

# **Vliv aplikace alginátů na vybrané vlastnosti tavených sýrů**

Bc. Lucie Konečná

---

Diplomová práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav biochemie a analýzy potravin

akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lucie KONEČNÁ, DiS.**  
Osobní číslo: **T09544**  
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Vliv aplikace alginátů na vybrané vlastnosti tavených sýrů**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Stručná charakteristika tavených sýrů a úlohy tavicích solí během výroby tavených sýrů.
2. Charakteristika alginátů z hlediska jeho vlastností a interakcí.

### II. Praktická část

1. Realizace výroby modelových vzorků s různou koncentrací alginátu sodného (s přídavkem tavicích solí, bez přídavku tavicích solí).
2. Hodnocení vzorků zaměřená na proveditelnost tavy a sensorické posouzení.
3. Zhodnocení homogenity vzorků vyrobených bez přídavku tavicích solí.
4. Stanovení vybraných texturních parametrů modelových vzorků.
5. 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 Products. In Fox, P.H. (Ed.) Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. vol. 2, Major Cheese Groups. 3rd ed. London: Elsevier, 2004. 349–394. ISBN 0-1226-3653-8.
2. PHILLIPS, G.O., WILLIAMS, P.A. Handbook of Hydrocolloids. 2nd ed., Woodhead Publishing, 2009, 982 p., ISBN 978-1-61583-113-5.
3. ANDERSEN, I. L., SKIPNES, O., SMIDSRØD, O., ØSTGAARD, K., HEMMER, P. C. Some biological functions of matrix components in benthic algae in relation to their chemistry and the composition of seawater. ACS Symposium Series. 1997, vol. 48, 361–381.
4. PIGNOLET, L. H., WALDMAN, A. S., SCHECHINGER, L., GOVINDARAJOO, G., NOWICK, J. S., LABUZA, T. The Alginate Demonstration: Polymers, Food Science, and Ion Exchange. Journal of Chemical Education. 1998, vol. 75, 1430 p.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Kristýna Hladká**

Ústav biochemie a analýzy potravin

Datum zadání diplomové práce:

**25. února 2011**

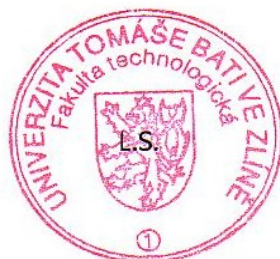
Termín odevzdání diplomové práce:

**20. května 2011**

Ve Zlíně dne 21. března 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: *Lucie Konečná*.....

Obor: *THEVP*.....

## 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 <sup>1)</sup>;
- 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 <sup>3)</sup> 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 *12.5.2011*.....

*[Signature]*  
.....

<sup>1)</sup> 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 nevýdělečně 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.

<sup>2)</sup> 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).

<sup>3)</sup> 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 výtěžku 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 přihlídně k výši výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem diplomové práce bylo posoudit vliv přídatku alginátů sodných na vybrané texturní vlastnosti tavených sýrů. Algináty se v potravinářství běžně používají jako zahušťovač, stabilizátory a látky upravující texturu. Byly použity tři výrobní druhy alginátu sodného o různých koncentracích. Tavení probíhalo za přídatku tavicích solí i bez nich. Hodnocení výsledného produktu byla zaměřena na proveditelnost tavy, vybrané texturní parametry (pevnost, lepivost, soudržnost) a senzorické posouzení.

Kromě toho byla sledována hodnota pH. Zkoumána byla rovněž homogenita vzorků vyrobených bez přídatku tavicích solí. Při senzorickém hodnocení se sledovalo kromě homogenity i vzhled a konzistence vyrobených vzorků taveného sýra. Výsledky ukazují, že přídatek alginátů má vliv zejména na pevnost a lepivost, v menší míře i na soudržnost vzorků taveného sýra. Účinek použitých druhů alginátů na texturní parametry a hodnotu pH je obdobný.

Klíčová slova: tavený sýr, alginát sodný, tavicí soli, texturní parametry

## **ABSTRACT**

The aim of the thesis was to determine the influence of addition alginates on selected textural properties into processed cheese. Alginates are widely used in food industry as thickeners, stabilizers and regulators of the texture. Three types of sodium alginates of various concentrations were used. Melting was conducted with both the addition of emulsifying agents and without them. Evaluation of the final product was focused on the feasibility of smelting, selected textural parameters (strength, adhesion, coherence) and sensory evaluation.

The pH-values of the samples were also carried out. The homogeneity of the samples made without addition of emulsifying agents was also studied. Apart from homogeneity, consistence and appearance of the processed cheese samples were observed through sensory evaluation. The results show that the alginates have impact mainly on the strength of stickiness and, to a lesser extent, the consistency of samples processed cheese. The effect of the types of alginate on texture parameters and the pH is similar.

Keywords: processed cheese, sodium alginate, emulsifying agents, textural parameters.

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

Kromě toho bych ráda poděkovala Ing. Gabriele Nagyové za cenné připomínky, a také všem, kteří se jakýmkoliv způsobem podíleli na uskutečnění této diplomové práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 TAVENÉ SÝRY</b> .....	<b>13</b>
1.1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ.....	13
1.1.1 Složení tavených sýrů.....	13
1.1.2 Dělení tavených sýrů.....	15
1.2 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ.....	16
1.3 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ.....	18
1.4 TAVICÍ SOLI.....	21
1.4.1 Procesy probíhající při tavení.....	21
1.4.2 Charakteristika tavicích solí.....	22
1.4.3 Úloha tavicích solí.....	23
<b>2 HYDROKOLOIDY</b> .....	<b>26</b>
<b>3 CHARAKTERISTIKA ALGINÁTŮ</b> .....	<b>27</b>
3.1 ZDROJE ALGINÁTŮ.....	27
3.2 STRUKTURA ALGINÁTŮ.....	28
3.3 VLASTNOSTI ALGINÁTŮ.....	30
3.3.1 Molekulová hmotnost.....	31
3.3.2 Tvorba gelu.....	31
3.3.3 Rozpustnost a srážení.....	32
3.3.4 Viskozita.....	33
3.3.5 Stabilita.....	33
3.4 VÝROBA ALGINÁTŮ.....	35
3.5 REAKCE ALGINÁTŮ S VÁPENATÝMI IONTY A PROTEINY.....	36
3.6 POUŽITÍ ALGINÁTŮ.....	40
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>42</b>
<b>4 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>44</b>
4.1 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÉHO SÝRA.....	44
4.2 ZJIŠŤOVÁNÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ U MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÉHO SÝRA.....	45
4.3 POPIS EXPERIMENTÁLNÍ ČINNOSTI.....	45
<b>5 VÝSLEDKY A JEJICH HODNOCENÍ</b> .....	<b>47</b>
5.1 PRVNÍ UTAVENÁ ŘADA.....	47
5.1.1 Naměřené hodnoty pH u 1. utavené řady.....	47
5.1.2 Senzorické hodnocení utavených vzorků 1. řady.....	48
5.1.3 Analýza texturních vlastností utavených vzorků 1. řady.....	49
5.2 DRUHÁ UTAVENÁ ŘADA.....	55
5.2.1 Naměřené hodnoty pH u 2. utavené řady.....	55
5.2.2 Senzorické hodnocení utavených vzorků 2. řady.....	57
5.2.3 Analýza texturních vlastností utavených vzorků 2. řady.....	58



5.3 TŘETÍ UTAVENÁ ŘADA.....	64
5.3.1 Naměřené hodnoty pH u 3. utavené řady.....	64
5.3.2 Senzorické hodnocení utavených vzorků 3. řady.....	65
5.3.3 Analýza texturních vlastností utavených vzorků 3. řady.....	65
5.4 DISKUZE .....	72
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>76</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>77</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>86</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>87</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>88</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ.....</b>	<b>89</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>90</b>

## ÚVOD

V České republice patří v současné době tavené sýry k vyhledávaným a žádaným výrobkům, což se odráží ve vysoké spotřebě sýra na jednoho obyvatele. Podle statistických údajů [101] patří České republice přední místa ve spotřebě tavených sýrů, v roce 2009 dosahovala prvenství se spotřebou 2,4 kg tavených sýrů na obyvatele. Je to moderní, cenově dostupná potravina s dlouhou trvanlivostí. V dnešní době jsou tavené sýry vyráběny v nejrůznějších provedeních, od široké škály příchutí, až po nejrůznější konzistence. Od ostatních skupin sýrů se odlišují tím, že se nevyrábí přímo z mléka, ale z hotových přírodních sýrů (případně jejich směsí). Tavené sýry se začaly vyrábět především kvůli snaze prodloužit trvanlivost přírodních sýrů a také jako možnost zpracování jejich jinak nevyužitelných přebytků [1,2,16].

Praktickou výhodou výroby tavených sýrů je skutečnost, že do jejich surovinové skladby lze zahrnout i přírodní sýry s různými, především mechanickými vadami, pro které by nebylo možné uvádět je do oběhu pro přímý prodej spotřebiteli [1].

Spotřebitele zajímá vedle chuti a vůně taveného sýra také jeho vzhled a konzistence. Proto se při výrobě tavených sýrů sledují různé faktory mající vliv na reologické vlastnosti tavených sýrů, jelikož jejich znalostí a pochopením mechanismu jejich působení lze získat výrobky vhodných viskoelastických vlastností přijatelných pro spotřebitele [2].

Podstatou diplomové práce bylo posoudit vliv přídatku alginátu sodného na vybrané texturní parametry vyrobených produktů. Algináty se podobně jako karagenany získávají z mořských řas, řadí se mezi tzv. hydrokoloidy mořských řas a našly široké uplatnění nejen v potravinářském průmyslu. Trendem současné doby je používání látek na bázi hydrokoloidů, protože podporují vytváření požadovaných reologických vlastností, zlepšují vazbu vody, zjemňují konzistenci a podporují tak roztíratelný charakter. Jejich používání má kromě technologických důvodů i ekonomické aspekty, náhradou některých surovin se snižují náklady na výrobu [59,92].

Nedílnou součástí surovinové směsi při výrobě tavených sýrů jsou tavicí soli, díky nimž se získá homogenní produkt vyhovujících texturních parametrů. Jejich klíčovou úlohou je upravit prostředí v tavené směsi tak, aby přítomné proteiny mohly uplatnit své přirozené vlastnosti emulgátorů [1]. Tavicí soli jsou látky na bázi fosforečnanů a citranů. Přítomnost fosforečnanových tavicích solí v organismu zvyšuje podíl fosforu, to má za následek

vytvoření nevhodného poměru Ca : P v organismu vedoucího k omezenému vstřebávání a využití vápenatých iontů. Dlouhodobý deficit vápníku způsobuje řídnutí kostní hmoty a jiné zdravotní komplikace. To je důvod, proč je snahou nahradit (alespoň částečně) tavicí soli jinými podobně fungujícími látkami.

Schopnost vázat  $\text{Ca}^{2+}$  ionty za tvorby gelu mají i algináty, proto lze o nich teoreticky uvažovat jako o možných alternativách tavicích solí. Mají i schopnost interagovat s ostatními polymery - zejména proteiny - za vzniku stabilních systémů v závislosti na okolních podmínkách. Kromě toho neovlivňují chuť ani vůni, jsou to přírodní netoxické polymery, nebyl prokázán nepříznivý vliv na lidský organismus a to jsou hlavní důvody proč lze algináty použít při výrobě tavených sýrů [92].

Diplomová práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. První kapitola teoretické části je zaměřena na tavené sýry, jejich význam ve výživě člověka, výrobu, hlavní suroviny a použití tavicích solí. Druhá kapitola teoretické části popisuje získávání alginátů z hnědých mořských řas, jejich strukturu na makroskopické i mikroskopické úrovni, vlastnosti, tvorbu gelu, způsob vazby vápenatých iontů a možnosti použití alginátů v potravinářství a jiných průmyslových sektorech. První kapitola praktické části popisuje metodiku práce při výrobě modelových vzorků taveného sýra, další kapitoly se zabývají vyhodnocením a diskuzí naměřených výsledků.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TAVENÉ SÝRY

## 1.1 Charakteristika tavených sýrů

Tavené sýry jsou vyráběny zahříváním směsi přírodních sýrů, které mohou být v různém stupni zralosti, s tavicími solemi za částečného podtlaku a stálého míchání, než je dosažena homogenní hmota požadovaných vlastností [1,6].

Vyhláška ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb., v platném znění, definuje tavený sýr jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí [5]. Vyhláška kromě definice taveného sýru vymezuje limitní obsahy laktózy, sacharidů se sladícím účinkem a ostatních zdravotně nezávadných složek ve finálním výrobku. Rovněž definuje i tzv. tavené sýrové výrobky, kde není omezení pro laktózu, cukry ani pro ostatní zdravotně nezávadné složky a platí pouze, že 51 % hmotnosti sušiny musí pocházet z přírodního sýra [5].

### 1.1.1 Složení tavených sýrů

Tavený sýr je zdrojem bílkovin, esenciálních a neesenciálních aminokyselin, mléčného tuku, vitamínů a minerálních látek [1].

Vysokou biologickou hodnotu v tavených sýrech má kasein, který je zde hlavní bílkovinou a má značný obsah esenciálních aminokyselin (např. fenylalanin, methionin, threonin) [57]. Kasein kravského mléka je komplexem čtyř fosfoproteinových frakcí označovaných jako  $\alpha_{S1}$ -,  $\alpha_{S2}$ -,  $\beta$ - a  $\kappa$ -kaseiny. Tyto frakce obsahují různá množství estericky vázané kyseliny fosforečné, která zapříčiňuje hydrofilní charakter kaseinové frakce, zatímco ostatní segmenty kaseinu jsou značně hydrofóbní. Existence hydrofilních a hydrofóbních segmentů v jednotlivých kaseinových frakcích předurčuje přirozenou emulgační schopnost kaseinu. Vysoký obsah esterově vázané kyseliny fosforečné (např. u  $\alpha_{S1}$ -kaseinu) je důvodem vysoké citlivosti kaseinu k vápenatým iontům, v jejichž přítomnosti za příznivých podmínek dochází k vysrážení kaseinu.  $\kappa$ -kasein obsahuje pouze jeden zbytek kyseliny fosforečné, proto je vůči srážení v přítomnosti vápenatých iontů ze všech frakcí nejodolnější a má funkci tzv. ochranného koloidu. Také (jako jediný z kaseinových frakcí) má ve své struktuře navázanou sacharidickou složku, což způsobuje hydrofilní charakter daného segmentu  $\kappa$ -kaseinu.

V syrovém mléce se většina kaseinu nachází ve formě submicel, kde hydrofóbní segmenty tvoří jádro submicely a hydrofilní segmenty s fosfoserinovými zbytky a  $\kappa$ -kaseinovou frakcí tvoří obal. Submicely se dále agregují do větších koloidních útvarů tzv. micel, to umožňuje především koloidní fosforečnan vápenatý, který zprostředkovává vazby mezi fosfoserinovými zbytky na povrchu submicel. Při výrobě přírodních sýrů (hlavní surovina pro tavené sýry) je potřebné dosáhnout destabilizace těchto kaseinových micel [1,9].

Další významnou živinou je mléčný tuk, jeho poměr nasycených, mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin ovšem neodpovídá nejnovějším výživovým doporučením [1]. Jako optimální poměr nasycených, mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin se udává 1 : 1,4 : 0,6 [58]. Pro mléčný tuk je typické složení cca 23 – 72 % nasycených, 26 – 42 % monoenoových a 2 – 6 % polyenoových mastných kyselin což činí přibližný poměr 1 : 0,35 : 0,07 [12,59]. Tavené sýry obsahují relativně vysoký obsah nasycených mastných kyselin a je třeba s tím při sestavování stravy počítat. Nasycené mastné kyseliny tvoří tzv. nasycený (saturovaný) tuk, jehož příjem má být omezen (zejména kyseliny laurové, myristové, palmitové), protože představují rizikový faktor kardiovaskulárních onemocnění (zvyšují koncentraci LDL cholesterolu, který se ukládá v cévách). Naopak nenasycené mastné kyseliny (hlavně s 1 a 2 dvojnými vazbami) snižují koncentraci LDL cholesterolu a zvyšují hladinu HDL cholesterolu (chrání před usazováním cholesterolu v cévách) [12,60].

Z minerálních látek mají v taveném sýru stejně jako v mléce mimořádný význam obsah vápníku a fosforu. Nejlepším zdrojem vápníku je mléko a mléčné výrobky, jiné potraviny (např. zelenina) sice také obsahují vápník, ale ten není lidským organismem tak dobře využitelný, protože je zde vázán v jiné formě (fytáty, oxaláty) než v mléce a mléčných výrobcích. Obsah vápníku v tavených sýrech se pohybuje mezi 2,60 – 5,80 g.kg<sup>-1</sup> [12,61]. Biologická využitelnost vápníku v tavených sýrech je dle některých prací o něco horší než u ostatních mléčných výrobků [1,62,103].

Vápník patří v naší výživě k nejproblematictějšímu nutričním faktorům. Řada lidí mléko a mléčné výrobky nekonzumuje a má proto vápníku nedostatek. Dlouhodobá nízká spotřeba vápníku přispívá k rozvoji osteoporózy, tj. úbytku kostní hmoty a ke křehkosti kostí, která postihuje především ženy po menopauze. Doporučený příjem vápníku se průměrně pohybuje v intervalu 800 – 1000 mg za den. Při použití fosforečnanových tavicích solí k 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 1:1,5-3,0. Některé práce uvádí, že přebytečný fosfor může snížit využitelnost vápenatých iontů z tavených sýrů [103].

Doprovodnou látkou živočišných tuků a tedy i součástí tavených sýrů je cholesterol. V současné době ho lidé přijímají v nadměrném množství, proto je třeba konzumované potraviny a jejich množství sledovat. Tavené sýry jsou rovněž i dobrým zdrojem vitamínů, zejména riboflavinu [1].

### 1.1.2 Dělení tavených sýrů

Tavené sýry jsou široká skupina výrobků, lze je dělit do řady skupin, např. podle obsahu tuku, použitých surovin, použité ochucující přísady, výsledné konzistence apod.

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb. rozděluje tavené sýry podle obsahu tuku v sušině (TVS) na tavené sýry nízkotučné (max. 30 % w/w TVS), dále tavené sýry s obsahem 30 – 60 % w/w TVS, které uvedená vyhláška nepojmenovává a tavené sýry vysokotučné obsahující minimálně 60 % w/w TVS [5].

Pavelka [9] rozděluje tavené sýry podle obsahu TVS do více kategorií. Tavené sýry: nízkotučné (max. 30 % w/w TVS), polotučné (30 – 45 % w/w TVS), plnotučné (45 – 55 % w/w TVS), vysokotučné (60 – 70 % w/w TVS).

Tavené sýry s obsahem TVS pod 20 % w/w a nad 70 % w/w se nevyrábí, protože tyto výrobky svým charakterem neodpovídají typickým vlastnostem taveného sýra (nehomogenní, křehká, nekompaktní, krupičkovitá či písčité finální struktura) [5,8,12].

Podle Světové obchodní organizace (World Trade Organization - WTO) se tavené sýry člení do pěti kategorií: pasterovaná směs sýrů, pasterované tavené sýry, pasterované speciality z tavených sýrů a pasterované pomazánky z tavených sýrů a nestandardní pasterované sýrové výrobky (např. sýrové omáčky). Tavené sýry se takto třídí podle řady kritérií (obsah TPS a TVS, pH, druh a množství základních a doplňujících přísad) [8].

Pokud ve výrobku převažuje jeden deklarovaný druh sýra (např. eidam) jedná se o jednodruhový sýr, bylo-li použito směsí různých sýrů (aby se dosáhlo požadovaných vlastností finálního výrobku) jedná se o sýr směsný [8,14,15].

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 aromata, koření, léčivé byliny a zdobné součásti se klasifikují jako ochucené. Tvoří-li přísada převážný podíl z celkové hmotnosti produktu jedná se o tavený sýr s přísadami [8,9].

Podle výsledné konzistence se tavené sýry dělí na výrobky roztíratelné a krájitelné. Tavené sýry na krájení se vyznačují tužší konzistencí, vyšším obsahem sušiny a obvykle nižším pH (5,4 – 5,6), zatímco roztíratelné výrobky mají obvykle vyšší obsah tuku či nižší obsah sušiny, krémovitou konzistenci a pH v rozsahu 5,6 – 5,9 [2,10,11,13].

## 1.2 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Základní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry, které mohou být v různém stupni zralosti. Vhodným kombinováním různě zralých přírodních sýrů lze docílit požadované chuti a roztíratelného charakteru finálního taveného sýra [1,2,8,9,36].

Začleněním mladých nezralých sýrů se zajistí vysoká vaznost vody a tužší konzistence, což má význam hlavně u výroby plátkových a blokových tavených sýrů. Velkým pozitivem při použití mladých nezralých sýrů je úspora v nákladech na surovinu. Nevýhodou je prázdná chuť, nevýrazné aroma, tužší konzistence (zejména u výrobků, kde je kladen důraz na dobrou roztíratelnost). Případně také možnost většího výskytu vzduchových bublin kvůli vyšší viskozitě tavené směsi. Při použití prozralých sýrů se naopak zajistí plné aroma, výraznější chuť a snadnější tavitelnost, nevýhodou může být možnost vzniku nadměrně měkké konzistence, příliš ostré chuti a někdy i snížená stabilita emulze [16].

Pro výrobu tavených sýrů se nejvíce využívají sýry sladkého sýrařství, zejména sýry tvrdé a polotvrdé, v menší míře sýry kyselé. Lze využít sýry nejenom mechanicky, ale i vzhledově poškozené (např. tzv. slepé sýry bez tvorby ok, sýry s trhlinami) [1,2]. Nedoporučuje se však využívat přírodní sýry s mikrobiologickými vadami, které obsahují bombáže a výdutě způsobené sporujícími bakteriemi. Výskyt vyššího množství sporujících bakterií v surovinové skladbě přináší riziko ohrožení zdravotní nezávadnosti finálního výrobku, protože teploty obvykle užívané při diskontinuální výrobě tavených sýrů dokážou zničit pouze vegetativní formy mikroorganismů, nikoliv však bakteriální spory [1,15,17].

V České republice se používá zejména Eidamská cihla, Eidamský blok o různém obsahu tuku v sušině, Moravský blok, Primátor [12]. V zahraničí se do tavených sýrů zpracovává např. Gouda nebo Čedar [1,2].



V současné době se velmi často nahrazuje část základní suroviny (přírodních sýrů) různými mléčnými koncentráty, (např. sušená syrovátka, sušené odstředěné mléko, kasein, kaseináty, mléčné koprecipitáty) [19,20,21,22,23,30], příp. nezrajícími měkkými sýry, ale i surovinami nemléčného původu (nativní a modifikované škroby a další polysacharidy), což může mít podstatný vliv na jakost finálního výrobku [26,27,28,29]. Smyslem těchto náhrad je především snížení nákladů na surovinovou skladbu, což však nemusí mít vždy pozitivní vliv na jakost výsledného taveného sýra [10,12, 24, 25,30,31].

Další rozšířenou surovinou je i tvaroh, jehož úkolem je zvýšit tukuprostou sušinu, případně snížit pH. Je vhodné ho použít i do směsí obsahujících velmi zralé přírodní sýry za účelem dodání kaseinu (tzv. intaktního kaseinu), u kterého neproběhly rozsáhlé hydrolyzační procesy, což významně ovlivní stabilitu i konzistenci výsledného produktu. Součástí surovinové skladby je i máslo, které se používá pro zvýšení obsahu tuku. Pro jemnější a příjemnější chuť se přidává v některých provozech smetana [1,7,16].

Jemnější a stabilnější konzistence se dosáhne použitím tzv. krému (již utavený sýr), který výrobci využívají také k minimalizaci ekonomických ztrát. Některé studie uvádí, že přídavek krému (reworku), který lze přidat k tavenině, aniž by došlo ke změně jejich vlastností, se pohybuje okolo 4 % na celkovou hmotnost taveného sýra [18,32].

Obsah sušiny se upravuje přidávkem pitné vody. Dále se přidávají látky ovlivňující chuť a barvu, především u sýrů s příchutí (šunka, cibule, uzeniny, masné výrobky, žampiony, koření aj.) [8].

Nezbytnou součástí jsou tavicí soli. Výrobci často používají přídatné látky na bázi hydrokoloidů, protože ovlivňují vaznost vody a vytvářejí potřebnou konzistenci. Je možné použít i lecitin jako separační prostředek zabraňující slepování např. u tavených plátků. Využívají se i přísady s konzervačním účinkem. Takto účinkují do určité míry i tavicí soli ale konzervační efekt se může podpořit přidávkem látek jako např. nisinu, dusitanů, kyseliny mléčné, sorbanu draselného nebo propionanu sodného [12,15,18,33,34].

Někteří výrobci používají i tzv. pre-mix, jedná se o předem připravenou směs sýrů s tavicími solemi, vodou a dalšími složkami, která se nechává před dávkováním do taveniny určitou dobu odležet při běžné teplotě. Díky pre-mixu se podpoří vazba vody bílkovinou a tím se zefektivní proces krémování (zvýšování viskozity následkem přijímání vody molekulami kaseinu) a další fyzikálně – chemické procesy probíhající při tavení [8,15].

### 1.3 Technologie výroby tavených sýrů

Vlastní proces tavení připravené směsi surovin může probíhat buď v diskontinuálním nebo kontinuálním procesu. V České republice se používá především diskontinuální výroba v tavicích kotlích (např. kotle typu Vögele a Stephan). Zde dochází k zahřívání přímou párou. Tavicí zařízení jsou obvykle vybaveny parou vyhříváním pláštěm i přímým vstřikem páry a také míchacím zařízením, které zajišťuje konstantní pomalé míchání během celého tepelného zpracování surovin [12,18].

Přírodní sýry se pečlivě vytřídí podle výrobních šarží, kvality a stupně prozrání. Složení směsi pro tavení záleží na požadavcích na finální produkt, především se jedná o obsah sušiny, tuku v sušině, obsah soli a pH hodnoty konečného produktu v souladu s legislativou a očekávaná konzistence taveného sýra [12,18,32,35].

Vybrané přírodní sýry se důkladně čistí, popř. se povrchově ošetří (odstraní se povrchová kůra) [10,14], rozřežou se na menší kusy a umístí se do válcovacích stolic, kde probíhá jejich mělnění [10,12,37]. Zvětšení specifického povrchu přírodního sýra je velmi důležité zejména pro přestup tepla během tavicího procesu, a také jsou podpořeny interakce mezi složkami sýra a ostatními komponentami, např. tavicími solemi [2,10,37].

Podle předem připravené receptury se naváží dezintegrováný přírodní sýr a přidají se ostatní suroviny (tavicí soli, voda, máslo, tvaroh, krém, přísady ovlivňující chuť a vůni aj.), které jsou přepraveny do tavicího kotle v němž probíhá vlastní proces tavení [1,2,12].

Různé přísady, intenzifikátory vůně a chuti (NaCl, kvasničný extrakt), které mají upravit chuť a vůni (zelenina, koření, bylinky, masné výrobky, houby, mořské produkty, ořechy, apod.) se přidávají do směsi před vlastním tavením a jsou tak během tavicího procesu tepelně ošetřeny [1,8].

Obecně se nejprve dávkuje základní surovina (přírodní sýry v různém množství a v různém stupni zralosti), následně prášková směs tavicích solí a až poté ostatní složky a voda. Aromata (esence, extrakty kouře, koření) a další složky citlivé na vyšší teplotu jsou dávkovány až po částečném zchlazení taveniny [8,36,37].

