Proteolitické procesy zde probíhají ve vyšší intenzitě než při samotném zrání [5]. Výsledkem použití příliš prozrálé suroviny může být nízká stabilita emulze a v některých případech nežádoucí roztékání výrobku. Prozrálé sýry jsou často aromatictější a plnější chuti než sýry mladé. V praxi se proto volí vhodná kombinace několika sýrů o různém aroma a stupni zralosti [16]. Významný z hlediska regulace konzistence tavených sýrů je také obsah vápníku. Vápník se v přírodních sýrech vyskytuje především ve formě nerozpustného koloidního vápenatofosfátového komplexu. Ten je asociován s parakaseinovou maticí. Obsah vápníku je proměnlivý v rámci druhu sýru a stupně zralosti [5]. Podle Guineeho et al. [17] redukovaný obsah vápníku v přírodních sýrech je příčinou změny reologických vlastností tavených sýrů. Výrobky jsou podstatně měkčí a křehčí. Při záhřevu mají roztíratelný až tekutý charakter. Tekuté fáze lze dosáhnout v kratším čase a při nižší teplotě. Jistým nedostatkem je ale nižší stabilita při dlouhodobém působení teplot 80 – 100 °C.

Další doplňující přísady jsou určeny typem výrobku. Používají se pro úpravu charakteristických rysů tavených sýrů [8]. Pro výrobu jakostních produktů musí být použity vysoce kvalitní suroviny, prosté pachů a cizích příměsí [16].

Obsah mléčného tuku je obecně ekvivalentní průměrné tučnosti použité směsi přírodních sýrů [14]. V závislosti na variantě vyráběného taveného sýru je možné standardizovat požadovaný obsah TVS. Tučnost se reguluje přidavkem smetany nebo másla. Mléčný tuk může být aplikován v tekuté nebo sušené formě. Kromě natučnění se také podílí na charakteristické chuti a struktuře výrobku. K úpravě reologických vlastností jsou využívány mléčné proteiny. Podílí se na zahuštění výrobku a tvorbě krémovité struktury. Zdrojem jsou především koncentráty mléčných bílkovin, syrovátkové proteiny a sušené odstředěné mléko [3]. Specifickou roli zde zaujímají kaseináty. Vedle korekce textury se vyznačují schopností zvýšit stabilitu emulze. Pozitivně je hodnocen příznivý dopad na nutriční charakter výrobku, neboť jejich aplikací lze redukovat dávky tavicích solí v surovinové skladbě. To je žádoucí zejména při výrobě tavených sýrů se sníženým obsahem sodíku. Přídavek kaseinátnů by neměl být vyšší jak 5 % (w/w) [16]. Sušená syrovátka a odstředěné mléko jsou také zdrojem laktózy. Ta je využívána jako plnidlo a prvek modifikace konzistenčních vlastností. Guinee [18] uvádí, že s rostoucí dávkou sušené syrovátky se stává tavený sýr měkčí a roztíratelnější. Sušená syrovátka má také výrazný vliv na lesk a odstín finálního výrobku. Z ekonomických důvodů mohou být při výrobě využity i finančně příznivější rostlinné tuky a nemléčné bílkoviny. V případě této alternativy se jedná o nestandardní produkty nazývané analogy tavených sýrů [3].

Fyzikálně chemická stabilita bílkovinné matrice je zajištěna prostřednictvím aplikace stabilizátorů. V současné době nabývá na významu využití specifických vlastností hydrokoloidů [3]. Jsou to vysokomolekulární látky sacharidické nebo bílkovinné povahy, které mají schopnost ovlivnit strukturu a stabilitu potravinářských gelů. Typickou vlastností této skupiny biopolymerů je vysoká vaznost vody a za určitých podmínek i tvorba uspořádané trojrozměrné struktury – gelu. Tímto způsobem zvyšují viskozitu systému a stabilizují konzistenci finálních výrobků [19]. pH tavených sýrů se upravuje nejen prostřednictvím účinku tavicích solí ale i pomocí organických kyselin. Některé pasterované pomazánky z tavených sýrů mohou být přislažovány dextrózou, kukuřičným nebo glukózovým sirupem. Dalšími složkami surovinové skladby jsou aroma (esence, extrakty kouře, koření) a intenzifikátory vůně a chuti (NaCl, kvasničný extrakt). Pro tavené sýry ochucené je rovněž charakteris-

tický obsah masové či zeleninové přísady, žampionů, bylinek nebo ořechů. Barva finálního produktu se upravuje přidavkem přírodních nebo umělých barviv [3]. Jako separační prostředek proti slepení a přilnutí tavených plátků se používá lecitin [8]. Mikrobiální stabilita tavených sýrů je závislá na několika faktorech. Vedle charakteru tepelného ošetření a způsobu plnění a balení je to i použití přísad s konzervačním účinkem. Základním předpokladem bezpečnosti výrobku je bakteriostatický a baktericidní účinek tavicích solí. Trvanlivost lze prodloužit přidavkem dusitanů, kyseliny mléčné, sorbanu draselného nebo propionanu sodného [20]. Používá se také nisin jako specifický metabolit některých bakterií s inhibičními účinky. Sušina tavených sýrů je regulována přidavkem pitné vody [3].

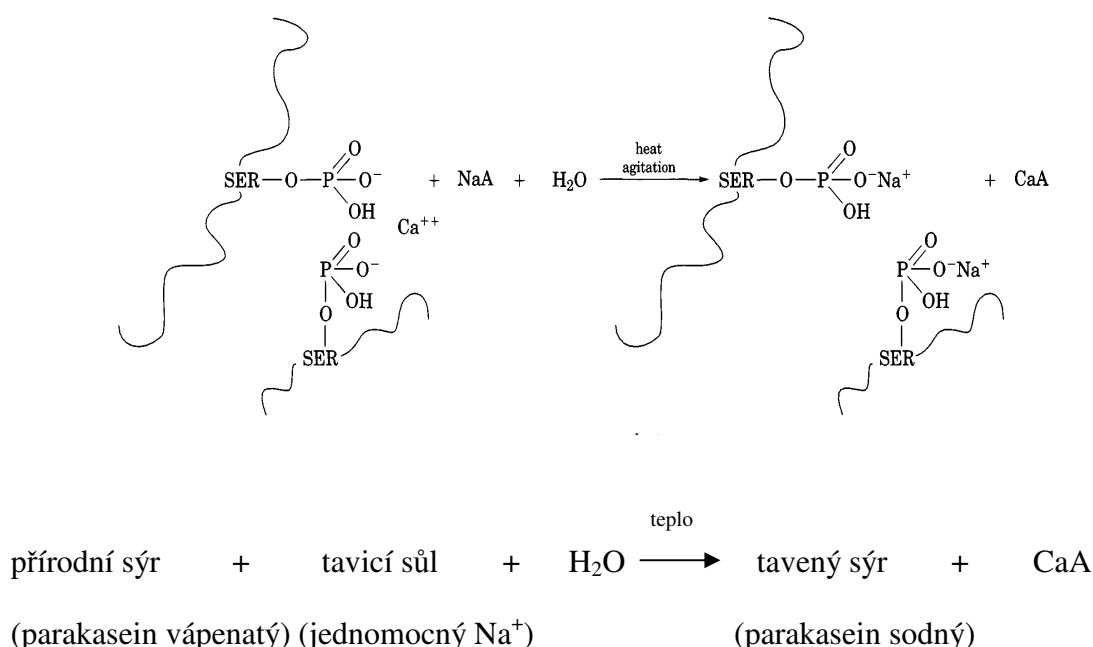
1.3.2 Princip výroby tavených sýrů

Mikrostruktura přírodních sýrů se jeví jako trojrozměrná síť parakaseinových micel se zakorporovanými shluky tukových kuliček a molekul vody. Parakaseinová matrice je v sýrech zesítněna pomocí do sebe zapadajících vápenatých můstků. Integrita systému je stabilizována komplexem vnitřních a vnějších vazeb včetně hydrofóbních a elektrostatických interakcí [4]. Kromě toho značná část vápníku se v přírodních sýrech vyskytuje ve formě komplexů fosforečnanu vápenatého vázaného s molekulami kaseinu. Vysrážený fosforečnan vápenatý redukuje odpudivé účinky záporného náboje kaseinových molekul a tím zvyšuje stupeň agregace kaseinu. Parakaseinová matrice je díky tomu prakticky nerozpustná. Záhřevem a mechanickým zpracováním přírodních sýrů bez přítomnosti tavicích solí dochází k následujícím procesům:

- Uvolnění tekuté fáze mléčného tuku v důsledku destrukce membrán tukových kuliček.
- Sloučení tukových kuliček do větších celků (shluků).
- Částečná dehydratace, agregace a srážení parakaseinové matrice působením vysokých teplot a relativně nízkého pH.

Po vychlazení vznikne neforemná, gumovitá a lepkavá hmota s volnými ložisky deemulgovaného tuku a vody [3]. Prvořadým předpokladem homogenního charakteru výrobku je proto přítomnost látek s emulgujícími účinky - emulgátorů. Označují se tak látky se schopností tvorby stejnorodé směsi dvou vzájemně nemísitelných kapalných fází (voda, olej) [21].

Charakteristickým rysem molekuly kaseinu tedy bílkovinné složky přírodních sýrů je segmentace na oblast nepolární (blíže karboxylovému konci) a oblast polární (blíže aminovému konci). Zatímco nepolární segment je lipofilní, druhý konec s navázaným fosforečnanem vápenatým je hydrofilní. Díky této struktuře se mohou kaseinové frakce uplatňovat jako přirozené emulgátory. Jejich emulgující schopnost je však potlačena v důsledku přítomnosti vápníku vázaného v matrici sýra. Rozpustnost kaseinu ve vodě se zvyšuje snížením obsahu fosforečnanu vápenatého. Toho lze docílit přidávkem tavicích solí. Ty jsou schopny odejmout z parakaseinu vápenatého dvojmocný vápenatý iont a nahradit ho jednomocným iontem sodíku. Vzniká tak rozpustnější parakasein sodný [3], [22]. Chemická reakce přeměny je znázorněna na Obr. 1.



Obr. 1 Vznik parakaseinu sodného při tavení [16].

Souběžně s vlivem tavicích solí je uplatňován i vliv teploty. Během tavení jsou aplikovány vysoké teploty, které způsobí další narušení polypeptidových vazeb v kaseinu. Vícemocný anion tavicí soli je zapojen do upravené molekuly proteinu a zvýší tak jeho hydrofilní charakter. V systému se zvyšuje obsah hydratované vody, mléčná bílkovina bobtná a rozpouští se. Tím se zvyšuje viskozita koloidní hmoty. Mléčný tuk je v utaveném produktu rovnoměrně rozptýlen, čímž se zabrání jeho dalšímu uvolňování [16].

Při chlazení taveniny však vzájemné interakce bílkovin opět převládnu nad disperzním působením rozpouštědla. Vlivem hydrofóbních a elektrostatických interakcí, vodíkových a disulfidických můstku včetně zesílení zbytku vápenatých iontů se z viskózní hmoty formuje konečná struktura výrobku [5]. Chlazení podporuje krystalizaci mléčného tuku. Nově vytvořené tukové kuličky se stávají součástí celé hmoty v důsledku interakce jejich bílkovinné membrány s parakaseinovou maticí. Velikost tukových kuliček je určující znak tuhosti výrobku a stability tuku během tepelné úpravy tavených sýrů. Ovlivňuje jejich tavitelnost, šťavnatost a lesk na povrchu [4].

1.3.3 Technologie výroby tavených sýrů

Výrobu tavených sýrů lze diferenciovat do několika etap. Technologie zahrnuje fázi přípravnou, vlastní proces tavení a dokončovací operace.

Přípravná fáze je tvořena těmito kroky:

- výběr přírodních sýrů a ostatních surovin dle požadovaných jakostních kritérií,
- příprava surovinové skladby, čištění sýrů,
- výpočet dávek surovin a vážení,
- mletí sýrů a míchání s ostatními složkami směsi určené k tavení,
- přidavek vhodné směsi tavicích solí.

Směs surovin s dávkou tavicích solí je následně tepelně ošetřena tavením. K dokončovacím operacím patří:

- homogenizace (nepovinný ale doporučený krok zpracování taveniny),
- balení a tvarování produktu,
- chlazení a skladování [4], [23], [24].

Základním předpokladem produkce kvalitních výrobků je pečlivý výběr vysoce jakostních surovin. Výběru předchází analýza klíčových sensorických, chemických a mikrobiologických ukazatelů. Určujícím kritériem pro výběr všech surovin je dosažení požadovaného složení, textury a funkčních vlastností výrobku. Hlavní surovinou po výrobu tavených sýrů jsou sýry přírodní. Vybírají se různé druhy přírodních sýrů v různém stupni prozrání. Vhodnou kombinací lze docílit požadované chuti a konzistence finálního produktu. Výpo-

čet dávky dalších složek surovinové skladby je založen na obsahu TVS a TPS přírodních sýrů. Hmotnostní bilance TVS a TPS včetně všech použitých přísad a přídavku vody je v konečném důsledku vztažena na složení vyráběné varianty tavených sýrů [16].

Sýry jsou před vlastním zpracováním důkladně očištěny. Pomocí mechanické škrabky jsou zbaveny ochranného povlaku (kúry, vosku nebo mazu). Mohou se odstranit i případná poškozená místa. Následně se krájí, drtí a melou. Účelem dezintegrace je zmenšení velikosti částic a tím dosažení stejnorodé směsi. Současně je maximalizován povrch, což usnadňuje přestup tepla během tavení a vzájemné interakce suroviny se směsí tavicích solí. Sýr je nejprve rozřezán na řezačce s hydraulicky ovládaným ostřím na menší celky. Ty jsou následně prostřednictvím protiběžných nerezových válců drtícího stroje rozmělněny na částice o velikosti menší jak 1 mm [3]. Míchání je definováno jako proces vyrovnání efektu z rozdílu mezi složením, stupněm zralosti a požadovanými vlastnostmi finálního produktu. Pro výrobu tavených sýrů formovaných do bloků se většinou používá kombinace mladých (málo prozrálých) sýrů se středně zralými sýry. Roztíratelný charakter tavených sýrových pomazánek je dosažen prostřednictvím zpracování směsi mladých, polozralých a dobře prozrálých sýrů [16]. Směs sýrů je následně dopravena přímo do kotle tavičky, kde je smíchána s dalšími přísadami nebo slouží pro přípravu pre-mixu. V prvním případě je třeba dodržet předepsaný postup přídavku přísad. Ten vychází z typu tavicího zařízení a doby tavení. Obecně se nejprve dávkuje základní surovina, následně prášková směs tavicích solí a až poté ostatní složky a voda. V případě aplikace relativně krátké doby tavení lze před vlastním přídavkem tavicí soli aktivovat v podílu vody. Tento způsob minimalizuje čas požadovaný pro rozpuštění tavicích solí během tavení a podpoří tak jejich účinek [3]. Pro zajištění potřebné jakosti produktu je třeba dosáhnout souladu mezi složením přírodních sýrů a směsi tavicích solí. Druh a množství tavicích solí je determinován variantou finálního výrobku. Obvykle tvoří 2 – 3 % (w/w) hmotnosti surovinové skladby [22]. Pre-mix je směs určená k tavení, která se získá smícháním směsi sýrů s tavicími solemi, vodou a dalšími složkami při pokojové teplotě určitou dobu před vlastním tavením. Mechanickým namáháním směsi při nižší teplotě mohou efektivnějším způsobem proběhnout fyzikálně chemické procesy typické pro vlastní tavení (například příjem vody proteinem). Stupeň fyzikálně chemických změn závisí na typu použitého míchadla (stupeň míchání a stříhový poměr) a vzájemných interakcích mezi přísadami. Účelem přípravy pre-mixu je dosažení homogenní a nekolísavé jakosti výrobku [3].

Nejdůležitější fází technologického postupu je tavení. Podstatou tavení je praktické spojení účinku tepla, tavicích solí a intenzivního míchání za účelem homogenní distribuce všech přísad ve směsi. Mohou tak snáze probíhat mikrostrukturální a fyzikálně chemické změny, které přetvoří směs surovin ve finální výrobek s požadovanými vlastnostmi a fyzikálně chemickou stabilitou. Aplikací tavicí teploty s předepsanou dobou výdrže jsou současně usmrceny patogenní a technologicky škodlivé mikroorganismy. To je nezbytný předpoklad zdravotní nezávadnosti výrobku. Tavením dochází k tepelnému ošetření směsi surovin přímým nebo nepřímým vstřikem páry za podtlaku a stálého míchání [5]. Tepelné ošetření má charakter pasterace (85 – 95 °C), popřípadě sterilace (120 – 145 °C). Tavení je možno realizovat diskontinuálním způsobem v duplikátorovém kotli tavičky nebo kontinuálně za použití nejvyššího stupně mechanizace. Diskontinuální tavicí zařízení je přizpůsobeno zahřívání pod tlakem přímým vstřikem vodní páry [25]. Aplikací podtlaku lze efektivně dosáhnout tavicí teploty, minimalizovat tak tepelné namáhání směsi a eliminovat vznik vzduchových bublin ve výrobku [3]. Duplikátorový kotel tavičky je vybaven míchadlem a pláštěm umožňujícím chlazení taveniny. Při výrobě tavených sýrů s krájitelnou konzistencí se směs zahřívá na teplotu 80 – 85 °C za pomalého promíchávání po dobu 6 minut. Konzistence je upravena v průběhu tavení přidávkem 2 % (w/w) předtavené suroviny. Podstatou výroby roztíratelných tavených sýrů je záhřev směsi na 85 – 95 °C po dobu 10 až 15 minut. Míchání je intenzivnější a přidavek předtavené suroviny činí 5 až 20 % (w/w). V současné době převládající kontinuální způsob je založen na tavení směsi pomocí vstřiku přímé páry. Tavenina se poté stabilizuje mžikovou sterilací při teplotě 120 až 140 °C. Odpařením části vody za podtlaku se zchladí na 80 až 90 °C [25]. U směsí s vysokým obsahem tuku je doporučena následná homogenizace horké taveniny. Dalším mícháním v průběhu nejčastěji dvoustupňové homogenizace se podporuje rozptyl tukových kuliček, což vede k dosažení hladké a krémové směsi. Zlepší se tak stabilita emulze tuku, konzistence a vzhled tavených sýrů. Aromata a další termolabilní složky jsou dávkovány až po částečném zchlazení taveniny [3], [16].

Při formování je horká tavenina nejčastěji dávkována do hranolových nebo trojúhelníkových forem předem vyložených hliníkovou fólií. Chlazením se zajistí její fixace a úprava konzistenčních znaků [26]. K balení může být ale využívána široká škála tvarově odlišných obalových materiálů, například tuby, plastové vaničky, sklenice nebo kovové konzervy [1]. Tavené sýry mohou být také vyráběny ve formě bloků a krájeny na plátky. Tavenina se

rozlévá na chlazený ocelový dopravník. Vychlazená vrstva se na pásu podélně a příčně krájí. Plátky jsou baleny jednotlivě nebo skupinově do plastových fólií. Výrobky měkké konzistence mohou být zabaleny v tubách nebo v plastových fóliích ve formě salámů. Tavené sýry ve formě salámů mohou být využeny. Sortiment tavených sýrů je také rozšířen přidávkem různých ochucujících přísad. Intenzita a způsob chlazení jsou závislé na typu výrobku. Chlazení sýrových pomazánek by mělo být co nejrychlejší. Rychlým chlazením vzniká krémovitá konzistence a křehká struktura. Tavené sýry tužší konzistence se chladí pomaleji. Příliš pomalé chlazení je příčinou zvýšené intenzity Maillardových reakcí a podporuje vyklíčení spor bakterií [16].

2 TRADIČNÍ TAVICÍ SOLI

Jedním ze základních předpokladů dosažení požadovaných konzistenčních znaků a homogenní struktury tavených sýrů je aplikace tavicích solí [3]. Tyto přídatné látky jsou příslušnou vyhláškou [27] definovány jako substance měnící vlastnosti bílkovin při výrobě tavených sýrů za účelem zamezení oddělování tuku. Tavicí soli jsou v zahraniční literatuře běžně označovány jako emulgátory. Přestože napomáhají emulgaci tuku a stabilizaci emulze nelze je zařadit mezi povrchově aktivní látky. Jsou to tzv. emulgující činidla jejichž účinek spočívá v úpravě směsi surovin tak, aby v průběhu tavení přítomné kaseinové frakce uplatnili své emulgační schopnosti [16]. Toho je docíleno částečnou izolací vápníku, peptizací, rozpuštěním a dispergací proteinu přírodních sýrů [24]. Klíčovou vlastností tavicích solí podmiňující proveditelnost tavby je schopnost oddělit vápník z proteinového systému [3], [26]. Popis a důsledky této výměny včetně schématického znázornění jsou uvedeny ve stati 1.3.2. Zcela pozitivně je také hodnocen efekt úpravy a stabilizace pH prostředí. Optimální hodnota pH přírodních sýrů se pohybuje v rozmezí 5,0 – 5,5. Použitím vhodné směsi tavicích solí se pH posouvá do oblasti 5,6 – 5,9 a z důvodu jejich vysoké pufrací kapacity se stabilizuje. pH tavených sýrů má výrazný účinek na jejich texturu a funkční vlastnosti. Tavené sýry s nízkým pH (4,8 – 5,2) se vyznačují tendencí vytvářet krátkou a drolivou strukturu. Hodnoty pH > 6 jsou naopak typické pro měkké výrobky se sklonem k roztékání. Regulací pH je podpořena sekvestrace vápníku z kaseinové matrice [5], [22]. Některé tavicí soli se také uplatňují jako látky s antimikrobiálním účinkem [8].

Nejčastěji jsou jako tavicí soli používány monomery a lineární polymery kyseliny fosforečné: fosforečnany, ortofosforečnany, pyrofosforečnany a z nich kondenzované polyfosfáty. Obecně je tvoří jednomocný kation alkalického kovu (sodíku, draslíku) s vícemocným aniontem fosforečnanu [4]. Užité vlastnosti fosfátů jsou určeny strukturou jejich molekuly. Se zvyšujícím se počtem atomů fosforu v molekule roste afinita k vápenatým kationtům. Pufrací kapacita klesá s rostoucí délkou lineárního řetězce [21], [22]. Vedle fosforečnanových tavicích solí se v omezené míře mohou používat i soli kyseliny citronové. Fosforečné soli se vyznačují schopností sekvestrace většího podílu vápníku a proto jsou používány především při výrobě roztíratelných tavených sýrů. Tužší a lomivé konzistence výrobku je naopak dosaženo přidávkem tavicích solí s převahou citrátů [7]. Z těchto důvodů se doporučuje použití komerčně stálé směsi tavicích solí s deklarovanými vlastnostmi [16].

3 KARBOXYLOVÉ KYSELINY

Karboxylové kyseliny a jejich soli jsou v přírodě hojně rozšířené organické sloučeniny. Patří k prvním rozpoznávaným a prozkoumaným substancím. Jsou významnými meziprodukty řady chemických syntéz, složky biologických systémů a stavební prvky mnoha přírodních látek [28]. Jsou to reaktanty pro výrobu mnoha technických produktů. Ve farmaceutickém průmyslu jsou využívány jako antioxidanty a modifikátory adsorpce léčiv [29]. Nemalý význam je přisuzován i jejich obsahu v potravinách. Karboxylové kyseliny jsou díky své aciditě významnými regulátory pH potravin. Je pro ně charakteristické, že i v malých koncentracích podstatně ovlivňují nejen organoleptické ale i technologické vlastnosti produktů. V potravinářském průmyslu je využíváno především jejich vlivu na průběh chemických reakcí a mikrobiologickou stabilitu během tepelného zpracování a skladování [30]. Karboxylové kyseliny jsou organické sloučeniny, které obsahují v molekule alespoň jednu charakteristickou karboxylovou funkční skupinu $-\text{COOH}$ [31]. Podle McMurryho [32] je karboxylová funkční skupina formálně uskupením karboxylové skupiny ketonů a hydroxylové skupiny alkoholů. V molekule karboxylových kyselin může být obsažena jedna nebo více karboxylových skupin. Podle jejich počtu se tyto organické sloučeniny dělí na monokarboxylové, dikarboxylové a polykarboxylové [31].

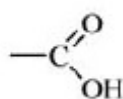
Karboxylové kyseliny je rovněž možno dělit podle charakteru uhlíkatého zbytku po odštěpení karboxylové skupiny na alifatické, alicyklické a aromatické [31]. Alifatické a alicyklické lze na základě hybridního stavu atomu uhlíku dále rozlišit na nasycené a nenasycené [33].

3.1 Fyzikální charakteristiky a obecné vlastnosti karboxylových kyselin

Karboxylové kyseliny jsou organické sloučeniny charakteristické obsahem karboxylové funkční skupiny. Karboxyl $-\text{COOH}$ je v molekule kyseliny lokalizován na terminální pozici. Je složen z karboxylové skupiny a hydroxylové navázaného k atomu uhlíku (Obr. 2). Jejich vlastnosti se významně mění s délkou uhlíkového řetězce, strukturou molekuly a přítomností dalších reaktivních skupin [34].

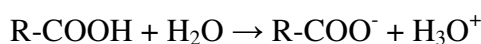
Typickou vlastností karboxylové skupiny je její silná polarita a hydrofilní charakter [35]. Většina karboxylových kyselin se vyskytuje ve formě dimerních sloučenin. Dimery kyselin jsou silně asociovány vodíkovými vazbami. Přítomné vodíkové vazby jsou příčinou jejich

značně vyšší teploty varu a teploty tání [32]. Nižší karboxylové kyseliny obsahující maximálně čtyři až šest atomů uhlíku jsou ve vodě neomezeně rozpustné. Díky hydrofóbnímu charakteru alkylové skupiny s rostoucím počtem uhlíkových atomů v řetězci jejich rozpustnost ve vodě klesá [35]. Neutralizací karboxylových kyselin alkalickými bázemi vznikají jejich alkalické soli (RCOO^-M^+). Přestože karboxylové kyseliny s delšími uhlíkatými řetězci jsou ve vodě jen velmi málo rozpustné jejich soli se díky iontovému charakteru rozpouští poměrně dobře [32].



Obr. 2 Struktura karboxylové funkční skupiny [34].

Významnou vlastností všech karboxylových kyselin je jejich disociace ve vodném prostředí. Na základě disociace je pak posuzována síla kyselin. Síla kyselin je označována jako acidita. Karboxylové kyseliny jsou slabé elektrolyty. Prvořadým reakčním centrem v molekule karboxylových kyselin je karbonylová substruktura. Polarizací dvojně vazby karbonylové skupiny je uskutečněn posun elektronů směrem k elektronegativnějšímu atomu kyslíku. Důsledkem tohoto jevu se indukují posuny elektronů na vazbě mezi kyslíkem a vodíkem a nastává odštěpení protonu [33].



Karboxylové kyseliny ve zředěném vodném roztoku jsou tak slabě disocovány za vzniku oxoniového kationtu a karboxylátového aniontu. Disociací vzniklý karboxylátový anion je stálejší než alkoxidový ion alkoholů. Proto se karboxylové kyseliny vyznačují vyšší aciditou než alkoholy. Síla kyselin je ovlivněna charakterem uhlovodíkového zbytku a indukčním efektem, který vyvolává. Substituenty s kladným indukčním efektem (+I) působí proti disociaci. Současně je jimi destabilizován záporně nabitý karboxylátový ion. Kladný indukční efekt je vyvolán například alkylovými skupinami. Elektronakceptorové skupiny (např. NO_2 , CN , NH_2) se záporným indukčním efektem (-I) jsou příčinou zvýšení acidity [32], [36].