Výrobci a producenti tavených sýrů užívají k výrobě různá zařízení a různé provozní podmínky, které ovlivní výsledný produkt. Zařízení se liší ve způsobu zpracování, v typu směšování a způsobu a mechanismu vytápění (topení nepřímé či přímé vstřikováním páry) [18].

Tavení je možno realizovat diskontinuálním způsobem v duplikátorovém kotli tavičky nebo kontinuálně za použití nejvyššího stupně mechanizace [1,8].

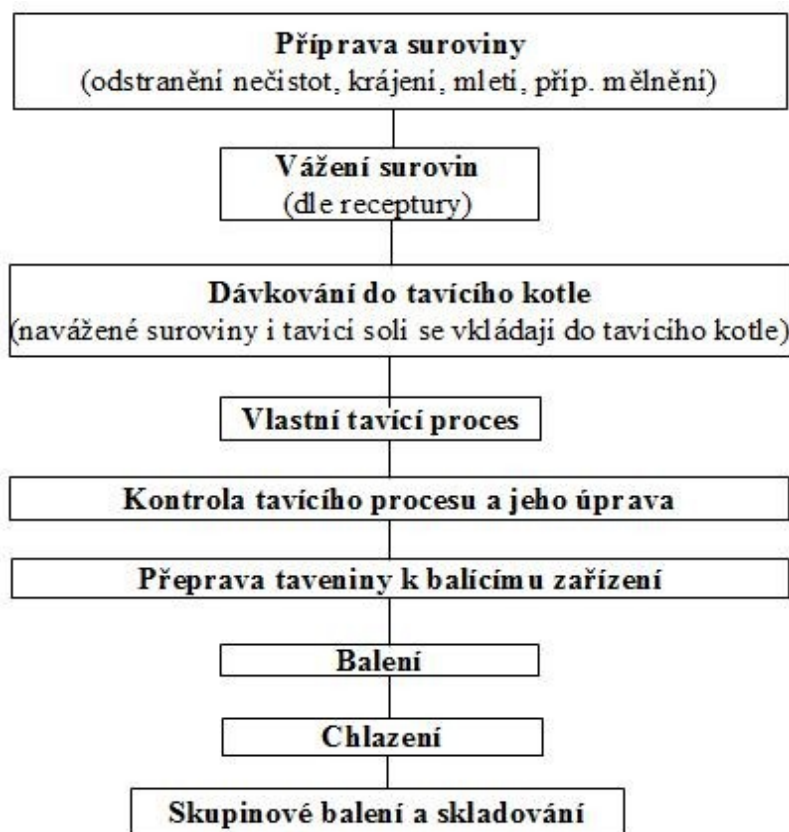
Při diskontinuálním procesu se směs surovin zahřívá na tavicí teplotu, která se liší v závislosti na typu zařízení či na požadovaných vlastnostech finálního produktu. Obecně jsou uváděny tavicí teploty v intervalu 80 – 105 °C s dobou výdrží několika minut [33, 37, 38, 40, 41]. Po nadávkování surovin se tavicí kotel uzavře a začne vlastní proces tavení, kdy dojde ke snížení tlaku (lze tak efektivně dosáhnout tavicí teploty, minimalizovat tepelné namáhání směsi a eliminovat vznik vzduchových bublin ve výrobku) v relativně krátkém čase ke zvýšení teploty až na tzv. tavicí teplotu, která je udržována řádově po dobu několika minut (doba závisí i na použité tavicí teplotě). Ohřev je zpravidla prováděn přímým vstříkem páry do tavené směsi. Při výpočtu množství pitné vody je třeba zohlednit skutečnost, že tavenina je zahřívána přímým vstříkem páry, a proto množství přidané pitné vody se musí snížit o vodu zkondenzovanou z páry [10,12,31]. V tomto procesu se dosáhne pouze pasteračního efektu, při kterém jsou zničeny veškeré vegetativní formy přítomných mikroorganismů. Tento způsob výroby je v České republice rozšířen nejvíce.

Kontinuálním zařízením se rozumí sestava potrubí z nerezové oceli, jejichž vnitřní povrch je zvrásněn, aby byl co nejvíce zvětšen specifický povrch, a tím podpořen nepřímý kontakt tavené směsi s ohřevným médiem, kterým bývá např. vodní pára. K záhřevu tavené směsi dochází v tenké vrstvě. Dosahované teploty jsou různé v intervalu 110 – 145 °C po dobu několika sekund [37,38,41]. Horká tavenina je dále vedena pomocí uzavřeného potrubního systému do plnicího zařízení, které taveninu automaticky zabalí. Při tomto procesu jsou (na rozdíl od diskontinuálního) usmrcovány nejen vegetativní buňky, ale také bakteriální spory [2,37].

Po ukončení procesu tavení může nastat situace, kdy tavenina nemá požadované vlastnosti, zejména vhodnou konzistenci. Má-li tavenina příliš řídkou konzistenci lze ji upravit tzv. vymícháním, kdy se získá konzistence tužší (krémovitější). V rámci úprav lze přidat tavicí sůl a tavicí proces znova opakovat. Je důležité, aby se tavenina balila co nejdříve po utavení (teplota by neměla klesnout pod 60 – 70 °C), čímž se sníží pravděpodobnost kontaminace mikroorganismy [16].

Po skončení tavicího procesu se tekutá tavenina vylévá do dílků určitého tvaru a hmotnosti [18,42]. Tavené sýry se v České republice balí většinou do hranolovitých nebo trojúhelníkových forem [7,18] předem vyložených hliníkovou fólií, která je z vnitřní strany

lakovaná. Používají se i jiné obalové materiály jako tuby, plasty, kelímky, sklenice apod. [12,31]. Podle typu výrobku se pak volí intenzita a způsob chlazení. U sýrových pomazánek by mělo být chlazení co nejrychlejší. Rychlým chlazením se utváří krémovitá konzistence a křehká struktura [8]. Schéma výroby tavených sýrů je zobrazeno viz obr. 1.



Obr. 1. Schéma výroby tavených sýrů [12]

Tavené sýry, které mají mít tužší konzistenci se chladí pomaleji. Nesmí být ovšem příliš pomalé jinak hrozí intenzivnější průběh Maillardových reakcí a podporuje se tak vyklíčení případných spor bakterií [8,44]. Při chlazení taveniny dochází vlivem vodíkových můstků, hydrofóbních interakcí, vápenatých a disulfidických můstků k tvorbě finální struktury [4,11,16,43]. Dochází také k částečné krystalizaci tuku a tím opět vzrůstá viskozita [2,32,37,41]. Zabaleny sýr se po vychlazení balí do transportních obalů a skladuje se ve skladech při teplotě pod 8 °C. Tavené sýry mohou být také vyráběny ve formě bloků a krájeny na plátky. Výrobky měkké konzistence mohou být zabaleny v tubách nebo v plastových fóliích ve formě salámů, které lze upravit i vyuzením [1,8].

Sortiment tavených sýrů zahrnuje velké množství produktů vzniklých např. kombinacemi jednotlivých druhů přírodních sýrů, obsahující různé suroviny mléčného i nemléčného původu a různé ochucující složky, mající konzistenci od pevné, lomivé, přes snadno roztíratelnou, krémovitou až po tekutou. Další rozšíření sortimentu provádějí výrobci použitím různých obalových materiálů a hmotností spotřebitelského balení [1].

## 1.4 Tavicí soli

### 1.4.1 Procesy probíhající při tavení

Cílem výroby tavených sýrů je vytvořit ze směsi přírodních sýrů kompaktní hladkou lesklou hmotu požadovaných texturních, strukturních, reologických a organoleptických vlastností. Přírodní sýry představují složitý polydisperzní systém, kde se nachází hlavně bílkoviny, tuk a voda (parakaseinové micely navzájem spojené vápenatými můstky a na nich vázané tukové kuličky a molekuly vody) [8,45]. Kdyby v tavicí směsi byly jen základní suroviny bez tavicích solí tak by při tepelném ošetření došlo k rozdělení systému na 3 fáze (vysrážené bílkoviny, vodná fáze a tuková fáze) [2,10,37]. Tepelným účinkem by došlo k destrukci povrchových membrán tukových kuliček, které by se následně spojovaly do větších útvarů. Účinkem nízkého pH a vysoké teploty by došlo k agregaci kaseinu. Výsledkem je pak uvolnění vody, oddělení hydrofilních a hydrofóbních fází a finální nehomogenní struktura (lepkavá, neforemná struktura s vyvstávajícím tukem). Aby se zabránilo separaci bílkovin, vodné a tukové fáze, je nutno přidat látky, které upravují podmínky rozpouštění bílkoviny, zamezují jejich srážení a podpoří vlastnost kaseinu projevit se jako emulgátor. Tuto vlastnost má kasein díky své struktuře. Jeden konec (aminový) molekuly kaseinu je hydrofilní (díky fosforylovým zbytkům) a druhý konec (karboxylový) je hydrofóbní (lipofilní). Schopnost kaseinu projevit se jako emulgátor je ovšem rušena vápenatými ionty vázanými na proteinovou matici ve formě parakaseinátu vápenatého (vyšší obsah vápenatých iontů má za následek horší rozpustnost kaseinu). Podmínkou vytvoření homogenní struktury je obnovení této schopnosti. Důležitá je také úprava pH prostředí, potřebná homogenní struktura je tvořena při pH 5,6 – 5,9 [12].

Nižší či vyšší pH než uvedené rozmezí vede ke struktuře drobné (pH nižší) či příliš roztékavé (pH vyšší). K dosažení optimální hodnoty pH je zapotřebí při výběru tavicích

solí zohlednit veškeré faktory ovlivňující tento chemický ukazatel jako např. typ použitého přírodního sýra, jeho stupeň zralosti, obsah tuku a pufrovací schopnost tavicí soli [12,37].

#### 1.4.2 Charakteristika tavicích solí

Tavicí soli charakterizuje vyhláška 4/2008 Sb. jako látky měnící vlastnosti bílkovin při výrobě tavených sýrů za účelem zamezení oddělování tuku [46].

Tyto sloučeniny patří do skupiny přídatných látek a na obale výrobku musí být proto označeny číselným kódem, tzv. E-kódem [46].

Existuje celá řada tavicích solí, jedná se o směsi více látek, konečné složení je často výrobním tajemstvím. Výrobci zpravidla pouze charakterizují jejich jednotlivé tavicí soli pomocí účinnosti výrobku v oblasti výměny iontů, krémování a úpravy pH [32,37,38,39].

Většinou se jedná o soli s vícesytnými anionty (především fosforečnany, polyfosforečnany a citrany) a monovalentními alkalickými kovy (zejména sodík). Fosforečnanové tavicí soli, často ve formě polyfosforečnanů, váží větší podíl vápníku. Patří sem sloučeniny jako ortofosforečnany, pyrofosforečnany, polyfosforečnany (na vápník se nejlépe váží polyfosforečnany). Používají se hlavně pro výrobu pomazánkových a roztíratelných sýrů (méně vápníku = měkká struktura). Kromě sodných solí lze využít také draselné soli kyseliny fosforečné, avšak zde hrozí riziko vzniku hořké chuti finálního výrobku [32, 39]. Při výrobě tavených sýrů či jejich imitací je možno aplikovat rovněž fosforečnany sodnohlinité [37,32]. Rayan et al [102] zjistili, že emulgace tuku v sýru byla nejrychlejší za použití tetrasodných pyrofosforečnanů a naopak nejpomalejší s fosforečnanem sodnohlinitým.

Citranové soli (převažuje citran sodný) mají menší schopnost vázat vápník z bílkovin. Používají se u tavených sýrů, které mají tužší, lomivou konzistenci (více vápníku = tužší struktura) [10,32,37,47,48].

V některých případech se používají i mono- a diacylglyceroly. Některé zdroje se zmiňují o použití kyseliny vinné a jejich solí při přípravě „fondue“ [32, 38].

Tavicí soli jsou v zahraniční literatuře běžně označovány jako emulgátory. Přestože napomáhají emulgaci tuku a stabilizaci emulze nelze je zařadit mezi povrchově aktivní látky [44].

Mezi výrobce tavicích solí patří např. BK Giulini GmbH (Landenburg, Německo) s produkty JOHA® a SOLVA®. Výrobou tavicích solí se v ČR zabývá např. FOSFA a.s., Břeclav [2].

### 1.4.3 Úloha tavicích solí

Jak již bylo uvedeno, přírodní sýry obsahují především bílkoviny (tzv. kaseiny), mléčný tuk, vodu a další látky (soli, kyseliny). Tavené sýry se vyrábí pomocí záhřevu. Pokud bychom zahřívali pouze směs přírodních sýrů, došlo by k oddělení tuku, vody a kaseinátů a vznikla by nehomogenní hmota. Proto se k výrobě tavených sýrů využívají tavicí soli [7]. Jejich činnost spočívá ve výměně vápenatých iontů z parakaseinátu vápenatého za sodné ionty [4,6] (vápenaté ionty jsou od kaseinu přitahovány k fosfátům vyššími elektrostatickými silami než do té doby vázané sodné ionty, které jsou naopak z fosfátu uvolněny a váží se na kasein) [6]. Stupeň vyvázání vápenatého iontu a stupeň hydratace parakaseinových molekul závisí na použitých tavicích podmínkách a na typu užitých směsí tavicích solí (schopnost vyvazovat vápník, schopnost úpravy pH) [6]. Tuto skutečnost potvrzuje i práce Awada et al., [102]. Vzniklý parakaseinát sodný je na rozdíl od parakaseinátu vápenatého rozpustný, vyznačuje se větší schopností vázat vodu, a je tedy podpořena také hydratace a bobtnání bílkovin. Zvýšení hydratace parakaseinů v průběhu zpracování má za následek také zvětšení objemu kaseinátů a zvýšení viskozity v průběhu tavení. V průmyslové výrobě tavených sýrů se zvýšení viskozity označuje jako proces „krémování“ [1,6].

Vedlejšími, avšak neméně důležitými účinky přidavku tavicích solí jsou zvýšení pH a jeho udržování. Použitím vhodné směsi tavicích solí se pH posouvá do oblasti 5,6 – 5,9 [1,4] a z důvodu jejich vysoké pufrční kapacity se stabilizuje. Hodnota 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 drobivou strukturu (hodnota pH v tomto případě se blíží izoelektrickému bodu proteinů a vede tak vyšší agregaci kaseinu vlivem vyšších elektrostatických interakcí) [6,49]. Hodnoty pH > 6 jsou naopak typické pro měkké výrobky se sklonem k roztékání (méně elektrostatických interakcí, roste negativní náboj proteinů, což vede k jejich vzájemnému odpuzování). Regulací pH je navíc podpořeno uvolňování vápníku z kaseinové matrice [50,51] (s rostoucím pH se schopnost iontové

výměny zvyšuje, stejně tak jako s rostoucí teplotou) [37,39]. Některé tavicí soli se také uplatňují jako látky s antimikrobiálním účinkem [15].

Dále dochází k vazbě polyvalentních aniontů (za déletrvajících účinků teploty a míchání) tavicích solí (přes vápenaté kationty nebo přes esterovou vazbu) na bílkoviny, které tak zvyšují vazbu vody na molekuly bílkovin, a podporují tak proces krémování [37]. Pro vytvoření stabilní emulze je důležité, aby ve směsi byl dostatek ne zcela hydrolyzovaných peptidů, neboť krátké (příliš hydrolyzované) peptidy vedou k nebezpečí tvorby nestabilní emulze a oddělení fází [1,38,52]. Podle Lee et al. [53] je krémování především reakcí bílkovin. Hydratované bílkoviny obsažené ve vodné fázi pak obalují povrch tukových kuliček, což vede k emulgaci tuku. Také dochází ke vzájemným interakcím mezi molekulami bílkovin tvořících obalové vrstvy tukových kuliček a kaseinátů obsažených ve vodné fázi [41].

Přídavek tavicích solí se pohybuje v rozmezí 1 – 3 % hmotnosti surovinové skladby [10,37, 38,39,41] a závisí na charakteru přírodních sýrů (druh, stáří, stupeň zralosti přírodních sýrů). Česká legislativa povoluje do tavených sýrů (či jejich analogů) přidávat maximálně 20 000 mg.kg<sup>-1</sup> fosforečnanů (vyjádřeno jako obsah P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Tato hranice odpovídá přibližně použití 3,5 % tavicích solí na celkovou hmotnost vyrobeného produktu [2,46].

Důležitá je nejen volba složení tavicích solí, ale i výpočet jejich správného množství. Předávkování může mít za následek výrobek nevhodné písčité struktury (způsobeno krystalizací tavicích solí), ale například i nevhodné změny chuti taveného sýra (hořká pachut') [12].

Shrňme-li na závěr této kapitoly, tavicí soli umožňují:

- odštěpení vápníku z proteinové matrice a jeho náhradu sodnými ionty,
- peptizace (rozptyl parakaseinů a jejich následná hydratace), rozpuštění proteinů a jejich rozptýlení,
- hydratace a nabobtnání proteinů,
- emulgace tuku a stabilizace emulze,
- stabilizace a kontrola pH,
- formování vhodné struktury po ochlazení [4,38].



V posledních letech se zkouší uplatnit náhrady tavicích solí pro výrobu tavených sýrů. Náhradami tavicích solí se ve svých pracích zabývali Černíková et al. [54], Guinee et al. [14], Kwak et al. [23], Schäffer et al. [23,54,56]. Jako náhrada byl užit částečně hydrolyzovaný kasein, dobrých výsledků se však dosáhlo pouze s částečnou náhradou tavicích solí. Dále lze uvést možnou náhradu tavicích solí s monoacylglyceroly, hydrokoloidy (např. modifikovaný škrob, karagenany, lokustová guma) [1].

Uspokojivých výsledků lze dosáhnout pouze při částečné náhradě tavicích solí. Při úplné náhradě tavicích solí se dosáhlo značného zhoršení tavitelnosti směsi a zvýšila se pravděpodobnost uvolňování tuku u finálního výrobku [1].

## 2 HYDROKOLOIDY

Hlavním cílem výrobců tavených sýrů je získat výrobek o požadovaných organoleptických a viskoelastických vlastnostech. Vlastnosti finálního produktu jsou značně závislé na mnoha faktorech: jednotlivých surovinách, jejich kvalitě, množství, dále také na způsobu jejich zpracování, finálních úpravách včetně skladování hotového výrobku. Mnohdy stačí jen malá změna některého z výrobních faktorů případně výrobního procesu nebo zpracování a výsledkem je výrobek zcela odlišných vlastností. Zisk a udržení požadované textury, viskozity a stability taveného sýra je důvodem, proč výrobci stále více používají látky zvané hydrokoloidy [1].

Jedná se o hydrofilní polymery rostlinného, živočišného či syntetického původu. Po chemické stránce jsou to různorodé látky, většinou se jedná o polysacharidy (např. škrob, celulóza, rostlinné gummy [64]), dále bílkovinné látky (jako je želatina, pšeničná bílkovina nebo kaseináty, vaječný albumin), případně i syntetické polymery. V potravinách jsou buď přirozeně obsažené (škrob, bílkoviny, kolagen) nebo dodatečně přidané pro úpravu a získání potřebných vlastností.

Tyto látky jsou důležité především pro svoje stabilizační účinky (např. u tavených sýrů s vysokým obsahem vody [2,26]), dále pro svoji schopnost tvořit gel a tvorbu produktu o požadované viskozitě (zahušťující účinky). Obecně se jedná o vícefunkční látky ovlivňující další vlastnosti systému jako je filmotvornost, adheze, flokulace, tvorba suspenze, stabilita pěny aj. [92]. Kromě toho má použití hydrokoloidů i ekonomický význam, protože se řada z nich využívá jako náhražka dražších surovin a tím se snižují náklady na výrobu. Je důležité si uvědomit, že potraviny jsou komplexem mnoha látek a proto i účinek hydrokoloidů je v různém prostředí odlišný, také díky jejich interakcím s různými složkami potraviny. Činnost hydrokoloidů ovlivňuje pH prostředí, molekulové hmotnosti přítomných polymerů, výskyt iontů a jejich koncentrace, chemická struktura jednotlivých složek potraviny [1]. Při výrobě tavených sýrů lze využít celou škálu těchto látek, např. pektiny, karboxymethylcelulóza, karagenan, lokustová guma, guarová guma a také algináty [32,37,65].

Cílem této práce je posoudit právě účinek alginátů na vybrané vlastnosti tavených sýrů, proto se další kapitoly zabývají především tímto hydrokoloidem mořských řas na bázi polysacharidu.

### 3 CHARAKTERISTIKA ALGINÁTŮ

#### 3.1 Zdroje alginátů

Jako algináty jsou označovány soli kyseliny alginové [59]. V přírodě se vyskytují především jako strukturní prvky hnědých mořských řas čeledi *Phaeophyceae* [66].

Hnědé mořské řasy neboli chaluchy jsou fotoautotrofní systémy tvořené složitějšími stélkami vyššího organizačního stupně [72]. Tyto stélky tvoří tělo mnohobuněčných řas. Jejich velikost se pohybuje od mikroskopických rozměrů až po makroskopické (např. řasa rodu *Laminaria* může dosahovat až 20 m) [75]. Tito makrofyty jsou významnými producenty organické hmoty. Převážná většina chaluh žije ve slaných vodách, nejlépe v chladnějších a mírnějších oblastech oceánů. Jsou náročné na světlo, proto v moři obývají především pobřežní části, označující se jako litorál a sublitorál [67,72]. Existují ale i výjimky, které lze najít i v hloubce 50 m [68]. Žijí přisedle (přípevněné stélkou na skalách, kamenech, na jiných řasách apod.) nebo volně plují na hladině mělkých vod. Hojně se vyskytují při pobřeží severního Atlantiku, zejména USA, Norsko, Francie, Británie [59].

Charakteristická hnědá, hnědozelená až žlutozelená barva řas je dána kombinacemi hnědého xantofylu fukoxantinu, violaxanthinu, červeného  $\beta$ -karotenu, chlorofylu a,  $c_1$ ,  $c_2$  [72].

Buněčná stěna stélek je složena z pevné a slizovité části. Součástí pevné stěny je celulóza a alginát, slizovitá část kromě alginátu obsahuje i fukoidan. V buňkách jsou obsaženy  $\beta$ -glukany a volutinové granule [67,68,69,70,71,73,74,75,76,77,80].

Nutriční význam hnědých řas spočívá ve vysokém obsahu minerálních látek [68,78], vitamínu C, vitamínu A. Obsah proteinů je u hnědých řas nižší než u červených či zelených řas, [72,74,79], z aminokyselin je zastoupena především kyselina glutamová a asparagová [68,81]. Potravinářsky významnou hnědou řasou je rod *Laminaria*, ze které se připravuje tzv. kombu (*Laminaria japonica*), známé i pod názvem kelp [68,82,83,84]. Z této typicky japonské řasy se získává bílý prášek s chutí, která je odborníky nazývána jako „umami“. Další významný je rod *Undaria*, známý jako Wakame (*Undaria pinatifida*), který je bohatým zdrojem minerálních látek (makroelementů, mikroelementů i stopových prvků), vitamínů (B1, B2, C, niacin, karoteny) a nenasycených mastných kyselin [72,79,86].

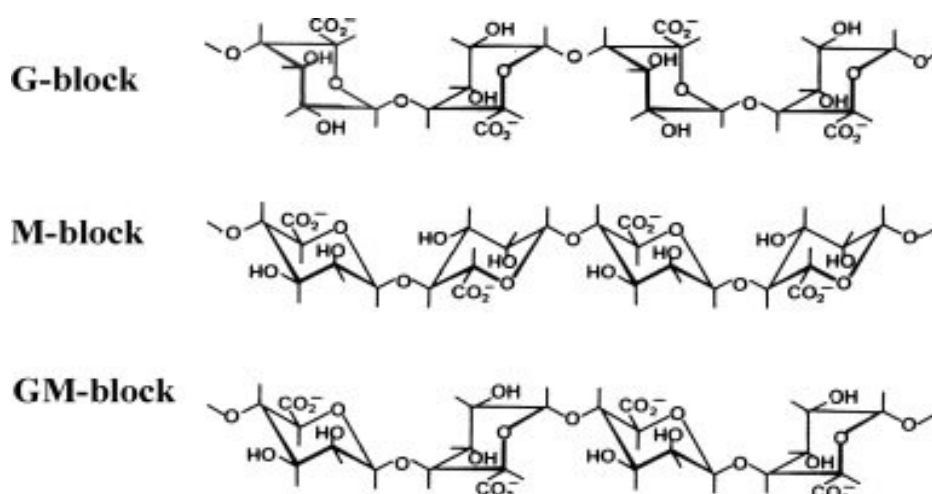
Významnou složkou stélky hnědých řas je kyselina alginová (algin), zaujímá asi 40 % sušiny řas [59,67,72,87]. Algin zde má především funkci strukturní, a jako součást intercelulární matrice (gel obsahující ionty Na, Ca, Mg, Sr a Ba) se podílí na mechanické pevnosti a přizpůsobivosti stélek. Míra vykonávání této funkce je podmíněna složením alginátů, druhem řasy a také částí stélky [59,92].

Sklizeň čerstvých hnědých řas využívaných pro výrobu alginátů přesahuje půl milionu tun ročně. Pro výrobu alginátů se nejvíce využívají řasy rodu *Laminaria hyperborea*, *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria digitata*, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria japonica*, *Eclonia maxima*, *Lessonia nigrescens*, *Durvillea antarctica* a *Sargassum* [92].

Dalším zdrojem alginátů kromě řas jsou bakterie. Bylo prokázáno, že složení a vlastnosti některých extracelulárních polysacharidů produkovaných bakteriemi rodu *Azotobacter* (*A. vinelandii*, *A. crococcum*) a *Pseudomonas* (*P. aeruginosa*, *P. putida*, *P. mendocina*, *P. fluorescens*, *P. syringae*) se nápadně podobají složením a vlastnostmi alginátům a označují se jako bakteriální algináty. Na rozdíl od alginátů získaných z řas jsou bakteriální algináty téměř výhradně zastoupeny polymannuronany. Biologická funkce alginátů v bakteriích nebyla zatím zcela objasněna, svoji úlohu plní při tvorbě spor (latentní stadium), kde společně s polysacharidy tvoří ochrannou vrstvu chránící před vysycháním, mechanickým namáháním a mají tak svůj podíl na rezistenci spory a její schopnosti přizpůsobit se extrémním životním podmínkám [92]. O bakteriích *A. vinelandii* se do budoucna uvažuje jako o průmyslovém zdroji alginu, který by mohl nahradit výrobu z řas [59]. Zatím jsou všechny komerční algináty získávány výrobou z řas.

### 3.2 Struktura alginátů

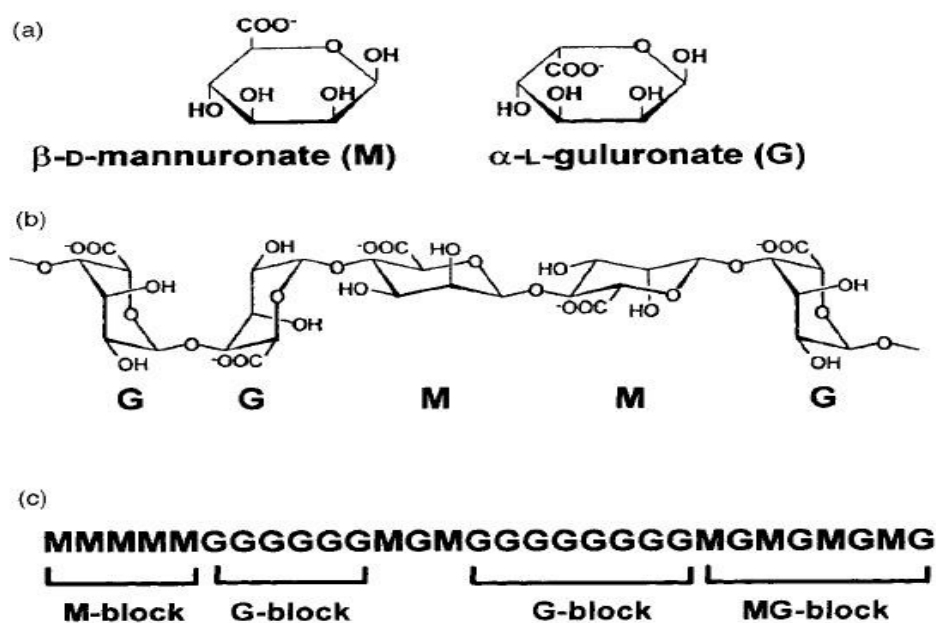
Svým složením jsou algináty nevětvené lineární kopolymery  $\beta$ -D-mannuronové (M) a  $\alpha$ -L-guluronové kyseliny (G) spojené glykosidovými vazbami (1 $\rightarrow$ 4). První informace o sekvenční struktuře popisuje ve své práci Haueget et al., [92] kdy po částečné hydrolýze a frakcionaci byli schopni rozdělit alginátovou molekulu do tří základních odlišných sekvencí, kdy se v alginátovém řetězci střídají různě dlouhé úseky obsahující pouze molekuly M, nebo výhradně molekuly G či smíšené úseky MG [88].



Obr. 2. Základní sekvence alginátů [88]

Relativní molekulová hmotnost alginátů bývá 32 – 200 kDa, řetězce bývají lineární až spirálovité a jsou tvořeny 180 – 930 jednotkami cukrů [59].

Vzhledem k tomu, že M a G zbytky jsou v  ${}^4C_1$  a  ${}^1C_4$  konformaci, jsou zde tři typy glykosidické vazby nacházející se ve struktuře bloků: diekvatoriální vazby (MM), diaxiální (GG), a ekvatoriálně-axiální (MG). G-blok je pevnější a tvoří delší řetězce než je tomu u M-bloků, souvisí to s vyšším stupněm uspořádání, kdy je bráněno rotaci kolem glykosidické vazby [89].



Obr. 3. Strukturální charakteristika alginátů: a) alginátové monomery, b) konformace alginátových řetězců, c) distribuce alginátových bloků [92]

Zastoupení jednotlivých úseků je velice různorodé, závislé na původu alginátu, sezónních a růstových podmínkách [92]. Například algináty získané z řasy *Laminaria hyperborea* jsou bohaté na  $\alpha$ -L-guluronovou kyselinu, díky tomu poskytují pevnější gely. Naopak algináty z *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria japonica* a *Macrocystis pyrifera* se vyznačují nízkým obsahem  $\alpha$ -L-guluronové kyseliny a tudíž jsou získány gely méně pevné. Záleží i na místě růstu. Rostla-li řasa *Laminaria hyperborea* v pobřežních oblastech, její stélky bývají hodně bohaté na kyselinu guluronovou, což se projeví vysokou mechanickou odolností. Pokud stejná řasa (či některé její součásti) byly vystaveny hlavně proudícím vodám, projeví se to nižším obsahem kyseliny guluronové a řasa tím získá pružnější charakter [92,100].

Bakteriální algináty mohou obsahovat až 100 % mannuronátových úseků. Obecně bývá v alginátech 22 – 90 % kyseliny mannuronové a 10 – 78 % kyseliny guluronové [59].

Složení alginátů a zastoupení jednotlivých sekvencí zásadně ovlivňují vlastnosti alginátových gelů.

Série studií [88,92] prokázala, že algináty nemají pravidelnou strukturu se stejně zastoupenými jednotkami. Také nelze rozmístění jednotlivých úseků předurčit, jak bylo uvedeno viz výše – zastoupení jednotlivých strukturních jednotek závisí na více faktorech. Znalost monomerních jednotek tedy není dostatečná informace pro určení (sekvenční) struktury alginátů.

Podrobnější informace o struktuře poskytují metody NMR-spektroskopie [92]. Umožňují určit frekvence  $F_M$  a  $F_G$ , dále čtyři nejbližší okolní frekvence  $F_{GG}$ ,  $F_{MG}$ ,  $F_{GM}$ ,  $F_{MM}$  a osm následujících nejbližších sousedních (trojic) frekvencí. Znalost těchto frekvencí umožňuje např. výpočet průměrné délky G-bloků větší než 1 ( $N_{G>1} = (F_G - F_{MG}) / F_{GM}$ ). Výsledná hodnota dobře koreluje s želírujícími schopnostmi alginátu, existuje určitá souvislost mezi pevností gelu a průměrnou délkou G-bloků větších než 1 ( $N_{G>1}$ ) [92].

### 3.3 Vlastnosti alginátů

Alginát byl poprvé popsán britským chemikem E.C.C. Standfordem v roce 1881. Algináty se využívají hlavně v sodné, amonné, vápenaté či draselné formě. Jsou bezbarvé nebo nažloutlé, zpravidla nemají vliv na chuť a jsou bez zápachu. Jedná se o vysoce hydrofilní koloidní látky, účinné i v nízkých koncentracích, jejich hygienická nezávadnost byla

prokázána. Algináty našly uplatnění v řadě průmyslových odvětví (pro jejich biologickou odbouratelnost, netoxicitu, imunogenicitu aj.), v potravinářství je ceněna především jejich schopnost tvořit termostabilní gely bez použití vysokých teplot [59,64].

### 3.3.1 Molekulová hmotnost

Algináty jako polysacharidy, jsou obecně polydisperzní systémy, co se týče molekulových hmotností. V tomto ohledu se podobají více syntetickým polymerům než ostatním biopolymerům jako jsou bílkoviny a nukleové kyseliny. To může být způsobeno tím, že při získávání alginátů (extrakce) dochází ke značné depolymeraci původního polymerního systému. Srážení, rozpouštění, filtrace, mytí či jiné dělicí postupy mohou způsobit narušení vysokomolekulárních řetězců či ztrátu nízkomolekulárních koncových složek distribuce. Na určitou frakcionaci během výrobního procesu ukazuje hodnota indexu polydisperzity, která je menší jak 2,0. Naopak index polydisperzity větší jak 2,0 ukazuje na širší distribuci molekulových hmotností [92].

Distribuce molekulových hmotností může mít vliv na použití alginátů. Nízkomolekulární fragmenty, které obsahují pouze krátké G-bloky se nemohou účastnit tvorby trojrozměrných struktur gelu a tudíž nepřispívají pevnosti gelu. To může být problém v některých technologických aplikacích, kdy se tak z málo pevných gelů mohou uvolňovat mannuronátové fragmenty alginátů. V tomto případě je pak úzká distribuce molekulových hmotností výhodná [89,92,100].

Alginátový vzorek o určité průměrné molekulové hmotnosti (tím i viskozitě) lze získat směřováním výrobků různých molekulových hmotností nebo cílenou degradací polymeru během výrobního procesu. Směšování nebo přesněji míchání je obvyklá metoda výrobců alginátů (a polysacharidů obecně) pro dosažení cílené viskozity produktu [92].

### 3.3.2 Tvorba gelu

Významnou vlastností alginátů je tvorba termostabilních gelů a filmů. Gelace alginátů je umožněna interakcí karboxylátových skupin (hlavně guluronových kyselin) s dvojmocnými (především vápenatými) ionty. Russo et al. uvádí, že sodné algináty mají různé množství guluronových frakcí, které jsou schopny specifické vazby s ionty vápníku následně tvořící alginát vápenatý [59,89].

Jsou-li tedy vápníkové kationty součástí disperze alginátu sodného lze získat gel. Přednostně se váží na poly-guluronové jednotky alginátu rovinným dvou-dimenzionálním způsobem, vytváří se tak struktura zvaná krabice na vejce (egg-box) [59,88,89]. Podrobněji se vazbou vápníku do molekuly alginátu zabývá kapitola 3.5. Ionty kovů (vápníku) v různé koncentraci mají obvykle vliv na vlastnosti gelů (pórovitost, morfologii, stabilitu, atd., kromě toho jsou také zodpovědné za degradaci vápenatých alginátů). Stabilita gelu je závislá na přítomných iontech a způsobu jejich zavedení [92].

Tyto gely se používají v různých oblastech, jako je potravinářství, lékařství, biotechnologické aplikace. Nynější poptávka, po přírodních polymerech z obnovitelných zdrojů, jakým je i alginát, se výrazně zvýšila v důsledku velkého množství odpadů ze syntetických polymerů a omezenou dostupností skládek. K eliminaci problémů se skládkami, vyplývajících z jednorázového použití tradičních plastů, by biologicky odbouratelné polymery, jako jsou i algináty, mohly být použity v mnoha aplikacích místo syntetických polymerů. Vzhledem k povaze biologicky odbouratelných obnovitelných zdrojů by algináty mohly časem nahradit syntetické polymery v mnoha aplikacích [59,92,95].

### 3.3.3 Rozpustnost a srážení

Algináty alkalických kovů, amonné soli, soli aminů a hořečnaté soli jsou rozpustné, vápenaté soli jsou nerozpustné. Obecně existují tři základní parametry ovlivňující rozpustnost alginátů ve vodě. Důležitá je hodnota pH prostředí, iontová síla a obsah gelotvorných iontů. Význam má i „tvrdost“ vody (tj. obsah  $\text{Ca}^{2+}$ ) [59].

Při snížení pH se alginátové roztoky mohou chovat dvěma zásadně odlišnými způsoby. Náhlé snížení pH způsobuje vysrážení molekul kyseliny alginové, pomalé a řízené uvolňování protonů vede k vytvoření gelu kyseliny alginové [59,89]. Pro získání gelu proto pH musí být sníženo regulovaným způsobem (např. za pomoci přídatku pomalu hydrolyzujících laktonů jako je D-glukono- $\delta$ -lakton (GDL) [92].

Ke srážení molekul kyseliny alginové dochází v relativně úzkém rozmezí pH. Tento rozsah pH závisí na molekulové hmotnosti ale i na chemickém složení a sekvenci. Například algináty obsahující více střídavých struktur (MG bloky) se sráží při nižších hodnotách pH ve srovnání s algináty obsahujícími hlavně homogenní bloky (M,G-bloky) [92,97].



Bylo zjištěno, že na kinetiku rozpouštěcího procesu alginátu má vliv přítomnost solí. Obsah solí nižší jako 0,1M zpomaluje rychlost rozpouštěcího procesu a tím omezuje rozpustnost [92].

Je vhodné, pokud se mají algináty používat ve vysokých koncentracích, hydratovat je nejprve v čisté vodě a teprve potom následuje případný přídavek solí [92].

Pro bobtnání suchého prášku alginátu ve vodném prostředí s různou koncentrací  $\text{Ca}^{2+}$  se zdá být zásadním limitem koncentrace přibližně kolem 3 mM volných vápenatých iontů. Při koncentraci  $\text{Ca}^{2+}$  nad 3 mM může být alginát rozpouštěn přidáním komplexotvorných činidel, jako jsou polyfosforečnany a citrany [92].

### 3.3.4 Viskozita

Obecně platí, že jakákoliv změna iontové síly v alginátovém roztoku má hluboký dopad na chování polymerů a tím i viskozitu roztoku. Viskozita alginátových roztoků stoupá s klesající iontovou silou [59,88,90].

Degradace polymeru (působením vysokých teplot při záhřevu, či přidavkem redukčních činidel) se projeví poklesem viskozity. V rozsahu pH 4 - 10 je viskozita na pH nezávislá [59,90].

Smícháním malého množství alginátu vápenatého a alginátu sodného vzroste enormně viskozita roztoku (interakce  $\text{Ca}^{2+}$ ). Toho se využívá velmi často v mlékařství, kde alginát sodný interaguje s vápníkem přítomným v mléce [64,90,92].

### 3.3.5 Stabilita

Suchý prášek čistého alginátu sodného může mít trvanlivost několik měsíců, za předpokladu, že je uložen na suchém, chladném místě bez vystavení slunečního záření. V mrazírenských podmínkách může být alginát sodný uchováván několik let bez výrazného snížení molekulové hmotnosti. Jinak je tomu u sušeného prášku kyseliny alginové, kde je velmi omezená stabilita při běžných podmínkách v důsledku intramolekulárního katalyzovaného rozkladu. Glykosidické vazby jsou citlivé na kyselý i alkalický rozklad a na oxidaci volnými radikály [92].

Vliv má i pH, rozklad je minimální kolem neutrálního pH a zvyšuje se v obou směrech. Při hodnotách menších než 5 se snižuje stabilita, což je důsledkem protonové katalyzované

hydrolyzy, zatímco reakce odpovědné za rozklad při hodnotách pH 10 a vyšších jsou  $\beta$ -alkoxy-eliminace [92]. Rozklad může být dost značný i v neutrální oblasti pH. Většina hnědých řas obsahuje velké množství fenolických sloučenin, které se extrahují společně s algináty a představují kontaminaci ve většině komerčních alginátech. Jejich hodnota závisí na druhu řas např. *L. digitata* obsahuje velmi malé množství těchto fenolických sloučenin ve srovnání s *A. nodosum*. Rozklad alginátových roztoků může být snížen tím, že se sníží obsah fenolů. To lze provést přidávkou formaldehydu ještě před extrakcí suroviny při výrobním procesu [92].

Fyzikální vlastnosti závisí přímo na molekulové hmotnosti a jsou značně ovlivněny dojde-li k rozpadu řetězce vyšší molekulové hmotnosti. Rozkladný vliv fenolických sloučenin spočívá v oxidačně-redukčních, depolymerizačních reakcích. Tento efekt je výsledkem autooxidace, redukce sloučenin s následnou tvorbou peroxidů. Tato autooxidace zvyšuje množství rozpuštěného kyslíku a pH v roztoku. Degradace je způsobena volnými radikály, pravděpodobně hydroxylovými radikály, tvořených při redukcích sloučenin a peroxidů.[92]

Sterilizace alginátového roztoku a prášku téměř vždy způsobí depolymerizaci, ztrátu viskozity a případně i snížení pevnosti gelu [92].

Na rozdíl od většiny želírujících polysacharidů mají alginátové gely zvláštní vlastnost, že za studena tvrdnou. V zásadě to znamená, že alginátový gel je soubor v podstatě nezávislý na teplotě. Avšak změnou teploty může být kinetika gelotvorných procesů silně ovlivněna. Vlastnosti konečného gelu se rovněž změní pokud gelovatění probíhá při různých teplotách [1,89,92].

Alginátové gely jsou gely tepelně stabilní. To je důvod, proč jsou algináty používány např. jako součást pečárenských krémů a náplní. Je však nutné si uvědomit, že algináty podléhají chemickým degradačním procesům. Dlouhé tepelné ošetření při nízkém nebo vysokém pH tak může destabilizovat gel [92].

Vzhledem k tomu, že gelaci alginátů nelze řídit pomocí teploty, musí se sledovat jiné parametry. Nejdůležitějšími faktory jsou: alginátová koncentrace, chemické složení, sekvence, a také poměr mezi gelotvornými a negelotvornými ionty a případně přítomnost komplexotvorných činidel, jako jsou fosforečnany nebo citrany [64,92,95,99].

### 3.4 Výroba alginátů

Hlavní surovinou je materiál z hnědých řas, zvolený druh řasy má významný vliv na vlastnosti finálního produktu, protože jednotlivé druhy mají různá složení (alginátové sekvence, balastní látky apod.), kromě toho iontové složení suroviny je ovlivněno iontovou výměnou s mořskou vodou. To znamená, že kvalita výsledného produktu (alginátu) teoreticky může být přímoúměrná kvalitě mořské vody. Dříve se alginát získával jako vedlejší produkt při získávání jódu z mořských řas [72].

Prvním krokem při výrobě alginátů je extrakce rozemletého materiálu z řas pomocí 0,1 – 0,2M minerální kyseliny (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Dojde k výměně H<sup>+</sup> a Ca<sup>2+</sup> iontů mezi kyselinou a surovinou. V některých výrobnách se čerstvé řasy před přidáním kyseliny nechají odležet v teplé vodě (52 °C) pro vyluhování solí rozpustných ve vodě a hnědého barviva suroviny. Pomocí kyseliny se rozpustí soli rozpustné v kyselině a naruší se buněčné stěny a odstraní se balastní látky (např. mannitol). Použitím HCl se získají algináty o nižší viskozitě [75].

Ve druhém kroku je kyselina alginová neutralizována převedením do alkalických roztoků jako je uhličitan sodný nebo hydroxid sodný pro vytvoření ve vodě rozpustného alginátu sodného. Následují separační postupy jako je prosévání, flotace, odstředování a filtrace pro odstranění nežádoucích částic ze suroviny (celulóza, bílkoviny) [72,75].

Z extraktů se sráží jako vápenatá sůl s přidáním CaCl<sub>2</sub> nebo okyselením HCl na alginovou kyselinu. Vápenatá sůl se převádí na alginovou kyselinu a z té se získává finální komerční produkt (sodná sůl) neutralizací Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> [75,92].

Stechiometrická reakce mezi alginátem sodným a chloridem vápenatým se zapisuje jako:



Rozpustný alginát se sráží alkoholem, chloridem vápenatým nebo minerální kyselinou, podle potřeby se převádí na sodnou či jinou formu rozpustnou ve vodě (draselnu, amonnou aj.) [72,75,92].

Nakonec následuje sušení (70 °C) a mletí na částice o potřebné velikosti. Pro technické účely může být alginát kondenzován v denaturovaném alkoholu [72,75,92]. Schéma výroby alginátů je uvedeno v příloze V.

$\text{Ca}^{2+}$  ionty lze zavádět do alginátového roztoku dvěma způsoby. Buď se využívá difuzní způsob (obrázek uveden v příloze VI), kdy  $\text{Ca}^{2+}$  difundují v alginátovém roztoku přidávaného z vnějšího zásobníku. Nebo metodou vnitřní gelace (obrázek uveden v příloze VII), která se od předchozí metody liší tím, že  $\text{Ca}^{2+}$  ionty jsou uvolňovány regulovaným způsobem z inertního zdroje vápníku (nerozpustný  $\text{CaCO}_3$  nebo málo rozpustný  $\text{CaSO}_4$ , nebo  $\text{Ca}^{2+}$  ionty součástí komplexu chelatačního činidla - EDTA, citrát, aj.) přímo v alginátovém roztoku. Hlavní rozdíl mezi oběma způsoby spočívá v kinetice gelace. Získané gely se rovněž liší svými vlastnostmi [92].

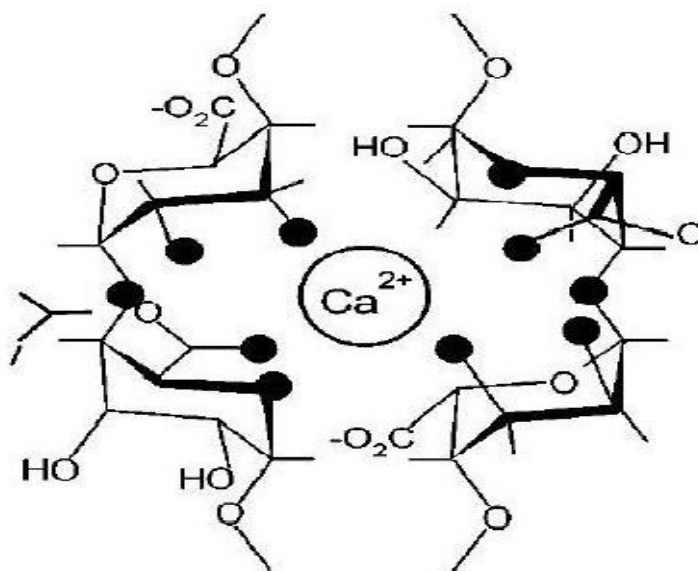
V současné době se vyrábí i deriváty alginátů, příkladem je propylenglykol alginát (PGA). Získává se esterifikací alginátu s propylenoxidem. PGA má využití při výrobě piva, salátových dresinků a to především kvůli jeho vyšší rozpustnosti v prostředí s nízkým pH. PGA je schválen jako potravinářská přídatná látka, (používaná jako emulgátor, stabilizátor, nebo zahušťovadlo) a v několika průmyslových aplikacích (nátěr čerstvých citrusových plodů), jako pomocná látka inertních pesticidů, a jako součást materiálů z papíru [92].

Alginát s velmi vysokým obsahem kyseliny guluronové lze připravit z povrchových částí řasy *Laminaria hyperborea* chemickou frakcionací nebo enzymatickou modifikací pomocí enzymů (epimeráz). Tato skupina enzymů, produkovaná např. *A. vinelandii*, je schopna epimerace M-jednotek na G-jednotky, tvořících velmi dlouhé úseky. Algináty se vyrábějí zejména ve Velké Británii, USA a Francii [59,64,92].

### 3.5 Reakce alginátů s vápenatými ionty a proteiny

Základem schopnosti alginátů tvořit gel jsou jejich iontově-vazebné vlastnosti. Algináty jsou charakteristické svojí afinitou k polyvalentním kationtům. Tato iontově-vazebná vlastnost ovšem závisí na složení alginátu, protože charakteristickou afinitu vykazují téměř výhradně polyguluronátové úseky. Je to tím, že uspořádání dvou sousedících polyguluronátových řetězců umožňuje ideální prostor pro interakce karboxylových skupin řetězců s ionty  $\text{Ca}^{2+}$ . Naopak dva sousedící polymannuronátové řetězce tvoří příliš ploché uspořádání a proto je vazba  $\text{Ca}^{2+}$  značně omezenější než v předchozím případě. Z tohoto faktu lze vyvodit, že tvorba gelu u alginátu značně závisí na obsahu polyguluronátů. Jsou-li přítomny, může probíhat silné síťování mezi polymerními řetězci a vzniká tuhý gel. Pokud převládají polymannuronáty, vazba  $\text{Ca}^{2+}$  je nízká, výsledkem je pak pozvolné tvoření gelu, vykazující pružnější charakter [92,95].

Interakce, při kterých  $\text{Ca}^{2+}$  iont spojuje dva guluronátové řetězce do spojitého celku, nejlépe popisuje model zvaný krabice na vejce (egg-box), kde krabici představují guluronátové řetězce obklopující vápník, jako vejce v „platě“. Zobrazeno na obr. 4.



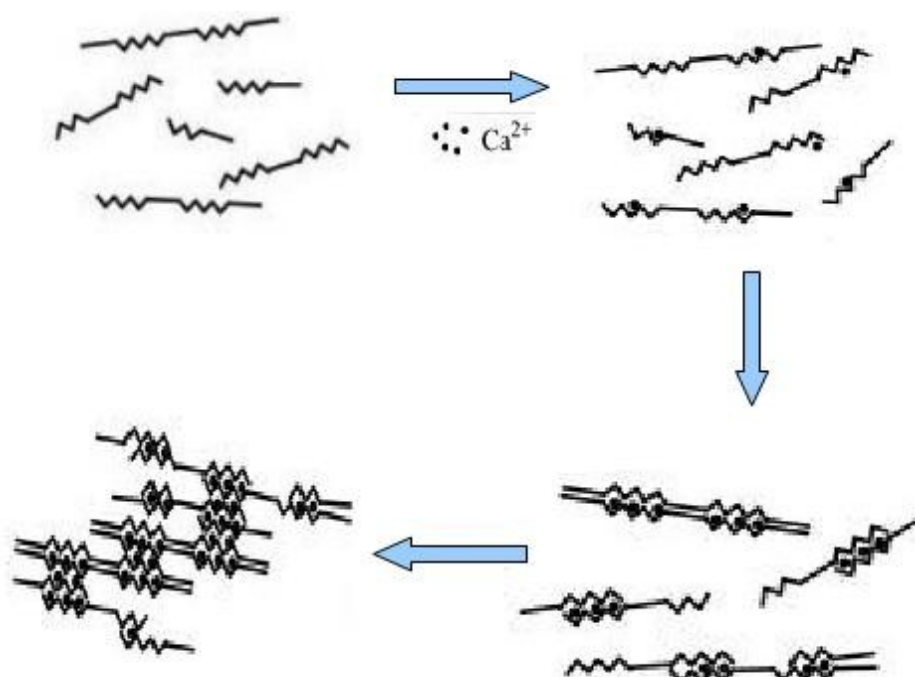
Obr. 4. Schematický náčrt koordinace vápníku mezi guluronátovými sekvencemi v egg-box modelu [100]

Kromě  $\text{Ca}^{2+}$  vykazují algináty afinitu pro ostatní kovy alkalických zemin a to v následující míře:  $\text{Mg} \ll \text{Ca} < \text{Sr} < \text{Ba}$ . Tato vlastnost je ve srovnání s jinými polyanionty pro algináty unikátní. Pouze polyanionty připomínající svým tvarem algináty (např. pektinové kyseliny) prokazují podobnou afinitu [88,92].

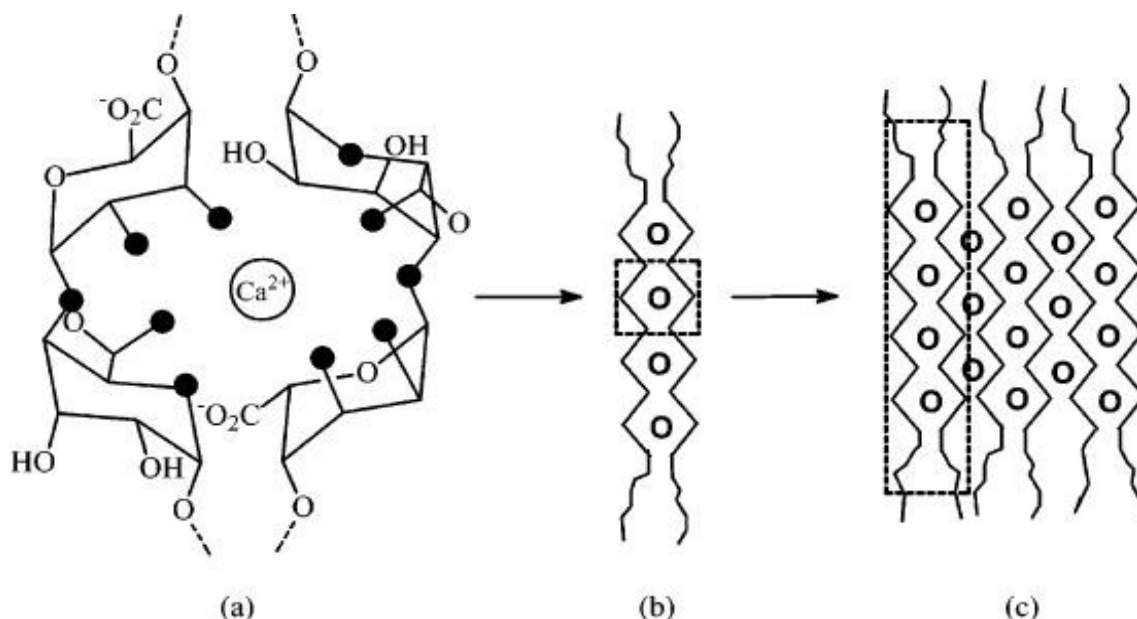
Série experimentů prokázala, že selektivita pro kovy alkalických zemin výrazně roste se zvyšujícím se obsahem guluronátových monomerů. Mannuronátové bloky či bloky se smíšenými monomery tuto selektivitu nevykazují [92,100].

Na vazbě  $\text{Ca}^{2+}$  iontů se nepodílejí jen elektrostatické interakce, ale dochází i k chelataci (tvorba komplexních sloučenin s příslušnými kovy). Pro cheláty je typická koordinační vazba, která vzniká jestliže aniont (např.  $\text{COO}^-$ ) nebo polární molekula daruje elektronový pár kovovému kationtu ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Karboxylové skupiny jsou schopny tvořit s kovy poměrně stabilní komplexy [8,93].