Poloha rovnováhy disociace je charakterizována rovnovážnou konstantou K . Ta je definována jako poměr součinu molárních koncentrací produktů a výchozích látek. Ve zředěných

roztocích kyselin je koncentrace vody prakticky konstantní. Z toho důvodu je acidita vyjadřována pomocí rovnovážné disociační konstanty K_a . Ta je definována následujícím vztahem [31]:

$$K_a = \frac{[RCOO^-] \cdot [H_3O^+]}{[RCOOH]}$$

Z praktických důvodů se používá k vyjádření disociační konstanty záporný dekadický logaritmus hodnoty K_a [36]:

$$pK_a = -\log K_a$$

Hodnoty K_a pro většinu nesubstituovaných alifatických a aromatických karboxylových kyselin se pohybují v rozmezí 10^{-4} až 10^{-5} ($pK_a = 4 - 5$). Z uvedených hodnot vyplývá, že pouze 1 % molekul karboxylových kyselin v 0,1 molárním roztoku je disociováno na ionty. Silné minerální kyseliny jsou naopak ve vodném roztoku stoprocentně ionizovány. Lze tedy usoudit, že karboxylové kyseliny v porovnání s minerálními náleží mezi slabé kyseliny. Přítomnost substituentů s vysokou elektronegativitou v blízkosti karboxylové funkční skupiny se podílí na zvýšení acidity kyselin [37], [32]. Dikarboxylové kyseliny jsou disociovány ve dvou stupních. Acidita v prvním i druhém stupni je v porovnání s monokarboxylovými kyselinami vyšší. Podoba nižších karboxylových kyselin je kapalná. Vyšší a aromatické karboxylové kyseliny, stejně jako dikarboxylové kyseliny se pak vyskytují jako tuhé látky [31].

3.2 Kyseliny využívané v potravinářství

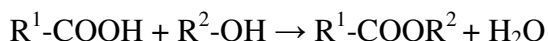
Většina organických i anorganických kyselin se mohou v potravinách vyskytovat jako jejich přirozená součást. Jedná se o produkty metabolismu a pufručních složek potravin. Jestliže je jejich obsah v potravinách nulový či nedostačující je možno tyto sloučeniny do potravin přidávat záměrně. Účelně aplikované látky do potravin jsou poté označovány jako aditiva. Cílem jejich aplikace je zlepšení či úprava chemického složení, fyzikálně chemických vlastností, nutriční hodnoty či organoleptických vlastností. Významná je rovněž ochrana potravin před jejich nežádoucími změnami. Záměrem přídatku kyseliny do potravin je nejčastěji úprava jejich chuti [30]. Kyselost potravin je dána množstvím přítomných disociovaných a nedisociovaných kyselin. Hlavními nositeli kyselé chuti v potravinách jsou nedisociované formy organických kyselin. Kvalita a charakter kyselé chuti jsou odlišné

v závislosti na jednotlivých druzích kyselin [36]. Rozhodující charakteristikou pro kyselou chuť je celková koncentrace kyseliny, její disociační konstanta a pH [30]. Množstvím oxoniových iontů je dána hodnota pH biologických systémů. pH prostředí je závislé na koncentraci kyselin, jejich disociační konstantě a stupni neutralizace. Z potravinářského hlediska je významným kritériem jakosti a údržnosti potravin. Je faktorem, který ovlivňuje v potravinách probíhající enzymové a chemické reakce. Nemalý význam je přisuzován vlivu na růst mikroorganismů. Popsán je rovněž vliv na vůni, chuť a barvu potravin [36].

Kromě korekce chuti jsou přisuzovány aplikaci kyselin do potravin i další prospěšné vlastnosti. Kyseliny jsou látkami, jež vykazují antimikrobiální účinky. Jako konzervační prostředky jsou využívány zvláště kyseliny octová či propionová. Tato aditiva jsou také stabilizátory barvy. Vybarvení masných výrobků je ovlivněno působením kyseliny askorbové. U ovoce se naopak využívá kyselina citronová. Jsou to synergisty antioxidantů. Jako synergisty se označují substance, které zvyšují účinky jiných aditivních látek. Kyseliny jsou důležité prvky primární stimulace jejich oxidačně redukčního systému. Pro zvýšení antioxidační aktivity je například využívána kyselina citronová [38]. Kyseliny se také využívají jako potravinářské přísady, kterými je regulována dostupnost kationtů – sekvestranty [39]. Tímto pojmem jsou definovány substance s chelatačními účinky, které jsou schopny komplexně vázat ionty kovů za vzniku koordinační sloučeniny. Redukcí reaktivity vyvázaných látek je předcházeno autoxidací citlivých sloučenin. Rovněž je tak možno zabránit vzniku nežádoucích zákalů a barevných změn [40]. Významná je i modifikace textury. Díky kyselinám jako regulátorům pH je udržována kyselost a alkalita potravin [38].

V průběhu chemických reakcí jsou karboxylové kyseliny přeměny na různé produkty. Tyto se pak v konečném důsledku rovněž podílí na úpravě vlastností potravin [36]. Po chemické stránce se jedná o funkční deriváty karboxylových kyselin. Jsou to sloučeniny odvozené od karboxylových kyselin náhradou atomů v karboxylové funkční skupině. Zástupci funkčních derivátů karboxylových kyselin jsou soli, estery, halogenidy, anhydridy, amidy a nitrily [31]. Z potravinářského hlediska je nejvýznamější reakcí tvorba solí a esterů. Podstatou vzniku solí karboxylových kyselin je rozštěpení vazby mezi kyslíkem a vodíkem v karboxylové skupině [36]. Soli karboxylových kyselin se často stejně jako kyseliny vyznačují pufracími účinky. Mohou se rovněž využívat jako stabilizátory disperzí [38]. Proces odstranění karboxylové funkční skupiny se nazývá dekarboxylace. Dekarboxylace je značně závislá na struktuře karboxylové kyseliny. Alifatické a aromatické karboxylové kyseliny

jsou dekarboxylovány velmi obtížně. Tato degradace je uskutečnitelná až tavením jejich alkalických solí s alkalickým hydroxidem. Následkem je zkrácení uhlíkatého řetězce o jeden atom uhlíku za vzniku alkanu popř. aromátu. Mesomerně stabilizované karboxylátové anionty jako slabé nukleofily se mohou účastnit reakce s elektrofilními alkylačními činidly. Podstatou této nukleofilní substituce je vznik esterů karboxylových kyselin [31]. Estery ($R^1\text{-COOR}^2$) jsou produkty reakce organických kyselin s alkoholy:



Jsou to v potravinách často se vyskytující funkční deriváty karboxylových kyselin. Nejběžnější jsou estery jednosytných kyselin. Výskyt esterů vícesytných kyselin je méně častý. Alkoholy vázané v esterech mohou být monofunkční i vícefunkční. Estery nízkomolekulárních kyselin a alkoholů jsou významnými vonnými látkami. Jsou složkou primárního aromatu ovoce, zeleniny a koření. Záhřevem nebo dlouhodobým skladováním se může malé množství esterů vytvořit v důsledku sekundární reakce. Jsou to také aromatické a buketní látky vín. Estery vyšších mastných kyselin se řadí mezi lipidy a doprovodné látky lipidů. Ve většině případů jsou příčinou změn chuťových vlastností potravin. Některé mohou být látkami chuťově indiferentními [36].

3.2.1 Alifatické dikarboxylové kyseliny a jejich soli

Organické kyseliny se dvěma karboxylovými funkčními skupinami jsou označovány jako kyseliny dikarboxylové [34]. Alifatické dikarboxylové kyseliny jsou krystalické ve vodě dobře rozpustné látky. Jsou to substance běžně využívané v potravinářském a nápojovém průmyslu. Díky svým vlastnostem našli také uplatnění jako substance pro výrobu léčiv a technických produktů [41]. Kyselé skupiny dikarboxylových kyselin jsou schopny s bazickými skupinami amfoterních složek potravin, jako jsou bílkoviny, tvořit vnitřní soli [30]. Běžnou složkou potravin rostlinného původu je kyselina šťavelová. Je to základní a nejnižší dikarboxylová kyselina. Cenným zdrojem této látky je především zelenina, zvláště pak reveň a špenát. Dalšími zástupci homologické řady potravinářsky významných nasyčených dikarboxylových kyselin jsou kyseliny malonová, jantarová, glutarová a adipová. Převážně to jsou meziproducty biosyntézy mastných kyselin a citrátového cyklu. V malém množství mohou být obsaženy ve víně a pivě. Některé především kyselější druhy ovoce (rybíz, jahody) jsou bohatým zdrojem kyseliny jantarové [36]. Malonová kyselina může být obsažena v některých druzích obilovin a hub. Přítomnost kyseliny glutarové a adipové byla

prokázána v cukrové řepě [30]. Z nenasycených dikarboxylových kyselin je významná kyselina fumarová. Je to charakteristický produkt ornitinového cyklu. Vyskytuje se prakticky ve všech potravinách rostlinného i živočišného původu [36].

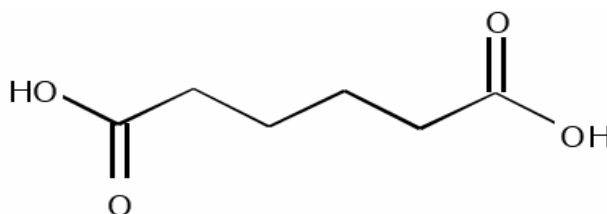
Kyseliny jantarová, adipová a fumarová včetně jejich solí jsou využívány v potravinářství jako významné aditivní látky. Povolené dávky a podmínky jejich aplikace jsou stanoveny příslušnou legislativou. Kyselinu jantarovou je možné aplikovat jako přídatnou látkou pro dezerty, polévky a vývary [27]. Anhydrid kyseliny jantarové se uplatňuje jako dehydratační složka v sušených potravinách. Díky schopnosti pomalého okyselení prostředí je aplikován při výrobě prášku do pečiva. Kyselina fumarová zvyšuje údržnost sušených produktů, zvláště pak pudinků a želatin [42]. Aspektům všestranného využití kyseliny adipové a jejích solí při výrobě potravin je věnována stať 4.2.

3.2.2 Afinita dikarboxylových kyselin k divalentním iontům

Prapaipong et al. [43] uvádí, že dikarboxylové kyseliny se vyznačují schopností tvořit komplexní sloučeniny s některými divalentními ionty kovů. Míra účasti, kterou přizpívají dikarboxylové kyseliny ke vzniku kovových komplexů je závislá na mnoha faktorech. Důležitý je typ a relativní koncentrace mono a dikarboxylových ligand. Výsledky jsou také podstatně ovlivněny konkrétním druhem kovového kationu. V rámci této studie byla zkoumána základní homologická řada nasycených dikarboxylových kyselin (šřavelová, malonová, jantarová, glutarová a adipová). Experimentálně bylo zjištěno, že již relativně nízké koncentrace kyseliny šřavelové a malonové se významně uplatňují v interakcích s kovovými kationty. Tvorba komplexů byla rovněž zaznamenána i u ostatních zkoumaných kyselin, ovšem v podstatně nižším rozsahu. V rámci experimentu byly pozorovány nejvýraznější interakce s ionty Fe^{+2} a Mg^{+2} . Podle Fleminga [44] se některé dikarboxylové kyseliny vyznačují silnou vazebnou afinitou vůči vápenatým iontům. Tato schopnost je podmíněna existencí dvou funkčních karboxylových skupin. Na tyto poznatky navázali Hladká et al. [45] s využitím některých dikarboxylových kyselin jako možné náhrady tavicích solí. V experimentu se vycházelo z předpokladu, že díky afinitě kyselin k vápenatým iontům jsou tyto substance schopny odštěpit vápník z proteinu. Mohou tak substituovat při výrobě tavených sýrů běžně používané fosfátové a citrátové tavicí soli. Konkrétní interakce kyseliny adipové a jejích solí s divalentními ionty jsou diskutovány ve stati 4. 3.

4 ADIPOVÁ KYSELINA A JEJÍ SOLI

Kyselina adipová ($C_6H_{10}O_4$) je nasycená alifatická dikarboxylová kyselina. Její molekula je tvořena lineárním řetězcem se šesti atomy uhlíku (Obr. 3) [46]. Dle pravidel chemického názvosloví je také známá jako 1,4-butandikarboxylová kyselina či kyselina hexandiová [47].



Obr. 3 Chemický vzorec kyseliny adipové [48].

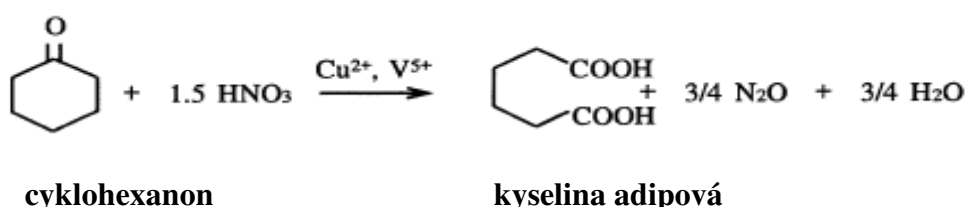
Tato dikarboxylová kyselina se může účastnit reakce s alkáliemi za tvorby solí a esterifikace vícesytnými alkoholy. Významnými zástupci alkalických solí kyseliny adipové jsou adipan sodný a draselný [49]. Z esterů kyseliny adipové jsou ve větším rozsahu využívány dimetyléster, dietyléster, propylester a diisobutyl adipan [48].

Funkční vlastnosti této sloučeniny se všestranně využívají jak v technickém průmyslu, tak i v potravinářství [46]. Z technického hlediska je kyselina adipová důležitým monomerem pro syntézu polyamidů a polyesterů [50]. Je schopna acylace a polykondenzace s diaminy či dvojsytnými alkoholy. Toho je využíváno nejen v syntéze Nylonu 6 (Polyamid 6) ale i dalších organických polymerních látek [49]. Je uplatňována i v oblasti výroby lithiových baterií. Podstatou výroby lithiových baterií pomocí stále se vyvíjející sol – gel metody je využití kyseliny adipové jako chelatačního činidla [51]. Významná je rovněž její aplikace při výrobě kvalitních maziv a olejů, léčiv, reagensů parfémů, lepidel, barviv a nátěrů [49]. V oblasti produkce plastů a polyurethanových hmot našli také významné uplatnění estery kyseliny adipové [52].

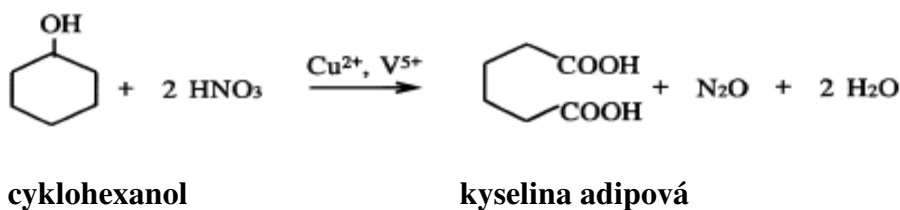
FDA (Food and Drug Administration – FDA) je klasifikována jako mnohostranně nebo účelově využívané potravinářské aditivum [47]. Je přídatnou látkou aplikovanou při výrobě širokého okruhu potravinářských výrobků. Kyselina adipová je označena jako bezpečná látka vhodná pro různorodé a univerzální použití (Generally recognized as safe – GRAS). V nemalé míře je především využívána jako regulátor pH, ochranná látka a intezifikátor chuti potravin. Pro obdobné účely může sloužit i její sodná a draselná sůl [53].

4.1 Základní vlastnosti a výroba

Kyselina adipová se většinou distribuje v podobě bílých krystalů či krystalického prášku. Je to nehydroskopická látka, která je omezeně rozpustná ve vodě, ale vysoce rozpustná v acetaldehydu [47]. Průmyslově je obvykle vyráběna oxidací cyklohexanolu, cyklohexanonu nebo jejich směsi kyselinou dusičnou. Reakce je realizována za katalýzy ionty Cu^{2+} a V^{5+} . Reakční schéma výroby kyseliny adipové za použití cyklohexanonu je znázorněno na Obr. 4 a cyklohexanolu na Obr. 5 [54]. Cyklohexanol a cyklohexanon jsou nejprve degradovány na kyselinu glutarovou a jantarovou, z nichž je následně vyprodukována kyselina adipová. Produkt je směs kyseliny glutarové, jantarové a adipové v zastoupení jednotlivých frakcí v pořadí 50 %, 20 % a 30 %. Po zakoncentraci a krystalizaci je získaná surová kyselina rafinována a zbylé reagenty odloučeny a regenerovány [49].



Obr. 4 Reakční schéma přípravy kyseliny adipové oxidací cyklohexanonu [54].



Obr. 5 Reakční schéma přípravy kyseliny adipové oxidací cyklohexanolu [54].

Kyselina adipová jako surovina pro výrobu Nylonu 6 může být také syntetizována karbonylací tetrahydrofuranu [33].

Z komerčního hlediska je adipová kyselina jedna z nejdůležitějších průmyslově produkováných dikarboxylových kyselin. Celosvětová produkce kyseliny adipové pro technické ale i potravinářské využití činí ročně více než dva miliony tun [55].

Tab. 1 Souhrnná charakteristika kyseliny adipové [53].

Vzorec	HOOC-(CH ₂) ₄ -COOH			
Molární hmotnost	146,14 g.mol ⁻¹			
Hustota	1,360 g.cm ⁻³			
Vzhled a obecné vlastnosti	<i>Barva</i>	bílá		
	<i>Forma</i>	krystaly, krystalický prášek		
	<i>Hydroskopicita</i>	nehydroskopická		
	<i>Maximální obsah vody</i>	0,2 %		
	<i>Čistota</i>	≥ 99,6 %		
Fyzikální vlastnosti	<i>Bod varu</i>	337,5 °C		
	<i>Bod tavení (rozmezí)</i>	151,5 – 154 °C		
	<i>Rozpustnost (za dané teploty a pH)</i>	ethanol	snadno rozpustná	
		voda	20 °C	1,4 g.100 ml ⁻¹
100 °C	160 g.100 ml ⁻¹			

4.2 Legislativní a hygienické aspekty aplikace do potravin

Dle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví České republiky č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin jsou kyselina adipová a její soli vyžívány jako přídatné látky. V České republice je jejich použití omezeno na aplikaci kyseliny adipové a její sodné a draselné soli [27]. V zahraniční legislativě je navíc tato kategorie přídatných látek rozšířena o adipan amonný [53]. V České republice jsou legislativně stanoveny nejvyšší přípustné meze (NPM) v mg.kg⁻¹ použití kyseliny adipové a jejích solí jako přídatných látek při výrobě potravin. Tyto limity jsou uvedeny v tabulce (Tab. 2) [27]. Nejvyšší doporučené úrovně v potravinách dle zahraniční literatury jsou uvedeny v tabulce (Tab. 3) [53]. V obou případech jsou hodnoty pro adipan sodný a adipan draselný vyjádřeny v mg.kg⁻¹ jako kyselina adipová. Porovnáním údajů uvedených v Tab. 2 a Tab. 3 lze pozorovat u zahraniční literatury obsáhlejší spektrum kategorií potravin, pro které je možno definovat použití kyseliny adipové. Problémem většiny srovnatelných kategorií potravin jsou také nejednoté limity aplikace této aditivní látky. Například dle české legislativy je pro jemné a trvanlivé pečivo nejvyšší přípustná mez použití kyseliny adipové 6000 mg.kg⁻¹, zatímco zahraniční literatura povoluje pouze

množství 5000 mg.kg⁻¹. Nelze však s určitostí tvrdit, že česká legislativa je v použití kyseliny adipové méně striktní. Srovnáním limitů pro gelovité dezerty (6000 mg.kg⁻¹) definovaných ve vyhlášce č. 4/2008 Sb., v platném znění s analogicky odpovídajícími gely je přípustná mez aplikace v zahraničí značně vyšší (55 000 mg.kg⁻¹).

Tab. 2 Nejvyšší přípustné meze použití kyseliny adipové a jejích solí v potravinách dle české legislativy [27].

Číslo E	Přídavná látka	Potravina nebo skupina potravin	NPM [mg.kg ⁻¹]
E 355 Kyselina adipová E 356 Adipan sodný E 357 Adipan draselný		náplně a sladké dezertní omáčky	2000
		jemné a trvanlivé pečivo	6000
		cukrářské výrobky	6000
		gelovité dezerty	6000
		dezerty s ovocnou příchutí	1000
		práškové směsi pro přípravu dezertů	1000
		nápoje v prášku	10000

Tab. 3 Povolené množství omezující použití kyseliny adipové a jejích solí dle zahraniční literatury (vztaženo na 1 kg výrobku) [53].

Kategorie potravin	Nejvyšší doporučená úroveň [mg.kg ⁻¹]
pekařské výrobky	5000
nealkoholické nápoje	500
koření a ochucující přísady	50000
analogy mléčných výrobků	45000
tuky a oleje	30000
mražené mléčné dezerty	40
gely, pudinky, nádivky	55000
ovocné šťávy	10000
masné produkty	30000
snacky	130000
ostatní	2000

Problematikou aplikace kyseliny adipové a jejích solí se zabývá také Codex Alimentarius. Je to mezinárodní potravinový kodex založený za účelem ochrany zdraví spotřebitele a zajištění řádných postupů při obchodování s potravinami. Jeho cílem je koordinace všech potravinových standartů v rámci spolupráce mezinárodních, státních i nevládních organizací [40]. V dokumentu Codex Alimentarius [39] je prostřednictvím všeobecných standartů pro potravinářské přísady rovněž specifikováno použití a limity daných aditivních látek. Kyselinu adipovou včetně jejích solí a esterů lze podle tohoto standartu všestranně použít pro různé druhy potravin. Limity použití jsou v rámci některých potravin definovány pouze pro adipan acetylovaného škrobu. Ten je aplikován jako látka zajišťující modifikaci škrobu při výrobě nezrajících a čerstvých sýrů, smetanových produktů nebo sýru Cottage. Zajímavá je i jeho schopnost zahustit výrobky. Ta je využívána při zpracování těsta pro instantní těstoviny. U konzervovaných potravin se uplatňuje jako regulátor kyselosti. Tuto vlastnost vykazuje i samotná kyselina adipová a její soli. Nejvyšší přípustná úroveň je v předpisu Codex Alimentarius specifikována pouze pro fermentovaná mléka. K úpravě kyselosti těchto výrobků jsou využívány spolu s kyselinou vinnou a jejími sodnými a draselnými solemi. Konkrétní hodnoty aplikace jsou uvedeny v Tab. 4.

Tab. 4 Hygienické limity aplikace povolených regulátorů kyselosti při výrobě fermentovaného mléka [39].

Číslo E	Přídavná látka	Nejvyšší doporučená úroveň [mg.kg ⁻¹]
334	kyselina vinná (L+)	2000
335	vinan sodný	
336	vinan draselný	
337	vinan sodno-draselný	
355	kyselina adipová	1500
356	adipan sodný	
357	adipan draselný	
359	adipan amonný	

Kyselina adipová je obecně schválena pro různorodé použití v potravinách. Aplikace této substance však nesmí převyšovat limity správné výrobní praxe a přijatelné denní dávky pro konzumenta. Organické kyseliny a jejich deriváty jsou chemicky velmi různorodou skupinou. Díky rozmanité chemické struktuře mohou někteří zástupci vykazovat toxické účinky. Z hlediska toxicity je kyselina adipová označena jako obecně rozpoznaná a bezpečná potravinová substance (GRAS). Je to nedráždivá látka o velmi nízké toxicitě. U kyseliny adipové nebyly zaznamenány žádné karcinogenní ani mutagenní účinky na lidský organizmus. Karboxylové kyseliny mohou být příčinou různých alergických projevů. Alergizace lidského organismu je ale běžnější pro deriváty karboxylových kyselin. Typická je zejména pro jejich anhydridy. U kyseliny adipové a jejích solí nebyl zatím popsán žádný primární alergizační účinek. Možný je pouze ojedinělý výskyt astmatické reakce u citlivých jedinců při nadměrném obsahu kyseliny v inhalovaných aerosolech [56], [41].

4.2.1 Potravinářské využití kyseliny adipové a jejích solí

Kyseliny jako látky záměrně přidávané do potravin jsou nejčastěji používány ke korekci chuti [36]. Přídávkem kyseliny adipové do potravin je dosaženo jemné kyselé chuti. Vodné roztoky kyseliny adipové se vyznačují nejnižší aciditou ze všech běžně používaných potravinářských kyselin. Díky tomu může být použita jako ochranná látka vykazující vynikající pufrční kapacitu v rozsahu pH 2,5 až 3,0. Tato vlastnost je vysoce žádoucí při ochraně před enzymatickým hnědnutím potravin, kde je dostatečně nízké pH. Z uvedených poznatků rovněž vyplývá možnost použití kyseliny adipové jako okyselujícího přípravku. Široké uplatnění bylo nalezeno zejména v suchých práškových směsích, zvláště pak produktech vyznačujících se specifickou delikátní chutí. V kombinaci s dextrózou se stává vhodnou přísadou pro práškové ovocné koncentráty i samotné nealkoholické nápoje. Je to okyselující přípravek využívaný při výrobě prášku do pečiva, koláčových směsí, cukrovinek či aromatických výtažků [47]. Při výrobě zmrzlin s ovocnou polevou se kromě vytvoření jemné středně kyselé chuti uplatňuje i při tvorbě žádoucí hladké struktury. Těchto vlastností může být rovněž využito při konzervaci zeleniny [57]. V mnoha produktech, kde jsou běžně používány jako okyselující látky kyselina citrónová, vinná nebo vinná draselná, dosahuje kyselina adipová stejných funkcí ale s podstatně lepšími výsledky [47].

Kyselina adipová se významně uplatňuje v mlékárenské technologii. Je využívána jako regulační médium pH zakysaného či acidofilního mléka [53]. Přídavek 1 % kyseliny adi-

pové s pyrofosfátem sodným se používá pro snížení viskozity mléčných trojrozměrných suspenzí. Tímto způsobem je možno ji využít jako prevenci proti srážení kondenzovaného mléka [47]. Ve světě je podstatný rovněž nemalý vliv kyseliny adipové při výrobě tavených sýrů. Je využívána pro zlepšení základních charakteristických rysů tavicího procesu. Na základě toho je dosaženo především zlepšení struktury tavených sýrů, tavených sýrových pomazánek a sýrových analogů. Přesný mechanismus působení kyseliny adipové nebyl bohužel autory blíže specifikován [47], [53], [57]. Pro tuto aditivní látku je také charakteristická schopnost tvořit s mnoha kovovými ionty nedisociované sloučeniny, tzv. cheláty. Proto dalším možným využitím je aplikace kyseliny adipové jako chelatačního činidla [53]. Tato funkce může být následně uplatněna jako jedna z nových možností náhrady tradičních tavicích solí při výrobě tavených sýrů.

Význam je také přisuzován její aplikaci při výrobě pekařských výrobků. Zde je díky jejím vlastnostem dosaženo žádoucího nakypření a struktury konečného výrobku. Podstatou je rovnoměrné uvolňování oxidu uhličitého v závislosti na pozvolném vyvíjení přidané kyseliny jako kypřící látky. Částo je v těchto produktech náhradou za kyselinu vinnou. V pekařských produktech obsahujících vaječný bílek je navíc zvyšována díky její aplikaci kvalita nášlehu. Kyselina adipová se také uplatňuje jako sekvestrační činidlo v pokrmových tucích, margarínech a olejích. Je to rovněž reaktant při syntéze jedlých tuků se specifickými tepelnými vlastnostmi [47], [53]. Potravinářsky významnou vlastností je fixace struktury želatinových dezertů, jamů a ovocných rosolů. Je využíváno její puфраční schopnosti. Díky okyselení je dosaženo požadovaného pH suroviny pro želatinaci. Optimální hodnota pH pro počátek tvorby gelu je 3,0. Ve funkci ochranné látky se podílí na zajištění požadované kvality želatinových produktů. Chrání je před jakostními ztrátami díky změnám vlhkosti, pH a tuhosti gelu. V případě, že jsou želatinové dezerty připraveny za použití více než 3,3 % kyseliny adipové není třeba aplikovat další puфраční činidlo [47].