Pomocí metod jako je např. ITC (isotermální titrační kalorimetrie), bylo zjištěno, že vazba  $\text{Ca}^{2+}$  na alginátový řetězec zahrnuje několik na sebe navazujících kroků. Nejprve se tvoří monokomplexy, kdy se  $\text{Ca}^{2+}$  váží na guluronátové řetězce. Následuje napojení druhého guluronátového řetězce a vzniku struktury: řetězec -  $\text{Ca}^{2+}$  - řetězec (egg-box dimeru). Oba guluronátové řetězce tak tvoří „dutinu“ pro  $\text{Ca}^{2+}$  iont. Jednotlivé dimery se pak sdružují do složitějších útvarů, jak je zřejmé z obr. 5 [94,100].



Obr. 5. Schéma vícestupňové vazby  $\text{Ca}^{2+}$  na alginátový řetězec I [94]



Obr. 6. Schéma víceetapňové vazby  $\text{Ca}^{2+}$  na alginátový řetězec II, (a) koordinace  $\text{Ca}^{2+}$  v dutině vytvořené gulonátovými sekvencemi alginátového řetězce, (b) tvorba egg-box dimeru, (c) laterální uspořádání egg-box dimerů do složitějších struktur [94].

Alginát, jako polyelektrolyt, je schopen za příznivých podmínek interagovat s ostatními polymery pomocí elektrostatických sil (např. s proteiny) [92].

Algináty jako součásti heterogenních systémů, mohou vést ke zvýšení viskozity či k vytvoření fázového přechodu. Interakce alginátů s ostatními polymery se využívají ke stabilizaci systému či podpoře (zesílení) mechanických vlastností při přepracovávání některých potravin (např. tavení přírodních sýrů) [92].

Studie, sledující gelaci bovinního sérového albuminu (BSA) s alginátem (sodným a vápenatým), potvrdila změnu mechanických vlastností gelu v určitém rozmezí pH a iontové síle, jež je důsledkem elektrostatických interakcí, jako hlavní hybné síly [92].

Na druhou stranu, je-li snaha vyhnout se těmito elektrostatickým interakcím, mělo by míchání alginátů a bílkovin probíhat při poměrně vysokém pH, kdy většina proteinů má hlavně záporný náboj. Lze usoudit, že interakce alginátů s proteiny může vést ke vzniku sraženiny či k oddělení složek v systému v závislosti na podmínkách prostředí. V potravinářství se může těchto vlastností využívat např. jako čířícího prostředku (vysrážení bílkovin) při výrobě vína [92,94,95,100].

### 3.6 Použití alginátů

Algináty mají v současné době stále rostoucí uplatnění. Průmyslová produkce činí asi 30 000 tun ročně a alespoň 50 % této produkce připadá na potravinářský průmysl. Vzhledem k vlastnostem alginátů se zde využívají jako stabilizátory, zahušťovadla, emulgátory, jako látky zlepšující konzistenci. Značné využití je v mlékárenském průmyslu: při výrobě jogurtů, krémů a pudingů (zlepšují texturu a lesk), u smetany (stabilizace pěny), v tavených sýrech (využití schopnosti alginátů vázat  $\text{Ca}^{2+}$  - podobně jako tavicí soli, emulgace tuku) Při výrobě zmrzlin napomáhají tvorbě hladké struktury bez krystalků, způsobujících písčité charakter [64,92,100].

Využívají se při výrobě pečiva (pekárenské náplně a polevy, které díky přísadce alginátů odolávají vysokým teplotám při pečení). V masném průmyslu se algináty přidávají jako filmotvorná látka do obalů na párky. Význam jejich přísadky do omáček, dresingů, majonéz spočívá v zamezení oddělování vodné a tukové fáze. Využití nalezly i v nápojářském průmyslu, u ovocných šťáv brání vzniku sraženiny, poskytuje stabilní pěnu piva, u výroby vína se algináty používají jako čířící prostředek zabraňující tvorbě zákalů. Lze je využít i při výrobě cukrovinek, např. alginátové želé [64,95].

Široké uplatnění algináty nachází i v jiných průmyslových odvětvích. Ve farmacii mají algináty význam jako potahový materiál tablet léků. Slouží zde jako regulační prostředek při uvolňování léčiva, zmírňují tak vedlejší účinky léčiv, jako je podráždění trávicího traktu a zefektivňují absorpci léčiva trávicím traktem [96].

Alginát, jako přírodní netoxický polymer lze použít pro výrobu obvazových a zdravotnických materiálů. Dostane-li se, ve vodě nerozpustný alginát vápenatý do kontaktu s hojenou plochou, dochází k výměně vápenatých iontů za ionty sodíku z tělních tekutin, vzniklý alginát sodný je již ve vodě rozpustný a tudíž je schopen absorbovat vodný roztok a měnit se v gel, který pomáhá udržovat vlhké rozhraní mezi obvazovým materiálem a hojenou plochou. Zabrání se tak podráždění hojené plochy a bolesti např. při převazech. Obvazové materiály se vyrábí rozpuštěním prášku alginátu sodného ve vodě, vzniklý roztok se zbaví plynů a koncentrovaný alginát sodný se protlačí přes matrici do lázně chloridu vápenatého, kde se alginát sodný vysráží v podobě nerozpustných vláken alginátu vápenatého. Vlákna se poté perou, suší, chemicky ošetřují a zpracovávají tradičními textilními postupy [97].



Tento polymer bývá využíván i textilním a papírenským průmyslem pro zlepšení povrchových vlastností textilií, papíru a lepenek (zejména těch materiálů přicházejících do styku s vodným a tukovým prostředím). Své využití našly i při výrobě kosmetiky [92,95].

Kromě toho bylo nedávno zjištěno, že alginátová molekula, díky své vysoké různorodosti chemických složení a molekulových hmotností, má různé účinky např. na biologické systémy a poskytuje různé technologické vlastnosti v kapalně fázi. Biologický účinek alginátů byl zkoumán poprvé u transplantace živočišných zapouzdřených Langerhansových ostrůvků v rámci výzkumu léčby diabetu. Zde byl zaznamenán nadměrný růst alginátových pouzder kolem fagocytů a fibroplastů připomínající zánětlivé reakce při výskytu cizího tělesa. Spuštění imunitní odpovědi souvisí s obsahem fragmentů bohatých na mannuronáty a částečně i s  $\beta(1\rightarrow4)$  glykosidickou vazbou [92].

In vivo živočišné testy prokazují imunologický potenciál polymanuronátů v takových oblastech jako je ochrana proti smrtícím bakteriálním infekcím, ozáření a zvýšení nespecifické imunity. U alginátů byla prověřena jejich zdravotní nezávadnost a proto ve většině zemích není jejich přídavek omezený. Určité omezení platí pouze pro dětské příkrmy [99]. Bezpečnost alginových kyselin a její amonné, vápenaté, draselné a sodné soli byla naposledy hodnocena odborníky FAO/WHO pro potravinářské přídatné látky (JECFA) v roce 1992 [92]. Obecně se ale používají dávky v rozmezí 0,25 – 0,5 %. Jsou účinné i v nízkých koncentracích. Komerční algináty se prodávají pod názvem: SATIALGINE™ (potravinový a lékárenský typ), CECALGUM™ (technický typ), ALGOGEL™ (potravinový i nepotravinový typ) [59,90,92,98].

V Evropě jsou alginové kyseliny a její soli i propylenglykol uvedené jako schválené přídatné látky jiné než barviva a sladidla. Alginát sodný je veden pod označením E 401. [92,99].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

Cílem diplomové práce bylo zjistit vliv přídatku alginátu sodného na vybrané vlastnosti (pH, texturní parametry) taveného sýra.

Pro splnění tohoto cíle bylo potřebné:

- zpracovat literární rešerši o tavených sýrech (charakteristika, technologie výroby, použité suroviny a jejich vliv na vlastnosti finálního produktu aj.),
- vyhledat informace o alginátech, jejich složení, vlastnostech, interakcích a možnostech použití.
- vyrobit modelové vzorky taveného sýra:
  - s tavicími solemi a přídatky alginátu sodného (o koncentraci 0,1 %; 0,25 %; 0,5 %; 1 % w/w) třech výrobních druhů (jednoho výrobce). Cílem bylo orientační zjištění, které koncentrace sodných alginátů vykazují nejvýznamnější vliv na texturní a jiné parametry taveného sýra,
  - bez tavicích solí, pouze s alginátem sodným (o koncentraci 0,1 %; 0,25 %; 0,5 %; 1 % w/w) opět třech výrobních druhů, za účelem posouzení samostatného vlivu sodných alginátů na texturní vlastnosti taveného sýra,
  - s tavicími solemi a přídatky vybraného alginátu sodného (v rozmezí koncentrací 0,05 – 0,8 % w/w s postupným zvyšováním po 0,05 % w/w). Podstatou bylo najít konkrétní koncentrace použitého alginátu sodného, které mají nejvýraznější vliv na texturní parametry, ať už v pozitivním či negativním smyslu.
- u vyrobených modelových vzorků taveného sýra:
  - změřit hodnotu pH (vždy po 14-ti dnech skladování vzorků),
  - provést texturní analýzu (po 14-ti a po 30-ti dnech skladování),
  - zhodnotit proveditelnost tavy, senzorické posouzení vzhledu, homogenity a roztíratelnosti u každé vyrobené řady vzorků taveného sýra,
  - vyhodnotit získané výsledky, provést jejich diskuzi a následně vyhodnotit závěry.

## 4 METODIKA PRÁCE

### 4.1 Výroba modelových vzorků taveného sýra

Pro výrobu modelových vzorků tavených sýrů byly použity následující suroviny: přírodní sýr - eidamská cihla (50 % w/w sušina, 30 % w/w tuku v sušině, prozrálost 7 týdnů), máslo (84 % w/w sušina, 82 % w/w tuk) pitná voda, tavicí soli (HBS, SF4, S4SS, Benckiser-Knapsack, Landenburg, Německo) a alginát sodný (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). Alginát sodný byl k dispozici od jednoho výrobce ve třech výrobních druzích, dále značených jako AlgNa1, AlgNa2, AlgNa3.

Jednotlivé druhy sodných alginátů se vzájemně liší viskozitou poskytovaných roztoků a gelů, pravděpodobně tedy i distribucí molekulových hmotností alginátových molekul.

Finální utavené modelové vzorky taveného sýra obsahovaly 40 % w/w sušiny a 50 % w/w tuku v sušině.

Do tavicího zařízení (Thermomix TM 31-1 od firmy Vorwerk (Vorwerk & Co. Thermomix); GmbH, Německo) se nejprve dávkoval nakrájený přírodní sýr (kostky eidamu o velikosti cca 2 cm x 2 cm x 2 cm, před tavením uložené do misky s víčkem, aby se zabránilo osychání sýra), poté máslo, pitná voda (pomocí odměrného válce) a nakonec tavicí soli (v koncentraci 2,5 % w/w) a konkrétní alginát sodný. Přesné surovinové skladby a gramáže jednotlivých surovin jsou uvedeny v příloze (I,II,III). Směs surovin se tavila při teplotě 90 °C s dobou výdrže 1 minuty při počtu otáček 4000 za minutu. Celková doba tavení činila 10 - 12 minut. Každá výroba s určitou koncentrací alginátu sodného byla provedena po dvou sériích.

Utavená směs se za horka nalévala do plastových polypropylenových vaniček (průměr 52 mm, výška 50 mm), které byly uzavřeny zažehlením hliníkové folie. Následovalo zchlazení (do dvou hodin od výroby) a uskladnění utavených vzorků sýra v ledničce při teplotě 6±2 °C. Při této teplotě byly skladovány 14 až 30 dní do provedení měření pH, sensorického posouzení a analýzy texturních vlastností.

## 4.2 Zjišťování vybraných parametrů u modelových vzorků taveného sýra

Po 14-ti dnech byl proveden odběr vzorků za účelem měření pH, sensorického posouzení a texturní analýzy. Po 30-ti dnech byla u modelových vzorků prováděna pouze texturní analýza. U vzorků byl rovněž kontrolně zjišťován obsah sušiny podle normy ISO 5534 (2004). Proveditelnost tavy byla hodnocena na základě sensorického posouzení vzhledu, homogenity a konzistence na makroskopické úrovni.

pH bylo měřeno pomocí vpichového pH metru (Sper, Eutech Instruments, Oakton, Malaysia) při teplotě  $16 \pm 1$  °C.

Analýza texturních vlastností se prováděla pomocí texturního analyzátoru TA.XT.plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie) viz. příloha IV. Texturní vlastnosti se zjišťovaly pomocí dvou penetračních cylindrických ocelových sondy P20 (průměr 20 mm) do hloubky 10 mm (rychlost sondy:  $2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ , působící síla 5 g). Vzorky byly před vlastním měřením temperovány v temperační komoře (4 hodiny při 16 °C). Sledovány a porovnávány byly následující parametry: pevnost vzorků, vyjádřená jako maximální síla (N) potřebná k deformaci vzorku, dále lepivost (přilnavé síly mezi sýrem a povrchem sondy) a soudržnost (síla vnitřních vazeb sýra). Získané údaje byly zpracovány programem Exponent Lite (verze 4.0.13.0), dodaný výrobcem analyzátoru.

## 4.3 Popis experimentální činnosti

Abychom byli schopni posoudit vliv přídavku sodných alginátů na vybrané texturní vlastnosti taveného sýra bylo postupováno následujícím způsobem:

Celkem byly utaveny tři řady:

První řada se vyráběla v přítomnosti tavicích solí (přídavek 2,5 % w/w) a alginátu sodného. Použily se tři výrobní druhy alginátů sodných (AlgNa1, AlgNa2, AlgNa3) o koncentraci: 0,1 %; 0,25 %; 0,5 %; 1,0 % w/w. Tavilo se vždy po dvou sériích a součástí každé série byl kontrolní vzorek (KTS), tj. vzorek utavený pouze s tavicími solemi bez přídavku alginátů – pro kontrolu působení tavicích solí. Podstatou této činnosti bylo orientační zjištění, který typ alginátu sodného, případně, která použitá koncentrace se nejlépe (či nejhůře) projevila na texturních vlastnostech taveného sýra. Celkově bylo v rámci první řady provedeno 26 taveb. Přesná surovinová skladba použitá v první řadě tavení je uvedena v příloze I.

Druhá řada se tavila pouze v přítomnosti základních surovin a alginátů sodných bez tavicích solí. Opět se použily tři výrobní typy alginátů sodných o použitých koncentracích stejných jako v případě první řady (0,1 %; 0,25 %; 0,5 %; 1,0 % w/w). Tavilo se po dvou sériích s kontrolními vzorky a celkovým počtem 26-ti taveb. Účelem druhé výrobní řady bylo zjištění, jaký je jejich vlastní účinek na texturní parametry taveného sýra, a případně posouzení, zda-li jsou sodné algináty schopny (alespoň do určité míry) nahradit tavicí soli. Přesná surovinová skladba, je uvedena v příloze II.

V rámci výroby třetí řady modelových vzorků taveného sýra se kromě základních surovin použily tavicí soli a vybraný alginát sodný (AlgNa1) o koncentraci 0,05 % - 0,8 % w/w s postupným zvyšováním po 0,05 % w/w. Součástí každé série je opět kontrolní vzorek. Cílem třetí řady bylo najít konkrétní koncentrace alginátu sodného, které se svým účinkem nejvíce projevují na texturních vlastnostech taveného sýra. Celkem bylo v rámci třetí řady utaveno 34 taveb. Přesná surovinová skladba je uvedena v příloze III.

U každé řady byla posouzena proveditelnost tavby, senzoricky zhodnocena homogenita, vzhled, konzistence, roztíratelnost vyrobených vzorků taveného sýra.

## 5 VÝSLEDKY A JEJICH HODNOCENÍ

### 5.1 První utavená řada

#### 5.1.1 Naměřené hodnoty pH u 1. utavené řady

Porovnáním výsledných hodnot pH vzorků s algináty a vzorků KTS (kontrolní vzorky bez alginátů) je viditelné, že přítomnost sodných alginátů v taveném sýru nemá výrazný vliv na změnu hodnoty pH. Vliv jednotlivých druhů sodných alginátů na hodnotu pH se vzájemně odlišuje minimálně.

Tab. 1. Hodnoty pH naměřené u první utavené řady.

Typ alginátu	Koncentrace alginátu sodného							
	0,10 % (w/w)		0,25 % (w/w)		0,50 % (w/w)		1,00 % (w/w)	
	*	pH ( $\pm 0,01$ )	*	pH ( $\pm 0,01$ )	*	pH ( $\pm 0,01$ )	*	pH ( $\pm 0,01$ )
AlgNa1	+	<sup>1)</sup> 5,32	+	5,38	+	5,40	+	5,40
	+	<sup>2)</sup> 5,38	+	5,38	+	5,38	+	5,40
AlgNa2	+	<sup>1)</sup> 5,37	+	5,44	+	5,44	+	5,45
	+	<sup>2)</sup> 5,42	+	5,40	+	5,43	+	5,44
AlgNa3	+	<sup>1)</sup> 5,34	+	5,36	+	5,36	+	5,37
	+	<sup>2)</sup> 5,32	+	5,36	+	5,35	+	5,39

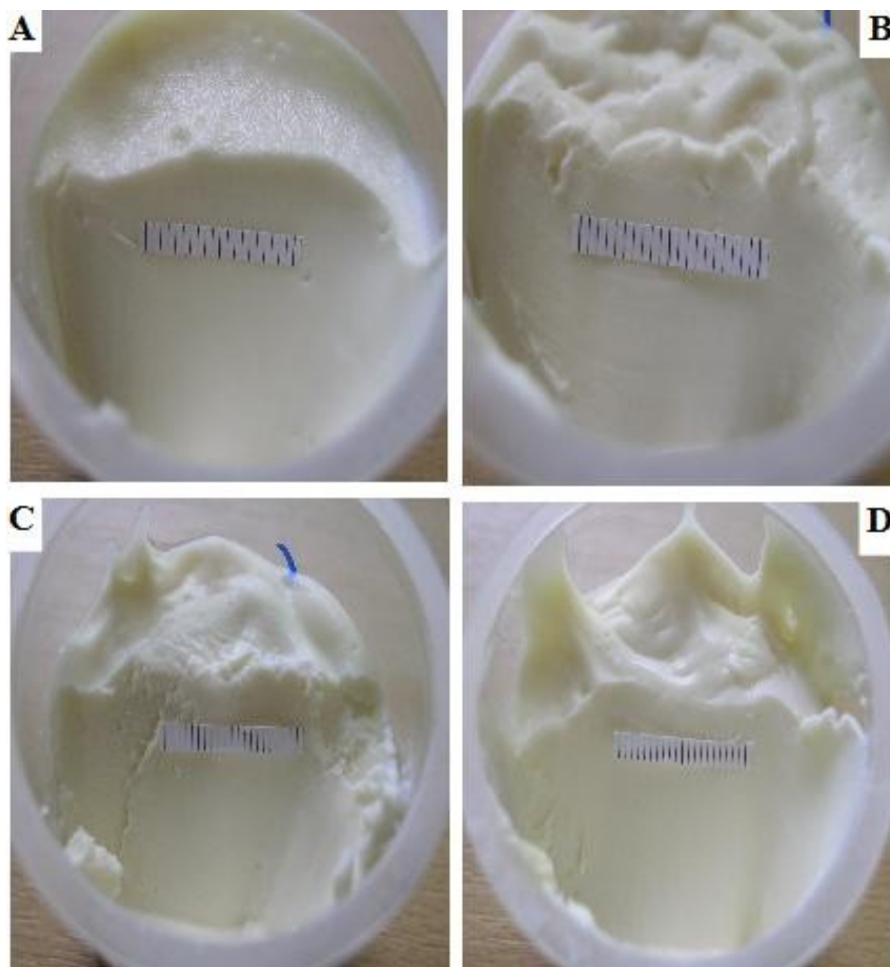
KTS	+	<sup>1)</sup> 5,31
	+	<sup>2)</sup> 5,39

Vysvětlivky: <sup>1)</sup> hodnoty pH naměřené u 1. série, <sup>2)</sup> hodnoty pH naměřené u 2. série, „\*“ proveditelnost tavby, „+“ tavba byla proveditelná, „-“ tavba nebyla proveditelná, „N“ neměřeno.

Naměřené hodnoty pH vzorků taveného sýra se pohybují v rozmezí 5,32 – 5,45, což odpovídá optimálnímu rozmezí pH taveného sýra, které navrhuje některé studie [50,51].

### 5.1.2 Senzorické hodnocení utavených vzorků 1. řady

Všechny vzorky utavené v rámci 1. řady vykazovaly v celém svém objemu homogenní konzistenci, bez oddělování jednotlivých vrstev, lesklý, hladký vzhled a roztíratelný charakter. Odlišnost mezi jednotlivými druhy alginátů a jejich použité koncentraci spočívala v rozdílné tuhosti jednotlivých vzorků taveného sýra.



Obr. 7. A) KTS, B) AlgNa1\_0,5 %, C) AlgNa2\_0,5 %, D) AlgNa3\_0,5 %.



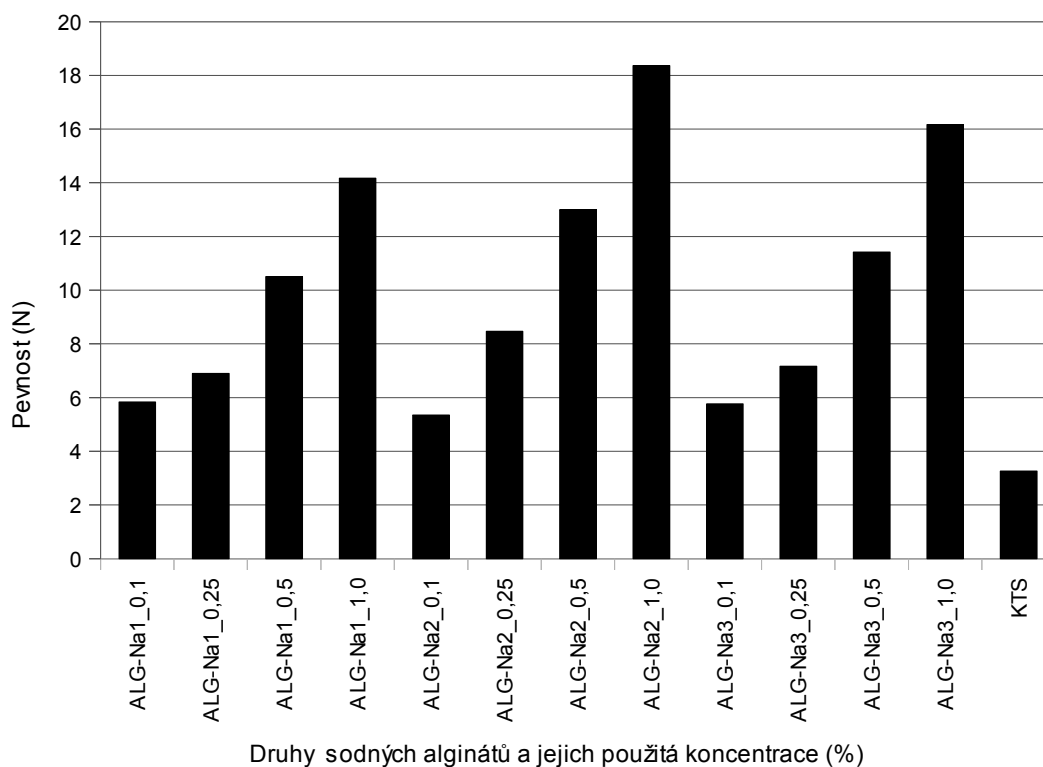
Tavby všech vzorků v první utavené řadě byly proveditelné, finální modelové vzorky taveného sýra vykazovaly přijatelnou konzistenci, vzhled a homogenitu. Při tomto sensorickém posouzení na makroskopické úrovni, byly jako nejpřijatelnější, vyhodnoceny modelové vzorky s koncentrací alginátů do 0,5 % w/w.

### 5.1.3 Analýza texturních vlastností utavených vzorků 1. řady

Naměřené hodnoty pevnosti vzorků jsou zobrazeny v grafu č. 1 (po 14 dnech skladování) a grafu č. 2 (po 30 dnech skladování).

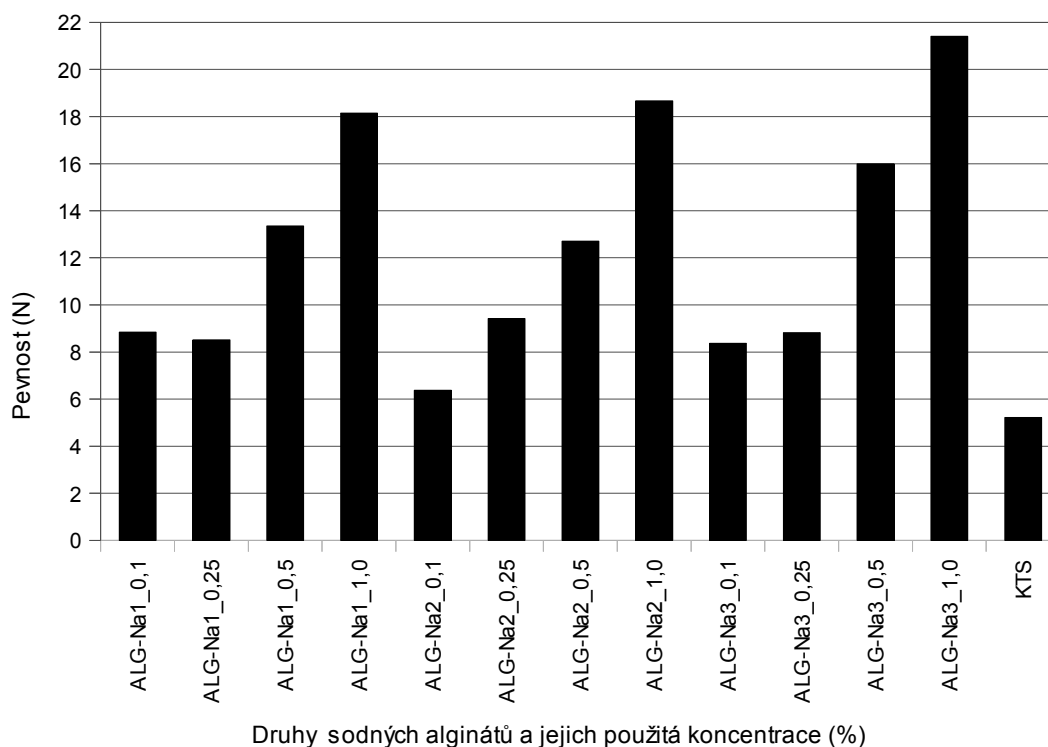
Z grafického provedení je viditelné, že vzorky utavené v přítomnosti sodných alginátů vykazují pevnější charakter, než je tomu u kontrolního vzorku, kde jsou pouze tavící soli. Obecně se dá říci, že se stoupající koncentrací použitého alginátu sodného roste i pevnost vzorku. Jednotlivé druhy sodných alginátů se na pevnosti vzorků taveného sýra projeví podobným způsobem, lze říci, že druh AlgNa2 poskytoval vzorky taveného sýra nepatrně pevnějšího charakteru.

Graf 1. Výsledky pevnosti utavených vzorků 1. řady skladované 14 dní



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přídavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

Graf 2. Výsledky pevnosti utavených vzorků 1.řady skladované 30 dní



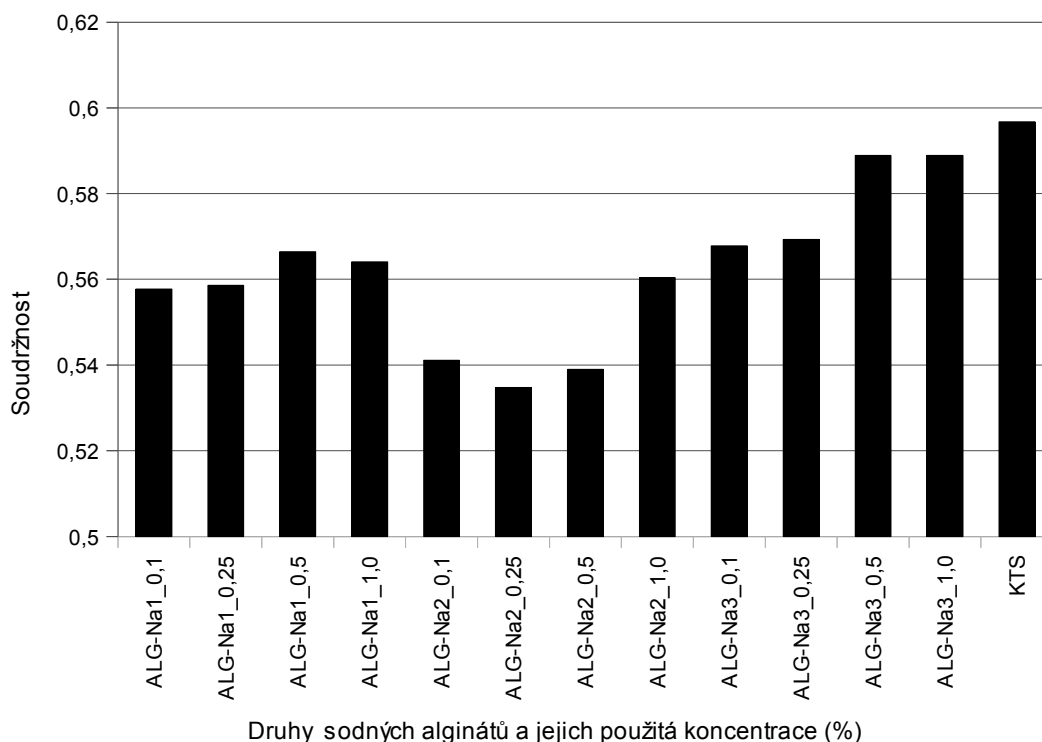
Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přídavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

Je zřejmé, že prodloužením doby skladování došlo většinou k výraznému zvýšení pevnosti. Hodnoty pevnosti jsou v tomto případě většinou značně vyšší, než tomu bylo u hodnot pevnosti změřených u vzorků skladovaných 14 dní. Potvrzuje se tak studie od Awada et al. [102], která uvádí, že hodnoty pevnosti se s dobou skladování zvyšují. Důvodem mohou být změny chemických vlastností finálního výrobku taveného sýra, především změny pH. Zde opět platí přímá úměrnost mezi stoupající použitou koncentrací alginátu a zvyšující se hodnotou pevnosti. Stejně jako v případě vzorků skladovaných 14 dní i zde platí, že všechny tři typy alginátů a jejich použité koncentrace ovlivňují hodnoty pevnosti podobným způsobem, žádný ze třech použitých druhů alginátů se svým účinkem na hodnotu pevnosti výrazně neodlišuje.

Naměřené hodnoty soudržnosti utavených vzorků jsou zobrazeny v grafu č. 3 (po 14 dnech skladování) a grafu č. 4 (po 30 dnech skladování).

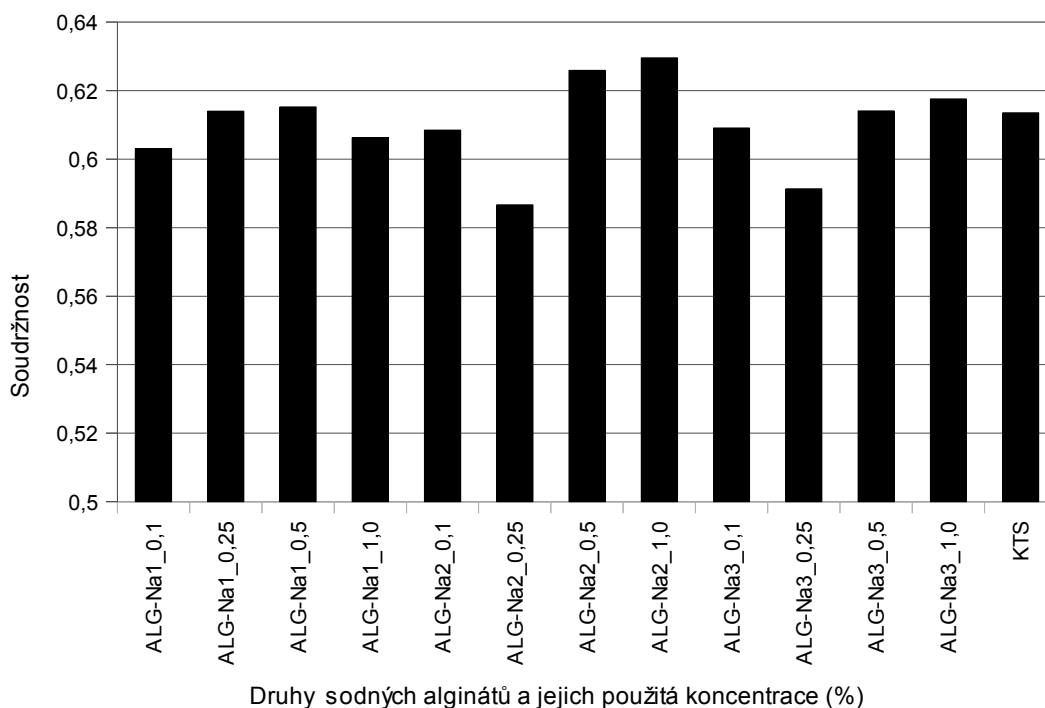
Výsledky ukazují, že sodné algináty přítomné ve vzorcích taveného sýra spíše snižují jejich soudržnost, při porovnání s hodnotou soudržnosti kontrolního vzorku, obsahujícího pouze tavicí sůl. Je ale zřejmé, že vyšší použité koncentrace sodných alginátů podporují vznik soudržnější konzistence taveného sýra, než je tomu za použití nižších koncentrací. Porovnáním jednotlivých hodnot soudržnosti mezi jednotlivými druhy alginátů a jejich použitými koncentracemi s hodnotou soudržnosti kontrolního vzorku lze říci, že algináty nemají příliš zásadní vliv na soudržnost vzorků taveného sýra. Nižší soudržností se projevil vzorek AlgNa2 (0,25 % a 0,5 % w/w). Vzorky soudržnější konzistence byly zjištěny hlavně u vzorků taveného sýra, kde byl použit druh AlgNa3, především vyšší použité koncentrace tohoto typu alginátu sodného (0,5 % a 1,0 % w/w) se nejvíce přibližovaly hodnotě soudržnosti kontrolního vzorku. U vzorků, kde byl použit druh AlgNa1, se hodnota soudržnosti se zvyšující-se koncentrací alginátu příliš neměnila.

Graf 3. Výsledky soudržnosti utavených vzorků 1.řady skladované 14 dní



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přidavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

Graf 4. Výsledky soudržnosti utavených vzorků 1.řady skladované 30 dní



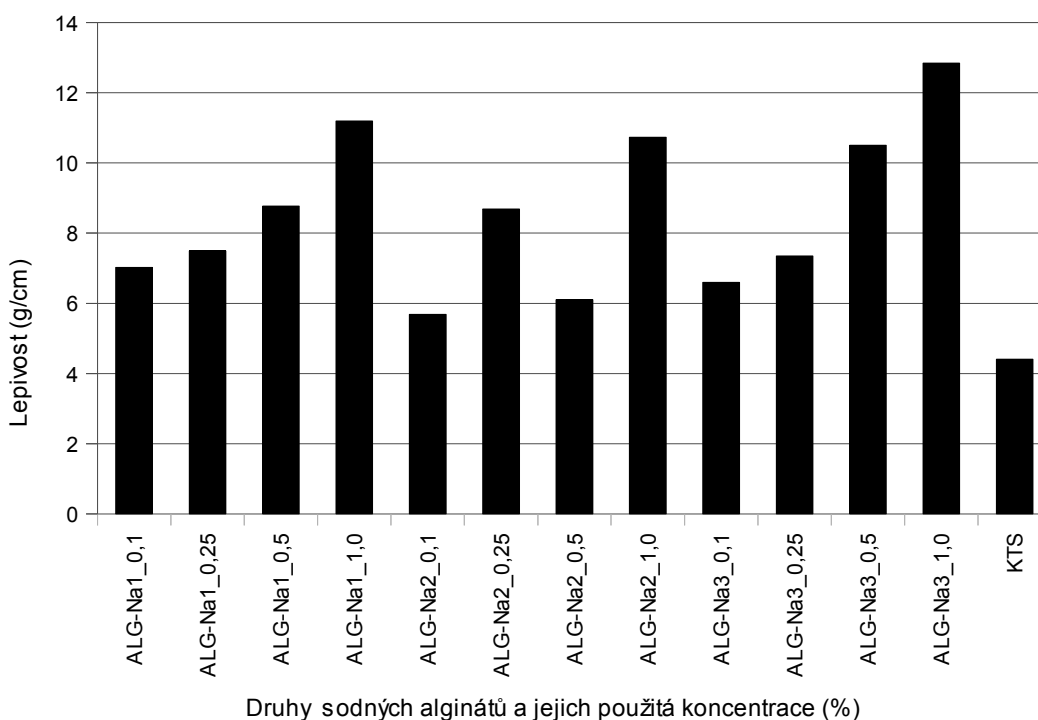
Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přidavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

Při porovnávání hodnot soudržnosti vzorků skladovaných 14 dní a vzorků skladovaných 30 dní lze postřehnout zvýšení hodnoty soudržnosti u většiny vzorků skladovaných delší dobu. Průběh u jednotlivých vzorků není stejný, neplatí zde jednoznačně přímá úměra jako v případě hodnot pevnosti. I přes nestejný vývojový trend je viditelné, že mírně vyšší hodnoty soudržnosti většinou připadají na vzorky s vyšší použitou koncentrací alginátů. Platí zde, stejně jako u vzorků skladovaných 14 dní, že všechny tři typy alginátů a jejich použité koncentrace mají obdobný, nevýrazný vliv na hodnoty soudržnosti. Změny soudržnosti během skladování mohou být vyvolány změnami chemických vlastností, které ovlivňují meziproteinové vazby a konečný stav emulze [102].

Naměřené hodnoty lepivosti vyrobených vzorků jsou zobrazeny v grafu č. 5 (po 14 dnech skladování) a grafu č. 6 (po 30 dnech skladování).

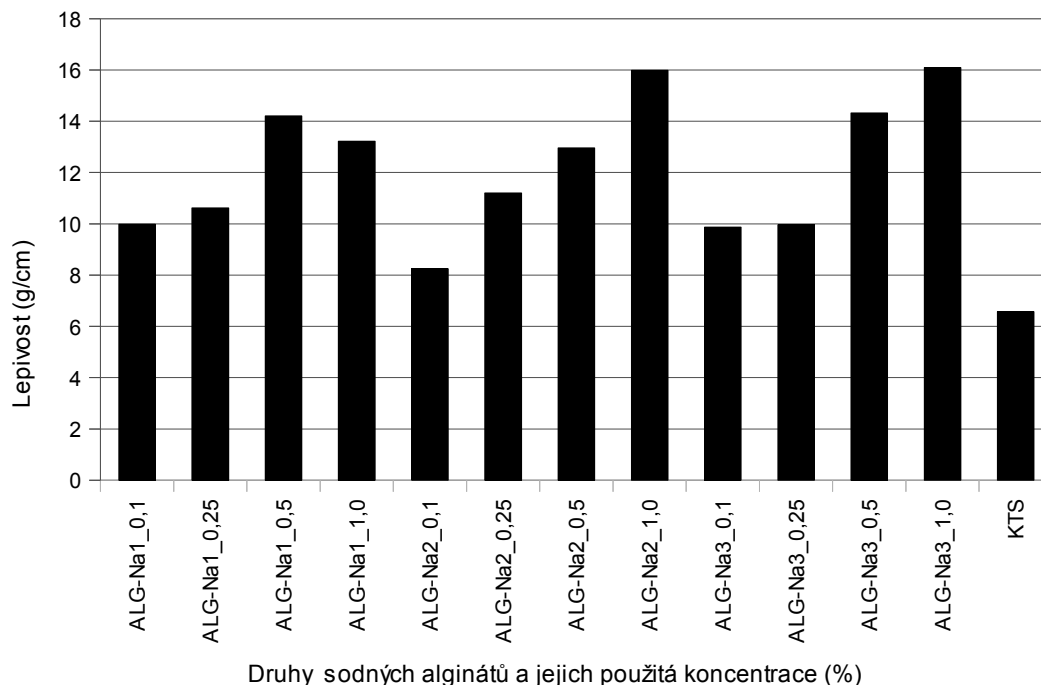
Z grafického provedení je zřejmé, že se stoupající koncentrací použitého alginátu sodného stoupá i lepivost vzorků. Hodnoty lepivosti zde vykazují podobný vývojový trend jako u hodnot pevnosti. Vzorky, kde se použil druh AlgNa2 vykazují sice kolísavý průběh, ale i tak je viditelné, že nejvyšší použitá koncentrace tohoto druhu alginátu sodného poskytuje ze všech použitých koncentrací tohoto typu nejvyšší hodnotu lepivosti. Přídavek alginátu sodného má za následek zvýšení lepivosti vzorku oproti hodnotě lepivosti kontrolního vzorku. Nejnížší lepivost byla sledována u vzorků, kde byly přidány nejnižší koncentrace alginátu. Nejvyšší lepivost byla zjištěna u vzorků AlgNa3, při použití vyšších koncentrací (0,5 %; 1,0 %), naopak nejnižší lepivost při použití druhu AlgNa2 (0,1 %).

Graf 5. Výsledky lepivosti utavených vzorků 1.řady skladované 14 dní



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přídavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

Graf 6. Výsledky lepivosti utavených vzorků 1.řady skladované 30 dní



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přídavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

I pro hodnoty lepivosti platí, že s prodlužující-se dobou skladování se hodnoty lepivosti u vzorků zvyšují. Zjištěné výsledky se opět shodují s prací Awada et al. [102], která uvádí, že během skladování vzorků (za chladírenské i pokojové teploty) se zvyšuje hodnota pevnosti i lepivosti, což je přičítáno rozkladu tavicích solí a následnému poklesu pH. Naměřené hodnoty lepivosti u jednotlivých typů alginátů vykazovaly nepatrné rozdíly, a je zřejmé, že vyšší použité koncentrace alginátů se projeví vyšší hodnotou lepivosti. Nejméně lepivý je kontrolní vzorek obsahující pouze tavicí sůl, i u tohoto vzorku se lepivost prodloužením doby skladování zvýšila.

## 5.2 Druhá utavená řada

### 5.2.1 Naměřené hodnoty pH u 2. utavené řady

Druhá řada výrobků tavená bez přítomnosti tavicích solí pouze s algináty potvrzuje, že algináty sami o sobě nemají značný vliv na změnu hodnoty pH. Výsledky ukazují, že sodné algináty nejsou funkčně schopny plně nahradit tavicí soli, protože většina taveb nebyla proveditelná. Při použití AlgNa1 se utavily pouze vzorky s koncentrací 0,25 % (1.série), u AlgNa2 se jako přijatelný jevil vzorek s použitou koncentrací 0,1 % (1.série), při použití AlgNa3 byly nejlépe hodnoceny vzorky s koncentrací 0,25 % (1.série) a 1 % (1.série).

Tab. 2. Hodnoty pH naměřené u druhé utavené řady.

Typ alginátu	Koncentrace alginátu sodného							
	0,10 % (w/w)		0,25 % (w/w)		0,50 % (w/w)		1,00 % (w/w)	
	*	pH ( $\pm 0,01$ )	*	pH ( $\pm 0,01$ )	*	pH ( $\pm 0,01$ )	*	pH ( $\pm 0,01$ )
AlgNa1	-	<sup>1)</sup> N	+	5,67	-	N	-	N
	-	<sup>2)</sup> N	-	N	-	N	-	N
AlgNa2	+	<sup>1)</sup> 5,68	-	N	-	N	-	N
	-	<sup>2)</sup> N	-	N	-	N	-	N
AlgNa3	-	<sup>1)</sup> N	+	5,71	-	N	+	5,71
	-	<sup>2)</sup> N	-	N	-	N	-	N

KTS	+	<sup>1)</sup> 5,52
	+	<sup>2)</sup> 5,51

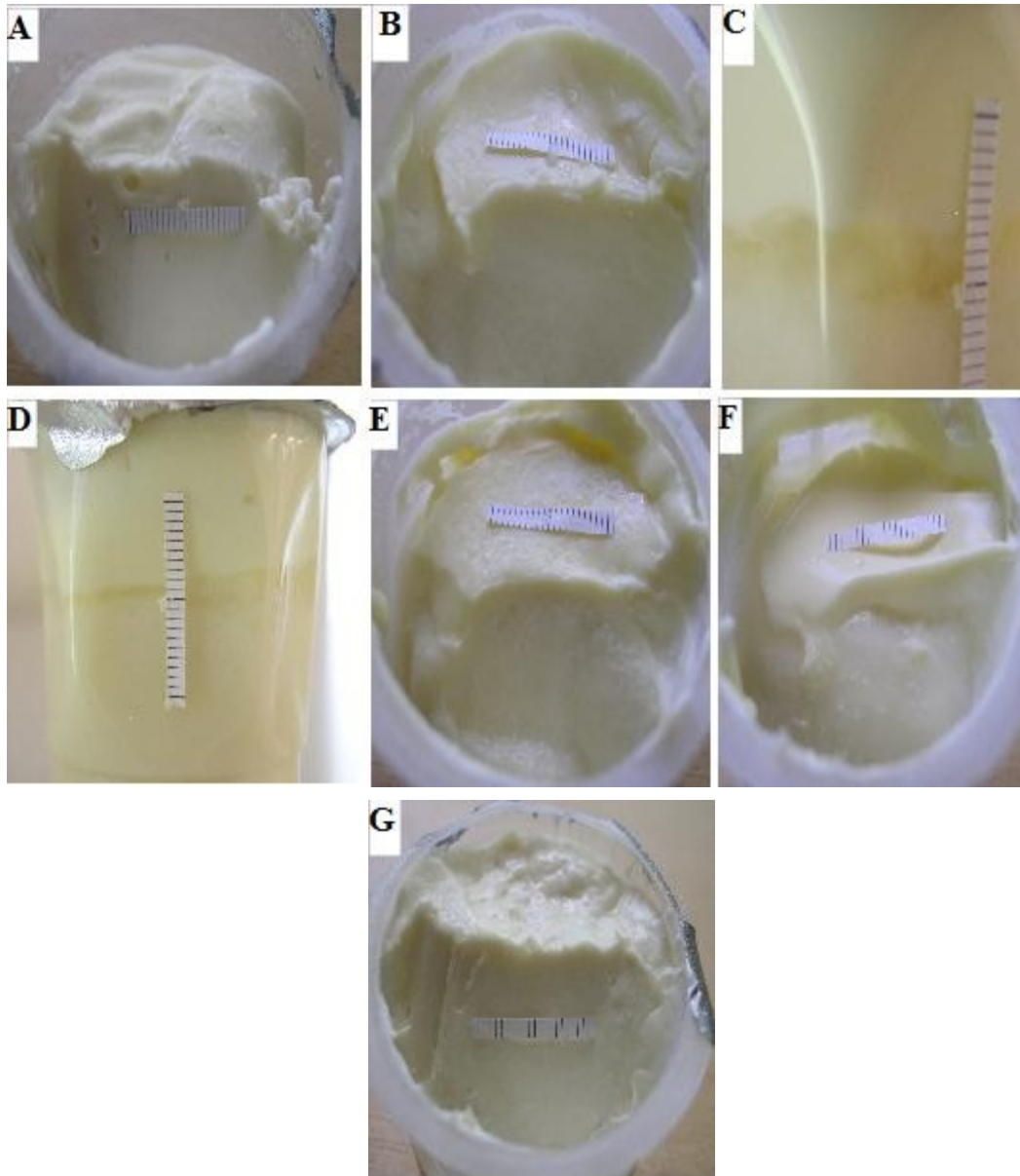
Vysvětlivky: <sup>1)</sup> hodnoty pH naměřené u 1. série, <sup>2)</sup> hodnoty pH naměřené u 2. série, „\*“ proveditelnost tavy, „+“ tavba byla proveditelná, „-“ tavba nebyla proveditelná, „N“ neměřeno.

Z těchto výsledků lze vyvodit závěr, že v praxi je možné uvažovat pouze o částečné náhradě tavicích solí sodnými algináty. Utavitelné vzorky vykazují různé použité koncentrace alginátů a jejich naměřená hodnota pH se rovněž pohybuje v optimálním rozmezí pH dle některých studií [1,4,14,42] pro přijatelný vzhled, homogenitu a konzistenci.



### 5.2.2 Senzorické hodnocení utavených vzorků 2. řady

Při senzoričném hodnocení utavených vzorků sýra vyrobených v rámci 2. řady za nepřítomnosti tavicích solí bylo zjištěno, že vzorek AlgNa1 (0,25 %), vzorek AlgNa2 (0,1 %) a vzorek AlgNa3 (0,25 %) vykazuje značně nehomogenní konzistenci s oddělující-se tukovou složkou, vodnou složkou a proteinsacharidovou složkou viz obr. C a D.



Obr. 8. A) KTS, B) AlgNa1\_0,25%, C-D) AlgNa1\_0,25% - viditelně se oddělující vrstvy, E) AlgNa2\_0,1 %, F) AlgNa3\_0,25 %, G) AlgNa3\_1,0 %.

Naopak u vzorku AlgNa3 (1,0 %) viz obr. G, byla zjištěna homogenní struktura na makroskopické úrovni, roztíratelná konzistence, vzhled hladký a lesklý. Stejně vlastnosti jako vzorek AlgNa3 vykazoval kontrolní vzorek, obsahující tavicí soli pro snadnější srovnávání sensorických vlastností.

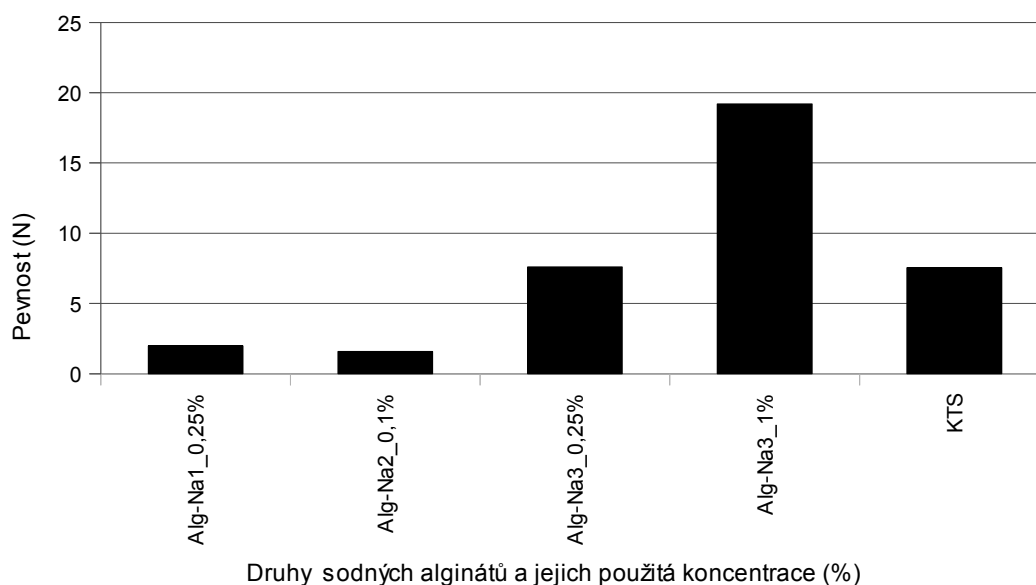
Většina vzorků bez přítomnosti tavicí soli nebyla utavitelná. Tavba byla proveditelná u pouhé třetiny z celkového množství vzorků. Lze tedy usoudit, že samotné algináty, bez tavicích solí, na výrobu taveného sýra o požadovaných texturních parametrech nestačí.

### 5.2.3 Analýza texturních vlastností utavených vzorků 2. řady

Naměřené hodnoty pevnosti vyrobených vzorků jsou zobrazeny v grafu č. 7 (po 14 dnech skladování) a grafu č. 8 (po 30 dnech skladování).

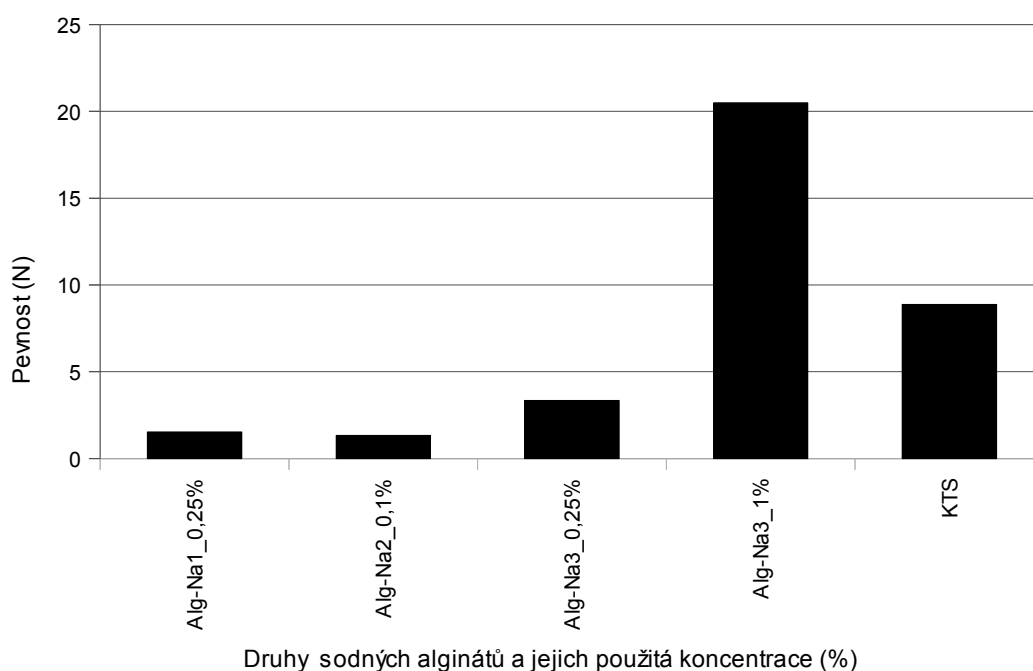
Porovnáním hodnot pevnosti těchto vzorků s hodnotami pevností vzorků, kde byla použita stejná koncentrace alginátu s přítomnými tavicími solemi, je zřejmé, že u vzorků bez tavicích solí je pevnost většinou značně nižší, než u vzorků stejné koncentrace alginátu s přítomnými tavicími solemi. Výrazně pevnější vzorek oproti ostatním druhům alginátů poskytuje pouze AlgNa3 o koncentraci 1,0 % w/w, jeho hodnota pevnosti je srovnatelná s hodnotou pevnosti ve vzorcích s tavicími solemi.