Z potravinářského hlediska našli uplatnění i soli a estery kyseliny adipové. Dle vyhlášky č. 4/2008 Sb., v platném znění [27] jsou určeny pro výrobu náplní a sladkých dezertních omáček. Dalším možným využitím je příprava různých typů dezertů. Nezbytné jsou pro výrobu gelovitých a ovocných dezertů. Legislativně je stanoven i přídavek do práškových směsí pro přípravu dezertů, stejně jako instantních nápojů. Jsou také aplikovány při výrobě jemného a trvanlivého pečiva a cukrářských výrobků. Propylester kyseliny adipové se přidává do sojových omáček pro vytvoření požadovaného aroma pokrmů. V kombinaci

s fosforečnanem sodným jsou její deriváty využívány při konzervaci masa [47]. Složkou lepidel a plastických hmot pro potravinářské obalové materiály je diisobutyl adipan [53].

4.3 Interakce s divalentními ionty a proteiny

Většina kyselin je schopna specifickým způsobem tvořit komplexy s kovovými ionty. Pro převažující počet z nich je ale jejich afinita vůči kovům nízká. Komplexy jsou pak odpovídajícím způsobem nestabilní. Karboxylové kyseliny, zvláště pak s více karboxylovými skupinami se vyznačují schopností utvářet s kovy poměrně stabilní komplexy. Tyto organické substance váží kov do komplexu prostřednictvím karboxylových skupin. Vzniklé nedisociované komplexní sloučeniny jsou nazývány cheláty [58]. Pro cheláty je charakteristické navázání kovu pomocí koordinační vazby. Tato vazba je ustanovena jestliže aniont nebo polární molekula daruje elektronový pár kovovému kationtu. Donory elektronových páru jsou označovány jako ligandy. Jsou to rozličné jednoduché až složité komplexní sloučeniny. Jednomocné ligandy jsou sloučeniny, které mohou darovat pouze jeden elektronový pár. Komplexní molekuly nebo ionty obsahují i několik atomů schopných darovat více elektronových párů. Tyto jsou pak označovány jako vícemocné. Tvorba komplexních sloučenin s příslušnými kovy se nazývá chelatace [59].

Chelatace je chemicky rovnovážný proces vyžadující přítomnost kovů v iontové formě. Kovy ve formě iontů jsou obsaženy v jejich vodných roztocích, oxidech a solích. Komplexně vázané mohou být téměř všechny dvou a vícemocné kovy. Nejběžnější jsou cheláty kovů alkalických zemin. Chelatovány jsou zejména vápník a hořčík. Komplexace byla prokázána rovněž u mědi, niklu, zinku a kobaltu. Alkalické kovy se chelatace prakticky neúčastní. Kovové ionty jsou vyvazovány specifickými chelatačními činidly [60]. Chelatační činidla jsou látky, které tvoří stabilní chelátové kruhy s volnými ionty kovů [39]. Musí disponovat nejméně dvěma donorovými atomy, které jsou schopny vyvázat dané kationty. Vícedonorové atomy spojené při chelataci kovovým kationtem se vyznačují vyšší stabilitou vzniklého komplexu. Donorové atomy musí být vhodně lokalizovány ve struktuře chelatačního činidla. Současně vazby mezi molekulami musí být dostatečně flexibilní. Jen tak je dosaženo potřebné afinity chelatačního činidla vůči danému kovovému iontu. Donorové atomy chelatačních činidel jsou často součástí specifických reaktivních skupin. Ty mohou být klasifikovány jako kyselé či zásadité. Kyselými se označují funkční skupiny karboxylo-

vá, fenolická, sulfonová a fosforová. Bazicky se uplatňuje karbonyl, hydroxyl a aminoskupina [59].

Reakce iontu kovu s chelatačním činidlem je zvrátaná. Rozhodující je v tomto případě stabilita příslušného chelátu. Obecně platí, že čím je disociace komplexu menší, tím je chelát stabilnější. Stabilita chelátů se vyjadřuje pomocí konstanty stability (K_s). Ta je pak definována jako převrácená hodnota konstanty disociační (K_a) [60].

Chelatační činidla jsou často využívána v potravinářském průmyslu. Napomáhají při regulaci reakcí stopových prvků s ostatními složkami potravin. Uplatňují se jako sekvestry. Jejich aplikací je možno předcházet oxidacím, jenž jsou katalyzovány kovy. Významná je rovněž schopnost zabránit nechtěné tvorbě krystalů a ztrátě výživové kvality potravin. Mohou být také využívány pro řízené uvolňování kovových iontů v průběhu zahušťování [40].

Chelatační schopnost je také jedním z charakteristických rysů kyseliny adipové. Běžně je především v zahraničí tato dikarboxylová kyselina využívána jako chelatační činidlo a sekvestrant [53]. U kyseliny adipové byla prokázána schopnost tvorby komplexů s některými divalentními ionty kovů. Kyselina adipová jako zástupce homologické řady dikarboxylových kyselin je způsobilá komplexace vápenatých iontů. Mitrofanova [61] se zabývala studiem bifunkčních sloučenin, které jsou schopny zaujmout úlohu chelatačního činidla. Předmětem experimentu byly homology dikarboxylových kyselin s třemi až šesti atomy uhlíku. Komplexace byla studována pomocí potenciometrické titrace. Pro výpočet stabilizační konstanty daného komplexu bylo nutno určit protonační konstanty obou příslušných dianiontů. Na základě porovnání stabilizačních konstant byla hodnocena stálost vytvořených sloučenin. Přitom byla do úvahy vzata rovnováha disociace kyselin (1, 2) a vápenatých komplexů s H_2L produkty disociace (3 – 5):



Na základě těchto poznatků bylo zjištěno že, dvě karboxylové funkční skupiny (L^{2-}) šestiuhlíkaté kyseliny adipové umožňují vytvoření relativně stabilních vápenatých chelátů.

Popsána byla rovněž afinita kyseliny adipové k dvojmocným iontům zinku. Dikarboxylové kyseliny v porovnání s monokarboxylovými mohou být zřetelně silnějšími ligandami pro zinečnaté ionty. Obecně jsou schopny selektivně preferovat především divalentní kovové kationty. Komplexy s jednomocnými a trojmocnými ionty vznikají obtížněji. U série zkoumaných kyselin byla sledována potenciální schopnost dostatečně mobilizovat zinek. Dlouhodobě stabilní však byly pouze komplexy zinku s kyselinou šťavelovou. Kyselina adipová byla schopna vyvést zinečnaté ionty za tvorby méně stabilních chelátů [62].

Kyselina adipová může být rovněž možným chelatačním činidlem pro manganaté ionty. Je využívána při syntéze katodového materiálu (LiMn_2O_4) pro dobíjitelné lithiové baterie. Baterie se syntetizují prostřednictvím sol – gel metody. Účelem chelatace je zlepšení povrchové morfologie produktu. Ta je prvkem, který reguluje fyzikální a elektrochemické vlastnosti syntetizovaných katodových oxidů [51].

V rámci sol – gel syntézy byly také zkoumány interakce kyseliny adipové s divalentními ionty niklu. I v tomto případě byly prokázány chelatační účinky dikarboxylových kyselin s krátkými alifatickými uhlíkatými řetězci. Chelatací bylo dosaženo transformace solu v gel. Sol je suspenze jemných pevných nebo kapalných částic v kapalně fázi. Vzniklý gel je pak viskózní trojrozměrná polymerní soustava. Produkt syntézy ($\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,2}\text{O}_2$) jenž byl získán prostřednictvím komplexace niklu kyselinou adipovou vykazoval nejlepší elektrochemické vlastnosti [63].

Soli kyseliny adipové jsou stejně jako jejich prekurzor schopny tvořit organické komplexy s kovy [64]. Obdobné působení bylo zaznamenáno i v případě jejich esterů. Příkladem je využití metylesteru kyseliny adipové k imobilizaci divalentních iontů hořčíku, zinku a niklu [65]. Zajímavá je i aplikace adipanu a dalších solí dikarboxylových kyselin za účelem získání gelovité struktury. Sahoo et al. [66] se zaměřili na skutečnost, že některé soli dikarboxylových kyselin vykazují želatinační účinky. Schopnost tvořit gel byla prokázána pouze u solí dikarboxylových kyselin s nasycenými řetězci. Soli nenasycených dikarboxylových kyselin nebyly ve většině případů gelace schopny. Výjimkou byly sloučeniny obsahující amonný iont, u kterých se tato vlastnost rovněž prokázala.

Karboxylová skupina se rovněž vyznačuje určitou afinitou k makromolekulám proteinů. Dokládá to využití polypropyleniminových vláken zakončených karboxyly (PAMAM COOH) při vývoji bílkovinových mikrodestiček. Bílkovinové mikrodestičky jsou nástroje,

kteří se mohou potenciálně využívat při screeningu proteinu. To je žádoucí především v oblasti diagnostiky chorob a výzkumu léčiv. Adsorpce bílkovin k povrchu destičky je hnána vlivem různých vzájemně závislých interakcí. Jedná se o Van der Waalsovi síly, vodíkové vazby, elektrostatické i hydrofóbní interakce. Samotný negativně nabitý karboxyl je schopen velmi nízké bílkovinné adsorpce. Jestliže je ale povrch pokryt více karboxylovými skupinami adsorpce je mnohonásobně účinnější [67].

Kyselinu adipovou a její deriváty lze považovat za sloučeniny schopné reagovat s organickými makromolekulami. Jako důkaz jsou uvedeny tyto studie. Xiangyang Wu et al. [68] se zabývali schopností esterů kyseliny adipové vytvářet vazby s molekulami proteinů a oligosacharidů při syntéze glykoproteinů. V tomto případě byla prokázána afinita vůči bílkovinné makromolekule serum albuminu. Atkins [69] se zaměřil na pokusy včlenit pomocí polyethylenadipanu molekuly serum albuminu do polymerních systémů.

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 [10].

5 CÍLE PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo experimentálně specifikovat optimální možnosti náhrady tradičních tavicích solí kyselinou adipovou a adipanem sodným.

Pro dosažení cílů této diplomové práce bylo nezbytné:

- Zpracovat literární rešerši, která se zabývá charakteristikou tavených sýrů včetně hlavních zásad technologie jejich výroby.
- Charakterizovat kyselinu adipovou a její soli z hlediska jejich vlastností a interakcí
- Provést průzkum legislativních aspektů aplikace kyseliny adipové a jejích solí do potravin.

Pro zpracování a vyhodnocení tématu diplomové práce bylo nutno stanovit následující dílčí cíle:

- Vyrobit modelové vzorky tavených výrobků s různou koncentrací a procentuálními poměry kyseliny adipové a adipanu sodného.
- V rámci hledání optimálního poměru a koncentrace použitých přídatných látek provést hodnocení vzorků zaměřená na proveditelnost tavy a sensorické posouzení.
- Zhodnotit homogenitu modelových vzorků tavených výrobků.
- Vyhodnotit získané výsledky a provést jejich diskuzi.
- Z prezentovaných výsledků vyvodit závěry experimentů.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 METODIKA PRÁCE

6.1 Popis experimentální části

V laboratorních podmínkách bylo s cílem nalezení vhodné náhrady za tradiční tavicí soli vyrobeno celkem 10 sérií vzorků tavených sýrových výrobků. Tavicí soli byly nahrazeny kyselinou adipovou nebo směsí této dikarboxylové kyseliny s její sodnou solí (adipan sodný). Práce byla v časovém úseku jednoho roku rozdělena na experiment I. a experiment II.

6.1.1 Experiment I.

Předmětem experimentu I. bylo hledání použitelných koncentrací zkoumaných látek s cílem získání makroskopicky homogenního produktu. V této fázi bylo utaveno 5 sérií vzorků za použití různých koncentrací a dávek kyseliny adipové a adipanu sodného nebo jejich směsi. Směs kyseliny adipové s adipanem sodným byla aplikována v procentuálním poměru 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 a 0:100. U každé série byla testována proveditelnost taveb v koncentracích 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 a 3,0 % (w/w) této směsi. V rámci všech sérií byla provedena kontrolní tavba bez aplikace zkoumaných látek za použití fosforečnanových tavicích solí. Jako základní surovina byla použita eidamská cihla o různém stupni prozrání ve stáří 1 – 3 měsíce. Dalšími složkami surovinové skladby byly rostlinný tuk (s obsahem 100 % nasycených mastných kyselin) a pitná voda. Konkrétní surovinové skladby jsou uvedeny v příloze P I – P V. Po utavení byla hodnocena proveditelnost taveb. Podle výsledků z experimentu I. byly stanoveny podmínky aplikace přídatných látek u zracího pokusu (experiment II.). Dalšímu zkoumání byly podrobeny jen koncentrace, u kterých bylo dosaženo ve srovnání s kontrolními vzorky přijatelné homogenity výrobku.

6.1.2 Experiment II. – zrací pokus

V rámci experimentu II. - zracího pokusu bylo vyrobeno v časovém rozmezí osmi týdnů celkem 5 sérií vzorků. K přípravě byla použita eidamská cihla vyrobená 11. listopadu 2009 s deklarovaným obsahem sušiny 50 % (w/w) a tuku v sušině 30 % (w/w). Jednotlivé cihly (hmotnost 2,45 – 2,75 kg) byly uloženy ve zracím sklepě při teplotě 10 ± 2 °C a odebírány po 1, 2, 4, 6 a 8 týdnech zrání. Surovinová skladba se skládala z eidamské cihly, másla, pitné vody a přídatných látek. Konkrétní surovinové skladby jsou uvedeny v příloze P I – P III. Přídatné látky byly aplikovány v několika procentuálních poměrech a koncent-

racích stanovených na základě výsledků z přípravné fáze (experiment I.). Tavby byly provedeny s procentuálním poměrem kyseliny adipové a adipanu sodného 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 a 0:100. V rámci každé série byla dávkována jejich směs v odpovídajícím množství v koncentracích 1,0; 1,5 a 2,0 % (w/w). Společně s každou sadou byly utaveny dva tzv. kontrolní vzorky bez kyseliny adipové a její soli. První kontrolní vzorek byl utaven s použitím směsi tradičních tavicích solí fosforečnanového typu. Druhá kontrola byla realizována na základě poznatků Černíkové et al. [70], která úspěšně aplikovala κ -karagenan o koncentraci 1,0 % (w/w) při získání makroskopicky i mikroskopicky homogenního produktu bez použití tradičních tavicích solí.

6.2 Příprava vzorků

Při výrobě vzorků byl přírodní sýr nejprve zbaven ochranné fólie a nakrájen na kostky. Uložení kostek do uzavíratelného plastového boxu a jejich promícháním se zabránilo znehodnocení připravené suroviny osycháním a také byla surovina po celou sérii homogemizována. Podle surovinové skladby byly naváženy potřebné dávky sýru, tuku a přídatných látek. Jako náhrada tradičních tavicích solí byla použita kyselina adipová (Sigma Aldrich, St. Louis, USA) a adipan sodný (Dr. Paul Lohmann GmbH KG, Germany). K výrobě kontrolních vzorků byly použity 2,0 % fosforečnanové tavicí soli (JOHA HBS, JOHA S4SS a SLOVA 495 – BK Landenburg, Germany) a 1,0 % κ -karagenan (Sigma Aldrich, St. Louis, USA). Přídatné látky byly aplikovány v práškové podobě. Voda byla dávkována odměrným válcem. Suroviny byly následně v pořadí: přírodní sýr, tuk, voda a přídatné látky dávkovány do tavicího přístroje. K utavení vzorků byl použit přístroj Vorwerk Thermomix TM 31-1 (Vorwerk & Co. Thermomix, GmbH, Wuppertal, Germany) s funkcí míxování a záhřívání. Směs surovin byla tavena při teplotě 90 °C po dobu 1 minuty s rychlostí míchání taveniny 4000 otáček/min. Horká tavenina byla poté nalita do 100 g polystyrénových misek a uzavřena hliníkovou fólií. Celková doba výroby modelových vzorků tavených výrobků byla 10 – 12 minut. Vychlazené výrobky byly skladovány v lednici při teplotě 6±2 °C. Po čtrnácti dnech skladování byl proveden odběr vzorků pro senzoričnou analýzu a zjištění hodnoty pH. V rámci senzoričného posouzení byly hodnoceny znaky: vzhled, konzistence a homogennost výrobku na makroskopické úrovni. Na základě těchto kritérií byla zhodnocena proveditelnost tavby. pH bylo měřeno při teplotě 25±1 °C pomocí vpičového pH-metru Sper (Eutech Instruments, Oakton, Malaysia).

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

7.1 Experiment I.

V Tab. 5 je uveden sumární přehled jednotlivých vzorků, které byly předmětem zkoumání v experimentu I. Výsledky jednotlivých taveb a naměřené hodnoty pH u vyrobených produktů jsou shrnuty v Tab. 6. Pro kyselinu adipovou byla zavedena pro následující statě zkratka KA. Adipán sodný byl označen zkratkou AS. Symbolem „*“ je označena proveditelnost tavy s danou koncentrací kyseliny adipové a procentuálním poměrem této kyseliny a adipanu sodného. Jestliže se vzorek utavil bylo použito označení plus. V případě, že se tavba nezdařila byl použit symbol minus. V tabulce jsou rovněž obsaženy hodnoty pH naměřené po 14 dnech skladování. Symbol N byl použit jestliže pH vzorku nebylo hodnoceno, protože tavba nebyla proveditelná.

Tab. 5 Série zkoumaných koncentrací a procentuálních poměrů KA a AS v experimentu I.

Série č.:	Koncentrace aplikovaných látek	Poměr KA:AS
I.	1,0 % (w/w)	100:0
		75:25
		50:50
		25:75
		0:100
II.	1,5 % (w/w)	100:0
		75:25
		50:50
		25:75
		0:100
III.	2,0 % (w/w)	100:0
		75:25
		50:50
		25:75
		0:100
IV.	2,5 % (w/w)	100:0
		75:25
		50:50
		25:75
		0:100
V.	3,0 % (w/w)	100:0
		75:25
		50:50
		25:75
		0:100

Tab. 6 Proveditelnost taveb u jednotlivých vzorků tavených sýrových výrobků s naměřenými hodnotami pH vyrobených v experimentu I.

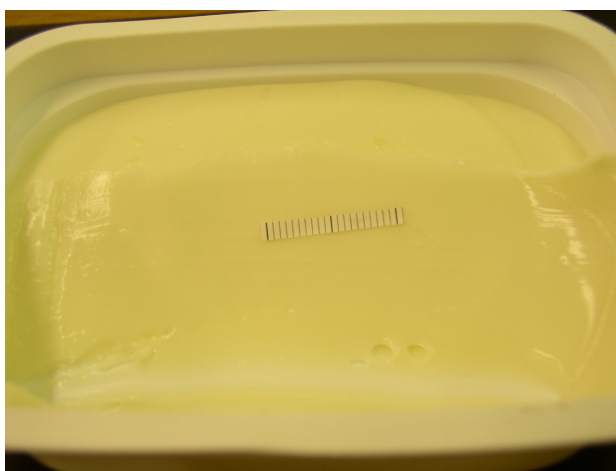
KA : AS	Koncentrace kyseliny adipové									
	1,0 % (w/w)		1,5 % (w/w)		2,0 % (w/w)		2,5 % (w/w)		3,0 % (w/w)	
	*	pH (±0,01)	*	pH (±0,01)	*	pH (±0,01)	*	pH (±0,01)	*	pH (±0,01)
100:0	+	4,82	+	4,67	+	4,56	+	4,34	+	4,29
75:25	-	N	+	4,87	+	4,79	-	N	+	4,59
50:50	-	N	+	5,11	-	N	+	4,97	-	N
25:75	+	5,46	+	5,41	+	5,38	-	N	+	5,26
0:100	+	5,78	-	N	-	N	+	5,92	+	5,99

Vysvětlení označení:

„ * “ proveditelnost tavy ,

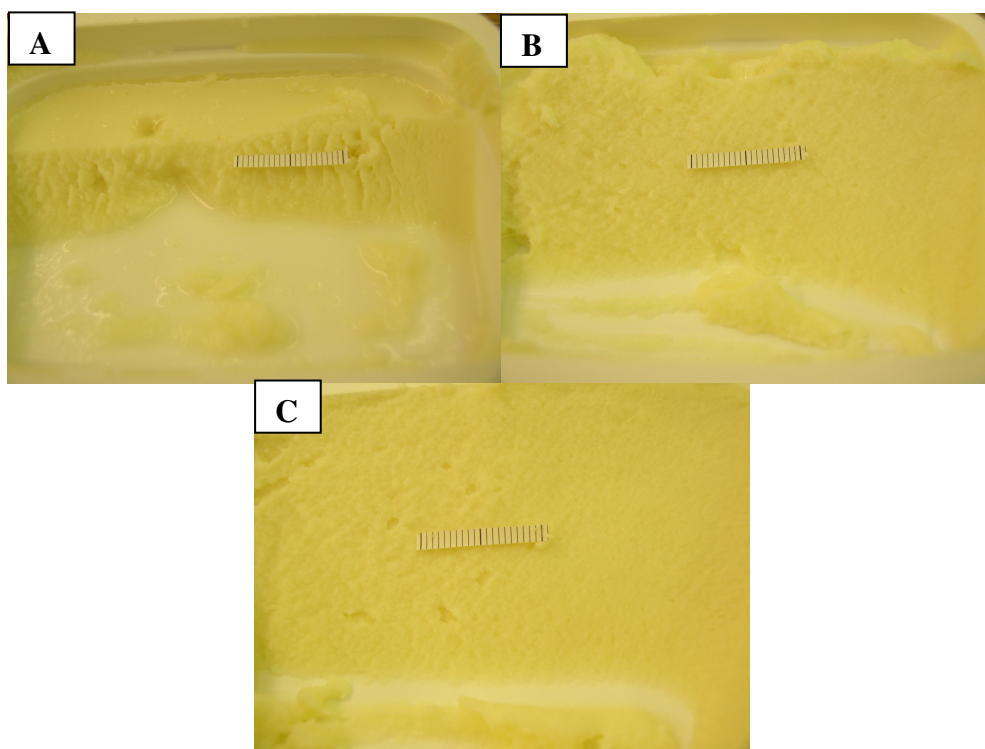
„ + “ tava se zdařila, „ - “ tava se nezdařila.

Kontrolní vzorky utavené za přídavku tradičních tavicích solí fosforečnanového typu jsou zobrazeny na Obr. 6. U všech zkoušených sérií vykazovaly homogenní charakter s lesklým a hladkým povrchem. Jejich konzistence byla roztíratelná.



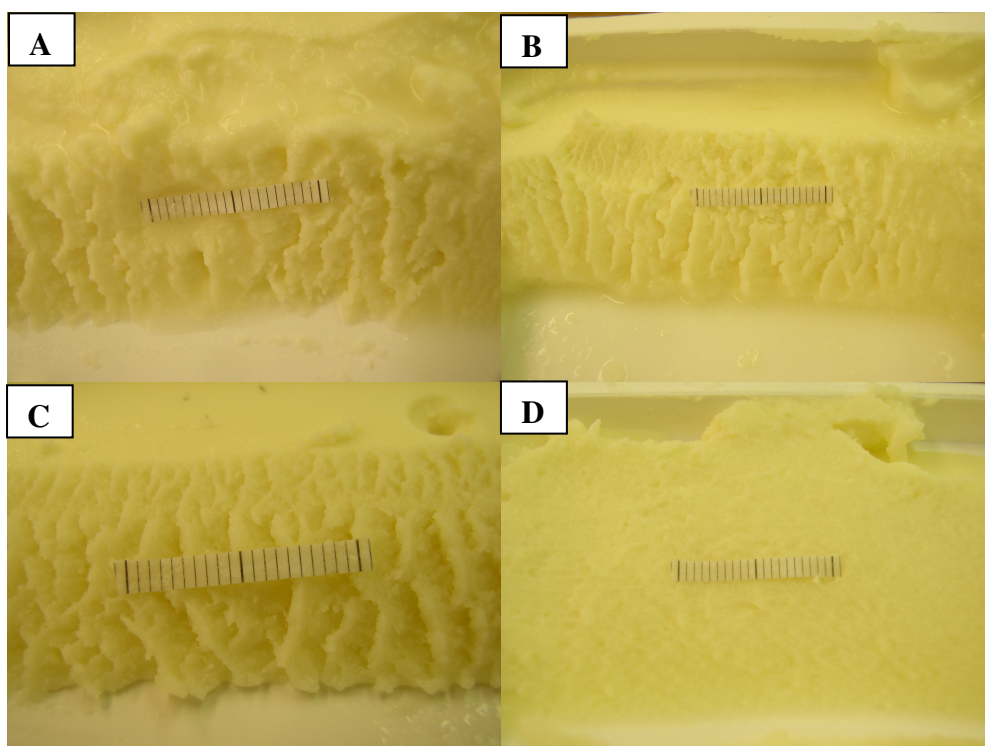
Obr. 6 Kontrolní vzorek utavený v experimentu I. za přídavku fosforečnanových tavicích solí

Tavený sýrový výrobek s obsahem 1,0 % kyseliny adipové je zobrazen na Obr. 7A. Tento produkt vykazoval ve srovnání s kontrolními vzorky homogenní charakter. Jeho konzistence byla ovšem blátivá a struktura značně krátká. Vzorky s obsahem 1,0 % koncentrace aplikovaných látek v poměru 75:25 a 50:50 se nezdařilo z použité suroviny utavit. Jako homogenní se jevily také vzorky utavené za přídavku 1,0 % kyseliny adipové v poměru s adipanem sodným 25:75 a 0:100. Jsou zobrazeny na Obr. 7B a Obr. 7C. U těchto výrobků byla patrná mazlavá a roztíratelná konzistence. Ve srovnání se vzorkem utaveným s 1,0 % kyselinou adipovou byla u těchto produktů pozorována hladká těstovitá struktura.



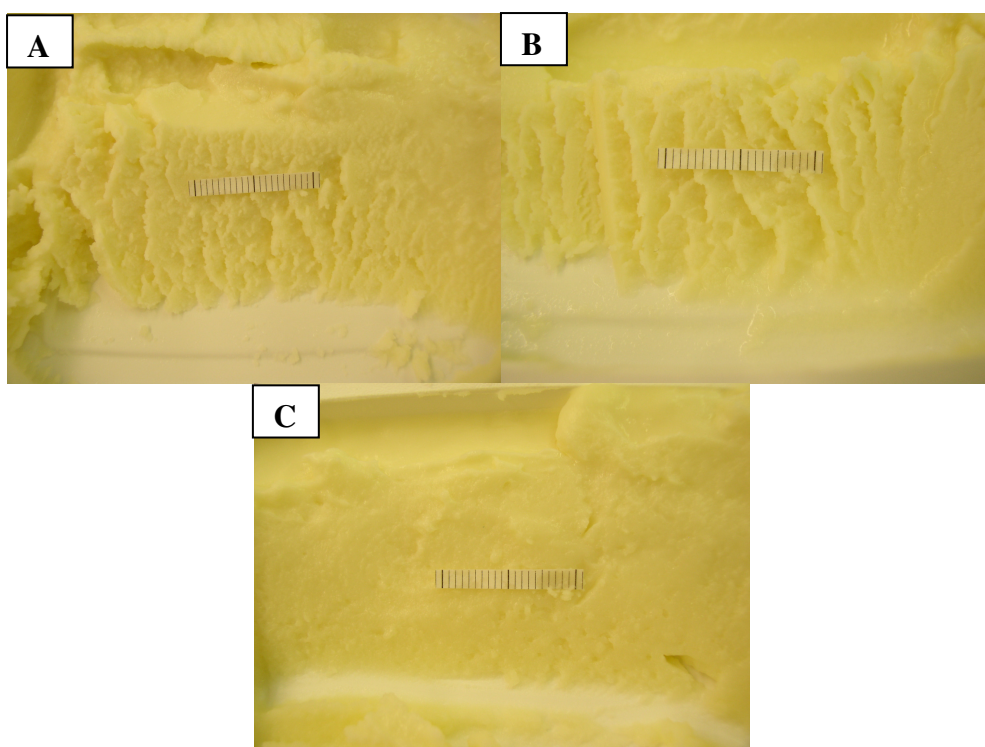
Obr. 7 Vzorky utavené s koncentrací 1,0 % v experimentu I: A – 1,0 % poměr KA:AS 100:0, B – 1,0 % poměr KA:AS 25:75, C – 1,0 % poměr KA:AS 0:100.

Při aplikaci 1,5 % koncentrace použitých přídatných látek bylo dosaženo homogenní konzistence na makroskopické úrovni u vzorků s poměry 100:0 a 25:75. Produkt s poměrem 100:0 (Obr. 8A) vykazoval mírné nedostatky v podobě blátivé konzistence s krátkou strukturou. U vzorku utaveného s poměrem 25:75 byla na pohled patrná těstovitá konzistence s hladkou a spojitou texturou. Z celé série utavené za přídavku 1,5 % koncentrace použitých látek se jevil jako celkově nejlepší. Tento vzorek je zobrazen na Obr. 8D. Na Obr. 8B je produkt utavený s 1,5 % kyselinou adipovou v poměru s adipanem sodným 75:25. Konzistence taveného výrobku byla nehomogenní díky rozsazení na dvě viditelné vrstvy. Dolní vrstva se jevila drobivá a krátká. Horní fáze vykazovala mazlavý charakter. Obdobné rozfázování bylo pozorováno také u výrobku s obsahem 1,5 % koncentrace aplikovaných látek v poměru 50:50. Tento produkt je zobrazen na Obr. 8C. Konzistence byla krátká a o poznání tužší než u předešlého výrobku.



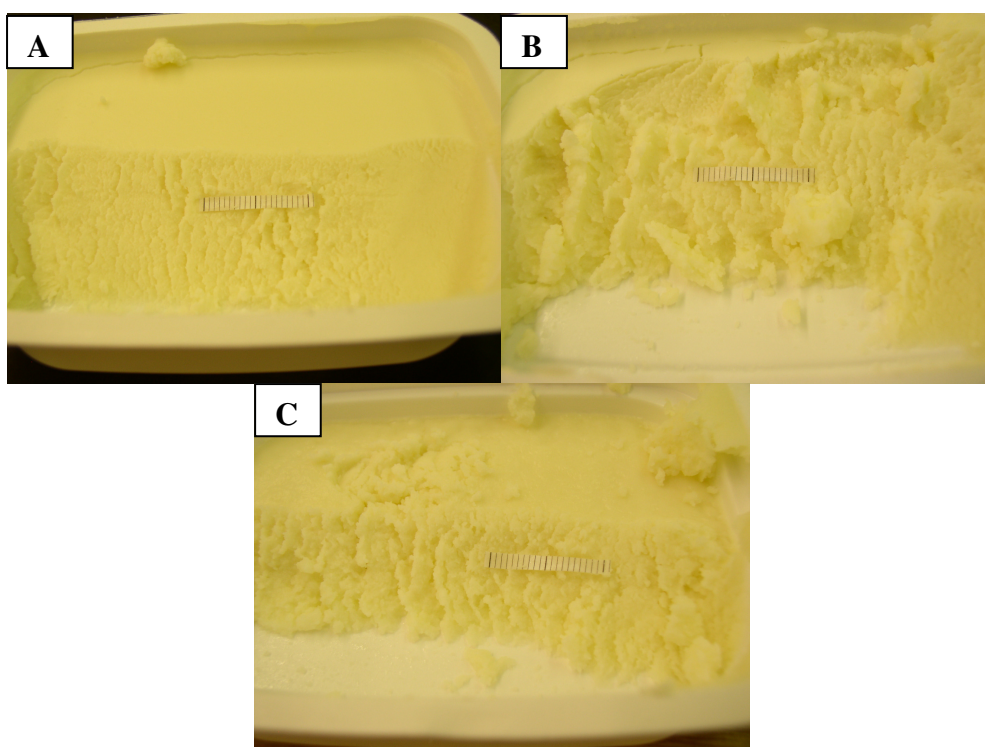
Obr. 8 Vzorky utavené s koncentrací 1,5 % v experimentu I.: A – 1,5 % poměr KA:AS 100:0, B – 1,5 % poměr KA:AS 75:25, C – 1,5 % poměr KA:AS 50:50, D – 1,5 % poměr 25:75.

Vzorek s přídavkem 2,0 % kyseliny adipové (Obr. 9A) byl homogenní konzistence avšak projevoval mírně blátivý charakter. Jeho struktura se jevila krátká. Při roztírání byl nesoudržný a trhal se. Značné konzistenční nedostatky byly shledány u taveného výrobku s poměrem 75:25. Ten je na Obr. 9B. Patrný byly dvě odsazené vrstvy (horní – tuková, mazlavá, dolní – krátká). Byl značně měkčí než makroskopicky homogenní vzorek s poměrem 100:0 ale jeho roztíratelnost byla rovněž hodnocena negativně. O poznání tužší byla konzistence s poměrem 25:75 (Obr. 9C). Tento vzorek byl nehomogenní a byla u něj patrná krupičkovitá textura. Sýrové výrobky s 2,0 % koncentrací aplikovaných látek v poměru 50:50 a 0:100 se nezdařilo utavit.



Obr. 9 Vzorky utavené s koncentrací 2,0 % v experimentu I.: A – 2,0 % poměr KA:AS 100:0, B – 2,0 % poměr KA:AS 75:25, C – 2,0 % poměr KA:AS 25:75.

Vzorky utavené s 2,5 % koncentrací byly homogenní v případě procentuálních poměrů 100:0 a 50:50. Konzistence byla v obou případech měkká s drobnou strukturou. Tyto výrobky jsou na Obr. 10A a Obr. 10B. Výrobek utavený s 2,5 % koncentrací v poměru aplikovaných látek 100:0 byl podstatně soudržnější než produkt s obsahem 2 % kyseliny adipové. Rozbředlý a výrazně nehomogenní byl produkt s poměrem 0:100. Strukturně byl krátký a nesoudržný. Je na Obr. 10C. V rámci této série se nezdařilo utavit produkty s procentuálními poměry zkoumaných látek 75:25 a 25:75.

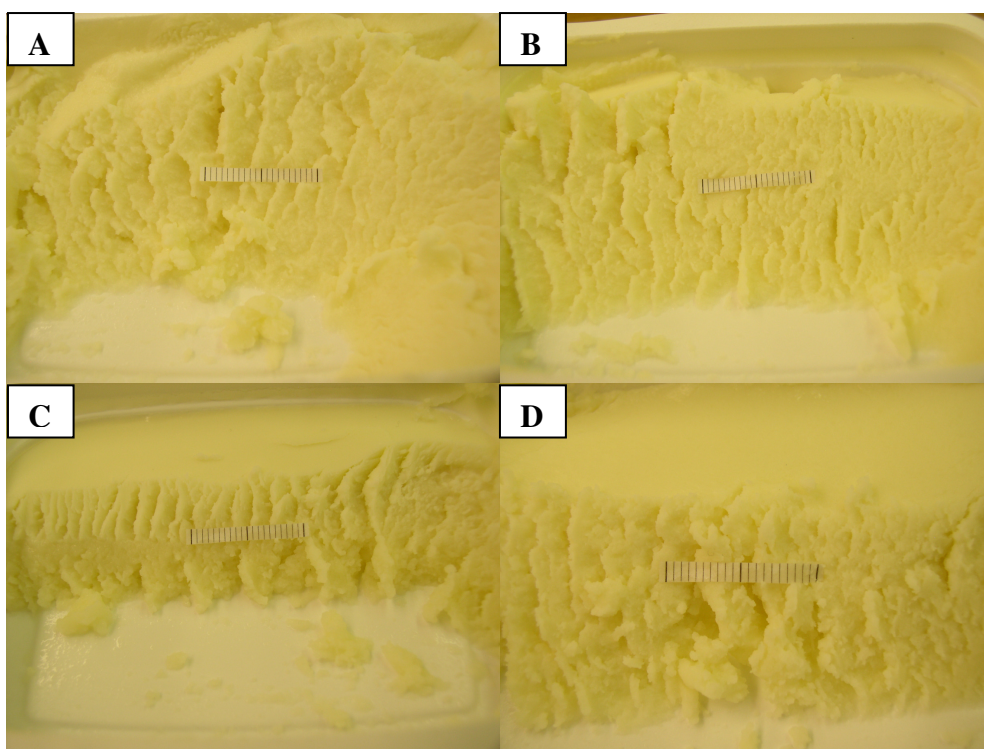


Obr. 10 Vzorky utavené s koncentrací 2,5 % v experimentu I.: A – 2,5 % poměr KA:AS 100:0, B – 2,5 % poměr KA:AS 50:50, C – 2,5 % poměr KA:AS 0:100.

V případě přísad zkoumaných látek o koncentraci 3,0 % byla pozorován homogenní konzistence u vzorků s procentuálními poměry 100:0 a 75:25. Tyto jsou zobrazeny na Obr. 11A a Obr. 11B. I když látky o této koncentraci a poměru vykazovaly zcela pozitivní účinek kaseinovou maticí byly pozorovány mírné strukturní a konzistenční nedostatky. Ty se projevovali ve formaci drobné konzistence a krátké struktury.

Vzorky s 3,0 % koncentrací kyseliny adipové v poměru s adipanem sodným 50:50 nebylo možno z použité suroviny utavit.

Zbylé dva výrobky s procentuálními poměry aplikovaných látek 25:75 a 0:100 byly na pohled nehomogenní. U vzorku s 3,0 % kyselinou adipovou v poměru s její sodnou solí 25:75 (Obr. 11C) byly patrné dvě zřetelně oddělené vrstvy. Konzistence byla drobná a struktura značně nesoudržná. Tavený sýrový výrobek s poměrem 0:100 byl na rozdíl od předešlého produktu mírně blátivé konzistence (Obr. 11D).



Obr. 11 Vzorky utavené s koncentrací 3,0 % v experimentu I.: A – 3,0 % poměr KA:AS 100:0, B – 3,0 % poměr KA:AS 75:25, C – 3,0 % poměr KA:AS 25:75, D – 3,0 % poměr KA:AS 0:100.

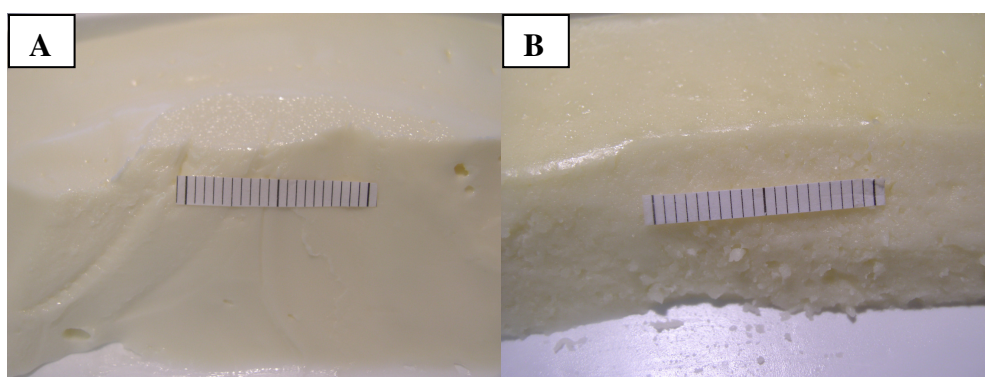
7.2 Experiment II. - zrací pokus

Na základě výsledků z experimentu I. byl proveden zrací pokus. Tavby byly realizovány s jeden, dva, čtyři, šest a osm týdnů prozralou surovinou (eidamská cihla). Kombinace aplikovaných látek, které byly předmětem zkoumání v experimentu II. jsou uvedeny v Tab. 7. Přehledy vzorků tavených sýrových produktů vyrobených v jednotlivých fázích zracího pokusu jsou uvedeny v tabulkách: Tab. 6, Tab. 7, Tab. 8, Tab. 9 a Tab. 10. V rámci těchto přehledů je proveditelnost tavby doplněna o naměřené hodnoty pH po 14 dnech skladování. Význam symbolů použitých v tabulkách je stejný jako v experimentu I.

Tab. 7 Série zkoumaných koncentrací a procentuálních poměrů KA a AS v experimentu II.

Série č.:	Zralost suroviny	Koncentrace aplikovaných látek	Poměr KA:AS
I.	1 týden	1,0 % (w/w) 1,5 % (w/w) 2,0 % (w/w)	100:0
			75:25
			50:50
			25:75
			0:100
II.	2 týdny	1,0 % (w/w) 1,5 % (w/w) 2,0 % (w/w)	100:0
			75:25
			50:50
			25:75
			0:100
III.	4 týdny	1,0 % (w/w) 1,5 % (w/w) 2,0 % (w/w)	100:0
			75:25
			50:50
			25:75
			0:100
IV.	6 týdnů	1,0 % (w/w) 1,5 % (w/w) 2,0 % (w/w)	100:0
			75:25
			50:50
			25:75
			0:100
V.	8 týdnů	1,0 % (w/w) 1,5 % (w/w) 2,0 % (w/w)	100:0
			75:25
			50:50
			25:75
			0:100

Kontrolní vzorky utavené s použitím fosforečnanových tavicích solí byly v rámci každé série homogenní, lesklé, hladké struktury a odpovídající tužší konzistence. Vzorky utavené s kontrolním přídatkem karagenanu byly u každé sady homogenní s tuhou a krájitelnou konzistencí. Charakteristické konzistenční vlastnosti a vzhled kontrolních vzorků jsou zobrazeny na Obr. 12.



Obr. 12 Kontrolní vzorky utavené v experimentu II. za přídatku:
A - fosforečnanových tavicích solí, B - karagenanu

7.2.1 Série vzorků vyrobených z eidamské cihly ve stáří 1 týden

Tab. 8 Přehled vzorků s naměřenými hodnotami pH vyrobených z 1 týden zralé suroviny

KA : AS	Koncentrace kyseliny adipové					
	1 % (w/w)		1,5 % (w/w)		2 % (w/w)	
	*	pH ($\pm 0,01$)	*	pH ($\pm 0,01$)	*	pH ($\pm 0,01$)
100:0	+	4,87	+	4,71	+	4,58
75:25	+	5,00	+	4,85	+	4,85
50:50	+	5,20	+	5,09	+	5,02
25:75	+	5,44	+	5,43	+	5,36
0:100	+	5,69	+	5,85	+	5,83

Vysvětlení označení:

„*“ proveditelnost tavby ,

„+“ tavba se zdařila, „-“ tavba se nezdařila.

Vzorek utavený za přídavku kyseliny adipové o koncentraci 1,0 % je zobrazen na Obr. 13 A. Povrch vzorku byl lesklý s viditelně uvolněnou vodou. Konzistence vzorku byla nehomogenní díky rozfázování na tři vrstvy. Horní tuková vrstva o tloušťce 5 mm byla tužší, stejně silná vrstva pod ní byla podstatně tekutější. Struktura spodní vrstvy byla krátká.

Jako silně nehomogenní se jevil vzorek s 1,0 % kyselinou adipovou v poměru s její solí 75:25. Jeho struktura je zobrazena na Obr. 13B. Rozfázování a struktura vrstev je obdobná jako u předešlého vzorku. Střední tekutá vrstva byla ale o poznání silnější (15 mm).

Na Obr. 13C je vzorek utavený s přídavkem 1,0 % kyseliny adipové v poměru s adípanem 50:50. Vzorek byl stejně jako předešlý produkt s procentuálním poměrem přídatných látek 75:25 strukturně značně nehomogenní.

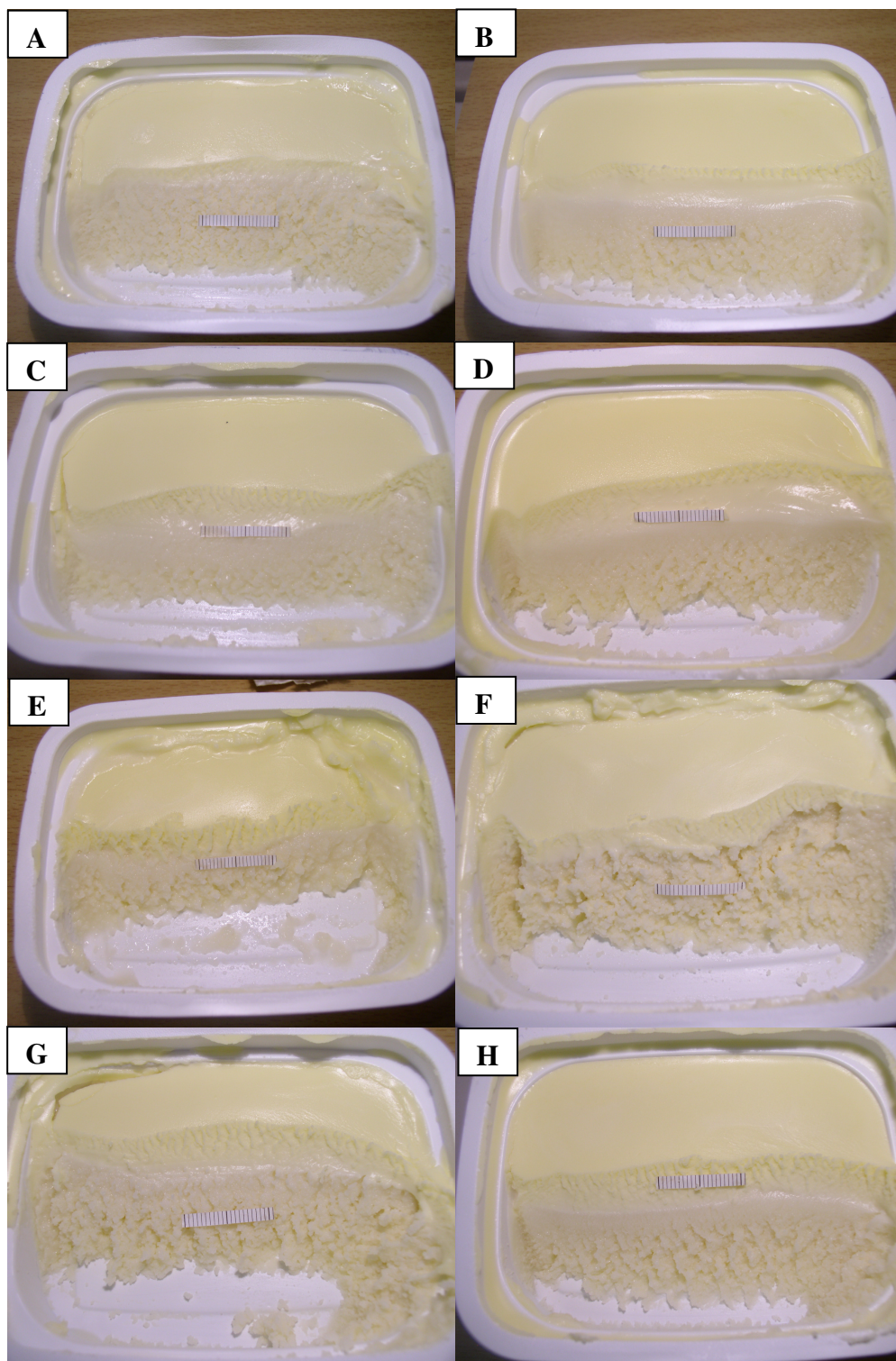
Na Obr. 13D je tavený sýrový výrobek s obsahem 1,0 % kyseliny adipové v poměru s adípanem 25:75. Z hlediska struktury byl hodnocen obdobně jako vzorek s procentuálním poměrem 50:50, s tím že dolní vrstva byla zřetelně nejširší. Konzistence výrobku byla ale o poznání měkčí. Povrch byl celistvý a lesklý.

Vzorek při jehož výrobě byl aplikován pouze adípan sodný o koncentraci 1,0 % je zobrazen na Obr. 13E. Vzorek uvolňoval vodu a byl značně rozbředlý. Zřetelně byl nehomogenní, přičemž všechny tři vrstvy (horní – tuková, střední – tekutá, dolní – krátká) byly přibližně stejné tloušťky.

Na Obr. 13F je vzorek utavený za přídavku 1,5 % kyseliny adipové. U tohoto produktu se vyskytovali opět tři odsazené vrstvy. Pod horní tukovou byla pozorována velmi tenká blátivá až tekutá střední vrstva. Spodní vrstva byla nejsilnější a jevila se značně drobná.

Na Obr. 13G je vzorek s obsahem 1,5 % kyseliny adipové v poměru s adípanem 75:25. Tento vzorek byl rovněž nehomogenní a rozfázovaný na tři viditelné vrstvy. Strukturně byl podobný předchozímu vzorku s tím, že střední blátivá vrstva byla mírně silnější.

Vzorek utavený za přídavku 1,5 % kyseliny adipové v poměru s adípanem 50:50 byl strukturně stejný jako předešlý produkt. Povrch byl světlejší (pravděpodobně méně odsazeného tuku) a méně lesklý. Tento tavený sýrový výrobek je zobrazen na Obr. 13H.



Obr. 13 Vzorok utavené z jednotýdenní suroviny (1): A – 1,0 % poměr KA:AS 100:0, B – 1,0 % poměr KA:AS 75:25, C – 1,0 % poměr KA:AS 50:50, D – 1,0 % poměr KA:AS 25:75, E – 1,0 % poměr KA:AS 0:100, F - 1,5 % poměr KA:AS 100:0, G - 1,5 % poměr KA:AS 75:25, H - 1,5 % poměr KA:AS 50:50.

Na Obr. 14A je výrobek utavený za přídavku 1,5 % kyseliny v poměru s její solí 25:75. Konzistence byla blátivá, oddělily se čtyři vrstvy. Horní tuková byla tužší, spodní se jevila jako krátká. Obě střední vrstvy byly tekuté a uvolňovali vodu.

Vzorek utavený za přídavku adipanu sodného o koncentraci 1,5 % je na Obr. 14B. Konzistence byla nehomogenní. Vzhledově byl podobný vzorků s přídavkem 1,5 % kyseliny adipové v poměru s adipanem sodným 75:25 a 50:50.

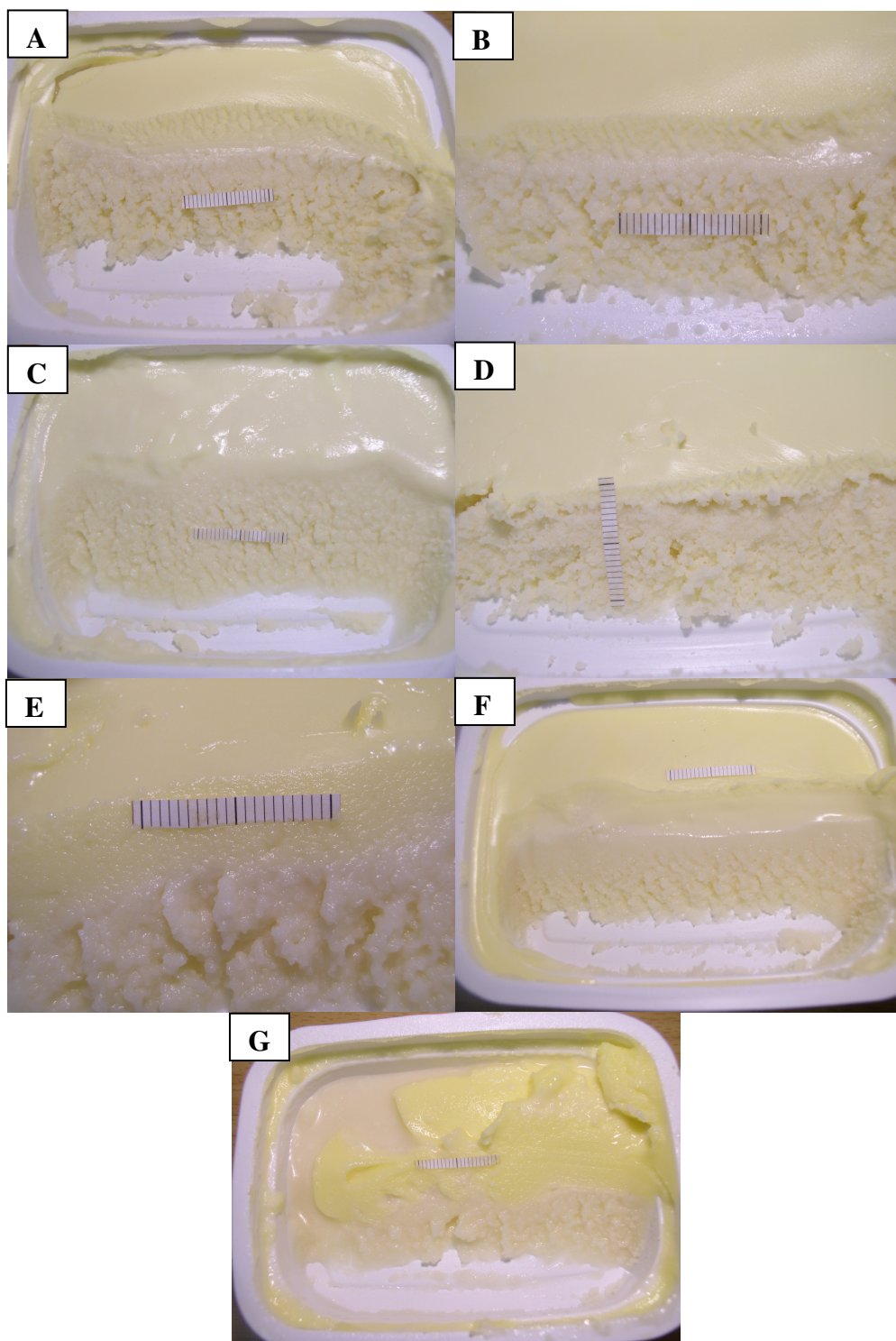
Na Obr. 14C je vzorek s obsahem 2,0 % kyseliny adipové. Produkt byl nesoudržný a uvolňoval vodu. Konzistence byla blátivá a roztékavá. Strukturně byl rozfázován na tři vrstvy. Horní tuková byla zřetelně světlejší.

Na Obr. 14D je vzorek utavený za přídavku 2,0 % kyseliny adipové v poměru s adipanem sodným 75:25. Tento produkt byl nehomogenní a drobné konzistence se zřetelnými třemi odsazenými vrstvami. Dolní drobná a krátká vrstva byla nejsilnější.

Vzorek obsahující 2,0 % kyselinu adipovou v poměru s její sodnou solí 50:50 je zobrazen na Obr. 14E. Sýrový produkt byl rozsazený na tři odfázované vrstvy. Mezi horní tuhou tukovou vrstvou (5 mm) a spodní krátkou drobnou vrstvou (20 mm) byla nepatrný tekutější střed.