Graf 7. Výsledky pevnosti utavených vzorků 2.řady skladované 14 dní bez tavicích solí



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přidavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

Graf 8. Výsledky pevnosti utavených vzorků 2.řady skladované 30 dní bez tavicích solí



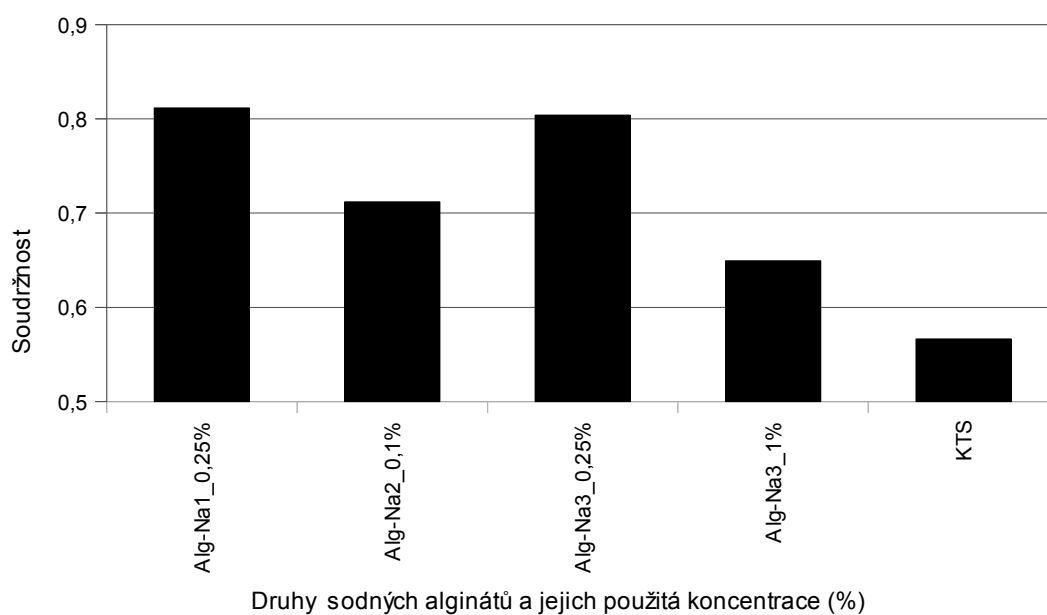
Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přidavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

Porovnáním hodnoty pevnosti u vzorků bez tavicích solí skladovaných 14 dní a 30 dní se zjistilo, že došlo u některých vzorků k mírnému nárůstu hodnoty pevnosti, u některých je hodnota pevnosti téměř stejná. Vzorky s tavicími solemi se vykazují hodnotami pevnosti značně vyššími, které se dobou skladování ještě navyšují. Rozdíl mezi vzorky s tavicími solemi a bez tavicích solí může být spojován se skutečností, že u vzorků s tavicími solemi dochází během skladování k rozkladu tavicích solí a poklesu pH, které způsobuje zvýšení pevnosti [102].

Naměřené hodnoty soudržnosti vyrobených vzorků jsou zobrazeny v grafu č. 9 (po 14 dnech skladování) a grafu č. 10 (po 30 dnech skladování).

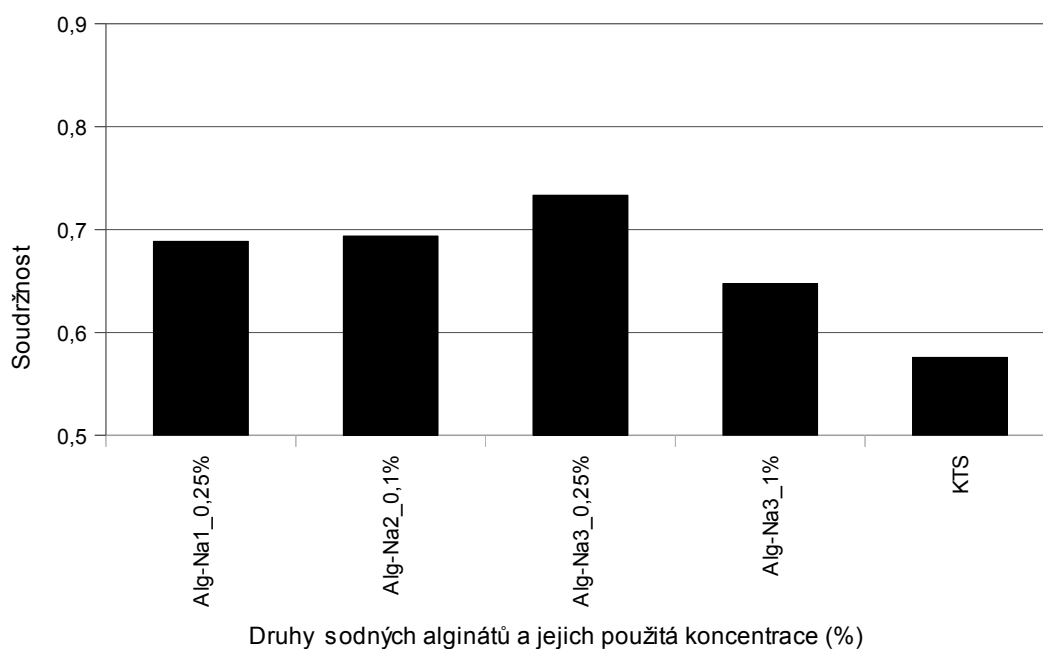
Porovnáním hodnot soudržnosti těchto vzorků bez přítomné tavicí soli a vzorků s přítomnými tavicími solemi je viditelný nárůst hodnot soudržnosti, jak oproti vzorkům s přítomnými tavicími solemi skladovanými 14 dní, tak i 30 dní. Vyšší hodnoty soudržnosti poskytuje vzorek AlgNa1 a AlgNa3 s koncentrací 0,25 % w/w. Pořád lze tvrdit, že vliv jednotlivých alginátů a jejich použitých koncentrací na hodnoty soudržnosti není tak značný jako na hodnoty ostatních texturních parametrů.

*Graf 9. Výsledky soudržnosti utavených vzorků 2.řady skladované 14 dní bez tavicích solí*



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přídavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

Graf 10. Výsledky soudržnosti utavených vzorků 2.řady skladované 30 dní bez tavicích solí



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přídavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

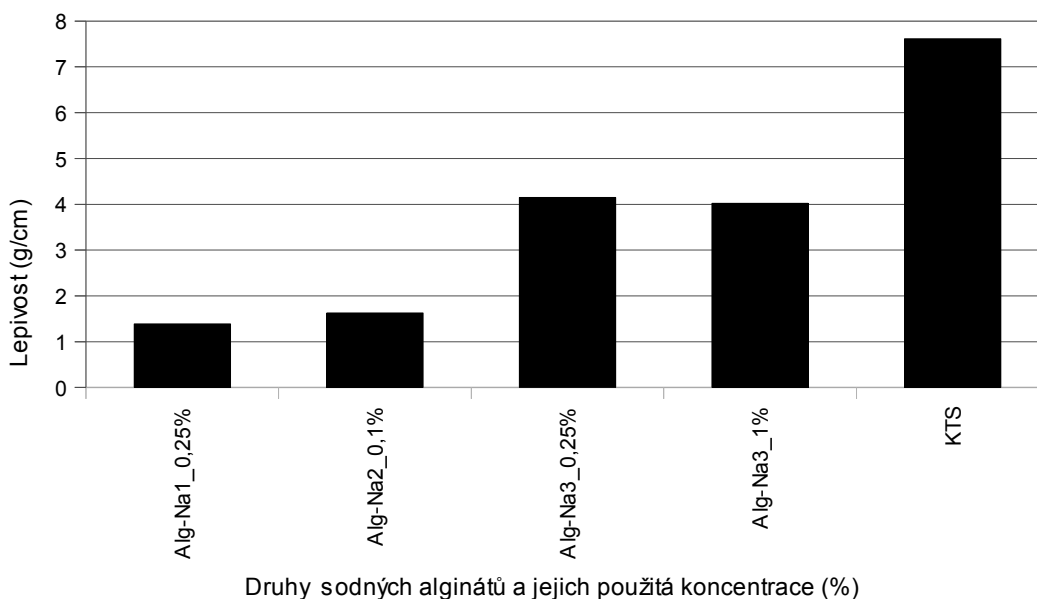
Prodloužením skladovací doby na 30 dní se hodnoty soudržnosti ve většině případů snižovaly, to je opačný vývoj, než jaký byl zaznamenán při prodloužení skladovací doby vzorků s tavicími solemi. Pořád ale platí, že hodnoty soudržnosti u vzorků bez tavicích solí skladovaných 30 dní jsou ve většině případů lehce vyšší než hodnoty soudržností zaznamenané u vzorků s přítomnými tavicími solemi skladovaných 14 i 30 dní.

Jednotlivé hodnoty soudržnosti jednotlivých alginátů a hodnoty soudržnosti kontrolního vzorku opět nevykazují významné vzájemné rozdíly což potvrzuje, že algináty nemají zásadní vliv na soudržnost taveného sýra.

Naměřené hodnoty lepivosti vyrobených vzorků jsou zobrazeny v grafu č. 11 (po 14 dnech skladování) a grafu č. 12 (po 30 dnech skladování).

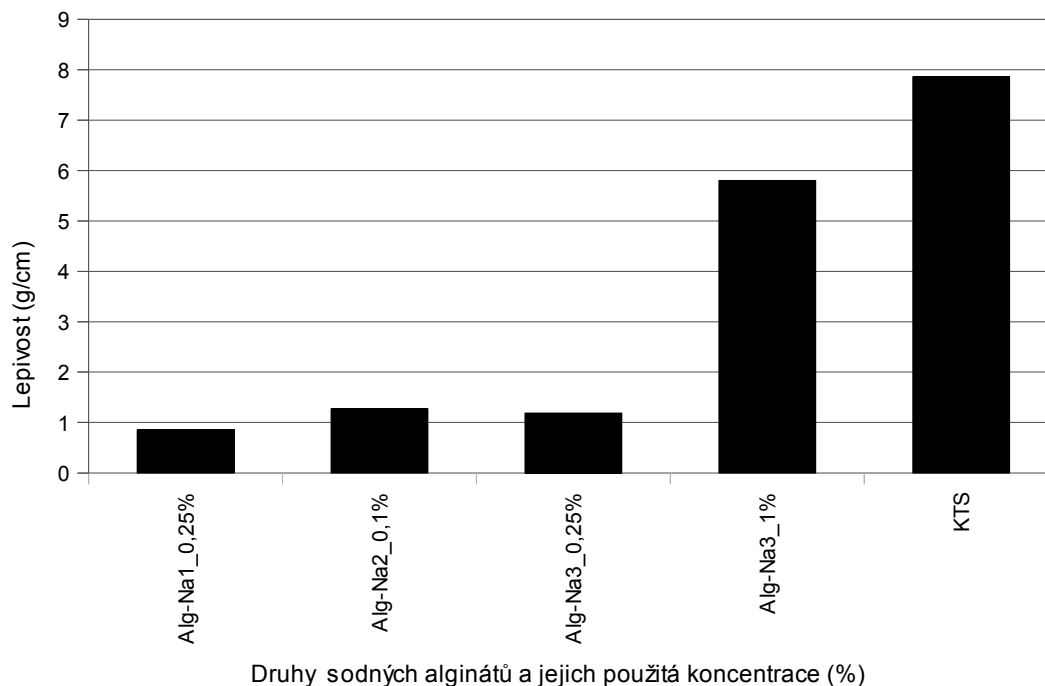
Srovnáním výsledků je zřejmé, že vzorky s přítomnými algináty bez tavicích solí vykazují většinou značně nižší lepivost, než je tomu u vzorků s tavicími solemi. Souvisí to pravděpodobně s jiným průběhem chemických změn, než tomu je u vzorků, kde jsou přítomny tavicí soli, a kde možný rozklad tavicích solí může ovlivnit hodnotu pH a chemické vlastnosti, potvrzuje to nejvyšší hodnota lepivosti u kontrolního vzorku. Vyšší hodnotou lepivosti se projevil AlgNa3 o koncentraci 0,25 % a 1 % w/w.

*Graf 11. Výsledky lepivosti utavených vzorků 2.řady skladované 14 dní bez tavicích solí*



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přídavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

Graf 12. Výsledky lepivosti utavených vzorků 2.řady skladované 30 dní bez tavicích solí



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přidavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

Hodnoty lepivosti u vzorků bez tavicích solí po 30-ti denním skladování u většiny vzorků poklesly. Je to opačná situace než v případě vzorků s přítomnými tavicími solemi, kde prodloužením skladovací doby na 30 dnů došlo k navýšení hodnoty lepivosti. Lze usoudit, že přítomnost tavicích solí podporuje zvýšení hodnoty lepivosti vzorku změnou chemických vlastností.

### 5.3 Třetí utavená řada

#### 5.3.1 Naměřené hodnoty pH u 3. utavené řady

U třetí řady se naměřené hodnoty pH pohybují opět v rozmezí 5,39 – 5,49, odpovídající optimálním hodnotám pH pro tavené sýry [50,51]. Výsledné hodnoty pH u třetí utavené řady se významně neliší od naměřených hodnot pH předchozích utavených řad. Sledování hodnot pH u třetí řady je spíše kontrolní záležitostí, podstata tavení třetí řady je více zaměřena na analýzu texturních vlastností než na sledování hodnot pH.

Tab. 3. Hodnoty pH naměřené u třetí utavené řady.

Koncentrace AlgNaI								
% (w/w)	0,05%	0,10%	0,15%	0,20%	0,25%	0,30%	0,35%	0,40%
pH cca	<sup>1)</sup> 5,42	5,40	5,40	5,41	5,42	5,42	5,41	5,40
(±0,01)	<sup>2)</sup> 5,39	5,42	5,40	5,42	5,41	5,40	5,42	5,41
% (w/w)	0,45%	0,50%	0,55%	0,60%	0,65%	0,70%	0,75%	0,80%
pH cca	<sup>1)</sup> 5,41	5,41	5,40	5,43	5,48	5,45	5,41	5,47
(±0,01)	<sup>2)</sup> 5,39	5,40	5,42	5,43	5,48	5,40	5,45	5,49

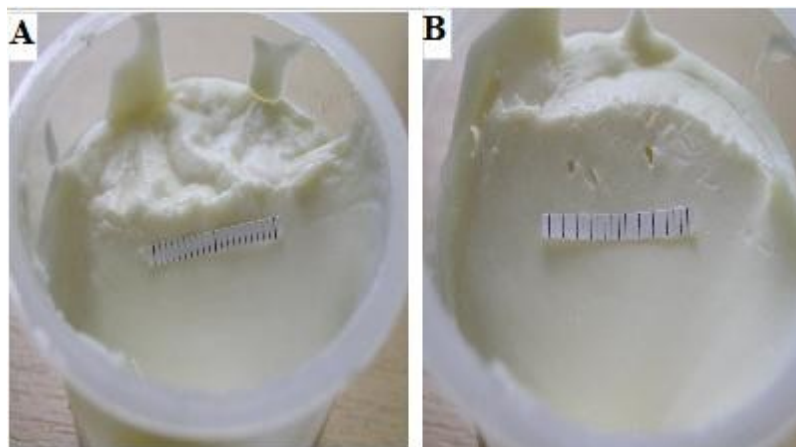
KTS	<sup>1)</sup> 5,40
	<sup>2)</sup> 5,46

Vysvětlivky: <sup>1)</sup> hodnoty pH naměřené u 1. série, <sup>2)</sup> hodnoty pH naměřené u 2. série,  
 „\*“ proveditelnost tavy, „+“ tava byla proveditelná, „-“ tava nebyla proveditelná,  
 „N“ neměřeno



### 5.3.2 Senzorické hodnocení utavených vzorků 3. řady

Při senzorickém hodnocení vzorků sýra utavených v rámci 3. řady se opět potvrdila homogenní struktura, lesklý a hladký vzhled, roztíratelný charakter u všech utavených vzorků. Podle použité koncentrace AlgNa1 se odlišovala tuhost jednotlivých vzorků taveného sýra.



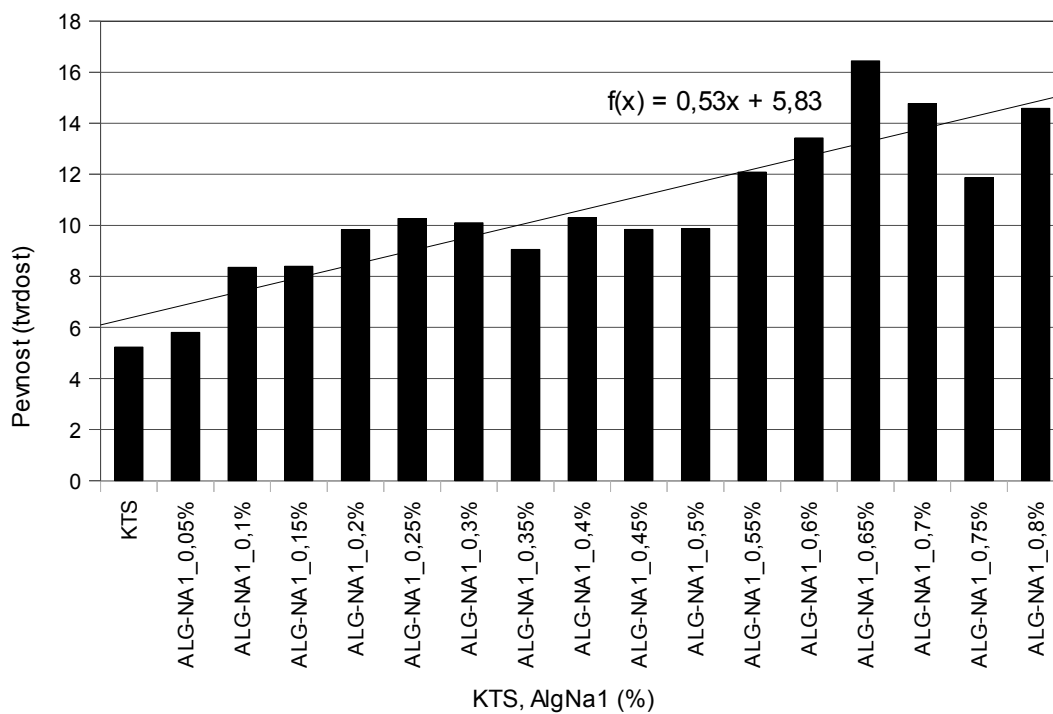
Obr. 9. A) KTS, B) AlgNa1\_0,8 %.

### 5.3.3 Analýza texturních vlastností utavených vzorků 3. řady

Naměřené hodnoty pevnosti vyrobených vzorků jsou zobrazeny v grafu č. 13 (po 14 dnech skladování) a grafu č. 14 (po 30 dnech skladování).

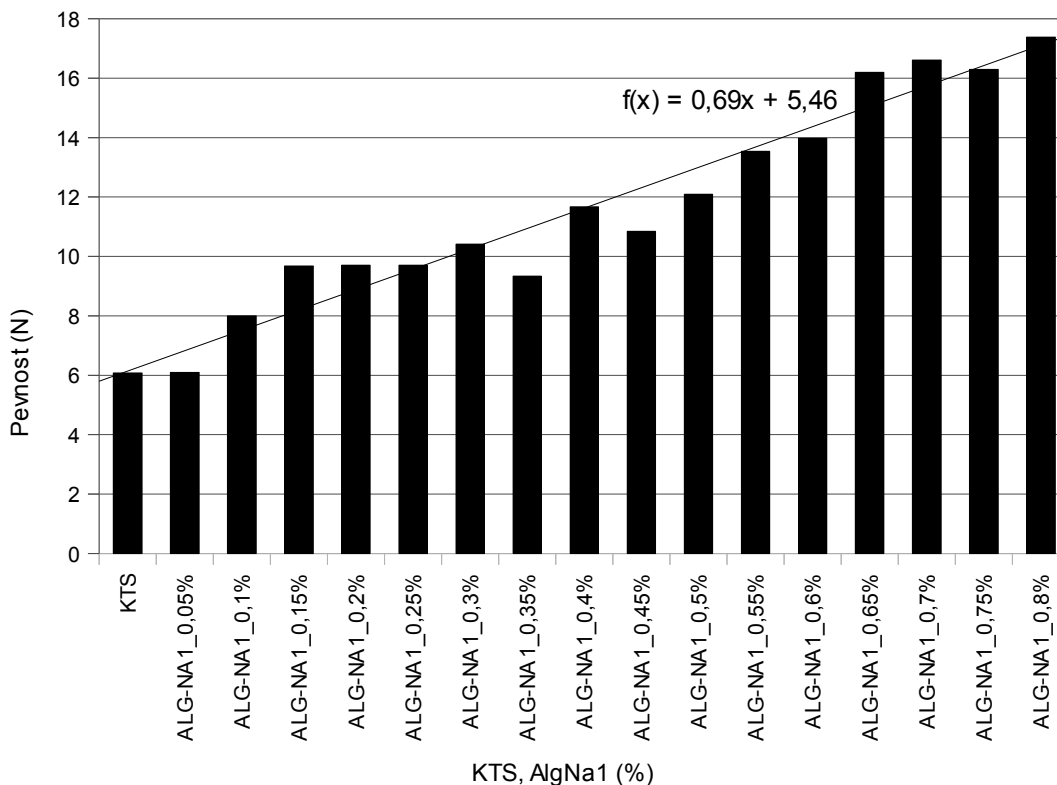
I přes kolísavý průběh lze usoudit, že se stoupající použitou koncentrací sodného alginátu AlgNa1, se pevnost vzorků taveného sýra většinou zvyšovala. Opět se potvrdilo, že sodné algináty ve vzorcích taveného sýra podporují hodnoty pevnosti vzorku. Nejvyšší pevnost byla změřena u vzorků, kde byly použity koncentrace 0,65 % a 0,70 % w/w, jako nejméně pevný vzorek byl vyhodnocen vzorek s nejnižší použitou koncentrací AlgNa1 (0,05 % w/w).

Graf 13. Výsledky pevnosti utavených vzorků 3.řady skladované 14 dní



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přidavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

Graf 14. Výsledky pevnosti utavených vzorků 3.řady skladované 30 dní



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přidavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

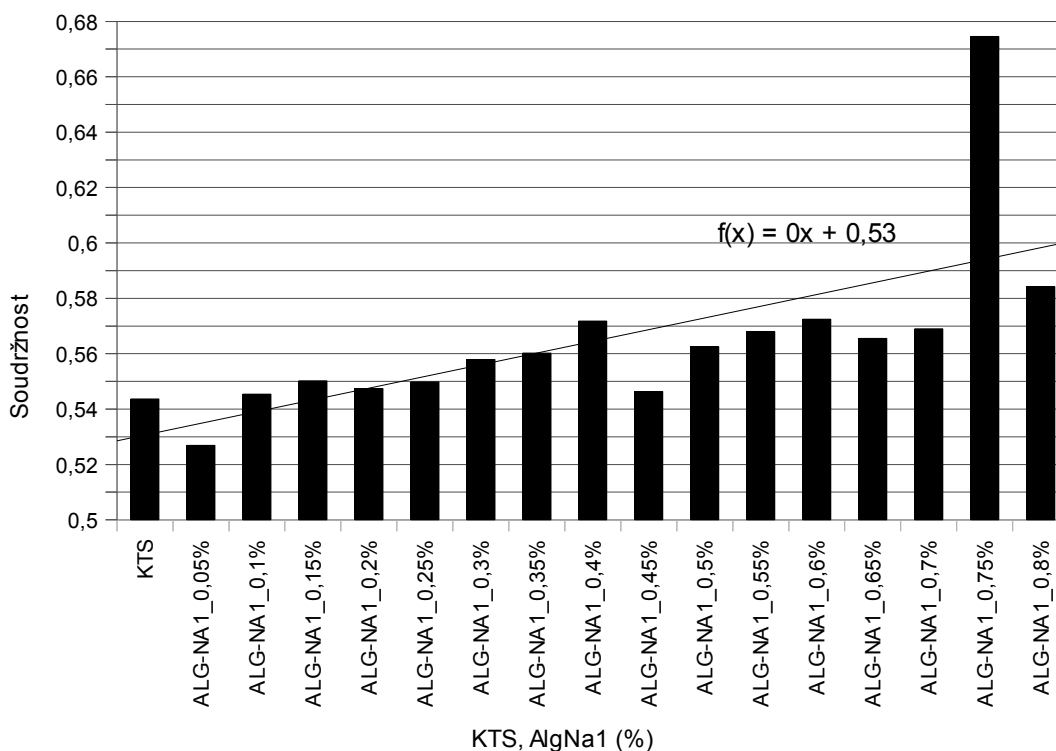
Výsledky ukazují, že i u vzorků skladovaných 30 dní, přítomnost alginátu sodného AlgNa1 podporuje zvýšení hodnoty pevnosti vzorku. Lze říci, že se stoupajícím procentuálním přidavkem AlgNa1 narůstá i pevnost vzorku taveného sýra. Změřená pevnost u vzorků skladovaných 30 dní má oproti vzorkům skladovaných 14 dní stoupající tendenci, většina vzorků vykazuje vyšší pevnost (celkem 11 vzorků), především vzorky s použitou koncentrací AlgNa1 0,4 % w/w a vyšší. V případě koncentrace 0,2 % a 0,25 % w/w lze pozorovat lehce nižší pevnost než u vzorků skladovaných 14 dní, ostatní vzorky (celkem 4 vzorky) vykazují pevnost srovnatelnou se vzorky skladovanými 14 dní.

Je možné říci, že prodloužením skladovací doby vzorků se podpořila (ve většině případů) pevnost vzorků taveného sýra.

Naměřené hodnoty soudržnosti vyrobených vzorků jsou zobrazeny v grafu č. 15 (po 14 dnech skladování) a grafu č. 16 (po 30 dnech skladování).

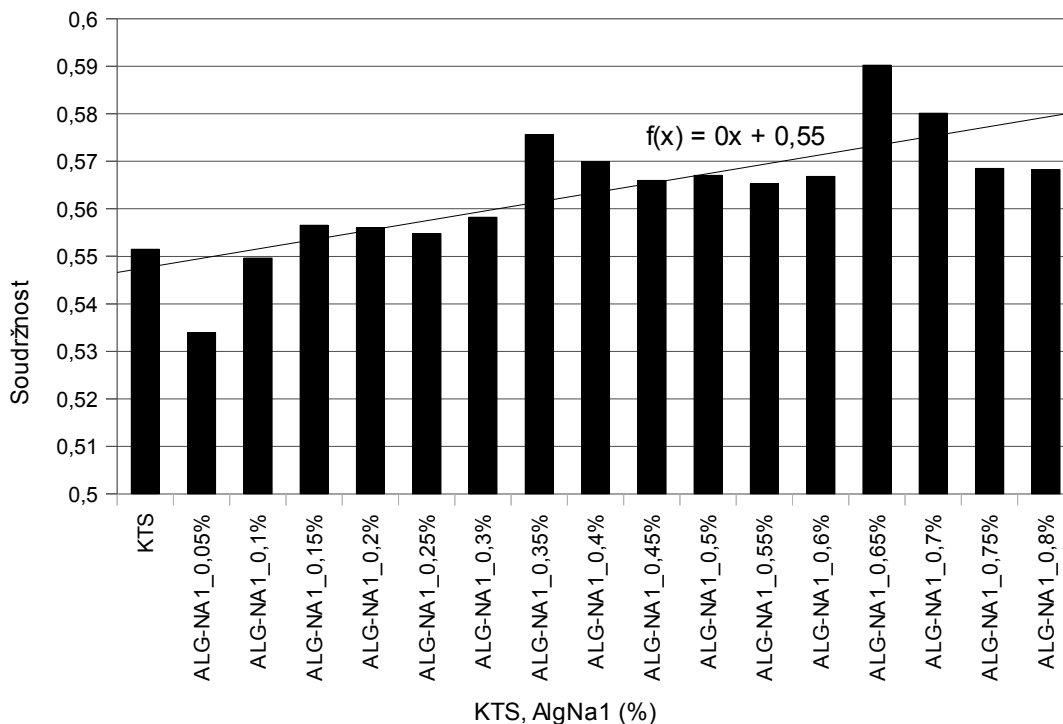
Při hodnocení soudržnosti je zřejmé, že u většiny vzorků zvýšení koncentrace sodného alginátu AlgNa1 vyvolává nevýrazné zvýšení hodnoty soudržnosti v porovnání s KTS. Nelze potvrdit přímou úměru mezi stoupajícím procentuálním přídatkem AlgNa1 a zvyšující se hodnotou soudržnosti, ale je zřejmé, že vyšší přídatek AlgNa1 má většinou za následek i mírné zvýšení soudržnosti vzorku taveného sýra. Pouze v jednom případě byla zjištěna soudržnost nižší než u kontrolního vzorku. Naopak u vzorku s přídatkem AlgNa1 0,75 % w/w byla naměřena hodnota soudržnosti v porovnání s ostatními vzorky značně vyšší. Většina změřených vzorků taveného sýra vykazují podobné hodnoty soudržnosti. Souhrnně lze tyto výsledky hodnotit stejně jako v případě první utavené řady, tedy že přídatek AlgNa1 a jeho použité koncentrace nemají výrazný vliv na změnu soudržnosti vzorku taveného sýra, maximálně soudržnost jen velmi mírně zvyšují.

Graf 15. Výsledky soudržnosti utavených vzorků 3.řady skladované 14 dní



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přídatek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

Graf 16. Výsledky soudržnosti utavených vzorků 3.řady skladované 30 dní



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přídavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

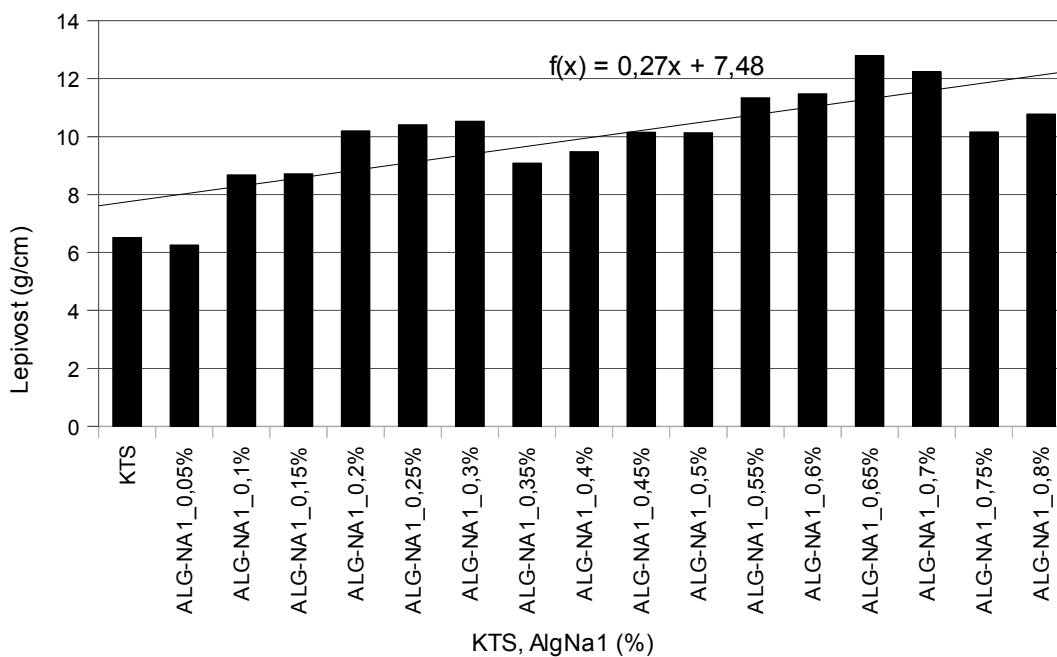
Porovnáním grafu 16 s grafem 15 je zřejmé, že prodloužení skladovací doby na 30 dnů nemá výrazný vliv na změnu soudržnosti. Oba grafy zaznamenávají podobný kolísavý průběh, v řadě případů došlo po 30-ti denním skladování jen k nepatrnému zvýšení soudržnosti. Lze usoudit, že prodloužením skladovací doby se soudržnost téměř nezměnila.

Pořád lze tvrdit, že použité koncentrace AlgNa1se svým účinkem na soudržnost příliš neliší, a že vyšší použité koncentrace AlgNa1 většinou vedly k mírnému navýšení hodnoty soudržnosti.

Naměřené hodnoty lepivosti vyrobených vzorků jsou zobrazeny v grafu č. 17 (po 14 dnech skladování) a grafu č. 18 (po 30 dnech skladování).

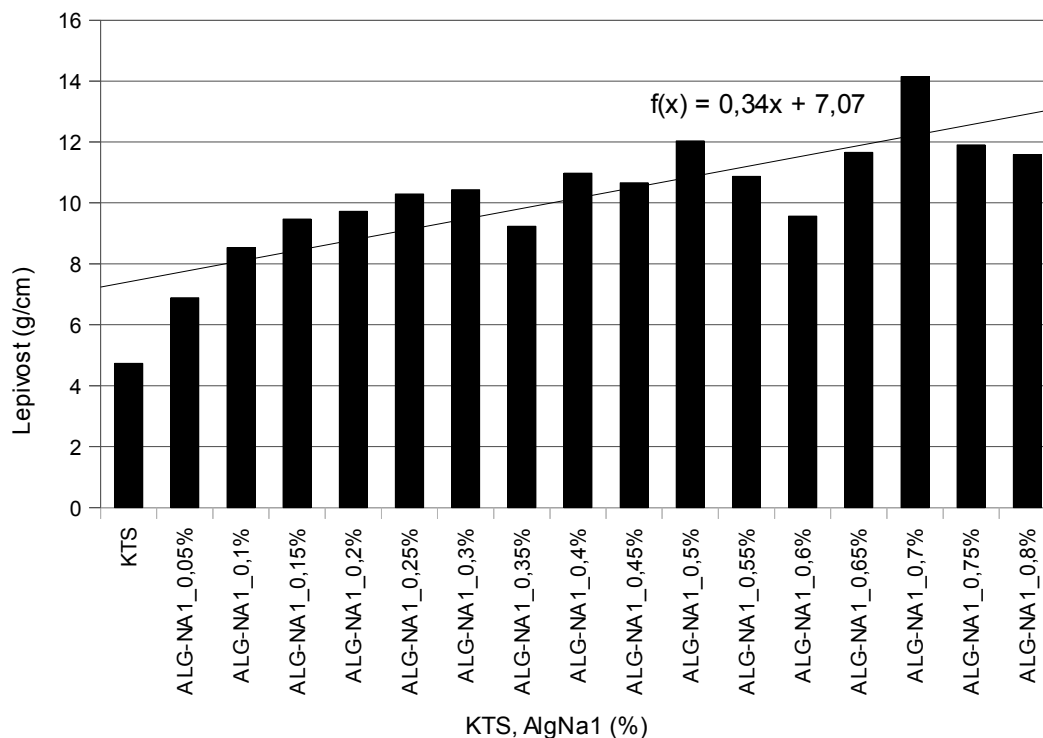
Výše uvedené výsledky potvrzují skutečnost, že vyšší použité koncentrace alginátu sodného AlgNa1 zvyšují nejen pevnost, ale zároveň (ve většině případech) i lepivost. Při porovnání grafu 13 a grafu 17, kde vzorky s nejvyšší pevností (o koncentraci AlgNa1 0,65 % a 0,70 % w/w) vykazují zároveň nejlepivější konzistenci (opět použité koncentrace AlgNa1 0,65 % a 0,70 % w/w), je tato skutečnost dobře viditelná. Jako nejméně lepivé lze vyhodnotit vzorky, kde byly použity nejnižší koncentrace sodného alginátu AlgNa1.

Graf 17. Výsledky lepivosti utavených vzorků 3.řady skladované 14 dní



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přídavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

Graf 18. Výsledky lepivosti utavených vzorků 3.řady skladované 30 dní



Vysvětlivky k grafu: př. AlgNa1\_0,1 % → Alginát sodný (první druh) jehož přídavek ve vzorku taveného sýra činí 0,1 % w/w.

Z výsledků je zřejmé, že i po 30-ti denním skladování vzorků taveného sýra lze usoudit, že přídavek AlgNa1 zvyšuje lepivost vzorků. I přes kolísavost je viditelné, že vyšší použité koncentrace AlgNa1 vedly k vyšší lepivosti vzorku.

Při porovnání grafu 18 s grafem 17 je zřejmé, že delší skladovací dobou se lepivost změnila minimálně, u některých vzorků lze pozorovat mírné navýšení lepivosti (především u vzorků s vyšší použitou koncentrací AlgNa1), naopak u některých vzorků je viditelný mírný pokles lepivosti vzorků taveného sýra.

## 5.4 Diskuze

Podstatou diplomové práce bylo posoudit vliv sodných alginátů na vybrané texturní parametry taveného sýra. Algináty jsou látky v potravinářském průmyslu běžně využívané, zejména pro jejich schopnost upravovat texturu výrobků, jejich zahušťovací a stabilizační účinky. Díky své struktuře a složení mají schopnost vazby  $\text{Ca}^{2+}$ , což je klíčová vlastnost tavicích solí, které jsou při výrobě tavených sýrů nezbytnou součástí a díky nim lze získat tavený sýr potřebných texturních parametrů. Trendem současné doby je snaha tavicí soli (alespoň částečně) nahradit podobně fungujícími látkami. Náhrada tavicích solí se stala předmětem řady studií, například Kwak et al. [23] použili částečně hydrolyzovaný kasein nebo Carić a Kaláb [6], částečně nahrazují tavicí soli monoacylglyceroly. Kromě těchto zmíněných látek byly pro tyto účely použity některé hydrokoloidy např. modifikovaný škrob, lokustová guma, karagenany, nízkomethylovaný pektin aj. [1]. Důvodem omezování přídavku tavicích solí jsou zdravotní aspekty, protože vyšší konzumace tavených sýrů potažmo tavicích solí podporuje nevyužitelnost vápníku lidským organismem a tím i vznik osteoporózy a dalších zdravotních komplikací [103]. To vše může být důvodem, proč jsou algináty v souvislosti s výrobou tavených sýrů stálým předmětem zkoumání.

Podstatou praktické části diplomové práce bylo zhodnotit účinek třech druhů sodných alginátů o různých koncentracích, použitých v přítomnosti tavicích solí i bez nich. Mimo jiné byly sledovány i případné změny po určité době skladování vzorků za chladírenských podmínek. Hodnotily se vybrané texturní parametry jako je pevnost, soudržnost a lepivost, dále byla měřena hodnota pH a prováděno sensorické posouzení na makroskopické úrovni.

Pro snadnější a efektivnější posuzování účinku alginátů byly utaveny celkem 3 řady:

V první řadě byly utaveny vzorky za přítomnosti tavicích solí obsahující jednotlivé druhy alginátů o různých koncentracích (0,1 %; 0,25 %; 0,5 %; 1 % w/w) záměrně zvolených tak, aby bylo možné orientačně posoudit vliv přídavků jednotlivých alginátů o konkrétních koncentracích na finální strukturu taveného sýra.

Shrnutím zjištěných skutečností a naměřených výsledků u první utavené řady lze říci, že:

→ Tavby všech vzorků (s různými druhy a použitými koncentracemi alginátů) s přítomnými tavicími solemi byly proveditelné. Finální vzorky taveného sýra byly po sensorickém posouzení vyhodnoceny jako homogenní s hladkou konzistencí, lesklého vzhledu a roztíratelným charakterem, s tuhostí dle použité koncentrace a typu alginátu.



Obecně byly jako konzistenčně nejvyhovující vyhodnoceny vzorky s použitou koncentrací alginátů do 0,5 % w/w.

→ Při vyhodnocování výsledků texturní analýzy lze usoudit, že jednotlivé typy alginátů poskytují srovnatelný vliv na hodnoty pevnosti, soudržnosti a lepivosti. Použitím vyšší koncentrace alginátu se ve většině případů dosáhlo zvýšení hodnot sledovaných texturních parametrů. Z výsledků je zřejmé, že přítomnost alginátů ve vzorku taveného sýra s tavíci soli zvyšuje pevnost, lepivost a mírně snižuje soudržnost vzorků taveného sýra. Delším skladováním se pak hodnoty pevnosti a lepivosti ještě výrazně navyšují, hodnoty soudržnosti se rovněž zvyšují, ale pouze velmi nevýrazně. Vyšší hodnoty pevnosti a lepivosti po delší době skladování ve vzorcích taveného sýra s přítomnou tavíci solí potvrzuje i studie Awada et al. [102], která uvádí, že zvýšení pevnosti a lepivosti může souviset s chemickými změnami (především změnami pH), které probíhají během skladování, dále uvádí, že pevnost vzorku sýra se zvyšuje s klesající hodnotou pH. Tuto situaci ve svých pracích potvrzují Thomas [102], Fukui et al. [102], Tamime et al. [102] a Younis et al. [102]. Thomas popisuje, že s nízkým pH se více agregují proteiny a proto se pevnost zvyšuje. Fukui et al. uvádí, že pevnost klesá s narůstajícím pH (5,3 – 6,2) a s narůstající zralostí sýra.

→ Naměřené hodnoty pH u této utavené řady ukazují, že jednotlivé algináty o různých koncentracích v porovnání s hodnotou pH kontrolního vzorku nemají znatelný vliv na změnu pH. Zjištěné hodnoty pH vzorků sýra první utavené řady odpovídají optimálnímu rozmezí pH pro tavené sýry, které uvádí některé studie [50,51].

V druhé řadě byly utaveny vzorky obsahující různé typy alginátů sodných o různých koncentracích (stejných jako v první řadě), zde (na rozdíl od první řady) nebyly použity tavíci soli za účelem posouzení vlastního vlivu alginátů na finální texturní vlastnosti taveného sýra. Bylo zjištěno:

→ Tavba byla proveditelná u pouhé třetiny všech zkoumaných vzorků obsahujících různé algináty o různých koncentracích. Z toho je zřejmé, že algináty nejsou schopny plně fungovat stejným způsobem jako tavíci soli. Od každého druhu alginátu byla proveditelná tavba pouze jediné z celé škály koncentrací. Většina utavitelných vzorků byla senzorycky zhodnocena jako nehomogenní, s viditelně oddělovacími-se vrstvami tuku a vody. Vyjimkou jsou vzorky, kde byl použit typ AlgNa<sub>3</sub>, vzorky obsahující 1,0 % w/w tohoto

alginátu bez přídavku tavicích solí vykazovaly konzistenci hladkou a makroskopicky homogenní v celém svém objemu.

→ Při sledování jednotlivých texturních parametrů bylo zjištěno, že rozdíl vlivu jednotlivých alginátů o různých koncentracích není zásadní, jako nejpříjemnější jsou hodnoceny vzorky s  $\text{AlgNa}_3$ , které jako jediné ze všech vzorků vyrobených bez přídavku tavicích solí, byly sensoricky kladně posouzeny, a které vykazují nejvyšší pevnost srovnatelnou s pevností KTS. Jelikož bylo utavitelné pouze malé množství vzorků, nelze jednoznačně zjistit účinek jednotlivých koncentrací. Lze říci, že pevnost a lepivost vzorků bez přítomných tavicích solí je výrazně nižší, než tomu bylo u vzorků obsahujících tavicí soli. Hodnoty soudržnosti, jsou v porovnání se vzorky obsahující tavicí soli, naopak značně vyšší. Prodloužením skladovací doby se pevnost vzorků bez tavicích solí mírně navýšila, výsledná hodnota pevnosti je pořád značně nižší než pevnost vzorků s obsaženými tavicími solemi. Soudržnost a lepivost delším skladováním poklesly, což je opačný trend než u vzorků s tavicími solemi, kde se hodnoty texturních parametrů delším skladováním spíše navyšovaly. Vyšší hodnoty lepivosti u vzorků s přítomnými tavicími solemi po určité době skladování mohou být dle Awada et al. [102] zapříčiněny rozkladem tavicích solí, což způsobí pokles pH.

→ Hodnoty pH utavitelných vzorků v rámci druhé řady jsou srovnatelné s hodnotami pH zjištěnými u první utavené řady a tím potvrzují, že samostatný vliv alginátů na hodnotu pH je minimální.

Cílem třetí řady bylo u konkrétního druhu alginátu sodného nalézt koncentrace, které se nejvíce projeví na texturních vlastnostech. Protože byly v první orientační řadě tavení nejlépe sensoricky hodnoceny vzorky s použitými koncentracemi alginátů kolem 0,5 % w/w, byly zvoleny koncentrace od 0,05 % do 0,8 % w/w s postupným zvyšováním po 0,05 % w/w. Tavení probíhalo stejným způsobem jako u první řady za přídavku tavicích solí.

→ Utavené vzorky byly po sensorické stránce vyhodnoceny stejně jako u první utavené řady. Všechny utavené vzorky měly homogenní hladkou konzistenci, lesklý vzhled a roztíratelný charakter, s tuhostí vzorků dle použité koncentrace alginátu. Naměřené hodnoty pH rovněž potvrzují hodnoty pH naměřené v případě prvního tavení.

→ I výsledky texturní analýzy většinou potvrzují hodnoty zjištěné v první utavené řadě. Se zvyšující-se použitou koncentrací AlgNa1 rostla pevnost i lepivost vzorků. Potvrdilo se, že AlgNa1 má jen mírný vliv na změnu soudržnosti, jejíž hodnoty se s rostoucí koncentrací AlgNa1 zvýšily jen minimálně. Prodloužením skladovací doby se (pravděpodobně ze stejných důvodů jako u prvního tavení) hodnoty pevnosti, lepivosti a soudržnosti u většiny vzorků mírně zvýšily. Z grafického provedení ( graf č. 13, graf č.15 a graf č. 17) je zřejmé, že použitím AlgNa1 o koncentraci 0,05 % se získá vzorek vykazující nejnižší hodnoty pevnosti, soudržnosti i lepivosti ze všech sledovaných koncentrací AlgNa1. Naopak použitím AlgNa1 o koncentraci 0,65 – 0,75 % se získá vzorek vykazující většinou nejvyšší hodnoty pevnosti, soudržnosti a lepivosti ze všech sledovaných koncentrací AlgNa1. AlgNa1 ovlivňuje hlavně hodnoty pevnosti a lepivosti – přímoúměrně ke své koncentraci, na soudržnost má vliv jen minimální a výsledky vzhledem k použité koncentraci nejsou jednoznačné.

## ZÁVĚR

Sodné algináty jsou v potravinářském průmyslu běžně používány pro svůj vliv na texturní parametry finálního produktu. Sledováním jejich struktury, vlastností a interakcí se zjistilo, že teoreticky mohou vykazovat podobnou funkci jako tavicí soli, běžně přidávané při výrobě tavených sýrů, kde jsou klíčovou složkou pro vytvoření žádoucích reologických a viskoelastických vlastností taveného sýra. Cílem diplomové práce bylo posouzení vlivu tří druhů alginátů sodných o různé použité koncentraci na vybrané texturní parametry, za přítomnosti tavicích solí i bez nich. Mimo to i jejich vliv na chemické vlastnosti, především na změnu pH. Hodnocena byla i proveditelnost tavy na základě sensorického posouzení vzhledu, konzistence a homogenity vzorků sýra na makroskopické úrovni.

Z výsledků získaných analýzou a zkoumáním vyrobených modelových vzorků taveného sýra se zjistilo:

- Vliv jednotlivých druhů alginátů sodných o různých koncentracích vykazoval podobný trend. Vyšší použité koncentrace daných alginátů většinou znamenala vyšší hodnotu sledovaného texturního parametru.
- Přítomnost alginátů sodných ve vzorcích s přítomnými tavicími solemi zvyšuje hodnoty vybraných texturních parametrů, především hodnoty pevnosti a lepivosti. Hodnoty soudržnosti algináty ovlivňují minimálně.
- Prodloužením doby skladování vzorků taveného sýra s přítomnými tavicími solemi se dosáhlo dalšího zvýšení hodnoty texturních parametrů, opět především hodnoty pevnosti a lepivosti. U vzorků tavených bez přítomnosti tavicích solí byl sledován opačný vývoj.
- Algináty nejsou schopny plně funkčně nahradit tavicí soli, je možné uvažovat pouze o částečné náhradě tavicích solí algináty, určité možnosti se nabízí s využitím přídatku 1,0 % w/w AlgNa<sub>3</sub>, který byl (jako jediný ze vzorků tavených bez tavicích solí) kladně sensoricky vyhodnocen. Vzorky utavené bez přítomných tavicích solí vykazují nízké hodnoty pevnosti a lepivosti a vyšší hodnoty soudržnosti.
- Vliv alginátů na hodnotu pH vzorků taveného sýra je minimální.
- Jako konzistenčně nejpříjemnější byly hodnoceny vzorky s přítomnými tavicími solemi a AlgNa<sub>1</sub> o koncentraci kolem 0,5 %. Hodnoty sledovaných texturních parametrů jsou většinou přímo úměrné použité koncentraci AlgNa<sub>1</sub>.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BUŇKA, F.; BUŇKOVÁ, L.; KRÁČMAR, S. *Základní principy výroby tavených sýrů*. Brno : MZLU, 2009. 70 s.
- [2] MACKŮ, Ivana. *Viskoelastické a senzorické vlastnosti tavených sýrů s přidavkem pektinů*. [s.l.], 2009. 108 s. Dizertační práce. UTB Zlín.
- [3] FOX, P. F., MCSWEENEY, P. L.H., *Chemistry and biochemistry of cheese and fermentad milks*. Springer-verlag, 1998. 379 - 436 s. ISBN 04212-72000-0.
- [4] GUINEE, T.P., *Pasteurized processed cheese products*. In Roginski, H. Fuquay, J.W., Fox, P. F. *Encyklopedia of Dairy Science*, Volume 1. London: Elsevier Science, 2003. 411 – 418 s.
- [5] 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)
- [6] CARIĆ, M., KALÁB, M., *Processed Cheese Products*. In Fox, P. F., (Ed.) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. vol. 2, Major Cheese Groups, 2 ed. Elsevier Applied Science, London and New York, 1997. 467 - 505 s.
- [7] BUŇKA, F.; HRABĚ, J., 2006: Tavené sýry. *Potravinářská revue* [online], 3, 13 – 16 s. ISSN 1801-9102.
- [8] JEDLIČKOVÁ, Lenka. *Kyselina adipová a její soli jako možná náhrada tradičních tavicích solí*. [s.l.], 2010. 98 s. Diplomová práce. UTB Zlín.
- [9] PAVELKA, A., *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. Brno: Littera, 1996. 105 s. ISBN 80-85763-09-5.
- [10] GAJDŮŠEK, S., *Mlékařství II*, 1.vyd. Brno: MZLU, 1998. 86 - 91 s. ISBN 80-7157-342-6.
- [11] KADLEC, P. *Technologie potravin II*, 1.vyd. Praha: VŠCHT 2007. 80 - 81 s. ISBN 80-7080-510-2.
- [12] KOVÁŘOVÁ, Petra. *Vliv karagenanů na jakost tavených sýrů*. [s.l.], 2007. 78 s. Diplomová práce. UTB Zlín.

- [13] BYLUND, G. Dairy processing handbook. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB, 1995. 436 s.
- [14] 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. 349 – 394 s.
- [15] GLASS, K., DOYLE, E. Safety of processed cheese. In *Food Research Institute*. Madison: University of Wisconsin, 2005. 1 – 8 s.
- [16] LECIÁNOVÁ, Petra. *Vliv přídavku pektinu na jakost tavených sýrů*. [s.l.], 2008. 98 s. Diplomová práce. UTB Zlín.
- [17] RUF, F.; GLÄSER, A., 1971: Einfluss der Hochkurz-Sterilisation auf mechanisch Eigenschaften des Schmelzkäses und dessen Phosphat-Schmelzsalze. *Die Molke-rei-Zeitung Welt der Milch*, 25, 1197-1201.
- [18] KOSIBOVÁ, Natália. *Využití dikarboxylových kyselin jako náhrada tavících solí v tavených sýrech*. [s.l.], 2009. 71 s. Diplomová práce. UTB Zlín.
- [19] ROZEHNAL, Z., BEZDĚKA, Z., BŘEZINA P., BARTOŠEK, V., BOHÁČ, V., 1987: Vliv suroviny na jakost tavených sýrů. *Průmysl potravin*, 38, 533 s.
- [20] SAVELLO, P. A., ERNSTROM, C. A., KALÁB, M., 1989: Microstructure and meltability of model processed cheese made with rennet and acid casein. *Journal of Dairy Science*, 72, 1-11. ISSN 0022-0302.
- [21] KALÁB, M., MODLER, W., CARIĆ, M., MILANOVIĆ, S., 1991: Structure, meltability, and firmness of process cheese containing white cheese. *Food Structure*, 10, 193-201 s. ISSN 1046-705X.
- [22] FRENCH, S. J., LEE, K. M., DECASTRO, M., HARPER, W. J., 2002: Effect of different protein concentrates and emulsifying salt conditions on the characteristics of a processed cheese product. *Milchwissenschaft*, 57, 79-83 s. ISSN 0026-3788.
- [23] KWAK, H. S., CHOI, S. S., AHN, J., LEE, S. W., 2002: Casein hydrolysate fraction act as emulsifiers in process cheese. *Journal of Food Science*, 67, 821- 825 s. ISSN 0022-1147.

- [24] MLEKO, S., LUCEY, J. A., 2003: Production and properties of processed cheese with reduced lactose whey. *Milchwissenschaft*, 58, 498-502 s. ISSN 0026-3788.
- [25] KAPOOR, R., METZGER, L. E., 2004: Evaluation of Salt Whey as an Ingredient in Processed Cheese. *Journal of Dairy Science*, 87, 1143-1150 s. ISSN 0022-0302.
- [26] BENNETT, R. J., TRIVEDI, D., HEMAR, Y., REID, D.C.W., ILLINGWORTH, D., LEE, S. K., 2006: The effect of starch addition on the rheological and microstructural properties of model processed cheese. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 61, 157-159 s. ISSN 0004-9433.
- [27] MIRALLES, B., KRAUSE, I., RAMOS, M., AMIGO, L., 2006: Comparison of capillary electrophoresis and isoelectric focusing for analysis of casein/caseinate addition in processed cheese. *International Dairy Journal*, 16, 1448-1453 s. ISSN 0958-6946.
- [28] MOUNSEY, J. S., Ó KENNEDY, B. T., KELLY, P. M., 2007: Effect of the aggregation state of whey protein-based ingredients on processed cheese functionality. *Milchwissenschaft*, 62, 44 - 47 s. ISSN 0026-3788.
- [29] MOUNSEY, J. S., Ó RIORDAN, E. D., 2008: Characteristics of imitation cheese containing native or modified rice starches. *Food Hydrocolloids*, 22, 1160-1169 s. ISSN 0268-005X.
- [30] DĚDKOVÁ, T., BŘEZINA, P., ŠLAPAL, M., HYNŠTOVÁ, M., BARTOŠEK, V. Tavené sýry s přídavkem sušeného podmásli. /Průmysl potravin/, 39, 1988. 525 s.
- [31] FORMAN, L. a kol. *Mlékárenská technologie II*. 2.vyd. Praha: VŠCHT, 1996. 228 s. ISBN 80-7080-250-2.
- [32] KAPOOR, R., METZGER, L., *Process Cheese: Scientific and Technological Aspects – A review*, Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety, vol. 7, 2008, Institut of Food Technologists.
- [33] TEPLÝ, M. *Nové směry v technice a technologii mlékařského průmyslu*, Praha: SNTL 1980, 243 s.