Na Obr. 14F je vzorek utavený za přídavku 2,0 % kyseliny adipové v poměru s její solí 25:75. Vzorek byl nehomogenní. Strukturně byl prakticky totožný se vzorkem utaveným za přídavku 1,5 % kyseliny adipové v poměru s adipanem sodným 25:75.

Na Obr. 14G je vzorek s obsahem adipanu sodného o koncentraci 2,0 %. Konzistence byla rozbředlá a nesoudržná. Vzorek uvolňoval značné množství vody. Bylo patrné vytvoření tří odsazených fází.



Obr. 14 Vzorok utavené z jednotýdenní suroviny (2): A – 1,5 % poměr KA:AS 25:75, B – 1,5 % poměr KA:AS 0:100, C – 2,0 % poměr KA:AS 100:0, D – 2,0 % poměr KA:AS 75:25, E – 2,0 % poměr KA:AS 50:50, F – 2,0 % poměr KA:AS 25:75, G – 2,0 % poměr KA:AS 0:100.

7.2.2 Série vzorků vyrobených z eidamské cihly ve stáří 2 týdny

Tab. 9 Přehled vzorků s naměřenými hodnotami pH vyrobených z 2 týdny zralé suroviny

KA : AS	Koncentrace kyseliny adipové					
	1 % (w/w)		1,5 % (w/w)		2 % (w/w)	
	*	pH ($\pm 0,01$)	*	pH ($\pm 0,01$)	*	pH ($\pm 0,01$)
100:0	+	4,90	+	4,69	+	4,60
75:25	+	5,02	+	4,91	+	4,85
50:50	+	5,17	+	5,12	+	5,08
25:75	+	5,42	+	5,43	+	5,37
0:100	+	5,82	+	5,85	+	5,92

Vysvětlení označení:

„*“ proveditelnost tavby ,

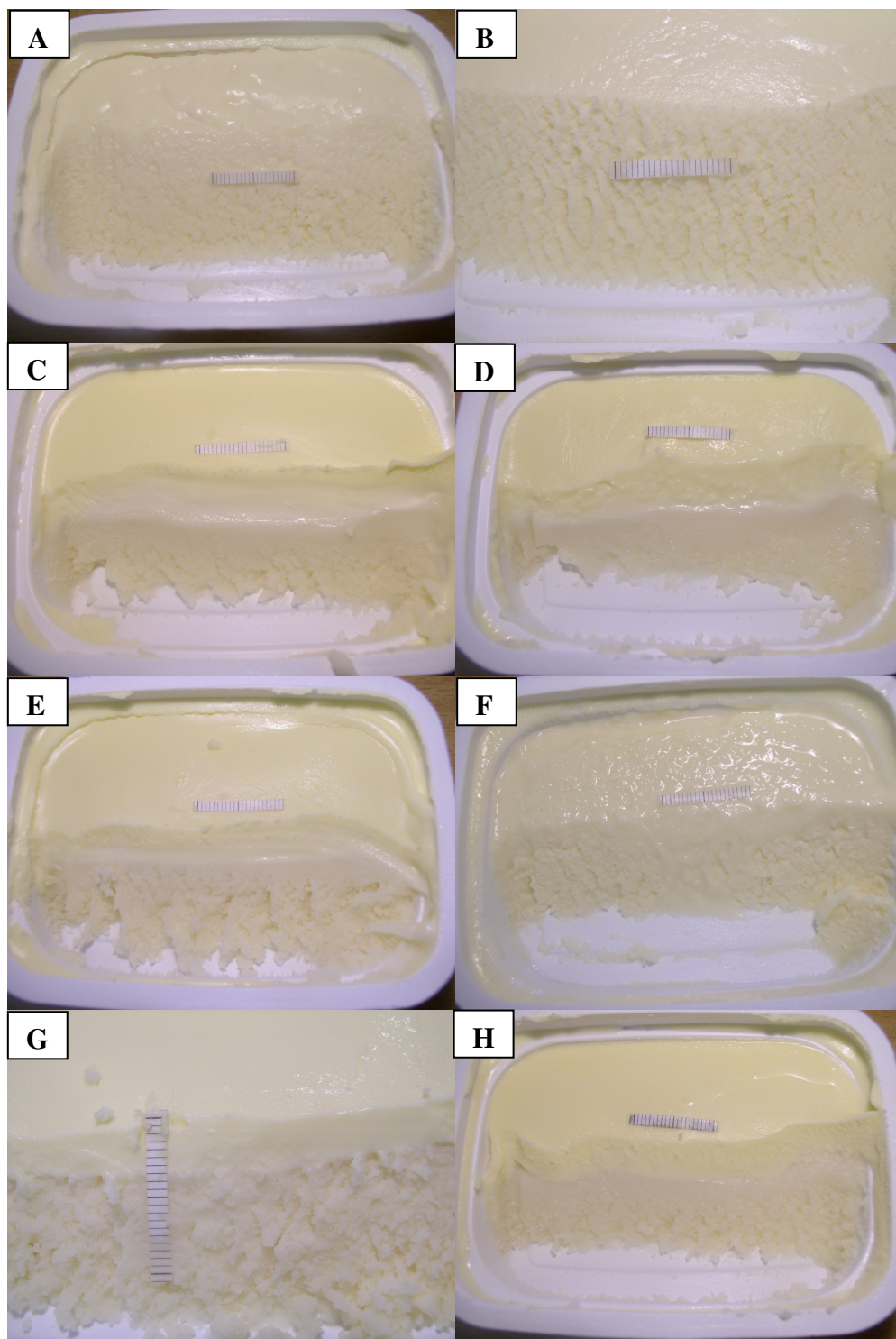
„+“ tavba se zdařila, „-“ tavba se nezdařila.

Vzorek utavený z dvoutýdenní eidamské cihly za přídavku samotné kyseliny adipové o koncentraci 1,0 % je zobrazen na Obr. 15A. Tento produkt byl homogenního charakteru. Patrná byla mírně krupičkovitá konzistence. Povrch byl lesklý s nepatrně odsazenou tenkou tukovou vrstvou. Zbýlá část se vyznačovala krátkou strukturou.

Jako homogenní se jevil také vzorek s obsahem 1,0 % kyseliny adipové v poměru s adipánem sodným 75:25. Ten je zobrazen na Obr. 15B. Produkt vykazoval stejné strukturální a konzistenční znaky jako předešlý vzorek.

Vzorky utavené za přídavku 1,0 % kyseliny adipové v poměru s adipánem sodným 50:50 a 25:75 byly nehomogenní. Jsou zobrazeny na Obr. 15C a Obr. 15D. Bylo patrné vytvoření tří oddělených fází. Horní vrstva byla máslová až blátivá a dobře roztíratelná. U vzorku s poměrem přídatných látek 25:75 byla o poznání silnější. Střední vrstva se jevila jako polotekutá a spodní vrstva byla značně krátká.

Vzorek obsahující pouze adipán sodný o koncentraci 1,0 % je zobrazen na Obr. 15E. Vzorek byl charakteristický nehomogenní strukturou se třemi oddělenými vrstvami. Horní vrstva byla máslová ale tužší než u produktu s poměrem 25:75. Střední vrstva vykazovala známky tekutosti a byla značně blátivá. Spodní vrstva byla strukturálně velmi krátká a podstatně drobivější než u vzorku s poměrem 25:75.



Obr. 15 Vzorok utavené z dvoutýdenní suroviny (1): A – 1,0 % poměr KA:AS 100:0, B – 1,0 % poměr KA:AS 75:25, C – 1,0 % poměr KA:AS 50:50, D – 1,0 % poměr KA:AS 25:75, E – 1,0 % poměr KA:AS 0:100, F – 1,5 % poměr KA:AS 100:0, G – 1,5 % poměr KA:AS 75:25, H – 1,5 % poměr KA:AS 50:50.

Vzorek na Obr. 15F je utaven za přídavku 1,5 % kyseliny adipové. U tohoto produktu byly pozorovány viditelně oddělené dvě fáze. Konzistence byla od povrchu řídicí a celkově krupičkovitá. Vzorek uvolňoval vodu. Spodní fáze byla krátká a spojitá.

Dvě odsazené fáze bylo možno pozorovat také u vzorku s obsahem 1,5 % kyseliny adipové v poměru s adípanem 75:25. Produkt takto vyrobený je na Obr. 15G. V porovnání s předešlým vzorkem nebyl tak roztékavý. Horní vrstva byla máslová a roztíratelná. Pod ní se nacházela fáze s drobivou a silně krátkou strukturou.

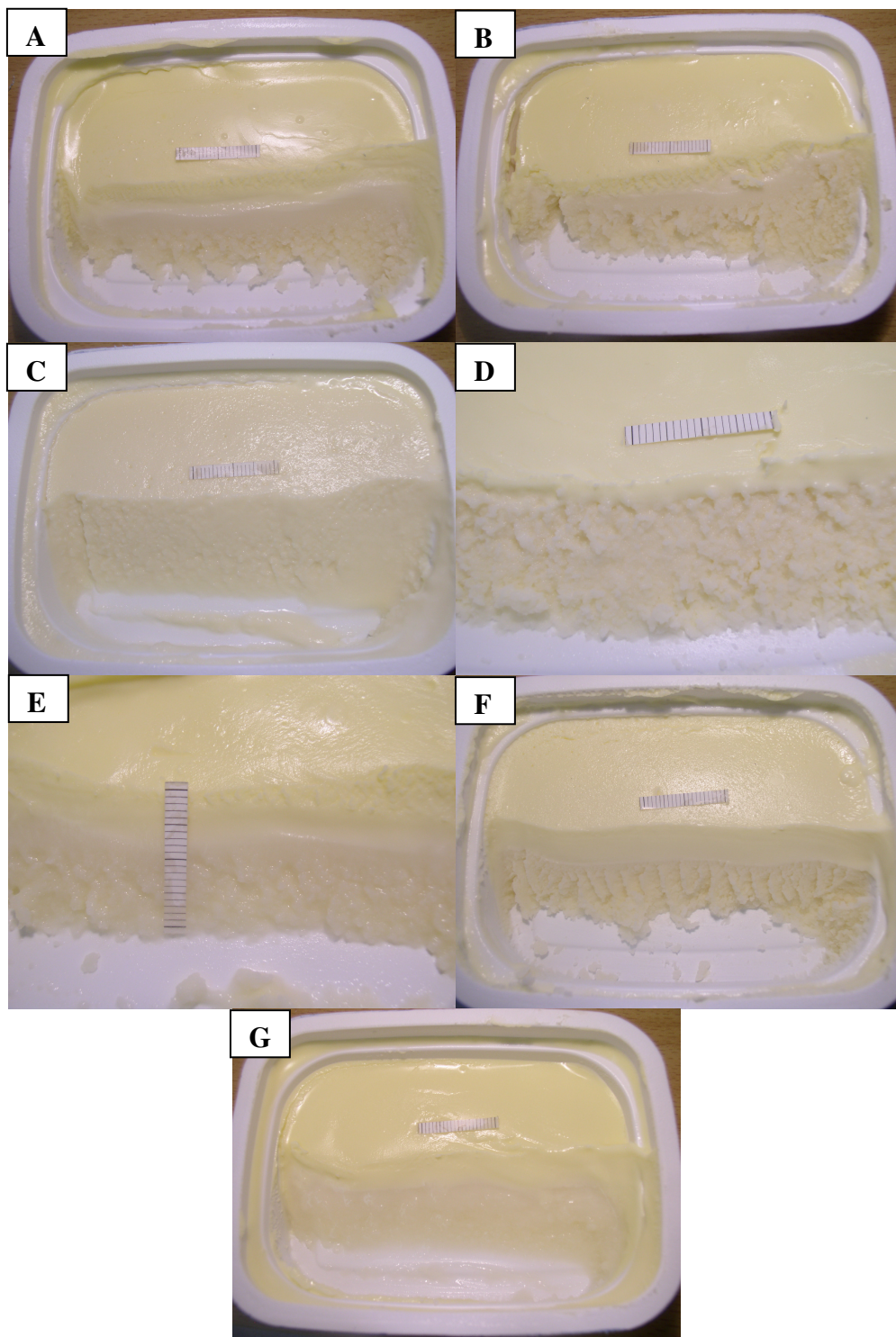
Na Obr. 15H je tavený sýrový výrobek s přídavkem 1,5 % kyseliny adipové v poměru s její soli 50:50. Produkt se jevil jako nehomogenní s horní stabilní tukovou vrstvou, střední polotekutou a spodní blátivou a krátkou vrstvou.

Mezi nehomogenní výrobky patří také vzorky utavené za přídavku 1,5 % kyseliny v poměru s její soli 25:75 a 0:100. Jsou zobrazeny na Obr. 16A a Obr. 16B. Tyto produkty byly rozfázovány na čtyři viditelné vrstvy. Horní intenzivně žlutá vrstva je soudržná a stabilní. Pod ní se nachází dvě polotekuté střední vrstvy a spodní krátká a drobivá vrstva.

Na Obr. 16C je vzorek s obsahem 2,0 % kyseliny adipové. Tento produkt nepatrně uvolňoval vodu, struktura byla blátivá a krátká. Povrch byl ve srovnání s předešlými vzorky světlejší. Díky homogenní konzistenci s mírnými nedostatky vykazoval nejlepší vlastnosti ze všech vzorků utavených z dvoutýdenní suroviny za použití 2,0 % koncentrace přídatných látek.

Na Obr. 16D je tavený sýrový výrobek s obsahem 2,0 % kyseliny v poměru s její soli 75:25. U vzorku bylo možno pozorovat uvolněnou vodu a rozfázování na tři vrstvy. Tuková vrstva v horní části byla mazlavá a ze zbývajících produktů s 2,0 % koncentrací nejméně intenzivně zbarvená. Spodní krátká a drobivá vrstva byla ze všech fází nejsilnější (20 mm).

Zbýlé tři vzorky s 2,0 % koncentrací kyseliny adipové byly rovněž odsazeny na tři viditelné vrstvy. Produkty s procentuálním poměrem aplikovaných látek 50:50 a 0:100 byly konzistenčně téměř totožné. Struktura střední vrstvy byla polotekutá a dolní fáze se jevila jako krátká a drobivá. Vzorek s poměrem KA:AS 50:50 je zobrazen na Obr. 16E. Konzistenční vlastnosti produktu s poměrem 0:100 lze pozorovat na Obr. 16G. Díky tekutějšímu charakteru a blátivé konzistenci byl produkt s poměrem kyseliny a její soli 25:75 od předešlých vzorků značně odlišný. Vzhled tohoto vzorku je patrný na Obr. 16F.



Obr. 16 Vzorok utavené z dvoutýdenní suroviny (2): A – 1,5 % poměr KA:AS 25:75, B – 1,5 % poměr KA:AS 0:100, C – 2,0 % poměr KA:AS 0:100, D – 2,0 % poměr KA:AS 75:25, E – 2,0 % poměr KA:AS 50:50, F – 2,0 % poměr KA:AS 25:75, G – 2,0 % poměr KA:AS 0:100.

7.2.3 Série vzorků vyrobených z eidamské cihly ve stáří 4 týdny

Tab. 10 Přehled vzorků s naměřenými hodnotami pH vyrobených z 4 týdny zralé suroviny

KA : AS	Koncentrace kyseliny adipové					
	1 % (w/w)		1,5 % (w/w)		2 % (w/w)	
	*	pH ($\pm 0,01$)	*	pH ($\pm 0,01$)	*	pH ($\pm 0,01$)
100:0	+	4,82	+	4,71	+	5,20
75:25	+	5,06	+	4,89	+	4,74
50:50	-	N	+	5,13	+	5,02
25:75	+	5,43	+	5,40	-	N
0:100	+	5,76	+	5,75	+	5,68

Vysvětlení označení:

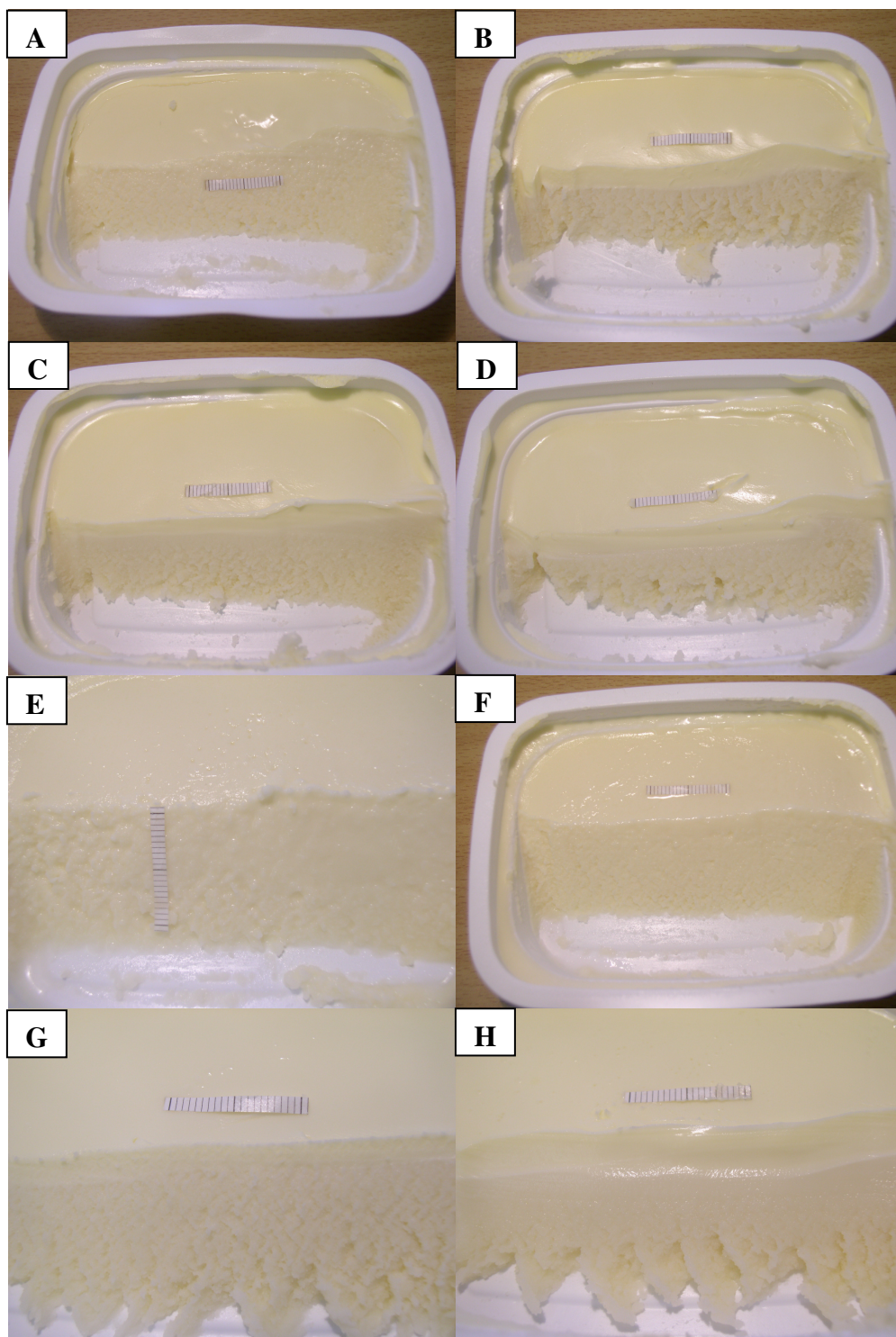
„*“ proveditelnost tavy ,

„+“ tava se zdařila, „-“ tava se nezdařila.

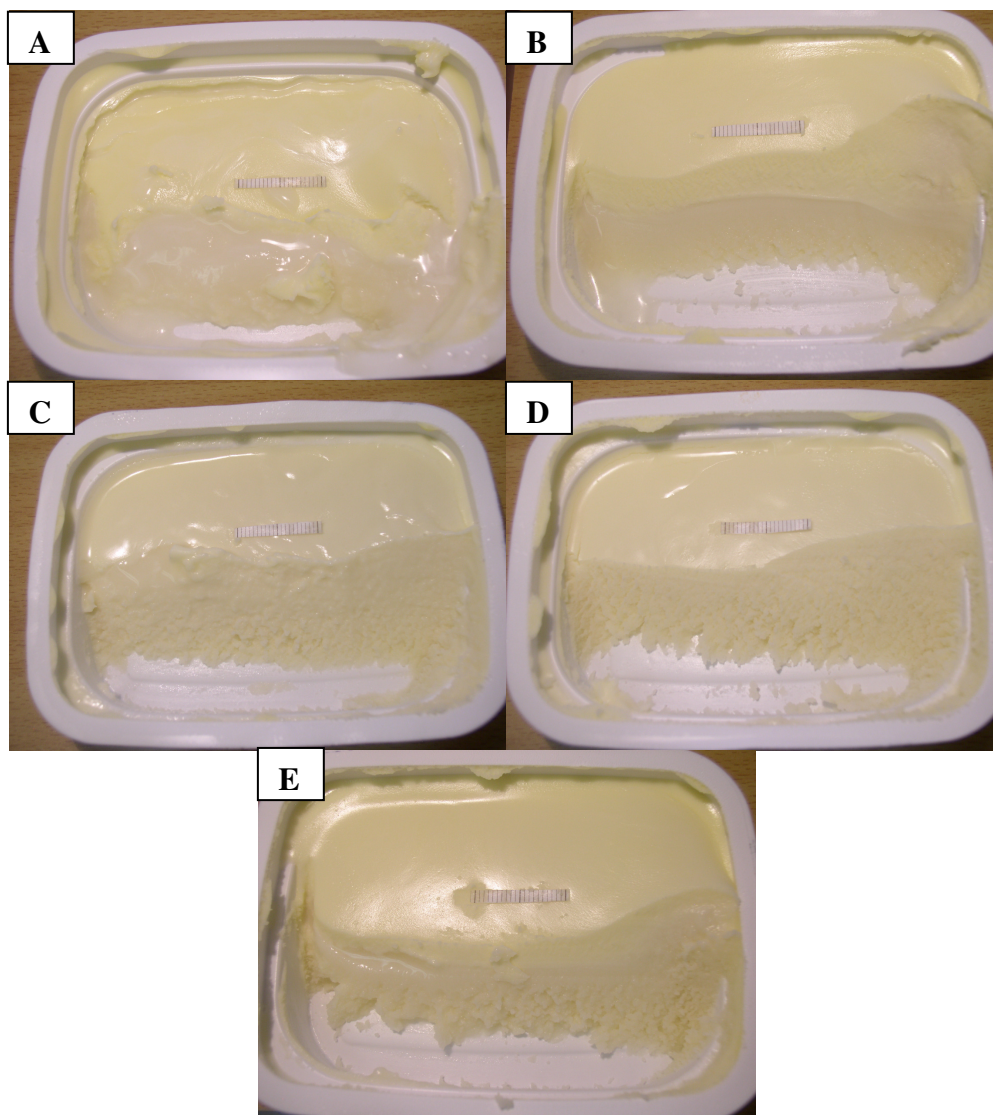
Na Obr. 17A je výrobek utavený z čtyřtýdenní eidamské cihly za přídavku 1,0 % kyseliny adipové. Vzorek byl mírně nehomogenní (2 oddělené fáze) ale vykazoval nejlepší vlastnosti ze vzorků utavených s 1,0 % koncentrací aplikovaných látek. Struktura byla krupičkovitá a při roztírání se trhala.

Ostatní tři vzorky utavené za přídavku 1,0 % kyseliny adipové v poměru s její solí 75:25 (Obr. 17B), 25:75 (Obr. 17C) a 0:100 (Obr. 17D) vykazovaly rovněž nehomogenní charakter ale vizuálně bylo možno identifikovat tři vrstvy. Horní tuková byla měkká a roztíratelná, střední polotekutá a dolní krátká a drobivá. Vzorek s poměrem látek 50:50 nebyl utaven. Ze vzorků utavených ze čtyřtýdenní suroviny za přídavku 1,5 % kyseliny adipové se jako makroskopicky homogenní jevíly produkty s procentuálním poměrem směsi aplikovaných látek 100:0 a 75:25. Tyto výrobky jsou zobrazeny na Obr. 17E a Obr. 17F. Při podrobném srovnání byl vzorek obsahující pouze kyselinu adipovou více rozbředlý.

U konzistenčně nehomogenních výrobků s obsahem 1,5 % kyseliny adipové v poměru s adipánem sodným 50:50 a 25:75 byly patrné tři oddělené fáze. Výrobky jsou na Obr. 17G a Obr. 17H. U vzorku s poměrem 50:50 byla horní tuková vrstva světlejší než u produktů utavených s 1 % koncentrací ale o poznání tmavší než u homogenních tavených sýrů s 1,5 % koncentrací.



Obr. 17 Vzorky utavené z čtyřtýdenní suroviny (1): A – 1,0 % poměr KA:AS 100:0, B – 1,0 % poměr KA:AS 75:25, C – 1,0 % poměr KA:AS 25:75, D – 1,0 % poměr KA:AS 0:100, E – 1,5 % poměr KA:AS 100:0, F – 1,5 % poměr KA:AS 75:25, G – 1,5 % poměr KA:AS 50:50, H – 1,5 % poměr KA:AS 25:75.



Obr. 18 Vzorky utavené z čtyřtýdenní suroviny (2): A – 1,5 % poměr KA:AS 0:100, B – 2,0 % poměr KA:AS 100:0, C – 2,0 % poměr KA:AS 75:25, D – 2,0 % poměr KA:AS 50:50, E – 2,0 % poměr KA:AS 0:100.

Vzorek obsahující pouze adipan sodný o koncentraci 1,5 % znázorněný na Obr. 18A byl celkově nesourodý, rozbředlý a uvolňoval vodu.

Na Obr. 18B je vzorek utavený za přídavku 2,0 % kyseliny adipové. Konzistence byla nehomogenní se čtyřmi oddělenými vrstvami. Střední tekutá fáze byla barevně rozlišena na dvě zóny. Struktura spodní fáze byla na rozdíl od roztíratelné horní vrstvy krátká a rozbředlá.

Vzorky s obsahem 2,0 % kyseliny v poměru s její solí 75:25 (Obr. 18C) a 50:50 (Obr. 18D) byly rozsazeny na dvě viditelné vrstvy. Konzistence vzorku s poměrem 75:25 byla značně rozbředlá.

Vzorek s obsahem 2,0 % kyseliny adipové v poměru s adipánem sodným 25:75 nebyl z čtyřtýdenní suroviny utaven. Na Obr. 18E je tavený sýrový výrobek vyrobený za přídavku adipánu sodného o koncentraci 2,0 %. Produkt je viditelně diferenciován na horní tukovou vrstvu, střední tekutou s uvolňující se vodou a dolní o struktuře krátké a drobné. Vrstvy byly nespojené a vzorek byl celkově nesourodý.