- [34] 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.
- [35] PIJANOWSKI, E. *Základy chémie a technológie mliekárenstva II*. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1987. 623 s.
- [36] FRANCIS, F. J. *Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology*. 2 ed. John Wiley & Sons, 1999. 2816 s., ISBN 978-0-471-19285-5.
- [37] GUINEE, T. P., CARIĆ, M., KALÁB, M., *Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products*. In Fox, P.F. (Ed.) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. vol. 2, 3rd ed. Elsevier Applied Science, London and New York, 2004. p. 349-394. ISBN 0-1226-3653-8.
- [38] CARIĆ, M., KALÁB, M., *Processed Cheese Products*. In Fox, P.F. (Ed.) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. vol. 2, Major Cheese Groups, 2nd ed. Elsevier Applied Science, London and New York, 1997. 467-505 s.
- [39] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská revue*, 2009, č. 1, s. 13-16 s.
- [40] LEE, S.K., KLOSTERMEYER, H., The effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2001, vol. 34, no. 5, p. 288-292.
- [41] MULSOW, B.B., JAROS, D., ROHM, H., *Processed Cheese and Cheese Analogues*. In Tamime, A.Y. (Ed.) *Structure of Dairy Products*, 1st ed. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, 2007. p. 210- 235.
- [42] KNĚŽ, V., *Výroba sýrů*, Praha: SNTL 1960, 377 s.
- [43] FREDERICK, J. F., *Encyklopedia of Food Science and Technology*. 2 vyd. New York, John Wiley & Sons, 2000. ISBN 0-471-19285-6.
- [44] FRANCIS, F. J., *Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology*. 2 ed. John Wiley & Sons, 1999. 2816 s., ISBN 978-0-471-19285-5.



- [45] 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.
- [46] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin.
- [47] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J.J., LUCEY, J.A., Effect of Trisodium Citrate Concentration and Cooking Time on the Physicochemical Properties of Pasteurized Process Cheese. *J. Dairy Sci.*, 2006, vol. 89, no.1, p. 15-28.
- [48] ZIMÁK, E., *Technologie pro 4. ročník SPŠ studijního oboru zpracování mléka*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1988. 362 s.
- [49] MARCHESSEAU, S., GASTALDI, E., LAGAUDE, A., CUQ, J. L., Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal Dairy Science*. 1997, roč. 80, s. 1483 - 1489.
- [50] CORREDIG, M., *Dairy Derived Ingredients - Food and Nutraceutical Uses*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2009. 738 s. ISBN 978-1-84569-465-4.
- [51] MOLINS, R.A., *Phosphates in food*. Boca Raton: CRC Press, 1991. 261 s. ISBN 0-8493-4588-X
- [52] BRICKLEY, C. A., AUTY, M. A. E., PIRAINO, P., MCSWEENEY, P. L. H., 2007: The Effect of Natural Cheddar Cheese Ripening on the Functional and Textural Properties of the Processed Cheese Manufactured Therefrom. *Journal of Food Science*, 72, 483-490. ISSN 0022-1147.
- [53] LEE, S.K., BUWALDA, R.J., EUSTON, S.R., FOEDING, E.A., McKENNA, A.B., Changes in the rheology and microstructure of processed cheese during cooking. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2003, vol. 36, no. 3, p. 339-345.
- [54] ČERNÍKOVÁ M., BUŇKA F., POSPIECH, M., TREMLOVÁ, B., PAVLÍNEK, V., *Možnosti využití nízkoesterifikovaného pektinu jako substituentu fosfátových tavicích solí ve výrobě tavených sýrů*. Sborník mléko a sýry 2008, Praha: VŠCHT, 2008.

- [55] SCHÄFFER, B., LÖRINCZY, D., BELÁGYI, J., *Dsc and electronmicroscopic investigation of dispersion-type processed cheeses made without peptization*. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 1999. s. 671 – 679.
- [56] SCHÄFFER, B., SZAKÁLY, S., LÖRINCZY, D., SCHÄFFER, B., *Processed cheese made with and without peptization*. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2001. 671-679.
- [57] PÁNEK, J., POKORNÝ, J., DOSTÁLOVÁ, J., *Základy výživy a výživová politika*. 1.vyd. Praha: VŠCHT, 2002. 219 s. ISBN 80-7080-468-8.
- [58] DOSTÁLOVÁ, J., 2005: *Výživová doporučení Společnosti pro výživu pro obyvatelstvo České republiky*. *Potravinářská revue*, 1, 17-19. ISSN 1801-9102.
- [59] VELÍŠEK, J., *Chemie potravin I*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 352 s. ISBN 80-902391-3-7.
- [60] NOVÁK, V., BUŇKA F., *Základy ekonomiky výživy*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005. 119 s. ISBN 80-7318-262-9.
- [61] MAROUNEK, K., BŘEZINA, P., ŠIMŮNEK, J., *Fyziologie a hygiena výživy*. 2. vyd. Vyškov: VVŠ PV Vyškov, 2003. 76 s. ISBN 80-7231-106-9.
- [62] CABALLERO, B., ALLEN, L., PRENTICE, A., (ed.). *Encyklopedia of Human Nutrition*. 2.ed. Oxford (UK): Elsevier Ltd., 2005. ISBN 0-10-1501100-8.
- [63] BOHÁČ, V., *Výroba tavených sýrů*, 1vyd. Praha: SNTL, 1964. 200 s.
- [64] PTÁČKOVÁ, Alena. *Hydrokoloidy a jejich využití v potravinářství*. [s.l.], 2008. 48 s. Bakalářská práce. UTB Zlín.
- [65] Codex Alimentarius - Codex Standard 287 - 1978. *Codex General Standard for Process(ed) Cheese Preparations (Process(ed) Cheese Food and Process(ed) Cheese spread)* [online]. Dostupné z: <[www.codexalimentarius.net/download/standards/179/CXS\\_287e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/179/CXS_287e.pdf)>.
- [66] ČERNOHORSKÝ Z., *Základy soustavné botaniky I*. SNP, Praha, 1957, Bez ISBN.

- [67] KALINA T., VÁŇA J., *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*, 1.vyd. Universita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum, 2005, ISBN 80-246-1036-1.
- [68] ŽALUDKOVÁ, Stanislava., *Stanovení stravitelnosti mořských a sladkovodních řas*. [s.l.], 2008. 80 s. Diplomová práce. UTB Zlín.
- [69] KALINA, T., *Systém a vývoj sinic a řas.*, Univerzita Karlova, Praha 1997. ISBN: 80-7066-854-7.
- [70] *The Seaweed Site: Information on marine algae* [online]. 1996 - 2011 [cit. 2011-02-29]. Chemical Composition of Seaweeds. Dostupné z WWW: <<http://www.seaweed.ie/index.html>>.
- [71] [www.biotox.cz](http://www.biotox.cz)[online]. 2001-2010, 30. 7. 2001 [cit. 2011-03-20]. Dostupný z www: <<http://www.biotox.cz/naturstoff/biologie/default.html>>.
- [72] VALOUŠKOVÁ, Silvie., *Mořské a suchozemské řasy jako významný zdroj důležitých komponent lidské stravy*. [s.l.], 2008. 94 s. Diplomová práce. UTB Zlín.
- [73] *Oddělení Chlorophyta – zelené řasy* [online]. [cit. 2011-02-29]. Dostupné z www: <http://www.sini.cearasy.cz/pokr/Chlorophyta>.
- [74] ŠPAČEK, J., *Hlenky, houby, řasy*. Brno: Masarykova univerzita, 1999. 79 – 110 s. ISBN 80- 210- 2157-8.
- [75] MUSÍLKOVÁ, Ilona., *Polysacharidy mořských a sladkovodních řas*. [s.l.], 2010. 38 s. Bakalářská práce. UTB Zlín.
- [76] *Systém a vývoj sinic a řas* [online]. [cit. 2011-02-30]. Dostupný z www: <http://www.sci.muni.cz/botany/studium/nr-rasy.htm>.
- [77] DESORTOVÁ, B., *Algologie, Studijní distanční text*. Praha, 2010 [online] [cit. 2011-02-30]. Dostupný z www: [http://biology.ujep.cz/vyuka/file.php/1/opory\\_ukazky/Algologi%20text.pdf](http://biology.ujep.cz/vyuka/file.php/1/opory_ukazky/Algologi%20text.pdf).
- [78] FANTAO A., *Vitaminy a prevence*. České Budějovice: Dona, 1993. 250 s. ISBN 80-85463-18-0.

- [79] ARASAKI A., ARASAKI T., *Low calories, High nutrition. Vegetables from the Seato Help you Look and Feel Berger*, Japan Publications Inc, 1984. 39 – 42 s.
- [80] ILLÍKOVÁ, Eva., *Stanovení obsahu aminokyselin ve vybraných druzích sladkovodních řas.* [s.l.], 2010. 90 s. Diplomová práce. UTB Zlín.
- [81] DAWCZYNSKI CH., SCHUBERT R., GERHARD J., *Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products.* Food Chemistry, 2007. 891–899 s.
- [82] PRŮŠOVÁ J., *Byznys se zdravím.* 1. vyd. Praha: Inerkontaktservis, 1992. 190 s. ISBN 80-900342-4-1.
- [83] RUPERÉZ, P., *Mineral content of edible marine seaweeds.* Food Chemistry, 2002. 23 – 26 s.
- [84] HOU X., *Determination of chemical species of iodine in some seaweeds.* Science of The Total Environment, 1997. 215 – 221 s.
- [85] ARASAKI S., ARASAKI T., "Tales of Seaweeds", Tokai University Press, 1978.
- [86] *Standard Tables of Food Composition in Japan*, Japan National Institute of Resource, The Science and Technology Agency, 1983.
- [87] VALÍČEK P. A KOL., *Užitkové rostliny tropů a subtropů*, 1. vyd. Academia Praha, 2002, 496 s. ISBN 80-200-0000-3.
- [88] ANDRIAMANANTOANINA, H.; RINAUDO, M., Relationship between the molecular structure of alginates and their gelation in acidic conditions. *Polymer International.* 2010, v. 59, č. 11, 1531 - 1541 s.
- [89] PATHAK, T. S.; YUN, J. H.; LEE, J., Effect of calcium ion (cross-linker) concentration on porosity, surface morphology and thermal behavior of calcium alginates prepared from algae (*Undaria pinnatifida*). *Carbohydrate Polymers.* 2010, v. 81, č. 3, 633 – 639 s.
- [90] JIŘÍČKOVÁ, Hana., *Studium možnosti přidavku přídatných látek na jakost mléčných výrobků.* [s.l.], 2007. 87 s. Diplomová práce. UTB Zlín.
- [91] KODET, J., ŠOTOLOVÁ, I., ŠTĚRBA, S., Plnicí, zahušťovací, gelotvorné a stabilizační látky pro potraviny. 1. vyd. Praha: Středisko potravinářských informací, 1993. 236 s. ISBN 80-85120-32-1.

- [92] DRAGET, K. I. Alginates. In *Handbook of hydrocolloids (2nd Edition)*. Eds. Phillips, G. O.; Williams, P. A. Woodhead Publishing. 2009. p. 807-828. ISBN 978-1-84569-4142.
- [93] MOHAMED, A. M., ANTIA, H. E., *Geoenviromental engineering*. Elsevier, 1998. 737 s. ISBN 978-0-444-89847-0.
- [94] FANG, Yapeng., et. al., Multiple Steps and Critical Behaviors of the Binding of Calcium to Alginate. *J. Phys. Chem. B*. 2007, 111. 2456 - 2462 s.
- [95] PANIKKAR, R., BRASCH, D. J., Composition and block structure of alginates from New Zealand brown seaweeds. *Carbohydrate Research* 293. 1996. vol. 293. p. 119 - 132 s.
- [96] SRIAMORNSAK, Pornsak; BURTON, Mark A.; KENNEDY, Ross A., Development of polysaccharide gel coated pellets for oral administration1. Physicomechanical properties. *International Journal of Pharmaceutics*. 2006, 326. 80-88 s.
- [97] QIN, Yimin; HU, Huiqun; LUO, Aixiang., The Conversion of Calcium Alginate Fibers into Alginic Acid Fibers and Sodium Alginate Fibers. *Journal of Applied Polymer Science*. 2006, vol. 101, 6, 1416 - 1421 s.
- [98] GLICKSMANN, M., *Food Hydrocolloids I, II, III*. CRS Press, Inc. 1982.
- [99] [www.emulgatory.cz](http://www.emulgatory.cz) [online]. 2010 [cit. 2011-03-29]. E401 - Alginát sodný. Dostupné z WWW: <<http://www.emulgatory.cz/seznam-ecek?prisada=E401>>.
- [100] BRACCINI, Isabelle; PÉREZ, Serge., Molecular Basis of Ca<sup>2+</sup>-Induced Gelation in Alginates and Pectins: The Egg-Box Model Revisited. *Biomacromolecules*. 2001, 2, 1089 – 1096 s.
- [101] Český statistický úřad [online]. 2010 [cit. 2011-04-28]. Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů (na obyvatele za rok). Dostupné z WWW: <[http://www.czso.cz/cz/cr\\_1989\\_ts/0302.pdf](http://www.czso.cz/cz/cr_1989_ts/0302.pdf)>.
- [102] AWAD, R. A. , et al. Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *LWT-Food Science and Technology*. 2002, 35, 54 – 61 s.
- [103] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., POSPIECH, M., TREMLOVÁ, B., HLADKÁ, K., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy journal*. 2010, 20, 336 – 343.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AlgNa1	Sodná sůl kyseliny alginové I
AlgNa2	Sodná sůl kyseliny alginové II
AlgNa3	Sodná sůl kyseliny alginové III
TPA	Texturní profilová analýza
ITC	Izotermální titrační kalorimetrie
TPS	Tukuprostá sušina
TVS	Tuk v sušině
w/w	Hmotnostní procento
M	$\beta$ -D-mannuronová kyselina
G	$\alpha$ -L-guluronová kyselina
MM	Úseky alginátové molekuly obsahující pouze $\beta$ -D-mannuronovou kyselinu
GG	Úseky alginátové molekuly obsahující pouze $\alpha$ -L-guluronovou kyselinu
MG	Smíšené úseky alginátové molekuly
PGA	Propylenglykol alginát
GDL	D-glukono- $\delta$ -lakton
BSA	Bovinní sérový albumin
NMR	Nukleární magnetická rezonance
WTO	World Trade Organization
KTS	Kontrola tavicí soli
TS	Tavicí sůl

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Schéma výroby tavených sýrů [12].....	20
Obr. 2. Základní sekvence alginátů [88].....	29
Obr. 3. Strukturní charakteristika alginátů: a) alginátové monomery, b) konformace alginátových řetězců, c) distribuce alginátových bloků [92].....	29
Obr. 4. Schematický náčrt koordinace vápníku mezi guluronátovými sekvencemi v egg-box modelu [100].....	37
Obr. 5. Schéma vícestupňové vazby $\text{Ca}^{2+}$ na alginátový řetězec I [94].....	38
Obr. 6. Schéma vícestupňové vazby $\text{Ca}^{2+}$ na alginátový řetězec II, a) koordinace $\text{Ca}^{2+}$ v dutině vytvořené guluronátovými sekvencemi alginátového řetězce b) tvorba egg-box dimeru, c) laterální uspořádání egg-box dimerů do složitějších struktur [94].....	39
Obr. 7. A) KTS, B) AlgNa1_0,5 %, C) AlgNa2_0,5 %, D) AlgNa3_0,5 %.....	48
Obr. 8. A) KTS, B) AlgNa1_0,25%, C-D) AlgNa1_0,25% - viditelně se oddělující vrstvy, E) AlgNa2_0,1 %, F) AlgNa3_0,25 %, G) AlgNa3_1,0 %.....	57
Obr. 9. A) KTS, B) AlgNa1_0,8 %.....	65

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Hodnoty pH naměřené u první utavené řady.....	47
Tab. 2. Hodnoty pH naměřené u druhé utavené řady.....	55
Tab. 3. Hodnoty pH naměřené u třetí utavené řady.....	64



**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1. Výsledky pevnosti utavených vzorků 1. řady skladované 14 dní.....	49
Graf 2. Výsledky pevnosti utavených vzorků 1. řady skladované 30 dní.....	50
Graf 3. Výsledky soudržnosti utavených vzorků 1. řady skladované 14 dní.....	51
Graf 4. Výsledky soudržnosti utavených vzorků 1. řady skladované 30 dní.....	52
Graf 5. Výsledky lepivosti utavených vzorků 1. řady skladované 14 dní.....	53
Graf 6. Výsledky lepivosti utavených vzorků 1. řady skladované 30 dní.....	54
Graf 7. Výsledky pevnosti utavených vzorků 2. řady skladované 14 dní bez TS.....	58
Graf 8. Výsledky pevnosti utavených vzorků 2. řady skladované 30 dní bez TS.....	59
Graf 9. Výsledky soudržnosti utavených vzorků 2. řady skladované 14 dní bez TS.....	60
Graf 10. Výsledky soudržnosti utavených vzorků 2. řady skladované 30 dní bez TS.....	61
Graf 11. Výsledky lepivosti utavených vzorků 2. řady skladované 14 dní bez TS.....	62
Graf 12. Výsledky lepivosti utavených vzorků 2. řady skladované 30 dní bez TS.....	63
Graf 13. Výsledky pevnosti utavených vzorků 3. řady skladované 14 dní.....	66
Graf 14. Výsledky pevnosti utavených vzorků 3. řady skladované 30 dní.....	67
Graf 15. Výsledky soudržnosti utavených vzorků 3. řady skladované 14 dní.....	68
Graf 16. Výsledky soudržnosti utavených vzorků 3. řady skladované 30 dní.....	69
Graf 17. Výsledky lepivosti utavených vzorků 3. řady skladované 14 dní.....	70
Graf 18. Výsledky lepivosti utavených vzorků 3. řady skladované 30 dní.....	71

## SEZNAM PŘÍLOH

- P I** Surovinové skladby pro utavení 1. řady
- P II** Surovinové skladby pro utavení 2. řady
- P III** Surovinové skladby pro utavení 3. řady
- P IV** Texturní analyzátor TA.XT plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK)
- P V** Schéma výroby alginátů z řas
- P VI** Difúzní metoda gelace  $\text{Ca}^{2+}$  ionty
- P VII** Vnitřní metoda gelace pomocí inertního zdroje  $\text{Ca}^{2+}$  iontů

## PŘÍLOHA I: SUROVINOVÁ SKLADBA 1. UTAVENÉ ŘADY

<b>Kontrolní vzorek s 2,5 % přídavkem fosforečnanových tavících solí</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavící sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,1 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavící sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1,2,3)	0,0007

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,25 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavící sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1,2,3)	0,00175

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,5 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavící sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1,2,3)	0,0035

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 1,0 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavící sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1,2,3)	0,0070

## PŘÍLOHA II: SUROVINOVÁ SKLADBA 2. UTAVENÉ ŘADY

<b>Kontrolní vzorek s 2,5 % přídavkem fosforečnanových tavících solí</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavící sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,1 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3600
Tuk	0,0950
Tavící sůl	0,0000
Pitná voda	0,2400
Alginát sodný (1,2,3)	0,0007

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,25 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavící sůl	0,0000
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1,2,3)	0,00175

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,5 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavící sůl	0,0000
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1,2,3)	0,0035

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 1,0 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavící sůl	0,0000
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1,2,3)	0,0070

### PŘÍLOHA III: SUROVINOVÁ SKLADBA 3. UTAVENÉ ŘADY

<b>Kontrolní vzorek s 2,5 % přídavkem fosforečnanových tavicích solí</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,05 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00035

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,10 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,0007

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,15 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00105

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,20 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00140

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,25 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00175

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,30 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00210

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,35 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00245

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,40 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00280

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,45 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00315

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,50 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00350

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,55 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00385

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,60 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00420

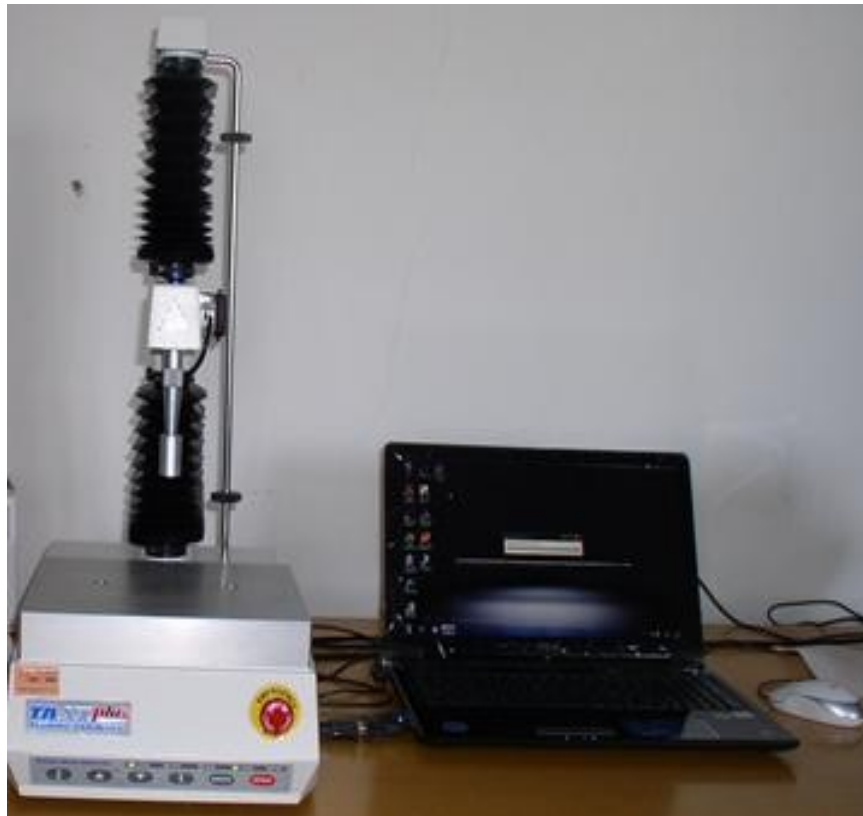
<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,65 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00455

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,70 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00490

<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,75 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00525

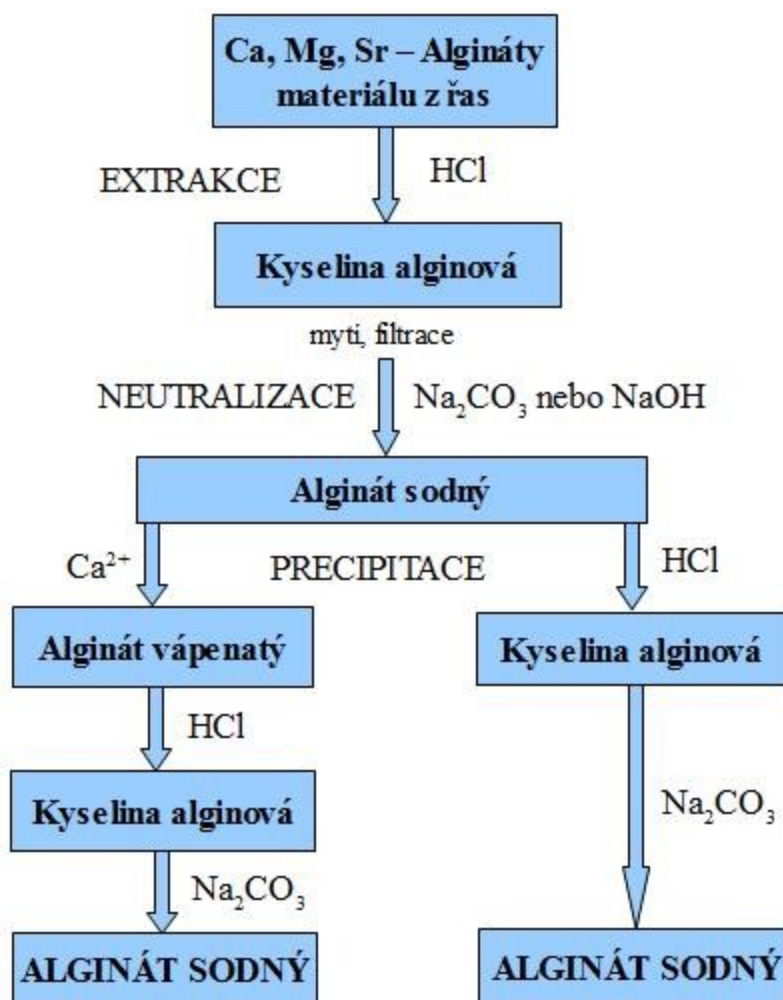
<b>Modelový vzorek taveného sýra s 0,80 % přídavkem alginátu sodného</b>	
<b>Surovina</b>	<b>Množství [kg]</b>
Eidamská cihla 30%	0,3500
Tuk	0,0900
Tavicí sůl	0,0170
Pitná voda	0,2350
Alginát sodný (1)	0,00560

**PŘÍLOHA IV: TEXTURNÍ ANALYZÁTOR TA.XT PLUS (STABLE  
MICRO SYSTEMS LTD., GODALMING, UK)**

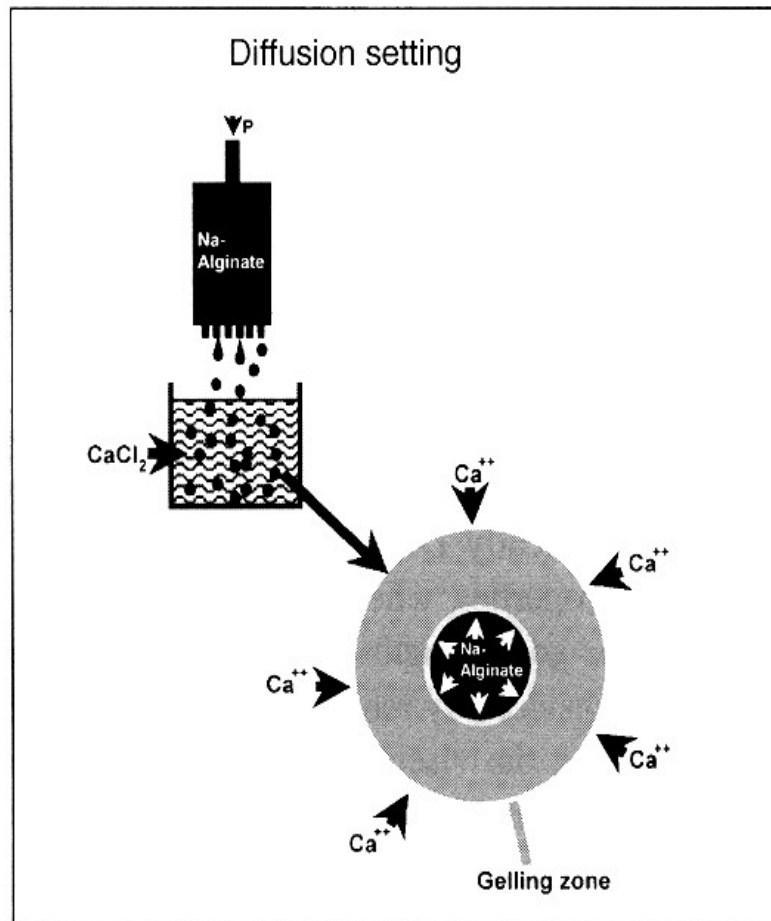




## PŘÍLOHA V: SCHÉMA VÝROBY ALGINÁTŮ



## PŘÍLOHA VI: DIFÚZNÍ METODA GELACE $\text{Ca}^{2+}$



**PŘÍLOHA VII: METODA VNITŘNÍ GELACE POMOCÍ INERTNÍHO ZDROJE  $Ca^{2+}$**