7.2.4 Série vzorků vyrobených z eidamské cihly ve stáří 6 týdnů

Tab. 11 Přehled vzorků s naměřenými hodnotami pH vyrobených z 6 týdnů zralé suroviny

KA : AS	Konzentrace kyseliny adipové					
	1 % (w/w)		1,5 % (w/w)		2 % (w/w)	
	*	pH ($\pm 0,01$)	*	pH ($\pm 0,01$)	*	pH ($\pm 0,01$)
100:0	+	4,78	-	N	+	4,43
75:25	-	N	+	4,82	-	N
50:50	+	5,14	+	N	-	N
25:75	+	5,38	+	5,37	+	5,27
0:100	+	5,72	+	5,79	+	5,81

Vysvětlení označení:

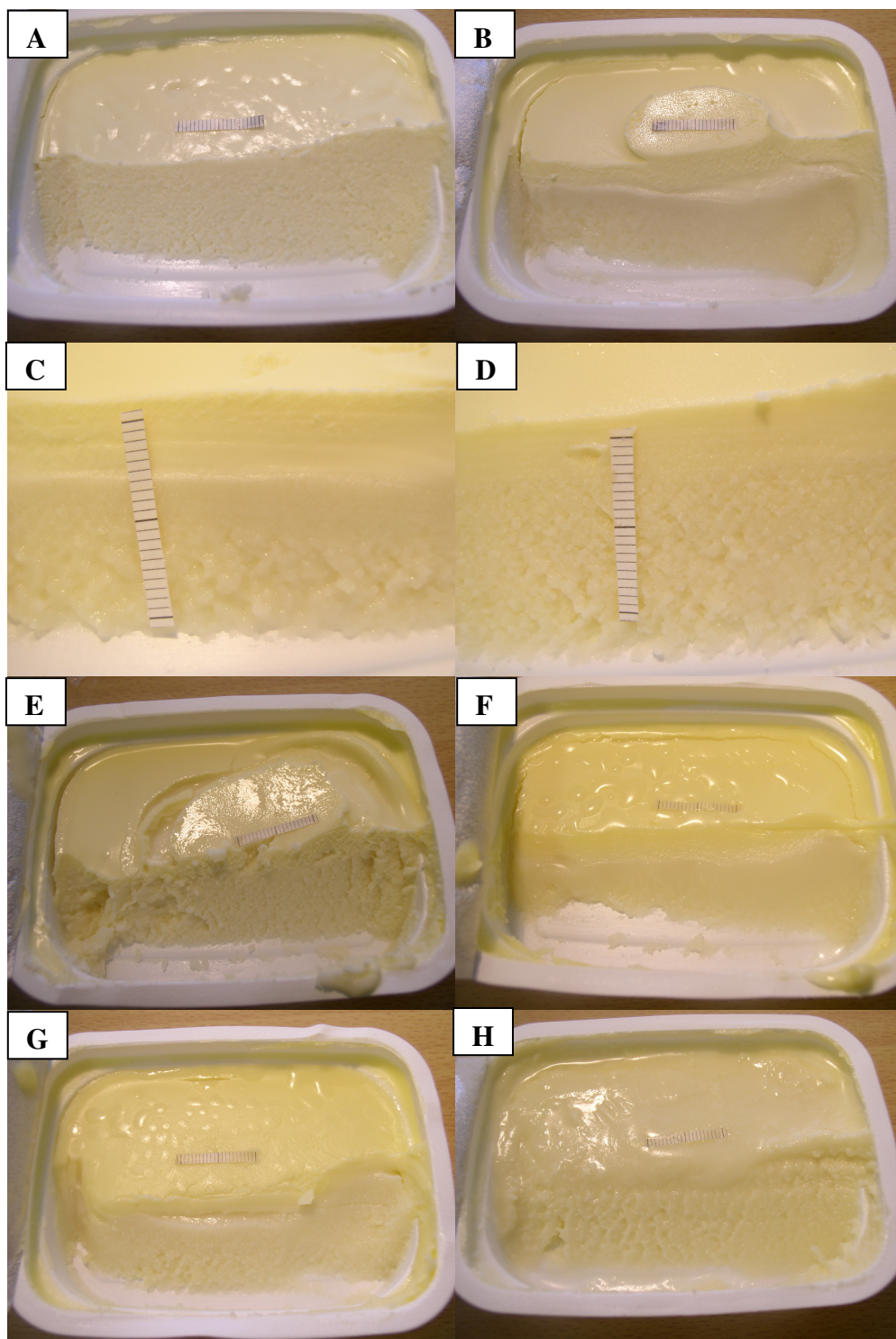
„*“ proveditelnost tavby ,

„+“ tavba se zdařila, „-“ tavba se nezdařila.

Na obr. 19A je zobrazen výrobek utavený z šestitýdenní suroviny za přídavku 1,0 % kyseliny adipové. Konzistence produktu byla homogenní. Povrch byl lesklý s mírnými deformacemi. Vzorek vykazoval krátkou strukturu.

Vzorek s obsahem 1,0 % kyseliny adipové v poměru s adipánem sodným 75:25 nebyl z použité suroviny o daném stupni zralosti utaven.

Konzistence ostatních vzorků téže koncentrace byla značně nehomogenní. Byly viditelné tři oddělené fáze. Výrobky jsou zobrazeny na Obr. 19B, Obr. 19C a Obr. 19D. U vzorku, který byl utaven pouze s adipánem sodným byla střední vrstva méně zřetelná.



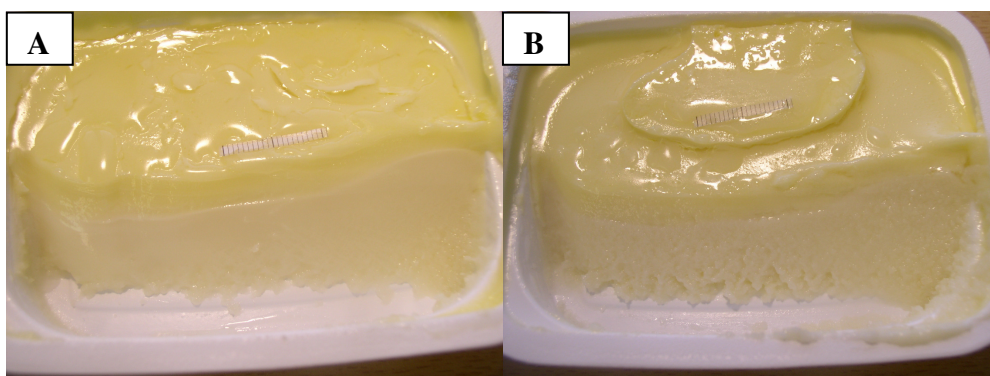
Obr. 19 Vzorčky utavené z šestitýdenní suroviny (1): A – 1,0 % poměr KA:AS 100:0, B – 1,0 % poměr KA:AS 50:50, C – 1,0 % poměr KA:AS 25:75, D – 1,0 % poměr KA:AS 0:100, E – 1,5 % poměr KA:AS 75:25, F - 1,5 % poměr KA:AS 25:75, G – 1,5 % poměr KA:AS 0:100, H – 2,0 % poměr KA:AS 100:0.

Vzorek s obsahem 1,5 % kyseliny adipové v poměru s adipanem sodným 100:0 a 50:50 nebyl z šestitýdenní eidamské cihly utaven. Na Obr. 19E je vzorek utavený za přídavku 1,5 % kyseliny adipové s adipanem sodným v poměru 75:25. Konzistence byla nehomogenní. Bylo pozorováno rozfázování do tří vrstev s výraznou dolní fází krátké struktury. Povrch byl lesklý ale deformovaný. Z celkového pohledu i přes popsané nedostatky se tento produkt jevil jako nejlepší ze všech výrobků utavených při téže koncentraci.

Prakticky totožné z hlediska konzistence byly vzorky s obsahem 1,5 % kyseliny adipové v poměru s adipanem sodným 25:75 a 0:100. Nehomogenní charakter těchto výrobků byl maximalizován rezervoáry uvolněné vody. Vzorky jsou uvedeny na Obr. 19F a Obr. 19G.

Značně rozbředlou konzistencí se vyznačoval vzorek s obsahem 2,0 % kyseliny adipové. Ten je zobrazen na Obr. 19H. Hmota výrobku byla krupičkovitá. Voda byla nejvíce lokalizována v horní vrstvě.

Vzorky s obsahem 2,0 % kyseliny adipové v poměru s adipanem sodným 75:25 a 50:50 se z použité suroviny nepodařilo utavit. Na Obr. 20A je vzorek utavený za přídavku 2,0 % kyseliny adipové v poměru s její sodnou solí 25:75. Následující Obr. 20B zobrazuje vzorek téže koncentrace obsahující pouze adipan sodný. Konzistence obou vzorků byla nehomogenní. Bylo možno pozorovat tři oddělené vrstvy. Na horní intenzivně žluté tukové vrstvě byla zkondenzována voda. V porovnání s produktem obsahujícím pouze kyselinu byly tužší.



Obr. 20 Vzorky utavené z šestitýdenní suroviny (2): A – 2,0 % poměr KA:AS 25:75, B – 2,0 % poměr KA:AS 0:100.

7.2.5 Série vzorků vyrobených z eidamské cihly ve stáří 8 týdnů

Tab. 12 Přehled vzorků s naměřenými hodnotami pH vyrobených z 8 týdnů zralé suroviny

KA : AS	Koncentrace kyseliny adipové					
	1 % (w/w)		1,5 % (w/w)		2 % (w/w)	
	*	pH ($\pm 0,01$)	*	pH ($\pm 0,01$)	*	pH ($\pm 0,01$)
100:0	+	4,74	-	4,61	+	4,47
75:25	-	N	+	4,81	-	4,71
50:50	+	N	+	5,03	-	4,97
25:75	+	5,38	+	5,34	+	5,32
0:100	+	5,73	+	5,77	+	5,84

Vysvětlení označení:

„*“ proveditelnost tavy ,

„+“ tavba se zdařila, „-“ tavba se nezdařila.

Vzorek utavený z eidamské cihly o zralosti osm týdnů s 1,0 % kyselinou adipovou je zobrazen na Obr. 21A. Celkově byl hodnocen jako rozbředlý s nehomogenní konzistencí. Patrný byly tři oddělené vrstvy. Spodní vrstva krátké struktury byla z rozpoznávaných fází nejvyšší. Na povrchu výrobku byla uvolněná voda.

Zjevně tužší konzistenci vykazovaly produkty utavené za přídatku 1,0 % koncentrace kyseliny adipové s její solí v poměru 25:75 a 0:100. U výrobku s poměrem 25:75 (Obr. 21B) byla uvolněná voda v porovnání se sýrovým produktem utaveným za přídatku 1,0 % kyseliny adipové lépe zapracována do hmoty. Vzorek obsahující pouze adipan (Obr. 21C) přestože byl nehomogenní ložiska volné vody neobsahoval.

Vzorky z osmitýdenní suroviny za přídatku 1,0 % směsi kyseliny adipové a adipanu sodného v poměru 75:25 a 50:50 se utavit nezdařilo.

Na Obr. 21D je zobrazen produkt utavený s 1,5 % kyselinou adipovou. U tohoto vzorku byly pozorovány stejné konzistenční rysy jako u výrobku s obsahem 1,0 % kyseliny adipové. Napohled se jevil rozbředlý s krupičkovitou konzistencí. Patrný byly dvě oddělené fáze, z nichž horní vykazovala polotekutý zrnitý charakter. Značné množství uvolněné vody bylo pozorováno u produktu s téže koncentrací o poměru látek 75:25 (Obr. 21E). Nesourodá struktura sýru byla tvořena směsí tukové a vodné fáze bez známek emulgate. Pod nimi se

nacházela silná vrstva krátké struktura a krupičkovité konzistence. Ani u vzorku utaveného za přídavku 1,5 % kyseliny adipové v poměru s adipánem sodným 50:50 (Obr. 21F) se nepodařilo dosáhnout homogenní konzistence. Pod výrazně žlutou horní tukovou vrstvou byly lokalizovány polotekutá střední vrstva s trhající se zónou krátké struktury. Obdobně se jevil vzorek s poměrem 25:75 s tím rozdílem, že tuková vrstva v horní části byla o poznání světlejší. Tento produkt je na Obr. 21G.

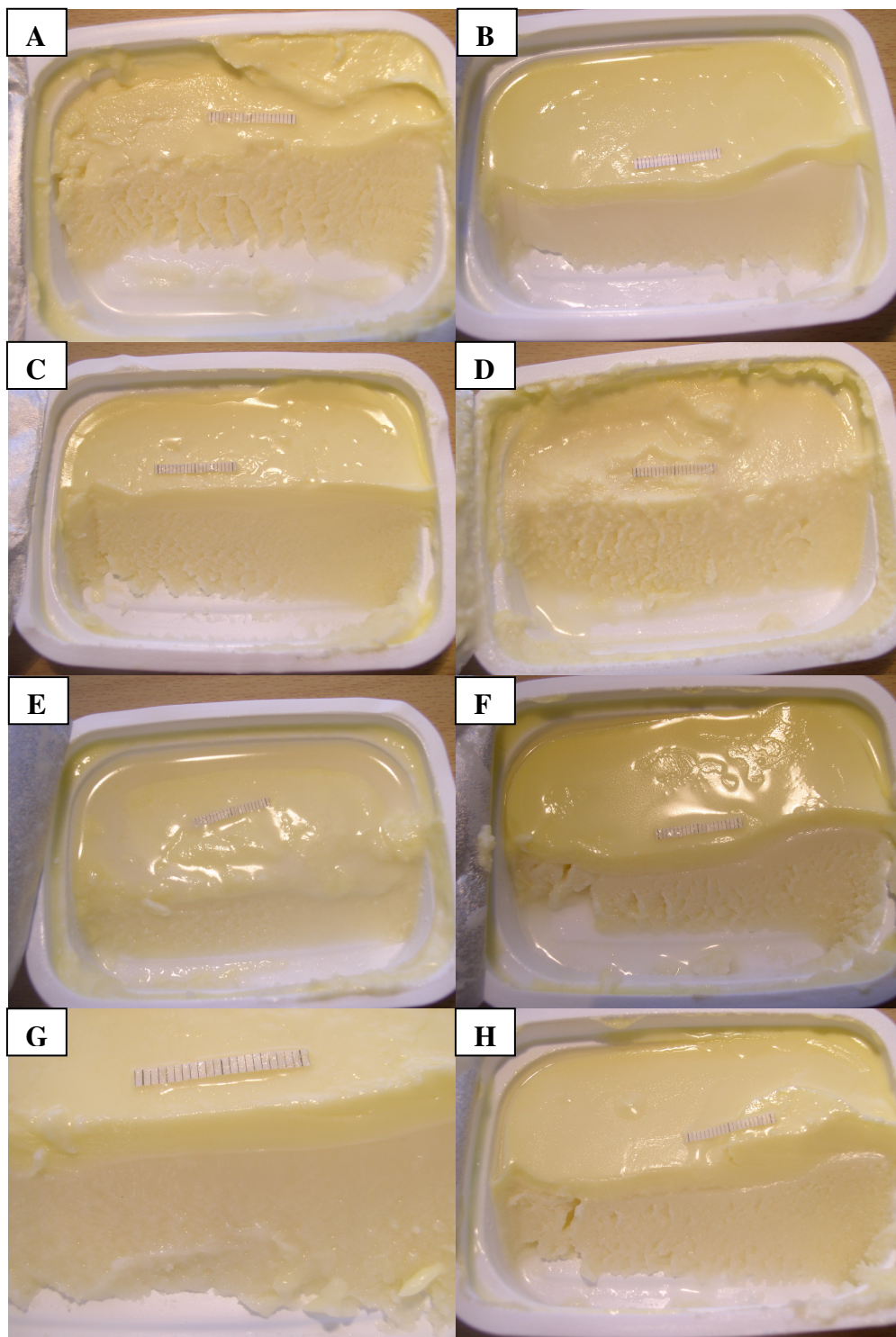
Vzorek utavený s 1,5 % adipánem sodným je na Obr. 21H. Nehomogenní byl díky třífázovému odsazení struktury. Na horní měkkou fázi navazovala polotekutá a drobná vrstva.

Na Obr. 22A je zobrazen sýrový výrobek utavený za přídavku 2,0 % kyseliny adipové. Celkově se jevil jako rozbředlý zvláště v horní části. Dolní vrstva byla zřetelně tužší a krátká.

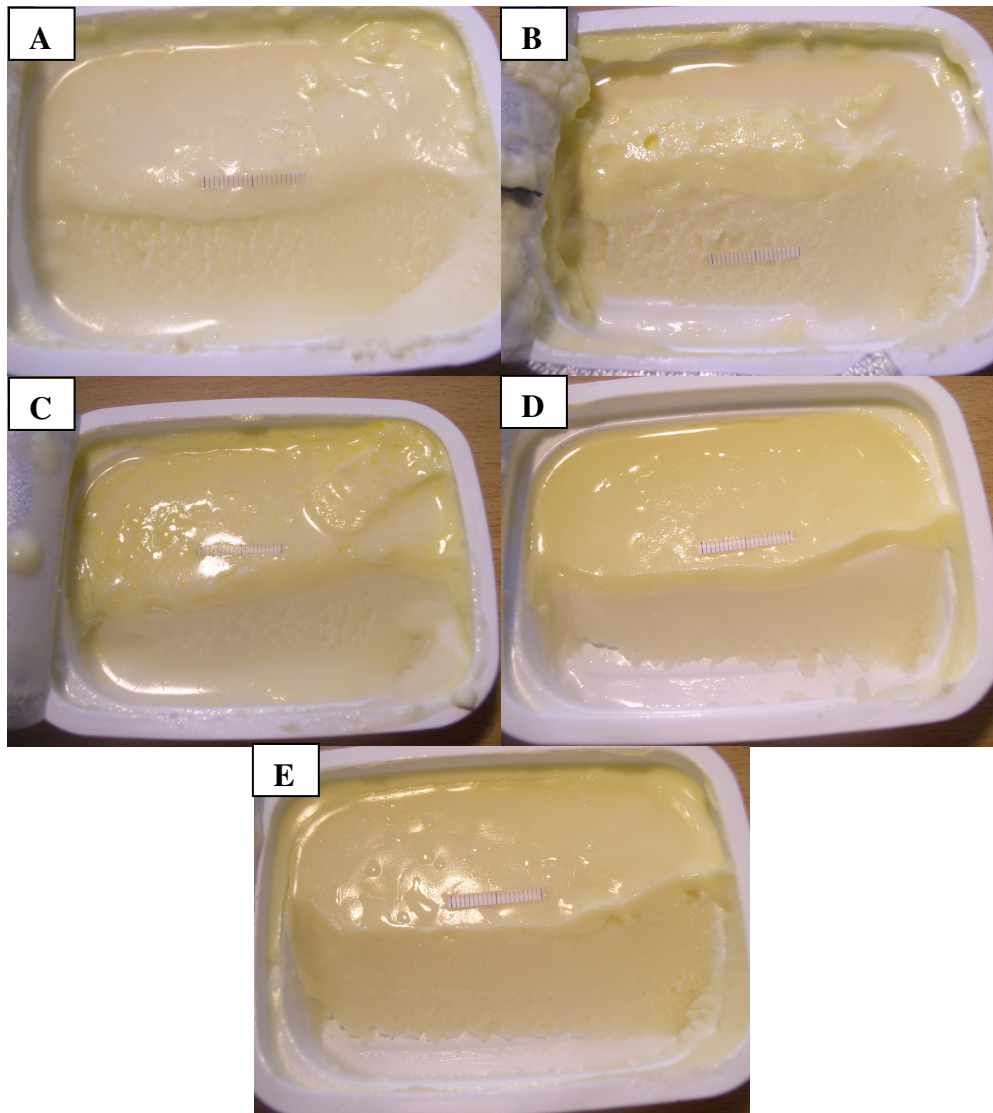
Značné množství deemulgované vody bylo pozorováno také u produktu s poměrem 75:25 a 50:50. Ty jsou zobrazeny na Obr. 22B a Obr. 22C. Na pohled byly podstatně tekutější než předešlý vzorek. V případě produktu s poměrem 75:25 byla dolní fáze krupičkovitá. Zbýlé dvě vrstvy byly nespojené a díky řídké konzistenci nesoudržné. U vzorku s poměrem 50:50 byla patrná roztékavá konzistence. Ze všech vzorků této série nejvíce uvolňoval vodu.

V porovnání s předešlými vzorky ze série utavené za přídavku 2,0 % směsi aplikovaných látek byl produkt s poměrem 25:75 na Obr. 22D o poznání tužší. Při hodnocení konzistence bylo ale pozorováno rozsazení na tři nesourodé vrstvy.

Jako nejlepší ze vzorků utavených z osmitýdenní suroviny za přídavku přídatných látek o koncentraci 2,0 % byl hodnocen produkt obsahující pouze adipán sodný. Je zobrazen na Obr. 22E. Vzorek vykazoval homogenní charakter s mírnými konzistenčními nedostatky. Povrch byl lesklý, hladký s několika nepatrnými ložisky deemulgované vody.



Obr. 21 Vzorky utavené z osmítýdenní suroviny (1): A – 1,0 % poměr KA:AS 100:0, B – 1,0 % poměr KA:AS 25:75, C – 1,0 % poměr KA:AS 0:100, D – 1,5 % poměr KA:AS 100:0, E – 1,5 % poměr KA:AS 75:25, F – 1,5 % poměr KA:AS 50:50, G – 1,5 % poměr KA:AS 25:75, H – 1,5 % poměr KA:AS 100:0.



Obr. 22 Vzorčky utavené z osmitýdenní suroviny (2): A – 2,0 % poměr KA:AS 100:0, B – 2,0 % poměr KA:AS 75:25, C – 2,0 % poměr KA:AS 50:50, D – 2,0 % poměr KA:AS 25:75, E – 2,0 % poměr KA:AS 0:100.

7.3 Diskuze

K získání jemné a homogenní struktury tavených sýrů bez separace vody a tuku je nutný přídavek látek, které působí jako emulgační činidla. Jsou to substance, jež stimulují přirozené emulgační schopnosti přítomné proteinové matrice. K těmto účelům se ve většině případů využívají tavicí soli, nejčastěji fosforečnanového typu [3]. Vysoký příjem fosforu, který plyne z nadměrného používání fosfátových aditiv je spojován s nízkou biovyžitelností vápníku. Poměr vápníku k fosforu je ve významné korelaci s minerálním obsahem

v lidských kostech [71]. Náhradou fosforečnanových tavicích solí lze eliminovat vznik hůře vstřebatelného fosfátu vápníku a pravděpodobně normalizovat absorpci vápníku v zažívacím traktu [9]. Problematikou substituce tradičních tavicích solí se zabývalo již několik prací. Autoři Černíková et al. [70], Pluta et al. [72], Schäffer et al. [11] s úspěchem použili při výrobě tavených výrobků hydrokoloidy (zejména pektin a karagenany). Uspokojivých výsledků bylo dosaženo částečnou náhradou tavicích solí monoacylglyceroly [3] nebo parciálně hydrolyzovaným kaseinem [73]. Smith a Rivera [74] dosáhli homogenní konzistence utavených modelových vzorků prostřednictvím použití kaseinu s redukováným obsahem vápníku. Hladká et al. [45] se pokusili nahradit tavicí soli zástupci homologické řady dikarboxylových kyselin.

Substancí jenž náleží mezi dikarboxylové kyseliny a vyznačuje se relativně vysokou afinitou k vápenatým iontům je kyselina adipová. Jako chelatační činidlo je schopna vyvázat divalentní ionty vápníku z prostředí [51]. Prokázána byla rovněž její interakce s makromolekulami proteinů [68]. Na základě těchto vlastností je možno očekávat účinky obdobné aplikaci tradičních tavicích solí. Kyselina adipová a její soli (adipan sodný, adipan draselný) jsou pro potravinářské účely legislativně povolené regulátory pH [27]. Aplikace těchto látek při výrobě tavených sýrů nebyla dosud českým legislativním rámcem popsána. Zahraniční literatura uvádí blíže nespecifikované využití kyseliny adipové pro zlepšení charakteristik tavicího procesu [53]. Prozkoumání konkrétních možností náhrady tradičních tavicích solí prostřednictvím kyseliny adipové a adipanu sodného bylo realizováno ve dvou etapách: experiment I a experiment II.

V experimentu I. byl sledován primární účinek různých koncentrací a poměrů kyseliny adipové a její sodné soli na kaseinovou matici suroviny. Kontrolní vzorky utavené s použitím fosforečnanových tavicích solí byly v rámci všech sérií homogenní struktury, roztíratelné konzistence s lesklým a celistvým povrchem. Hodnota pH kontrolních vzorků byla v rozmezí 5,61 – 5,73. S kyselinou adipovou bylo utaveno všech pět použitých koncentrací. Aplikací směsi kyseliny adipové a její sodné soli v poměru 75:25 se zdařilo utavit pouze koncentrace 1,5 %, 2 % a 3 % (w/w). V případě směsi přídatných látek v poměru 50:50 byly tavby realizovány při koncentraci 1 %, 2 % a 3 % (w/w). Jestliže ve směsi převládal adipan sodný (poměr 25:75) nebyla utavena pouze jedna koncentrace. Při použití samotného adipanu sodného byly utaveny tři koncentrace. Z utavených sýrových výrobků s přídavkem 1,0 % směsi přídatných látek byly makroskopicky homogenní produkty

s poměrem 25:75 a 0:100. Jejich struktura a konzistence byla totožná s kontrolními vzorky. U 1,5 % směsi tyto vlastnosti vykazoval pouze vzorek s poměrem 25:75. Tyto tavené sýrové výrobky se vyznačovaly roztíratelnou konzistencí s hladkou a spojitou texturou. V případě přísad samotné kyseliny adipové v rámci všech koncentrací byl získán rovněž homogenní charakter ale s mírnými konzistenčními rozdíly. Jejich konzistence byla ve většině případů blátivá a struktura značně krátká. Obdobné účinky byly prokázány i u vzorků utavených se směsí KA a AS v poměru 50:50 (2,5 %) a 75:25 (3,0 %). Jako nejlepší z hlediska homogenity výrobku i konzistenčních vlastností byly hodnoceny vzorky utavené s 1,0 % koncentrací v poměru aplikovaných látek 25:75, 0:100 a s 1,5 % koncentrací v poměru 25:75. Průměrná hodnota pH těchto výrobků byla díky převaze soli použité dikarboxylové kyseliny $5,55 \pm 0,01$. V případě produktů vykazujících známky homogenity s negativně hodnocenými konzistenčními vlastnostmi byl pozorován pokles pH do oblasti hodnot 4,29 – 4,97. Tato skutečnost podporuje závěry, že pH tavených sýrů má výrazný účinek na jejich reologické vlastnosti. Optimální hodnota pH by se měla pohybovat v rozmezí 5,6 – 5,9. Při pH výrazně nižším je výrobek tuhý s krátkou a drolivou strukturou. Jsou – li naopak optimální hodnoty pH překročeny lze očekávat výrobky měkké se sklonem k roztékání [5]. Výrazná nehomogenost s patrnou deemulgací byla zaznamenána u produktů jejichž průměrná hodnota pH byla $4,62 \pm 0,01$. Marchesseau et al. [25] uvádí, že poklesem pH k izoelektrickému bodu kaseinového komplexu může nastat agregace proteinové matrice, která je doprovázena uvolněním vody a tuku.

Koncentrace přídatných látek s jejichž použitím byly získány makroskopicky homogenní produkty v první fázi studie se stali předmětem dalšího zkoumání v experimentu II. Směs kyseliny adipové a adipanu sodného byla v experimentu II. dávkována v koncentracích 1,0; 1,5 a 2,0 (w/w). Vzhledem k tomu, že v experimentu I. byla k výrobě použita eidamská cihla o různém stupni zralosti (1 – 3 měsíce) nebylo možno jednoznačně určit účinky použitých přídatných látek na kaseinovou matici přírodních sýrů. Zrací pokus vycházel z předpokladu, že použitím suroviny o přesně známém stupni zralosti lze do jisté míry ovlivnit proveditelnost tavby a homogenost výrobku [16]. Realizován byl v průběhu dvou měsíců z jeden až osm týdnů staré suroviny.

Použitím eidamské cihly o stáří jeden týden byla utavena celá série aplikovaných koncentrací a procentuálních poměrů zkoumaných látek. Za těchto podmínek však nebylo dosaženo v žádném z přísad požadované homogenity na makroskopické úrovni. Po dvou týde-

nech prozrání suroviny se zdařilo realizovat rovněž všechny tavby. V rámci této série byly homogenní produkty utavené s koncentrací přídatných látek 1,0 % v poměru 100:0 a 75:25 a 2,0 % koncentrací v poměru 100:0. V rámci série vzorků vyrobených z čtyřtýdenní eidamské cihly byly makroskopicky homogenní výrobky získané za přídavku 1,5 % směsi aplikovaných látek s procentuálním poměrem 100:0 a 75:25. Ve srovnání s jednotýdenní a dvoutýdenní surovinou se nezdařilo utavit produkty s 1,0 % poměrem 50:50 a 2,0 % směsí s poměrem 25:75. Maximum neúspěšných taveb bylo zaznamenáno v případě použití suroviny zralé šest týdnů. Přestože produkt z dvoutýdenní suroviny s obsahem 1,0 % směsi v poměru 75:25 byl homogenní, použitím syru zralého šest týdnů nebylo možno tavbu realizovat. Podobná situace byla patrná srovnáním s čtyřtýdenní surovinou v případě 1,5 % směsi v poměru 100:0. Utavit se rovněž nezdařilo vzorky s 1,5 % poměrem látek 50:50 a 2,0 % poměrem 50:50 a 25:75. V předcházejících sériích se surovinou mladší šesti týdnů byly tavby s těmito koncentracemi a procentuálními poměry uskutečněny, ale nebylo dosaženo požadované homogenity produktu na makroskopické úrovni. Z osmitýdenní eidamské cihly nebyly utaveny vzorky s 1,0 % kyselinou adipovou v poměru s adipanem sodným 75:25 a 50:50. Použitím této suroviny bylo v rámci všech zkoumaných sérií poprvé dosaženo homogenního charakteru s 2 % adipanem sodným.

Na základě výsledků z experimentu II. lze konstatovat, že proveditelnost tavby s danou koncentrací a poměrem aplikovaných látek se stala funkcí zralosti suroviny. Toto tvrzení je však platné pouze do šesti týdnů zralosti přírodního syru. V případě homogenity výrobku tato úměra již není natolik jednoznačná. Nejvíce homogenních produktů bylo získáno použitím dvoutýdenní a čtyřtýdenní eidamské cihly. Při srovnání experimentu I. a II. byla homogenita na makroskopické úrovni dosažena ve většině případů s koncentrací přídatných látek 1,0 a 1,5 %. Aplikací směsi zkoumaných látek s převahou adipanu sodného byly získány homogenní výrobky s požadovanou konzistencí. Při převaze kyseliny adipové zůstala homogenita zachována ale byly pozorovány konzistenční nedostatky.

ZÁVĚR

Kyselina adipová a její soli se v potravinářském průmyslu využívají jako přídatné látky upravující pH a chuť potravin. Jsou to organické ligandy, které se vyznačují schopností utvářet s divalentními ionty vápníku poměrně stabilní komplexy. Prostřednictvím negativně nabitého karboxylu se účastní interakce s makromolekulami proteinů. Z těchto obecných charakteristik vyplývá potenciální možnost alternativního využití kyseliny adipové a jejích solí jako náhrady tradičních tavicích solí. Cílem této diplomové práce bylo zjistit, zda je možné vyrobit makroskopicky homogenní tavené výrobky bez tavicích solí aplikací různých koncentrací a poměrů kyseliny adipové a adipanu sodného.

Ze získaných výsledků při hodnocení modelových vzorků tavených výrobků s obsahem sušiny 40 % a 50 % (w/w) obsahem tuku v sušině bylo možno vyvodit tyto závěry:

- Při sledování účinku kyseliny adipové a adipanu sodného na kaseinovou matici sýra bylo zjištěno, že s rostoucím poměrem adipanu sodného v aplikované směsi se významně stabilizovalo pH výrobku a zlepšila se jeho konzistence.
- Vzorky utavené s kyselinou adipovou byly v rámci všech aplikovaných koncentrací homogenní, ale díky výraznému poklesu pH vykazovali mírné konzistenční defekty.
- Nejlepší vlastnosti z hlediska homogenity i konzistence byly v experimentu I. pozorovány u vzorků utavených s 1,0 % koncentrací v poměru látek 25:75, 0:100 a s 1,5 % koncentrací v poměru 25:75. Průměrná hodnota pH těchto výrobků byla $5,55 \pm 0,01$.
- Použitím eidamské cihly zralé jeden až osm týdnů v experimentu II. bylo shledáno, že proveditelnost tavy s danou koncentrací a poměrem aplikovaných látek je funkcí zralosti suroviny. Limitní byla zralost šest týdnů, kdy bylo naopak zaznamenáno nejvíce neúspěšných taveb.
- Maximální množství tavených sýrových výrobků homogenního charakteru bylo získáno použitím dvoutýdenní a čtyřtýdenní suroviny.
- Homogenní tavený výrobek lze očekávat při aplikaci 1,0 % a 1,5 % koncentrace kyseliny adipové v poměru s adipanem sodným 100:0, 25:75 a 0:100. K výrobě by měla být využita eidamská cihla zralá dva až čtyři týdny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PAVELKA, A. *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. Brno: Littera, 1996. 105 s. ISBN 80-85763-09-5.
- [2] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje (v platném znění).
- [3] GUINEE, T. P., CARIĆ, M., KALÁB, M. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol.2. New York: Elsevier Applied Science, 2004. s. 349 – 394.
- [4] FOX, P. F., MCSWEENEY, P. L.H., COGAN, T. M., GUINEE, T. P. *Fundamentals of Cheese Science*. Heidelberg: Springer Verlag, 2000. 638 s. ISBN 978-0-8342-1260-2.
- [5] CORREDIG, M. *Dairy Derived Ingredients - Food and Nutraceutical Uses*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2009. 738 s. ISBN 978-1-84569-465-4.
- [6] *Tetra Pak Processing systems: Dairy processing handbook* [online]. 1995 - [cit. 2010-04-02]. Dostupný z WWW: < <http://www.scribd.com/doc/DAIRYPH>>.
- [7] HRABĚ, J., BŘEZINA, P., VALÁŠEK, P. *Technologie výroby potravin živočišného původu*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2006. 180 s. ISBN: 80-7318-405-2.
- [8] GLASS, K., DOYLE, E. Safety of processed cheese. In *Food Research Institute*. Madison: University of Wisconsin, 2005. s. 1 – 8.
- [9] DOSTÁLOVÁ, J., ČURDA, L. Význam tavených sýrů ve výživě. In *Výživa a potraviny - Zpravodaj pro školní stravování*. Praha: Výživaservis s. r. o., 2010. s. 29 – 30.
- [10] HLADKÁ, K., BUŇKA, F., JEDLIČKOVÁ, L., PACHLOVÁ, V., KRÁČMAR, S. Kyselina adipová a její sůl při produkci tavených sýrových výrobků. In *Potravinářstvo*, roč. 4. 2010. s. 152 – 155.
- [11] SCHÄFFER, B., SZAKÁLY, S., LÖRINCZY, D. Processed cheese made with and without peptization. In *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, roč. 64. 2001. s. 671-679.

- [12] NOVÁK, V., BUŇKA, F. *Základy ekonomiky výživy*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2005. 119 s. ISBN 80-7318-262-9.
- [13] IBURG, A. *Lexikon sýrů*. Praha: Rebo Productions, 2004. s. 20 – 21. ISBN 80-7234-379-3.
- [14] WONG, P.; JENNESS, R.; KEENEY, M.; MARTH, H. *Fundamentals of Dairy chemistry*. 2 ed. Heidelberg: Springer Verlag, 1999. 779 s. ISBN 978-0-8342-1360-9.
- [15] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., KRÁČMAR, S. Vybrané hydrokoloidy a emulgátory ve výrobě tavených sýrů. In *Acta fytotechnica et zootechnica*. Nitra: Slovaca Universitas Agriculturae, 2009. s. 69 – 78.
- [16] FRANCIS, F. J. *Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology*. 2 ed. John Wiley & Sons, 1999. 2816 s., ISBN 978-0-471-19285-5.
- [17] GUINEE, T.P., O'KENNEDY, B. T. The effect of calcium content of Cheddar-style cheese on the biochemical and rheological properties of processed cheese. In *Dairy Science Technologie*. 2009. s. 317 – 333.
- [18] ROGINSKI, H., FUQUAY, J. W., FOX, P. F. Pasteurized processed cheese products. In *Encyclopedia of Dairy Science*, Vol. 1. London: Elsevier Science, 2003. s. 411-418.
- [19] PHILLIPS, G. O., WILLIAMS, P. A. *Handbook of hydrocolloids*. Boca Raton: CRC Press. 2000.
- [20] International Commission on Microbiological Specification for Foods. *Microorganisms in foods 6*. 2 ed. New York: Kluwer Academic, 2005. 763 s. ISBN 0-306-48675-X.
- [21] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. In *Potravinářská revue*. roč. 1, 2009. s. 13 – 16.
- [22] MOLINS, R.A. *Phosphates in food*. Boca Raton: CRC Press, 1991. 261 s. ISBN 0-8493-4588-X

- [23] DRDÁK, M., STUDNICKÝ, J., MÓROVÁ, E., KAROVIČOVÁ, J. *Základy potravinářských technologií*. Bratislava: Malé centrum, 1996. 512 s. ISBN 80-967064-1-1.
- [24] FOX, P. F., MCSWEENEY, P. L. H. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer Verlag, 1998. 478 s. ISBN 978-0-412-72000-0.
- [25] ČEPIČKA, J. *Obecná potravinářská technologie*. Praha: VŠCHT, 2001. 246 s. ISBN 80-7080-239-1.
- [26] WALSTRA, P., WOUTERS, J. T. M., GEURTS, T. J. *Dairy science and technology*. 2 ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. s. 738 – 739.
- [27] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin (v platném znění).
- [28] KRATOCHVÍL, M. POTÁČEK, M., ŠIBOR, J., *Principy a modely organické chemie*. 1.vyd. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 2004. 704 s. ISBN: 80-210-3512-9.
- [29] SARZANINI, C., BRUZZONITI, M. C., HAJO, P. Effect of stationary phase hydrophobicity and mobile phase composition on the separation of carboxylic acids in ion chromatography. In *Department of Analytical Chemistry*. Turin: University of Torino, 1999. s. 1.
- [30] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ J. *Chemie potravin*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1983. 632 s.
- [31] SVOBODA, J. *Organická chemie I*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2005. 310 s. ISBN 80-7080-561-7.
- [32] MCMURRY, J. *Organická chemie*. Brno: VUT, 2007. 1176 s. ISBN: 978-80-214-3291-8.
- [33] KLÁSEK, A. *Organická chemie*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2006. 112 s. ISBN: 80-7318-483-4.
- [34] LEWIS, R. J. *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*. 15 ed. John Wiley & Sons, 2007. 1383 s. ISBN 978-0-471-76865-4.

- [35] BLOCH, D. R. *Organic chemistry demystified*. USA: The McGraw-Hill Companies, 2006. 551 s. ISBN 0-07-145920-0.
- [36] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin II*. 1.vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 304 s. ISBN 80-902391-4-5.
- [37] BETTELHEIM, F. A., BROWN, W. H., CAMPBELL, M. K., FARRELL, S. O. *Introduction to general, organic and biochemistry*. 9 ed. USA: Brooks/Cole, 2010. 839 s. ISBN 978-0-495-39112-8.
- [38] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin III*. 1.vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 342 s. ISBN 80-902391-5-3.
- [39] The Codex Alimentarius Commission. *Codex Alimentarius*. USA: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009. 3452 s.
- [40] International Food Information Service. *Dictionary of Food Science and Technology*. 2 ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2009. 488 s. ISBN 978-0-86014-186-0.
- [41] STELLMAN, M. J. *Encyclopedia of occupational health and safety*. Vol. 4. London: Geneva, 1998. 906 s. ISBN 92-2-109814-1.
- [42] SIVASANKER, B. *Food processing and preservation*. 3 ed. New Delhi: Prentice Hall, 2005. 464 s. ISBN 81-203-2086-7.
- [43] PRAPAIPONG, P., SHOCK, E.L., 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. In *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1999. s. 2547-2577.
- [44] FLEMING, D. E., VAN BRONSWIJK, W., RYALL, R. L. A comparative study of the adsorption of amino acids on to calcium minerals found in renal calculi. In *Clinical Science*. Medical Research society, 2001. s. 159 – 168.
- [45] HLADKÁ, K., BUŇKA, F., PACHLOVÁ, V., VOJTÍŠKOVÁ, P., KOSIBOVÁ, N., KRÁČMAR, S. Využití některých dikarboxylových kyselin jako možné náhrady tavících solí. In *Potravinářstvo*, roč. 1. 2009. s. 13 – 15.

- [46] CAPUTO, G., ADAMI, R., REVERCHON, E. Supercritical Fluid Crystallization of Adipic Acid Using Urea as Habit Modifier. In *American Chemical Society*, Vol. 8. 2008. s. 2707-2715.
- [47] BURDOC, G. A. *Encyclopedia of food and color additives*. Vol. 1. Boca Raton: CRC Press, 1997. s. 49 – 52. ISBN 0-8493-9416-3.
- [48] O'NEIL, M. J. *The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*. 14 ed. Darmstadt: Merc KgaA, 2006. 2564 s.
- [49] MAO, Z., SUN, X., LUAN, X., WANG, Y., LIU, G. Measurement and Correlation of Solubilities of Adipic Acid in Different Solvents. In *Chinese Journal of Chemical Engineering*. Vol. 17. 2009. s. 473-477.
- [50] HROCH, Z., PROKOPOVÁ, I. Stanovení kyseliny adipové v průběhu její polykondenzace s 1,4-diaminobutanem. In *Chemické listy*. č. 99. Praha: VŠCHT, 2005. s. 817 – 820.
- [51] THIRUNAKARAN, R., KIM, K. T., KANG, Y. M., SEO, CH. Y., YOUNG-LEE, J. Adipic acid assisted, sol-gel route for synthesis of $\text{LiCr}_x\text{Mn}_{2-x}\text{O}_4$ cathode material. In *Journal of Power Sources*. Vol.137. 2004. s. 100-104.
- [52] WYPYCH, G. *Handbook of plasticizers*. Toronto: ChemTec Publishing, 2004. 687 s. ISBN 978-1-895198-29-4.
- [53] SMITH, J., HONG-SHUM, L. *Food additives data book*. Oxford: Blackwell Publishing, 2003. 1016 s. ISBN 978-0-632-06395-6.
- [54] SHIMIZU, A., TANAKA, K., FUJIMORI, M. Abatement technologies for N_2O emissions in the adipic acid industry. In *Chemosphere Global Change Science*. Vol. 2. 2000. s. 425 – 434.
- [55] DESHPANDE, S. S. *Handbook of food toxicology*. New York: Marcel Dekker Inc., 2002. 903 s. ISBN 0-8247-0760-5.
- [56] BINGHAM, E., COHRSEN, B., POWELL, CH. *Patty's toxicology*. John Wiley & Sons, 2001. 880 s. ISBN 0-4713-1943-0.
- [57] DAVIDSON, P. M., SOFOS, J. N., BRANEN, A. L. *Antimicrobials in food*. Boca Raton: CRC Press, 2005. 706 s. ISBN 0-8247-4037-8.

- [58] ROBINSON, R. K. *Encyclopedia of food microbiology*. Vol. 1-3. Elsevier, 2000. 2405 s. ISBN 978-0-12-227070-3.
- [59] MOHAMED, A. M., ANTIA, H. E. *Geoenviromental engineering*. Elsevier, 1998. 737 s. ISBN 978-0-444-89847-0.
- [60] *Uživatelská příručka Syntrony – Komplexotvorné přípravky* [online]. [cit. 2010-01-02]. Dostupný z WWW:<<http://www.draslovka.cz/data/File/SyntronyUP.pdf>>.
- [61] MITROFANOVA, G.V. Complexation of Calcium Ions with Dicarboxylic Acids in Aqueous Solution. In *Russian Journal of Applied Chemistry*, roč. 75. 2002. s. 712-714.
- [62] SICREE, A.A., BARNES, H.L. 1996. Upper Mississippi Valley district ore fluid model: the role of organic complexes. In *Ore Geology Reviews*, roč. 11. 1996. s. 105 - 131.
- [63] TING-KUO FEE, G., JIAN-GING CH. Saturated linear dicarboxylic acids as chelating agents for the sol-gel synthesis of $\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,2}\text{O}_2$. In *Materials Chemistry and Physics*. Elsevier, 2003. s. 246 – 255.
- [64] ROZAINI, M. Z. H., BRIMBLECOMBLE, P. The solubility measurements of sodium dicarboxylate salts; sodium oxalate, malonate, succinate, glutarate, and adipate in water from $T = (279.15 \text{ to } 358.15) \text{ K}$. In *Journal of Chemical Thermodynamics*, roč. 41. Elsevier, 2009. s. 980 – 983.
- [65] RAHMANA, M. B., ZAIDAN, U. H., BASRI, M., HUSSEIN, M. Z., RAHMANB, R. N., SALLEH, A. B. Enzymatic synthesis of methyl adipate ester using lipase from *Candida rugosa* immobilised on Mg, Zn and Ni of layered double hydroxides (LDHs). In *Journal of molecular catalysis*. Elsevier, 2008. s. 33 – 39.
- [66] SAHOO, P., ADARSH, N., CHACKO, G. E., RAGHAVAN, S. R., PURANIK, V. G. Combinatorial Library of Primaryalkylammonium Dicarboxylate Gelators: A Supramolecular Synthron Approach. In *American Chemical Society*. 2009. s. 8742 – 8750.

- [67] PARAYIL, K. A., LEE, J. Y. Carboxyl terminated dendrimer-coated bioactive interference for protein microarray: High – sensitivity detection of antigen in complex biological. In *Langmuir*. 2007. s. 123 – 128.
- [68] XIANGYANG, W., CHUANG-CHUN, L., BUNDLE, D. A New Homobifunctional p-Nitro Phenyl Ester Coupling Reagent for the Preparation of Neoglycoproteins. In *Organic Letters*, Vol. 6. 2004. s. 4407 – 4410.
- [69] ATKINS, T. W. Fabrication of microcapsules using poly(ethylene adipate) and a blend of poly(ethylene adipate) with poly(hydroxy valerate):incorporation and release of bovine serum albumin. In *Biomaterials*, roč. 18. Elsevier, 1996. s. 173 – 180.
- [70] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., POSPIECH, M., TREMLOVÁ, B., HLADKÁ, K., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. In *International Dairy Journal*, č. 20. Elsevier, 2010. s. 336 – 343.
- [71] SAX, L. Dietní referenční příjem pro fosfor. In *Mlékařské listy*, č. 115. Praha: Výzkumný ústav mlékařský, 2009. s. 31 – 37.
- [72] PLUTA, A., ZIARNO, M., SMOLINSKA, A. Możliwości zastowania hydrokolidów w produkcji serów topionych. In *Przemysł Spożywczy*. 2000. s. 42 – 44.
- [73] KWAK, H.S., CHOI, S.S., AHN, J., LEE, S.W. Casein hydrolysate fraction act as emulsifiers in process cheese. In *Journal of Food Science*, roč. 67. 2002. s. 821-825.
- [74] SMITH, G. F., RIVERA, E. G. Processed Cheese Without Emulsifying Salts. Patent in *Kraft Foods Global Brands LLC*. 2009.
- [75] MARCHESSEAU, S., GASTALDI, E., LAGAÚDE, A., CUQ, J.L. 1997. Influence of pH on Protein Interaction and Microstructure of Process Cheese. In *Journal of Dairy Science*, roč. 80. 1997. s. 1483-1489.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AS	Adipan sodný.
FDA	Food and Drug Administration – Úřad pro kontrolu potravin a léčiv.
GRAS	Generally recognized as safe – Všeobecně považováno za bezpečné.
+I	Kladný indukivní efekt.
-I	Záporný indukivní efekt.
KA	Kyselina adipová.
K_a	Rovnovážná disociační konstanta.
K_s	Konstanta stability chelátů.
NPM	Nejvyšší přípustné meze.
TPS	Tukuprostá sušina.
TVS	Tuk v sušině.
WTO	World Trade Organization – Světová obchodní organizace.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vznik parakaseinu sodného při tavení [16].	18
Obr. 2 Struktura karboxylové funkční skupiny [34].	25
Obr. 3 Chemický vzorec kyseliny adipové [48].	30
Obr. 4 Reakční schéma přípravy kyseliny adipové oxidací cyklohexanonu [54].	31
Obr. 5 Reakční schéma přípravy kyseliny adipové oxidací cyklohexanolu [54].	31
Obr. 6 Kontrolní vzorek utavený v experimentu I. za přídavku fosforečnanových tavicích solí	46
Obr. 7 Vzorky utavené s koncentrací 1,0 % v experimentu I.	47
Obr. 8 Vzorky utavené s koncentrací 1,5 % v experimentu I.	48
Obr. 9 Vzorky utavené s koncentrací 2,0 % v experimentu I.	49
Obr. 10 Vzorky utavené s koncentrací 2,5 % v experimentu I.	50
Obr. 11 Vzorky utavené s koncentrací 3,0 % v experimentu I.	51
Obr. 12 Kontrolní vzorky utavené v experimentu II. za přídavku fosforečnanových tavicích solí a karagenanu	53
Obr. 13 Vzorky utavené z jednotýdenní suroviny (1)	55
Obr. 14 Vzorky utavené z jednotýdenní suroviny (2)	57
Obr. 15 Vzorky utavené z dvoutýdenní suroviny (1)	59
Obr. 16 Vzorky utavené z dvoutýdenní suroviny (2)	61
Obr. 17 Vzorky utavené z čtyřtýdenní suroviny (1)	63
Obr. 18 Vzorky utavené z čtyřtýdenní suroviny (2)	64
Obr. 19 Vzorky utavené z šestitýdenní suroviny (1)	66
Obr. 20 Vzorky utavené z šestitýdenní suroviny (2)	67
Obr. 21 Vzorky utavené z osmitýdenní suroviny (1)	70
Obr. 22 Vzorky utavené z osmitýdenní suroviny (2)	71

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Souhrnná charakteristika kyseliny adipové [53].	32
Tab. 2 Nejvyšší přípustné meze použití kyseliny adipové a jejích solí v potravinách dle české legislativy [27].	33
Tab. 3 Povolené množství omezující použití kyseliny adipové a jejích solí dle zahraniční literatury (vztaženo na 1 kg výrobku) [53].	33
Tab. 4 Hygienické limity aplikace povolených regulátorů kyselosti při výrobě fermentovaného mléka [39].	34
Tab. 5 Série zkoumaných koncentrací a procentuálních poměrů KA a AS v experimentu I.	45
Tab. 6 Proveditelnost taveb u jednotlivých vzorků tavených sýrových výrobků s naměřenými hodnotami pH vyrobených v experimentu I.	46
Tab. 7 Série zkoumaných koncentrací a procentuálních poměrů KA a AS v experimentu II.	52
Tab. 8 Přehled vzorků s naměřenými hodnotami pH vyrobených z 1 týden zralé suroviny	53
Tab. 9 Přehled vzorků s naměřenými hodnotami pH vyrobených z 2 týdny zralé suroviny	58
Tab. 10 Přehled vzorků s naměřenými hodnotami pH vyrobených z 4 týdny zralé suroviny	62
Tab. 11 Přehled vzorků s naměřenými hodnotami pH vyrobených z 6 týdnů zralé suroviny	65
Tab. 12 Přehled vzorků s naměřenými hodnotami pH vyrobených z 8 týdnů zralé suroviny	68

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Surovinové skladby pro kontrolní vzorky a jednotlivé procentuální poměry 1,0 % směsi kyseliny adipové a adipanu sodného.
- P II Surovinové skladby pro jednotlivé procentuální poměry 1,5 % směsi kyseliny adipové a adipanu sodného.
- P III Surovinové skladby pro jednotlivé procentuální poměry 2,0 % směsi kyseliny adipové a adipanu sodného.
- P IV Surovinové skladby pro jednotlivé procentuální poměry 2,5 % směsi kyseliny adipové a adipanu sodného.
- P V Surovinové skladby pro jednotlivé procentuální poměry 3,0 % směsi kyseliny adipové a adipanu sodného.
- P VI Článek publikovaný v časopise Potravinářstvo

PŘÍLOHA P I: SUROVINOVÉ SKLADBY PRO KONTROLNÍ VZORKY A JEDNOTLIVÉ PROCENTUÁLNÍ POMĚRY 1,0 % SMĚSI KYSELINY ADIPOVÉ A ADIPANU SODNÉHO

<i>Kontrolní vzorek s 2,0 % směsí fosforečnanových tavicích solí</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3500
Máslo	0,1100
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2250

<i>Kontrolní vzorek s 1,0 % karagenanem</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3700
Máslo	0,1030
Pitná voda	0,2150
κ-karagenan	0,0070

<i>Vzorek taveného výrobku s 1,0 % poměrem KA:AS 100:0</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3700
Máslo	0,1030
Pitná voda	0,2150
Kyselina adipová	0,0070
Adípan sodný	0,0000

<i>Vzorek taveného výrobku s 1,0 % poměrem KA:AS 75:25</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3700
Máslo	0,1030
Pitná voda	0,2150
Kyselina adipová	0,0053
Adípan sodný	0,0018

<i>Vzorek taveného výrobku s 1,0 % poměrem KA:AS 50:50</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3700
Máslo	0,1030
Pitná voda	0,2150
Kyselina adipová	0,0035
Adípan sodný	0,0035

<i>Vzorek taveného výrobku s 1,0 % poměrem KA:AS 25:75</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3700
Máslo	0,1030
Pitná voda	0,2150
Kyselina adipová	0,0018
Adípan sodný	0,0053

<i>Vzorek taveného výrobku s 1,0 % poměrem KA:AS 0:100</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3700
Máslo	0,1030
Pitná voda	0,2150
Kyselina adipová	0,0000
Adípan sodný	0,0070

**PŘÍLOHA P II: SUROVINOVÉ SKLADBY PRO JEDNOTLIVÉ
PROCENTUÁLNÍ POMĚRY 1,5 % SMĚSI KYSELINY ADIPOVÉ A
ADIPANU SODNÉHO**

<i>Vzorek taveného výrobku s 1,5 % poměrem KA:AS 100:0</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3700
Máslo	0,1050
Pitná voda	0,2100
Kyselina adipová	0,0105
Adípan sodný	0,0000

<i>Vzorek taveného výrobku s 1,5 % po- měrem KA:AS 75:25</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3700
Máslo	0,1050
Pitná voda	0,2100
Kyselina adipová	0,0079
Adípan sodný	0,0026

<i>Vzorek taveného výrobku s 1,5 % poměrem KA:AS 50:50</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3700
Máslo	0,1050
Pitná voda	0,2100
Kyselina adipová	0,0053
Adípan sodný	0,0053

<i>Vzorek taveného výrobku s 1,5 % poměrem KA:AS 25:75</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3700
Máslo	0,1050
Pitná voda	0,2100
Kyselina adipová	0,0026
Adípan sodný	0,0079

<i>Vzorek taveného výrobku s 1,5 % poměrem KA:AS 0:100</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3700
Máslo	0,1050
Pitná voda	0,2100
Kyselina adipová	0,0000
Adípan sodný	0,0105

**PŘÍLOHA P III: SUROVINOVÉ SKLADBY PRO JEDNOTLIVÉ
PROCENTUÁLNÍ POMĚRY 2,0 % SMĚSI KYSELINY ADIPOVÉ A
ADIPANU SODNÉHO**

<i>Vzorek taveného výrobku s 2,0 % poměrem KA:AS 100:0</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3600
Máslo	0,1080
Pitná voda	0,2200
Kyselina adipová	0,0140
Adípan sodný	0,0000

<i>Vzorek taveného výrobku s 2,0 % poměrem KA:AS 75:25</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3600
Máslo	0,1080
Pitná voda	0,2200
Kyselina adipová	0,0105
Adípan sodný	0,0035

<i>Vzorek taveného výrobku s 2,0 % poměrem KA:AS 50:50</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3600
Máslo	0,1080
Pitná voda	0,2200
Kyselina adipová	0,0070
Adípan sodný	0,0070

<i>Vzorek taveného výrobku s 2,0 % poměrem KA:AS 25:75</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3600
Máslo	0,1080
Pitná voda	0,2200
Kyselina adipová	0,0035
Adípan sodný	0,0105

<i>Vzorek taveného výrobku s 2,0 % poměrem KA:AS 0:100</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3600
Máslo	0,1080
Pitná voda	0,2200
Kyselina adipová	0,0000
Adípan sodný	0,0140

**PŘÍLOHA P IV: SUROVINOVÉ SKLADBY PRO JEDNOTLIVÉ
PROCENTUÁLNÍ POMĚRY 2,5 % SMĚSI KYSELINY ADIPOVÉ A
ADIPANU SODNÉHO**

<i>Vzorek taveného výrobku s 2,5 % poměrem KA:AS 100:0</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3600
Máslo	0,0880
Pitná voda	0,2300
Kyselina adipová	0,0175
Adípan sodný	0,0000

<i>Vzorek taveného výrobku s 2,5 % poměrem KA:AS 75:25</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3600
Máslo	0,0880
Pitná voda	0,2300
Kyselina adipová	0,0131
Adípan sodný	0,0044

<i>Vzorek taveného výrobku s 2,5 % poměrem KA:AS 50:50</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3600
Máslo	0,0880
Pitná voda	0,2300
Kyselina adipová	0,0088
Adípan sodný	0,0088

<i>Vzorek taveného výrobku s 2,5 % poměrem KA:AS 25:75</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3600
Máslo	0,0880
Pitná voda	0,2300
Kyselina adipová	0,0044
Adípan sodný	0,0131

<i>Vzorek taveného výrobku s 2,5 % poměrem KA:AS 0:100</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3600
Máslo	0,0880
Pitná voda	0,2300
Kyselina adipová	0,0000
Adípan sodný	0,0175

**PŘÍLOHA P V: SUROVINOVÉ SKLADBY PRO JEDNOTLIVÉ
PROCENTUÁLNÍ POMĚRY 3,0 % SMĚSI KYSELINY ADIPOVÉ A
ADIPANU SODNÉHO**

<i>Vzorek taveného výrobku s 3,0 % poměrem KA:AS 100:0</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3400
Máslo	0,0950
Pitná voda	0,2400
Kyselina adipová	0,0210
Adipan sodný	0,0000

<i>Vzorek taveného výrobku s 3,0 % poměrem KA:AS 75:25</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3400
Máslo	0,0950
Pitná voda	0,2400
Kyselina adipová	0,0158
Adipan sodný	0,0053

<i>Vzorek taveného výrobku s 3,0 % poměrem KA:AS 50:50</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3400
Máslo	0,0950
Pitná voda	0,2400
Kyselina adipová	0,0105
Adipan sodný	0,0105

<i>Vzorek taveného výrobku s 3,0 % poměrem KA:AS 25:75</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3400
Máslo	0,0950
Pitná voda	0,2400
Kyselina adipová	0,0053
Adipan sodný	0,0158

<i>Vzorek taveného výrobku s 3,0 % poměrem KA:AS 0:100</i>	
Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30%	0,3400
Máslo	0,0950
Pitná voda	0,2400
Kyselina adipová	0,0000
Adipan sodný	0,0210

**PŘÍLOHA P VI: ČLÁNEK PUBLIKOVANÝ V ČASOPISE
POTRAVINÁRSTVO**

**KYSELINA ADIPOVÁ A JEJÍ SŮL PŘI PRODUKCI TAVENÝCH SÝROVÝCH VÝROBKŮ
POSSIBILITIES OF USE OF ADIPIC ACID AND ITS SODIUM SALT FOR SUBSTITUTION
OF TRADITIONAL EMULSIFYING AGENTS IN PROCESSED CHEESE**

Kristýna Hladká, František Buňka, Lenka Jedličková, Vendula Pachlová, Stanislav Kráčmar

ABSTRACT

The work dealt with replacing phosphate emulsifying agents by adipic acid and its sodium salt. Processed cheese is a source of calcium. A ratio of calcium and phosphorus can be up to 1:1.8-3.5. The optimal ratio is 1:1 because calcium is inhibited by redundant phosphorus in small intestine. Substitution of emulsifying salts may lead to higher absorption of calcium. Control samples received addition of 2.5 % (w/w) traditional emulsifying agents. Model processed cheese samples were assessed by sensory analysis after 14 days. Samples without emulsifying agents should be macroscopic homogeneous. Value of pH has influence on properties of the final product. pH was measured 14 days after processing. The sample with 1 % (w/w) sodium adipate was assessed as the best sample which was macroscopic homogeneous with pH 5.8.

Key words: processed cheese, emulsifying agent, adipic acid, sodium adipate, calcium

ÚVOD

Tavené sýry jsou vyráběny zahříváním surovinové směsi za částečného podtlaku a stálého míchání, než je dosažena homogenní hmota požadovaných vlastností (konzistence od pevné, lomivé, přes snadno roztíratelnou až po tekutou). Základní suroviny jsou: přírodní sýr, který může být v různém stupni prozrálosti, tavicí soli, tuk, voda (Carić, Kaláb, 1997). Proces výroby tavených sýrů má dvě hlavní funkce: jsou umožněny fyzikálně-chemické změny transformující surovinovou směs na stabilní konečný produkt požadovaných vlastností a usmrcení vegetativních forem mikroorganismů, nikoliv spor (Guinee, Carić, Kaláb, 2004). Homogenní struktura tavených sýrů během tavicího procesu je utvářena v přítomnosti tavicích solí. Jejich základní rolí je upravit prostředí v surovinové směsi tak, aby přítomné proteiny uplatnily přirozené emulgační schopnosti (Awad et al., 2002; Mizuno, Lucey, 2005). Vápník je odstraňován z proteinového systému, kaseiny jsou peptizovány, hydratovány, bobtnány a dochází k jejich rozptýlení. Tuk je emulgován do stabilní emulze, pH je stabilizováno (Carić, Kaláb, 1997; Fox et al., 2000; Awad et al., 2002). Nejčastěji jsou jako tavicí soli používány monomery a lineární polymery fosforečnanů, ortofosforečnany, pyrofosforečnany a citrany, které mají vysokou afinitu k vápenatým iontům. Obvykle tvoří 2-3 % hmotnosti surovinové skladby (Molins, 1991; Anonym, 2002).

Působením vyšších teplot (70-90 °C) na surovinovou směs bez tavicích solí by došlo k vzniku heterogenní gumovité hmoty. Docházelo by ke shlukování tukových kuliček způsobeného destrukcí membrán na jejich povrchu. Dále by působením nízkých hodnot pH a vysoké teploty došlo k agregaci a kontrakci kaseinových frakcí. Vznikla by porézní matrice, která není schopná stabilizovat tuk a vodu (Guinee, Carić, Kaláb, 2004). Při zahřívání tavicí směsi bez tavicích solí, lze tedy předpokládat oddělení hydrofobní a hydrofilní fáze (Guinee, 2003).

Tavený sýr je potenciálním zdrojem vápníku, který je v lidském těle vstřebáván aktivním transportem (převážně v duodenu a horních částech ilea) a pasivní difuzí (v celém tenkém střevě, zejména v ileu; malé množství se vstřebává v tlustém střevě). Při užití fosforečnanových tavicích solí při výrobě tavených sýrů je do lidského těla přijímán spolu s vápníkem i fosfor. K výživě člověka je udáván jako ideální poměr vápníku a fosforu 1:1. V tavených sýrech je tento poměr 1:1,8-3,5. Přebytečným fosforem je vstřebávání vápenatých iontů pasivní difuzí v trávicím traktu blokováno, jelikož je vytvořen hůře vstřebatelný komplex vápníku a fosforu (Guéguen, Pointillart, 2000; Ganong, 2001; Schäffer et al., 1999, 2001; Heaney, Nordin, 2002). Náhradou fosforečnanových tavicích solí, látkou tvořící lépe štěpitelnou vazbu s vápníkem, by mohla být absorpce vápníku z tavených sýrů

v lidském střevě pravděpodobně zvýšena. V tavených sýrových výrobcích by byl pravděpodobně zachován poměr vápníku a fosforu přírodního sýra, tedy 1:0,72 (Schäffer et al., 1999, 2001).

Některé publikované práce se náhradou tavicích solí již zabývaly. Jako náhrady tavicích solí byly použity dikarboxylové kyseliny (Hladká et al., 2009), pektiny (Černíková et al., 2007), karagenany (Černíková et al., 2008). K částečné náhradě byly použity monoacylglyceroly (Carić, Kaláb, 1997), částečně hydrolyzovaný kasein k náhradě 50 % tavicích solí (Kwak et al., 2002).

Z obecných charakteristik kyseliny adipové vyplývá, že by mohla být látkou vhodnou k použití jako náhrady tradičních tavicích solí fosforečnanového typu. Kyselina adipová je s čtyřmi $-CH_2-$ skupinami mezi dvěma COOH skupinami řazena mezi dikarboxylové kyseliny, které jsou schopny tvořit sloučeniny s kovovými ionty i s ligandy (Kang, Amarasiriwardena, Xing, 2008). Může být použita jako chelatační činidlo, jelikož je schopná navázat vápenaté ionty z prostředí (Sicree, Barnes, 1996; Prapaipong, Shock, Koretsky, 1999; Mitrofanova, 2002; Thirunakaran et al., 2004; Fey et al., 2004; Stratford, 1999). Využití našla v potravinářském průmyslu jako přídatná látka ovlivňující pH. Je také používána například při výrobě plastů, meziproduktů v medicíně a barviv (Caputo, Adami, Reverchon, 2008; Mao et al., 2009). Kyselina adipová může reagovat se zásadami nebo solemi za vzniku adipanu (Mao et al., 2009). Adipan sodný je v potravinářství používán pro schopnost upravovat pH a chuť potravin. Kyselina adipová i adipan sodný jsou látky v České republice povolené pro přidávání do potravin (Anonym, 2008).

Cílem práce bylo prozkoumat možnosti náhrady tradičních tavicích solí fosforečnanového typu kyselinou adipovou a adipanem sodným. Výsledný produkt by měl být v této fázi projektu homogenní na makroskopické úrovni.

MATERIÁL A METODIKA

Tavené sýrové výrobky byly vyrobeny s obsahem sušiny 40 % (w/w) a 50 % (w/w) tuku v sušině. Surovinová směs se skládala z následujících složek: eidamská cihla (s obsahem sušiny 50 % (w/w) a tuku v sušině 30 % (w/w)), rostlinný tuk (s obsahem 100 % nasycených mastných kyselin), pitná voda, přídatné látky (fosforečnanové tavicí soli nebo definované směsi kyseliny adipové a její sodné soli). Tradiční fosforečnanové tavicí soli (JOHA HBS, JOHA S4SS a SOLVA 495 - BK Landenburg, Germany) v koncentraci 2,5 % (w/w) byly přidávány u tzv. kontrolních vzorků bez kyseliny adipové a adipanu sodného (disodná sůl). Jako náhrady tavicích solí při výrobě tavených sýrů byly použity: kyselina adipová (Sigma Aldrich, Inc., St. Louis, USA) a adipan sodný (Dr. Paul Lohmann GmbH KG, Germany) v procentuálních poměrech 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 a 0:100. Směs byla přidávána v odpovídajícím poměru v koncentracích 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 a 3,0 % (w/w) surovinové skladby. Všechny přídatné látky byly použity v práškové formě.

Výrobky byly taveny na přístroji Vorwerk Thermomix TM 31-1 (Vorwerk & Co. Thermomix; GmbH, Wuppertal, Germany). Použita byla tavicí teplota 90 °C po dobu 1 minuty, 4000 otáček/min. Tavenina byla nalita do 100 g polystyrénových vaniček, uzavřena, zchlazena (do 2 hodin) a skladována v lednici při teplotě 6 ± 2 °C. Po 14 dnech proběhlo senzorické hodnocení vzorků v panelu pěti školených posuzovatelů na úrovni expert (Anonym, 1999). Pomocí sedmi bodové stupnice byly hodnoceny senzorické znaky: vzhled, konzistence a homogennost výrobků. Vyhodnocení senzorické analýzy bylo provedeno pomocí mediánu. Ve stejný den bylo měřeno pH výrobků při teplotě 24 ± 1 °C. K měření pH byl použit vpichový pH-metr Sper (Eutech Instruments, Oakton, Malaysia).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Kontrolní vzorky utavené s použitím tradičních fosforečnanových tavicích solí byly vždy homogenní, lesklé, hladké struktury, roztíratelné konzistence. Jejich průměrná hodnota pH byla $5,71 \pm 0,02$. Byla zhodnocena proveditelnost taveb u vzorků tavených bez použití tradičních tavicích solí a výsledky jsou uvedeny v tabulce 1. Přehled výsledků senzorické analýzy je uveden v tabulce 2.

V případě tavy pouze s kyselinou adipovou se podařilo utavit všech 5 použitých koncentrací. V případě směsi kyseliny adipové a adipanu sodného v poměru 75:25 byly utaveny 3 koncentrace,

v poměru 50:50 se utavily 2 koncentrace, v poměru 25:75 se podařily utavit 4 koncentrace. Pokud byl použit pouze adipan sodný, pak byly utaveny 3 koncentrace.

Tabulka 1 Proveditelnost taveb u jednotlivých typů sýrových produktů a pH měřené po 14 dnech při 24±1 °C

kyselina adipová : adipan sodný	pH*									
	1 % (w/w)		1,5 % (w/w)		2 % (w/w)		2,5 % (w/w)		3 % (w/w)	
100:0	+++	4,82±0,01	+	4,67±0,01	+	4,56±0,01	+	4,34±0,01	+	4,29±0,01
75:25	-	N***	+	4,87±0,01	+	4,79±0,01	-	N	+	4,59±0,01
50:50	-	N	+	5,11±0,01	-	N	+	4,97±0,01	-	N
25:75	+	5,46±0,01	+	5,41±0,01	+	5,38±0,01	-	N	+	5,26±0,01
0:100	+	5,78±0,01	-	N	-	N	+	5,92±0,01	+	5,99±0,01

Vysvětlení označení:

* průměr ± S.D. (n=3)

** „+“ vzorek byl utaven; „-“ vzorek byl neutaven

*** N - vzorek nebyl hodnocen (tavba nebyla proveditelná)

Tabulka 2 Výsledky senzoričké analýzy utavených sýrových výrobků

1 % (w/w)	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
H	2	N	N	1	1
K	6	N	N	4	4
1,5 % (w/w)	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
H	2	7	7	1	N
K	5	5	4	3	N
2 % (w/w)	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
H	2	6	N	6	N
K	4	6	N	6	N
2,5 % (w/w)	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
H	2	N	3	N	6
K	4	N	5	N	6
3 % (w/w)	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
H	2	2	N	7	6
K	5	5	N	6	5

Vysvětlení označení:

H - homogennost výrobku (1 - homogenní výrobek, 7 - zcela nehomogenní výrobek)

K - konzistence výrobku (1 - velmi tuhý výrobek, 7 - měkký rozbředlý výrobek)

N - vzorek nebyl hodnocen (tavba nebyla proveditelná)

Utavené směsi s přísávkou 1,0 % kyseliny adipové a adipanu sodného byly při nalévání do polystyrénových vaniček velmi řídké konzistence v porovnání s kontrolním vzorkem. Nezdánilo se utavit procentuální poměry kyseliny adipové a adipanu sodného 75:25, 50:50. Sýrové výrobky s poměry 100:0, 25:75 a 0:100 se jevily homogenní na makroskopické úrovni. Vzorek 100:0 byl blátivé konzistence, krátké struktury; výrobky 25:75 a 0:100 byly mazlavé, roztíratelné konzistence, hladké struktury. Vzorky s přísávkou 1,5 % kyseliny adipové a adipanu sodného byly při nalévání do vaniček řídké konzistence, tavenina s poměrem přídatných látek 25:75 byla mírně napěněná. Sýrové výrobky s poměry 100:0, 25:75 byly makroskopicky homogenní. Utavené vzorky 75:25; 50:50 byly nehomogenní se zřetelně oddělenými vrstvami, 50:50 byl tužší než 75:25. Výrobek 100:0 měl blátivou konzistenci, krátkou strukturu. Vzorek 25:75 byl těstovité konzistence, hladké struktury. Taveniny s přísávkou 2,0 % kyseliny adipové a adipanu sodného byly při nalévání do vaniček řídkší

v porovnaní s kontrolním vzorkem. Vzorek s poměrem 100:0 se jevil makroskopicky homogenní, krátké struktury. Sýrové výrobky s procentuálními poměry 75:25; 25:75 byly nehomogenní, špatně roztíratelné. Vzorky s přísávkou 2,5 % kyseliny adipové a adípanu sodného byly při nalévání do polystyrénových vaniček řídké konzistence, tavenina s poměrem 0:100 byla krupičkovitá a oddělovala se voda. Utavené výrobky s procentuálními poměry kyseliny adipové a adípanu sodného 100:0 a 50:50 se jevíly jako makroskopicky homogenní. Vzorek s poměrem 0:100 byl nehomogenní, drobné konzistence a nesoudržné struktury. Sýrový výrobek s poměrem 100:0 měl soudržnou strukturu a byl přijatelnější než vzorky s přísávkou 2,0 % kyseliny adipové a adípanu sodného. Utavený vzorek 50:50 byl drobné konzistence. Vyrobéné vzorky s přísávkou 3,0 % kyseliny adipové a adípanu sodného byly při nalévání do vaniček v porovnaní s kontrolním vzorkem řídké konzistence. Sýrové výrobky s procentuálními poměry 100:0, 75:25 se jevíly makroskopicky homogenní, byly drobné konzistence, krátké struktury. Utavené vzorky s poměry 25:75, 0:100 byly nehomogenní. Výrobek s poměrem 25:75 měl zřetelně oddělené dvě vrstvy, byl nesoudržné struktury. Sýrový vzorek s poměrem 0:100 byl blátivé konzistence.

Jako nejlépe se jevící vzorky byly zhodnoceny sýrové výrobky s přísávkou 1,0 % 0:100; 1,0 % 25:75; 1,5 % 25:75 (směsí s poměrem kyseliny adipové a adípanu sodného), jejichž hodnoty pH byly 5,78; respektive 5,46 a 5,41. Optimální rozmezí pH pro tavené sýry je 5,5-6,0 (Marchesseau et al., 1997; Lee, Klostermeyer, 2001). Pokud pH taveniny klesne výrazněji pod optimální hodnoty pH, pak lze očekávat výrobky spíše drobné s krátkou konzistencí. Podle Marchesseau et al. (1997) lze očekávat, že 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 makroskopicky působit nehomogenně.

ZÁVĚR

Sýrové výrobky byly utaveny s obsahem 40 % (w/w) sušiny a 50 % (w/w) tuku v sušině. U vzorků bez tradičních tavicích solí fosforečnanového typu byly použity koncentrace 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 a 3,0 % (w/w) kyseliny adipové a adípanu sodného, v procentuálních poměrech 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 a 0:100. U vyrobených vzorků byly sledovány senzoričké znaky: vzhled, konzistence, homogennost na makroskopické úrovni. Tyto znaky byly porovnány se senzoričkými znaky kontrolních vzorků, které byly vyrobeny s přísávkou 2,5 % (w/w) tradičních tavicích solí fosforečnanového typu. Nejlépe se jevíly vzorky s přísávkou (w/w) 1 %, 0:100; 1 %, 25:75 a 1,5 %, 25:75 kyseliny adipové a adípanu sodného. Vzorky se zdály homogenní na makroskopické úrovni.

Cílem dalších experimentů bude hledání optimálního poměru a koncentrace kyseliny adipové a adípanu sodného. Požadavek na výsledný výrobek bude homogennost na mikroskopické úrovni a lehce roztíratelná konzistence.

LITERATURA

- ANONYM, 1999. ČSN ISO 8586-2, Senzorická analýza - Obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti posuzovatelů - Část 2: Experti. Praha: český normalizační institut, 1999.
- ANONYM, 2002. *Processed cheese manufacture*. BK Giulini Chemie GmbH & Co. OHG, JOHA, 2002. 238 s.
- ANONYM, 2008. VYHLÁŠKA č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin, v platném znění.
- AWAD, R.A., ABDEL-HAMID, L.B., EL-SHABRAWY, S.A., SINGH, R.K. 2002. Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. In *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, roč. 35, 2002, s. 54-61.
- CAPUTO, G., ADAMI, R., REVERCHON, E. 2008. Supercritical Fluid Crystallization of Adipic Acid Using Urea as Habit Modifier. In *American Chemical Society*, roč. 8, 2008, s. 2707-2715.
- CARIĆ, M., KALÁB, M. 1997. Processed cheese products. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, roč. 2, 1997, s. 467-505.

- ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., HLADKÁ, K., BŘEZINA, P., HRABĚ, J. 2007. Využití pektinu při náhradě tavicích solí ve výrobě tavených sýrů. In *Zborník prác z medzinárodnej vedeckej konferencie Bezpečnosť a kontrola potravín 28.-29.3.2007*, Nitra: SPU, 2007. s. 267-270. ISBN 978-80-8069-861-4.
- ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P., HRABĚ, J., VALÁŠEK, P. 2008. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. In *Food Hydrocolloids*, roč. 22, 2008, s. 1054-1061.
- FEY, G.T.-K., CHEN, J.-G., WANG, Z.-F., YANG, H.Z., KUMAR, T.P. 2004. Saturated linear dicarboxylic acids as chelating agents for the sol-gel synthesis of $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$. In *Materials Chemistry and Physics*, roč. 87, 2004, s. 246-255.
- FOX, P.F., GUINEE, T.P., COGAN, T.M., McSWEENEY, P.L.H. 2000. Microbiology of Cheese ripening. *Fundamentals of Cheese Science*. Gaithersburg, Aspen Publishers, 2000, 638 p., ISBN 0-83-42-1260-9.
- GANONG, W.F. 2001. *Review of Medical Physiology*. ed. 20, McGraw-Hill Companies, 870 p., ISBN 80-7262-311-7.
- GUÉGUEN, L., POINTILLART, A. 2000. The Bioavailability of Dietary Calcium. In *Journal of the American College of Nutrition*, roč. 19, 2000, č. 2, s. 119-136.
- GUINEE, T.P. 2003. Pasteurized Processed Cheese Product. In *Encyclopedia of Dairy Science*, roč. 1, 2003, s. 411-418.
- GUINEE, T.P., CARIĆ, M., KALÁB, M. 2004. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, roč. 2, 2004, s. 349-394.
- HEANEY, R.P., NORDIN, B.E.C. 2002. Calcium Effects on Phosphorus Absorption: Implications for the Prevention and Co-Therapy of Osteoporosis. In *Journal of the American College of Nutrition*, roč. 21, 2002, č.3, s. 239-244.
- HLADKÁ, K., BUŇKA, F., PACHLOVÁ, V., VOJTÍŠKOVÁ, P., KOSIBOVÁ, N., KRÁČMAR, S. 2009. Možnosti využití dikarboxylových kyselin jako náhrady tavicích solí při výrobě tavených sýrů. In *Potravinárstvo*, roč. 1, 2009, s. 13-15. ISSN 1337-0960.
- KANG, S., AMARASIRIWARDENA, D., XING, B. 2008. Effect of dehydration on dicarboxylic acid coordination at goethite/water interface. In *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, roč. 318, 2008, s. 275-284.
- KWAK, H.S., CHOI, S.S., AHN, J., LEE, S.W. 2002. Casein hydrolysate fraction act as emulsifiers in process cheese. In *Journal of Food Science*, roč. 67, 2002, s. 821-825.
- LEE, S.K., KLOSTERMEYER, H. 2001. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. In *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, roč. 34, 2001, s. 288-292.
- MAO, Z., SUN, X., LUAN, X., WANG, Y., LIU, G. 2009. Measurement and Correlation of Solubilities of Adipic Acid in Different Solvents. In *Chinese Journal of Chemical Engineering*, roč. 17, 2009, č. 3, s. 473-477.
- MARCHESSEAU, S., GASTALDI, E., LAGAÚDE, A., CUQ, J.L. 1997. Influence of pH on Protein Interaction and Microstructure of Process Cheese. In *J. Dairy Sci.*, roč. 80, 1997, s. 1483-1489.
- MITROFANOVA, G.V. 2002. Complexation of Calcium Ions with Dicarboxylic Acids in Aqueous Solution. In *Russian Journal of Applied Chemistry*, roč. 75, 2002, č. 5, s. 712-714.
- MIZUNO, R., LUCEY, J.A. 2005. Effects of Emulsifying Salts on the Turbidity and Calcium-Phosphate-Protein Interactions in Casein Micelles. *J. Dairy Sci.*, 88, 2005. 3070-3078
- MOLINS, R.A. 1991. *Phosphates in food*. Boca Raton: CRS Press, 1991. 261 s. ISBN 0-8493-4588-X.
- PRAPAIPONG, P., SHOCK, E.L., KORETSKY, C.M. 1999. Metal-organic complexes in geochemical processes: Temperature dependence of the standard thermodynamic properties of aqueous complexes between metal cations and dicarboxylate ligands. In *Geochimica et Cosmochimica Acta*, roč. 63, 1999, č.17, s. 2547-2577.

- SICREE, A.A., BARNES, H.L. 1996. Upper Mississippi Valley district ore fluid model: the role of organic complexes. In *Ore Geology Reviews*, roč. 11, 1996, s. 105 - 131.
- SCHÄFFER, B., LÖRINCZY, D., BELÁGYI, J. 1999. DSC and Elektronmicroscopic Investigation of Dispersion-type Processed Cheeses made without peptization. In *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, roč. 56, 1999, s. 1211-1216.
- SCHÄFFER, B., SZAKÁLY, S., LÖRINCZY, D., SCHÄFFER, B. 2001. Processed cheeses made with and without peptization. In *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, roč. 64, 2001, s. 671 - 679.
- STRATFORD, M. 1999. Traditional Preservatives - Organic Acids. *Encyclopedia of Food Microbiology*, Elsevier, 1999, č. 3, 2373 s. ISBN 0-12-227070-3.
- THIRUNAKARAN, R., KIM, K.-T., KANG, Y.-M., SEO, CH.-Y., YOUNG-LEE, J. 2004. Adipic acid assisted, sol-gel route for synthesis of $\text{LiCr}_x\text{Mn}_{2-x}\text{O}_4$ cathode material. In *Journal of Power Sources*, roč.137, 2004, s. 100-104.

Acknowledgments

Tato práce vznikla za podpory MŠMT: MSM 7088352101

Corresponding address:

Ing. Kristýna Hladká, Ústav biochemie a analýzy potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, nám. T.G.Masaryka 275, 762 72 Zlín, E-mail: hladka@ft.utb.cz.

doc. Ing. František Buňka Ph.D., Ústav technologie a mikrobiologie potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, nám. T.G.Masaryka 275, 762 72 Zlín, E-mail: bunka@ft.utb.cz.

Bc. Lenka Jedličková, Ústav biochemie a analýzy potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, nám. T.G.Masaryka 275, 762 72 Zlín.

Ing. Vendula Pachlová, Ústav biochemie a analýzy potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, nám. T.G.Masaryka 275, 762 72 Zlín, E-mail: pachlova@ft.utb.cz.

prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc., Ústav biochemie a analýzy potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, nám. T.G.Masaryka 275, 762 72 Zlín, E-mail: kracmar@ft.utb.cz.